

142583

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ ENERJİ ENSTİTÜSÜ

**ÇİFT ENERJİLİ X-IŞINI ABSORBSİYOMETRİSİ
TEKNİĞİ KALİTE KONTROL ÖLÇÜMLERİNE
İLİŞKİN DEĞERLENDİRME**

142583

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fiz. Lis. Elif KAYHAN

304991177

**Anabilim Dalı: Nükleer Araştırmalar
Programı: Nükleer Enerji**

Tez Danışmanı: Prof.Dr. A. Beril TUĞRUL

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

MAYIS 2003

**ÇİFT ENERJİLİ X-IŞINI ABSORBSİYOMETRİSİ
TEKNİĞİ KALİTE KONTROL ÖLÇÜMLERİNE
İLİŞKİN DEĞERLENDİRME**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Fiz. Lis. Elif KAYHAN
(304991177)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 5 Mayıs 2003
Tezin Savunulduğu Tarih : 28 Mayıs 2003**

**Tez Danışmanı : Prof.Dr. A. Beril TUĞRUL
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Hasan SAYGIN
Doç.Dr. İnci ÇİLESİZ**

Elif Kayhan
H. Saygin
İnci Çilesiz

11.06.2003

11.06.2003

05.06.2003

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DENEYİM MERKEZİ**

MAYIS 2003

ÖNSÖZ

Bu çalışmada kemik mineral yoğunluğu (BMD) ölçümünde 'altın standart' olarak kabul edilmiş olan ve yaygın olarak kullanılan çift enerji X-ışını absorbsiyometri (DEXA) tekniğine ilişkin kalite kontrol ölçümleri yapılması hedeflenmiştir.

Yüksek Lisans eğitimim sırasında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, yol gösteren, değerli hocam Prof.Dr. A. Beril TUĞRUL'a teşekkürü bir borç bilirim.

Bu Yüksek Lisans Tezinin deneysel çalışmalarının yapılabilmesine olanak sağlayan Alman Hastanesi sahibi Dr. Azmi OFLUOĞLU'na, deneysel çalışmalar sırasında medikal alanda yardımlarından faydalandığım Alman Hastanesi Nükleer Tıp doktorları Dr. Onur DEMİRKOL ve Dr. Sedat OFLUOĞLU'na, ölçüm analizlerinde yardımlarını esirgemeyen teknisyen arkadaşlarım Hilmi ve Hülya'ya, her türlü bilimsel ve teknik konuda bilgi ve yardımlarından faydalandığım Bestaş Grup da mühendis Bülent SONGÜL ve medikal serviste Oral TUNÇARSLAN'a ve yardımlarından dolayı İ.T.Ü.'de görevli mühendis Mehmet GENCELİ ve Dr. Muhittin OKKA'ya teşekkür ederim.

Beni bugünlere getiren bana her konuda destek olan çok sevdiğim değerli aileme ve Yüksek Lisans çalışmamın her aşamasında, bana olumlu katkılarını esirgemeyen, teşvik eden, yol gösteren, destek olan sevgili Prof.Dr. M. Baki TOKSAL'a içtenlikle minnetlerimi sunarım.

Mayıs 2003

Elif KAYHAN

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	vi
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
SEMBOL LİSTESİ	xiv
ÖZET	xv
SUMMARY	xvi
1. GİRİŞ	1
1.1. Nükleer Tekniklerin gelişimi ve tıpta kullanımı	1
2. KEMİK YOĞUNLUĞU ÖLÇÜMÜ	4
2.1. Kemik Yoğunluğu Ölçümünün Önemi	5
2.2. Kemik Mineral Yoğunluğu Tayini	7
2.3. Radyasyonla Kemik Yoğunluğu Ölçüm Metodları	9
2.3.1. Toplam Vücut Nötron Aktivasyon Analizi	10
2.3.2. Tek Foton Absorbsiyometrisi	10
2.3.3. Çift Foton Absorbsiyometrisi	12
2.3.4. Kantitatif Bilgisayarlı Tomografi	12
2.3.5. Nükleer Manyetik Rezonans	14
2.3.6. Tek Enerjili X-Işını Absorbsiyometrisi	15
2.3.7. Çift Enerjili X- Işını Absorbsiyometrisi	16
3. X-IŞINLARI VE ÇİFT ENERJİLİ X-IŞINI ABSORBSİYOMETRİ TEKNİĞİ	17
3.1. X-Işınları	17
3.2. X-Işınlarının Özellikleri	21
3.3. X-Işınlarının Madde İle Etkileşimi	22
3.3.1. Fotoelektrik etki	22
3.3.2. Compton Olayı	23
3.3.3. Çift oluşumu	25
3.3.4. Coherent Saçılım	25
3.3.5. Fotodisintegrasyon	26
3.4. X-Işınlarının Zayıflaması	26
3.5. X-Işını Tüpü	28
3.6. X-Işını Tüpü Kumanda Faktörleri	30
3.7. Tıpta Kullanılan X-Işını Teknikleri	32
3.8. Çift Enerjili X-Işını Tekniğinin Gelişimi	32
3.9. Çift Enerjili X-Işını Tekniğinin Özellikleri	33
3.10. Çift Enerjili X-Işını Tekniği Cihazları	34
3.11. Çift Enerjili X-Işını Absorbsiyometri Tekniği Cihazları	35

4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	38
4.1. Deneylerde Kullanılan Fantomun Tanıtımı	38
4.2. Deneylerde Kullanılan Cihaz Ve Elemanlar	41
4.2.1. Lunar DPX-L Çift Enerjili X-Işını Cihazıarşik veri yapısı	42
4.2.2. Bilgisayar Ve Monitör	43
4.2.3. Bilgisayar Yazılımı	44
4.2.4. Yazıcı	45
4.2.5. Kap	46
4.3. Deney Düzenegi	47
4.4. Deney Parametrelerinin Tanıtımı	48
4.5. Deneylerin Yapılışı	50
5. DENEY SONUÇLARI	52
5.1. Çift Enerjili X-Işını Absorbsiyometri (DEXA) Kalite Kontrol Ölçümleme Deneylerinin Sonuçları	52
5.1.1. Sabit Gerilim ve Farklı Akımda Yapılan Deneylerin Sonuçları	52
5.1.1.1. 72 kV ve Farklı Akımda Yapılan Deneylerin Sonuçları	52
5.1.1.2. 76 kV ve Farklı Akımda Yapılan Deneylerin Sonuçları	55
5.1.1.3. 80 kV ve Farklı Akımda Yapılan Deneylerin Sonuçları	59
5.1.2. Sabit Akım ve Farklı Gerilimlerde Yapılan Deneylerin Sonuçları	63
5.1.2.1. 500 μ A ve Farklı Gerilimlerde Yapılan Deneylerin Sonuçları	63
5.1.2.2. 750 μ A ve Farklı Gerilimlerde Yapılan Deneylerin Sonuçları	66
5.1.2.3. 1000 μ A ve Farklı Gerilimlerde Yapılan Deneylerin Sonuçları	69
5.1.2.4. 1500 μ A ve Farklı Gerilimlerde Yapılan Deneylerin Sonuçları	72
5.1.2.5. 2000 μ A ve Farklı Gerilimlerde Yapılan Deneylerin Sonuçları	75
5.1.2.6. 2500 μ A ve Farklı Gerilimlerde Yapılan Deneylerin Sonuçları	78
5.1.2.7. 3000 μ A ve Farklı Gerilimlerde Yapılan Deneylerin Sonuçları	81
5.1.3. Çift Enerjili X-Işını Absorbsiyometri (DEXA) Kalite Kontrol Ölçümleme Deneyleri Sonuçlarının Mukayeseli Değerlendirmesi	85
5.1.3.1. Farklı Gerilimde Yapılan Deneylerin Sonuçlarının Mukayesesi	85
5.1.3.2. Farklı Akımda Yapılan Deneylerin Sonuçlarının Mukayesesi	87
5.1.3.3. Farklı Lomber Vertebralar İçin Yapılan Deneylerin Sonuçlarının Mukayesesi	89
5.1.3.4. Farklı Lomber Vertebralar İçin Sabit Akım Farklı Gerilimde Yapılan Deneylerin Sonuçlarının Mukayesesi	91
5.1.3.4.1. 500 μ A'de Farklı Lomber Vertebralar İçin Yapılan Deneylerin Sonuçlarının Mukayesesi	91
5.1.3.4.2. 750 μ A'de Farklı Lomber Vertebralar İçin Yapılan Deneylerin Sonuçlarının Mukayesesi	92
5.1.3.4.3. 1000 μ A'de Farklı Lomber Vertebralar İçin Yapılan Deneylerin Sonuçlarının Mukayesesi	92
5.1.3.4.4. 1500 μ A'de Farklı Lomber Vertebralar İçin Yapılan Deneylerin Sonuçlarının Mukayesesi	93
5.1.3.4.5. 2000 μ A'de Farklı Lomber Vertebralar İçin Yapılan Deneylerin Sonuçlarının Mukayesesi	94
5.1.3.4.6. 2500 μ A'de Farklı Lomber Vertebralar İçin Yapılan Deneylerin Sonuçlarının Mukayesesi	94

5.1.3.4.7. 3000 μ A’de Farklı Lomber Vertebraalar İçin Yapılan Deneylerin Sonuçlarının Mukayesesi	95
5.2. Kemik Yoğunluğu Tayini Deneylerinin Sonuçları	96
5.2.1. Kemik Yoğunluğu Tayinine İlişkin Alınan T-Skor ve Z-Skor Sonuçları	96
5.2.2. Kemik Yoğunluğu Tayinine İlişkin Alınan Görüntüler	99
6. SONUÇ VE TARTIŞMA	100
KAYNAKLAR	104
EK A	106
EK B	148
ÖZGEÇMİŞ	150



KISALTMALAR

AC	: Alternatif Akım
BMD	: Bone Mineral Density
CT	: Bilgisayarlı Tomografi
DEXA	: Dual Energy X-Ray Absorptiometry
DPA	: Dual Photon Absorptiometry
DPX-L	: Dual Photon X-Ray Absorptiometry Lunar
L2	: Lomber Vertebra 2
L3	: Lomber Vertebra 3
NMRI	: Nuclear Magnetic Rezonance Imaging
PET	: Positron Emission Tomography
QCT	: Quantitative Computed Tomography
RAM	: Radom Access Memory
RF	: Radyofrekans
SD	: Standart Sapma
SPA	: Single Photon Absorptiometry
SPECT	: Single Photon Emission Computed Tomography
SXA	: Single Energy X-Ray Absorptiometry
WHO	: World Health Organization

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. T-skor ile Osteoporoz Değerlendirmesi.	8
Tablo 4.1. Kullanılan Fantomun Özellikleri.....	39
Tablo 4.2. Bilgisayar Özellikleri	43
Tablo 4.3. Bilgisayar Yazılımı	44
Tablo 4.4. Çalışma Parametreleri.....	49
Tablo 5.1. 72 kV ve Farklı Akımlarda L2 Lomber Vertebraı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Alınan Düşük Pik, Yüksek Pik Sayım Değerleri	52
Tablo 5.2. 72 kV ve Farklı Akımda L3 Lomber Vertebraı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Alınan Düşük Pik, Yüksek Pik Sayım Değerleri ve Bu Piklerin Oranları.....	53
Tablo 5.3. 76 kV ve Farklı Akımlarda L2 Lomber Vertebraı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Alınan Düşük Pik, Yüksek Pik Sayım Değerleri	55
Tablo 5.4. 76 kV ve Farklı Akımda L3 Lomber Vertebraı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Alınan Düşük Pik, Yüksek Pik Sayım Değerleri ve Bu Piklerin Oranları.....	57
Tablo 5.5. 80 kV ve Farklı Akımlarda L2 Lomber Vertebraı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Alınan Düşük Pik, Yüksek Pik Sayım Değerleri	59
Tablo 5.6 80 kV ve Farklı Akımda L3 Lomber Vertebraı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Alınan Düşük Pik, Yüksek Pik Sayım Değerleri ve Bu Piklerin Oranları.....	61
Tablo 5.7 500 μ A ve Farklı gerilimlerde L2 Lomber Vertebraı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Alınan Düşük Pik, Yüksek Pik Sayım Değerleri.....	63
Tablo 5.8 500 μ A ve Farklı gerilimlerde L3 Lomber Vertebraı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Alınan Düşük Pik, Yüksek Pik Sayım Değerleri.....	65
Tablo 5.9 750 μ A ve Farklı gerilimlerde L2 Lomber Vertebraı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Alınan Düşük Pik, Yüksek Pik Sayım Değerleri	66
Tablo 5.10 750 μ A ve Farklı gerilimlerde L3 Lomber Vertebraı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Alınan Düşük Pik, Yüksek Pik Sayım Değerleri.....	68
Tablo 5.11 1000 μ A ve Farklı gerilimlerde L2 Lomber Vertebraı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Alınan Düşük Pik, Yüksek Pik Sayım Değerleri	69

Tablo 5.12	1000 μ A ve Farklı gerilimlerde L3 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Alınan Düşük Pik, Yüksek Pik Sayım Değerleri.....	71
Tablo 5.13	1500 μ A ve Farklı gerilimlerde L2 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Alınan Düşük Pik, Yüksek Pik Sayım Değerleri.....	72
Tablo 5.14	1500 μ A ve Farklı gerilimlerde L3 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Alınan Düşük Pik, Yüksek Pik Sayım Değerleri.....	74
Tablo 5.15	2000 μ A ve Farklı gerilimlerde L2 vertebra Lomberi İçin Yapılan Deneylere İlişkin Alınan Düşük Pik, Yüksek Pik Sayım Değerleri	75
Tablo 5.16	2000 μ A ve Farklı gerilimlerde L3 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Alınan Düşük Pik, Yüksek Pik Sayım Değerleri	77
Tablo 5.17	2500 μ A ve Farklı gerilimlerde L2 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Alınan Düşük Pik, Yüksek Pik Sayım Değerleri.....	78
Tablo 5.18	2500 μ A ve Farklı gerilimlerde L3 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Alınan Düşük Pik, Yüksek Pik Sayım Değerleri.....	80
Tablo 5.19	3000 μ A ve Farklı gerilimlerde L2 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Alınan Düşük Pik, Yüksek Pik Sayım Değerleri	81
Tablo 5.20	3000 μ A ve Farklı gerilimlerde L3 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Alınan Düşük Pik, Yüksek Pik Sayım Değerleri	83
Tablo 5.21	Hasta İle Çalışma Parametreleri.....	96
Tablo 5.22	Hasta İle Çalışma Sonucunda 76 kV 750 μ A'de Tayin Edilen T-Skor ve Z-Skor Değerleri.....	97
Tablo 5.23	Hasta İle Çalışma Sonucunda 76 kV 3000 μ A'de Tayin Edilen T-Skor ve Z-Skor Değerleri	97

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : İnsan İskeletinde Lomber Vertebralar ve Femur Boynu.....	6
Şekil 2.2 : Lunar SP2 İle Önkol Ölçümü.....	11
Şekil 2.3 : Kantitatif Bilgisayarlı Tomografi Cihazı (QCT).....	13
Şekil 2.4 : Nükleer Manyetik Rezonans Görüntüleme Cihazı.....	15
Şekil 2.5 : Tek Enerji X-Işını Absorbsiyometrisi Cihazı (SXA).....	16
Şekil 3.1 : Elektromanyetik Spektrum.....	17
Şekil 3.2 : Karakteristik X-ışınları Oluşum Mekanizması.....	19
Şekil 3.3 : Karakteristik X-ışınlarının Enerji Spektrumu.....	20
Şekil 3.4 : Frenleme Tipi X-ışınlarının Spektrumu.....	20
Şekil 3.5 : Ters Kare Kanunu Parametreleri.....	22
Şekil 3.6 : Fotoelektrik Olay.....	23
Şekil 3.7 : Compton Olayı.....	24
Şekil 3.8 : Çift Oluşumu.....	25
Şekil 3.9 : X-Işını Tüpü.....	29
Şekil 3.10 : X-Işını Tüpünden Elde Edilen X-Işını Spektrumu.....	29
Şekil 3.11 : Akımın Değişiminin X-Işını Spektrumuna Etkisi.....	30
Şekil 3.12 : Gerilimin Değişiminin X-Işını Spektrumuna Etkisi.....	31
Şekil 3.13 : Çift Enerjili X-ışını Absorbsiyometrisi (DEXA) Tekniğinin Şematik Gösterimi.....	33
Şekil 3.14 : Çift Enerjili X-ışını Absorbsiyometrisi (DEXA) Cihazı.....	35
Şekil 4.1 : Çalışılan Lomber Vertebraların İnsandaki Yeri.....	39
Şekil 4.2 : Deneylerde Kullanılan Fantomun Şematik Çizimi.....	40
Şekil 4.3 : Deneylerde Kullanılan Fantom.....	40
Şekil 4.4 : Deneylerde Kullanılan Fantomun Lomber Vertebrasının Yakın Görüntüsü.....	41
Şekil 4.5 : Çalışmada Kullanılan Lunar DPX-L Çift Enerjili X-Işını Absorbsiyometri Cihazı.....	42
Şekil 4.6 : Bilgisayar ve Monitörü.....	43
Şekil 4.7 : Deneylerde Kullanılan Kap.....	46
Şekil 4.8 : Doku Similasyonu ile Birlikte Kap İçine Fantom Yerleştirilmiş Hal.....	46
Şekil 4.9 : Şematik Deney Düzenekği.....	47
Şekil 4.10 : Deney Geometrisi.....	48
Şekil 5.1 : 72 kV ve Farklı Akımlarda L2 Lomber Vertebra İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Sayım Değerlerine Göre Çizilen Grafikler.....	52
Şekil 5.2 : 72 kV ve Farklı Akımlarda L2 Lomber Vertebra İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Oranına Göre Çizilen Grafik.....	53

Şekil 5.3	: 72 kV ve Farklı Akımlarda L3 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Sayım Değerlerine Göre Çizilen Grafikler.....	54
Şekil 5.4	: 72 kV ve Farklı Akımlarda L3 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Oranına Göre Çizilen Grafik.....	54
Şekil 5.5	: 76 kV ve Farklı Akımlarda L2 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Sayım Değerlerine Göre Çizilen Grafikler	56
Şekil 5.6	: 76 kV ve Farklı Akımlarda L2 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Oranına Göre Çizilen Grafik.....	56
Şekil 5.7	: 76 kV ve Farklı Akımlarda L3 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Sayım Değerlerine Göre Çizilen Grafikler.....	58
Şekil 5.8	: 76 kV ve Farklı Akımlarda L3 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Oranına Göre Çizilen Grafik.....	58
Şekil 5.9	: 80 kV ve Farklı Akımlarda L2 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Sayım Değerlerine Göre Çizilen Grafikler.....	60
Şekil 5.10	: 80 kV ve Farklı Akımlarda L2 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Oranına Göre Çizilen Grafik.....	60
Şekil 5.11	: 80 kV ve Farklı Akımlarda L3 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Sayım Değerlerine Göre Çizilen Grafikler.....	62
Şekil 5.12	: 80 kV ve Farklı Akımlarda L3 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Oranına Göre Çizilen Grafik.....	62
Şekil 5.13	: 500 μ A ve Farklı Gerilimlerde L2 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Sayım Değerlerine Göre Çizilen Grafikler.....	64
Şekil 5.14	: 500 μ A ve Farklı Gerilimlerde L2 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Oranına Göre Çizilen Grafik.....	64
Şekil 5.15	: 500 μ A ve Farklı Gerilimlerde L3 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Sayım Değerlerine Göre Çizilen Grafikler.....	65
Şekil 5.16	: 500 μ A ve Farklı Gerilimlerde L3 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Oranına Göre Çizilen Grafik.....	66
Şekil 5.17	: 750 μ A ve Farklı Gerilimlerde L2 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Sayım Değerlerine Göre Çizilen Grafikler.....	67

Şekil 5.18	: 750 μ A ve Farklı Gerilimlerde L2 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Oranına Göre Çizilen Grafik.....	67
Şekil 5.19	: 750 μ A ve Farklı Gerilimlerde L3 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Sayım Değerlerine Göre Çizilen Grafikler.....	68
Şekil 5.20	: 750 μ A ve Farklı Gerilimlerde L3 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Oranına Göre Çizilen Grafik.....	69
Şekil 5.21	: 1000 μ A ve Farklı Gerilimlerde L2 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Sayım Değerlerine Göre Çizilen Grafikleri.....	70
Şekil 5.22	: 1000 μ A ve Farklı Gerilimlerde L2 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Oranına Göre Çizilen Grafik.....	70
Şekil 5.23	: 1000 μ A ve Farklı Gerilimlerde L3 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Sayım Değerlerine Göre Çizilen Grafikler.....	71
Şekil 5.24	: 1000 μ A ve Farklı Gerilimlerde L3 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Oranına Göre Çizilen Grafik	72
Şekil 5.25	: 1500 μ A ve Farklı Gerilimlerde L2 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Sayım Değerlerine Göre Çizilen Grafikler.....	73
Şekil 5.26	: 1500 μ A ve Farklı Gerilimlerde L2 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Oranına Göre Çizilen Grafik.....	73
Şekil 5.27	: 1500 μ A ve Farklı Gerilimlerde L3 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Sayım Değerlerine Göre Çizilen Grafikler.....	74
Şekil 5.28	: 1500 μ A ve Farklı Gerilimlerde L3 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Oranına Göre Çizilen Grafik.....	75
Şekil 5.29	: 2000 μ A ve Farklı Gerilimlerde L2 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Sayım Değerlerine Göre Çizilen Grafikler.....	76
Şekil 5.30	: 2000 μ A ve Farklı Gerilimlerde L2 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Oranına Göre Çizilen Grafik.....	76
Şekil 5.31	: 2000 μ A ve Farklı Gerilimlerde L3 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Sayım Değerlerine Göre Çizilen Grafikler.....	77
Şekil 5.32	: 2000 μ A ve Farklı Gerilimlerde L3 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Oranına Göre Çizilen Grafik.....	78

Şekil 5.33	: 2500 μ A ve Farklı Gerilimlerde L2 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Sayım Değerlerine Göre Çizilen Grafikler.....	79
Şekil 5.34	: 2500 μ A ve Farklı Gerilimlerde L2 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Oranına Göre Çizilen Grafik.....	79
Şekil 5.35	: 2500 μ A ve Farklı Gerilimlerde L3 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Sayım Değerlerine Göre Çizilen Grafikler.....	80
Şekil 5.36	: 2500 μ A ve Farklı Gerilimlerde L3 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Oranına Göre Çizilen Grafik.....	81
Şekil 5.37	: 3000 μ A ve Farklı Gerilimlerde L2 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Sayım Değerlerine Göre Çizilen Grafikler.....	82
Şekil 5.38	: 3000 μ A ve Farklı Gerilimlerde L2 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Oranına Göre Çizilen Grafik.....	82
Şekil 5.39	: 3000 μ A ve Farklı Gerilimlerde L3 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Sayım Değerlerine Göre Çizilen Grafikler.....	83
Şekil 5.40	: 3000 μ A ve Farklı Gerilimlerde L3 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Oranına Göre Çizilen Grafik.....	84
Şekil 5.41	: Farklı Gerilimde Çalışılan Akımlar İçin L2 Lomber Vertebraşına İlişkin DEXA Düşük Pik Sonuçlarının Mukayeseli Grafikleri.....	85
Şekil 5.42	: Farklı Gerilimde Çalışılan Akımlar İçin L2 Lomber Vertebraşına İlişkin DEXA Yüksek Pik Sonuçlarının Mukayeseli Grafikleri.....	86
Şekil 5.43	: Farklı Gerilimde Çalışılan Akımlar İçin L3 Lomber Vertebraşına İlişkin DEXA Düşük Pik Sonuçlarının Mukayeseli Grafikleri.....	86
Şekil 5.44	: Farklı Gerilimde Çalışılan Akımlar İçin L3 Lomber Vertebraşına İlişkin DEXA Yüksek Pik Sonuçlarının Mukayeseli Grafikleri.....	87
Şekil 5.45	: Farklı Akımda Çalışılan Gerilim İçin L2 Lomber Vertebraşına İlişkin DEXA Düşük Pik Sonuçlarının Mukayeseli Grafikleri.....	87
Şekil 5.46	: Farklı Akımda Çalışılan Gerilim İçin L2 Lomber Vertebraşına İlişkin DEXA Yüksek Pik Sonuçlarının Mukayeseli Grafikleri.....	88
Şekil 5.47	: Farklı Akımda Çalışılan Gerilimler İçin L3 Lomber Vertebraşına İlişkin DEXA Düşük Pik Sonuçlarının Mukayeseli Grafikleri.....	88

