



T.C

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

TIP FAKÜLTESİ

ADLİ TIP ANABİLİM DALI

**KEMİK KIRIK UÇLARINDA MAKRO VE MİKRO ELEMENTLERİN
POSTMORTEM SÜREÇTE TESPİT EDİLEBİLİRLİĞİ VE ANTEMORTEM-
POSTMORTEM KIRIK AYRIMINDA KULLANILABİLİRLİĞİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

DR. ABUZER GÜLDEREN

UZMANLIK TEZİ

TOKAT-2020



T.C
TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
ADLİ TIP ANABİLİM DALI

KEMİK KIRIK UÇLARINDA MAKRO VE MİKRO ELEMENTLERİN
POSTMORTEM SÜREÇTE TESPİT EDİLEBİLİRLİĞİ VE ANTEMORTEM-
POSTMORTEM KIRIK AYRIMINDA KULLANILABİLİRLİĞİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ

DR. ABUZER GÜLDEREN

UZMANLIK TEZİ

TEZ DANIŞMANI

DOÇ. DR. BÜLENT EREN

TOKAT-2020

TEŞEKKÜR

Her anından büyük keyif aldığım Adli Tıp macerama başladığım ilk günden itibaren uzmanlık eğitimime bilgi birikimleri ve deneyimleri ile katkıda bulunan, eğitim dışında da bir aile ortamı gibi samimi ve içten desteklerini eksik etmeyen, tezimin her aşamasında yardımcı olup değerli katkılarda bulunan değerli hocalarım Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tıp Fakültesi Adli Tıp Anabilim Dalı öğretim üyeleri Doç.Dr. Bülent EREN'e ve Dr. Öğr. Üyesi Selçuk ÇETİN'e,

Tezimin hazırlanışında bana yol gösteren, değerli katkılarda bulunan danışman hocam Doç. Dr. Bülent EREN'e, Dr. Öğr. Üyesi Selçuk ÇETİN'e, kimyasal analiz ve verilerin değerlendirilmesi kısmında değerli katkı ve emeklerde bulunan Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü Öğretim Üyesi Prof. Dr. Yakup BUDAK'a ve tezimin hazırlanışında ve verilerin analizinde yardımlarından dolayı Üniversitemiz Biyoistatistik Anabilim Dalı Dr. Öğr. Üyesi Osman DEMİR'e teşekkür ederim.

Uzmanlık eğitimim boyunca birlikte çalışmaktan büyük keyif aldığım değerli Uzman Dr. Mustafa Şen, Uzman Dr. Gökhan Karabulut, Uzman Dr. Tuba Şahinoğlu Güneş'e, Dr. Sertaç Dalgıç'a ve Dr. Emre Özil'e, ayrıca uzmanlık eğitimimin sonunda aramıza katılsalar da birlikte çalışmaktan keyif aldığım değerli arkadaşlarım Dr. Şule Sinem Gedikbaş'a, Dr. Havva Deniz Karakuş'a, Dr. Tuğba Ataseven'e, Dr. İlkey Kalkanlı'ya ve Dr. Halime Çakır'a teşekkür ederim.

Tüm hayatım boyunca her türlü zorluklara göğüs gererek gerek bu kıymetli mesleği seçmem ve okumamda gerekse de adli tıp alanında uzmanlaşmamda desteklerini esirgemeyen her zaman uzakta olsalar da yanımda hissettiğim sevgili anneme ve babama teşekkür ederim.

Dr. Abuzer GÜLDEREN

ÖZET

Amaç: Adli Tıp uygulamalarında açık alanda kalan, çürümenin değişik evrelerinden birinde bulunan cesetlerdeki kemik kırıklarının antemortem dönemde mi yoksa postmortem dönemde mi meydana geldiği, antemortem dönemde meydana gelmişse hangi mekanizmalarla oluştuğu, şahsın ölümü üzerindeki etkisinin ne olduğu gibi sorulara cevap verilmelidir. Bu çalışmamızda rat mandibulalarında antemortem ve postmortem dönemlerde oluşturulmuş künt kırık uçlarında kimyasal element düzeylerine bakılarak antemortem-postmortem ayrımında ve postmortem interval tahmininde kullanılabilirliğini araştırmayı amaçladık.

Materyal ve Metod: Çalışmamızda her grupta 8 rat olmak üzere toplam 48 rat kullanıldı. Her bir ratta anestezi altında antemortem sol mandibula kırığı oluşturulduktan sonra kırık hematomunun oturması ve organize olması için 2 gün analjezik madde ve nazogastrik sonda ile yeterince su ve yem ile beslenen ratlar 48 saat sonra anestezi altında servikal dislokasyonla sakrifiye edildi. Daha sonra postmortem sağ mandibula kırıkları oluşturulan ratlar postmortem 0. saat, 1. hafta, 2. hafta, 1. ay, 2. ay ve 3. ay olmak üzere gruplara ayrılarak hem antemortem hem de postmortem kırık oluşturulan kırık uçlarından kemik doku örnekleri alınıp İndüktif Eşleşmiş Plazma/Optik Emisyon Spektrometresi (ICP-MS) analiz yöntemi kullanılarak Mg, S, Ca, Se, Fe elementlerin ölçümleri yapıldı.

Elde edilen veriler antemortem ve postmortem kırık ayrımı için iki eş arasındaki farkın anlamlılık testi, postmortem interval tahmini için tekrarlı ölçümlerde varyans analizi testi ile değerlendirildi. Çalışmanın analizleri SPSS 19.0 ((IBM SPSS Statistics 19, SPSS inc., an IBM Co., Somers, NY).) programında yapılarak $p < 0.05$ anlamlı olarak kabul edildi.

Bulgular: Çalışmamızda magnezyum, kükürt, kalsiyum ve demir elementlerinin tüm gruplarda istatistiksel olarak anlamlı olmasa da postmortem değerlerden genellikle yüksek seyrettiği görüldü.

Sonuç: Rat modeli ile yaptığımız bu çalışmada antemortem-postmortem kırık ayrımında element analizinin örneklem sayısı büyük ve insan kemik kalıntıları kullanılarak yapılacak çalışmalara öncül çalışma olabileceği ve ileri çalışmalarla daha kesin sonuçlara ulaşılabileceği sonucuna varıldı.

Anahtar kelimeler: Adli tıp, kemik kırığı, postmortem interval.

ABSTRACT

Aim: Forensic physicians must evaluate bone fractures in human skeletal remains and answers that questions, is this fracture be formed antemortem or postmortem, if it is antemortem, does it have an effect on the death of the person, if it occurred during antemortem period, which mechanisms it was be formed. In this study we aimed to investigate the usability of antemortem postmortem distinction and postmortem interval estimation by looking at the chemical element levels in the blunt fracture ends formed during the antemortem and postmortem periods in the rat mandible.

Materials and Methods: In our study we used 48 rats. 48 rats divided 6 groups and each group contain 8 rats. We performed left mandible fracture all rats under anesthesia then wait 2 days for become organized to fracture hematoma. Then we sacrifice all rats under anesthesia and formed right mandible fracture. We take samples in fracture ending in 0. hour, 1. week, 2. week, 1 month, 2. month and 3. month after performed sacrifices. Mg, S, Ca, Se and Fe elements were measured using the Inductively Coupled Plasma / Optical Emission Spectrometry (ICP-MS).

The data obtained were analyzed for the difference between antemortem and postmortem fractures using the significance test of the difference between the two partners, and the variance analysis test for repeated measurements for postmortem interval estimation. P value less than 0.05 was considered as significant.

Result: In our study, it was observed that antemortem magnesium, sulfur, calcium and iron elements were generally higher than postmortem values, although not statistically significant in all groups.

Conclusions: In our study we use rat models and we come that conclusion elemental analysis can be used in antemortem postmortem fracture differentiation. But this area need further study which used large sample and human bone remains for obtains more certain data.

Keywords: Forensic medicine, bone fracture, postmortem interval

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
ÖZET	ii
ABSTRACT.....	iii
KISALTMALAR	vi
TABLOLAR DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2- GENEL BİLGİLER	4
2.1- KEMİK DOKUSU YAPISI VE ÖZELLİKLERİ:	4
2. 2- KEMİK KIRIKLARI:	6
2.3- KEMİK KIRIĞININ İYİLEŞME EVRELERİ:.....	7
2.3.1- İnflamasyon ve Hematom Evresi: (1-4 Gün)	8
2.3.2- Onarım (Reperasyon) Fazı: (2-40 Gün)	9
2.3.3- Remodelling Fazı: (4-16 Hafta)	9
2.4- DEKOMPOZİSYON:	9
2.4.1-Kemiklerde Dekompozisyon:	12

2.5- İNSAN İSKELET KALINTILARININ DEĞERLENDİRİLMESİ:	13
2.5.1- İskelet Kalıntılarında Travma Analizi:	14
2.5.2- İskelet Kalıntılarında Postmortem İnterval Tayini:	15
2.6- İNSAN VÜCUDUNDA BULUNAN MAKRO VE MİKROELEMENTLER:	16
3. MATERYAL VE METOD	20
3.1.Örnek Alımı:	20
3.2. Kimyasal Analiz:	21
3.3. İstatistiksel Analiz:	22
4. BULGULAR:	23
4.1- Magnezyum (Mg) Elementi:	24
4.2- Kükürt (S) elementi:	28
4.3- Kalsiyum (Ca) Elementi:	32
4.4. Selenyum (Se) Elementi:	37
4.5- Demir (Fe) elementi:	40
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	45
KAYNAKLAR	56

KISALTMALAR

PMI	: Postmortem interval
DNA	: Deoksiribonükleik asit
RNA	: Ribonükleik asit
ATP	: Adenozin Trifosfat
CO	: Karbonmomoksit
K⁺	: Potasyum
Na⁺	: Sodyum
Mg⁺	: Magnezyum
Ca⁺	: Kalsiyum
Cu⁺	: Bakır
Fe⁺	: Demir
S⁺	: Kükürt
Se⁺	: Selenyum
Zn⁺	: Çinko
ADD	: Birikmiş gün sıcaklığı
¹⁴C	: Karbon:
UV	: Ultraviyole

nm	: Nanometre
ml	: Mililitre
mg	: Miligram
kg	: Kilogram
g	: Gram
C2	: Servikal 2. vertebra
pH	: Hidrojen gücü
ICP-OES	: İndüktif eşleşmiş plazma- Optik Emisyon Spektrometri
SS	: Standart sapma
IL 1	: İnterlokın 1
IL 6	: İnterlokın 6
ppm	: part per million (milyonda bir birim)
ppb	: part per billion (milyarda bir birim)
BT	: Bilgisayarlı tomografi
MR	: Magnetik rezonans
H&E	: Hematoksilen & Eozin
mikro-CT	: Bilgisayarlı mikro tomografi
XRD	: Direkt grafi kırınımı

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1a. Magnezyum elementi için antemortem ve postmortem ölçümlerin dağılımı	25
Tablo 1b. Magnezyum elementinin antemortem ölçümlerinin dağılımı	26
Tablo 1c. Magnezyum elementinin postmortem ölçümlerinin dağılımı	26
Tablo 1d. Magnezyum elementinin postmortem ölçümleri için çoklu karşılaştırmalar	27
Tablo 1e. Magnezyum elementinin postmortem ölçümleri için çoklu karşılaştırmalar.	28
Tablo 2a. Kükürt elementi için antemortem ve postmortem ölçümlerin dağılımı	29
Tablo 2b. Kükürt elementinin antemortem ölçümlerinin dağılımı	30
Tablo 2c. Kükürt elementinin postmortem ölçümlerinin dağılımı	30
Tablo 2d. Kükürt elementinin antemortem ölçümleri için çoklu karşılaştırmalar	31
Tablo 2e. Kükürt elementinin postmortem ölçümleri için çoklu karşılaştırmalar	32
Tablo 3a. Kalsiyum elementi için antemortem ve postmortem ölçümlerin dağılımı	33
Tablo 3b. Kalsiyum elementinin antemortem ölçümlerinin dağılımı	34
Tablo 3c. Kalsiyum elementinin postmortem ölçümlerinin dağılımı	34
Tablo 3d. Kalsiyum elementinin antemortem ölçümleri için çoklu karşılaştırmalar	35
Tablo 3e. Kalsiyum elementinin postmortem ölçümleri için çoklu karşılaştırmalar	36
Tablo 4a. Selenyum elementi için antemortem ve postmortem ölçümlerin dağılımı	37
Tablo 4b. Selenyum elementinin antemortem ölçümlerinin dağılımı	38
Tablo 4c. Selenyum elementinin postmortem ölçümlerinin dağılımı	39
Tablo 4d. Selenyum elementinin antemortem ölçümleri için çoklu karşılaştırmalar	39
Tablo 4e. Selenyum elementinin postmortem ölçümleri için çoklu karşılaştırmalar	40

Tablo 5a. Demir elementi için antemortem ve postmortem ölçümlerin dağılımı.....	41
Tablo 5b. Demir elementinin antemortem ölçümlerinin dağılımı	42
Tablo 5c. Demir elementinin postmortem ölçümlerinin dağılımı.....	42
Tablo 5d. Demir elementi antemortem ölçümler için çoklu karşılaştırmalar	43
Tablo 5e. Demir elementi postmortem ölçümler için çoklu karşılaştırmalar.....	44
Tablo 6. Deneyin yapıldığı zamana ait ortalama sıcaklık ve nem değerleri	44



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Açık havada doğal ortamda çürümeye bırakılan ratlar	22
Şekil 2. 1. ay örneklerinin görünümü	23
Şekil 3. 2. ay örneğinin görünümü	24
Şekil 4. 3. ay örneğinin çene kemiklerinin görünümü.....	24
Şekil 5. Magnezyum (Mg) elementinin her grupta ortalama ppm değerleri.....	25
Şekil 6. Kükürt (S) elementinin her grupta ortalama ppm değerleri	29
Şekil 7. Kalsiyum (Ca) elementinin her grupta ortalama ppm değerleri	33
Şekil 8. Selenyum (Se) elementinin her grupta ortalama ppb değerleri	38
Şekil 9. Demir (Fe) elementinin her grupta ortalama ppm değerleri	41

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Adli Tıp uygulamalarında bilirkişi hekimlerin karşılaştıkları sorunlardan biri de açık alanda kalan ya da gömüldükten sonra çürümenin değişik evrelerinden birinde bulunan cesetlerdir. Bulunan cesetlerdeki patolojik durumların (yara, kırık, kanama vb.) antemortem dönemde mi yoksa postmortem dönemde mi meydana geldiği, antemortem dönemde meydana gelmişse hangi mekanizmalarla oluştuğu, şahsın ölümü üzerindeki etkisinin ne olduğu ve tespit edilen bu durumlardan yola çıkarak cesedin ölümü ile bulunduğu zaman arasında geçen sürenin (postmortem interval) tespit edilmesi gibi sorular bilirkişi hekimden istenilebilecek başlıca konulardır.

Çeşitli nedenlerle kısmen ya da tamamen iskeletleşen cesetlerde tespit edilen bulguların değerlendirmesi cesedin ölümü üzerindeki sır perdesini aralamak için kritik önem taşımaktadır. Bu değerlendirmeler adli tıp uzmanı, adli patolog ve adli antropolog tarafından yapılmaktadır. Adli tıp uzmanı veya antropolog cesedin durumuna göre iskelet travmasının bulunup bulunmadığı, ölüme neden olan travmanın meydana geliş zamanı, kullanılmış olan silah veya silahlar, ölüm nedeni ve ölüm tarzının belirlenmesi konusunda değerlendirmeler yapar (1,2,3). Değerlendirme yapmak için yeterli yumuşak dokuya sahip olmayan cesetlerde kimliklendirme için yapılacak DNA analizi, cesedin tahmini yaşı, bir dış etken sonucu ile ölüp ölmediği, tahmini ne kadar süre önce ölmüş olduğu gibi hayati değerlendirmeleri yapmak için bilirkişi hekimin elinde sadece kemik kalıntıları olabilir. Bu durumda antropoloji ve adli antropoloji bilgilerinin kullanılması gerekmektedir (4,5).

Adli antropoloji adli olaylarda tamamen ya da kısmen iskeletleşmiş kalıntılar üzerinde kalıntının insana ait olup olmadığı, kimliği, yaşı, cinsiyeti, etnik kökeni ve benzeri sorulara cevap arayan antropolojinin bir alt bilim dalıdır (4). Bulunan kalıntılarda bu değerlendirmeler yapılırken multidisipliner bir yaklaşım sergilenmeli, adli tıp uzmanı, patoloji uzmanı, antropolog, entomolog ve çevre bilimcilerden oluşan bir ekip bu görevi sürdürmelidir.

Görevlendirilen ekip; cesetten kimlik tespiti için örnekler almalı, cesette travmatik bir durum var mı, cesette tespit edilen yaraların ve varsa kemik kırıklarının ne tür mekanizmalarla oluştuğu, herhangi bir silah ya da suç aleti kullanılıp kullanılmadığı, tespit edilen travmanın kişi üzerindeki etkisinin ölümcül olup olmadığı, kişinin

ölümünden önce mi sonra mı meydana geldiği, mevcut travmatik bulguların yaşının tespit edilmesinin mümkün olup olmadığı gibi sorulara cevap aramak zorundadır. İskeletleşen cesetlerde tespit edilen kırıklar bu açıdan çok büyük önem taşımaktadır (6,7,8,9).

Cesette tespit edilen travmatik bulguların ölümden önce meydana gelip gelmediğini yani vitaliteyi tespit etmek çok önemlidir. Son zamanlarda biyoteknolojik gelişmelerde ilerleme ile birlikte birçok yöntem geliştirilmiştir. Vitalitenin tespit edilmesi için makroskopik, mikroskobik (histokimyasal, immünohistokimyasal) bulgular ve biyokimyasal teknikler kullanılmaktadır (10,11,12,13). Makroskopik olarak yara iyileşmesinin görülmesi (kabuklanma, yara renginin değişmesi vb.) yaranın antemortem dönemde meydana geldiğini söylememiz için yeterlidir. Bu bulguların tespit edilemediği durumlarda mikroskobik olarak inflamatuvar sürecin gösterilmesi gerekmektedir. Yaralar gibi kemik kırıklarında da vitalite tanımlanmalıdır (14,15,16,17).

Adli bilirkişinin kırıkları değerlendirebilmesi için kırıkların oluşum mekanizmalarını, türlerini, iyileşme evrelerini ve postmortem sürecin kırık ve etraf dokusunda ne gibi değişikliklere yol açtığını iyi bilmesi gerekmektedir.

Kemik kırıkları da diğer travmatik bulgular gibi antemortem, perimortem ve postmortem dönemde meydana gelmiş olabilir. Kırığın antemortem dönemde meydana geldiğini gösterebilmek olayın aydınlatılmasında çok yardımcı olacaktır. Kırık ile ölüm üzerinden yeterli zaman geçip kallus ve yeni kemik oluşumunun gözle ya da radyolojik olarak görülebilir hale geldiği durumlarda kırığın kişi canlı iken oluştuğunu söylemek kolaydır. Ancak eğer kırık oluşuktan kısa bir süre sonra ölüm gerçekleşmiş ve kallus gibi makroskopik olarak tespit edilebilecek bulgular oluşmamışsa kırığın antemortem dönemde oluşup oluşmadığı ve kırık yaşının tahmini için mikroskopik incelemeler ve biyokimyasal markerler kullanılarak vitalite bulguları ve kırık oluşumu ile ölüm arasında geçen süre tahmin edilmeye çalışılmalıdır (18,19,20).

Kemikte kırık oluşuktan sonra çevresel ve intramedüller kanamaya bağlı olarak kırık hematomu oluşur. Oluşan bu hematomun görevi kırık uçlarını bir arada tutmak ve kırık iyileşmesi için gereken inflamatuvar hücrelere köprü olmaktır. Kırık hematomu birçok inflamatuvar hücre, sitokin, marker ve element içermektedir. Kırık hematomunda bulunup inflamatuvar süreçte en etkin rolü oynayan markerler IL1 ve IL6 dır. Bu süreçte hasarlı ve nekrotik dokular yıkılır (15,16,17). Otoliz ve pütrifikasyona

bağlı olarak organik maddelerin yıkımı ile geriye inorganik maddeler kalmaktadır. Kırık hematomu oluşması ile birlikte kırık bölgesinde biriken birçok hücre ve markerlerin postmortem süreçte yıkılması ile birlikte kırık bölgesinde kan ve kan hücrelerinde bulunan birçok element açığa çıkacaktır. Açığa çıkan bu elementlerin kırık ucunda antemortem süreçte oluşturulan kırıklarda postmortem süreçte oluşturulan kırıklardan farklı miktarda olmasının ve postmortem süreçte miktarlarındaki değişimin antemortem/postmortem kırık ayırımında ve postmortem interval tahmininde bize yol göstereceğini düşünmekteyiz.

Biz de bu çalışmamızda antemortem ve postmortem kemik kırığı oluşturulup çürümeye bırakılan ve postmortem farklı zamanlarda kırık uçlarından örnekler alınan ratların kırık uçlarındaki makro ve mikro elementlerin oranına kimyasal analizle bakarak antemortem-postmortem kırık ayırımında kullanılabilirliği, 3 aylık postmortem periyotta, anlamlı fark olup olmadığı ve postmortem interval tayininde kullanılabilirliğini araştırmayı amaçladık.

2- GENEL BİLGİLER

2.1- KEMİK DOKUSU YAPISI VE ÖZELLİKLERİ:

Kemik dokusu vücutta; önemli iç organları koruma, gövdeye destek olma, hareketi sağlama ve kan yapımı gibi kritik görevleri yerine getiren bir özel bağ dokusu türüdür (21, 22). Bu özel görevleri yerine getiren kemik dokusunun dış etkenlere karşı dayanıklı ve kas dokusu ile birlikte hareket edebilecek kadar hafif bir doku olmak zorundadır (22). Kemik, diş minesi ve dentinden sonra vücudun en sert yapısıdır. Vücuttaki en dinamik ve metabolik açıdan etkin dokulardan biridir ve yaşam boyu etkin kalır. Kendi kendini yenileyebilir ve mekanik etkiler karşısında özelliklerini ve biçimini değiştirebilir. Kemik dokusu yapısı ve bileşenleri itibarı ile tüm bu özelliklere sahiptir. Kemiğin gerilme direnci neredeyse dökme demirinkine eşit olmakla birlikte dökme demirden daha hafif ve çok daha esnektir (23).