Şekil 5.48 : Farklı Akımda Çalışılan Gerilim İçin L3 Lomber Vertebrasına İlişkin DEXA Yüksek Pik Sonuçlarının Mukayeseli Grafikleri.....	89
Şekil 5.49 : 72 kV Gerilimde Çalışılan Akımlar İçin L2 ve L3 Lomber Vertebralarına İlişkin DEXA Düşük ve Yüksek Pik Sonuçlarının Mukayeseli Grafikleri.....	89
Şekil 5.50 : 76 kV Gerilimde Çalışılan Akımlar İçin L2 ve L3 Lomber Vertebralarına İlişkin DEXA Düşük ve Yüksek Pik Sonuçlarının Mukayeseli Grafikleri.....	90
Şekil 5.51 : 80 kV Gerilimde Çalışılan Akımlar İçin L2 ve L3 Lomber Vertebralarına İlişkin DEXA Düşük ve Yüksek Pik Sonuçlarının Mukayeseli Grafikleri.....	90
Şekil 5.52 : 500 μ A Akımda Çalışılan Gerilimler İçin L2 ve L3 Lomber Vertebralarına İlişkin DEXA Düşük ve Yüksek Pik Sonuçlarının Mukayeseli Grafikleri.....	91
Şekil 5.53 : 750 μ A Akımda Çalışılan Gerilimler İçin L2 ve L3 Lomber Vertebralarına İlişkin DEXA Düşük ve Yüksek Pik Sonuçlarının Mukayeseli Grafikleri.....	92
Şekil 5.54 : 1000 μ A Akımda Çalışılan Gerilimler İçin L2 ve L3 Lomber Vertebralarına İlişkin DEXA Düşük ve Yüksek Pik Sonuçlarının Mukayeseli Grafikleri.....	92
Şekil 5.55 : 1500 μ A Akımda Çalışılan Gerilimler İçin L2 ve L3 Lomber Vertebralarına İlişkin DEXA Düşük ve Yüksek Pik Sonuçlarının Mukayeseli Grafikleri.....	93
Şekil 5.56 : 2000 μ A Akımda Çalışılan Gerilimler İçin L2 ve L3 Lomber Vertebralarına İlişkin DEXA Düşük ve Yüksek Pik Sonuçlarının Mukayeseli Grafikleri.....	94
Şekil 5.57 : 2500 μ A Akımda Çalışılan Gerilimler İçin L2 ve L3 Lomber Vertebralarına İlişkin DEXA Düşük ve Yüksek Pik Sonuçlarının Mukayeseli Grafikleri.....	95
Şekil 5.58 : 3000 μ A Akımda Çalışılan Gerilimler İçin L2 ve L3 Lomber Vertebralarına İlişkin DEXA Düşük ve Yüksek Pik Sonuçlarının Mukayeseli Grafikleri.....	95
Şekil 5.59 : Hasta İle Çalışma Sonucunda 76 kV 750 μ A'de Tayin Edilen T-Skor ve BMD Grafikleri	96
Şekil 5.60 : Hasta İle Çalışma Sonucunda 76 kV 3000 μ A'de Tayin Edilen T-Skor ve BMD Grafikleri.....	98
Şekil 5.61 : Hasta İle Çalışma Sonucunda 76 kV 750 μ A'de Lomber Vertebralara İlişkin Alınan Görüntü	99
Şekil 5.62 : Hasta İle Çalışma Sonucunda 76 kV 3000 μ A'de Lomber Vertebralara İlişkin Alınan Görüntü.....	99

SEMBOL LİSTESİ

E	: Foton Enerjisi
h	: Plank sabiti
ν	: Frekans
λ	: Dalga boyu
c	: Işık Hızı
I_1	: 1 Noktasındaki Radyasyon Şiddeti
I_2	: 2 Noktasındaki Radyasyon Şiddeti
d_1	: 1 Noktasının Radyasyon Kaynağına Uzaklığı
d_2	: 2 Noktasının Radyasyon Kaynağına Uzaklığı
E_k	: Elektronun Kinetik Enerjisi
E_b	: Elektronun Bağlanma Enerjisi
$\Delta\lambda$	: Saçılan Fotonun Dalga Boyunda Meydana Gelen Değişim
λ'	: Gelen fotonun dalga boyu
λ''	: Saçılan Fotonun Dalga Boyu
ϕ	: Fotonun saçılma açısı
I_0	: X-ışınlarının Başlangıçtaki Şiddeti
I	: X-ışınlarının Madde İçinden Geçtikten Sonraki Şiddeti
μ	: Lineer Zayıflatma Katsayısı
x	: Madde Kalınlığı
μ_k	: Kütle Zayıflatma Katsayısı
ρ	: Madde Yoğunluğu
μ_i	: Bileşenlerin Zayıflatma Katsayısı
r_i	: Bileşenlerin Toplam İçindeki Oranı
ω	: Coherent Saçılım
τ	: Fotoelektrik Etkileşim
σ	: Compton Olayı
κ	: Çift Oluşumu
π	: Fotodisintegrasyon

ÇİFT ENERJİLİ X-IŞINI ABSORBSİYOMETRİSİ TEKNİĞİ KALİTE KONTROL ÖLÇÜMLERİNE İLİŞKİN DEĞERLENDİRME

ÖZET

Nükleer teknikler, bir çok alanda olduğu gibi tıp alanında da başarı ile uygulanmaktadır. Tıp alanında diagnostik görüntüleme, hastalığın doğru teşhisi bağlamında önemli bir bölüm olarak bulunmaktadır. Teknolojinin hızlı gelişimi ile görüntüleme teknikleri oldukça gelişmiş ve insan sağlığına ilişkin uygulamalarda güvenle kullanılır hale gelmiştir.

X-ışınlarının keşfi ve fizik prensiplerinin klinik tıba yansıtılması ile diagnostik görüntüleme gelişmiştir. Son yıllarda sıkça karşılaştığımız, kemik erimesi hastalığının teşhisinde, bir nükleer teknik olan, çift enerjili X-ışını absorbsiyometri tekniği yaygın olarak kullanılmaktadır.

İnsan üzerinde deney yapmanın zorluğu nedeni ile çoğu kez fantomla çalışma tercih edilmektedir. Bu çalışmada, alüminyum bir fantom kullanılarak deney yapılması hedeflenmiştir. Bunun için, çift enerjili X-ışını absorbsiyometrisi (DEXA) sisteminin kalite kontrol test fantomu tercih edilmiştir. Fantom, standartandardize lomber vertebra fantomudur.

Deneylerde, kemik mineral yoğunluğu ölçümünde altın standart olarak kabul edilen çift enerjili X-ışını absorbsiyometri (DEXA) cihazı kullanılmıştır. Yapılan deney çekimlerinde, önemli iki parametre, gerilim (kV) ve akım (mA) değiştirilmek sureti ile alınan sayım sonuçlarına etkisi incelenmiştir.

Alınan deneysel değerler kullanılarak birbiri ile mukayeseli olarak grafikler çizilmiş ve mukayeseli olarak incelenerek değerlendirilmiştir. Böylelikle, farklı iki parametrenin tekniğe etkisi incelenebilmiş ve sonuca etkisi belirlenebilmiştir. Ayrıca, çalışılan çift enerjili X-ışını absorbsiyometrisi (DEXA) cihazının rutin kullanım gerilimi olan 76 kV şartda, çalışılabilecek iki farklı akım değeri olan 750 μ A ve 3000 μ A değerleri için hasta üzerinde çalışılmıştır. Burada da kumanda parametrelerinin etkisi özellikle görüntüde gözlenebilmiştir.

EVALUATION OF QUALITY CONTROL MEASUREMENTS FOR DUAL ENERGY X-RAY ABSORPTIOMETRY TECHNIQUE

SUMMARY

Nuclear techniques are successfully applied in the medicine in addition the other areas. Diagnostic imaging in nuclear medicine is an important part of accurate diagnosis of the diseases. Imaging techniques were developed and they used in the applications of human health by the development of technology.

Diagnostic imaging was improved by discovering X-rays and clinical applications of physics principles. Recently dual energy x-ray absorptiometry (DEXA) has been commonly used as a nuclear technique in diagnosis of osteoporosis.

Generally using a phantom is preferred for the experimental studies due to hard to study on a human body. In this study, using an aluminium phantom is aimed to the experiment. For this purpose, the quality control testing phantom of the dual energy x-ray absorptiometry (DEXA) system is preferred. Phantom is a standardised lumbar vertebra phantom.

In experiments, dual energy x-ray absorptiometry (DEXA) system ,that is accepted the gold standard in bone mineral density measurements, is used. In experiments, two important parameters, kilovoltage(kV) and amperage (mA) , are changed and the effect on experimental counting results are examined.

Using experimental values comparative graphs are drawn and this graphs are utilised comparatively. In this way, the effect of two parameters on the technique and the results are obtained. In addition, in the routine kilovoltage (76 kV) and amperage (750 μ A and 3000 μ A) that are useable on the patience are used dual energy X-ray absorptiometry system and the results are taken on one patience. This way, the effect of the control parameters are observed especially on the image.

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Kasım 1895'te Wurzburg üniversitesinde Fizikçi W. Röntgen, katot ışınları ile deneyler yaparken yeni bir radyasyon tipini keşfetmiştir. Bu yeni radyasyon, çeşitli maddelere nüfuz edebiliyordu ve fotoğraf levhalarına kayıt alınabiliyordu. Röntgen, bu yeni radyasyona X-ışınları adını vermiş ve buluşunun ilk gösterimi olarak bir el radyografisi çekebilmiştir (Robb, 1998).

Radyografi, dünyadaki bilim adamları ve halkın dikkatini önemli ölçüde çekmiştir. Röntgenin keşfi olan X-ışını, dünyaya duyurulmasından sonra, hemen bir ay içinde; çeşitli ülkelerde; Almanya, İngiltere, Fransa ve Amerika'da tıp alanında teşhis amacıyla kullanılmaya başlanmıştır (Hendee ve Ritenour, 1992).

Daha sonra, X-ışınlarının özellikleri ve uygulama alanları ile ilgili pek çok çalışma yapılmıştır. 1946 yılında, J. E. Edwards uyarımla karakteristik X-ışınlarını oluşumunu sağlamıştır. Böylece, X-ışını ile yapılan çalışmalar, bu tarihten sonra daha da gelişmiştir.

Nükleer teknolojinin hızlı gelişimi ile nükleer teknikler farklı birçok alanda kullanılır hale gelmiştir (Tuğrul, 1985). Farklı alanlardaki uygulamaların gelişimi, aynı zamanda kalite ve güvenlik faktörlerini de gündeme getirmiştir. Bu bağlamda ayrıntılı incelemeler yapılmıştır ve halen de yapılmaktadır.

Günümüzde, nükleer teknikler, tıp alanında da farklı amaçlarla başarıyla uygulanmaktadır. Tıpta teşhis ve tedavide radyasyonun uygulamasının gelişimi, X-ışınlarının biyolojik dokulara zarar verebileceği olgusunu da beraberinde getirmiştir. Tıp ve toplumda radyasyon uygulamaları için radyasyondan korunma konusunda 1920 ve 1930'larda önemli çaba gösterilmiştir. Halen de, konuya, ileri derecede önem verilmektedir (Hendee ve Ritenour, 1992).

Bu çabalar, II. Dünya savaşında Manhattan projesi olarak geliştirilen sağlık fiziği bilim dalının vücut bulmasına ve radyobiyojoloji alanının gelişimine yol açmıştır. 1940'a kadar X-ışını görüntüleme ve tıpta teşhise ilişkin bilimsel araştırmalar konusunda ilerlemeler kaydedilmiştir. Bir büyük gelişim de, görüntüleme teknikleri konusunda Coltman tarafından 1948'de sağlanmıştır. Böylelikle, X-ışını görüntüleme tekniklerinde de hayli ilerleme kaydedilmiştir (**Hendee ve Ritenour, 1992**).

1960'larda dijonostik görüntüleme, nükleer tıpta önemli gelişime neden olmuştur. Böylelikle, X-ışını görüntülemesiyle, temel bilimin sentezi bağlamında fizik prensipleri klinik tıba yansıtılmıştır (**Shung ve Diğ.,1992**).

1970'lerde, dijonostik görüntülemede, büyük bir buluş ortaya konmuştur. Bu, X-ışını kullanımıyla geliştirilen bilgisayarlı tomografi (CT)'ydi. Bilgisayarlı tomografi, gerçekte, Avusturya'lı matematikçi Radon'un çalışmasına temellendirilen bir tekniktir. Radon'un formülünün uygulaması; Cormack, Hounsfield ve diğeri tarafından bilgisayarlı tomografinin geliştirilmesi için kullanılmıştır (**Cho ve Diğ.,1993**).

Bugün bu teknoloji, X-ışınlarının keşfinden bu yana, dijonostik görüntülemede en önemli olay olarak kabul edilmektedir (**Cho ve Diğ.,1993**). Bugün bilgisayarlı tomografi (CT), orta ve daha büyük boyuttaki radyoloji departmanlarında uygulanan temel teknikler arasında yer almaktadır (**Hendee ve Ritenour, 1992**).

Radyolojide dijital devrim, tıbbın bütün alanlarında görüntüleme konusunda yeni ufuklar açmıştır. Ayrıca, bilgisayarlı tomografinin kullanılması, farklı alanlarda kalitatif ve kantitatif çalışmaları içeren nükleer tıp içinde yer alan diğeri uygulamaların gelişimini de sağlamıştır (**Shung ve Diğ.,1992**). Böylelikle, nükleer tıpta, "Tek Foton Emisyonuyla Bilgisayarlı Tomografi - Single Photon Emission Computed Tomography (SPECT)" ve "Pozitron Emisyon Tomografisi - Positron Emission Tomography (PET)" tekniklerinin gelişimi mümkün olmuştur.

Günümüzde, 50 milisaniyeden daha hızlı şekilde bilgisayarlı tomografi (CT) görüntüsü alabilen hızlı tarama cihazları üretilebilmiştir. 1980'li yıllarda yeni bir teknoloji olarak nükleer manyetik rezonans (NMR) görüntüleme tekniği de hayata geçirilmiştir (**Cho ve Diğ.,1993**).

Bu ilerlemelerle, 20. yüzyılda, teşhis ve tedavide X-ışınları uygulamaları yaygınlaşmıştır. Ayrıca, 1960'lı yılların sonlarına doğru kemik dansitometrisi ölçümleri yapılmaya başlanmıştır. Fazla olarak, teknolojinin ilerlemesi ile, amaca uygun X-ışını tüpleri geliştirilmiştir **(Hendee ve Ritenour, 1992)**.

1980'li yıllarda, şimdiki halini alan ve önemli ölçüde kabul gören “çift enerjili X-ışını absorpsiyometrisi” kullanılmaya başlanmıştır. Böylelikle, tıpta yeni bir ufuk açılmıştır. Bu teknik, günümüzde de yaygın olarak kullanılmakta olup, kemik yoğunluğu ölçümü konusunda başarı ile kullanılabilmektedir **(Cho ve Diğ.,1993)**.

Bu Yüksek Lisan tezinde, çift enerjili X-ışını absorpsiyometrisi ile kemik yoğunluğu ölçümü sisteminin kalite kontrol testi bağlamında deneysel bir çalışma yapılması amaçlanmıştır. Fazla olarak, tekniğin uygulama sınırları içinde kalarak, kullanım parametrelerinin değişiminin etkilerinin hasta üzerindeki uygulamalarla incelenmesi de hedeflenmiştir.



BÖLÜM 2

KEMİK MİNERAL YOĞUNLUĞU ÖLÇÜMÜ ve

KULLANILAN TEKNİKLER

Nükleer tıp uygulamalarındaki bir önemli amaç kemik yoğunluğunun ölçümüdür. Bu bağlamda, nükleer teknikler çerçevesinde uygulama yapılması söz konusu olmaktadır.

2.1. Kemik Yoğunluğu Ölçümünün Önemi

Kemik yoğunluğu ölçümü için kullanılan kemik dansitometre yöntemleri ve ilgili cihazları, osteoporoz (kemik erimesi) hastalığının teşhis ve tedavi takibinde, rakipsiz olarak nitelenmektedir. Burada, radyasyonla ölçüm yöntemleri önde gelen teknikler olmaktadır.

Osteoporoz; düşük kemik kütlesinin ve kemik dokusunun mikro yapısında bozulmaların varlığı ile birlikte kemik kırılabilirliğinin artması ile karakterize bir iskelet hastalığı olarak tanımlanmaktadır (Madenci ve Gürsoy, 2001). Hastalığı teşhis etmenin yanında, sekonder hastalıklar nedeniyle, tedavi olan hastanın geri kazanamayacağı kemik kaybına uğramaması için kontrol analizleri de yapılabilmesi önem taşımaktadır (Sümen ve Diğ., 2001).

Kemik Yoğunluğu Ölçümü; endokrinoloji, nöroloji, hipogonadizm tedavisinin takibi, kortizon kullanım kontrolü gibi bazı hastalıkların tedavilerinin takibinde de kullanılmaktadır (Sümen ve Diğ., 2001) Özellikle; diyabet, böbrek-dializ, romatoid artrit, damar tıkanıklığı, tiroit ve hormonal bozukluklar gibi şartlarda da yadsınamaz bir öneme sahip bulunmaktadır (Kutsal ve diğ., 2002).

Osteopoz, dünyada her üç kadından birini ve her sekiz erkekten birini etkileyen bir hastalık durumundadır (Hürriyet, 2001). Kişilerde herhangi bir sebeple kemik kaybı başladığında, ağrı yada kırık problemi olmadan önce, hissedilen önemli bir araz olmadığından, bu sorunlarını ifade edememektedirler. Bu nedenle, kemik yoğunluğu ölçümü ile erken teşhisin önemi büyüktür

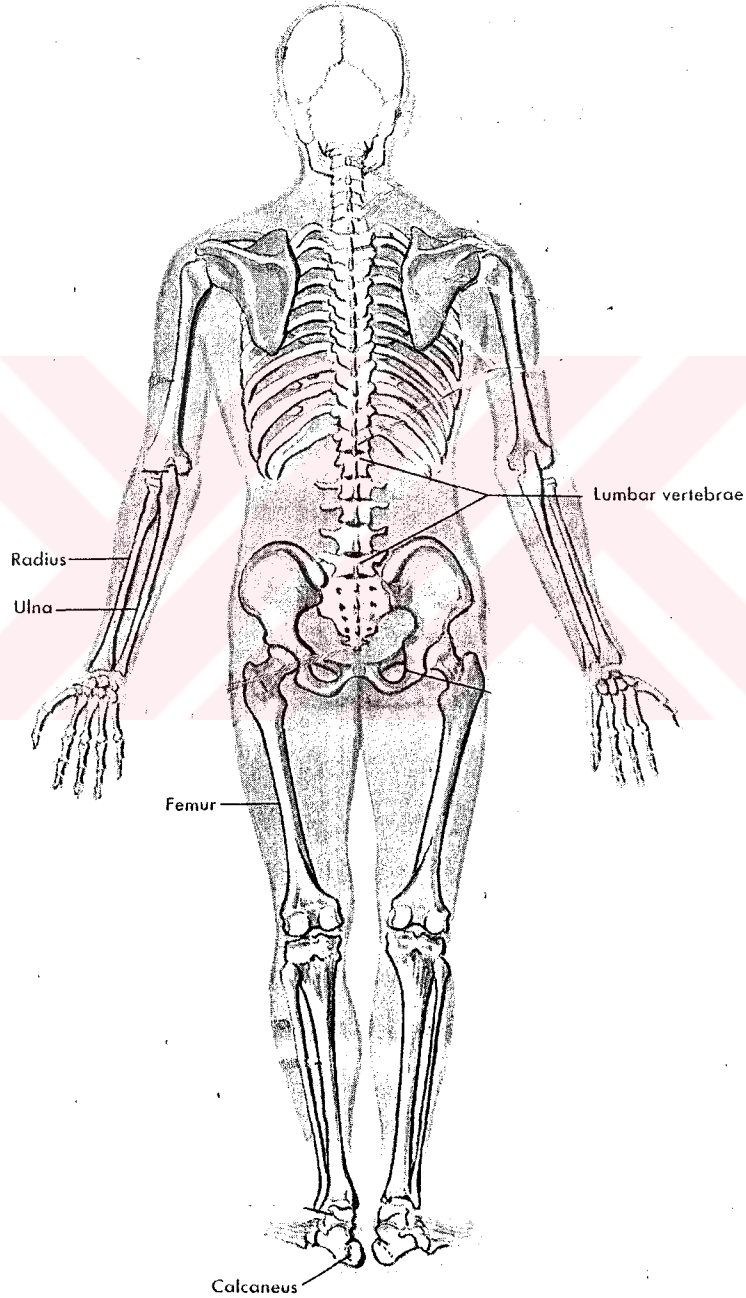
Kemik yapısının gelişimi; farklı faktörleri ilgilendirmektedir. Bu faktörler arasında; genetik faktörler, sonradan ortaya çıkan hastalıklar, ortopedi protez ameliyatları, ikiden fazla hamilelik, menopoz, çalışma ortamlarının giderek immobilize olması, direkt güneşten uzak kalınması, örtülü giyim tarzı ve özellikle yeni yetişen neslin hazır gıdalarla dengesiz beslenmesi sayılabilir (Sümen ve Diğ., 2001).

Bilinen hastaların takibi veya kemik kaybına uğradığının farkında olmayan kişilerin erken teşhis edilerek tedavisi kemik yoğunluğu ölçümünün ana amacını oluşturmaktadır. Ancak bu amacın yanında, yeni yetişecek neslin kontrol altına alınması için son yıllarda, gelişmiş ülkelerde ve Türkiye’de Kemik yoğunluğu ölçümünün kullanımı hayli yaygınlaşmış bulunmaktadır (Sümen ve Diğ., 2001).

İleri yaşlarda, yoğun kemik kaybı meydana geldiğinde, kemik erimesinin belirtileri; ağrı şikayetleri, boy kısalması, omurga, kalça ve el bilek kırıkları gibi şikayetlerle ortaya çıkmaktadır. Röntgen filminde de ancak % 30’luk kayıp meydana geldikten sonra, teşhis mümkün olabilmektedir (Sümen ve Diğ., 2001).

Kemik mineral yoğunluğu % 80 - % 90 oranında kemik gücündeki değişimi göstermektedir. Kemik mineral yoğunluğunun azalması ile kırık riski artışı arasında doğrudan, orantısal ilişki mevcuttur. Bu nedenle, geri kazanılması mümkün olmayan kemik erimesi, insanlarda birçok problem meydana getirebilmektedir. Bu durumda, ideal olan, çocukluktan itibaren, her yaş grubundan kişinin, kendi özelliğine göre seçilecek periyodik aralıklarla ileride doğabilecek osteoporoz veya kırık riskine karşı kontrol ölçümü yaptırması olmaktadır (Hayırlıoğlu, 1999).

Osteoporoz hastalığı ekonomik zararın yanı sıra hastalık ve ölüm oranlarını da yükseltmektedir. İnsan iskelet yapısında meydana gelen kırıkların en fazla görüldüğü bölgeler omurganın Lomber vertebra, ön kol ve kalçada femur boynu denilen kısım olmaktadır, ancak kemik kaybı olduğu zaman tüm bölgeler yüksek risk altındadır (Celeboğlu, 1999). Şekil 2.1’de insan iskeleti üzerinde Lomber vertebralar ve femur boynu görülmektedir.



Şekil 2.1. İnsan İskeletinde Lomber Vertebralar ve Femur Boynu

2.2. Kemik Mineral Yoğunluğu Tayini

Günümüzde, kemik mineral yoğunluğu ölçümlerinin, hastaları genel olarak tanımlamada etkili bir yol olduğu kabul edilmektedir. Kemik yoğunluğu ölçüm sistemlerinin gittikçe artan yaygınlaşması da bu nedene dayanmaktadır. Kemik mineral yoğunluğu literatürde BMD (Bone Mineral Density) olarak geçmektedir. Bu nedenle burada da BMD alınmaktadır.

Bu sistemlerin kullanımı, osteoperozun tayini çalışmasını mümkün kılmaktadır. Nitekim, 1994’de yayımlanan Dünya Sağlık Teşkilatının (World Health Organization - WHO) raporu, osteoporozun T-score adı verilen hesaplama ile belirlemesini öne çıkarmış bulunmaktadır (Blake ve Fogelman, 2001).

T-skor (T-score); hastanın ölçülen Kemik Mineral Yoğunluğu’nun (BMD) cinsiyet ve etnik grup için oluşturulan sağlıklı genç yetişkinlerin Kemik Mineral Yoğunluğu (BMD)’nin çıkarılması ile elde edilen sayının genç yetişkin standart sapmasına (SD) oranı olarak tanımlanmaktadır. Genç yetişkin ortalaması, 20-45 yaş arasında bulunan kişilere göre oluşturulmaktadır.

Buna göre, T-skor;

$$\text{T-skor} = \frac{\text{Ölçülen Kemik Yoğunluğu} - \text{Genç Yetişkin Kemik Yoğunluğu Ortalaması}}{\text{Genç yetişkin standart sapması (SD)}} \quad (2.1)$$

olarak ifade edilmektedir.

Dünya Sağlık Teşkilatının (WHO) raporunda, eğer bir hastanın omurga, femur boynu veya önkol T-skor’u $\leq - 2,5$ ise, bu hastanın osteoporoz olarak sınıflandırılmasını tavsiye etmektedir. Osteoporoz değerlendirmesi için tavsiye edilen T-skor değerleri Tablo 2.1’de görülmektedir (Blake ve Fogelman, 2001).

Dünya Sağlık Teşkilatının (WHO) osteoporoz tanımındaki mantık, postmenaposal beyaz kadınların hepsinin yaklaşık % 30’unu kapsamasından kaynaklanmaktadır. Bu 50 yaşındaki kadınlar için kırık riskinin yaklaştığını göstermektedir. Bu tanıma göre, bir hastanın osteoporoz olup olmadığına T-skor sonucuna bakılarak karar verilebilmektedir (Blake ve Fogelman, 2001).

Tablo 2.1

T-skor ile Osteoporoz Değerlendirmesi

Tanı	T-score
Normal	$T \geq -1,0$
Osteopeni	$-2,5 < T < -1,0$
Osteoporoz	$T \leq -2,5$
Yerleşmiş Osteoporoz	$T \leq -2,5$ ve bir veya daha hassas kırıkların varlığı

T-skor'un yanısıra Kemik Mineral Yoğunluğu (BMD) ölçümlerinin değerlendirilmesinin bir diğer yolu, Z-skor (Z-score) tayinidir. T-skor gibi, Z-skor da popülasyon ve standart sapma (SD) değerlerini içermektedir.

Z-skor; hastanın ölçülen Kemik Mineral Yoğunluğu (BMD)'nin yaş, cinsiyet ve etnik gruba göre oluşturulan sağlıklı deneklerde beklenen Kemik Mineral Yoğunluğu ortalaması ile karşılaştırılarak bulunmaktadır (Blake ve Fogelman, 2001). Ancak, burada, hastanın kendi yaş grubu popülasyonu göz önüne alınmaktadır.

Buna göre Z-skor;

Ölçülen Kemik M. Y. - Yaşla Eşleştirilen Kemik M. Y. Ortalaması

$$Z\text{-skor} = \frac{\text{Ölçülen Kemik M. Y. - Yaşla Eşleştirilen Kemik M. Y. Ortalaması}}{\text{Yaşla Eşleştirilen Standart sapma}} \quad (2.2)$$

olarak ifade edilmektedir.

Z-skor, T-skor gibi yaygın olarak kullanılmamaktadır. Bununla beraber, Z-skor, hastanın, emsallerine göre riskini açıklamaktadır.

2.3. Radyasyonla Kemik Yoğunluğu Ölçüm Metodları

Radyasyonla Kemik Yoğunluğu Ölçüm Metodlarının gelişimi, detaylı kemik kütle ölçümleri için olanak sağlamış bulunmaktadır. Omurganın, X-ışını radyografına bakılarak, normal veya osteoporotik kemik olup olmadığına kesin karar vermek mümkün olamamaktadır (**John ve Aloia, 1989**).

Vertebra kırıklı hanımların, genç yetişkin ortalamasından en azından % 20 - % 30 kadar az kemik kütlesine sahip oldukları tespit edilmiştir. İstenmeyen ve geri dönüşü olmayan durumlar meydana gelmeden önce düşük kemik kütlesinin tespit edilmesi gerekmektedir. Bunun için ise, ancak bir nükleer teknik kullanımı ve uygun ölçümlemelerle, kemik kaybı oranına kesin olarak karar vermeyi sağlayabilmektedir (**John ve Aloia, 1989**).

Günümüzde kemik yoğunluğu ölçümü için farklı nükleer teknikler geliştirilmiş bulunmaktadır. Söz konusu bu ölçüm metodlarının bazıları radyoaktif madde kullanılarak uygulanmakta, bazıları ise X-ışını tüpü kullanılarak uygulanılmaktadır (**Hayırlıoğlu, 1999**).

Kemik Uygunluğu Ölçüm Metodlarının önemlileri;

- Toplam Vücut Nötron Aktivasyon Analizi (Total Body Neutron Activation Analysis)
- Tek Foton Absorbsiyometrisi (Single Photon Absorptiometry – SPA)
- Çift Foton Absorbsiyometrisi (Dual Photon Absorptiometry – DPA)
- Kantitatif Bilgisayarlı Tomografi (Quantitative Computed Tomography – QCT)
- Nükleer Manyetik Rezonans Görüntüleme (Nuclear Magnetic Resonance Imaging – MRI)
- Tek Enerji X-ışını Absorbsiyometrisi (Single Energy X-Ray Absorptiometry – SXA)
- Çift Enerjili X-ışını Absorbsiyometrisi (Dual Energy X-Ray Absorptiometry – DEXA)

olarak sayılabilir.

2.3.1. Toplam Vücut Nötron Aktivasyon Analizi ve Tüm Vücut Sayımı

İskelet içinde kalsiyum miktarının ölçümünde kullanılabilir önemli bir teknik, toplam vücut nötron aktivasyon analizi ve tüm vücut sayımı tekniğidir. Vücuttaki kalsiyumun % 98'i iskelet içinde yer almaktadır. Önceleri, bu teknik; kemik yoğunluğu ölçümünde “altın standart (gold standard)” olarak düşünülmüştür (John ve Aloia, 1989).

Bu teknikte, hastalar vücuttaki kalsiyumla etkileşen nötronlarla bombardıman edilmektedir. Birkaç dakika içinde, vücuttaki radyoaktif kalsiyum Ca-48, Ca-49'a dönüşerek gama radyasyonu yaymaya başlamakta ve tüm vücut sayıcısı ile sayımlar alınarak sonuç değerlendirilmektedir (Williams, 1987).

Değerlendirme için, içerdiği kalsiyum miktarı bilinen bir fontom kullanılmaktadır. Hastadan yayılan fotonlarla, fantomdan yayılan fotonlar karşılaştırılmaktadır. Bu da, hastanın vücuttaki kalsiyum miktarını belirlemeyi mümkün kılmaktadır. Ölçümlerin, her 6 ayda bir tekrarlanması mümkün görülmektedir (John ve Aloia, 1989).

Bu tekniğin bir aktivasyon tekniği olması nedeniyle, hastanın aldığı doz yüksek olabilmektedir. Bu nedenle, bu teknik fazla tercih edilmemektedir. Öte yandan, kemikteki kalsiyum miktarı bize osteoporoz kırık riskini vermemektedir.

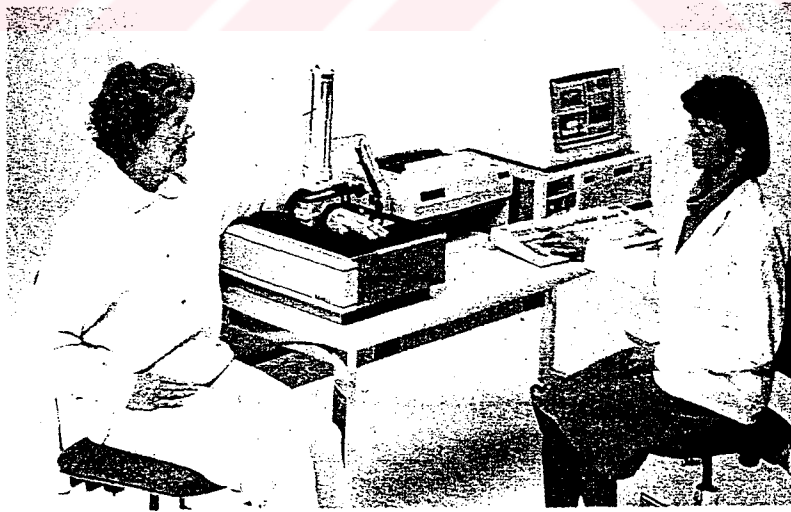
2.3.2. Tek Foton Absorbsiyometrisi (SPA)

1963'de bulunmasından beri tek foton absorbsiyometrisi (SPA), ön kolun kemik yoğunluğunu belirlemek için yaygın olarak kullanılan bir teknik durumundadır. Yumuşak doku kalınlığındaki değişiklikleri baskılamak için izlenim boyunca, ön kol su içine konulmaktadır (Early ve Sodee, 1995).

Tek foton absorbsiyometrisi (SPA), çoğu densitometre cihazı gibi kemik tarafından absorbe edilen, foton radyasyonunun ölçümünü temel almaktadır. Tek foton absorbsiyometrisi (SPA)'da yaklaşık 29 keV enerjili I-125 foton kaynaktan faydalanılmaktadır (Wilson, 1998).

Bu metotda, ölçülen kemiğin içinden geçen radyasyonun miktarı, geçtiği yol üzerindeki kemik mineral miktarı ile orantılı olmaktadır (Williams, 1987). Radyasyon kaynağı ve dedektör, radyasyon ön kol kemikleri ve yumuşak doku içinden geçecek şekilde doğrusal biçimde yerleştirilmektedir. Uygulama sırasında, fotonların bir kısmı absorplanmaktadır. Tetkik edilen yerdeki kemiğin yoğunluğu daha fazla ise, absorbe edilen foton miktarı da fazla olmaktadır. Göreli absorpsiyon; kemikteki mineral ve kemiğin uzunluğu başına kütle birimini (gm/cm) açıklamak için kalibre edilebilmektedir (Blake ve Fogelman, 2001).

Kaynaktan çıkan fotonların enerji düzeyleri sabittir. Bu nedenle de, kemik, yumuşak doku ayrımı sağlıklı bir şekilde yapılamamaktadır. Bunun sonucu olarak, osteoporozun ilk olduğu vertebrada değil de, yumuşak doku miktarının minimal olduğu önkol gibi perifer bölgelerden ölçüm yapılabilmektedir. Çok düşük enerji ile çalışılması nedeni ile, giricilik, hastanın vücuda eklemle bağlı uzuvlarının (örneğin ön kol) içinden geçerek tetkik etmek için uygun olmaktadır. Ancak, omurganın veya femurun daha büyük alanlarında kullanılamamaktadır. Şekil 2.2.'de tek foton absorpsiyometrisi (SPA)'da kullanılan Lunar SP2 ile önkol ölçümü görülmektedir (Hayırlıoğlu, 1999).



Şekil 2.2 Lunar SP2 İle Önkol Ölçümü

2.3.3. Çift Foton Absorpsiyometrisi (DPA)

1983'te kullanılmaya başlanan bu metotta, iki farklı enerjide foton yayan radyoaktif madde kullanılmaktadır (Early ve Sodee, 1995). Bu teknikte tüm vücut, omurga ve femurun kemik mineral yoğunluğu resmedilebilmektedir (William, 1987). Prensip tek foton absorpsiyometrisi ile benzerdir. Ancak, kullanılan iki farklı enerji, iskelete ait olmayan yumuşak doku bileşiğinin çıkarılmasına müsaade etmektedir. En sık ölçülen alan L2, L3 ve L4 vertebralardır (lomber vertebra L2, L3, L4) (John ve Aloia, 1989).

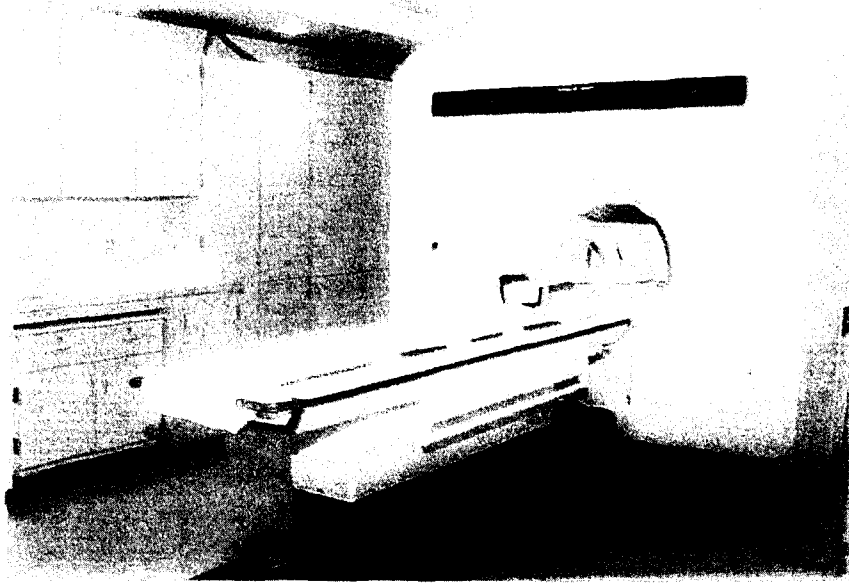
İki farklı enerjide (44 ve 100 keV'lik) fotonlar için "Gadolinium(Gd)-153"den yararlanılmaktadır. Kaynaktan çıkan ışınlar, düşük ve yüksek olmak üzere iki farklı enerji seviyelerinde olmasından ötürü, yumuşak ve sert dokuyu farklı zamanlarda geçerek ve dedektöre ulaşmaktadırlar. Bilgisayar yardımı ile, sadece kemiğe ait bilgiler değerlendirilmektedir. Böylece, yumuşak dokularla çevrili alanlarda kemik mineral yoğunluğu yüksek doğruluk oranlarında tespit edilebilmektedir (Early ve Sodee, 1995).

Ayrıca, hastanın değişik çekimlerinin yapılabilmesi için pozisyonlandırma gereksinimlerini azaltmaya, çekimi hızlandırma ve kolaylaştırmaya yönelik "U" ve "C" olarak nitelenen kollar geliştirilmiştir. Bu sayede, geliştirilmiş tarayıcılar (scanner) ile ölçümler yapılabilmektedir (Sümen, 1999).

Çift foton absorpsiyometrisi (DPA) ile omurganın kemik yoğunluğu ölçümündeki bir zorluk, radyasyonun yolu üzerindeki tüm kalsiyumu ölçmesidir. Örneğin, ölçülen bölgede mafsallı iltihabından dolayı kemik değişimleri varsa veya aort damarında (omurganın önünde kan basıncı) kireçlenme (kalsifikasyon) varsa, bu kalsiyum ölçümlerinin içine girmektedir (Hayırlıoğlu, 1999).

2.3.4. Kantitatif Bilgisayarlı Tomografi (QCT)

Bu yöntem rutinde kullanılan Bilgisayarlı Tomografi cihazlarında olduğu gibi, vücudun ince bir kesitinden geçen X-ışınlarının zayıflamalarının, detektörle ölçülerek, bilgisayar yardımıyla görüntü oluşturulması esasına dayanmaktadır. Kantitatif Bilgisayarlı tomografi (QCT), vertebral kemik yoğunluğu ölçümünde de kullanılabilir. Tek (single) ve çift (dual) enerji teknikleri için modifiye edilebilmekte ve programlanabilmektedir (Hayırlıoğlu, 1999). Şekil 2.3'de Kantitatif bilgisayarlı tomografi cihazı görülmektedir.



Şekil 2.3. Kantitatif Bilgisayarlı Tomografi Cihazı (QCT)

Kantitatif Bilgisayarlı Tomografinin (QCT); trabeküler kemikte, diğer tekniklerden farklı olarak 3 boyutlu görüntüleme olanağı bulunmaktadır. Bundan dolayı, gerçek kemik yoğunluğu (gr/cm^3 olarak) ölçümü yapma üstünlüğü bulunmaktadır (Sümen, 1999). (Trabeküler kemik yapısı; Gözenekli kemik yapısı, topuk, femur boynu, lomber vertebralarda ön elemanlar, önkolun iç kısmı bu kemik yapısına sahip bulunmaktadır)

Daha pahalı ve fakat daha az duyarlı olması, ve ayrıca, daha fazla radyasyon etkisi ve ölçüm süresinin uzunluğu gibi olumsuzlukları söz konusudur. Bunların yanında, vertebradan yapılan ölçümlerde, vertebranın arka (posterior) elemanlarını ve inen aort damarındaki kireçlenmeleri (kalsifikasyonları) ölçüm dışı bırakması da üstün yönleridir (Hayırlıoğlu, 1999).

Kantitatif Bilgisayarlı Tomografi (QCT); iki boyutlu alansal yoğunluk ile gerçek üç boyutlu (hacimsel) kemik yoğunluğunu karşılaştırmasını tayin edebilmektedir. Bu teknik (QCT), genellikle vertebral kısımlarda trabekular kemik ölçümlerinde kullanılmaktadır(Williams, 1987).

Herhangi klinik bir bilgisayarlı tomografi (CT) tarayıcısı (scanner) ile ölçümler yapılabilmektedir. Bilgisayarlı tomografiyi (CT) kalibre etmek için, miktarı kemik eşdeğerinde, harici bir fantom ile birlikte hastanın taranmasını gerekmektedir.

Bir çok üretici, vertebral kısımlarda ilgilenilen bölgelerin otomatik yerleşimini sağlayan paket yazılımlar (software) geliştirmişlerdir. Hastanın aldığı doz, muayenenin doğru yapılması şartıyla, standart bilgisayarlı tomografilerden daha düşük olmaktadır. Bel kemiğine ait Kantitatif Bilgisayarlı Tomografinin (QCT) bir diğer avantajı, yaşlanma ve hastalık şartlarında, vertebral trabekular kemiğin yüksek uyumluluğunun söz konusu olmasıdır (Blake ve Fogelman, 2001).

2.3.5. Nükleer Manyetik Rezonans Görüntüleme (NMRI)

Son yıllarda kullanıma giren nükleer manyetik rezonans görüntüleme (NMRI) incelemelerinin, farklı ve oldukça değişken parametreleri kullanması, ayrıca X-ışını kullanımını içermemesi nedeniyle, giderek tercih edilmektedir. Ancak, yüksek çekim fiyatı nedeniyle yaygın bir şekilde kullanıma girmesi oldukça zor görülmektedir (Hayırlıoğlu, 1999).

Bu teknikte, görüntü oluşturmak için, hidrojen çekirdeklerinin güçlü bir manyetik alana karşı oluşturdıkları cevap fonksiyonlarından yararlanılmaktadır. Meydana gelen elektiriksel sinyalleri ve radyofrekans (RF) pulsarı değerlendirilmektedir (Roux ve Coatrieux, 1997).

Nükleer manyetik rezonans görüntülemenin (NMRI), daha çok, farklı yumuşak dokuları birbirinden ayırt etmekte kullanımı uygun olmaktadır. Bu özellik, kemik yoğunluğu tayini açısından eklemlerin yumuşak doku kısımları için uygun olmaktadır.

Bununla beraber, bu teknikle kemiksel komponentlerin durumu hakkında da önemli bilgiler elde edilebilmektedir. Kemiğin kortikal tabakası az miktarda hidrojen atomu içerdiğinden düşük sinyal verdiği için nükleer manyetik rezonans görüntüsü siyah olmaktadır (Sümen, 1999). (Kortikal kemik tabakası; Gözenekli olmayan sert kemik) Şekil 2.4.'de kullanılan bir nükleer manyetik rezonans görüntüleme (NMRI) cihazı görülmektedir (Robb, 2000).



Şekil 2.4 Nükleer Manyetik Rezonans Görüntüleme Cihazı

2.3.6. Tek Enerji X-Işını Absorpsiyometrisi (SXA)

Tek enerji X-ışını absorpsiyometrisi (SXA), tek foton absorpsiyometrisi (SPA) tekniğine benzer bir tekniktir. Tek enerji X-ışını absorpsiyometrisinin (SXA), tek foton absorpsiyometrisinden (SPA) farkı; kemik yoğunluğu ölçümünde radyasyon kaynağı olarak radyoaktif iyot yerine X-ışını tüpü kullanılmasıdır. Bu tekniğin kullanımı ile, radyoizotop kaynağın kullanımının getirdiği sakıncalar ortadan kaldırılmış olmaktadır.

Bu tekniğin kullanımı ile, çekim süresi, 5-15 dakikaya inmiş ve hastaya verilen radyasyon dozu azalmıştır. Tek enerji X-ışını absorpsiyometrisi (SXA), topuk ve önkol gibi perifer kısımların ölçümelerini % 95 - % 98 doğruluk ve % 98 - % 99 kesinlikte yapabilmektedir. Radyasyon dozu standart akciğer röntgeninden daha düşük olmaktadır (Epstein ve Miller, 1997).

Ancak tek foton absorpsiyometrisi (SPA) gibi bu sistemde de, yumuşak dokunun homojen olmayan dağılımının yanılıya yol ačan etkisi giderilememiştir. Bundan ötürü, yumuşak doku miktarının minimal olduğu önkol gibi bölgelerde ölçüm yapılabilmektedir. şekil 2.4’de Tek enerji X-Işını absorpsiyometrisi cihazı (SXA) görölmektedir (Hayırlıoğlu, 1999)



şekil 2.5. Tek Enerji X-Işını Absorpsiyometrisi Cihazı (SXA)

2.3.7. Çift Enerjili X-Işını Absorpsiyometrisi (DEXA)

Çift enerjili X-ışını absorpsiyometrisi bu tezde kullanılan teknik olduğu için, ayrı bir bölüm halinde, (Bölüm3’de) detayları ile ele alınarak incelenecektir.

BÖLÜM 3

X-IŞINLARI VE

ÇİFT ENERJİLİ X-IŞINI ABSORBSİYOMETRİ TEKNİĞİ

3.1. X-Işımları

X-ışınları, kısa dalgaboylu ve yüksek enerjili elektromanyetik radyasyon ailesine mensup ışınlardır. Foton adı verilen enerji paketçiklerinin dalga tabiatına uygun hareketi ile yayınlanmaktadır. Şekil 3.1’de X-ışınlarının elektromanyetik spektrum içindeki yeri görülmektedir (Suryanarayana ve Norton, 1998).

$h\nu$ [eV]	ν [Hz]	λ [nm]	Radyasyon
	10^{14}		infrared
1		10^3	Görülebilir
10	10^{15}	10^2	
10^2	10^{16}	10	ultraviyole
10^3	10^{17}	1	
10^4	10^{18}	10^{-1}	x-ışını
10^5	10^{19}	10^{-2}	
10^6	10^{20}	10^{-3}	
10^7	10^{21}	10^{-4}	
10^8	10^{22}	10^{-5}	γ -ışını

Şekil 3.1 Elektromanyetik Spektrum

Fotonların enerjisi;

$$E=h\nu \quad (3.1)$$

olarak yazılabilir.

Burada;

E : Foton enerjisini

h : Plank sabiti

ν : Frekans

ifade etmektedir.

Dalga boyu (λ) ise;

$$\lambda = c/\nu \quad (3.2)$$

şeklinde yazılabilir. Burada c ışık hızını temsil etmektedir.

Denklem 3.1 ve Denklem 3.2 bir arada göz önüne alınıp, sabit değerler yerine konduğunda, λ için Angstrom birimi ve enerji için kiloelektronvolt birimi kullanılırsa;

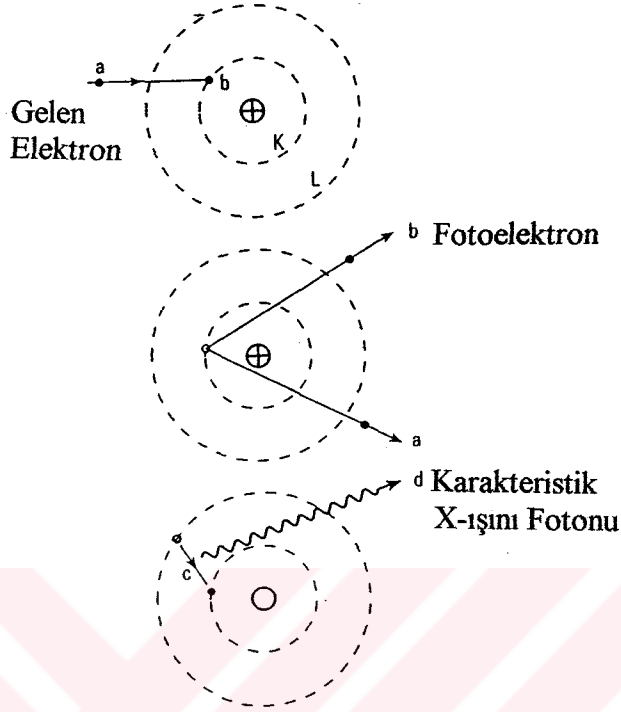
$$E = 12,4 / \lambda \quad (3.3)$$

olarak ifade edilebilir (Lifshin, 1999, Bilge ve Tuğrul, 1990).