Kemik dokusu da diğer hücreler gibi organik hücre dışı lif matrisi ve temel hücrelerden oluşurken onu diğer dokulardan ayıran, yüksek miktarda inorganik tuz barındırmasıdır. Bu inorganik tuzlar yaklaşık olarak kuru kemik dokusunun üçte ikisini oluşturur ve kemik dokusunun dayanıklı ve sert olmasını sağlar. İnsan kemiğinin inorganik ve mineral bölümü esas olarak sentetik hidroksiapatit kristaller şeklinde kalsiyum ve fosfattan oluşur. Bunun yanında karbonat, magnezyum, potasyum, bikarbonat, florit, çinko, baryum ve stronsiyum, sitrat, az miktarda sodyum ve demir de içermektedir (24). Kemik, vücutta başta kalsiyum olmak üzere gerekli mineraller için depo görevini yerine getirir. Kemik minerali, çeşitli yönlerde dizilmiş olan kollajen liflerin (%90 ağırlıkta Tip-1 kollajen) içerisine gömülmüştür. Kemik dokusunun geri kalan kısmı yaklaşık %10 oranında su ve yaklaşık % 35 oranında organik içerikten oluşur. Organik kısmını genelde Tip 1 kollajen lifleri oluşturur (23).

Embriyonik dönemden başlayarak kemik oluşumu iki şekilde gerçekleşir. Enkondral kemikleşme hiyalin bir kıkırdak üzerine kemikleşmedir. Uzun ve kısa tübüler kemikler bu şekilde oluşur. İntramembranöz kemikleşme ise mezenkimal dokuda membran bir kılıf üzerinden kemikleşmedir. Yassı kemikler bu yolla oluşur (25).

Kemikler yapılarına ve şekillerine göre uzun (uzun tübüler) kemikler, kısa (kısa tübüler) kemikler, yassı kemikler, irregüler kemikler ve sesamoid kemikler olarak sınıflara ayrılmıştır. Uzun kemiklerin epifiz, metafiz ve diafiz kısımları bulunmakta olup epifiz diğer kemiklerle eklem yapan uç kısımlarında bulunur. Büyüme çağındaki insanlarda epifiz ile metafiz büyüme plağı adı verilen ve kemiklerin uzunlamasına büyümesini sağlayan bir plak bulunur (26).

Kemikler embriyonik dönemden başlayarak iskeleti oluşturmak görevini üstlenirler. Embriyonik dönemde immatür (woven) kemikler, kemik gelişim sürecinde yerini matür (lamellar) kemiğe bırakır. Kırıklarından sonra kırık iyileşmesi sürecinde de ilk oluşan kemik immatür kemiktir. Remodelizasyon sonrasında yerini yine matür kemiğe bırakır. Kemikler makroskopik olarak kortikal (kompakt) ve spongioz (gözenekli) olmak üzere iki tür kemik dokusundan oluşur. Kortikal kemikler spongioz kemiğin dış kısmında bulunurlar ve onu sararlar. Ancak her kemikte kortikal kemik farklı kalınlıkta olabilir. Kortikal kemik tüm vücut kemiklerin yaklaşık %75-80'ini oluşturur ve yoğun bir yapıya sahiptir. Çok yoğun yapısına rağmen çok iyi organize olmuş damarsal ve lamellar sisteme sahiptir. Spongioz kemik ise, tüm kemik kitlesinin %20'sini oluşturur. Spongioz kemikte kemik lamelleri çok daha aralıklı içleri kırmızı kemik iliği ile dolu boşluklu, düzensiz ince kemik trabeküllerinin şekillendirdiği gözle görülebilen birbiriyle bağlantılı süngerimsi bir ağ yapı şeklinde görülür (27).

Mikroskopik boyutta kortikal kemiklerin temel yapı birimi osteonlardır. Kemik uzun eksenine paralel olarak yerleşen Havers kanalları iç içe yerleşmiş halkalar şeklindeki 4-20 adet lamelin oluşturduğu Havers sistemi veya osteonların kompleks ve düzenli bir şekilde bir araya gelmesi ile oluşmaktadır. Bu lameller sistemi arasında kemik hücreleri birbirlerine bağlanarak kompakt kemiğin çatısını meydana getirir. Osteonlar kemiği uzunlamasına geçen kan damarını çevreleyerek besinlerin alınmasına ve kemik hücrelerinin atıklarının uzaklaştırılmasına izin verecek yapıya sahiptir. Havers kanalı osteon sisteminin merkezi içinden boylamasına uzanan kan damarları, lenf kanalları ve sinirlerin yerleştiği kemik uzun eksenine paralel kanallar sistemidir ve birbirlerine transversal veya oblik olarak lamelleri delerek geçen Volkmann kanalları ile bağlanarak kemik iliği boşlukları, periosteum ve kendi aralarında iletişim kurarlar. Bu kanallar, sinirlerin, kan ve lenf damarlarının tüm kemik boyunca iletilmesini ve

kemiklerin kanlanması için olanak sağlamaktadır (28). Spongioz kemikte osteon ve Havers kanalları bulunmaz. Spongioz kemikte bunların yerine trabeküller bulunmaktadır. Trabeküller içnemsî kemik spikülleri içermekte ve bu spiküller yardımı ile diffüzyon yolu ile kemik hücrelerinin kanlanması ve atıkların uzaklaştırılması sağlanmaktadır (29).

Kemikte farklı görevlere sahip dört çeşit hücre tipi vardır. Osteojenik (osteoprogenitör) kemik dokusu oluşturabilecek potansiyelde mezenkimal hücrelerdir. Periosteum ve endosteum adı verilen zarlarda ve Havers ve Volkman kanallarındaki damarlar çevresinde bulunurlar. Kemik yapımı (osteogenezis) ve kemik kırıkları tamiri sırasında osteoprogenitör hücreler hızla bölünüp osteoblastlara dönüşmektedir. Pluripotent özelliklere sahip bu hücreler ihtiyaç halinde fibroblast, adiposit, kondrosit ve kas hücrelerine de dönüşebilirler. Osteoblastlar kemik oluşumundan sorumlu primer hücrelerdir. Organik matriksi ve inorganik fosfat ve kalsiyum hidroksiapatitleri oluşturup kemik dokusu oluşumunu düzenlerler. Osteoblastlar kemik matriksi ile çevrelendikten sonra osteositlere dönüşürler. Osteositler lakünalar içine yerleşerek kemik dokunun devamlılığının sağlanmasında görev alır. Osteoklastların görevi ise kemik rezorpsiyonudur. Kemik kırıklarından sonra remodelizasyonda da görev alırlar (30,31).

2. 2- KEMİK KIRIKLARI:

Çeşitli iç ve dış etkenler sonucu kemik dokusunun devamlılığının ve bütünlüğünün bozulmasına kırık denmektedir. Travma en sık kırık oluşturan etmen olmak ile birlikte metabolik, onkolojik ve enfeksiyöz hastalıklarda da bir dış etken olmadan kırık oluşabilir. Ayrıca bu durumlarda daha düşük şiddetteki bir travmada kemiğin kolayca kırılmasına sebep olabilir. Kemik kırıkları etki eden etmene, yaşa ve lokalizasyona, kemiğin dayanıklılığına ve şoku absorbe edebilme yeteneğine bağlı olarak küçük bir fissürden bir ya da birden fazla kemiğin büyük ayrıklı, açık kırıklarına kadar geniş yelpazede oluşabilmektedir. Kemiği kıran travma ile birlikte ya da kemik kırılmasına sekonder komşu yumuşak dokularda (kas, sinir, damar, tendon) ve organlarda (kot kırıklarına bağlı akciğer kontüzyonu vb.) yaralanmalar meydana gelebilmektedir (32,33).

Yenidoğanlarda doğum travmaları ile başlayabilen kemik kırıkları, trafik kazaları, iş kazaları, düşmeler, darp edilme, tümoral durumlar gibi birçok sebeple yaşamının herhangi bir evresinde insanoğlunun başına gelebilir. Kırıklar kemiğin sağlamlık durumuna (normal ya da hastalıklı kemikte kırık, stres kırığı), dış ortamla ilişkide olup olmamasına (açık ve kapalı kırıklar), kırığın derecesine ve kırık hattına (deplase, nondeplase), kırık sayısına (tek ya da multiple kırık) göre birçok şekilde sınıflandırılır (34).

Kırık oluşuktan sonra çevresel ve intramedüller kanamaya bağlı kırık hematomu oluşur. Kırık hematomu periost ve çevre dokular tarafından sınırlandırılır. Çok hızlı büyüyen hematomlar akla büyük damar yaralanmasını getirir. Açık kırıklarda kırık hematomu izlenmez. Kırık hematomunun kırık uçlarını bir arada tutup destek olma ve inflamasyon süreci için gereken hücrelere köprü olma görevi vardır. Kanamaya bağlı oluşan kırık hematomu 8-24 saatte şekillenir. İlk 48 saatte iyice organize olan kırık hematomu fibrinden bir yapı oluşturur ve bu yapı kırık iyileşmesinde etkili diğer hücre, sitokin ve markerların bölgeye migrasyonu için iskelet görevi görür (35).

2.3- KEMİK KIRIĞININ İYİLEŞME EVRELERİ:

Kemik kırığı oluşması ile başlayan kırık tamiri iç içe geçmiş birçok evreden oluşmaktadır. Her ne kadar diğer dokuların iyileşme süreçleri ile benzerlik gösterse de skar dokusu oluşmadan yeni kemik dokusu oluşturarak iyileşmesi kemik dokusunu diğer dokulardan ayırır. Kırık iyileşmesi birçok faktöre göre değişiklik gösterir. Kırığın yeri ve şiddeti, açık kırık olup olmaması, bireyin bünyesinin güçlü olup olmaması ve yaşına bağlı olarak iyileşme süresi değişir. İyileşme, gençlerde yaşlılardan ve iyi beslenenlerde kötü beslenenlerden daha hızlı gerçekleşir (36). Biyokimyasal, biyomekanik, hücrel ve hormonal birçok etken kırık iyileşmesinde rol alır. Kompakt kemik kırıklarının iyileşmesi genelde 3 ay, spongios kemik kırıkları ise 1.5 aydır (37). Bazen kırık iyileşme sürecinin tamamlanması yıllar sürebilir hatta hiç iyileşmeyebilir. İki tip kırık iyileşmesi vardır. Primer (kontakt) kırık iyileşmesi ayrılmamış kemik kırıklarında ve iyi osteosentez yapılmış kırık müdahalelerinde görülür. Dış kallus oluşmadan sadece iç kallus oluşturarak iyileşir. Sekonder kemik iyileşmesi defektli kırıklarda, kapalı redüksiyon yapılan kırıklarda görülür. Birçok evre ile iyileşme

tamamlanır. Bu evreler birbiri içine geçmiş oldukları için kesin ayrımları yapılamaz (38).

Bu evreler farklı otoriteler tarafından farklı sınıflandırılmış olmakla birlikte genellikle hematoma ve inflamasyon fazı, onarım (reperasyon) fazı ve yeniden şekillenme (remodeling) fazı olarak üç gruba ayırmak mümkündür (37).

2.3.1- İnflamasyon ve Hematom Evresi: (1-4 Gün)

Tüm dokularda olduğu gibi kemik dokuda da travmatik olaya karşı vücudun verdiği ilk cevap inflamasyondur. Travmanın şiddetine ve kırılan kemik uçlarına bağlı olarak çevre yumuşak dokularda, kan ve lenf damarlarında, kaslarda, sinirlerde yaralanmalar meydana gelir. Kan ve lenf damarlarının yırtılması ile kan ve lenf sıvısı kırık oluşan bölgede birikmeye başlar ve kırık hematoma oluşmuş olur. Periost sağlam ise periost tarafından, yırtılmışsa komşu yumuşak dokular tarafından hematoma sınırlandırılır. Açık kırıklarda bu sınırlandırılma olmayacağından kanama dışarıya boşalır ve hematoma oluşmaz (39). Kanamanın durmasını ve pıhtılaşmayı sağlamak için trombosit ve trombotik faktörlerin toplanmasıyla moleküler araçlar yaralanma bölgesine salınır. Kırık olduktan sonra kanlanma bozulmasına bağlı olarak kırık uçlarında nekrotik doku oluşur ve oluşan bu nekroz akut inflamasyon fazını başlatır. Bu ve benzeri birçok etken nedeniyle kırık bölgesine inflamasyon hücreleri göç eder.

Kırık hematoma yaklaşık 48 saatte organize olur. Organize hematoma fibrinden bir yapı oluşturur. Fibrin yapı hem kırık tamirinde rol alan diğer hücre, mediyatör ve sitokinlerin kırık bölgesine migrasyonu için köprü görevi görür ve fibrin matriks içerisinde farklılaşmaya hazır yeni dokuları oluşturacak öncül hücreleri barındırır (40). Kırık hematoma sekonder kırık iyileşmesinde çok önemli yeri vardır. Hematom basıncı ile kırık uçlarını bir arada tutarken yukarıda bahsedilen fibrin yapı sebebiyle de onarıma katkı sağlar. Kırık hematoma içerisinde gelişen fibrin yapı fibroblastların ve yeni kapiller tomurcuklarının oluşumu için uygun ortam sağlar. Zamanla fibroblastların ve yeni kapiller yapıların gelişimi sonucunda granülasyon dokusu ile fibrin kademeli olarak yer değiştirir (40).

2.3.2- Onarım (Reperasyon) Fazı: (2-40 Gün)

Kanlanmanın bozulması ile oluşan nekrotik kemik uçları ve diğer dokular inflamatuvar hücreler tarafından ortadan kaldırılır. Fibrin doku içerisindeki fibroblastlar onarımı başlatır. Hematomun organize olması ile osteoprogenitör hücrelerde hücre çoğalması başlar ve kırık uçlarındaki boşluklar hücrelerle dolar. Öncü hücreler yeni damar, fibroblast, hücreler arası madde, destek hücreleri oluşturmak üzere farklılaşmaya başlar. Kırık hattındaki hücresel aktivitenin başlaması kimyasal, elektriksel ve mekanik birçok faktöre bağlıdır. Fibroblastlar kollajen matriks sentezlemeye başlar. Fibroblastlar ve kondroblastlar tarafından salgılanan matriks granülasyon dokusuna dönüşür. Osteoblastlar çevreye kemik matriks proteinlerini salgılar. Kalsiyum tuzlarının matrikse çökmesi ile granülasyon dokusu (yumuşak kallus) endokondral kemikleşmeye uğrayarak süngerimsi kemiğe dönüşür. Kırık dokunun tamamen düzensiz kemik trabekülleriyle örtülü immatür kemiğe dönüşmesi ile osseöz (sekonder) kallus oluşur (37,41).

2.3.3- Remodelling Fazı: (4-16 Hafta)

Kemik iyileşmesinin en uzun evresi olan remodelling evresidir. Sert, güçlü ama düzensiz immatür kemiğin, düzenli lamel yapısına sahip matür kemiğe dönüşmesidir. Sert kallusun osteoklastlar tarafından rezorbe edilmeye başlaması ile başlar. Kemiğin normal haline gelmesi aylar hatta yıllar sürebilir. Remodellingi etkileyen birçok faktör vardır (41, 42, 43).

2.4- DEKOMPOZİSYON:

En basit organizmadan insan vücuduna kadar yaşayan tüm canlılar öldükten sonra temel organik yapı birimlerine ayrışır ve tekrar doğaya karışırlar. Doğanın bu kuralı, mumyalaşma ve sabunlaşma gibi istisnai durumları olsa da kaçınılmaz bir sonudur. Dekompozisyon otoliz ve çürüme olmak üzere iki aşamadan oluşur. İnsan vücudunda da öldükten hemen sonra vücutta bulunan enzimlerle otoliz başlar ve bu süreç diğer mikro ve makro organizmalarının sürece dahil olması ile oluşan pütrefaksiyon ile devam eder. Cesede ve çevreye ait birçok özellik cesedin dekompozisyon sürecine etki eder. Bu süreç yıllar sürebilir ama sonuçta cesette mumyalaşma ya da sabunlaşma yoksa iskeletleşme kaçınılmazdır (44,45).

Otoliz vücutta enzimatik aktivitenin yüksek olduğu dokularda ölümden çok kısa bir süre sonra başlar. Otolizi başlatan dolaşım sisteminin durması ile gelişen oksijen deprivasyonu, kan karbondioksit miktarının artması ve bu artışın kan pH'ını azaltmasıdır. Bu durum ile birlikte hücrelerde apoptoz kaskadı aktive olur (45). Kandaki pH düşüşüne bağlı asidik ortamda enzimatik aktivite artar. Ölüm ile birlikte hücre membran yapısının ve permeabilitesinin bozulması sonucu enzimler hücre dışına çıkar ve vücutta self destrüksiyon başlar. Otolizin gözle görülebilir ilk bulgusu genelde deri bülleridir. Her ne kadar histopatolojik olarak hücrelerde apoptozu göstermek mümkün olsa da bu yöntemle postmortem interval tayini yeterli olmamaktadır (44).

Dolaşımın durması sonucu hipoksiye bağlı apoptoz oluşur. İlerleyen apoptoz sonucu hücre membranları yırtılır ve besinden zengin sıvılar ortaya çıkar. Bakteriler ve diğer mikroorganizmalar için besin kaynağı karşılanmış olur. Ayrıca ölüm ile birlikte immün sistemin bakteriler karşısında duramaması sonucu gastrointestinal sistemde yaşayan ve patojen olmayan bakteriler ölümden sonra vücuda yayılarak pütrefikasyonu (çürüme) başlatırlar (45). Pütrefikasyonun gözle görülür ilk bulgusu cesede ve çevreye ait özelliklere bağlı değişmekle birlikte genellikle 36-48 saat arasında batin sağ alt kadranda çekal bölgedeki koyu yeşil renk değişikliğidir. Çürüme gazlarından olan hidrojen sülfid hemoglobin ile reaksiyonu sonucu ortaya çıkan sülfhemoglobin yeşil rengin sebebidir. İlk bulgunun burada ortaya çıkmasının sebebi çekumdaki bakteri florasının fazla olmasıdır. Ayrıca kanın hemolizi sonrası açığa çıkan hemoglobin damar duvarlarını kırmızı renge boyayarak damarların mermer gibi görülmesini sağlar ve bu duruma çürüme haritası (marbling) denir. Çürüme gazlarının artması ile batin şişer ve ağız ve burundan kötü kokulu gaz çıkışı olabilir. Bu duruma 'ölü soluması' denir. Bu gaz çıkışı ile birlikte ağız ve burun boşluğundan, rektum ve vajinadan bir miktar kanlı köpüklü sıvı çıkışı olabilir. Bu durumun sebebi çürüme sıvısı ve yarı geçirgenliğini kaybeden damar duvarından seröz boşluklara kan çıkışıdır. Çürüme dönemine hakim olmayan hekimler tarafından bu durum kafa travması ya da cinsel saldırı gibi yanlış değerlendirilebilir. Ayrıca otopsi sırasında da kırmızı-koyu kahverengi renkli bu sıvı perikart boşluğunda ve plevral boşluklarda bulunabilir. Bu durum yine hekimler tarafından yanlışlıkla travma yönünde değerlendirilebilir (44,45,46,47).

Pütrefikasyonun 4 evresi bulunmaktadır. Çekal bölgedeki renk değişikliği ile çürümenin ilk evresi başlamış olur. Çürüme devam ettikçe biriken çürüme gazlarına bağlı olarak batın distandü hale gelir. Gaz basıncının fazla artması ile batın bölgesi patlayarak açılır ve böylece çürümenin ilk evresi bitip ikinci evresi başlamış olur. Birçok faktöre bağlı değişmekle birlikte bu süreç yaklaşık 3 hafta sürer. Batının açılması ile birlikte ikinci evre başlar. Çürüme gazlarının vücudu terk etmesi ile artık vücutta aktif çürüme de başlamıştır. Yumuşak dokular ve iç organlar iyice kıvamını kaybederler. Kas dokusu bakteriler tarafından yıkılarak aminoasitlere dönüştürülür. Bakterilere bağlı çürümeye diğer mikroorganizmalar, sinekler ve diğer canlılar da eşlik eder. Çürüme devam ettikçe iç organların kıvamı yumuşar ve çamurumsu bir hal alır. Karaciğerin ayırt edilememesi ile 2. evre tamamlanır ve 3. evre başlar. 3. evrede yumuşak dokular iyice cesetten uzaklaştırılır ve iç organlar artık ayırt edilemez hal alır. Kaslar ayrılmaya başlamıştır. Cesette cinsiyetin belirlenememesi ile 3. evre de tamamlanmış olur ve son evre başlamış olur. Bu evrede artık cinsiyet dışarıdan belirlenemez. Kadınlarda uterus erkeklerde prostat dokusu çürümeye diğer organlardan daha dirençlidir. Bu dönemde cinsiyet ayrımı bu organlar ile yapılır. Cesedin durumuna, bulunduğu yere ve diğer birçok koşula bağlı olarak cesedin tamamen iskeletleşmesi çok değişkenlik gösterir. Cesedin tamamen iskeletleşmesi ortalama 3-5 yıldır (46,47,48).

Pütrefikasyona etki eden birçok faktör vardır. Bunlar cesede ait iç faktörler ve çevreye ait dış faktörler olarak kabaca ikiye ayrılabilir. Pütrefikasyonu başlatan ve en önemli etken bakteriyal aktivitedir. Normal insan florasında bulunan ve patojen olmayan bakteriler ölümden sonra insan vücudunu besin kaynağı olarak kullanırlar ve kısa zamanda çoğalarak bakterilerin çoğalmasını ve yayılmasını engelleyen mekanizmaların da ortadan kalkması ile tüm vücudu istila ederler. Septik ve bakteriyel florası zengin bireylerde çürüme erken başlayıp hızlı ilerlerken yenidoğan bebeklerde az bakteri bulundurmaları nedeniyle yavaş ilerler. Pütrefikasyona etki eden bir diğer faktör de insektlerdir. Suda bulunan bir cesette balıklar, açık havada bulunan cesetlerde etoburlar da yumuşak dokuları tüketerek çürümeye yardım eder (45,47).