X-ışınları esas itibarıyla iki tipte oluşmaktadır. Her iki X-ışını oluşum mekanizması da atom uzayını ilgilendiren olaylar sonucu meydana gelmektedir.

Bir tip X-ışınları, atomun elektron enerji seviye farklarından meydana gelmektedir. Şöyle ki; elektronların herhangi bir uyarıyla bir üst seviyeye çıkmasından sonra atomun dengeli hale gelebilmesi için elektronun tekrar alt seviyeye inmesi sırasında, fazla enerjisini X-ışını şeklinde vermektedir. Atomun elektron enerji seviyeleri ve fazla olarak bu enerji seviyeleri arasındaki farklar, o atoma özgü olduğundan, salınan enerji de o atoma özgü ve o atomu tanımlayabilecek şekilde karakteristik olmaktadır.

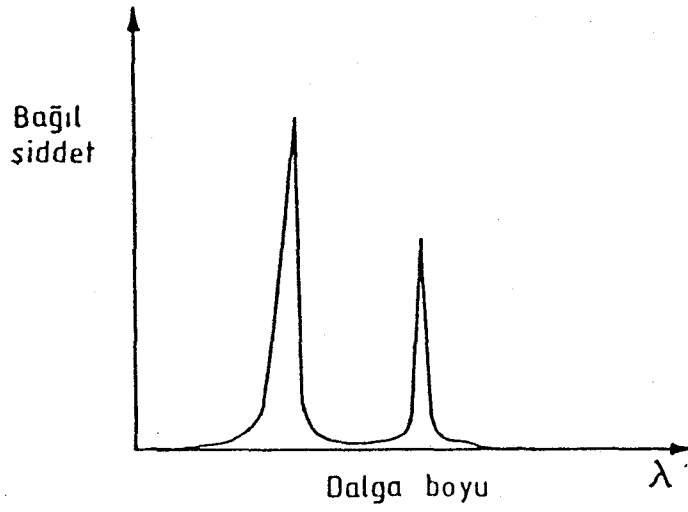
Bu tip X-ışınlarına (bu nedenle) “karakteristik X-ışınları” adı verilmektedir (Lifshin, 1999). Şekil 3.2’de karakteristik X-ışınları oluşum mekanizması şematik olarak görülmektedir.



Şekil 3.2 Karakteristik X-ışınları Oluşum Mekanizması

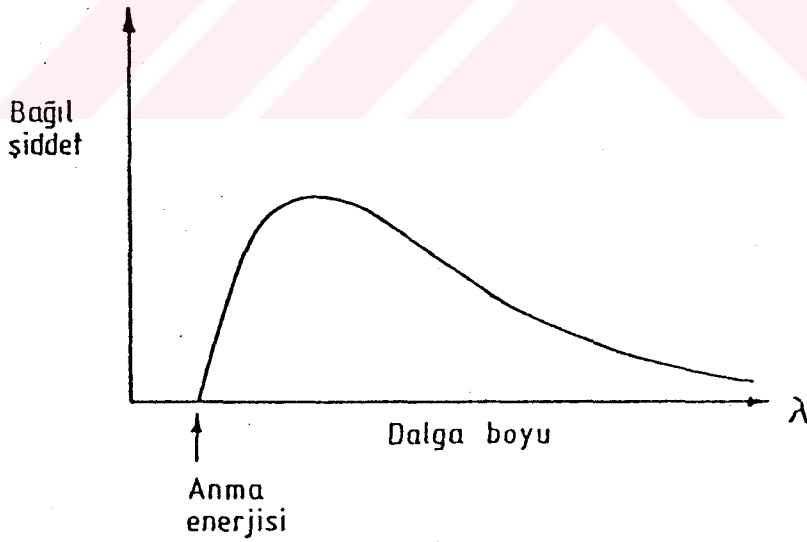
İkinci tip X-ışınları, hızlandırılmış elektronların ani olarak durdurulması sonucu meydana gelmektedirler. Şöyle ki; hızlandırılmış elektronlar, bir hedef elemana çarptırıldığında, hedef malzemenin atomları ile etkileşerek atomun elektron boşluğunda frenleme ile karşılaşmaktadırlar. Bu esnada, elektron, enerjisini kaybetmekte ve bu enerji X-ışını olarak yayınlanmaktadır. Bu tip radyasyona da “frenleme tipi X-ışınları” yada “bremsstrahlung” adı verilmektedir (Bilge ve Tuğrul, 1990).

Enerji veya dalga boyuna göre çizilecek spektrumlar, karakteristik X-ışını ile frenleme tipi X-ışınları arasındaki farkı göstermektedir. Karakteristik X-ışınları, belirli enerji seviyeleri için söz konusu olduğundan “çizgisel spektruma” sahiptirler. Şekil 3.3 karakteristik X-ışınlarına ait çizgisel spektrum görülmektedir (Halmshaw, 1971).



Şekil 3.3 Karakteristik X-Işınlarının Enerji Spektrumu

Frenleme tipi X-ışınlarında, az sayıda elektron, hedef atom ile etkileştiğinde bir seferde tüm enerjisini vermektedir. Bir çoğu ise, farklı enerji seviyelerinde X-ışınlarının oluşumuna neden olarak frenlenmektedirler. Bu nedenle, frenleme tipi X-ışınları geniş spektruma sahiptirler. Şekil 3.4’de frenleme tipi X-ışınlarına ait geniş spektrum görülmektedir (Halmshaw, 1971).



Şekil 3.4 Frenleme Tipi X-Işınlarının Spektrumu

3.2. X-Işınlarnnın Özellikleri

X-Işınları, elektromanyetik radyasyon ailesinin genel özelliklerini taşıdığı gibi, elektromanyetik radyasyonun enerjistik bölgesinde yer almalarından ötürü ilave bazı özelliklere de sahiptirler (Özden, 1981).

- Fotonla yayınırlar
- Işık hızı ile yayınırlar
- Dalga tabiatı gösterirler
- Doğrusal yayınım gösterirler
- Madde ile etkileşirler
- Girici ışınlardır
- Fotoğraf filmini etkilerler
- Uzun süre maruz kalınması halinde canlıları olumsuz etkileyebilirler
- İyonlaştırıcı radyasyon grubuna dahildirler.
- Ters kare kanunu geçerlidir.

Ters Kare Kanunu;

$$I_1 d_1^2 = I_2 d_2^2 \quad (3.4)$$

şeklinde ifade edilebilir (Bilge ve Tuğrul, 1990).

Burada, Şekil 3.5’de de görüldüğü gibi;

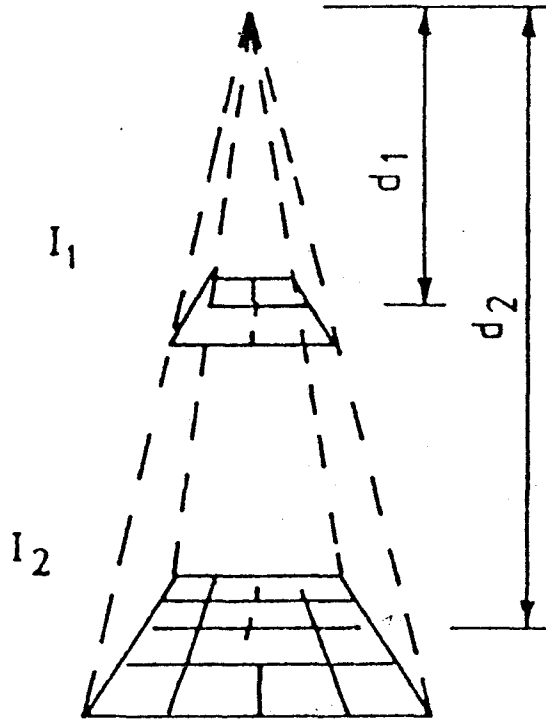
I_1 : 1 Noktasındaki radyasyon şiddeti

d_1 : 1 Noktasının radyasyon kaynağına uzaklığı

I_2 : 2 Noktasındaki radyasyon şiddeti

d_2 : 2 Noktasının radyasyon kaynağına uzaklığı

ifade etmektedir.



Şekil 3.5 Ters Kare Kanunu Parametreleri

3.3. X-Işınlarnn Madde İle Etkileşimi

X-ışınlarının madde ile etkileşimi farklı olaylar bağlamında gerçekleşmektedir. Bu olaylar, ayrı ayrı açıklanacaktır.

3.3.1. Fotoelektrik etki

Fotoelektrik olayda, elektronun bağlanma enerjisinden daha büyük enerjiye sahip foton tüm enerjisini absorblayıcı madde atomlarının elektronlarından birine vererek elektronu bulunduğu yörüngeden kopartmakta ve kendisi yok olmaktadır (**Lifshin, 1999**). Böylece foton yok olmuş, ancak bir serbest elektron doğmuş olur. Dolayısı ile atom iyonlaşmış olur.

Serbest elektronun kinetik enerjisi;

$$E_k = h\nu - E_b \quad (3.5)$$

olarak tanımlanmaktadır (**Güleç, 1995**).

Burada;

E_k : Elektronun kinetik enerjisi

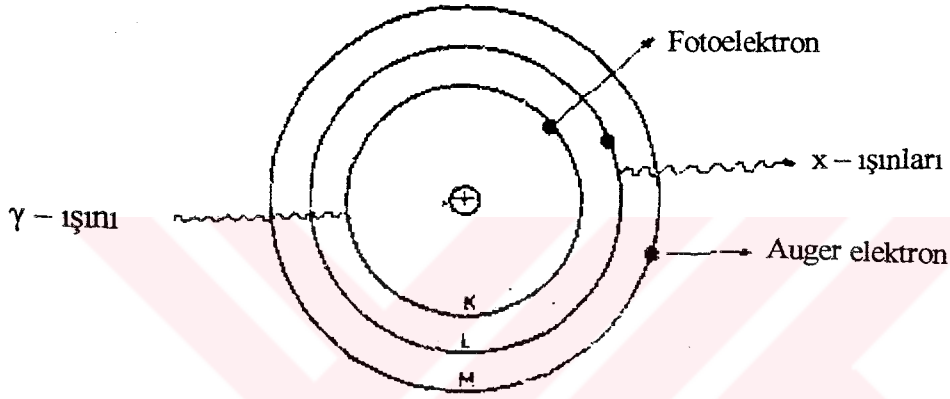
E_b : Elektronun bağlanma enerjisi

h : Planck sabiti

ν : Frekans

olarak verilmektedir.

Şekil 3.6'da fotoelektrik olay şematik olarak görülmektedir (Güleç, 1995).



Şekil 3.6 Fotoelektrik Olay

3.3.2 Compton Olayı

Bu olayda, gelen fotonla, atomun elektronu inelastik çarpışma yapmaktadırlar. Gelen foton, enerjisinin bir kısmını uyarılan elektrona aktarmakta ve elektronla birlikte saçılmaktadır (Lifshin, 1999). Saçılan fotonun dalga boyunda meydana gelen değişim ($\Delta\lambda$);

$$\Delta\lambda=0.0243 (1-\cos\phi) \quad (3.6)$$

olarak verilmektedir. Bu değişim;

$$\Delta\lambda=\lambda''-\lambda' \quad (3.7)$$

şeklinde olup, burada;

λ' : Gelen fotonun dalga boyu

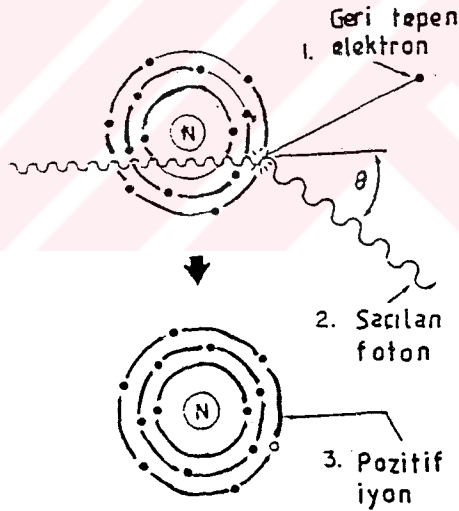
λ'' : Saçılan fotonun dalga boyu

ϕ : Fotonun saçılma açısı

ifade etmektedir (Hendee ve Ritenour, 1992).

Compton olayının meydana gelme olasılığı, absorblayıcı maddenin atom numarasına bağımlı olmaktadır. Bir başka deyişle, absorblayıcı maddenin elektron sayısına ve foton enerjisine bağımlılık göstermektedir. Foton enerjisi arttıkça, reaksiyon sayısı azalmaktadır (Güleç, 1995).

Düşük enerjiye sahip X-ışınları yumuşak dokuda çoğunlukla compton etkileşmesi yapmaktadır. Compton olayı Şekil 3.7'da şematik olarak gösterilmiştir (Hendee ve Ritenour, 1992).

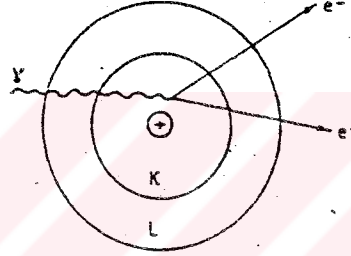


Şekil 3.7 Compton Olayı

Compton olayı yumuşak doku, su ve hava için önem arz eden bir olay durumundadır. Fotoelektrik olay ise, özellikle görüntüleme için ve bu bağlamda, kurşun ve film, ekranlar ile diğer görüntü aletleri olarak kullanılan malzemelere ilişkin olarak üzerinde durulması gereken bir olay olarak nitelenmektedir. Kemik için ise, her ikisi de önemli olmaktadır (Farr ve diğ., 1997).

3.3.3 Çift oluşumu

Çift oluşumu, yüksek enerjili bir fotonun atom çekirdeği ile tepkimeye girmesiyle fotonun kuvvetli elektrik alanda kaybolması ve elektron-pozitron çifti oluşumu olayıdır. (Güleç, 1995). Elektron ve pozitronun toplam kütlelerinin eşdeğer enerjisi 1.02 MeV olduğundan, parçacık çiftini oluşturmak için gerekli minimum enerjinin 1.02 MeV olması gerekmektedir. Bu bağlamda, gelen fotonun enerjisi en az 1,02 MeV olursa çift oluşumu meydana gelebilir. Şekil 3.8’de çift oluşumu şematik olarak görülmektedir (Hendee ve Ritenour, 1992).



Şekil 3.8 Çift Oluşumu

Buraya kadar anlatılan üç olay fotonun madde ile etkileşiminde önde gelen başlıca olaylardır. Ancak, bu üç baskın olaydan ayrı olarak, bazı olaylar da meydana gelebilmektedir. Ancak, bu olaylar, nükleer teknik uygulamaları açısından diğerleri kadar önemli olmamaktadır.

3.3.4. Coherent Saçılım

Coherent saçılımı, foton ile atomun elektronu arasında tamamiyle elastik çarpışmaya benzer olarak meydana gelmektedir. Foton, enerjisini, elektrona transfer eder etmez sadece çarpışmadan sonra yön değiştirir. Bununla birlikte foton yön değiştirdiğinden detektörde absorbe edilemeyebilmektedir (Lifshin, 1999).

3.3.5. Fotodisintegrasyon

Fotodisintegrasyon, yüksek enerjili fotonun atom çekirdeğinden bir parçacık atılımına neden olmasıdır. Atılan parçacık, nötron, proton, alfa parçacığı olabilmektedir. Fotodisintegrasyonun meydana gelebilmesi için foton enerjisinin 7-15 MeV arasında olması gerekmektedir (Güleç, 1995).

3.4. X-Işınlarnının Zayıflaması

X-ışınları girici ışınlar olduklarından, maddeye nüfuz etme özellikleri bulunmaktadır. X-ışınının absorpsiyonu, elektron yoğunluğuna bağlı olmaktadır (Lifshin, 1999). Foton bir veya daha fazla etkileşimle absorbe edilebilir. Bir başka deyişle, enerjisini hedef madde atomlarına aktarabilir.

Bu bağlamda, foton madde ile etkileşebilir veya hiçbir etkileşim olmadan da yoluna devam edebilir. Eğer foton absorbe edilir veya saçılırsa buna (attenuasyon) zayıflama adı verilmektedir (Hendee ve Ritenour, 1992). X-ışınlarının madde içerisindeki zayıflaması;

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (3.8)$$

olarak ifade edilebilmektedir (Shung ve Diğ., 1992)

Burada;

I_0 : X-ışınlarının başlangıçtaki şiddeti

I : X-ışınlarının madde içinden geçtikten sonraki şiddeti,

μ : Lineer zayıflatma katsayısı

x : Madde kalınlığı

ifade etmektedir.

Denklem 3.8.'de verildiği gibi μ lineer zayıflatma katsayısıdır. Zayıflatma katsayısı ortamın birim uzunluğunda veya birim kütleinde zayıflamayı temsil edebilmektedir. Buna göre birbiriyle ilişkili ancak kavramsal farklılığı olan iki farklı zayıflatma katsayısı söz konusu olmaktadır.

Bunlar;

Lineer zayıflatma katsayısı : μ (cm^{-1})

Kütle zayıflatma katsayısı : μ_k (cm^2/gr)

İkisi arasında;

$$\mu = \mu_k \rho \quad (3.9)$$

bağıntı bulunmaktadır. Burada; ρ madde yoğunluğunu ifade etmektedir (Güleç, 1995).

Denklem 3.9 bağlamında; kütle zayıflatma katsayısının değeri, yoğunluk değişse de sabit olmaktadır. Ancak, lineer zayıflatma katsayısı, yoğunlukla ters orantılı biçimde değişmektedir.

Karışımların, alaşımların ve bileşiklerin ortalama zayıflatma katsayıları

$$\mu = \sum \mu_i r_i \quad (3.10)$$

bağıntısı ile hesaplanmaktadır. Burada;

μ_i : Bileşenlerin zayıflatma katsayısı

r_i : Bileşenlerin toplam içindeki oranını

ifade etmektedir (Özden, 1977).

Lineer zayıflatma katsayısı bir taraftan X-ışını fotonunun enerjisine ve diğer taraftan absorbant malzemenin özelliklerine bağlı olmaktadır. Zayıflatma katsayısı gerçekte bir toplamdan oluşur. Bu bağlamda, zayıflatma katsayısı, fotonun madde ile etkileşimine ilişkin temel olayların her birine ait zayıflatma katsayısının toplamı olmaktadır (Güleç, 1995).

Bu durumda;

$$\mu = \omega + \tau + \sigma + \kappa + \pi \quad (3.11)$$

olarak yazılabilmektedir.

Burada;

ω : Coherent saçılım

τ : Fotoelektrik etkileşim

σ : Compton olayı

κ : Çift oluşumu

π : Fotodisintegrasyon

etkileşimlerini temsil etmektedir (**Hendee ve Ritenour, 1992**).

Genelde coherent saçılım, fotodisintegrasyon ihmal edilmektedir. X-ışınlarının 1,02 MeV'in altında olması halinde de çift oluşumu söz konusu olmamaktadır. Böylece zayıflatma (attenuasyon) katsayısı;

$$\mu = \tau + \sigma \quad (3.12)$$

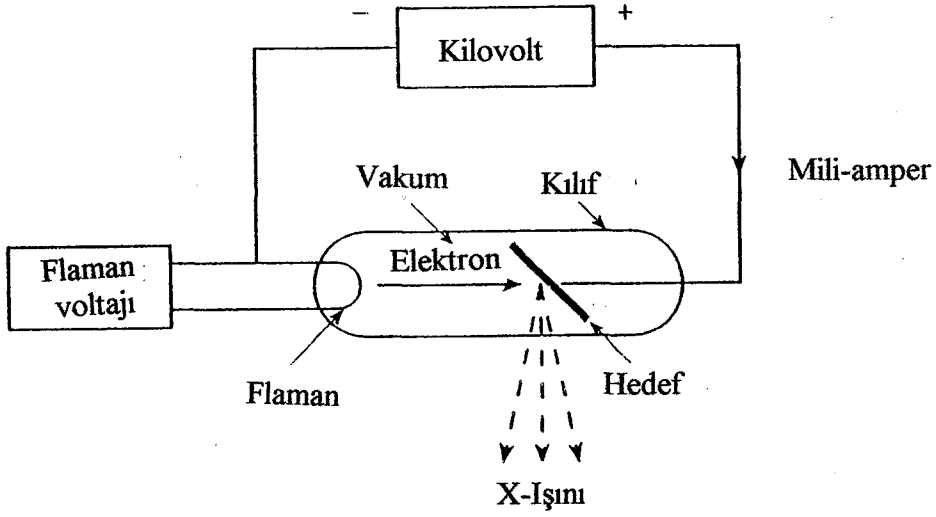
olarak ifade edilmektedir.

3.5. X-Işını Tüpü

Birçok X-ışını tekniğinde frenleme tipi X-ışınları kullanılmaktadır. Bu bağlamda, tip uygulamalarında da frenleme tipi X-ışınları geniş ölçüde tercih edilmektedir. Frenleme tipi X-ışınlarını üretmek için X-ışını tüpleri kullanılmaktadır.

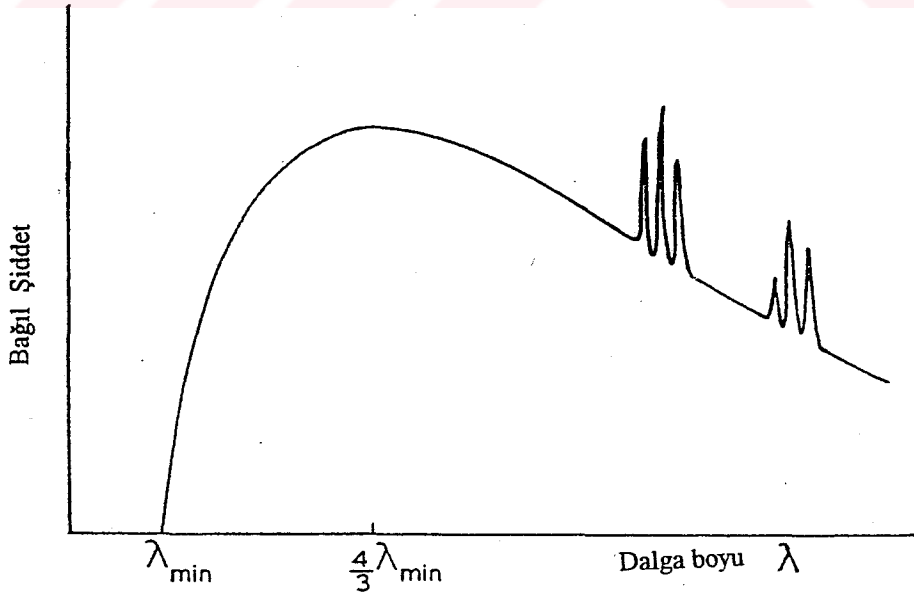
X-ışını tüpü, 1913'de Coolidge tarafından icat edilmiştir. Bu X-ışını tüpünde, 5 V'dan 15 V'a kadar değişen alternatif akımla (AC) beslenen, tungstenden yapılmış katot filaman bulunmakta idi ve anot su soğutmalı idi (**Lifshin, 1999**).

Günümüzde de, katodda tungsten filaman kullanılmaktadır (**Berker, 1990**). Anotda ise, geniş alanlı çoğu kez tungstenden imal edilmiş hedef eleman kullanılmaktadır. Katodda oluşturulan elektronlar vakum içinde uygulanan potansiyel gerilim altında ivmelendirilmektedir. Hızlandırılmış elektronlar anoda çarpıtılarak frenleme tipi X-ışınları oluşturulmaktadır (**Halmshaw, 1991, Bilge ve Tuğrul, 1990**). Şekil 3.9'da tipik bir X-ışını tüpü şematik olarak gösterilmektedir.



Şekil 3.9 X-Işını Tüpü

X-ışını tüpünden elde edilen frenleme tipi X-ışınlarına ait geniş spektrumun üzerinde, ilave bazı dar pikler görülmektedir. Bu pikler, anotta yer alan elementin karakteristik X-ışınlarına ilişkin çizgisel spektrum pikleri olmaktadır. Bu piklerin, dalga boylarının hedef maddenin atom numarasının fonksiyonu olduğu ilk olarak Moseley tarafından gösterilmiştir (Lifshin, 1999). Şekil 3.10'da X-ışını tüpünden elde edilen X-ışınlarının spektrumu görülmektedir (Halmshaw, 1971).



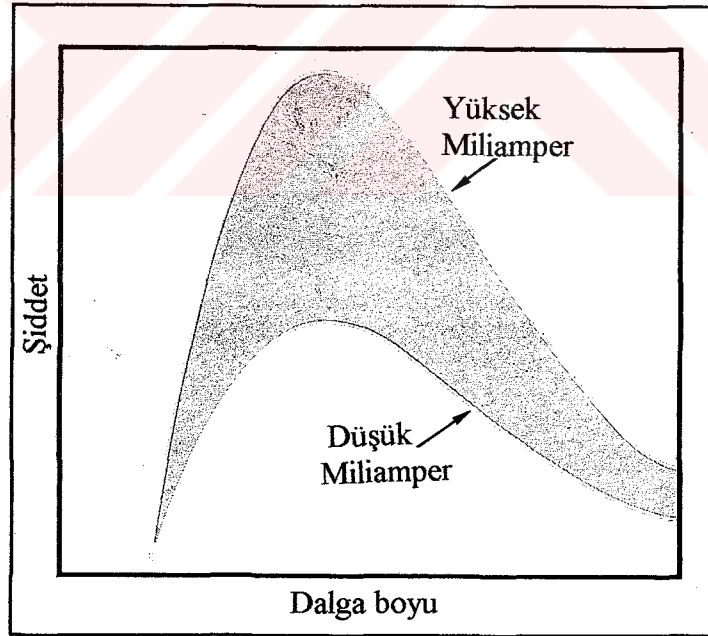
Şekil 3.10 X-Işını Tüpünden Elde Edilen X-Işını Spektrumu

3.6. X-Işını Tüpü Kumanda Faktörleri

X-ışını tüpünde, esas itibariyle üretilen frenleme tipi X-ışınlarının maksimum enerjisi, hızlandırılan elektron ile hedef elektronun tek çarpışmasından doğmaktadır. Elektronların kinetik enerjisi, elektronların miktarı olan akım ve ivmelendirme voltajı olan gerilimin ürünüdür.

X-ışını tüpüne uygulanan gerilim ve akım parametreleriyle X-ışını tüpüne kumanda edilmektedir. Bu sebeple akım ve gerilim faktörleri, “kumanda faktörleri” olarak nitelendirilmektedir.

X-ışını cihazının flaman akımı (miliamper kumandası) ve hızlandırıcı alan gerilimi (kilovolt kumandası) değiştirilmek suretiyle üretilen X-ışınlarının spektrumu istenen yönde değiştirilebilir. Flaman akımı (mA) arttırıldıkça spektrum içinde her bir dalga boyuna ait bağıl şiddet arttırılmış olmaktadır. Bir diğer deyişle, X-ışınlarının spektral yapısı değiştirilmeden üretilen ışın miktarı (şiddeti) çoğaltılmış olmaktadır (Farr ve Diğ., 1997). Şekil 3.11’de akım değişiminin X-ışını spektrumunu etkileyişi görülmektedir (Kodak, 1980).

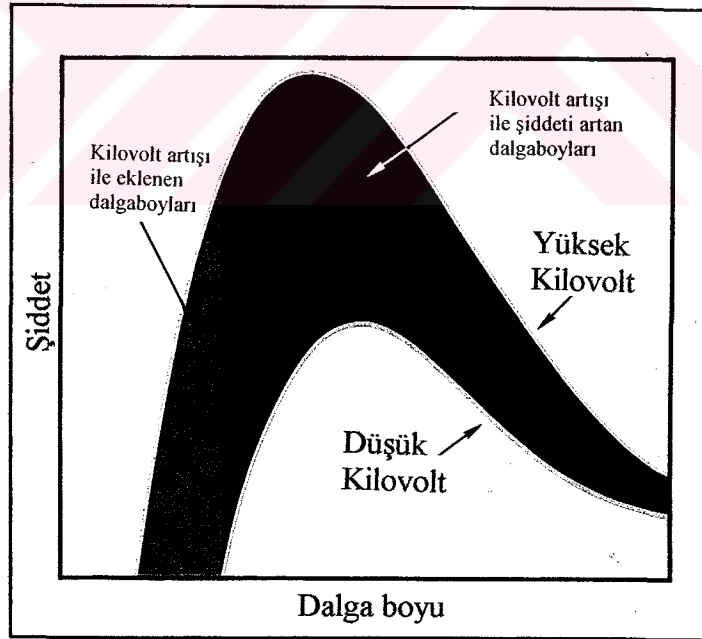


Şekil 3.11 Akımın Değişiminin X-Işını Spektrumuna Etkisi

Sürekli spektrumun enerji dağılımı esas itibariyle, X-ışını tüpüne uygulanan potansiyel farkına bağlıdır. Elektronu hızlandıran alanın gerilimi (kV), bir başka deyişle, tüpe uygulanan potansiyel farkı arttırıldığında ise, X-ışını spektrumuna hem daha kısa dalga boyları (daha yüksek enerjili X-ışınları) eklenmekte ve hem de her dalga boyuna ait bağıl şiddetler arttırılmış olmaktadır.

X-ışını tüpüne uygulanan kilovoltaj arttırıldığında, X-ışınları şiddeti artarken, enerji yönünden de sertleşmektedir. Aynı zamanda, enerji maksimumu kısa dalga boylarına doğru kaymaktadır. Her potansiyel farkı için kısa dalga boylarının belirli bir alt sınırı var olup, ve potansiyel farkı arttıkça bu alt sınır kısa dalga boylarına doğru ilerlemektedir (**Özden, 1981**). Birim zamanda daha fazla X-ışını üretmek için potansiyel farkı, maksimum değerde sabit tutmak gerekmektedir (**Hendee ve Ritenour, 1992**).

Şekil 3.12’de gerilimin (potansiyel farkının) değişiminin X-ışını spektrumunu etkileyişi görülmektedir (**Kodak, 1980**).



Şekil 3.12 Gerilimin Değişiminin X-ışını Spektrumuna Etkisi

3.7 Tıpta Kullanılan X-ışını Teknikleri:

X-ışınları tıp alanında yıllardır kullanılmaktadır. Bununla birlikte tıpta farklı disiplinlerde ortaya çıkan belirli ihtiyaçlarda çeşitli yaklaşımlar vardır. Tıpta kullanılan X-ışını tekniklerinden önemlilerini farklı uygulamalarıyla, radyografi, floroskopi, anjiyografi, mammografi, Xeroradyografi, geleneksel tomografi, bilgisayarlı tomografi, tek enerjili X-ışını tekniği ve çift enerjili X-ışını tekniği olarak sayılabilir (Shung ve Diğ., 1992). Burada, bu Yüksek Lisans tezi bağlamında ilgilenilen teknik olan ve kemik mineral yoğunluğu ölçümünde kullanılan çift enerjili X-ışını tekniği üzerinde durulacaktır.

3.8. Çift Enerjili X-ışını Absorbsiyometri Tekniğinin Gelişimi

Kemik dansitometresi ölçüm yöntemleri ilk olarak Richard Mazess ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmalar sonucunda 1960'lı yılların sonlarına doğru tek foton absorbsiyometrisi (SPA) teknolojisi ile kullanıma girmişlerdir. Daha sonra SXA, DPA, DEXA, QCT ve son olarak ta, NMRI teknolojisinin kullanıma girmesiyle birlikte oldukça geliştirilmişlerdir (Hayırhoğlu, 1999)

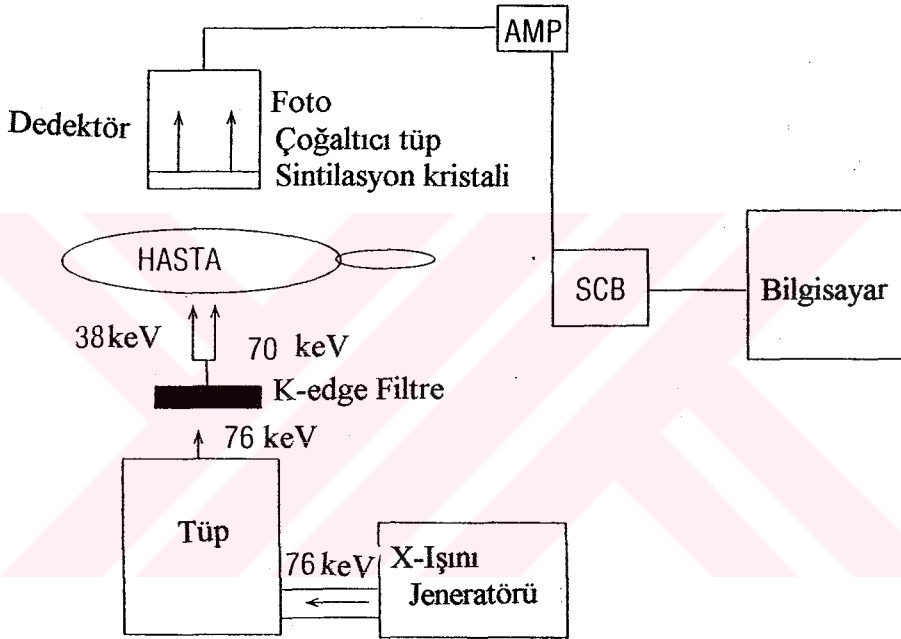
Çift enerji kullanımı, Alvarez ve Macovski tarafından 1976'da geliştirilmiş bulunmaktadır (Shung ve Diğ., 1992). Batı ülkelerinde, ortalama yaşam süresi uzadıkça sağlık sorunları içinde ön plana çıktığı fark edilen kemik erimesi problemini anlamaya ve geriletmeye yönelik çabalarda anlamlı bir artış gözlenmiştir.

Densitometreler, osteoporoz teşhisinde, hassas, objektif, takipte kıyaslanabilir sonuçlar veren bir sistem geliştirmeye yönelik bilimsel çabaların ürünü olarak yakın zamanlarda geliştirilmiştir (Sümen, 1999). Bu bağlamda, kemik yoğunluğu veya kemik mineral yoğunluğu ölçümü hayli yeni olarak nitelenebilecek uygulamalardır.

Ancak, günümüzde SXA hemen hiç kullanılmamakta, SPA ise oldukça sınırlı olarak kullanılmaktadır. Standart röntgen çekimi, kemik yoğunluğu tayini için istenen hassasiyette olmadığı için, NMRI da henüz standardize edilmediğinden dolayı rutin kullanımda değildirler. Diğer yöntemlerin ise daha sık kullanıldığı gözlenmektedir. Buna karşın, radyoizotop kullanılmaması ve radyasyon dozunun diğer diagnostik X-ışını çalışmalarının altında olması nedeni ile kemik mineral yoğunluğu ölçümünde DEXA günümüzde oldukça gözde bir yöntemdir (Hayırhoğlu, 1999).

3.9. Çift Enerji X-Işını Absorbsiyometrisi (DEXA)

Çift enerji X-ışını absorbsiyometrisi (DEXA) tekniği 1987’de geliştirilmiş, yeni bir teknik durumundadır. Bu teknik ortaya çıktığından beri, çift enerji X-ışını absorbsiyometrisi (DEXA), kemik yoğunluğu tayinine yönelik klinik uygulamalarda önde gelen teknik olmuştur. Ayrıca, bu teknik hızla gelişim göstermiş ve bu tekniğe ilişkin yeni kemik ölçüm sistemleri oluşturulmuştur (Blake ve Fogelman, 2001). Şekil 3.13’de Çift Enerjili X-ışını Absorbsiyometri tekniğinin şematik gösterimi görülmektedir (Sümen ve Diğ., 2001).



Şekil 3.13 Çift Enerjili X-ışını Absorbsiyometrisi (DEXA) Tekniğinin Şematik Gösterimi

Çift enerji X-ışını absorbsiyometri tekniğinin (DEXA) önemli avantajları bulunmaktadır. Bu avantajlar arasında, yüksek kesinlik, kısa tarama zamanı, düşük radyasyon dozu ve stabil kalibrasyon sayılabilir. Ayrıca, osteoporozun tanısında yardım eden tarama cihazları için gereken kullanım uygunluğuna sahip bulunmaktadır. Bu ise, tedavi hakkındaki kararı kolaylaştırmaktadır (Blake ve Fogelman 2001).

Bu yöntemde de, çift foton absorbsiyometri tekniğinde (DPA) olduğu gibi, hem yüksek hem de düşük enerji seviyesindeki fotonların yumuşak dokuları orantılı olarak geçmesine karşılık, yalnızca yüksek enerji seviyesindeki fotonların kemikleri geçmesi ile kemik ve yumuşak dokuların ayrılması sağlanmaktadır.

3.10. Çift Enerjili X-Işını Absorbsiyometri Tekniğinin Özellikleri

Çift enerjili X-ışını absorbsiyometri tekniği, osteoporozun erken dönemde teşhisi ve karşılaştırılabilir ölçümlerle izlenmesi amacıyla uygun, özel olarak geliştirilmiş bir teknik durumundadır. Çift enerjili X-ışını kullanıldığından kemik ve yumuşak doku ayrımı yapılabilmektedir. X-ışını tüpünden gelen ışınlar Cerium K-Edge filtre ile iki ışına indirilmektedir. Bu iki ışın, vücuttan geçmekte, yumuşak doku ve kemiği ayrı ayrı ve aynı anda taramaktadır. Dedektör ise, yumuşak doku ve kemik değerlendirmesi için tek ve bir adettir (Sümen ve Diğ., 2001).

X-ışını tüpü, 24 saat sürekli çalışabilecek şekilde dizayn edildiğinden ısınma problemi söz konusu değildir. Ayrıca, radyasyon kazası ihtimali de bulunmamaktadır.

Bu teknik, yalnızca, kırıkların sık görüldüğü vertebra ve femur boynu ölçümlerinde değil, tüm vücut ölçümleri ve özel diğer ölçümlerde oldukça iyi doğruluk ve kesinlik oranına sahiptir. Çekim süresi kısa ve görüntü rezolüsyonu iyi olarak nitelenmektedir.

Hastanın aldığı radyasyon dozu oldukça düşüktür (Hayırhoğlu, 1999). Örneğin; tüm vücut çekiminde, operatör radyasyon dozu bir saatte 1 metre mesafede sürekli durulursa 0,001 mSv/saat (0,1 mRem/saat)'in altında olduğu tespit edilmiştir. Hasta için ise, 0,0002 mSv/saat (0,02 mRem)'in altında olduğu belirtilmektedir (Sümen ve Diğ., 2001)

3.11. Çift Enerjili X-Işını Absorbsiyometri Tekniği Cihazları

Bu cihazlarda zaman içinde oluşabilecek kalibrasyon hatasını elimine etmek için kalite kontrol amacı ile “Sistem Testi” ve “Otomatik Test” programı bulunmaktadır. Kemik yapısı özelliklerine sahip fantomlar ve otomatik test programı vasıtası ile istenildiğinde günlük ve aylık “Sistem Testi” ve “Kalite Kontrolleri” yapılmaktadır (Sümen ve Diğ., 2001)

Kemik Yoğunluğu ölçümünde, Çift Enerjili X-ışını Absorbsiyometri tekniği, halen “altın standart” olarak kabul edilmektedir. Yapılan çalışmalarla bu teknik geliştirilmekte ve yeni cihaz ve yazılım (software) donanımları eklenmektedir. Şekil 3.14’te DEXA Cihazı görülmektedir.



Şekil 3.14 Çift Enerjili X-ışını Absorbsiyometrisi (DEXA) Cihazı

Dokulardan geçen ışın miktarı bir dedektör tarafından sayılarak düşük enerji kanalına ait ölçüm ile yüksek enerji kanalına ait ölçüm değerleri bilgisayar tarafından ayrılmaktadır. Böylelikle, yumuşak dokuların absorpsiyon değeri belirlenmekte ve sıfırlanmaktadır (Sümen, 1999).

Çift enerji X-ışını absorpsiyometrisinin (DEXA) ölçümlerinde, X-ışını tüpünün enerji spektrumunu iki dar enerji bandına indirgemekte iki farklı teknik uygulanmaktadır. Biri K-Edge filtresi kullanmak diğeri ise hızlı çevrim (switching) yaparak tüpe giren enerji voltajını sürekli değiştirmektir. K (K-edge) filtrasyonu ile iki dar enerji bandına indirgenerek uygulama yapılmasıyla, farklı tipteki hastalara ilişkin başarılı sonuçlar alınabilmektedir (Wilson, 1998). Bu şekilde, farklı yapıdaki, örneğin; şişman hastalarda bile kemik ve yumuşak doku kontrast ayırımı kolaylıkla yapılabilmektedir.

Ancak, hızlı çevrim (switching)'de sistemin özeliğinden dolayı yöntemin dezavantajları bulunmaktadır. Yüksek ve düşük enerjili fotonlar tüpten aynı anda değil, zaman farkı ile çıkmaktadırlar. Bu ise tekniğin uygulamasında bazı uygulama sorunları yaratabilmektedir.

Ayrıca, hızlı çevrimde (switching), stabil olmayan foton çıkış yoğunluğunun sürekli kontrolünün ve foton sayımının ve de buna göre düzenleme yapılmasının teknik zorlukları bulunmaktadır. İki ayrı enerji seviyesinin yanında, kemik ve yumuşak doku olarak ölçülmesi gereken iki farklı doku komponentinin bulunması, kalibrasyon işleminin daha titizlikle yapılmasını gerektirmektedir. Bu nedenle, yapılan çok sayıda indirekt hesaplamalar ise, sonuçların doğruluğunu azaltmakta ve ölçüm hassasiyetini düşürmektedir (Sümen ve Diğ., 2001).

Ancak, geliştirilen Cerium K (K-Edge) filtrelerle, zaman kaybı söz konusu olmamaktadır. Filtre, geçmesine müsaade ettiği iki farklı ışının her birinin eş zamanlı olmasını sağlamaktadır. Böylece, her iki ışın ayrı ayrı, fakat zaman farkı olmadan geçtiğinden aynı detektör düzeyinde eş zamanlı sayılabilmektedir. Böylece, % 99.5 ölçüm hassasiyet ile ve güvenli ölçümlere ulaşılmaktadır. Bu sistem sayesinde, sürekli düzeltme ve zorlama da olmadığı için X-ışını tüpünün ömrü uzamaktadır (Hayırhoğlu, 1999).

Günümüzde densitometre cihazlarında esas olarak iki farklı tarayıcı sistemi kullanılmaktadır. Bunlar pencil-beam (kalem hüzmeye) ve fan-beam (yelpaze hüzmeye) tarayıcılar olmaktadır.

Pencil-beam (kalem hüzme) tarayıcılarda gönderilen X-ışını tek bir nokta olarak nitelenebilecek şekilde (örneğin 1 mm²) kolime edilmektedir. Bu X-ışını ile görüntü çizgilerinin her noktası ayrı ayrı değerlendirilmektedir. Saçılmanın önemli ölçüde azaltılmış olmasına karşın, görüntü elde etme zamanının uzun olması ve tüp yüklenmesinin aşırı olması sistemin dezavantajları olmaktadır.

Fan-Beam (yelpaze hüzme) tarayıcılar; son zamanlarda DEXA sistemi için geliştirilmiş tarayıcılar olmaktadır. Bu tarayıcılarda, radyasyon kaynağından çıkan hayli iyi inceltilmiş ışın demeti, kaynaktan uzaklaştıkça, bir yelpaze görünümünde olup, üç boyutlu, şekli ise, el fenerinden yayılan ışık gibi, bir koniye benzemektedir **(Hayırlıoğlu, 1999)**.

Çift enerji X-ışını absorbsiyometrisi (DEXA) sistemleri, hızlı tarama avantajlarıyla da, kemik yoğunluğu çalışmaları için tercih edilen metod olmuştur. Günümüzde, “altın standart” olarak önde gelen teknik olarak kabul edilmektedir **(Konsensus, 1998)**.

BÖLÜM 4

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu Yüksek Lisans Tezinde çift enerjili X-ışını absorpsiyometrisi (DEXA) ile kemik yoğunluğu ölçümü sisteminin kalite kontrol testi bağlamında deneysel bir çalışma yapılması hedeflenmiştir. Bu amaçla, gelişkin hastane olanaklarından yararlanılarak bir dizi deney yapılmıştır.

4.1. Deneylerde Kullanılan Fantomun Tanıtımı

Kemik mineral yoğunluğu tayini, uygulama bağlamında insanları ilgilendiren bir olgudur. Ancak, deneysel çalışma amaçlı olarak insan kullanımı, radyasyon riski bakımından genellikle, nükleer tıp çalışmalarında benimsenmemektedir. Çoğu kez, insan yerine, ilgilenilen canlı doku ve/veya yapıyı simüle edebilecek bir obje ile çalışılması yoluna gidilmektedir. Söz konusu bu obje ise, “fantom” olarak nitelenmektedir.

Bu yüksek lisans tez çalışmasında kemik mineral yoğunluğu ölçüm sisteminin kalite kontrol testi için standart bir fantom kullanımı benimsenmiştir. Böylelikle, kullanımının uygunluğu kanıtlanmış bir fantom ile çalışılmış olmaktadır.

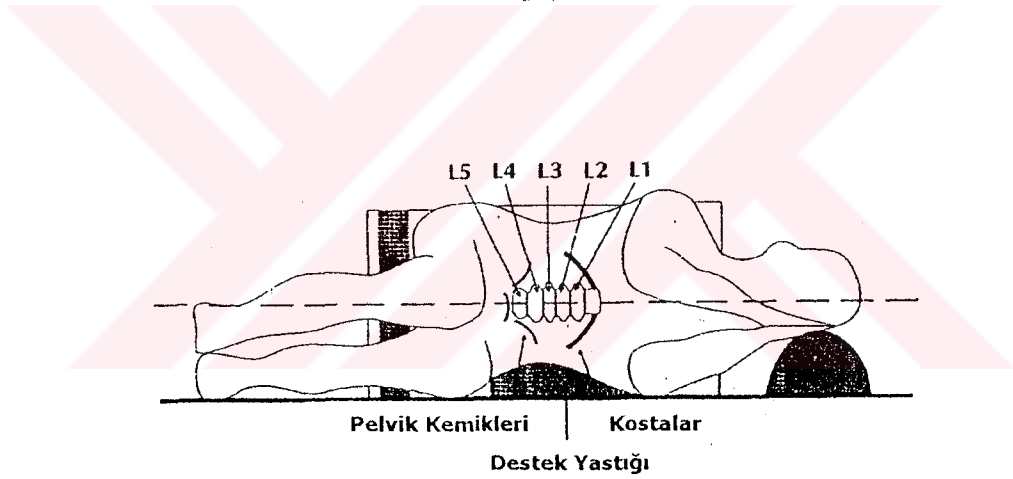
Söz konusu fantom LUNAR standartlarındadır. Fazla olarak, bu Yüksek lisans tez çalışılması yapılan DEXA cihazı ile uyumlu olduğu belirtilen bir fantomdur. Alüminyum malzemeden imal edilmiş olan fantoma ait özellikler Tablo 4.1’de verilmektedir.

Kullanmış olduğumuz bu fantom insan iskeletindeki Lomber vertebraların özelliği referans alınarak üretilmiştir. Ayrıca, Lomber vertebraların şekline göre şekillendirilmiştir. Böylelikle söz konusu fantom omurga lomberlerini simüle edebileceği belirtilmektedir. Bu çalışmada iki lomber bölgesi ile çalışılmıştır. Bunlar; L2 ve L3 lomber vertebraları olup, L2 vertebra 7 mm ve L3 vertebra 8.5 mm kalınlığa sahiptir.

Tablo 4.1
Kullanılan Fantomun Özellikleri

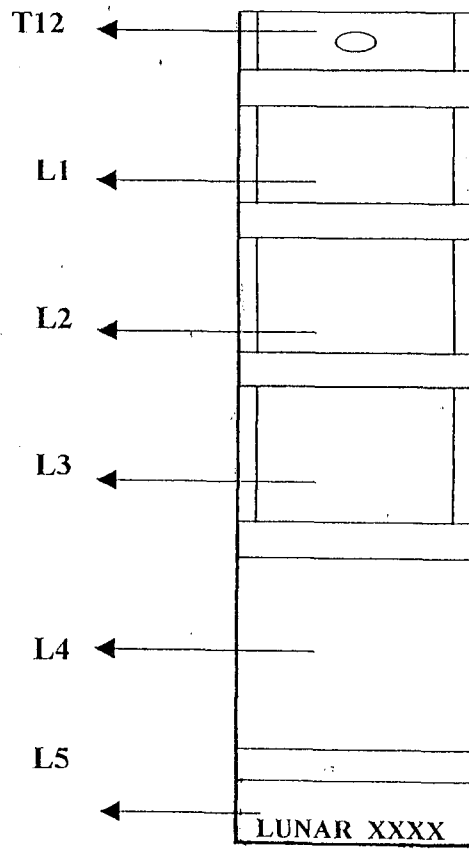
Parametreler	Niceliği
Boy	160 mm
Eni	40 mm
Yüksekliği	10 mm
Hacmi	50 cm ³

Şekil 4.1’de çalışılan lomber vertebra ların insandaki yeri gösterilmektedir.