Cesede ait özellikler de çürümenin başlamasını, ilerleme hızını etkiler. Cesedin yaşı, beslenme durumu, giysileri, ölümden önce mevcut hastalıkları, cesette açık yara ve travma varlığı, dehidratasyon varlığı çürümeyi etkileyen başlıca cesede ait faktörlerdir.

Çürüme yaşlılarda gençlerden, şişman bireylerde zayıflardan, hastalıklı ve travmatik bireylerde sağlamlardan daha hızlı ilerler (48).

Cesette çürümeye etki eden bir diğer önemli faktör ise fiziksel etkenlerdir. Cesedin bulunduğu duruma göre, suda ya da açık havada bulunması, gömülü olup olmaması, ortamın hava akımı, sıcaklığı, nemi, bulunduğu çevredeki insekt, kemirgen ve etoburların varlığı, bulunduğu ortamdaki toprak yapısına bağlı değişiklikler gösterir. Sıcak, nemli ve durgun havalarda hızlı seyrederek. Gömülü cesetlerde açık havada ve suda bulunan cesetlere göre daha yavaş seyreder (45,47,48,49). Tüm bu faktörlerden dolayı adli hekimler bulundukları ortamın durumuna göre bulunan cesetlerde ölüm süresi için tahmini bir ölüm aralığı verebilseler de, dekompozisyon aşamalarına göre postmortem interval tayininde bulunmak zordur. Ölüm ile ölünün bulunduğu süre arttıkça daha da zorlaşır ve verilen aralık gradiyenti artar.

2.4.1-Kemiklerde Dekompozisyon:

Organik ve inorganik komponentlerin düzenli ve sıkı bir şekilde bir araya geldiği kemik dokusu diş dokusu kadar olmasa da doğal olarak diğer dokulara göre çürümeye daha dirençlidir. Ancak kemik dokuda da dekompozisyon olur. Kemik dokuda mikroorganizmaların olmaması, kemik dokunun etrafının periost ve tendonlar gibi kollajenden zengin bağ dokuları ile sarılı olması, kendi konsantrik sıkı yapısı gibi birçok sebepten dolayı kemiğin dekompozisyonu çok yavaştır ve uzun yıllar sürebilir. Sıcaklıklar ile birlikte kemik iliğindeki yağ yüzeye çıkarak kemik yüzeyini kaygan hale getirir. Yaklaşık 1. yılın sonunda kemik beyazımsı bir renk alır. Zamanla kemik dokusu üzerinde çatlaklar ve soyulmalar görülmeye başlanır. Açık havada ve suda bulunan cesetlerde çevrede bulunan canlılar tarafından oluşturulmuş lezyonlara rastlanılabilir. Kollajen yapının yıkımı ile kemiğin konsantrik yapısı kaybolmaya başlar. Femur, humerus gibi kompakt kısmı daha fazla olan kemiklerde dekompozisyon yassı kemiklere göre daha yavaş ilerler. Organik komponentini kaybeden kemik dokusu kolayca ve kendiliğinden kırılır hale gelir. Kemiğin kendiliğinden kırılır hale gelmesi bulunduğu ortama ve kemiğin tipine bağlı değişmekle birlikte yaklaşık 25 yıl sürer. Organik yapısı kaybolduğundan çevresel etkenlerden kolayca etkilenir (45,47).

Kemiğin dekompozisyonuna da etki eden birçok etmen bulunmaktadır. Kemiğin tipi, yumuşak dokuların dekompozisyon süreci, cesedin durumu (açık hava, su ya da gömülmüş olup olmaması), bulunduğu toprağın asidik özelliği, çevrede bulunan canlı türleri gibi etkenler başlıca etkenlerdendir. Kemirgenler ve etoburlar bu sürece etki edebilir. Kemik ve iskelet defektlerine sebep olabilir (50).

Kemiğin dekompozisyonu üzerinden postmortem interval tayini yapılmaya yönelik birçok çalışma bulunmaktadır. Potasyum, kalsiyum ve magnezyum ölçümleri, protein ve trigliserit konsantrasyonlarının ölçümü, kemik dokusunun histopatolojik değişiklikleri gibi çalışmalar bulunmakla birlikte kemiğin dekompozisyonunu da etkileyen birçok faktör bulunması nedeniyle bu çalışmaların diğer yöntemlerle birlikte kullanılması gerekmektedir (47,51).

2.5- İNSAN İSKELET KALINTILARININ DEĞERLENDİRİLMESİ:

Adli tıbbi uygulamalara adli hekimi ve adli bilimcileri en çok zorlayan alanlarından biri de iskelet kalıntılarının değerlendirilmesidir. Çeşitli nedenlerle ölen ve üzerinde adli inceleme yapılamadan gömülen ya da açık havada çürümeye bırakılan cesetler kısmen ya da tamamen iskeletleştikten sonra bulunabilirler. Cesetlerde bilinen en erken iskeletleşme 2 haftadır (52). Yani bulunan bir ceset 2 hafta önce de ölmüş olabilir antik çağlardan kalma bir iskelet de olabilir. Miras ve aile hukuku ile ilgili konularda göz önüne alındığında ülkemizde adli yönden değerlendirilmesi gereken kalıntıların en çok 80-100 yıl önceye ait kalıntılar olacağı daha eski kalıntıların ise adli olarak öneminin olmadığı ama arkeolojik ve antropolojik olarak önemli olduğunu söyleyebiliriz. Bu durumda adli hekimden bulunan kalıntıların adli olarak önem taşıyıp taşımadığı hakkında görüş sorulabilir. İskelet kalıntısı ile karşılaşan bir adli hekimi cevaplaması gereken birçok soru beklemektedir.

Bulunan kalıntının kemik olup olmadığı (kemiğe benzeyen tahta, kütük, plastik vb. kemik sanılabilir), kemik ise insana ait olup olmadığı, insan kemiği ise kime ait olduğu (kimliklendirme), bireyin yaşı, boyu, ırkı, ölüm ile kalıntının bulunması arasında geçen zaman (postmortem interval), ölüm sebebi, ölümün dış bir etken sonucu meydana gelip gelmediği, ceset üzerinde travmatik lezyon olup olmadığı, travmatik lezyon varsa ölümden önceki dönemde meydana gelip gelmediği, travmatik lezyon varsa nasıl

oluştugu, herhangi bir silah kullanımının söz konusu olup olmadığı, kalıntı üzerinde çevresel özellik gösteren durumların olup olmadığı (kalıntının yerinin değiştirilip değiştirilmediği) benzeri birçok sorunun adli hekim tarafından cevaplanması istenebilir (47,53).

Antropoloji insanı kültürel ve biyolojik olarak tüm yönleriyle inceleyen bilim dalı olup adli antropoloji ise adli vakaların çözülmesinde, iskelet kalıntılarının tanımlanması ve adli soruşturmaya esas olmak üzere yukarıda sayılan birçok soruya cevap vermeye çalışan antropolojinin alt dalıdır (54).

2.5.1- İskelet Kalıntılarında Travma Analizi:

İskelet kalıntılarındaki travmatik bulguların tespiti ve oluşum mekanizmasının açıklanması adli vakalarda ölüm üzerindeki sır perdesini kaldırmak için kritik öneme sahiptir. Doku ve organların bütünlüğünü bozan yaralanmalara travma denir. Kemik travmaları da birçok sebepten dolayı oluşabilir. Adli antropolog iskelet kalıntılarında travma izine rastladığında ilk önce ve en önemli olarak çözmesi gereken problem travmanın ölümden önce meydana gelip gelmediği ve bireyin ölümü üzerine etkisinin olup olmadığıdır (36). Kemik kalıntıları üzerindeki delici kesici alet yaraları, ateşli silah mermi çekirdeği giriş ve çıkış yaraları, kimyasal yaralanmalar, yanıklar ve kemik kırıkları değerlendirilmeli ve antemortem dönemde mi yoksa postmortem dönemde mi meydana geldiği morfolojik, makroskopik ve mikroskopik yöntemlerle tespit edilmelidir. Postmortem süreçte meydana gelen kırıklar, çatlaklar ve eksfoliasyon, kemirgenler ve etoburlar tarafından oluşturulan deformasyonlar iyi tanımlanmalı ve antemortem travmalar ile karıştırılmamalıdır (55). Kırık ya da travmatik bölgenin makroskopik olarak incelenmesi, kallus dokusu oluşup oluşmadığı, mikroskopik olarak vitalitenin gösterilmesi (kırık iyileşme evrelerinin gösterilmesi) gibi yöntemlerle kemik travmalarının antemortem, postmortem ayrımı üzerine çalışmalar vardır (1, 55).

Kemik lezyonların bulunduğu yer ve konumu yine olayın orijini hakkında bilgi verebilir. Adli antropolog ve adli hekim önce kalıntıları bulunduğu yerde incelemeli bulunuş yeri, kemiklerin duruş pozisyonu gibi bulguları dikkatlice not etmelidir. Daha sonra kalıntılar incelenecek laboratuvara taşınmalı ve kemik üzerindeki adli nitelikteki deliller toplandıktan sonra temizlenerek anatomik pozisyonda sıralanmalı ve dikkatlice

incelenmelidir. Hiçbir bulgunun atlanmaması kritik öneme sahiptir. En küçük bir bulgu cesedin ölüm sebebi hakkında önemli ipuçları barındırabilir. Örneğin hiyoid kemik kırıkları ası, boğma ve boğulma olgularında görülen bir durumken C2 vertebra pedikül kırıkları daha çok infaz temelli asılarda görülür (36,56,57). Çocuk cesetlerinde bulunan spiral ve avülsiyon kırıkları çocuğun fiziksel istismarını, kol ve ön kol kemiklerinin eksternal yüzlerindeki delici kesici alet yaralanmaları savunma yarasını düşündürür. Kemiklerin ateşli silah ve delici kesici alet yaralanmalarının tanımlanması ile kullanılan silah türü, yara sayısına bağlı olarak olayın intihar olup olmama ihtimali, lezyonun yerine ve trajesine göre kurban ile saldırganın pozisyonları, yine çok zor olmakla birlikte atış mesafesi gibi sorulara cevap verilebilir. Örneğin tekli mermi çekirdeği yarası intiharı düşündürürken birden çok giriş daha çok cinayeti akla getirmelidir (56,58).

2.5.2- İskelet Kalıntılarında Postmortem İnterval Tayini:

Çevresel ve bireysel birçok faktöre bağlı değişen portmortem interval tayini çürüme tamamlanıp iskelet ortaya çıktığında daha da zorlaşmaktadır. Literatürde en erken iskeletleşme 2 hafta olarak bildirilmiştir (52). Bunun ile birlikte bulunan iskelet antik çağlardan kalmış da olabilir. Bu durumda karşımıza çok büyük bir zaman aralığı çıkar. İskeletleşmiş cesetlerde postmortem interval tayini yönünden birçok çalışma bulunmaktadır (52,59).

Kemik üzerinde bakteriyel ve fungal etkiye bağlı oluşan tünelleri, demineralizasyon evrelerini, kompakt kemiğin yıkımı ile oluşan yapısal değişiklikleri gösteren çalışmalar bulunmaktadır (60,61,62).

Kemiğin dekompozisyonu hava sıcaklığı, nem, toprağın asiditesi, mineral içeriği gibi çevresel birçok faktörden etkilenir. Buna bağlı olarak kemikte kollajen yıkımı ve demineralizasyon farklılıklar gösterir. Kemiğin bu yıkımlarının aşamaları üzerinden yapılan interval çalışmaları bulunmaktadır (60,63).

Bir diğer interval çalışması ise iskelet kalıntılarında birikmiş gün sıcaklığının (ADD) tahminidir. Bu yöntem cesedin bulunduğu zamana kadar maruz kaldığı ısıнын hesaplanması temeline dayanır. Birikmiş gün sıcaklığı ile yapılan interval çalışmalarında

umut verici sonuçlar elde edilmiştir. Bu yöntem cesedin ayrışma durumuna göre yapılan çalışmalarla korele edildiğinde güvenilir sonuçlara ulaşılmıştır (64,65).

Kemikteki yıkıma bağlı nitrojen ve aminoasit içeriklerinin ölçüldüğü, sitrat miktarına bakılan, kalsiyum, potasyum, kurşun, magnezyum, polonyum, hidrojen, sezyum, stronsiyum gibi elementlerin ve radyoizotoplarının ölçüldüğü çalışmalar da bulunmaktadır (66-70). Sitrat vücutta %90 oranında kemikte bulunan ve çevresel ve bireysel etkenlerden az etkilenen bir elementtir. Postmortem süreçte sitrat miktarındaki azalmanın ölçülerek yapılan interval tayinlerinde anlamlı sonuçlara ulaşılmıştır (71).

Arkeolojik kalıntıların incelenmesi için kullanılan yöntemler genelde radyonükleotitlerdir. Bu yöntemlerden en sık kullanılanı ^{14}C radyokarbondur. Yarı ömrü çok uzun olan bu element tüm canlılarda bulunmakla birlikte genelde arkeolojik öneme sahip kalıntılarda kullanılabilir (72). Yine UV ışıkların kullanılarak kemiğin diyafiz kısmındaki mavi beyaz florasanın zamanla azalması ve luminolun kan ürünleri ile reaksiyonunu gösteren ve bu ölçümlere dayanan yöntemler de kalıntılarda interval tayini için kullanılan yöntemlerdendir (73,74).

Yapılan literatür taramasında kemik kırıklarında genellikle antemortem-postmortem (vitalite) ayrımı için makroskopik ve mikroskopik iyileşme bulgularının ve kuru ve yaş kemik kırılma paternlerinin kullanıldığı görüldü. Antemortem-postmortem kırık ayrımı için kırık uçlarından kimyasal analiz ile element değerlerinin ölçüldüğü çalışmaya rastlanılmadı. Ayrıca iskelet kalıntılarında postmortem interval tahmini için kullanılan birçok yöntem olmasına rağmen bu yöntemlerin başka yöntemlerle desteklenmesi gerektiği görüldü.

2.6- İNSAN VÜCUDUNDA BULUNAN MAKRO VE MİKROELEMENTLER:

Tüm canlı ve cansız varlıklar gibi insan da elementlerden oluşur. İnsan vücudunda en çok bulunan elementler organizmanın temelinde bulunan oksijen, karbon, hidrojen ve nitrojendir. Bu elementlere majör elementler denir ve birçok farklı çalışmada farklı oranlar verilen bu elementler insan vücudunun yaklaşık %96'sı gibi büyük bir orana sahiptir. Bu elementlerden sonra insan vücudunda en çok bulunan

elementler kalsiyum ve fosfordur (75,76). İnsan vücudunda bunların dışında da az miktarda olsa da büyük ve hayati fonksiyonları olan birçok element bulunmaktadır. Vücudumuzda eser elementlere göre daha fazla bulunan ve makroelementler olarak adlandırılan potasyum, sülfür, sodyum, klor, magnezyum ve diğer elementlere göre daha az eser miktarda bulunan bor, krom, kobalt, bakır, flor, iyot, demir, manganez, molibden, selenyum, silikon, kalay, vanadyum ve çinko, arsenik, kadmiyum, uranyum altın gibi birçok element de vücudumuzda bulunmaktadır (76,77).

Bu elementler vücudumuzu oluşturduğu gibi kimyasal özelliklerine, vücudumuzda bulunduğu doku ve sıvılardaki yerleşimlerine bağlı değişen çok sayıda hayati fonksiyonları da yerine getirmektedirler. Bu görevlerin hepsi tam olarak açıklanamamış olmakla birlikte sinirsel aktivite, kasların çalışması, enzimsel aktiviteler, protein ve hormonların yapısında bulunma, vücudumuzda asit baz dengesini sağlama gibi birçok görevleri bulunmaktadır (78).

Çalışmamızda karşılaştığımız elementlerden magnezyum (Mg) elementi alkali toprak metalleri grubunda bulunan atom numarası 12 olan bir elementtir. Genelde vücudumuzda Mg^{2+} olarak bulunur ve vücudumuzun yaklaşık % 0.01'ini oluşturur. Vücudumuzda birçok kimyasal reaksiyonda görev alan magnezyum hormonal ve enzim aktivitede, sinirsel iletide, enerji ve protein sentezlerinde görev almaktadır. Vücudumuzdaki magnezyumun yaklaşık % 60'ı kemik ve diş dokusunda bulunur (78,79).

Kükürt (S) elementi atom numarası 16 olan bir ametaller grubundan bir elementtir. Doğada saf halde bulunan nadir elementlerden olan kükürt genel olarak sülfür olarak bilinir. İnsan vücudunda yaklaşık 140 mg sülfür bulunur. Sülfürün insan vücudundaki önemi ve görevleri tam açıklanamamış olmakla birlikte oksidasyon tepkimelerinde görev aldığı, vücut için zararlı olan ksenobiyotiklere karşı savunma görevi gördüğü ve B vitaminlerinin görevlerini yerine getirilmelerine yardımcı olduğu bilinmektedir (80).

Kalsiyum (Ca) elementi atom numarası 20 olan toprak alkali metaller grubunda bulunan bir elementtir. İnsan vücudunda yaklaşık 1 kg kalsiyum bulunur ve insan

vücudunun yaklaşık %1.4'ü kalsiyumdur. Kalsiyum vücudumuzda daha çok kemiklerde ve dişlerde bulunur ve vücudumuz için hayati önemde birçok biyokimyasal olayda görev alır. Bunların başında kemik ve diş gelişiminin yanında kalp ve diğer kasların çalışması, sinirsel ileti, kan pıhtılaşması, diğer minerallerin miktarının koordinasyonu, vücut sıcaklığının ayarlanması ve birçok kimyasal tepkimede kofaktör olması gibi hepsi burada sayılmayan birçok önemli görevi vardır (81,82).

Selenyum (Se) elementi atom numarası 34 olan ametaller grubundan bir elementtir. Selenyum insan vücudunda yaklaşık 15 mg bulunur. Selenyum güçlü bir antioksidan ve bağışıklık sistemi güçlendiricisidir. Antioksidan etkisi ile vücuttan zararlı serbest radikallerin uzaklaştırılmasında görev alır. Kemik, kas ve kan dokusunda diğer dokulara göre yüksek oranda bulunur. Hücreleri korur, kalbin daha iyi çalışmasında ve kalp damar hastalıklarından korunma sağlar (79).

Hemoglobin eritrositlerde bulunan ve kana rengini veren çok üniteli bir metalloproteindir. Balıklar hariç bütün vertebralı canlıların kırmızı kan hücrelerinde oksijen taşıyıcısı olarak hemoglobin bulunur. Hemoglobin 4 globin proteinin tetrahedral bir yapıda bir araya gelmesi ile oluşur. Hem ve globinlerden oluşan hemoglobinin hem kısmında demir iyonları bulunur. Hemoglobinin vücuttaki temel görevi akciğerlerden aldığı oksijeni tüm vücut dokularına taşımaktır. Hemoglobinin bir diğer önemli görevi ise dokulardan akciğere karbondioksit taşımaktır. Hemoglobinin vücuttaki diğer görevleri; tampon görevi görme, kırmızı kan hücrelerinin şeklini oluşturma, diğer ligandlarla iletişime geçmektir (83).

Demir birçok canlı gibi insanoğlu için de hayati fonksiyonları olan çok önemli esansiyel bir elementtir. Vücutta başta enerji yapımı ve oksijen taşıma, hücrel immünite gibi birçok görevinin yanında birçok protein ve enzimin sentezinde ve yapısında yer alır. İnsan vücudunda ortalama 3500 miligram demir bulunmaktadır. Bu demirin yaklaşık % 60-70 lik kısmı hemoglobin içerisinde, %10 luk kısmı miyoglobin, sitokrom enzimleri ve diğer enzimlerin yapısında bulunur. Kalan yaklaşık %30 luk kısmı gerektiği anda kullanılmak üzere karaciğerde (200 mg), retiküloendotelyal makrofajlarda (500 mg) ve kemik iliğinde (150 mg) depolanmaktadır. Demirin birçok faydasından ve fazla demirin toksik etkilerinden dolayı vücutta demir emilimi çok sıkı

denetim altındadır. Yaklaşık %10 duodenum olmak üzere diyetle alınan demir intestinal sistemden emilir ve taşıyıcı proteinler yardımı ile kullanılacağı yere taşınır. Vücutta kanamalar ve epitel dökülmeleri dışında demir atacak bir mekanizma bulunmamaktadır (83,84).



3. MATERİYAL VE METOD

Çalışma için Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu'nun 18.07.2019 tarih 51879863-161 sayılı izni alındı. Çalışma boyunca Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu ve Helsinki Deklarasyonu Hayvan Deneyleri ile İlgili Etik Yasaları'na uygun şekilde çalışıldı.

Çalışmamızda ağırlıkları 250-300 gram, ortalama 6-8 aylık 48 adet dişi Rattus Novecikus deney sıçanı kullanıldı. Sıçanlar Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Deneysel Tıp Araştırma Birimi'nde üretilmiş olup deney boyunca sabit 21 ($\pm$ 1) °C sıcaklıkta ve %50 ($\pm$ 10) nemli ortamda tutuldular. Yapay gün/gece ortamı 12 saatlik devreler halinde floresan aydınlatmasıyla sağlandı. Kafesler içerisine yerleştirilen sıçanlar yeterli miktarda su ve yem ile beslendi.

3.1.Örnek Alımı

Çalışmamıza alınan 48 rat her bir grupta 8 rat olacak şekilde 6 gruba ayrıldı. Gruplar sırası ile postmortem bekleme zamanlarına göre 0. saat grubu (kontrol grubu), 7, 15, 30, 60 ve 90. gün grubu olarak ayrıldı.

Tüm ratlarda antemortem kırık oluşturuldu. Anestezi için intraperitoneal ketamin (75 mg/kg) ve xylazin (10 mg/kg) kullanıldı. Anestezi sonrasında cilt üzerinden sol mandibula orta kısmından portegü yardımıyla künt olarak kırıldı. Postoperatif analjezi için 12 saatte bir oral (sularına katılarak) 0.05 mg/kg buprenorfin verildi. Kırık meydana geldikten sonra kırık hematomunun oluşması ve organize olması için 48 saat ratlar nazogastrik sonda ile uygun yem ve su ile beslenerek sekonder iyileşme dönemine bırakıldı. 48. saatte ratlar anestezi altında servikal dislokasyon ile sakrifiye edildi. Servikal dislokasyondan sonra ratta dolaşımın durması ve kanamanın azalması için 1 saat beklendi. Sakrifikasyondan sonra ratlarda portegü yardımı ile künt olarak postmortem sağ mandibula kırığı oluşturuldu. Postmortem 0. saat grubundaki 8 ratın sağ ve sol mandibulaları yumuşak dokularından arındırılarak kırık uçlarını içerir şekilde kimyasal analiz yapılmak üzere ayrı ayrı örnekleme kaplarına koyuldu. Diğer 5 gruptaki 40 rat postmortem 7, 15, 30, 60 ve 90. günlerde örnek alınmak üzere etrafı tel

örgülü (insektlerin girişine engel olmayacak aralıkta) metal kafesler içerisinde doğal ortamda açık havada çürümeye bırakıldı (Şekil 1.). Ratların postmortem çürümeye bırakıldığı tarihler arasındaki günlük ortalama nem, yağış miktarı ve sıcaklık değerleri gibi veriler meteoroloji genel müdürlüğünden elde edildi. Sırasıyla postmortem 7, 15, 30, 60 ve 90. günlerde örnek alınmak üzere doğal ortamdan alınan ratların sağ ve sol mandibulaları yumuşak dokularından arındırılarak kırık uçlarını içerir şekilde kimyasal analiz yapılmak üzere ayrı ayrı örnekleme kaplarına koyuldu. Örnekleme kapları kimyasal analiz sonuçlarının etkilenmemesi için herhangi bir koruyucu madde konulmadan kimya laboratuvarına ulaştırıldı.

3.2. Kimyasal Analiz:

Çalışmamız antemortem/postmortem kırık içeren mandibula örneklerinde bulunan makro ve mikro elementlerinin, ICP–OES (İndüktif Eşleşmiş Plazma/Optik Emisyon Spektrometresi) cihazı kullanılarak yapılan analizlerini içermektedir. Analiz yapılmadan önce Bovine Liver ve trace element kontrol kitleri ve cihaz için özel olan referans maddeler ile birçok dalga boyunda okumalar yapılarak elde edilen veriler çok değişkenli kalibrasyon teknikleri ile standardize edildi. Deneylerde standart referans materyal olarak Bovine Liver ve trace element serum kullanıldı. Her grupta alınan ve ayrı ayrı kaplarda antemortem/postmortem kırık içeren mandibula örnekleri katı olduğundan analiz aşaması öncesi çözelti haline getirildi ve katı örnekler çözelti haline getirilmesi için mikrodalga sisteminde yüksek basınçlı dayanıklı teflon kaplar içerisinde eritme işlemine tabi tutuldu. Bu işlem için örneklerin kırık uçlarından 0.5 g alınarak mikrodalga tüplerine aktarıldı ve milestone marka mikrodalga yakma setinde 200 °C sıcaklıkta 50 dakika yakıldı. Yakma programının ilk adımı 15 dakika sıcaklığın 200 °C dereceye ulaşması, ikinci adımı 30 dakika sabit sıcaklıkta kalması (200 °C) ve son adımı ise 5 dakika soğuma şeklinde programlandı. Yakma esnasında her tüpün sıcaklığının 190-200 °C arasında değiştiği gözlemlendi. Yakma işlemi tamamlanan örnekler daha sonra özenli bir seri yıkama ile cam balonlara aktararak saf su ile 100 ml'ye tamamlandı. Yakma işleminde 7 ml nitrik asit ve 1 ml hidrojen peroksit kullanıldı. Örneklerdeki askıda bulunan katı partiküller 0.45 mikronluk filtreden geçirilerek İndüktif Eşleşmiş Plazma/Optik Emisyon Spektrometresi (ICP-OES-Thermo scientific icap 7000 series ICP spektrometer) analiz yöntemi ile tüm gruplarda Demir (Fe), Magnezyum (Mg), Kükürt (S) çalışılmış olup ilk beş grupta (antemortem ve postmortem 3. ay hariç) diğer

elementlere ek olarak Kalsiyum (Ca), Selenyum (Se) elementlerinin ölçümleri yapıldı.

3.3. İstatistiksel Analiz:

Çalışmamızda önce her bir gruptaki ratların antemortem ve postmortem değerleri ayrı ayrı toplanıp rat sayısına bölünerek aritmetik ortalamaları bulundu. Her bir element için hem her grupta antemortem ve postmortem anlamlı fark olup olmadığı hem de gruplar arası fark olup olmadığı çalışıldı. Elementlerin antemortem ve postmortem değerleri arasında anlamlı fark olup olmadığını ölçmek için iki eş arasındaki farkın anlamlılık testi, antemortem ve postmortem kırık oluşturulan kırık uçlarındaki değerleri gruplar arasında anlamlı farklılık olup olmadığını ölçmek için tekrarlı ölçümlerde varyans analizi testi ve hangi gruplarda hangi gruba göre anlamlı farkı olduğunu ölçmek için Bonferroni çoklu karşılaştırmalar testi kullanıldı. Çalışmanın analizleri SPSS 19.0 ((IBM SPSS Statistics 19, SPSS inc., an IBM Co., Somers, NY).) programında yapılarak $p < 0.05$ anlamlı olarak kabul edildi.



Şekil 1. Açık havada doğal ortamda çürümeye bırakılan ratlar

4. BULGULAR:

Açık havada doğal ortamda çürümeye bırakılan ratlarda 1. hafta alınan örneklerde cilt üzerindeki tüylerin dökülmeye ve yumuşak dokuların çürümeye başladı görüldü. 2. hafta örneklerde çürüme ilerlemesinin devam ettiği, 1. ay örneklerinde tüylerin tamamen döküldüğü ve iskelet dokunun açığa çıkmaya başladığı, 3. ay örneklerinde yumuşak dokunun büyük oranda kaybolduğu sadece az miktarda lif ve ligamentlerin çürümesinin devam ettiği ve iskelet dokunun açığa çıkmış olduğu görüldü (Resim 2, 3 ve 4).



Şekil 2. 1. ay örneklerinin görünümü

Çalışmamızda kimyasal analizler sonucunda her bir elementin tüm gruplarda antemortem postmortem değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olup olmadığı iki eş arasındaki farkın önemlilik testi ile, gruplar arasında farklılık olup olmadığı tekrarlı ölçümlerde varyans analizi testi ile ve hangi gruplar arasında farklılık olduğu Bonferroni çoklu karşılaştırmalar testi ile analiz edildi.



Şekil 3. 2. ay örneğinin görünümü



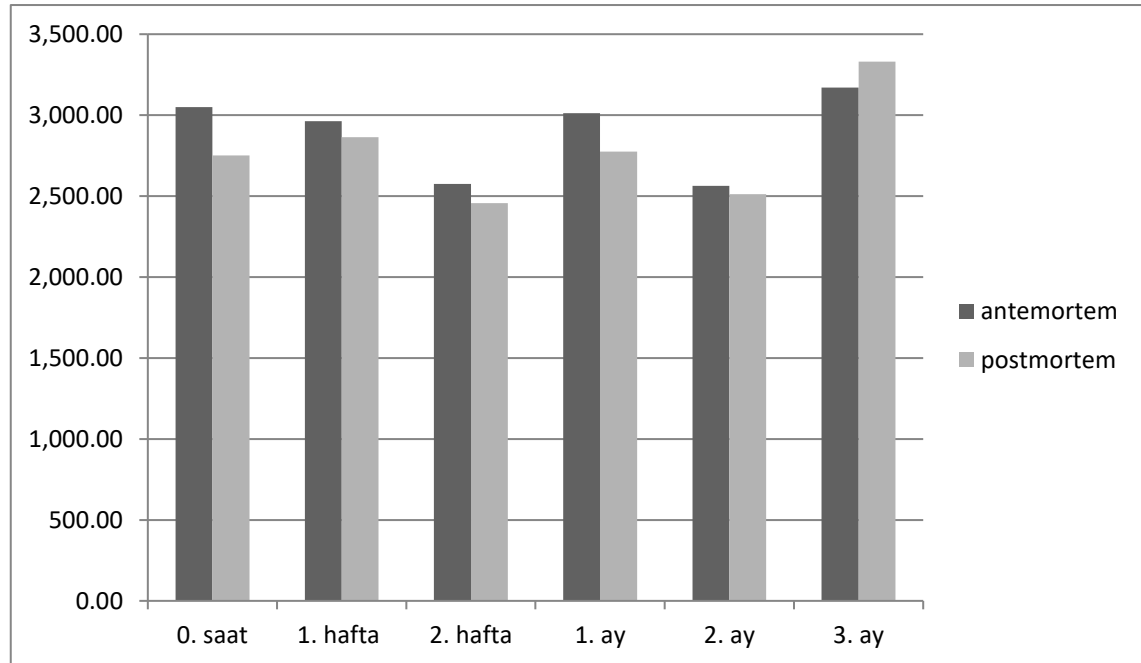
Şekil 4. 3. ay örneğinin çene kemiklerinin görünümü

4.1- Magnezyum (Mg) Elementi:

Antemortem ve postmortem kırık uçlarında tüm gruplarda Mg element düzeyleri bakıldı. Magnezyum elementinin 0. saat ve 1. ay örneklerinde antemortem değerlerin postmortem değerlerden anlamlı yüksek olduğu görüldü. Diğer gruplarda anlamlı bir fark görülmedi. Magnezyum elementinin tüm gruplardaki antemortem ve postmortem ölçümlerin dağılımı Tablo 1a. da, gruplardaki ortalama değerleri Şekil 5. te verilmiştir.

Değişkenler	Ort±SS	Ortanca	Min.	Maks.	p
Mg ppm 0. saat antemortem	3049,06±168,49	2984,84[2937,8-3107,3]	2932,53	3400,07	p: 0.02
Mg ppm 0. saat postmortem	2751,93±163,39	2707,36[2614,75-2892,03]	2584,21	3002,96	
Mg ppm 1. hafta antemortem	2962,43±360,49	3007,67[2681,12-3183,92]	2426,5	3527,52	p: 0.444
Mg ppm 1. hafta postmortem	2863,74±163,71	2874,87[2714,86-2973,98]	2664,04	3118,48	
Mg ppm 2. hafta antemortem	2576,88±161,96	2580,86[2517,85-2673,11]	2263,1	2808,32	p: 0.158
Mg ppm 2. hafta postmortem	2457,96±100,79	2486,8[2408,71-2528,39]	2260,15	2555,78	
Mg ppm 1. ay antemortem	3013,75±150,92	3058,3[2915,82-3098,1]	2743	3222,56	p: 0.025
Mg ppm 1. ay postmortem	2774,92±166,15	2794,3[2703,46-2883,38]	2445,78	2991,28	
Mg ppm 2. ay antemortem	2563,1±283,07	2563,1[2434,19-2772,03]	2037,54	2928,64	p: 0.645
Mg ppm 2. ay Postmortem	2512,93±145,83	2553,84[2387,01-2601,87]	2304,2	2713,85	
Mg ppm 3. ay antemortem	3171,91±355,32	3072,91[2961,26-3422,07]	2824,57	3861,17	p: 0.274
Mg ppm 3. ay Postmortem	3330,41±370,15	3219,22[3010,03-3726,06]	2994,9	3948,9	

Tablo 1a. Magnezyum elementi için antemortem ve postmortem ölçümlerin dağılımı



Şekil 5. Magnezyum (Mg) elementinin her grupta ortalama ppm değerleri

Magnezyum elementi için hem antemortem hem de postmortem kırık uçlarındaki değerler gruplar arasında anlamlı farklı bulundu. Antemortem değerleri için yapılan gruplar arası karşılaştırmada 0. saat ve 1. ay grubunun 2. hafta grubundan anlamlı yüksek olduğu görüldü.

Magnezyum elementinin postmortem değerleri için yapılan gruplar arası karşılaştırmada 1. hafta grubunun 2. hafta ve 2. ay grubundan anlamlı yüksek olduğu, 2. hafta grubunun 2. ay grubu hariç diğer gruplardan anlamlı düşük olduğu, 2. ay grubunun 3. ay grubundan anlamlı düşük olduğu görüldü. Magnezyum elementinin tüm gruplardaki antemortem ölçümlerin dağılımı Tablo 1b., postmortem ölçümlerin dağılımı Tablo 1c., antemortem değerleri için çoklu karşılaştırmalar tablosu 1.d ve postmortem değerleri için çoklu karşılaştırmalar tablosu 1e. de verilmiştir.

Değişkenler	Ort±SS	Ortanca[Ç1-Ç3]
Mg ppm 0. saat antemortem	3049,06±168,49	2984,84[2937,8-3107,3]
Mg ppm 1. hafta antemortem	2962,43±360,49	3007,67[2681,12-3183,92]
Mg ppm 2. hafta antemortem	2576,88±161,96	2580,86[2517,85-2673,11]
Mg ppm 1. ay antemortem	3013,75±150,92	3058,3[2915,82-3098,1]
Mg ppm 2. ay antemortem	2563,1±283,07	2563,1[2434,19-2772,03]
Mg ppm 3. ay antemortem	3171,91±355,32	3072,91[2961,26-3422,07]
p	<0,001	

Tablo 1b. Magnezyum elementinin antemortem ölçümlerinin dağılımı

Değişkenler	Ort±SS	Ortanca[Ç1-Ç3]
Mg ppm 0. saat postmortem	2751,93±163,39	2707,36[2614,75-2892,03]
Mg ppm 1. hafta postmortem	2863,74±163,71	2874,87[2714,86-2973,98]
Mg ppm 2. hafta postmortem	2457,96±100,79	2486,8[2408,71-2528,39]
Mg ppm 1. ay postmortem	2774,92±166,15	2794,3[2703,46-2883,38]
Mg ppm 2. ay Postmortem	2512,93±145,83	2553,84[2387,01-2601,87]
Mg ppm 3. ay Postmortem	3330,41±370,15	3219,22[3010,03-3726,06]
p	<0,001	

Tablo 1c. Magnezyum elementinin postmortem ölçümlerinin dağılımı

(I) factor1	(J) factor1	Ortalama Fark (I-J)	Std. hata	p
1	2	25,602	112,756	1,000

	3	442,886*	30,643	,000
	4	12,166	52,053	1,000
	5	470,413	136,497	,205
	6	-107,318	131,274	1,000
2	1	-25,602	112,756	1,000
	3	417,284	106,115	,115
	4	-13,437	113,701	1,000
	5	444,811	109,377	,099
	6	-132,920	168,879	1,000
3	1	-442,886*	30,643	,000
	2	-417,284	106,115	,115
	4	-430,720*	34,902	,000
	5	27,527	122,443	1,000
	6	-550,204	128,332	,077
4	1	-12,166	52,053	1,000
	2	13,437	113,701	1,000
	3	430,720*	34,902	,000
	5	458,248	119,253	,128
	6	-119,483	125,163	1,000
5	1	-470,413	136,497	,205
	2	-444,811	109,377	,099
	3	-27,527	122,443	1,000
	4	-458,248	119,253	,128
	6	-577,731	142,827	,101
6	1	107,318	131,274	1,000
	2	132,920	168,879	1,000
	3	550,204	128,332	,077
	4	119,483	125,163	1,000
	5	577,731	142,827	,101

Tablo 1d. Magnezyum elementinin postmortem ölçümleri için çoklu karşılaştırmalar

(I) factor1	(J) factor1	Ortalama Fark (I-J)	Std. Hata	p	95% Farklılık İçin Güven Aralığı	
					En Düşük	En Yüksek
1	2	-170,828	83,638	1,000	-563,752	222,096
	3	268,676*	49,390	,024	36,645	500,707
	4	-61,965	63,999	1,000	-362,627	238,697
	5	178,982	61,248	,398	-108,757	466,721
	6	-608,964	168,147	,166	-1398,904	180,976
2	1	170,828	83,638	1,000	-222,096	563,752

	3	439,504*	72,694	,014	97,994	781,015
	4	108,863	81,377	1,000	-273,438	491,164
	5	349,810*	61,877	,020	59,117	640,503
	6	-438,136	156,659	,469	-1174,109	297,837
3	1	-268,676*	49,390	,024	-500,707	-36,645
	2	-439,504*	72,694	,014	-781,015	-97,994
	4	-330,642*	55,743	,015	-592,517	-68,767
	5	-89,695	54,796	1,000	-347,124	167,735
	6	-877,640*	165,895	,028	-1657,002	-98,279
4	1	61,965	63,999	1,000	-238,697	362,627
	2	-108,863	81,377	1,000	-491,164	273,438
	3	330,642*	55,743	,015	68,767	592,517
	5	240,947	86,628	,479	-166,024	647,918
	6	-546,999	203,148	,539	-1501,372	407,374
5	1	-178,982	61,248	,398	-466,721	108,757
	2	-349,810*	61,877	,020	-640,503	-59,117
	3	89,695	54,796	1,000	-167,735	347,124
	4	-240,947	86,628	,479	-647,918	166,024
	6	-787,946*	140,398	,020	-1447,523	-128,369
6	1	608,964	168,147	,166	-180,976	1398,904
	2	438,136	156,659	,469	-297,837	1174,109
	3	877,640*	165,895	,028	98,279	1657,002
	4	546,999	203,148	,539	-407,374	1501,372
	5	787,946*	140,398	,020	128,369	1447,523

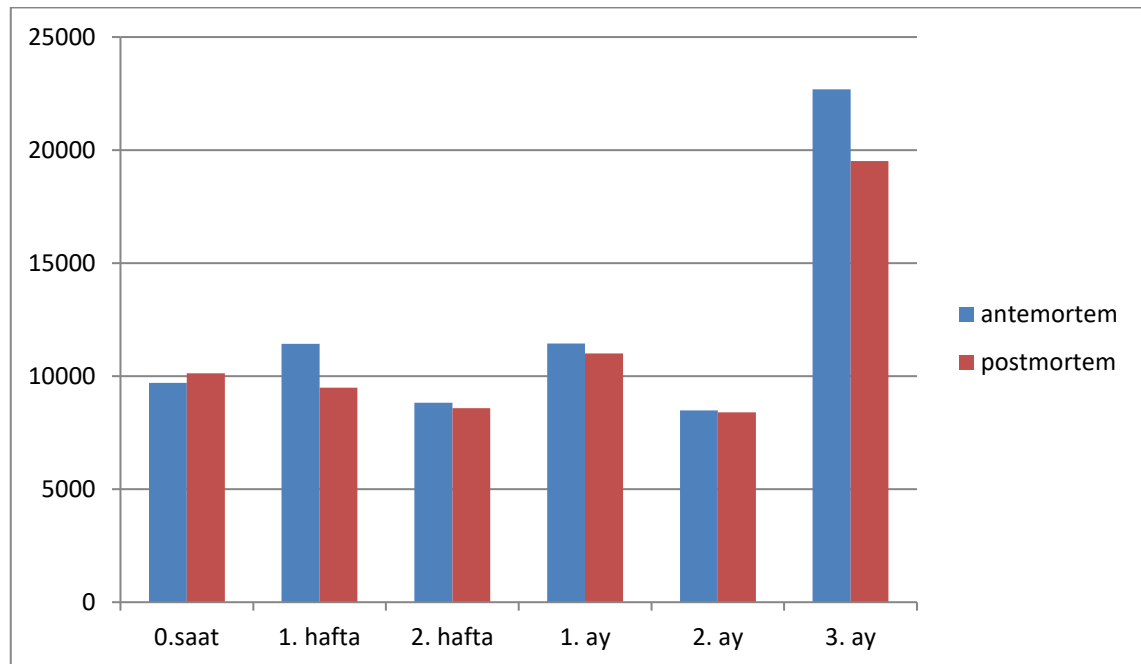
Tablo 1e. Magnezyum elementinin postmortem ölçümleri için çoklu karşılaştırmalar

4.2- Kükürt (S) elementi:

Antemortem ve postmortem kırık oluşturulan kırık uçlarında tüm gruplarda kükürt element düzeyleri çalışıldı. 0. saat grubunda postmortem kemik kırık uçlarındaki değerlerinin antemortem kırık uçlarındaki değerlerinden anlamlı yüksek olduğu, 1 hafta, 2 hafta gruplarında ise antemortem oluşturulan kırık uçlarındaki değerlerinin postmortem oluşturulan kırık uçlarındaki değerlerinden anlamlı yüksek olduğu görüldü. Kükürt elementinin gruplardaki antemortem ve postmortem ölçümlerin dağılımı Tablo 2a. da, gruplardaki ortalama değerleri Şekil 6. de verilmiştir.

Değişkenler	Ort±SS	Ortanca	Min.	Maks.	P
S ppm 0. saat antemortem	9703,58±232,96	9728,09[9462,36-9936,45]	9415,24	9959,63	p: 0.007
S ppm 1. saat postmortem	10125,62±203,59	10086,63[10017,91-10238,67]	9822,72	10495,79	
S ppm 1. hafta antemortem	11432,89±713,63	11571,23[10934,71-11870,85]	10208,63	12500,92	p: 0
S ppm 1. hafta postmortem	9488,26±695,04	9628,13[8837,94-10104,95]	8476,1	10287,9	
S ppm 2. hafta antemortem	8828,27±165,43	8864,47[8745,21-8952,24]	8500,99	9001,35	p: 0.009
S ppm 2. hafta postmortem	8581,58±231,63	8624,73[8384,62-8775,44]	8219,88	8863,23	
S ppm 1. ay antemortem	11445,02±286,95	11455,81[11344,86-11602,53]	10882,4	11871,37	p: 0.073
S ppm 1. ay postmortem	11007,79±368,29	10914,31[10686,76-11360,03]	10587,64	11552,47	
S ppm 2. ay antemortem	8488,72±695,49	8609,32[7964,44-9042,39]	7337,3	9340,13	p: 0.704
S ppm 2. ay Postmortem	8405,82±290,18	8508,33[8111,46-8616,32]	8008,44	8765,87	
S ppm 3. ay antemortem	22685,16±1211,2	22449,65[22317,88-23755,92]	20577,84	24379,02	p: 0.358
S ppm 3. ay Postmortem	19513,5±7956,6	22192,95[21729,31-22637,19]	1554,12	24069,67	

Tablo 2a. Kükürt elementi için antemortem ve postmortem ölçümlerin dağılımı



Şekil 6. Kükürt (S) elementinin her grupta ortalama ppm değerleri

Kükürt elementinin hem antemortem hem de postmortem kırık uçlarındaki değerlerinin gruplar arasında anlamlı farklı olduğu görüldü. Kükürt elementinin antemortem değerleri için yapılan gruplar arası karşılaştırmada 0. saat grubunun; 1. hafta ve 1. ay gruplarından anlamlı düşük olduğu, 2. ay grubunun; 1. hafta ve 1. ay gruplarından anlamlı düşük olduğu, 2. hafta grubunun 2. ay grubu hariç diğer tüm gruplardan anlamlı düşük olduğu, 3. ay grubunun tüm gruplardan anlamlı yüksek olduğu görüldü.