Şekil 4.1. Çalışılan Lomber Vertebra ların İnsandaki Yeri

Şekil 4.2’de çalışılan fantom şematik olarak görülmektedir. Şekil 4.3’de çalışılan fantomun fotoğrafik görüntüsü verilmektedir. Şekil 4.4’de ise çalışılan fantomun yan üstten fotoğrafik görüntüsü verilmektedir.



Şekil 4.2. Deneylerde Kullanılan Fantomun Şematik Çizimi



Şekil 4.3. Deneylerde Kullanılan Fantom



Şekil 4.4. Deneylerde Kullanılan Fantomun Yan Üstten Alınan Görüntüsü

4.2. Deneylerde Kullanılan Cihaz Ve Elemanlar

Kemik mineral yoğunluğu ölçümü sisteminin kalite kontrol testi için bir deney düzeneği oluşturulmuştur. Söz konusu bu deney düzeneği, çift enerjili X-ışını absorbsiyometri tekniği uygulamasına uyumlu olmasına özellikle özen gösterilmiştir. Çift enerjili X-ışını absorbsiyometrisi ile kemik yoğunluğu ölçümü sisteminin kalite kontrol testine ilişkin oluşturulan deney düzeneğini oluşturan cihaz ve elemanlar;

- Lunar DPX-L çift enerjili X-ışını absorbsiyometri cihazı
- Bilgisayar ve Monitörü
- Bilgisayar Yazılımı
- Yazıcı
- Fantom .
- Kap

olarak sayılabilir Bunlardan fantom, Bölüm 4.1 içinde ayrı olarak tanıtılmıştır, diğerleri ise aşağıdaki alt bölümlerde ayrı ayrı tanıtılmaktadır.

4.2.1. Lunar DPX-L Çift Enerjili X-Işını Cihazı

Bölüm 2’de anlatıldığı gibi, kemik yoğunluğu ölçümünde farklı teknik ve cihazlar kullanılmaktadır. İlk geliştirilen tekniklerin radyoizotop içermelerinden dolayı hastaların daha yüksek radyasyon dozu almaları ve çekim sürelerinin uzunluğu nedeniyle dezavantajları bulunmaktaydı.

Çift enerjili X-ışını absorbsiyometrisi (DEXA), halen kemik mineral yoğunluğu belirlemede en doğru ve kesin bir yöntem olarak nitelenmesi nedeniyle, yaygın şekilde osteopeni ve/veya osteoporoz tanısında, fraktür riski ve tedavinin takibinde referans metod olarak geniş ölçüde kabul görmektedir (**Dilşen ve Diğ., 2001,Pafumi ve Diğ.,2002**). Günümüzde kırık riskinin tayini için önde gelen ve çoğu kez tercih edilen bir teknik durumundadır (**Konsensus, 1998**). Bu nedenlerle bu yüksek lisans tez çalışmasında da, çift enerjili X-ışını absorbsiyometrisi (DEXA) tekniği ile çalışılması özellikle benimsenmiştir.

Deneysel çalışmalarda çift enerjili X-ışını absorbsiyometrisi (DEXA) tekniğine ilişkin olarak kullanılan cihazın modeli Lunar DPX-L’dir (Lunar Corporation, Madison, Wisconsin). Şekil 4.5’de çalışılan bu cihaz görülmektedir.



Şekil 4.5. Çalışmada Kullanılan Lunar DPX-L Çift Enerjili X-Işını Absorbsiyometri Cihazı

DPX-L sisteminde X-ışını jeneratörü bilgisayar kontrollü olup yumuşak doku ve kemik için iki enerji üretmektedir. X-ışını tüpünden çıkan ışınlar Cerium K-edge filtreye ulaşmakta ve bu filtre gelen hüzmeyi iki enerjide sabitlenmiş ışına indirgemektedir (Sümen ve Diğ., 2001) .

4.2.2. Bilgisayar Ve Monitör

Bilgisayar ve monitörü, DPX-L çift enerjili X-ışını absorbsiyometri cihazına bağlı bulunmaktadır. Bilgisayar özellikleri Tablo 4.2’de verilmiştir. Monitör ise Petran marka 14inc ‘lik renkli bir monitördür. Şekil 4.6’da deney düzeneğinde yer alan bilgisayar ve monitörü görülmektedir.

Tablo 4.2
Bilgisayar Özellikleri

Özellik	Açıklama
İşlemci	Celeron 266 MHz
Ön Bellek	32 MB RAM
Harddisk	2 GB
Ekran Kartı	S3 Inc. Trio64V2



Şekil 4.6 Bilgisayar ve Mönitörü

4.2.3. Bilgisayar Yazılımı

Bilgisayar yazılımı Lunar Corporation firması tarafından kemik yoğunluğu ölçüm sistemleri için özel olarak hazırlanmıştır. Bilgisayar yazılımının nitelikleri Tablo 4.3’de listelenmiştir.

Tablo 4.3.
Bilgisayar Yazılımı

Özellik	Açıklama
Türü	DPX X-Ray Kemik Densitometresi
Version	4.6 d
Yapımcı Firma	Lunar Corporation
Yapılış Tarihi	01 Mart 1999

Deneylerde kullanılan DPX-L, çift enerjili X-ışını absorpsiyometre cihazında bulunan yazılım programında dört farklı çekim modu yüklü bulunmaktadır. Bu özellikler yazılım programının sisteme kazandırmış olduğu avantajlardır. Bunlar;

- **Anterior-Posterior Spine (AP Spine) (Ön-Arka Omurga) Çekimi :**

Bu çekimde, hasta sırt üstü uzatılarak çekim yapılmaktadır. Bu çekim türünde çekim alınan omurga bölgesinin hem ön elemanlarının hem arka elemanlarının değerleri ölçüm sonuçlarına girmektedir.

- **Lateral Spine (Yanal Omurga) Çekimi :**

Hasta sol tarafına yatırılarak, gerekli aparatlar yardımı ile Şekil 4.1’de görüldüğü gibi omurga düzleştirilecek şekilde hazırlanarak çekim yapılmaktadır. Lateral spine (yanal omurga) çekimi posteior (arka) çıkıntıları da göz önüne alarak, kemik mineral yoğunluğu (BMD) değerlerini elde etmek için geliştirilmiş bir program durumundadır. Kısaca bu ölçüm tipinde AP spine ölçümünde sonuçlara giren arka elemanların değerleri ölçüm dışı bırakılmaktadır.

- **Femur (Uyluk) Çekimi :**

Bu ölçüm türünde hem sağ hem sol femur (uyluk) çekimi ayrı ayrı yapılabilir. Çekimden sonra ölçüm analizinde femur (uyluk) üç bölgeye ayrılmakta ve sonuç için femur (uyluk) boynu bölgesinin değeri yorumlanmaktadır.

- **Tüm Vücut Çekimi :**

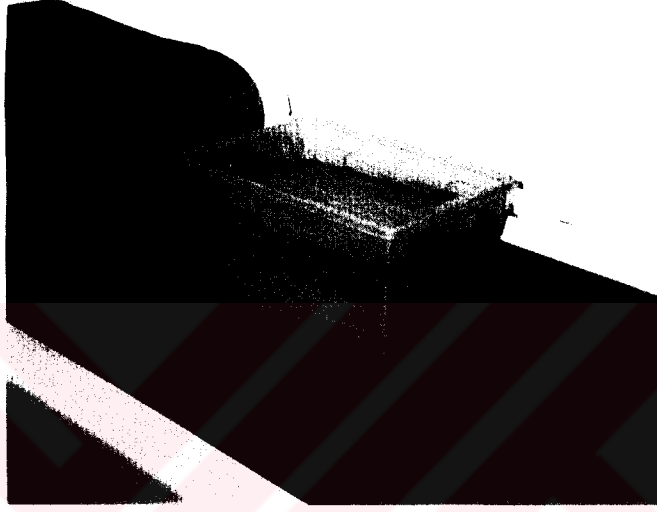
Vücut kompozisyonu tesbiti için kullanılmaktadır. Vücut kompozisyonu, tüm vücut çekiminden sonra kemik mineral yoğunluğu (BMD) sonuçlarına ek olarak elde edilmektedir. Sonuçlar, tüm vücut için sağ ve sol yanlar ayrı ayrı olacak şekilde yağ yüzdesi, yağ kitlesi ve yağsız vücut kitlesi olarak belirtilmektedir. Yazılım ile istenilen büyüklük ve şekilde çok sayıda bölgenin manual (elle kumandalı) olarak seçilmesi ve analizi de mümkün olmaktadır (Sümen, 1999).

4.2.4. Yazıcı

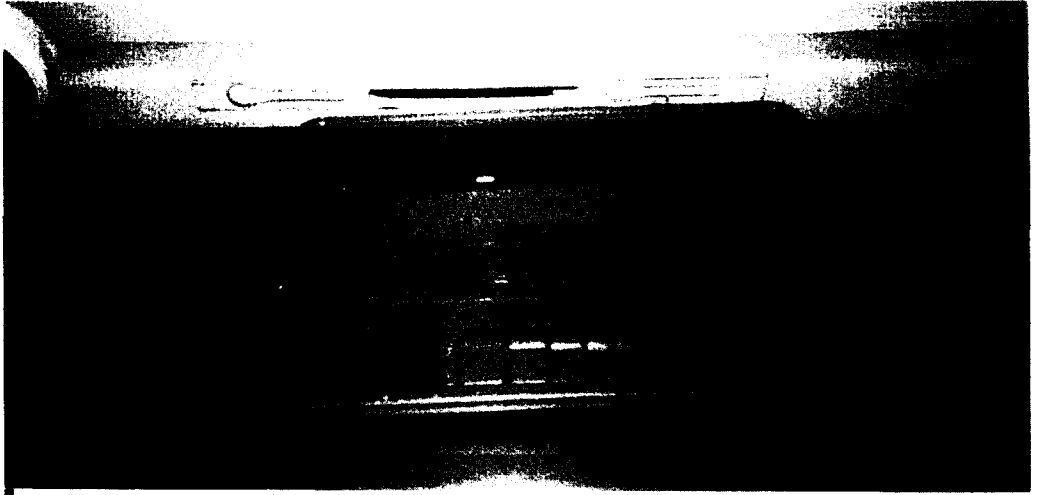
Yapılan deneylerin sonuçları bir yazıcıdan bilgisayar çıktısı olarak alınmaktadır. Yapılan deney sonuçları bu yazıcı yardımı ile alınabilmiştir. Kullanılan yazıcı Hewlett Packard DeskJet 690C Marka Yazıcıdır.

4.2.5. Kap

Deneylerde kullanılan kap, polimer esaslı bir kap olup ebatları $50 \times 20 \times 20$ cm'dir (Şekil 4.7). Deneyler yapılırken bu kaba 15 cm'e kadar su doldurulmuş ve içine fantom yerleştirilmiştir. Böylelikle, kemik etrafındaki yumuşak doku simülasyonu sağlanabilmiştir. Şekil 4.8'de doku simülasyonu ile birlikte kap içine fantom yerleştirilmiş hal görülmektedir.



Şekil 4.7 Deneylerde Kullanılan Kap

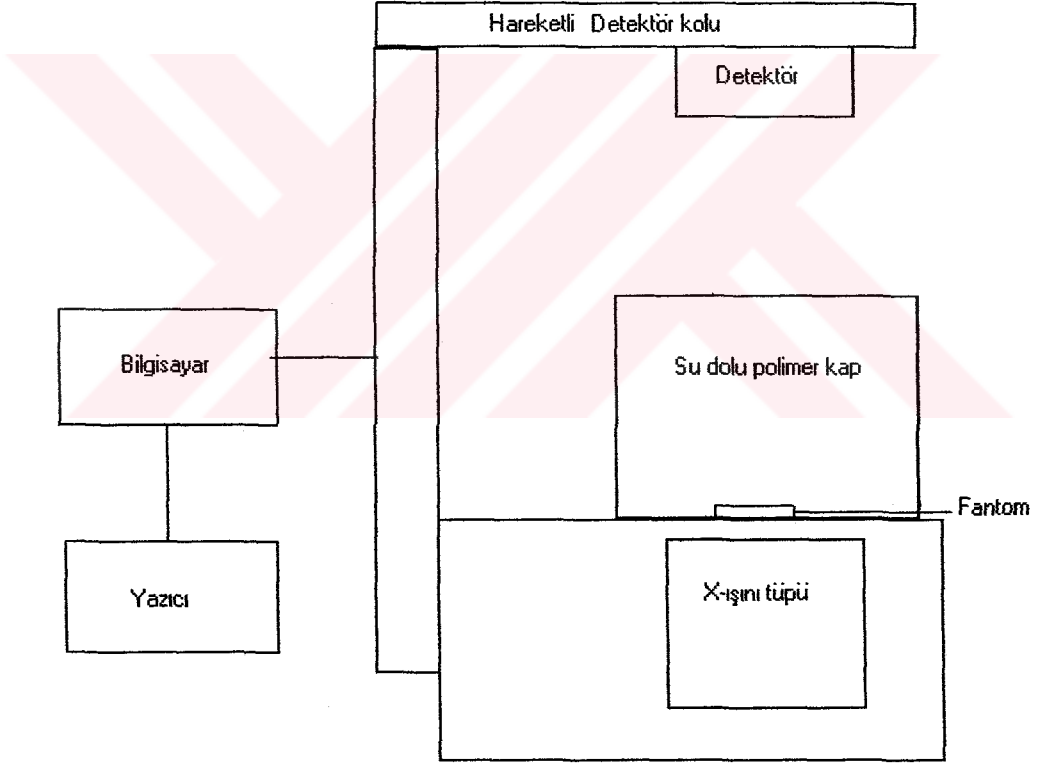


Şekil 4.8. Doku Simülasyonu ile Birlikte Kap İçine Fantom Yerleştirilmiş Hal

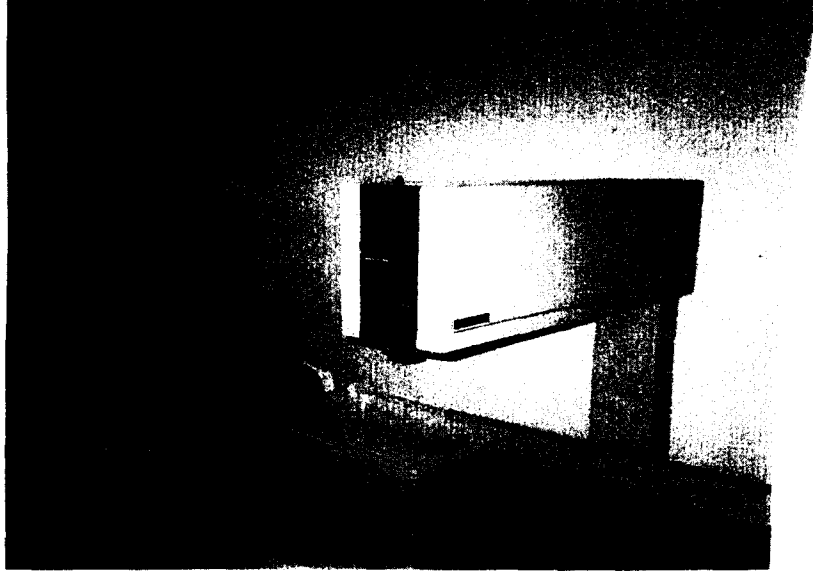
4.3. Deney Düzeneği

Bu yüksek lisans tez çalışmasındaki deney geometrisi çalışılan Lunar DPX-L çift enerjili X-ışını absorbsiyometrisinin aylık sistem kalite kontrol düzeneği göz önünde bulundurularak çalışma şartlarına uygun hazırlanmıştır. Böylelikle, kalibrasyonda kullanılan geometri ve dolayısı gerçekçi bir deney geometrisi ile çalışılması benimsenmiştir.

Şekil 4.9’da deney düzeneği şematik olarak, Şekil 4.10’da ise fotoğrafik olarak görölmektedir.



Şekil 4.9. Şematik Deney Düzeneği



Şekil 4.10. Deney Geometrisi

4.4. Deney Parametrelerinin Tanıtımı

Lunar DPX-L cihazı ile Çift enerjili X-ışını absorbsiyometri uygulamasında “sabit nokta sayımı - static caunter” esaslı çalışılmıştır. Nitekim, hasta da ölçüm sırasında hareket ettirilmemektedir. Bu bağlamda tekniğin uygulamasında iki önemli parametre bulunmaktadır.

Bunlar, (frenleme tipi X-ışınları için kumanda faktörleri olan);

- Gerilim (kV)
- Akım (mA)

olmaktadır.

Gerilim ve akım parametrelerinin değişimlerine ilişkin olarak farklı deneyler yapılmış ve söz konusu parametrelerin değişim etkisi incelenmeye çalışılmıştır. Diğer parametre ve şartlar ise sabit tutulmuştur. Tablo 4.4’de çalışma parametreleri verilmektedir.

Tablo 4.4.
Çalışma Parametreleri

Gerilim	Akım
72 kV	500 μ A
	750 μ A
	1000 μ A
	1500 μ A
	2000 μ A
	2500 μ A
	3000 μ A
76 kV	500 μ A
	750 μ A
	1000 μ A
	1500 μ A
	2000 μ A
	2500 μ A
	3000 μ A
80 kV	500 μ A
	750 μ A
	1000 μ A
	1500 μ A
	2000 μ A
	2500 μ A
	3000 μ A

4.5. Deneylerin Yapılışı

Deneyin ana teması; insan omurgasını simüle eden bir fantom, yumuşak dokuyu simüle etmek üzere su ile doldurulmuş bir polimer kap içerisine yerleştirilerek gerekli parametre değişimleri yapılarak, fantom üzerinde 2, 3, lomber vertebralarda belirlenen noktalarda sayımlar almaktır. Bu çalışmadaki tüm işlemler, deney süresince titizlikle yapılmıştır.

Öncelikle, kullanılan fantom, polimer kap içerisine ortalananak biçimde yerleştirilmiştir. Daha sonra, polimer kap, üzerinde belirlenmiş olan seviyeye kadar (15 cm) su ile doldurulmuştur. Su seviyesi insan vücudunun ölçüm yapılan bu bölgedeki doku eşdeğeri göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Suyun konulma amacı, kemik etrafındaki yumuşak dokuyu simüle etmektir.

Yumuşak dokunun olmadığı bölgede çift enerji çıkarımı (dual X-ray subtraction) yapılamamaktadır. Zira, farklı doku simülasyonu yapılmamış olmaktadır. Burada, yumuşak doku simülasyonu için suyun tercih edilmesinin nedenleri; insan kas dokusuna hayli benzer özellik ve davranışa sahip olmasıdır. Zaten insan vücudunun % 70'i su olarak nitelenmektedir. Bu bakımdan, bu çalışmada da yumuşak doku simülasyonu için su tercih edilmiştir.

Bölüm 4.2 içinde tanıtılan deney düzeneği cihaz ve elemanları Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'daki yerleşim düzeni içinde Tablo 4.4'de verilen parametreler için ayrı ayrı yapılmıştır. Her deney için yazıcıdan sonuçlar alınmıştır.

Deneylerde pozisyonlama, çekim kolu üzerindeki pozisyon düğmeleri ile çekim kolu ve dedektörün hareket ettirilmesiyle olmaktadır. Geriye/Öne (Back/Front) düğmesi, dedektörü çekim masasının boyuna hareket ettirmeyi sağlamaktadır. Sol/Sağ (Left/Right) düğmesi ise, dedektörü çekim kolunu enine hareket ettirmeyi sağlamaktadır. Bu düğmeleri kullanarak çekim masasına yukarıda anlatılmış olduğu gibi yerleştirilmiş olan spine (omurga) fantomun 2 ve 3 Lomber vertebralarının her birinin ayrı ayrı sağ üst köşesine sağdan ve soldan birer santim yakınlıkta olacak şekilde lazer ışığı ile işaretlenerek pozisyonlama yapılmıştır.

BÖLÜM 5

DENEY SONUÇLARI

5.1. Çift Enerjili X-Işını Absorbsiyometri (DEXA) Kalite Kontrol

Ölçümleme Deneylerinin Sonuçları

Bu Yüksek Lisans tezinde hedeflendiği üzere, fantom kullanılarak, gerçekleştirilen deneyler sonucunda farklı gerilim ve akım değerlerinde sayımlar alınmıştır. Deneyler, Bölüm 4 içinde detaylı olarak açıklandığı üzere 3 farklı gerilim, 7 farklı akım değerlerinde Çift Enerjili X-Işını Absorpsiyometri (DEXA) Kalite kontrol ölçümü bağlamında çalışmalar yapılmıştır. Böylelikle, versiyonel çalışma parametreleri için fantomdaki 2 farklı lomber vertebra (L2 ve L3) için sayımlar alınmıştır. Çift Enerjili X-Işını Absorpsiyometri (DEXA) cihazı bilgisayarından alınan bilgisayar çıktısı sonuçlar, Ek: A'da ayrı ayrı verilmektedir. Bu sonuçlardan hareketle elde edilen çalışma parametrelerine ilişkin versiyonel olarak aşağıdaki alt bölümler içinde ayrı ayrı verilmektedir.

5.1.1. Sabit Gerilim ve Farklı Akımda Yapılan Deneylerin Sonuçları

Çift Enerjili X-Işını Absorpsiyometri (DEXA) cihazında üç farklı gerilim ile çalışılmıştır. Pratikte en çok kullanılan voltaj olan 76 kV'un yaklaşık $\pm$ % 5 ile çalışılması yoluna gidilmiştir. Böylelikle, çalışma voltajlarımız 72 kV, 76 kV ve 80 kV için deneyler farklı iki lomber vertebra (L2 ve L3) için gerçekleştirilmiştir.

5.1.1.1. 72 kV ve Farklı Akımda Yapılan Deneylerin Sonuçları

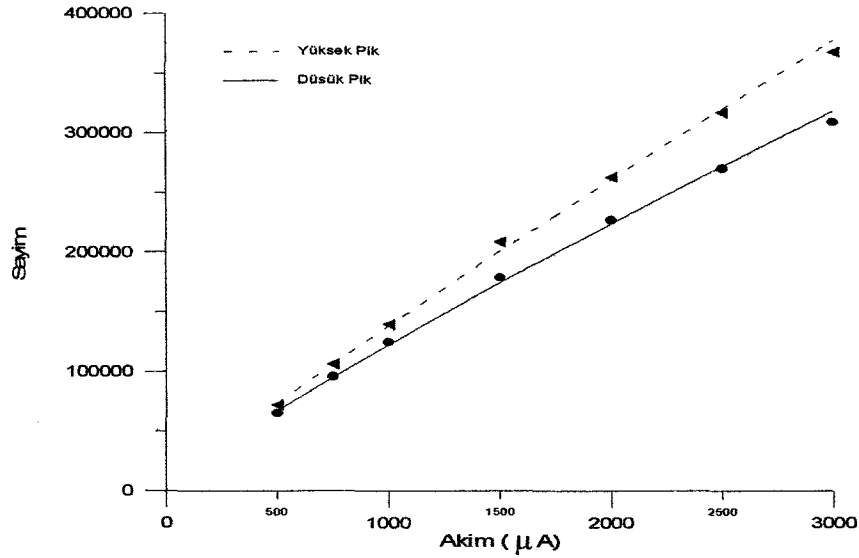
Çift Enerjili X-Işını Absorbsiyometri (DEXA) cihazında 72 kV gerilim ve 7 farklı akım değerlerinde (500 μ A, 750 μ A, 1000 μ A, 1500 μ A, 2000 μ A, 2500 μ A ve 3000 μ A) L2 lomber vertebra için yapılan deneylerin sonuçları Ek: A içinde Tablo A1 – Tablo A7'de verilmektedir. Tablo A1 - Tablo A7'den hareketle düşük pik, yüksek pik sayım değerleri ile bu piklerin oranı L2 lomber vertebra için Tablo 5.1 olarak düzenlenmiştir.