Postmortem değerleri için yapılan gruplar arası karşılaştırmada 0. saat grubunun; 2. hafta ve 2. ay grubundan anlamlı yüksek, 1. ay grubunun 3. ay grubu hariç diğer tüm gruplardan anlamlı yüksek olduğu görüldü. Kükürt elementinin tüm gruplardaki antemortem ölçümlerin dağılımı Tablo 2b, postmortem ölçümlerin dağılımı Tablo 2c, antemortem değerleri için çoklu karşılaştırmalar tablosu 2d ve postmortem değerleri için çoklu karşılaştırmalar tablosu 2e. de verilmiştir.

Değişkenler	Ort±SS	Ortanca[Ç1-Ç3]
S ppm 0. saat antemortem	9703,58±232,96	9728,09[9462,36-9936,45]
S ppm 1. hafta antemortem	11432,89±713,63	11571,22[10934,71-11870,85]
S ppm 2. hafta antemortem	8828,27±165,43	8864,47[8745,21-8952,24]
S ppm 1. ay antemortem	11445,02±286,95	11455,81[11344,86-11602,53]
S ppm 2. ay antemortem	8488,72±695,49	8609,32[7964,44-9042,39]
S ppm 3. ay antemortem	22685,16±1211,2	22449,65[22317,88-23755,92]
p	<0,001	

Tablo 2b. Kükürt elementinin antemortem ölçümlerinin dağılımı

Değişkenler	Ort±SS	Ortanca[Ç1-Ç3]
S ppm 0. saat postmortem	10125,62±203,59	10086,63[10017,91-10238,67]
S ppm 1. hafta postmortem	9488,26±695,04	9628,13[8837,94-10104,95]
S ppm 2. hafta postmortem	8581,58±231,63	8624,73[8384,62-8775,44]
S ppm 1. ay postmortem	11007,79±368,29	10914,31[10686,76-11360,03]
S ppm 2. ay Postmortem	8405,82±290,18	8508,33[8111,46-8616,32]
S ppm 3. ay Postmortem	19513,5±7956,6	22192,95[21729,31-22637,19]
p	<0,001	

Tablo 2c. Kükürt elementinin postmortem ölçümlerinin dağılımı

(I) factor1	(J) factor1	Ortalama fark (I-J)	Standart hata	p	95% Farklılık için güven aralığı	
					En düşük	En yüksek
1	2	-1935,137*	228,577	,002	-3008,972	-861,303
	3	797,619*	104,306	,004	307,598	1287,641

	4	-1750,519*	164,282	,001	-2522,304	-978,733
	5	1081,151	260,497	,090	-142,644	2304,945
	6	-13012,513*	457,370	,000	-15161,204	-10863,822
2	1	1935,137*	228,577	,002	861,303	3008,972
	3	2732,757*	230,233	,000	1651,140	3814,374
	4	184,619	291,766	1,000	-1186,077	1555,314
	5	3016,288*	291,640	,001	1646,188	4386,389
	6	-11077,376*	495,922	,000	-13407,180	-8747,571
3	1	-797,619*	104,306	,004	-1287,641	-307,598
	2	-2732,757*	230,233	,000	-3814,374	-1651,140
	4	-2548,138*	130,725	,000	-3162,273	-1934,004
	5	283,531	238,497	1,000	-836,907	1403,970
	6	-13810,133*	464,871	,000	-15994,058	-11626,207
4	1	1750,519*	164,282	,001	978,733	2522,304
	2	-184,619	291,766	1,000	-1555,314	1186,077
	3	2548,138*	130,725	,000	1934,004	3162,273
	5	2831,670*	325,580	,002	1302,119	4361,220
	6	-11261,994*	472,805	,000	-13483,196	-9040,793
5	1	-1081,151	260,497	,090	-2304,945	142,644
	2	-3016,288*	291,640	,001	-4386,389	-1646,188
	3	-283,531	238,497	1,000	-1403,970	836,907
	4	-2831,670*	325,580	,002	-4361,220	-1302,119
	6	-14093,664*	543,640	,000	-16647,643	-11539,684
6	1	13012,513*	457,370	,000	10863,822	15161,204
	2	11077,376*	495,922	,000	8747,571	13407,180
	3	13810,133*	464,871	,000	11626,207	15994,058
	4	11261,994*	472,805	,000	9040,793	13483,196
	5	14093,664*	543,640	,000	11539,684	16647,643

Tablo 2d. Kükürt elementinin antemortem ölçümler için çoklu karşılaştırmalar

(I) factor1	(J) factor1	Ortalama fark (I-J)	Standart hata	p	95% Farklılık için güven aralığı	
					En düşük	En yüksek
1	2	538,917	273,694	1,000	-746,878	1824,712
	3	1482,552*	114,563	,000	944,343	2020,760
	4	-950,918*	167,186	,019	-1736,344	-165,492
	5	1638,626*	127,899	,000	1037,764	2239,487
	6	-9412,287	3001,869	,303	-23514,835	4690,262
2	1	-538,917	273,694	1,000	-1824,712	746,878
	3	943,635	238,888	,113	-178,644	2065,914

	4	-1489,835*	247,925	,014	-2654,567	-325,103
	5	1099,709	316,136	,197	-385,475	2584,893
	6	-9951,203	3068,646	,264	-24367,463	4465,056
3	1	-1482,552*	114,563	,000	-2020,760	-944,343
	2	-943,635	238,888	,113	-2065,914	178,644
	4	-2433,470*	112,285	,000	-2960,977	-1905,963
	5	156,074	161,557	1,000	-602,906	915,054
	6	-10894,838	3013,868	,167	-25053,758	3264,081
4	1	950,918*	167,186	,019	165,492	1736,344
	2	1489,835*	247,925	,014	325,103	2654,567
	3	2433,470*	112,285	,000	1905,963	2960,977
	5	2589,544*	228,196	,000	1517,497	3661,590
	6	-8461,369	2948,693	,427	-22314,100	5391,363
5	1	-1638,626*	127,899	,000	-2239,487	-1037,764
	2	-1099,709	316,136	,197	-2584,893	385,475
	3	-156,074	161,557	1,000	-915,054	602,906
	4	-2589,544*	228,196	,000	-3661,590	-1517,497
	6	-11050,912	3014,560	,158	-25213,080	3111,255
6	1	9412,287	3001,869	,303	-4690,262	23514,835
	2	9951,203	3068,646	,264	-4465,056	24367,463
	3	10894,838	3013,868	,167	-3264,081	25053,758
	4	8461,369	2948,693	,427	-5391,363	22314,100
	5	11050,912	3014,560	,158	-3111,255	25213,080

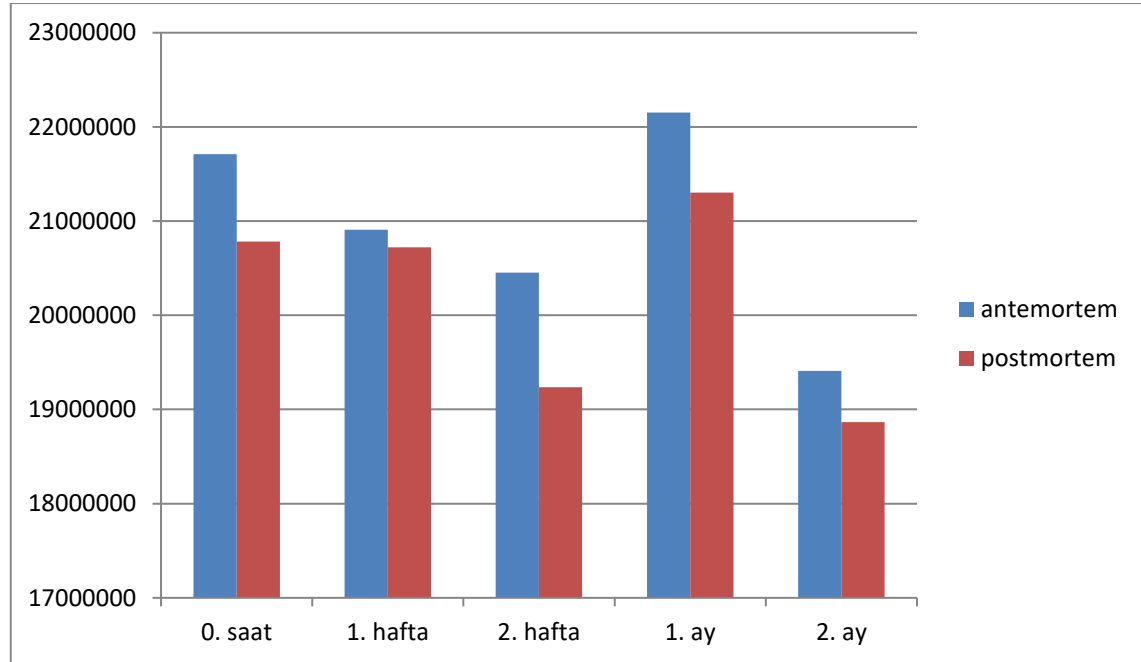
Tablo 2e. Kükürt elementinin postmortem ölçümler için çoklu karşılaştırmalar

4.3- Kalsiyum (Ca) Elementi:

Antemortem ve postmortem kırık oluşturulan kırık uçlarında ilk beş grupta (3. ay grubu hariç) kalsiyum element düzeyleri çalışıldı. 2. hafta grubunda antemortem kırık oluşturulan kırık uçlarındaki değerlerinin postmortem kırık oluşturulan kırık uçlarındaki değerlerinden anlamlı yüksek olduğu görüldü. Kalsiyum elementinin gruplardaki antemortem ve postmortem ölçümlerin dağılımı Tablo 3a. da, gruplardaki ortalama değerleri Şekil 7. de verilmiştir.

Değişkenler	Ort±SS	Ortanca	Min.	Maks.	p
Ca ppm 0. saat antemortem	21711747,25±1163877,98	21566765[20835700-21981038]	20668110	24258862	p: 0.125
Ca ppm 1. saat postmortem	20783456,13±1381911,85	20678700,5[1995298,5-21548792,5]	18624016	23198050	
Ca ppm 1. hafta antemortem	20907444,38±1392243,81	20577966[19753490,5-22282918]	19207194	22823612	p: 0.764
Ca ppm 1. hafta postmortem	20721373,75±495328,55	20657857[20462601,5-21028916,5]	19951614	21520626	
Ca ppm 2. hafta antemortem	20452162,63±842191,3	20009825,5[19877616,5-21158238]	19667727	21858214	p: 0.005
Ca ppm 2. hafta postmortem	19234856,13±932183,47	19453823,5[18735719,5-19786083,5]	17438399	20489197	
Ca ppm 1. ay antemortem	22153635,75±1906044,51	21796275,5[20424822,5-23904108,5]	20164383	24814290	p: 0.457
Ca ppm 1. ay postmortem	21302917,25±1872625,61	20636365,5[20382888-22218359,5]	18943006	25005106	
Ca ppm 2. ay antemortem	19408578,5±2337077,32	19208914[17584548,5-21411996]	16173477	22684234	p: 0.316
Ca ppm 2. ay Postmortem	18864017,88±1676503,46	18852525[17368940,5-20004082]	16755374	21705674	

Tablo 3a. Kalsiyum elementi için antemortem ve postmortem ölçümlerin dağılımı



Şekil 7. Kalsiyum (Ca) elementinin her grupta ortalama ppm değerleri

Kalsiyum elementi için gruplar arası yapılan çoklu karşılaştırmalarda gruplar arasında antemortem ve postmortem değerler için anlamlı farklılık olmadığı görüldü. Kalsiyum elementinin tüm gruplardaki antemortem ölçümlerin dağılımı Tablo 3b, postmortem ölçümlerin dağılımı Tablo 3c, antemortem değerleri için çoklu karşılaştırmalar tablosu 3d ve postmortem değerleri için çoklu karşılaştırmalar tablosu 3e. de verilmiştir.

Değişkenler	Ort±SS	Ortanca[Ç1-Ç3]
Ca ppm 0. saat antemortem	21711747,25±1163877,98	21566765[20835700-21981038]
Ca ppm 1. hafta antemortem	20907444,38±1392243,81	20577966[19753490,5-22282918]
Ca ppm 2. hafta antemortem	20452162,63±842191,3	20009825,5[19877616,5-21158238]
Ca ppm 1. ay antemortem	22153635,75±1906044,51	21796275,5[20424822,5-23904108,5]
Ca ppm 2. ay antemortem	19408578,5±2337077,32	19208914[17584548,5-21411996]
p	0,013	

Tablo 3b. Kalsiyum elementinin antemortem ölçümlerinin dağılımı

Değişkenler	Ort±SS	Ortanca[Ç1-Ç3]
Ca ppm 0. saat postmortem	20783456,13±1381911,85	20678700,5[19995298,5-21548792,5]
Ca ppm 1. hafta postmortem	20721373,75±495328,55	20657857[20462601,5-21028916,5]
Ca ppm 2. hafta postmortem	19234856,12±932183,47	19453823,5[18735719,5-19786083,5]
Ca ppm 1. ay postmortem	21302917,25±1872625,61	20636365,5[20382888-22218359,5]
Ca ppm 2. ay Postmortem	18864017,88±1676503,46	18852525[17368940,5-20004082]
p	0,004	

Tablo 3c. Kalsiyum elementinin postmortem ölçümlerinin dağılımı

(I) factor1	(J) factor1	Ortalama fark (I-J)	Standart hata	p	95% Farklılık için güven aralığı	
					En düşük	En yüksek
1	2	804302,875	312579,838	,368	-455186,689	2063792,439
	3	1259584,625	498171,343	,393	-747715,689	3266884,939
	4	-441888,500	865322,902	1,000	-3928566,242	3044789,242
	5	2303168,750	1002527,576	,552	-1736352,882	6342690,382
2	1	-804302,875	312579,838	,368	-2063792,439	455186,689
	3	455281,750	561035,321	1,000	-1805318,728	2715882,228

	4	-1246191,375	858481,977	1,000	-4705304,722	2212921,972
	5	1498865,875	995890,280	1,000	-2513911,855	5511643,605
3	1	-1259584,625	498171,343	,393	-3266884,939	747715,689
	2	-455281,750	561035,321	1,000	-2715882,228	1805318,728
	4	-1701473,125	474186,806	,089	-3612131,650	209185,400
	5	1043584,125	780092,561	1,000	-2099671,835	4186840,085
4	1	441888,500	865322,902	1,000	-3044789,242	3928566,242
	2	1246191,375	858481,977	1,000	-2212921,972	4705304,722
	3	1701473,125	474186,806	,089	-209185,400	3612131,650
	5	2745057,250	1041496,095	,336	-1451481,686	6941596,186
5	1	-2303168,750	1002527,576	,552	-6342690,382	1736352,882
	2	-1498865,875	995890,280	1,000	-5511643,605	2513911,855
	3	-1043584,125	780092,561	1,000	-4186840,085	2099671,835
	4	-2745057,250	1041496,095	,336	-6941596,186	1451481,686

Tablo 3d. Kalsiyum elementinin antemortem ölçümleri için çoklu karşılaştırmalar

(I) factor1	(J) factor1	Ortalama fark (I-J)	Standart hata	p	95% Farklılık için güven aralığı	
					En düşük	En yüksek
1	2	62082,375	573403,905	1,000	-2248355,298	2372520,048
	3	1548600,000	432241,009	,089	-193044,766	3290244,766
	4	-519461,125	1004473,886	1,000	-4566825,097	3527902,847

	5	1919438,250	708981,457	,303	-937287,091	4776163,591
2	1	-62082,375	573403,905	1,000	-2372520,048	2248355,298
	3	1486517,625	419077,183	,094	-202085,647	3175120,897
	4	-581543,500	502246,790	1,000	-2605265,162	1442178,162
	5	1857355,875	643063,405	,234	-733763,410	4448475,160
3	1	-1548600,000	432241,009	,089	-3290244,766	193044,766
	2	-1486517,625	419077,183	,094	-3175120,897	202085,647
	4	-2068061,125	824280,400	,405	-5389364,784	1253242,534
	5	370838,250	579806,617	1,000	-1965398,106	2707074,606
4	1	519461,125	1004473,886	1,000	-3527902,847	4566825,097
	2	581543,500	502246,790	1,000	-1442178,162	2605265,162
	3	2068061,125	824280,400	,405	-1253242,534	5389364,784
	5	2438899,375	918177,257	,326	-1260746,381	6138545,131
5	1	-1919438,250	708981,457	,303	-4776163,591	937287,091
	2	-1857355,875	643063,405	,234	-4448475,160	733763,410
	3	-370838,250	579806,617	1,000	-2707074,606	1965398,106
	4	-2438899,375	918177,257	,326	-6138545,131	1260746,381

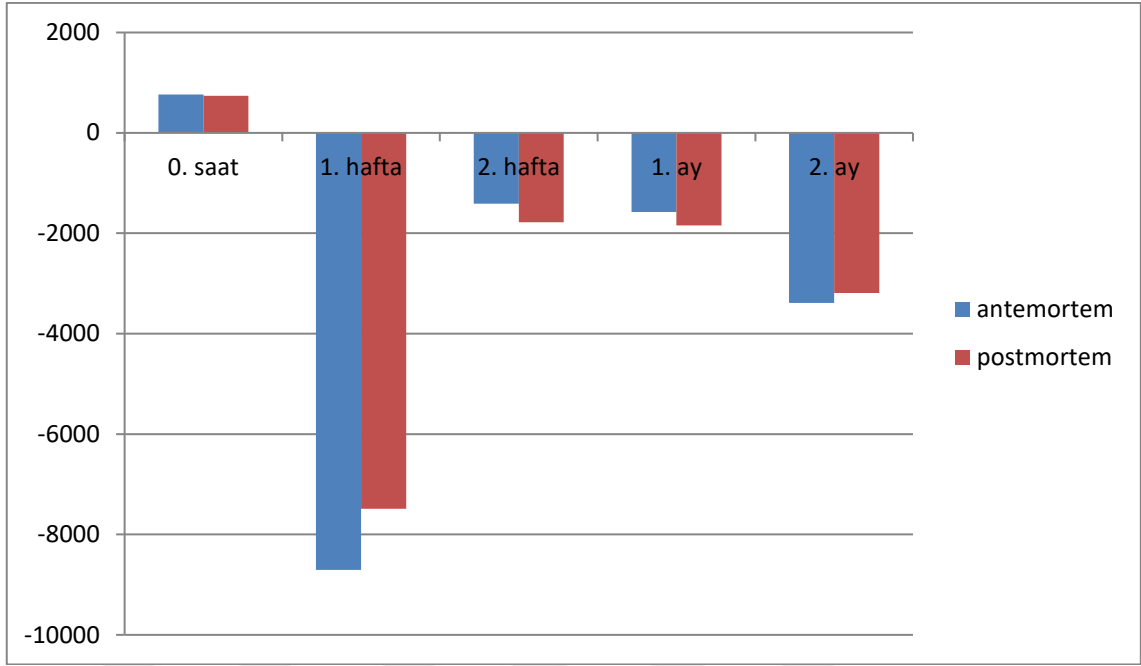
Tablo 3e. Kalsiyum elementinin postmortem ölçümleri için çoklu karşılaştırmalar

4.4. Selenyum (Se) Elementi:

Antemortem ve postmortem kırık oluşturulan kırık uçlarında ilk beş grupta (3. ay grubu hariç) Selenyum element düzeyleri çalışıldı. Antemortem ve postmortem değerler arasında anlamlı farklılık olmadığı görüldü. Selenyum elementinin gruplardaki antemortem ve postmortem ölçümlerin dağılımı Tablo 4a. da, gruplardaki ortalama değerleri Şekil 8. da verilmiştir.

Değişkenler	Ort±SS	Ortanca	Min.	Maks.	p
Se ppb 0. saat antemortem	767,61±321,59	811,07[457,69-1072,09]	339,49	1119,7	p: 0.829
Se ppb 0. saat postmortem	737,84±318,44	590,52[510,41-974,35]	427,36	1324,85	
Se ppb 1. hafta antemortem	-8708,86±5941,04	-7205,1[-12779,52--5063,31]	-17810,9	-1764,13	p: 0.634
Se ppb 1. hafta postmortem	-7485,67±3750,01	-7824,99[-8525,39--5449,51]	-14555,9	-1729,71	
Se ppb 2. hafta antemortem	-1410,24±1002,68	-1055,12[-1508,29--954,39]	-3712,22	-534,07	p: 0.298
Se ppb 2. hafta postmortem	-1781,71±1663,13	-1315,5[-2568,09--570,74]	-5202,33	-142,68	
Se ppb 1. ay antemortem	-1574,93±820,43	-1545,42[-2177,1--972,41]	-2857,58	-352,03	p: 0.511
Se ppb 1. ay postmortem	-1845,74±1387,51	-1963,13[-3079,18--844,28]	-3412,3	419,57	
Se ppb 2. ay antemortem	-3390,55±2796,99	-2692,76[-4043,57--1738,45]	-9579,27	-595,63	p: 0.703
Se ppb 2. ay Postmortem	-3189,63±1990,38	-2674,33[-4501,85--1697,2]	-6868,12	-902,15	

Tablo 4a. Selenyum elementi için antemortem ve postmortem ölçümlerin dağılımı



Şekil 8. Selenyum (Se) elementinin her grupta ortalama ppb değerleri

Selenyum elementi için hem antemortem hem de postmortem kırık uçlarındaki değerlerinin gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklı bulundu. Selenyum elementinin antemortem değerleri için yapılan gruplar arası karşılaştırmada 0. saat grubunun tüm gruplardan anlamlı yüksek olduğu ve diğer gruplar arasında anlamlı farklılık olmadığı görüldü.

Selenyum elementinin postmortem değerleri için yapılan gruplar arası karşılaştırmada 0. saat grubunun; 2. hafta, 1. ay ve 2. ay grubundan anlamlı yüksek, 1. hafta grubunun 2. ay grubu hariç diğer gruplardan anlamlı düşük olduğu görüldü. Selenyum elementinin tüm gruplardaki antemortem ölçümlerin dağılımı Tablo 4b, postmortem ölçümlerin dağılımı Tablo 4c, antemortem değerleri için çoklu karşılaştırmalar tablosu 4d ve postmortem değerleri için çoklu karşılaştırmalar tablosu 4e. de verilmiştir.

Değişkenler	Ort±SS	Ortanca[Ç1-Ç3]
Se ppb 0. saat antemortem	767,61±321,59	811,07[457,69-1072,09]
Se ppb 1. hafta antemortem	-8708,86±5941,04	-7205,1[-12779,52--5063,31]
Se ppb 2. hafta antemortem	-1410,24±1002,68	-1055,12[-1508,29--954,39]
Se ppb 1. ay antemortem	-1574,93±820,43	-1545,42[-2177,1--972,41]
Se ppb 2. ay antemortem	-3390,55±2796,99	-2692,76[-4043,56--1738,45]
p	<0,001	

Tablo 4b. Selenyum elementinin antemortem ölçümlerinin dağılımı

Değişkenler	Ort±SS	Ortanca[Ç1-Ç3]
Se ppb 0. saat postmortem	737,84±318,44	590,52[510,41-974,35]
Se ppb 1. hafta postmortem	-7485,67±3750,01	-7824,99[-8525,39--5449,51]
Se ppb 2. hafta postmortem	-1781,71±1663,13	-1315,5[-2568,09--570,74]
Se ppb 1. ay postmortem	-1845,74±1387,51	-1963,13[-3079,18--844,28]
Se ppb 2. ay Postmortem	-3189,63±1990,38	-2674,33[-4501,85--1697,2]
p	<0,001	

Tablo 4c. Selenyum elementinin postmortem ölçümlerinin dağılımı

(I) factor1	(J) factor1	Ortalama fark (I-J)	Standart hata	p	95% Farklılık için güven aralığı	
					En düşük	En yüksek
1	2	9476,468*	2059,324	,025	1178,759	17774,177
	3	2177,844*	398,525	,009	572,054	3783,634
	4	2342,543*	352,164	,003	923,554	3761,531
	5	4158,164*	1022,700	,048	37,361	8278,967
2	1	-9476,468*	2059,324	,025	-17774,177	-1178,759
	3	-7298,624	2230,382	,136	-16285,585	1688,338
	4	-7133,925	2084,634	,111	-15533,617	1265,767
	5	-5318,304	2663,145	,860	-16049,015	5412,407
3	1	-2177,844*	398,525	,009	-3783,634	-572,054
	2	7298,624	2230,382	,136	-1688,338	16285,585
	4	164,698	339,801	1,000	-1204,476	1533,873
	5	1980,320	1196,167	1,000	-2839,441	6800,080
4	1	-2342,543*	352,164	,003	-3761,531	-923,554
	2	7133,925	2084,634	,111	-1265,767	15533,617
	3	-164,698	339,801	1,000	-1533,873	1204,476
	5	1815,621	1171,938	1,000	-2906,513	6537,755
5	1	-4158,164*	1022,700	,048	-8278,967	-37,361
	2	5318,304	2663,145	,860	-5412,407	16049,015
	3	-1980,320	1196,167	1,000	-6800,080	2839,441
	4	-1815,621	1171,938	1,000	-6537,755	2906,513

Tablo 4d. Selenyum elementinin antemortem ölçümleri için çoklu karşılaştırmalar

(I) factor1	(J) factor1	Ortalama fark (I-J)	Standart hata	p	95% Farklılık için güven aralığı	
					En düşük	En yüksek
1	2	8223,515*	1392,466	,006	2612,799	13834,230
	3	2519,551	640,201	,056	-60,034	5099,136
	4	2583,584*	547,657	,022	376,889	4790,278

	5	3927,470*	697,967	,008	1115,124	6739,816
2	1	-8223,515*	1392,466	,006	-13834,230	-2612,799
	3	-5703,964*	1052,233	,010	-9943,767	-1464,161
	4	-5639,931*	1202,737	,022	-10486,164	-793,698
	5	-4296,045	1784,261	,469	-11485,432	2893,342
3	1	-2519,551	640,201	,056	-5099,136	60,034
	2	5703,964*	1052,233	,010	1464,161	9943,767
	4	64,033	652,275	1,000	-2564,202	2692,267
	5	1407,919	917,419	1,000	-2288,670	5104,508
4	1	-2583,584*	547,657	,022	-4790,278	-376,889
	2	5639,931*	1202,737	,022	793,698	10486,164
	3	-64,033	652,275	1,000	-2692,267	2564,202
	5	1343,886	835,346	1,000	-2022,003	4709,775
5	1	-3927,470*	697,967	,008	-6739,816	-1115,124
	2	4296,045	1784,261	,469	-2893,342	11485,432
	3	-1407,919	917,419	1,000	-5104,508	2288,670
	4	-1343,886	835,346	1,000	-4709,775	2022,003

Tablo 4e. Selenyum elementinin postmortem ölçümleri için çoklu karşılaştırmalar

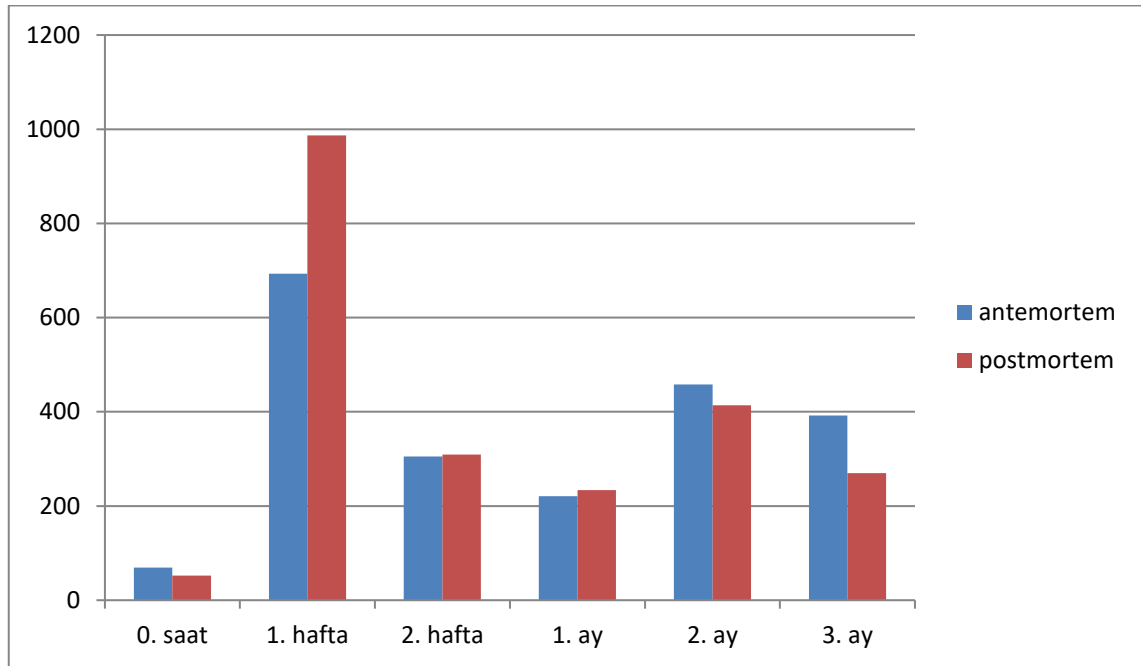
4.5- Demir (Fe) elementi:

Antemortem ve postmortem kırık oluşturulan kırık uçlarında tüm gruplarda demir element düzeyleri çalışıldı. Antemortem ve postmortem değerlerinin karşılaştırılmasında hiçbir grupta anlamlı farklılık bulunamadı. Demir elementinin gruplardaki antemortem ve postmortem ölçümlerin dağılımı Tablo 5a. da, gruplardaki ortalama değerleri Şekil 9. da verilmiştir.

Değişkenler	Ort±SS	Ortanca	Min.	Maks.	P
Fe ppm 0. saat antemortem	69,27±17,37	63,92[56,69-78,31]	51,96	104,37	p: 0.142
Fe ppm 0. saat postmortem	52,82±20,8	45,62[34,97-74,81]	31,12	80,67	
Fe ppm 1. hafta antemortem	693,81±424,18	576,8[429,2-976,44]	234,95	1350,67	p:0.184
Fe ppm 1. hafta postmortem	987,9±412,94	998,58[753,33-1136,56]	359,66	1766,61	
Fe ppm 2. hafta antemortem	305,9±117,41	280,91[237,04-318,1]	198,43	576,67	p: 0.886
Fe ppm 2. hafta postmortem	309,59±131,21	279,57[233,3-333,18]	179,56	605,1	
Fe ppm 1. ay antemortem	221,29±66,25	194,2[188,66-273,47]	125,96	331,73	p: 0.549
Fe ppm 1. ay postmortem	234,48±80,14	238,28[183,82-296,47]	101,49	337,25	

Fe ppm 2. ay antemortem	458,42±284,18	359,1[323,31-512,74]	173,52	1103,57	p: 0.396
Fe ppm 2. ay Postmortem	414,41±185,19	362,43[272,02-531,02]	220,57	763,77	
Fe ppm 3. ay antemortem	392,63±355,62	457,59[88,58-550,16]	-13,65	1024,59	p: 0.475
Fe ppm 3. ay Postmortem	270,78±383,89	207,26[-8,27-506,42]	-122,83	989,96	

Tablo 5a. Demir elementi için antemortem ve postmortem ölçümlerin dağılımı



Şekil 9. Demir (Fe) elementinin her grupta ortalama ppm değerleri

Demir elementinin hem antemortem hem de postmortem kırık uçlarındaki değerlerinin gruplar arasında anlamlı farklı olduğu görüldü. Demir elementinin antemortem değerleri için yapılan gruplar arası karşılaştırmada 0. saat grubunun 2. hafta ve 1. ay grubundan istatistiksel olarak anlamlı derece düşük olduğu görüldü.

Demir elementinin postmortem değerleri için yapılan gruplar arası karşılaştırmada 1. hafta grubunun 2. ay grubu hariç diğer gruplardan anlamlı yüksek olduğu, 1. ay grubunun 0. saat grubundan anlamlı yüksek olduğu görüldü. Demir elementinin tüm gruplardaki antemortem ölçümlerin dağılımı Tablo 5b, postmortem ölçümlerin dağılımı Tablo 5c, antemortem değerleri için çoklu karşılaştırmalar tablosu 5d ve postmortem değerleri için çoklu karşılaştırmalar tablosu 5e. de verilmiştir.

Değişkenler	Ort±SS	Ortanca[Ç1-Ç3]
Fe ppm 0. saat antemortem	69,27±17,37	63,92[56,69-78,31]
Fe ppm 1. hafta antemortem	693,81±424,18	576,8[429,2-976,44]
Fe ppm 2. hafta antemortem	305,9±117,41	280,91[237,04-318,1]
Fe ppm 1. ay antemortem	221,29±66,25	194,2[188,66-273,47]
Fe ppm 2. ay antemortem	458,42±284,18	359,1[323,31-512,74]
Fe ppm 3. ay antemortem	392,63±355,62	457,59[88,58-550,16]
p	0,004	

Tablo 5b. Demir elementinin antemortem ölçümlerinin dağılımı

Değişkenler	Ort±SS	Ortanca[Ç1-Ç3]
Fe ppm 0. saat postmortem	52,82±20,8	45,62[34,97-74,81]
Fe ppm 1. hafta postmortem	987,9±412,94	998,58[753,33-1136,56]
Fe ppm 2. hafta postmortem	309,59±131,21	279,57[233,3-333,17]
Fe ppm 1. ay postmortem	234,48±80,14	238,28[183,82-296,47]
Fe ppm 2. ay postmortem	414,41±185,19	362,43[272,02-531,02]
Fe ppm 3. ay postmortem	270,78±383,89	207,26[-8,27-506,42]
p	<0,001	

Tablo 5c. Demir elementinin postmortem ölçümlerinin dağılımı

(I) factor1	(J) factor1	Ortalama fark (I-J)	Standart hata	p	95% Farklılık için güven aralığı	
					En düşük	En yüksek
1	2	-650,543	168,914	,127	-1444,089	143,004
	3	-240,533*	48,401	,038	-467,916	-13,150
	4	-170,656*	21,611	,003	-272,184	-69,127
	5	-378,791	115,993	,257	-923,717	166,135
	6	-328,379	131,606	,703	-946,654	289,897
2	1	650,543	168,914	,127	-143,004	1444,089
	3	410,010	184,325	1,000	-455,936	1275,956
	4	479,887	173,086	,485	-333,257	1293,031
	5	271,751	239,293	1,000	-852,431	1395,933
	6	322,164	191,095	1,000	-575,585	1219,913
3	1	240,533*	48,401	,038	13,150	467,916
	2	-410,010	184,325	1,000	-1275,956	455,936
	4	69,877	33,434	1,000	-87,192	226,946
	5	-138,259	143,878	1,000	-814,188	537,670
	6	-87,846	134,499	1,000	-719,710	544,018
4	1	170,656*	21,611	,003	69,127	272,184
	2	-479,887	173,086	,485	-1293,031	333,257
	3	-69,877	33,434	1,000	-226,946	87,192
	5	-208,136	126,153	1,000	-800,792	384,520
	6	-157,723	120,443	1,000	-723,554	408,108
5	1	378,791	115,993	,257	-166,135	923,717

6	2	-271,751	239,293	1,000	-1395,933	852,431
	3	138,259	143,878	1,000	-537,670	814,188
	4	208,136	126,153	1,000	-384,520	800,792
	6	50,413	205,400	1,000	-914,539	1015,365
	1	328,379	131,606	,703	-289,897	946,654
	2	-322,164	191,095	1,000	-1219,913	575,585
	3	87,846	134,499	1,000	-544,018	719,710
	4	157,723	120,443	1,000	-408,108	723,554
	5	-50,413	205,400	1,000	-1015,365	914,539

Tablo 5d. Demir elementi antemortem ölçümler için çoklu karşılaştırmalar

(I) factor1	(J) factor1	Ortalama fark (I-J)	Standart hata	p	95% Farklılık için güven aralığı	
					En düşük	En yüksek
1	2	-947,209*	170,672	,022	-1749,011	-145,406
	3	-249,786	59,104	,083	-527,451	27,879
	4	-198,170*	25,725	,004	-319,025	-77,315
	5	-337,303	72,133	,051	-676,176	1,570
	6	-215,471	148,650	1,000	-913,819	482,876
2	1	947,209*	170,672	,022	145,406	1749,011
	3	697,423*	144,865	,044	16,860	1377,986
	4	749,039*	156,770	,046	12,545	1485,532
	5	609,906	216,740	,459	-408,322	1628,133
	6	731,737*	118,878	,013	173,259	1290,215
3	1	249,786	59,104	,083	-27,879	527,451
	2	-697,423*	144,865	,044	-1377,986	-16,860
	4	51,616	46,048	1,000	-164,712	267,944
	5	-87,517	92,163	1,000	-520,492	345,458
	6	34,314	114,171	1,000	-502,053	570,681
4	1	198,170*	25,725	,004	77,315	319,025
	2	-749,039*	156,770	,046	-1485,532	-12,545
	3	-51,616	46,048	1,000	-267,944	164,712
	5	-139,133	71,172	1,000	-473,492	195,227
	6	-17,301	140,610	1,000	-677,876	643,273
5	1	337,303	72,133	,051	-1,570	676,176
	2	-609,906	216,740	,459	-1628,133	408,322
	3	87,517	92,163	1,000	-345,458	520,492
	4	139,133	71,172	1,000	-195,227	473,492
	6	121,831	180,140	1,000	-724,454	968,117

6	1	215,471	148,650	1,000	-482,876	913,819
	2	-731,737*	118,878	,013	-1290,215	-173,259
	3	-34,314	114,171	1,000	-570,681	502,053
	4	17,301	140,610	1,000	-643,273	677,876
	5	-121,831	180,140	1,000	-968,117	724,454

Tablo 5e. Demir elementi postmortem ölçümler için çoklu karşılaştırmalar

Grupların postmortem çürüme dönemine ait hava koşulları ile ilgili ayrıntılı bilgiler Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden elde edildi. Ortalama sıcaklık ve nem değerleri Tablo 6'da verilmiştir.

Grup Adı	Ortalama Sıcaklık	Ortalama Nem
Postmortem 1. hafta	22.8°C	%58.9
Postmortem 2. hafta	22.2°C	%61
Postmortem 1. ay	22.4°C	%61.8
Postmortem 2. ay	20.7°C	%62.3
Postmortem 3. ay	19.6°C	% 63

Tablo 6. Deneyin yapıldığı zamana ait ortalama sıcaklık ve nem değerleri

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

İnsanlar hayatları boyunca kaza, darp edilme ve ateşli silah yaralanmaları gibi birçok travmatik durumlarla karşılaşır. Meydana gelen bu travmalar, organ ve yumuşak dokularda hasar bıraktığı gibi kemiklerde de kırık, çatlak ve çıkık gibi travmatik değişikliklere neden olabilir. Bireylerin cesetleri ya öldürüldükten sonra saklamak amacıyla ya da kaza ve diğer sebeplerle açık ya da kapalı alanlarda gözlerden uzak kalabilmekte ve ölümünden belli bir süre geçtikten ve dekompozisyonun farklı aşamalarında bulunabilmektedir. Yumuşak dokunun devam ettiği cesetlerde yumuşak dokunun tamamen uzaklaştığı ve sadece iskelet kalıntısının kaldığı cesetlere göre nispeten travma analizi ve postmortem interval tayini daha kolaydır. Sadece iskelet kalıntısı kalan cesetlerde adli makamlarca sorulacak ölüm sebebi, postmortem interval tayini ve travma analizi gibi sorulara cevap olacak nitelikteki tek materyal kemik olup bu durumlarda kemiği doğru okumak ve üzerindeki değişiklikleri iyi tespit etmek gerekmektedir.

Bulunan ceset ya da insan kalıntılarındaki iskelet travmalarını tanımlamak, bu travmalardan yola çıkarak cesedin ölüm sebebi ve ölümü üzerinden geçen tahmini zamanı belirlemek adli tabiplerce yerine getirilmesi gereken görevlerdendir. İskelet kalıntılarında tespit edilen kırık gibi travmatik değişiklikler ölümden önce, ölüm anında ya da öldükten sonra meydana gelmiş olabilir. İnsan iskelet kalıntısında tespit edilen değişikliklerin önce antemortem dönemde mi yoksa postmortem dönemde mi meydana geldiğinin cevabı bulunmalıdır. İskelet kalıntılarında postmortem dönemde de birçok değişiklikler ortaya çıkabilmektedir. Organik ve inorganik dekompozisyonu devam eden kemik daha kolay kırılabilir hale gelmekte, kemikteki dekalsifikasyon ve yırtıcı ve kemirici hayvanlar gibi birçok çevresel nedenlerden dolayı kemikte aşınma ve kırıklar oluşabilmektedir (55).

Literatürde antemortem-postmortem kemik kırığı ayrımı için yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Genellikle adli antropologlar ve adli tıp uzmanları tarafından yürütülen bu çalışmalarda daha çok kemik kırıklarındaki histopatolojik değişiklikler üzerinden ayrım yapılmaya çalışılmıştır. Cattaneo ve arkadaşlarının travmadan sonra 34 dakika ile 26 gün arasında hayatta kalan 6 insan otopsisinden elde ettikleri kırık

kemiklerde kırık uçlarında histopatolojik olarak fibrin ve yeni kemik oluşumu bulgularına baktıkları çalışma bu alanda öncü çalışmalardan biridir (1). Çetin S. tarafından antemortem oluşturulan tavşan fibula kırıklarında yapılan çalışmada da postmortem süreçte kırık uçlarında inflamasyon, fibrin, granülasyon dokusu ve yeni periosteal kemik yapımı varlığı, inflamasyon ve fibrin yoğunluğu ve otoliz histopatolojik bulgular çalışılmıştır (85). Benzer şekilde Paulis ve arkadaşlarının 2018 tarihinde Mısırda yayınladıkları çalışmada da rat femurlarında antemortem farklı zamanlarda meydana getirilen kırıklarda histopatolojik değişiklikler çalışılmıştır (86). Bu alanda histopatolojik değişiklikler üzerinde yapılmış başka çalışmalar da bulunmaktadır (87,88,89).

İskelet kalıntılarında travma analizi ve travmanın zamanı ile ilgili yapılan bir diğer değerlendirme yöntemi ise genellikle adli antropologlar tarafından yürütülen çalışmalardır. Bu çalışmalarda farklı çevresel ortamlarda bulunan iskelet kalıntılarındaki kırıklara uygun modeller oluşturularak antemortem, perimortem ve postmortem kırık paternleri oluşturulmaya çalışılmaktadır. Organik materyal bulunan kemikler yaş kemik ve organik materyal bulunmayan kemikler kuru kemik olarak ayrıldıktan sonra kemik kırığının rengi, kırık açısı, kırık yüzeyi, kırık çizgileri, korteks etrafındaki pullanma ve kırık parçalarının kırıktan ayrılma durumu gibi dış parametreler ile antemortem postmortem kırık ayrımı için yapılan çalışmalar bildirilmiştir (90, 91). Scheirs ve arkadaşları makroskopik kırık özelliklerine göre perimortem-postmortem kırık ayrımının yaklaşık 10-14. güne kadar yapılabileceğini göstermişlerdir (92).

Psihogios'un 1995 yılında 558 adet insan uzun kemikleri kullanarak yaptığı çalışmada kemikleri stabilize edecek bir model oluşturmuş ve kemiklerin farklı alanlarına travma uygulamıştır. Yapılan kırık oluşturma paternlerinde spiral kırıklar hariç diğer tüm kırık çeşitlerinin postmortem modellerde oluşabildiği ancak torsiyon kuvveti ile oluşan spiral kırıkların postmortem kuru kemiklerde oluşturulamadığı görülmüştür (93).