Tablo 5.1

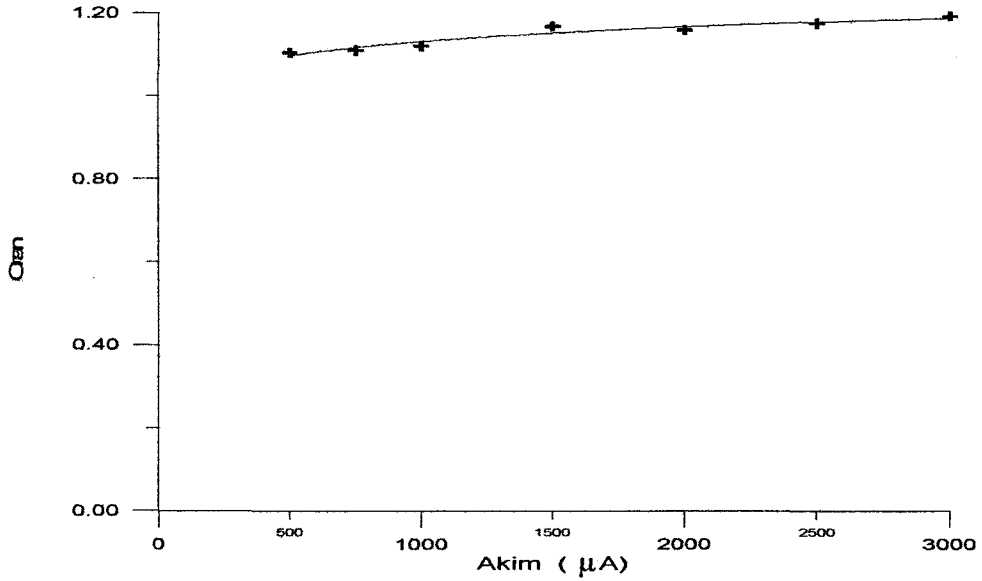
72 kV ve Farklı Akımlarda L2 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Alınan Düşük Pik, Yüksek Pik Sayım Değerleri

Akım	Düşük Pik Sayımı	Yüksek Pik Sayımı	Piklerin Oranı
500 μ A	65120	71864	1.104
750 μ A	95992	106471	1.109
1000 μ A	124699	139723	1.120
1500 μ A	178794	208650	1.167
2000 μ A	226876	262669	1.158
2500 μ A	269906	316805	1.174
3000 μ A	308886	367806	1.191

Tablo 5.1'den hareketle, 72 kV ve farklı akımlarda L2 lomber vertebraşı için yapılan deneylere ilişkin düşük pik ve yüksek pik sayım değerlerine göre çizilen grafikler Şekil 5.1'de aynı şartlarda bu piklerin oranı için çizilen grafik ise Şekil 5.2'de görülmektedir.



Şekil 5.1. 72 kV ve Farklı Akımlarda L2 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Sayım Değerlerine Göre Çizilen Grafikler



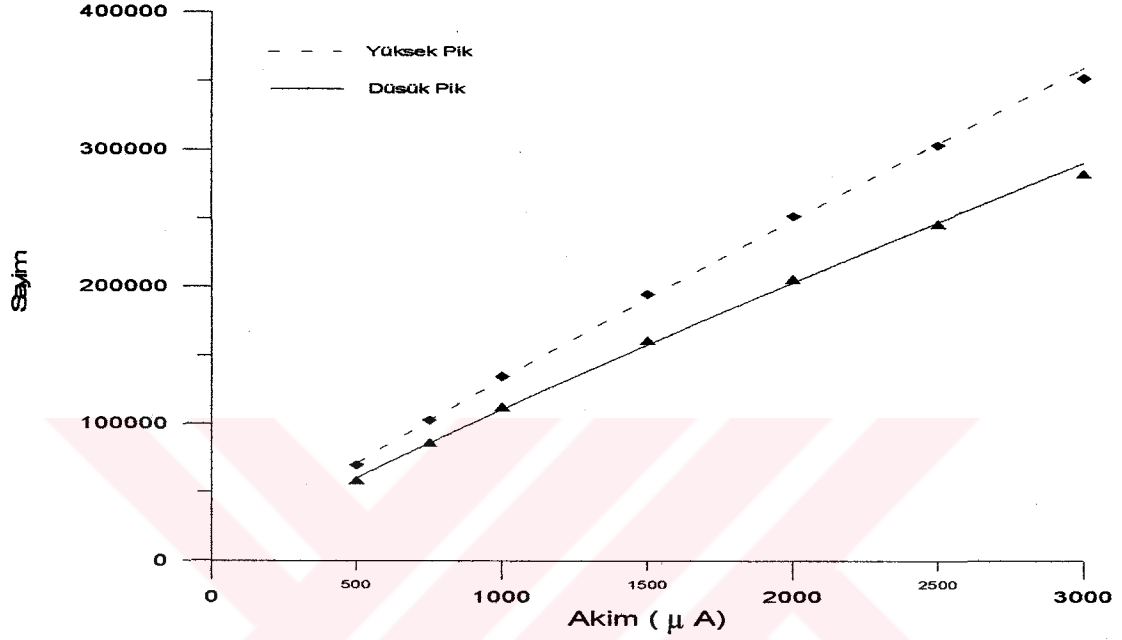
Şekil 5.2. 72 kV ve Farklı Akımlarda L2 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Oranına Göre Çizilen Grafik

Çift Enerjili X-Işını Absorpsiyometri (DEXA) cihazında 72 kV gerilim ve 7 farklı akım değerlerinde (500 μ A, 750 μ A, 1000 μ A, 1500 μ A, 2000 μ A, 2500 μ A ve 3000 μ A) L3 lomber vertebraşı için yapılan deneylerin sonuçları Ek: A içinde Tablo A8 – Tablo A14’te verilmektedir. Tablo A8 ve Tablo A14’den hareketle düşük pik, yüksek pik sayım değerleri ile bu piklerin oranı L3 lomber vertebraşı için Tablo 5.2 olarak düzenlenmiştir.

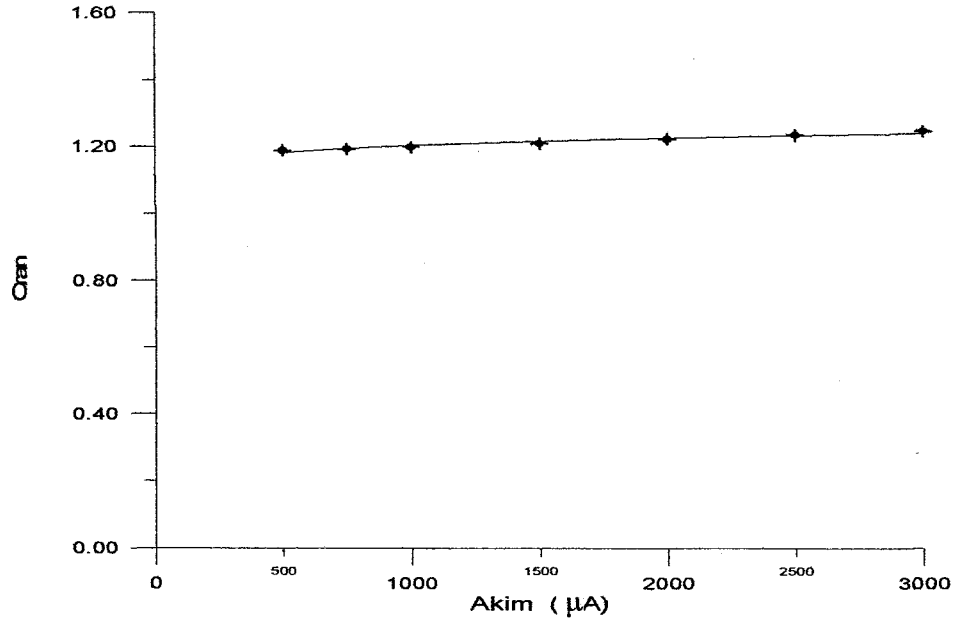
Tablo 5.2.
72 kV ve Farklı Akımda L3 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Alınan Düşük Pik, Yüksek Pik Sayım Değerleri ve Bu Piklerin Oranları

Akım	Düşük Pik Sayımı	Yüksek Pik Sayımı	Piklerin Oranı
500 μ A	58488	69423	1.187
750 μ A	86163	102595	1.191
1000 μ A	112095	134281	1.198
1500 μ A	160872	194573	1.209
2000 μ A	205860	251625	1.222
2500 μ A	245840	303395	1.234
3000 μ A	282578	351950	1.246

Tablo 5.2'den hareketle, 72 kV ve farklı akımlarda L3 lomber vertebraşı için yapılan deneylere ilişkin düşük pik ve yüksek pik sayım değerlerine göre çizilen grafikler Şekil 5.3'de aynı şartlarda bu piklerin oranı için çizilen grafik ise Şekil 5.4'de görölmektedir.



Şekil 5.3. 72 kV ve Farklı Akımlarda L3 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Sayım Değerlerine Göre Çizilen Grafikler



Şekil 5.4. 72 kV ve Farklı Akımlarda L3 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Oranına Göre Çizilen Grafik

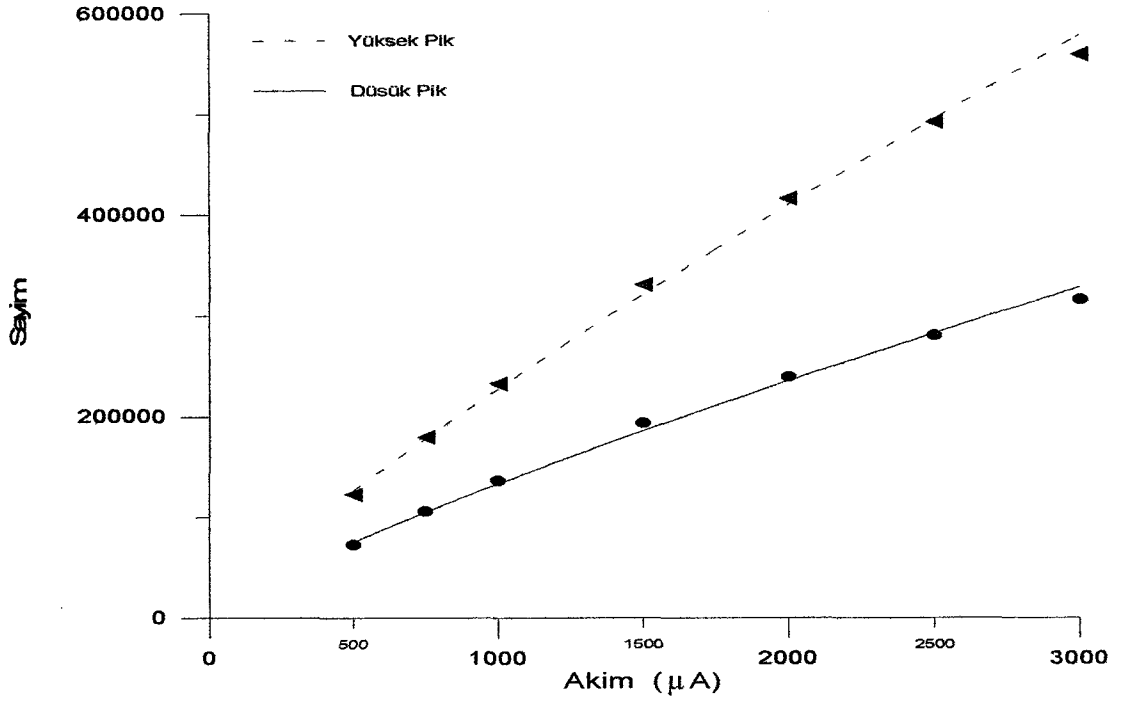
5.1.1.2. 76 kV ve Farklı Akımda Yapılan Deneylerin Sonuçları

Çift Enerjili X-Işını Absorpsiyometri (DEXA) cihazında 76 kV gerilim ve 7 farklı akım değerlerinde (500 μ A, 750 μ A, 1000 μ A, 1500 μ A, 2000 μ A, 2500 μ A ve 3000 μ A) L2 lomber vertebraşı için yapılan deneylerin sonuçları Ek: A içinde Tablo A15 – Tablo A21’de verilmektedir. Tablo A15 - Tablo A21’den hareketle düşük pik, yüksek pik sayım değerleri ile bu piklerin oranı L2 lomber vertebraşı için Tablo 5.3 olarak düzenlenmiştir.

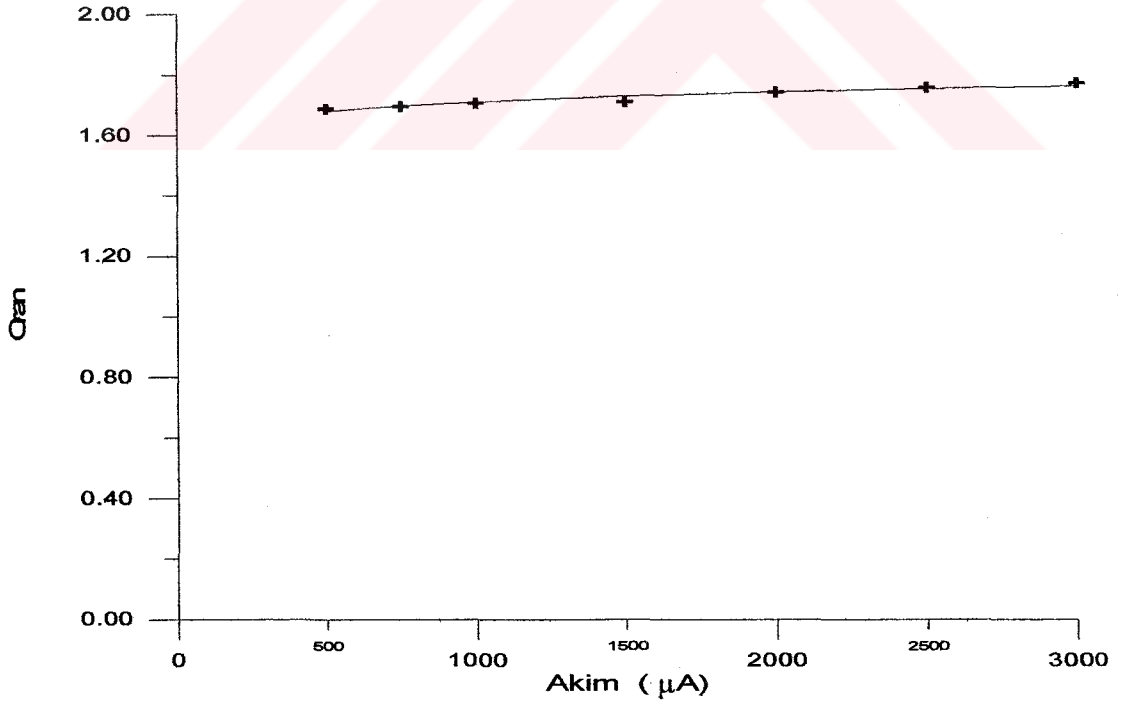
Tablo 5.3
76 kV ve Farklı Akımlarda L2 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Alınan Düşük Pik, Yüksek Pik Sayım Değerleri

Akım	Düşük Pik Sayımı	Yüksek Pik Sayımı	Piklerin Oranı
500 μ A	72597	122553	1.688
750 μ A	105908	179637	1.696
1000 μ A	136367	232703	1.706
1500 μ A	176153	312511	1.774
2000 μ A	238804	416151	1.743
2500 μ A	280216	492421	1.757
3000 μ A	315716	559258	1.771

Tablo 5.3’den hareketle, 76 kV ve farklı akımlarda L2 lomber vertebraşı için yapılan deneylere ilişkin düşük pik ve yüksek pik sayım değerlerine göre çizilen grafikler Şekil 5.5’de aynı şartlarda bu piklerin oranı için çizilen grafik ise Şekil 5.6’da görülmektedir.



Şekil 5.5. 76 kV ve Farklı Akımlarda L2 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Sayım Değerlerine Göre Çizilen Grafikler



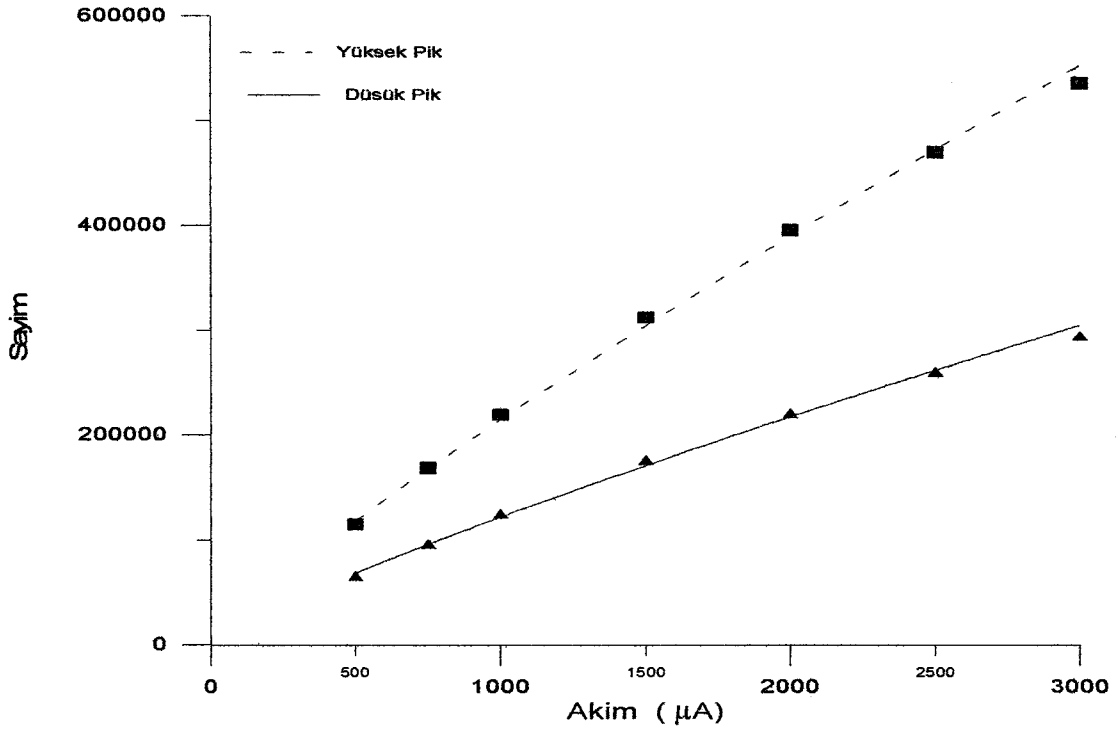
Şekil 5.6. 76 kV ve Farklı Akımlarda L2 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Oranına Göre Çizilen Grafik

Çift Enerjili X-Işını Absorpsiyometri (DEXA) cihazında 76 kV gerilim ve 7 farklı akım değerlerinde (500 μ A, 750 μ A, 1000 μ A, 1500 μ A, 2000 μ A, 2500 μ A ve 3000 μ A) L3 lomber vertebraşı için yapılan deneylerin sonuçları Ek: A içinde Tablo A22 – Tablo A28’de verilmektedir. Tablo A22 ve Tablo A28’den hareketle düşük pik, yüksek pik sayım değerleri ile bu piklerin oranı L3 lomber vertebraşı için Tablo 5.4 olarak düzenlenmiştir.

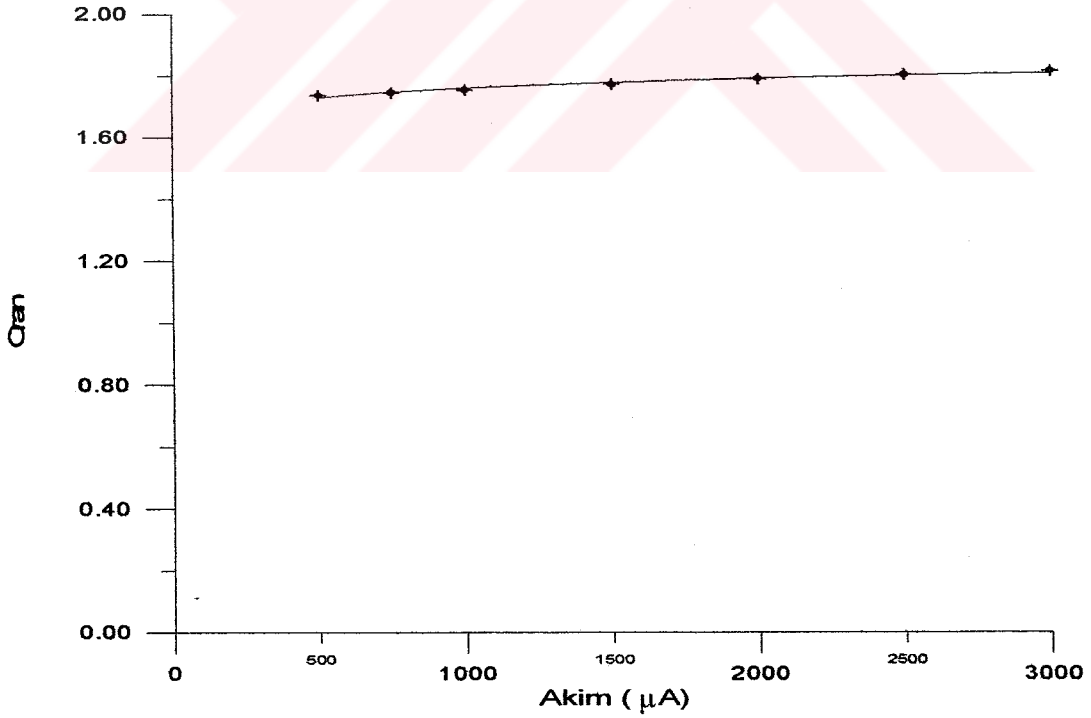
Tablo 5.4.
76 kV ve Farklı Akımda L3 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Alınan Düşük Pik, Yüksek Pik Sayım Değerleri ve Bu Piklerin Oranları

Akım	Düşük Pik Sayımı	Yüksek Pik Sayımı	Piklerin Oranı
500 μA	66216	115017	1.737
750 μA	96761	168943	1.746
1000 μA	125010	219415	1.755
1500 μA	176153	312511	1.774
2000 μA	220831	395720	1.792
2500 μA	260418	470148	1.805
3000 μA	294913	536169	1.818

Tablo 5.4’den hareketle, 76 kV ve farklı akımlarda L3 lomber vertebraşı için yapılan deneylere ilişkin düşük pik ve yüksek pik sayım değerlerine göre çizilen grafikler Şekil 5.7’de aynı şartlarda bu piklerin oranı için çizilen grafik ise Şekil 5.8’de görülmektedir.



Şekil 5.7. 76 kV ve Farklı Akımlarda L3 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Sayım Değerlerine Göre Çizilen Grafikler



Şekil 5.8. 76 kV ve Farklı Akımlarda L3 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Oranına Göre Çizilen Grafik

5.1.1.3. 80 kV ve Farklı Akımda Yapılan Deneylerin Sonuçları

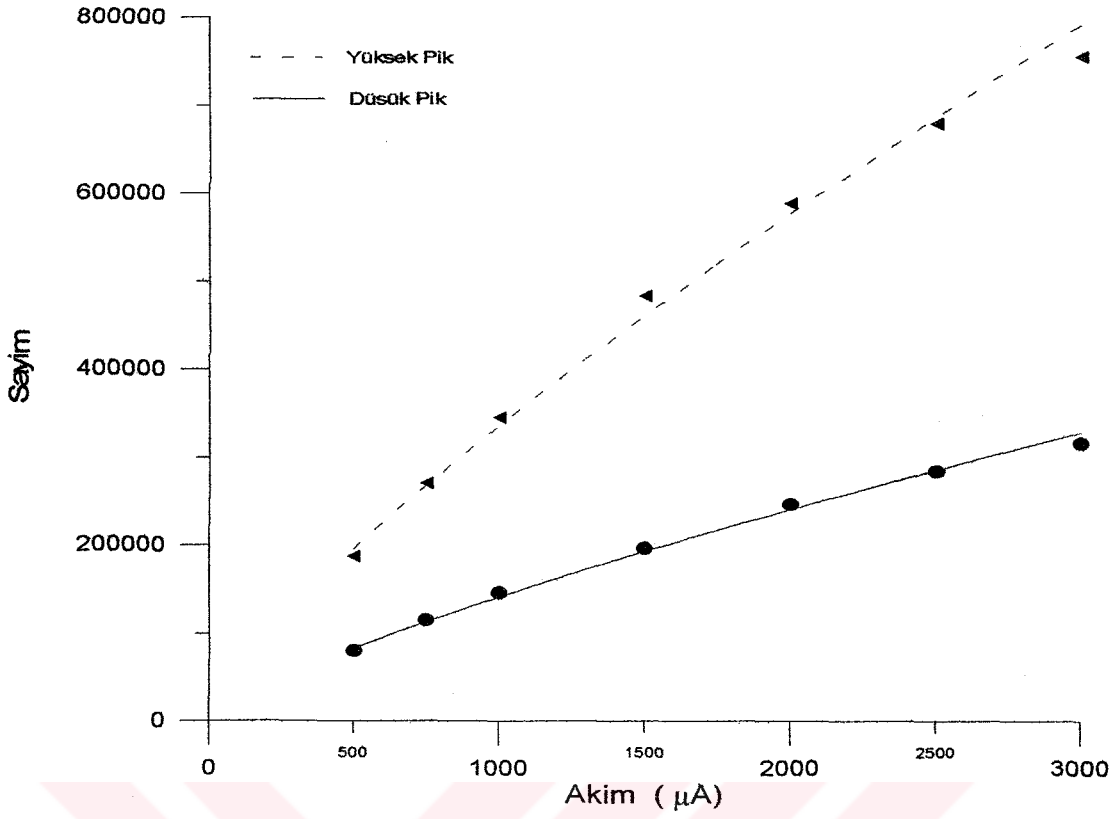
Çift Enerjili X-Işını Absorpsiyometri (DEXA) cihazında 80 kV gerilim ve 7 farklı akım değerlerinde (500 μ A, 750 μ A, 1000 μ A, 1500 μ A, 2000 μ A, 2500 μ A ve 3000 μ A) L2 lomber vertebraşı için yapılan deneylerin sonuçları Ek: A içinde Tablo A29 – Tablo A35’de verilmektedir. Tablo A29- Tablo A35’den hareketle düşük pik, yüksek pik sayım değerleri ile bu piklerin oranı L2 lomber vertebraşı için Tablo 5.5 olarak düzenlenmiştir.