Medikal teknolojinin gelişmesi ile birlikte antemortem yaralanmalarda ödem, kanama, pulmoner yağ embolisi gibi vitalite bulgularını göstermekte kullanılan BT ve MR aynı şekilde antemortem ve postmortem kemik kırığı ayrımı içinde kullanılmaya başlamıştır. Kırık bölgesinde ödem varlığı, kanamaya bağlı kemik iliği sinyal değişiklikleri gibi bulguların varlığı kırığın antemortem ya da perimortem dönemde

meydana geldiğini göstermek bakımından umut verici görülmektedir (94). Ursula B. ve arkadaşları 5 trafik kazası kurbanında yaptıkları virtopside tüm kırık bölgelerinde MR T1 sekanslarında kemik iliği sinyalinde aşırı düşüklük ve T2 sekanslarında ise sinyalde aşırı artış olduğunu bildirmişlerdir (95).

İskelet kalıntılarında postmortem interval tayini için makroskopik morfolojik, histopatolojik, biyokimyasal, UV ışınlarının ve luminol testlerinin kullanıldığı birçok çalışmanın yanında kemiklerde bazı radyoaktif elementlerin ve iyonların ölçümü yapılarak interval sonucuna ulaşmaya çalışılan çalışmalar da bulunmaktadır (65-73, 96).

Kemik dokunun dekompozisyonu da yumuşak doku dekompozisyonu gibi birçok internal ve eksternal faktörlerden etkilenir. Bu etkilerin başında sıcaklık, nem ve güneş ışığı gibi çevre koşulları ile pH ve mineral içeriği gibi toprağa bağlı değişiklikler gelmektedir (97). Yoshimo ve arkadaşlarının iskelet kalıntılarında mikroradyografik olarak yaptıkları çalışmada açık havada bırakılan kemiklerde 15 yıla kadar morfolojik değişiklik saptanmazken toprağa gömülen kemiklerde 5. yılda kompakt kemik periferel zonda balküpe şeklinde vakuoller izlendiği ve 6. yıldan itibaren bu vakuollerin orta zona doğru uzandığı görülmüştür. Yine aynı çalışmada UV-floresans ile yaptıkları incelemede de postmortem interval ile uyumlu değişiklikler bulmuşlardır (63).

İskelet kalıntılarında postmortem interval tayini için bazı elementlerin zamanla değişimini çalışan çalışmalar da bulunmaktadır. Castello ve arkadaşları 69 farklı insan uzun kemiklerinde yaptıkları çalışmada total protein miktarı üre konsantrasyonu, potasyum, nitrojen, fosfor ve kükürt miktarları ile direkt grafi kırınımı (XRD) gibi parametreler ile postmortem interval için en kullanışlı parametreyi tespit etmeye çalışmışlardır. Uzun kemiklerinin kortikal ve medüller zonlarından aldıkları örneklerde İndüktif Plazma Spektrometrisi kullanılarak fosfor ve kükürt elementi değerlerini çalışarak kükürtün postmortem interval ile istatistiksel olarak anlamlı olarak arttığını tespit etmişlerdir. Ayrıca potasyum ve üre değerlerinin ise istatistiksel olarak anlamlı şekilde zamanla azaldığını bildirmişlerdir (98).

Castellano ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada da yine kemiklerde magnezyum, demir, potasyum, kurşun, fosfor gibi elementler çalışılmıştır. Potasyum seviyesinin postmortem interval ile invers ilişkisi olduğunu ve zamanla kemik dokudan tamamen kaybolduğu sonucuna varmışlardır. Kemik dokudan tamamen ortadan

kalkmasının sebebinin ise çevreye doğal dağılabilen moleküller olmasına ve mikroorganizmalar tarafından ortadan kaldırılmasına ve organik madde kaybına bağlı olduğu sonucuna varmışlardır (99).

İskelet kalıntılarından element analizi daha çok paleodiyeter, diagenesis gibi arkeolojik çalışmalarda yerini almaktadır (100, 101). Kemiklerin mineralizasyonu yaşam boyunca beslenme alışkanlıklarından, bulunduğu bölgeden, hastalıklarından etkilendiği gibi ölümden sonra da cesedin bulunduğu ortam özelliklerinden etkilenir. İskelet kalıntıları toprağa gömülü, toprak üzerinde toprak ile temas halinde su içinde bulunabilir ve temas ile de belli miktarda mineralizasyon olabilir. Aynı zamanda çürümenin devam etmesi nedeniyle organik madde kaybı, mikrobiyal parçalanma ve kemikte oluşan porotik boşluklarda ortamdaki element birikimi, kemik yüzeyine adsorbsiyon ve kemikten ortama sızıntı ile mineral değişimi devam eder (102).

Kemik diyagenezi öldükten sonra kemiğin organik ve inorganik bileşenlerindeki değişimi tanımlar. Kemiğin bulunduğu ortama bağlı olarak kemiğin ortamla etkileşimi ve ortamın kemikle etkileşimi, organik maddenin yıkılması ve oluşan boşluklara ortamdaki elementlerin birikimi ile elementlerin ve element düzeylerinin değişimi olabilir (103, 104). Kemikte diyagenez ile ilgili en sık yapılan çalışma stronsiyum ve baryumun, kalsiyumun yerine geçmesi olmakla birlikte kemik yapısında bulunan birçok elementin yerine ortamdaki elementler geçebilir (103). Toprakla etkileşim sonucu kemikte stronsiyum ve baryum değerlerinin yükseleceği ve magnezyum değerlerinin düşeceğini demir, bakır ve mangan gibi elementlerin toprakta bulunma oranlarına bağlı olarak fiziksel diyagenezde rol alabileceği bildirilmiştir (105, 106).

Walden ve arkadaşları ICP-OES yöntemi ile dekompoze olan kemiklerdeki sistemik elementlerinin analizini yaptıkları çalışmada domuz kemiklerinde kalsiyum, potasyum, demir, çinko, baryum, fosfor ve magnezyum elementlerinin çürüme ile birlikte kemiklerdeki değişimine bakmışlardır. Dondurma işleminden sonra toprak yüzeyinde ve 30 cm derinlikte gömdükleri domuz uzun kemiklerinden 28 gün aralıklarla 140 güne kadar gruplandırarak örnekler aldıkları çalışmada toprak yüzeyinde olması ile gömülmüş olması arasında element analizinde istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı, demirin çürümenin erken dönemlerinde hafif yükseldikten sonra ilerleyen dönemlerde düştüğü, potasyum ve sodyum değerlerinin düşüş gösterdiği, kalsiyum,

magnezyum ve baryum değerlerinde dalgalanmalar olmakla birlikte önemli bir artış ya da azalış görülmediğini belirtmişlerdir (107).

Yapılan tüm çalışmalarda genelde şu sonuca ulaşılmıştır. Erken antemortem dönemde gelişen kemik kırıkları gerek radyolojik ve makroskopik kemik iyileşme paternleri ile gerekse mikroskopik olarak inflamasyonun gösterilmesi ile ayrımı kolay yapılabilmekle birlikte perimortem dönemde ve erken postmortem dönemde oluşan kırıkların ayrımını yapmak çok zordur. Bu sebeple bu ayrımın yapılabilmesi için ileri çalışmalar ve farklı metodlar çalışılmasının gerekliliği açıktır.

Yapılan literatür taramasında kemik kırık uçlarındaki element analizi ile antemortem-postmortem kırık ayrımı yapılan çalışma bulunamamıştır. Bu sebeple oluşturduğumuz bu modelde antemortem dönemde kemik kırığı oluşturulan ve kırık hematomunun oluşup kırık bölgesine yeterli kanama ve inflamasyon markerlerinin birikmesi için 2 gün yaşatıldıktan sonra sakrifiye edilip dolaşım durduktan sonra postmortem kemik kırıkları da oluşturulan rat mandibulasından postmortem çürümenin belli zaman aralıklarında kırık uçlarından örnek alınıp rat kemik kırığında kimyasal elementlerin analizi yapılarak hem antemortem/postmortem kırık ayrımına hem de postmortem interval tahminine katkıda bulunmayı amaçladık.

Yaptığımız çalışma sonucunda magnezyum elementinden antemortem-postmortem kırık ayrımı için yapılan analizlerde 0. saat ve 1. ay grubunda antemortem değerlerin postmortem değerlerden anlamlı yüksek olduğu görüldü. Diğer gruplarda anlamlı bir fark olmamakla birlikte 3. ay hariç tüm gruplarda antemortem değerlerin ortalamasının postmortem değerlerin ortalamasından yüksek olduğu görüldü. Diğer gruplarda istatistiksel olarak anlamlı çıkmamasının ve 3. ay grubunda postmortem değerlerin yüksek çıkmasının ratlar arasındaki bireysel farklılıklardan ve örneklem grubunun düşük olmasından kaynaklandığını düşünmekteyiz. Her ne kadar yaptığımız çalışma ile kıyaslayabileceğimiz örnek bir çalışma bulunmasa da magnezyum elementinin 2. aya kadar antemortem-postmortem kırık ayrımında kullanılabileceğini ve element düzeyleri ve kemik yapıları insan kemik yapısına yakın primatlar ya da insan iskelet kalıntıları üzerinden yapılacak çalışmalarla daha fazla ve yararlı bilgiler sunacağı kanaatindeyiz.

Magnezyum elementinden postmortem interval tahmini için yapılan analizlerde hem antemortem hem de postmortem kırık uçlarındaki değerlerinin gruplar arasında

anlamlı farklı bulundu. Yapılan çoklu karşılaştırmalarda antemortem değerler için; 0. saat ve 1. ay grubunun 2. hafta grubundan anlamlı yüksek olduğu görüldü. Magnezyum elementinin postmortem değerleri için yapılan gruplar arası karşılaştırmada 1. hafta grubunun 2. hafta ve 2. ay grubundan anlamlı yüksek olduğu, 2. hafta grubunun 2. ay grubu hariç diğer gruplardan anlamlı düşük olduğu, 2. ay grubu 3. ay grubundan anlamlı düşük olduğu görüldü. Hem antemortem değerleri hem de postmortem değerleri genel olarak zamanla azalma göstermekte iken 3. ayda değerlerin artması hem de 1. aydaki dalgalanma sebebiyle magnezyum elementi yaptığımız çalışmada postmortem süreçte düzenli bir artış ya da azalma göstermedi. Walden ve arkadaşlarının domuz uzun kemiklerinde yapmış oldukları çalışmada da magnezyum elementinin postmortem süreçte dalgalanma gösterdiği ve düzenli bir artış ya da azalış göstermediği belirtilmiştir (107). Magnezyum elementinin dalgalanma göstermesinin sebebi diyagenezinin yüksek olması, çevre koşulları çürüme ortamı ve meteorolojik değişikliklere bağlı olabileceğini ve postmortem süreçte magnezyum düzeylerine etki eden birçok farklı değişken olduğu için postmortem interval tahmininde iyi bir belirteç olmadığını düşünmekteyiz.

Kükürt elementinden antemortem-postmortem kırık ayrımı için yapılan analizlerde 0. saat grubunda postmortem kemik kırık uçlarındaki değerlerinin antemortem kırık uçlarındaki değerlerinden anlamlı yüksek olduğu, 1 hafta, 2 hafta gruplarında ise antemortem oluşturulan kırık uçlarındaki değerlerinin postmortem oluşturulan kırık uçlarındaki değerlerinden anlamlı yüksek olduğu görüldü. Diğer zaman gruplarında anlamlı fark olmamakla birlikte antemortem oluşturulan kırık uçlarındaki değerlerin postmortem oluşturulan kırık uçlarındaki değerlerden yüksek olduğu görüldü. 0. saat grubunda postmortem değerlerin yüksek olmasının ratlar arasındaki bireysel farklılıklardan kaynaklandığını düşünmekteyiz. Yapılan literatür araştırmasında kükürt elementinden kırık uçlarında antemortem-postmortem kırık ayrımı için yapılan çalışma bulunamamışsa da yaptığımız çalışma ile genel olarak postmortem değerlerin daha düşük olduğu ve kükürt elementinin antemortem-postmortem kırık ayrımında kullanılabileceği ancak yine de insan kemik kalıntılarından yapılacak ileri çalışmalar ile daha net ve doğru sonuçlara ulaşılabileceği kanaatindeyiz.

Postmortem interval tahmini için yapılan analizlerde hem antemortem hem de postmortem kırık uçlarındaki değerlerinin gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı

farklı bulundu. Kükürt elementinin antemortem değerleri için yapılan gruplar arası karşılaştırmada 0. saat grubunun; 1. hafta ve 1. ay gruplarından anlamlı düşük olduğu, 2. ay grubunun; 1. hafta ve 1. ay gruplarından anlamlı düşük olduğu, 2. hafta grubunun 2. ay grubu hariç diğer tüm gruplardan anlamlı düşük olduğu, 3. ay grubunun tüm gruplardan anlamlı yüksek olduğu, postmortem değerleri için yapılan gruplar arası karşılaştırmada 0. saat grubunun; 2. hafta ve 2. ay grubundan anlamlı yüksek, 1. ay grubunun 3. ay grubu hariç diğer tüm gruplardan anlamlı yüksek olduğu görüldü. 3. aya kadar kükürt değerlerinin hem antemortem hem de postmortem değerlerinin birbirine yakın aralıklarda dalgalanma gösterdiği, 2. hafta ve 2. ay grubu hariç değerlerinin yükselme yönünde olduğu, 3. ay grubunda değerlerin diğer gruplara göre neredeyse 2 katına çıktığı görüldü. Castello ve arkadaşları kemik kalıntılarından yapmış oldukları çalışmada da organik madde yıkımı, DNA degradasyonu ve diyagenezis gibi sebeplerden dolayı kükürt elementinin postmortem süreçte zamanla anlamlı bir şekilde arttığını tespit etmişlerdir (98). Bizim yaptığımız çalışmada da 3. ay grubu tüm gruplardan anlamlı şekilde yüksekti. 2. hafta ve 2. ay gruplarında değerlerin düşmesi nedeni ile dalgalanma göstermesinin sebebinin ratlar arasındaki bireysel farklılıklardan ve grupların doğal ortamda bulunma süreçlerindeki meteorolojik değişikliklerden kaynaklandığını düşünmekteyiz. Yapılacak farklı modellemeler ve daha çok örneklem ve daha uzun süreli çalışmalar ile kükürt elementinin postmortem süreçte kullanılabilirliği hakkında daha net verilere ulaşılabileceği görüşündeyiz.

Kalsiyum elementinden antemortem postmortem kırık ayrımı için yapılan analizlerde tüm gruplarda antemortem kırık oluşturulan kırık uçlarındaki değerlerinin postmortem kırık oluşturulan kırık uçlarındaki değerlerinden yüksek olduğu görüldü. 2. hafta grubunda antemortem kırık oluşturulan kırık uçlarındaki değerlerinin postmortem kırık oluşturulan kırık uçlarındaki değerlerinden anlamlı yüksek olduğu görüldü. Tüm gruplarda antemortem kalsiyum değerleri postmortem kalsiyum değerlerinden yüksek olup her ne kadar istatistiksel olarak sadece bir grupta anlamlı fark bulunsa da elementlerin insan kemiklerine ve kan hücrelerine göre rat kemik ve kan hücrelerinde düşük seviyelerde bulunmasından dolayı istatistiksel olarak anlamlı olmadığını düşünmekteyiz. Kemik kırık uçlarından kalsiyum element analizi ile yapılan örnek ve benzer çalışma bulunmadığından çalışmamız ile karşılaştırma yapılamasa da yapılacak

antemortem, perimortem ve postmortem kırık modellemeleri ile bu hususta daha net verilere ulaşılabileceği kanaatindeyiz.

Kalsiyum elementinden postmortem interval tahmini için yapılan analizlerde hem antemortem hem de postmortem kırık uçlarındaki değerlerinin gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklı bulundu ancak yapılan çoklu karşılaştırmalarda hem antemortem değerler için hem de postmortem değerler için gruplar arasında anlamlı farklılık olmadığı tespit edildi. Değerler birbirine yakın seyredererek düşme eğiliminde iken 1. ay da hem antemortem hem de postmortem değerlerin yükselmesine bağlı dalgalanma nedeniyle anlamlı sonuçlara ulaşılamadı. Walden ve arkadaşlarının domuz kemiklerinde yaptıkları çalışmada da kalsiyum elementinin postmortem süreçte dalgalanmalar gösterdiği ve postmortem interval tayini için uygun bir belirteç olmadığı belirtilmiştir (101). Bunun sebebinin kalsiyum elementinin de magnezyum elementi gibi postmortem dönemde yumuşak doku çürümesi, kemikte diyagenez gibi faktörlerden çok etkilenmesinden kaynaklandığı görüşündeyiz (107).

Selenyum elementinden antemortem-postmortem kırık ayrımı için yapılan analizlerde 0. saat grubunda antemortem kırık oluşturulan kırık uçlarındaki değerlerinin postmortem kırık oluşturulan kırık uçlarındaki değerlerinden yüksek olduğu görüldü. Selenyum elementi için sadece 0. saat grubunda değerlerin pozitif olduğu diğer tüm gruplarda selenyum değerlerinin referansın altında olduğu görüldü. 0. saat, 2. hafta ve 1. ay gruplarında antemortem değerler postmortem değerlerden yüksek olduğu, diğer 2 grupta da postmortem değerlerin daha yüksek olduğu tespit edildi. Literatürde selenyum elementinden antemortem-postmortem kırık ayrımı yapan çalışma bulunmadığından çalışmamız ile karşılaştırma yapılamamakla birlikte selenyum elementinin 0. saat hariç tüm gruplarda hem antemortem değerlerinin hem de postmortem değerlerinin referans maddenin altında olduğu için bazı trafik kazaları gibi öldükten sonra başka araçların da cesette kırık ve yaralanmalar meydana getirdiği, birden fazla etken bulunup hangisine bağlı kırıkların ölümden önce hangilerinin ölümden hemen sonra meydana geldiğinin tespiti istenen durumlarda antemortem-postmortem kırık ayrımı için kullanılabileceği ancak postmortem süreç uzadığında selenyumun antemortem-postmortem kırık ayrımında anlamlı sonuçlar vermeyeceği görüşündeyiz.

Selenyum elementinin antemortem değerleri için yapılan gruplar arası çoklu karşılaştırmada 0. saat grubunun tüm gruplardan anlamlı derecede yüksek olduğu görüldü. Postmortem değerleri için yapılan gruplar arası karşılaştırmada 0. saat grubunun; 2. hafta, 1. ay ve 2. ay grubundan anlamlı yüksek, 1. hafta grubunun 2. ay grubu hariç diğer gruplardan anlamlı düşük olduğu görüldü. Yaptığımız çalışmada selenyum değerlerinin 1. haftadaki dramatik düşük değerleri haricinde genel olarak postmortem süreç artıkça düşme eğilimde olduğu görüldü. Selenyum insan vücudunda yaklaşık 15 mg kadar bulunur ve kemik, kas ve kan dokularındaki değerleri diğer dokulara göre daha yüksektir (108). Selenyum ratlar içinde esansiyel eser elementlerdendir (109). Literatürde selenyum element analizi ile kemik dokuda postmortem interval tahmini yapan çalışma bulunamamakla birlikte açık havada doğal ortamda çürümeye bırakılan rat kemik örneklerinden yaptığımız çalışmada selenyum elementinin muhtemelen doğal ortama bırakıldıktan sonra hızla ortama geçtiğini ve 1. haftadan itibaren negatif değerlerde seyrettiğini düşünmekteyiz. Yapılacak ileri çalışmalara ihtiyaç olmakla birlikte selenyum elementi ile postmortem interval arasında ters bir ilişki olabileceğini düşünmekteyiz.

Demir elementinden antemortem postmortem kırık ayrımı için yapılan analizlerde 0. saat, 2. ay ve 3. ay gruplarında antemortem kırık oluşturulan kırık uçlarındaki demir değerlerinin postmortem kırık oluşturulan kırık uçlarındaki demir değerlerinden yüksek olduğu, 1. hafta, 2. hafta ve 1. ay gruplarında postmortem değerlerinin hafif daha yüksek olduğu ama antemortem ve postmortem değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olmadığı görüldü. Yapılan literatür taramasında çalışmamızla karşılaştırabileceğimiz bir çalışma bulunmamakla insan iskelet kalıntılarından yapılacak çalışmalarla birlikte daha net sonuçlara ulaşılabileceği kanaatindeyiz.

Demir elementinin antemortem değerleri için yapılan gruplar arası çoklu karşılaştırmada 0. saat grubunun 2. hafta ve 1. ay grubundan anlamlı düşük olduğu görüldü. Postmortem değerleri için yapılan gruplar arası karşılaştırmada 1. hafta grubunun 2. ay grubu hariç diğer gruplardan anlamlı yüksek olduğu, 1. ay grubunun 0. saat grubundan anlamlı yüksek olduğu görüldü. Çalışmamızda 0. saat grubunda hem

antemortem hem de postmortem değerlerin diğer gruplara göre oldukça düşük olduğu, 1. hafta grubunda en yüksek değerlerine ulaştığı, daha sonra tekrar düşmeye başladığı; ancak 1. haftadan sonraki gruplarda dalgalanmalar bulunduğu görüldü. Walden ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada da demir elementinin postmortem süreçte önce yumuşak doku yıkımına bağlı bir miktar arttığı ve daha sonra postmortem interval ile uyumlu bir şekilde interval uzadıkça düştüğü belirtilmiştir (101). Bizim yaptığımız çalışmada da ilk başta arttıktan sonra düşmeye başladığı görüldü ama gruplar arasındaki dalgalanmalar sebebiyle postmortem interval ile uyumlu bir düşüş görülmedi. İstatistiksel olarak anlamlı düşüşün görülmemesinin ratlar arasındaki bireysel farklılıklardan kaynaklı olabileceği gibi yumuşak doku çürümesine etkisinden dolayı çevre koşullarının da da kaynaklandığını düşünmekteyiz.

Sonuç olarak çalışmamızda deney hayvanı olarak rat kullanıldı. Antemortem-postmortem kırık ayrımı için yaptığımız çalışmada magnezyum, kükürt, kalsiyum ve demir elementlerinin tüm gruplarda istatistiksel olarak anlamlı olmasa da antemortem değerlerinin postmortem değerlerden genellikle yüksek seyrettiği görüldü. Genel olarak bu elementlerin antemortem-postmortem kırık ayrımında kullanılabileceğini düşünmekteyiz. Ancak çalışmamızda sadece toprak üstü modellemesi yapıldı. Ama bilindiği üzere cesetler toprak üstünde bulunabildiği gibi gömülü olabilir ya da sudan çıkartılmış olabilir. Bu sebeple diğer modellerin çalışılması da gerekir. İleride daha çok element skalası kullanılmasının, element varlığı ve miktarları insan kemik dokusuna yakın deney primatlarının ya da insan kemik kalıntılarının kullanımı ve farklı ortamlarda çürümeye bırakılmak gibi farklı modellemeler ile önemli bilgilere ulaşılabileceğini düşünmekteyiz. Çalışmamız pilot çalışma olduğu için ICP-OES ile element miktarlarında artış ve azalış durumlarına bakıldı. İnsan kemik kalıntılarındaki kırık uçlarından alınacak örneklerle yapılacak çalışmalar ile insanlarda antemortem ve postmortem değerler için cut off değerlerinin ve antemortem ve postmortem değerleri için uygun denklemlerin oluşturulması gerekmektedir.

Yaptığımız modellemede kırık uçlarından element analizi ile postmortem intervali de değerlendirdik. Kemiklerden element analizi ile postmortem intervali belirlemeye yönelik birçok çalışma bulunmaktadır. Yapılan farklı modellemeler ile element analizi yapılmıştır. Kemiğin postmortem süreçte çürümesi yanında bir taraftan da diyagenez olmaktadır. Yaptığımız modellemede rat kemik kırık uçlarından

baktığımız element düzeylerinde postmortem süreçte yaşanan dalgalanmalar ile birlikte çok net verilere ulaşamamışsa da insan kemik kalıntılarından büyük örneklem gruplarıyla yapılacak çalışmalarla daha net verilere ulaşılacağı, geniş element skalaları çalışılarak postmortem süreçte hangi element düzeylerinde artış, hangilerinde azalma olacağı hangi elementlerin düzeylerinin yakın seyredip intervalde kullanılamayacağı gibi sonuçlara ulaşmak mümkündür. Yine yapılacak ileri çalışmalar ile her element için postmortem süreci gösterir cut off değerleri oluşturulabilecektir.



KAYNAKLAR

- 1- Cattaneo C, Andreola S, Marinelli E, Poppa P, Porta D, Grandi M. The detection of microscopic markers of hemorrhaging and wound age on dry bone: a pilot study. *Am J Forensic Med Pathol* 2010;31:22-6.
- 2- Bonelli A, Bacci S, Vannelli B, et al. Immunohistochemical localization of mast cells as a tool for the discrimination of vital and postmortem lesions. *Int J Legal Med.* 2003;117:14 –18.
- 3- Robbins C. *Microscopic Diagnosis in Forensic Pathology. Histological Estimation of the Age of Injuries.* New York, NY: New York University Press; 1980.
- 4- Dennis c. Dirkmaat and Luis I. Cabo *Forensic Anthropology: Embracing the New Paradigm* <https://www.researchgate.net/publication/222089935>
- 5- Bass , W.M. (1969). Recent developments in the identification of human skeletal material . *American Journal of Physical Anthropology* 30 : 459 – 461.
- 6- Bass , W.M. (1979). Developments in the identification of human skeletal material (1968–1978) . *American Journal of Physical Anthropology* 51 : 555 – 562.
- 7- Bass , W.M. (2001). A tribute to Ellis R. Kerley: The Kansas Years . *Journal of Forensic Sciences* 46 (4): 780 – 781.
- 8- Bennett , K.A. (1987). *A Field Guide for Human Skeletal Identification* . Charles C. Thomas , Springfield, IL .
- 9- In W.V. Spitz and D.J. Spitz (eds), *Spitz and Fisher ' s Medicolegal Investigation of Death: Guidelines for the Application of Pathology to Crime Investigation* , 4th edn (pp. 240 – 254).
- 10- Rossana Cecchi Estimating wound age: looking into the future, *Int J Legal Med* (2010) 124:523–536,
- 11- Oehmichen M (1990) *Die Wundheilung.* Springer, Berlin,
- 12- Oehmichen M (2004) Vitality and time course of wounds. *Forensic Sci Int* 144:221–231
- 13- Betz P (1994) Histological and enzyme histochemical parameters for the age estimation of human skin wounds. *Int J Legal Med* 107:60–68

- 14- Raekallio J (1960) Enzymes histochemically demonstrable in the earliest phase of wound healing. *Nature* 188:234–235
- 15- Raekallio J (1970) Enzyme histochemistry of wound healing. Fisher, Stuttgart
- 16- Martin P (1997) Wound healing—aiming for perfect skin regeneration. *Science* 276:75–81
- 17- Singer AJ, Clark RA (1999) Cutaneous wound healing. *N Engl J Med* 341:738–746
- 18- Ege R. Kırıkların etyopatolojisi. Ege R (ed). *Travmatoloji*, 4. Cilt. Ankara: Kadioğlu Matbaacılık; 1989. 2-61.
- 19- Klotzbach H, Delling G, Richter E, et al. Post-mortem diagnosis and age estimation of infants' fractures. *Int J Legal Med*. 2003;117:82– 89.
- 20- Reichs KJ. *Forensic Osteology: Advances in Identification of Human Remains*. Springfield, IL: Charles C. Thomas Publisher; 1998.
- 21- Ömeroğlu H. Kas iskelet sisteminde temel anatomik oluşumların yapısı, işlevi, iyileşmesi ve kemik metabolizması, *TOTBİD Dergisi* 2010;9(2):78-84
- 22- Brinker MR, O'Connor DP. Basic sciences. In: Miller MD, editor. *Review of orthopaedics*. 5th ed. Philadelphia: Saunders Elsevier; 2008. p. 1-132.
- 23- Mercan AŞ. Farklı Antiembolik Ajanların Kırık İyileşmesi Üzerine Etkilerinin Ratlarda İncelenmesi (Uzmanlık Tezi). İstanbul: T.C. Sağlık Bakanlığı Baltalimanı Metin Sabancı Kemik Hastalıkları Eğitim ve Araştırma Hastanesi; 2008.
- 24- Gartner LP, Hiatt JL. *Color textbook of histology*. 2nd ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company; 2001. p. 129-82.
- 25- Miller JD, McCreadie BR, Alford AI, Hankenson KD, Goldstein SA. Form and function of bone. In: Einhorn TA, O'Keefe RJ, Buckwalter JA, editors. *Orthopaedic basic science. Foundations of clinical practice*. 3rd ed. Rosemont: American Academy of Orthopaedic Surgeons; 2007. p. 129-59.
- 26- Meyer U, Wiesmann HP. *Bone and Cartilage Engineering*: Springer; 2006,
- 27- Glimcher MJ. *Handbook of Physiology: Endocrinology*, Williams and Wilkins, USA, 1976,
- 28- Nordin M, Frankel VH. *Biomechanics of Whole Bone and Bone Tissue*. Philadelphia, Lea and Febiger, 1980, 15-60.

- 29- Simmons DJ. Fracture healing. In Urist MR (ed): Fundamental and Clinical Bone Physiology. Philadelphia, JB Lippincott, 1980: 283-330.
- 30- Franz-Odenaal TA, Hall BK, Witten PE. Buried alive. How osteoblasts become osteocytes. Development Dynamics, vol. 235. no. 1:176-190,2006.
- 31- Luxenburg C, Geblinger D, Klein E, et al. The architecture of the adhesive apparatus of cultured osteoclasts: from podosome formation to sealing zone assembly. PLoS ONE, vol.2, no.1, article e179, 2007.
- 32- Cruess RL. Healing of bone, tendon and ligament. Lippincott Co 1984; 1: 147-167.
- 33- Sibel SK, Mikroskopi Düzeyinde Kırık İyileşmesi. Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Mecmuası 2002; 55: 145-150.
- 34- Brond AR, Rubin TC. Fracture Healing: Surgery of the musculoskeletal system. 2nd ed. New York: Churchill Livingstone 1990: 1: 93-114
- 35- Ozaki A. Role of fracture hematoma and periyosteum during fracture healing in rats: Interaction of fracture hematoma and the periyosteum in the initial step of the healing process. J. Orthop. Sci 2000; 5: 64-70.
- 36- Aysen Açikkol Yıldırım, Adli Antropolojide Travma Analizi Türkiye Klinikleri J Foren Med-Special Topics 2017;3(1):65-72
- 37- Ortner DJ, Putschar WGJ. Identification of Pathological Conditions in Human Skeletal Remains. Washington: Smithsonian Institution Press; 1985
- 38- De Palma. The Management of Fractures and Dislocations. 2nd ed. London: W. B. Saunders, 1970:1:10-12
- 39- Gunta KE. Alterations in the skeletal system: trauma, infection, and developmental disorders. In: Porth CM (ed). Essentials of pathophysiology. 2nd edition. USA: Lippincott Williams and Wilkins; 2006. 789-813.
- 40- Kolar P, Gaber T, Perka C, Duda GN, Buttgerit F. Human early fracture hematoma is characterized by inflammation and hypoxia. Clin Orthop Relat Res 2011 ;469:3118-26.
- 41- Burr. D. B., Martin, R. B., Schaffler, M. B., and Radin, E. L.: Bone remodeling in response to *in vivo* fatigue microdamage. J. Biomech. 18: 189, 1985.
- 42- Jaworski, Z. F. G.: Does the mechanical usage inhibit bone "remodeling?" Calcif. Tissue Int. 4 1:239, 1987,

- 43- Frost HM. The biology of fracture healing. An overview for clinicians. part 1-2. Clin Orthop 1989; 248: 283-309,
- 44- Arslan MN. ve ark., Ölüm Belirtileri, Türkiye Klinikleri J Foren Med-Special Topics 2016;2(1)
- 45- Vass AA. Beyond the grave - understanding the human decomposition. Microbiology Today 2001 ;28:190-2.
- 46- Kolusayın Ö, Koç S. Ölüm. In: Soysal Z, Çakalır C, editörler. Adli Tıp Ders Kitabı. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Yayınları No: 4165/224; 1999. p.93- 131.
- 47- Knight B (ed). Forensic pathology. 2nd edition. London: Arnold Publishing; 1996.
- 48- Koç S, Can M. Ölüm kavramı ve ölü muayenesi. Birinci Basamakta Adli Tıp. 2. Baskı. İstanbul: İstanbul Tabip Odası Yayınları; 2011. p.18-37.
- 49- Erkol Z, Ölüm Zamanı Tayini, Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi, 5:112-122, 1994,
- 50- Haglund WD, Reay DT, Swindler DR. Canid scavenging/disarticulation sequence of human remains in the northwest Pacific. J Forensic Sci 1989;34:587-606.
- 51- Pollard AM. Dating the time of death. In: Hunter J, Roberts C, Martin A (eds). Studies in crime: an introduction to forensic archaeology. London: BT Batsford Publishers; 1996. 139-55.
- 52- Lale A ve ark. İskeletleşmiş Cesetlerde Postmortem İnterval Tayini, J. For. Med. 2016,301(1)
- 53- Byers SN. Introduction to Forensic Anthropology: A Textbook. Boston: Allynand Bacon; 2002.
- 54- Çeker D. İnsan Kemiklerinin analiz ve Adli Antrapoloji’de Kimliklendirmede önemi Masrop e- dergi 2017,
- 55- Castellano MA, Villanueva EC, von Frenckel R. Estimating the date of bone remains: a multivariate study. J Forensic Sci 1984;29:527- 34.
- 56- Christensen AM, Passalacqua NV, Bartelin EJ. Chapter 13: Analysis of Skeletal Trauma. Forensic Anthropology. In: Current Methods and Practice. San Diego: Academic Press; 2014. p.341-77.

- 57- Symes SA, Labbe EN, Chapman EN, Wolff I, Dirkmaat DC. Chapter 17: Interpreting Traumatic Injury to Bone in Medicolegal Investigations. In: Dirkmaat DC, ed. *A Companion to Forensic Anthropology*. West Sussex: Wiley-Blackwell Publishing; 2012. p.340-89.
- 58- Ubelaker, DH. *Human Skeletal Remains*. 2nd ed. Washington: Smithsonian Institution; 1989.
- 59- Bell LS ve ark. The Speed of postmortem change to the human skeleton and its taphonomic significance, *For. Sci. Int* 1996;82/2
- 60- Hackett V. ve ark, Microscopical focal destruction (tunnels) in exhumed human bones *Med Sci. Law*. 1981;21/4
- 61- Holley S, Macroscopical Estimation of The Post Mortem Interval (PMI) and Exclusion of The Forensically Relevant Resting Period-A Comparison of Data Presented In The Literature With Recent Osteological Findings, *Arch Kriminol*. 2008 May-Jun;221(5-6):175-84
- 62- Verhoff MA, Macroscopic Findings For The Exclusion of A Forensic Relevant Soil Embedded Resting Period In Skeletal Remains--An Approach Based Upon Literature, 2004 Jan-Feb;213(1-2):1-14.
- 63- Yoshimo M ve ark, Microscopical study on estimation of time since death in skeletal remains, *For. Sci. Int* 1991, 49/2
- 64- Megyesi MS, Nawrocki SP, Haskell NH. Using Accumulated Degree-Days to Estimate the Postmortem Interval from Decomposed Human Remains. *J Forensic Sci* 2005;50(3):618-26.
- 65- Michaud JP, Moreau G. A Statistical Approach Based on Accumulated Degree days to Predict Decomposition Related Processes in Forensic Studies. *J Forensic Sci* 2011;56(1):229- 32. doi: 10.1111/j.1556-4029.2010.01559.x
- 66- Maclaughlin- Black M.S. et al, Strontium-90 As An Indicator of Time Since Death: A Pilot Investigation, *Forensic Science International*, Volume 57, Issue 1, November 1992, Pages 51-56, doi.org/10.1016/0379-0738(92)90045-x,
- 67- Schrag B. et al, Dating human skeletal remains using ⁹⁰Sr and ²¹⁰Pb: Case studies, *Forensic Science International* 234 (2014) 190.e1–190.e6, doi.org/10.1016/j.forsciint.2013.10.038,
- 68- Sterzik V. et al, Estimating The Postmortem Interval Skeletal Remains, *Int J Legal Med* (2016) 130:1557–1566, DOI 10.1007/s00414-016-1395-3,

- 69- Neis P. et al, Strontium90 for Determination of Time Since Death, Forensic Science International99 (1999) 47–51.
- 70- Schrag B. et al, Dating Human Skeletal Remains Using A Radiometric Method: Biogenic Versus Diagenetic ^{90}Sr and ^{210}Pb In Vertebrae, Forensic Science International 220 (2012) 271–278, doi:10.1016/j.forsciint.2012.03.014,
- 71- Schwarcz H.P. et al, A New Method for Determination of Postmortem Interval: Citrate Content of Bone, Forensic Sci, November 2010, Vol. 55, No. 6, doi: 10.1111/j.1556-4029.2010.01511,
- 72- Erdoğan B., Tanındı O., Uygun D., Türkiye Arkeolojik Yerleşmeleri, ^{14}C Veri Tabanı, Ege Yayınları, Takım ISBN 975-807-003-7, Cilt ISBN: 975-807-075-4 İstanbul, 2004,
- 73- 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(3):535–538.
- 74- Ramsthaler F, Ebach SC, Birngruber CG, Verhoff MA. Postmortem interval of skeletal remains through the detection of intra osseal hemin traces. A comparison of UV-fluorescence, luminol, Hexagon-OBTI®, and Combur® tests. Forensic Sci Int 2011;209(1-3):59-63,
- 75- N.Ambiga and al. Analysis of Elements and Foods for the Human Body and Avoiding the Unnecessary Diseases using Big Data and Artificial Intelligence (Food Advisor), IOSR Journal of Computer Engineering, Volume 19, Issue 3, Ver. II (May.-June. 2017), PP 57-67,
- 76- Uthman Ed, Elemental Composition of the Human Body, <http://www.foxitsoftware.com>
- 77- Falah S. Al-Fartusie, Saja N. Mohssan, Essential Trace Elements and Their Vital Roles in Human Body, Indian Journal of Advances in Chemical Science, 10.22607/IJACS.2017.503003
- 78- Margarita G. Skalnaya, Anatoly V. Skalny, Essential Trace Elements In Human Health: A Physician's View, Publishing House of Tomsk State University 2018,
- 79- Prinessa Chellan and Peter J. Sadler, The elements of life and Medicines, R. Soc. A 373: 20140182383.
- 80- Ingenbleek Y, Kimura H. 2013 Nutritional essentiality of sulfur in health and disease. Nutr. Rev. 71, 413–432.

- 81- Toyoshima C, Nakasako M, Nomura H, Ogawa H. 2000 Crystal structure of the calcium pump of sarcoplasmic reticulum at 2.6 Å resolution. *Nature* 405, 647–655.
- 82- Brini M, Calì T, Ottolini D, Carafoli E. 2013 The plasma membrane calcium pump in health and disease. *FEBS J.* 280, 5385–5397.
- 83- Panavala Lakna, What is the Function of Hemoglobin in the Human Body, <https://www.researchgate.net/publication/313841668>,
- 84- Zümrüt Uysal Demir metabolizmasında, Demir Eksikliğinde ve Demir Fazlalığında Yenilikler, Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Mecmuası, 1999 52/3,
- 85- Çetin S. Erken Dönem Kırık İyileşme Bulgularının Postmortem İntervalde Mikroskopik Olarak Tespit Edilebilirliği Ve Vitalite Açısından Değerlendirilmesi, Bursa 2013 Uzmanlık Tezi,
- 86- Paulis M. G. ve Dalia M. A. Antemortem, Perimortem and Postmortem Bone Fracture: Could Histopathology Differentiate Between, *Egypt J. Forensic Sci. Appli. Toxicol.* Vol 18 (3), September 2018
- 87- Cappella, A ve ark. The Difficult Task Of Assessing Perimortem And Postmortem Fractures On The Skeleton: A Blind Text On 210 Fractures Of Known Origin. *Journal Of Forensic Sciences*, 2014, 59: 1598-1601,
- 88- E Cunha ve Pinheiro, Bone Pathology and Antemortem Trauma, *Encyclopedia of Forensic Sciences*, Second Edition <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-382165-2.00014-3>,
- 89- Dettmeyer RB. Vitality, Injury Age, Determination Of Skin Wound Age, And Fracture Age. In: *Forensic Histopathology: Fundamentals And Perspectives*, 2nd Ed. Springer International Publishing AG, Switzerland 2018;241-264.,
- 90- Schenk RK. 2003. Biology of fracture repair. In: Browner BD, Jupiter JB, Levine AM, Trafton PG, eds. *Skeletal trauma: Basic science, management, and reconstruction*. Philadelphia: Saunders. P29-73.
- 91- Nordby JJ. 2002. Is forensic taphonomy scientific? In: Haglund WD and Sorg MH, eds. *Advances in Forensic Taphonomy: Method, Theory, and Archaeological Approaches*. Boca Raton: CRC Press. P31-42.

- 92- Scheirs, S, New Insights In The Analysis Of Blunt Force Trauma In Human Bones. Preliminary Results. *International Journal Of Legal Medicine*, 131: 867-875.
- 93- Psihogios JP. 1995. Fracture patterns of human cadaver long bones. University of Tennessee Honors Thesis. Knoxville, TN.
- 94- Ruder T. D. Differentiation of ante-mortem and post-mortem fractures with MRI: a case report *The British Journal of Radiology*, 84 (2011), e75–e78,
- 95- Buck U, Christe A, Naether S, Ross S, Thali MJ. Virtopsy, non invasive detection of occult bone lesions in postmortem MRI: additional information for traffic accident reconstruction. *Int J Legal Med* 2009;123:221–6.
- 96- Holley S., Macroscopical Estimation of The Post Mortem Interval (PMI) and Exclusion of The Forensically Relevant Resting Period-A Comparison of Data Presented in The Literature With Recent Osteological Findings, *Arch Kriminol*. 2008 May-Jun;221(5-6):175-84,
- 97- William J. Watson, DNA Degradation as an Indicator of Post-Mortem Interval, *Doktora Tezi*, University Of North Texas, August 2010,
- 98- M.J. Prieto-Castello ve ark. Application of biochemical and X-ray diffraction analyses to establish the postmortem interval, *Forensic Science International* 172 (2007) 112–118,
- 99- M. Castellano, M.D. Rodrigo, E. Villanueva, A. Luna, Evolution de la composition minerale de l'os avec le vieillissement. L'application a la data des restes osseux, *Acta Med. Leg. Soc.* 27 (1976) 21–23,
- 100- Maurer A.F ve ark. Bone diagenesis in arid environments: An intra-skeletal approach, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 416 (2014) 17–29,
- 101- Trueman, C.N., Tuross, N., 2002. Trace elements in recent and fossil bone apatite. In: Kohn, M.J., Rakovan, J., Hugues, K.M. (Eds.), *Phosphates: Geochemical, geobiological and materials importance*. Mineralogical Society of America. 48, pp. 489–521,

- 102-** Kendall C. ve ark, Diagenesis of archaeological bone and tooth, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology Volume 491, 1 February 2018, Pages 21-37,
- 103-** SEVDİN Ebru Emre, Farklı Arkeolojik Kemik Türlerinde Element Birikiminin Belirlenmesi: Tepecik-Çiftlik Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2017,
- 104-** Chamberlain, A.T., "Earthly Remains: The History and Science of Preserved Human Bodies." London: British Museum Press(2001).
- 105-** Pate, F. D. (1994). "Bone Chemistry and Paleodiet". Journal of Archaeological Method and Theory, Vol 1, No. 2; 161-209.
- 106-** Lambert, J. B., "Chemical Analysis of Excavated Human Bone From Middle and Late Woodland Sites." Archaeometry 1979 21, 2; 115-129. Printed in Great Britain.
- 107-** Walden S.C ve ark. An Analysis of Systematic Elemental Changes in Decomposing Bone, J Forensic Sci, January 2018, Vol. 63, No. 1,
- 108-** Underwood, E.J. Trace Elements in Human and Animal Nutrition."Academic Press. 1977,
- 109-** Schwarz K. Selenium as an Integral Part Of Factor 3 Against Dietary Necrotic Liver Degeneration, Am. Chem. Soc. 1957, 79, 12, 3292–3293