Tablo 5.5

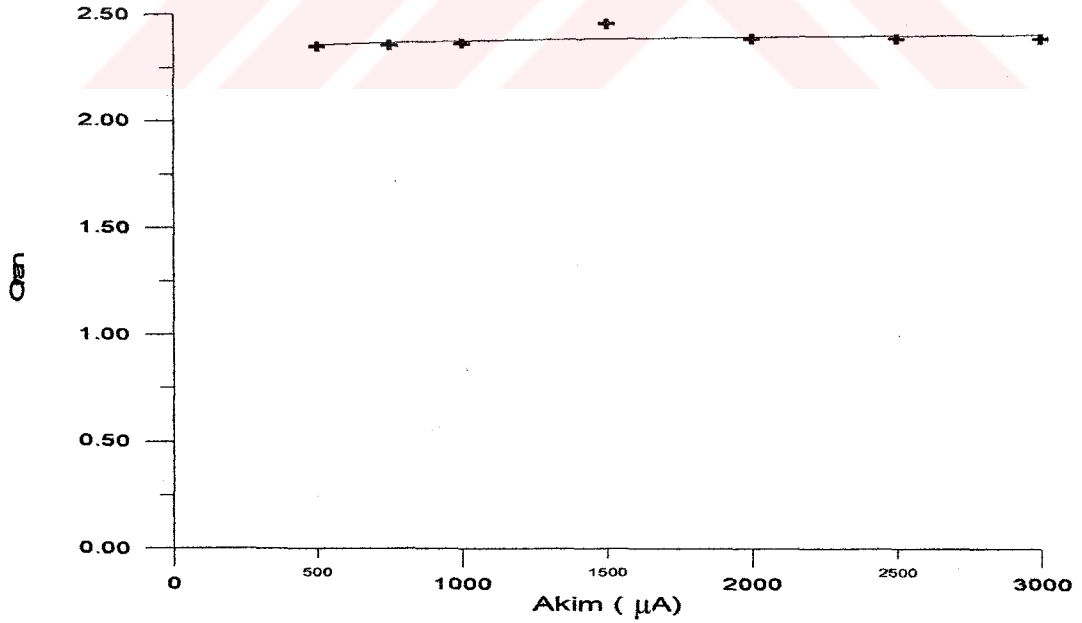
80 kV ve Farklı Akımlarda L2 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Alınan Düşük Pik, Yüksek Pik Sayım Değerleri

Akım	Düşük Pik Sayımı	Yüksek Pik Sayımı	Piklerin Oranı
500 μ A	79784	187542	2.351
750 μ A	114622	270389	2.359
1000 μ A	146058	345638	2.366
1500 μ A	196592	483971	2.462
2000 μ A	246337	589115	2.391
2500 μ A	284455	680342	2.392
3000 μ A	316188	756326	2.392

Tablo 5.5’den hareketle, 80 kV ve farklı akımlarda L2 lomber vertebraşı için yapılan deneylere ilişkin düşük pik ve yüksek pik sayım değerlerine göre çizilen grafikler Şekil 5.9’da aynı şartlarda bu piklerin oranı için çizilen grafik ise Şekil 5.10’da görülmektedir.



Şekil 5.9. 80 kV ve Farklı Akımlarda L2 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Sayım Değerlerine Göre Çizilen Grafikler



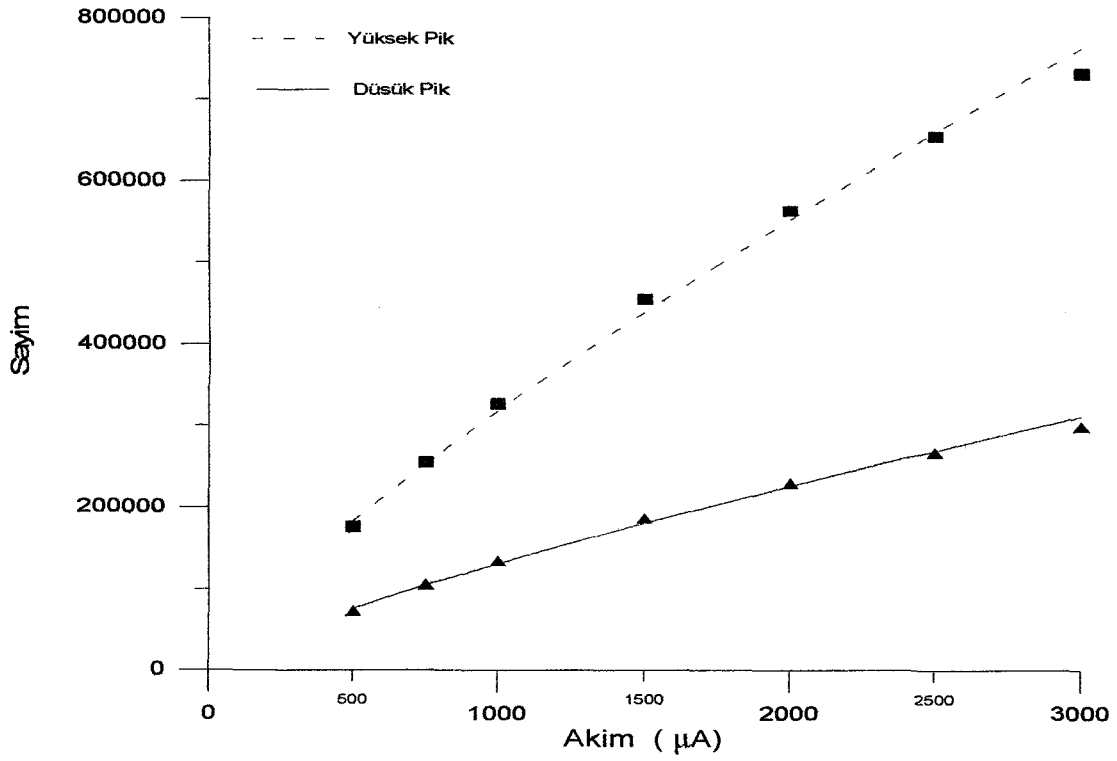
Şekil 5.10. 80 kV ve Farklı Akımlarda L2 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Oranına Göre Çizilen Grafik

Çift Enerjili X-Işını Absorpsiyometri (DEXA) cihazında 80 kV gerilim ve 7 farklı akım değerlerinde (500 μ A, 750 μ A, 1000 μ A, 1500 μ A, 2000 μ A, 2500 μ A ve 3000 μ A) L3 lomber vertebraşı için yapılan deneylerin sonuçları Ek: A içinde Tablo A36 – Tablo A42’de verilmektedir. Tablo A36 ve Tablo A42’den hareketle düşük pik, yüksek pik sayım değerleri ile bu piklerin oranı L3 lomber vertebraşı için Tablo 5.6 olarak düzenlenmiştir.

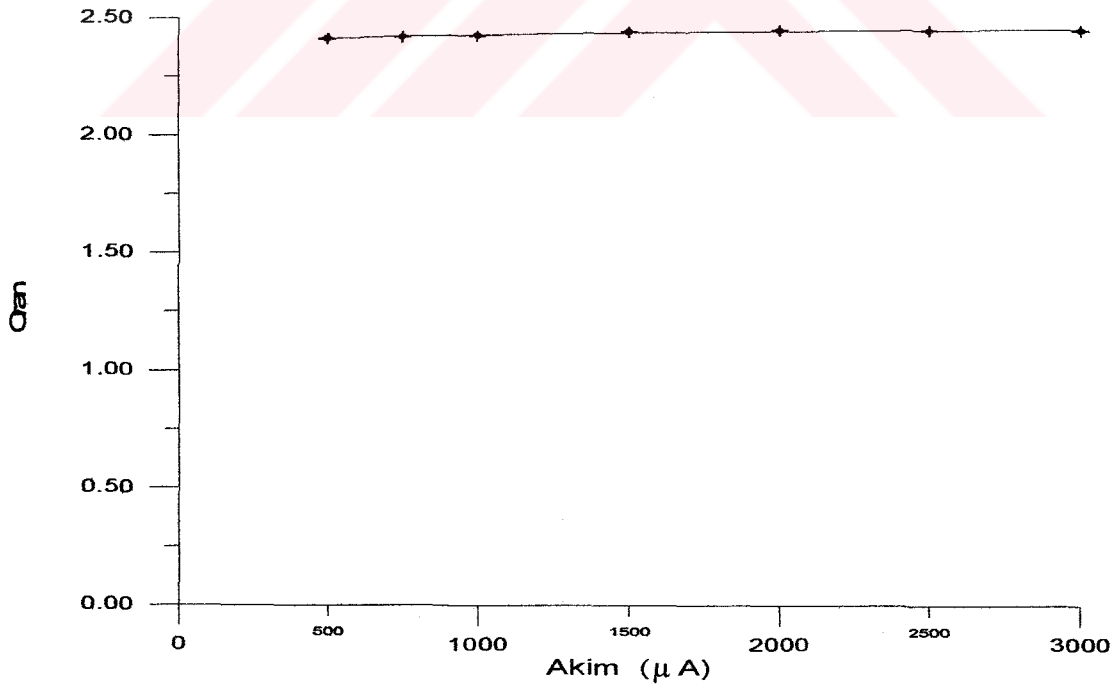
Tablo 5.6.
80 kV ve Farklı Akımda L3 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Alınan Düşük Pik, Yüksek Pik Sayım Değerleri ve Bu Piklerin Oranları

Akım	Düşük Pik Sayımı	Yüksek Pik Sayımı	Piklerin Oranı
500 μ A	72866	175938	2.415
750 μ A	105217	254852	2.422
1000 μ A	134515	326734	2.429
1500 μ A	186051	454888	2.445
2000 μ A	229545	562980	2.453
2500 μ A	266990	654904	2.453
3000 μ A	298304	731325	2.452

Tablo 5.6’dan hareketle, 80 kV ve farklı akımlarda L3 lomber vertebraşı için yapılan deneylere ilişkin düşük pik ve yüksek pik sayım değerlerine göre çizilen grafikler Şekil 5.11’de aynı şartlarda bu piklerin oranı için çizilen grafik ise Şekil 5.12’de görülmektedir.



Şekil 5.11. 80 kV ve Farklı Akımlarda L3 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Sayım Değerlerine Göre Çizilen Grafikler



Şekil 5.12. 80 kV ve Farklı Akımlarda L3 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Oranına Göre Çizilen Grafik

5.1.2. Sabit Akım ve Farklı Gerilimlerde Yapılan Deneylerin Sonuçları

Çift Enerjili X-Işını Absorpsiyometri (DEXA) cihazında yedi farklı akım ile çalışılmıştır. Pratikte, kullanılan akım değerleri 500 μA ve 3000 μA arasında değiştiği için bu akım değerleri arasındaki yedi farklı akım değeri ile çalışılması yoluna gidilmiştir. Böylelikle, çalışma akımı değerlerimiz 500 μA , 750 μA , 1000 μA , 1500 μA , 2000 μA , 2500 μA ve 3000 μA olarak belirlenmiş ve iki lomber vertebra (L2 ve L3) için gerçekleştirilmiştir.

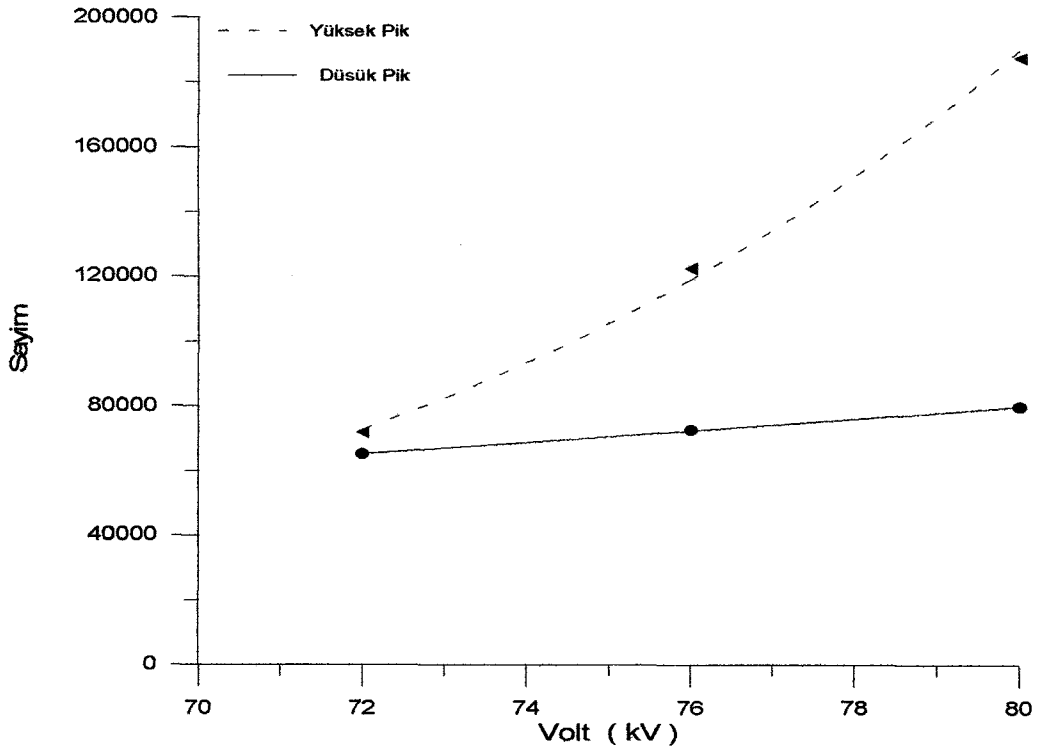
5.1.2.1. 500 μA ve Farklı Gerilimlerde Yapılan Deneylerin Sonuçları

Çift Enerjili X-Işını Absorpsiyometri (DEXA) cihazında 500 μA akım değerinde üç farklı gerilim (72 kV, 76 kV ve 80 kV) değerlerinde L2 lomber vertebra için yapılan deneylerin sonuçları Ek: A içinde Tablo A1 , Tablo A15 , Tablo A29'da verilmektedir. Tablo A1, Tablo A15, Tablo A29'dan hareketle düşük pik, yüksek pik sayım değerleri ile bu piklerin oranı L2 lomber vertebra için Tablo 5.7 olarak düzenlenmiştir.

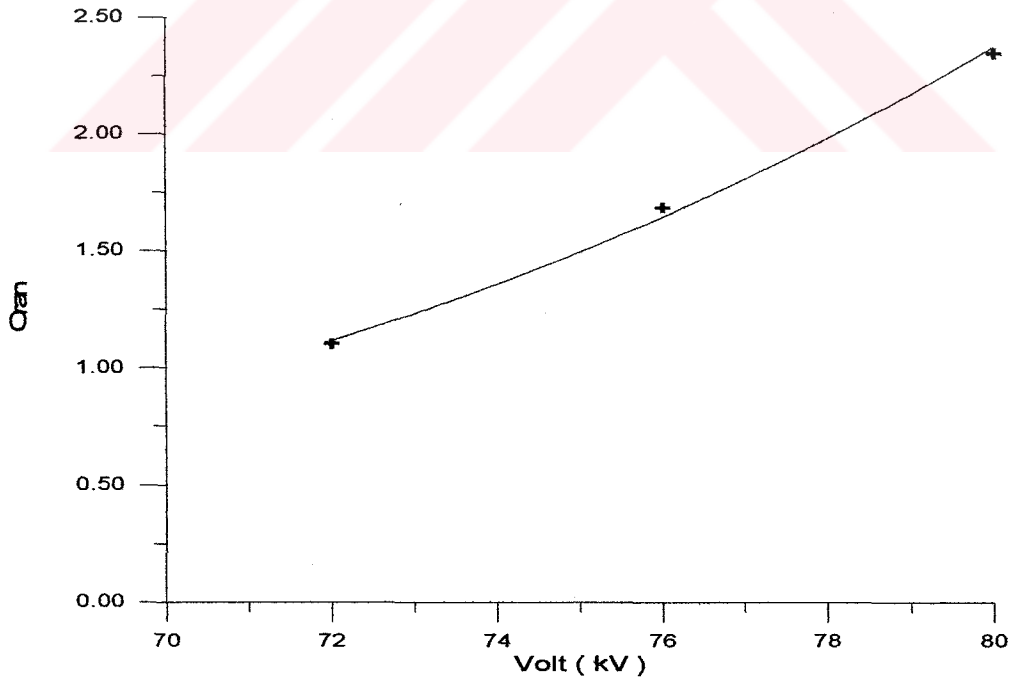
Tablo 5.7
500 μA ve Farklı gerilimlerde L2 Lomber Vertebra için Yapılan Deneylere İlişkin Alınan Düşük Pik, Yüksek Pik Sayım Değerleri

Gerilim	Düşük Pik Sayımı	Yüksek Pik Sayımı	Piklerin Oranı
72 kV	65120	71864	1.104
76 kV	72597	122553	1.688
80 kV	79784	187542	2.351

Tablo 5.7'den hareketle, 500 μA ve farklı gerilimlerde L2 lomber vertebra için yapılan deneylere ilişkin düşük pik ve yüksek pik sayım değerlerine göre çizilen grafikler Şekil 5.13'de aynı şartlarda bu piklerin oranı için çizilen grafik ise Şekil 5.14'de görülmektedir.



Şekil 5.13. 500 μ A ve Farklı Gerilimlerde L2 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Sayım Değerlerine Göre Çizilen Grafikler



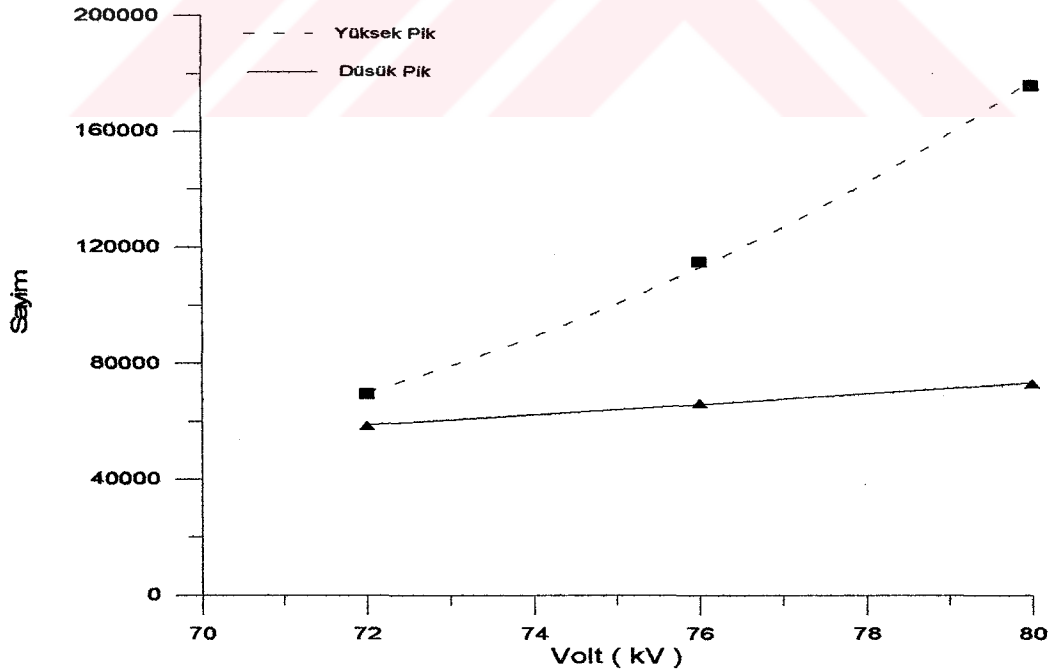
Şekil 5.14. 500 μ A ve Farklı Gerilimlerde L2 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Oranına Göre Çizilen Grafik

Çift Enerjili X-Işını Absorpsiyometri (DEXA) cihazında 500 μ A akım değerinde üç farklı gerilim (72 kV, 76 kV ve 80 kV) değerlerinde L3 lomber vertebra için yapılan deneylerin sonuçları Ek: A içinde Tablo A8, Tablo A22, Tablo A36'da verilmektedir. Tablo A8, Tablo A22, Tablo A36'dan hareketle düşük pik, yüksek pik sayım değerleri ile bu piklerin oranı L3 lomber vertebra için Tablo 5.8 olarak düzenlenmiştir.

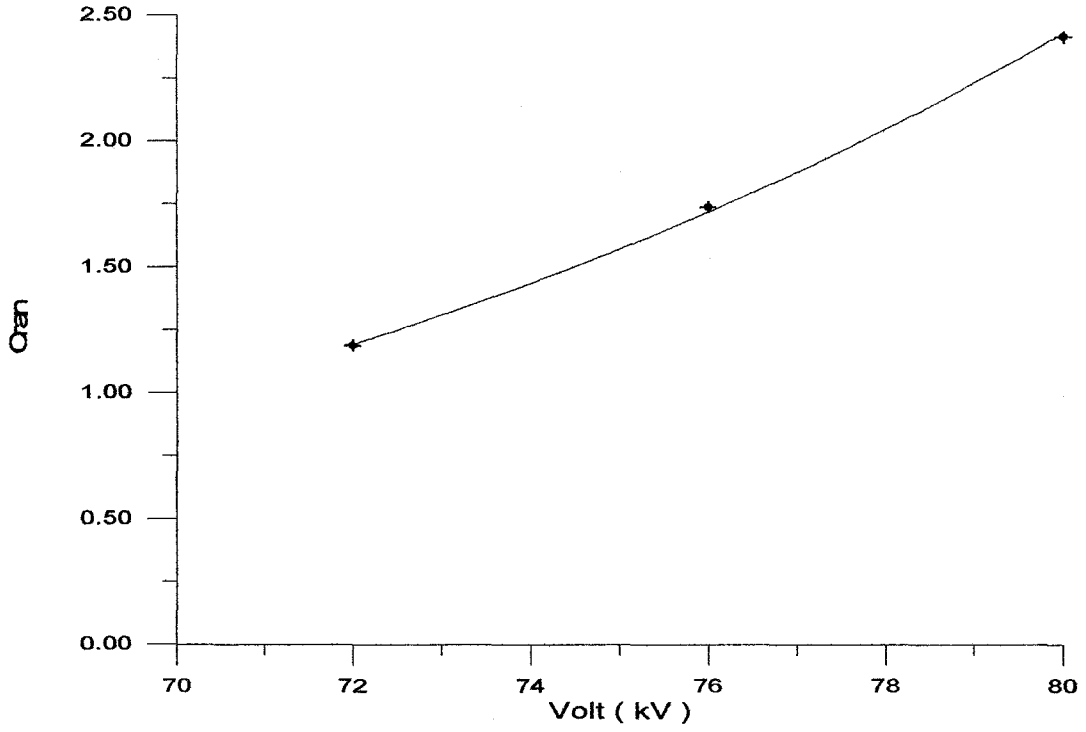
Tablo 5.8
500 μ A ve Farklı gerilimlerde L3 Lomber Vertebra İçin Yapılan Deneylere İlişkin Alınan Düşük Pik, Yüksek Pik Sayım Değerleri

Gerilim	Düşük Pik Sayımı	Yüksek Pik Sayımı	Piklerin Oranı
72 kV	58488	69423	1.187
76 kV	66216	115017	1.737
80 kV	72866	175938	2.415

Tablo 5.8'den hareketle, 500 μ A ve farklı gerilimlerde L3 lomber vertebra için yapılan deneylere ilişkin düşük pik ve yüksek pik sayım değerlerine göre çizilen grafikler Şekil 5.15'de aynı şartlarda bu piklerin oranı için çizilen grafik ise Şekil 5.16'da görülmektedir.



Şekil 5.15. 500 μ A ve Farklı Gerilimlerde L3 Lomber Vertebra İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Sayım Değerlerine Göre Çizilen Grafikler



Şekil 5.16. 500 μ A ve Farklı Gerilimlerde L3 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Oranına Göre Çizilen Grafik

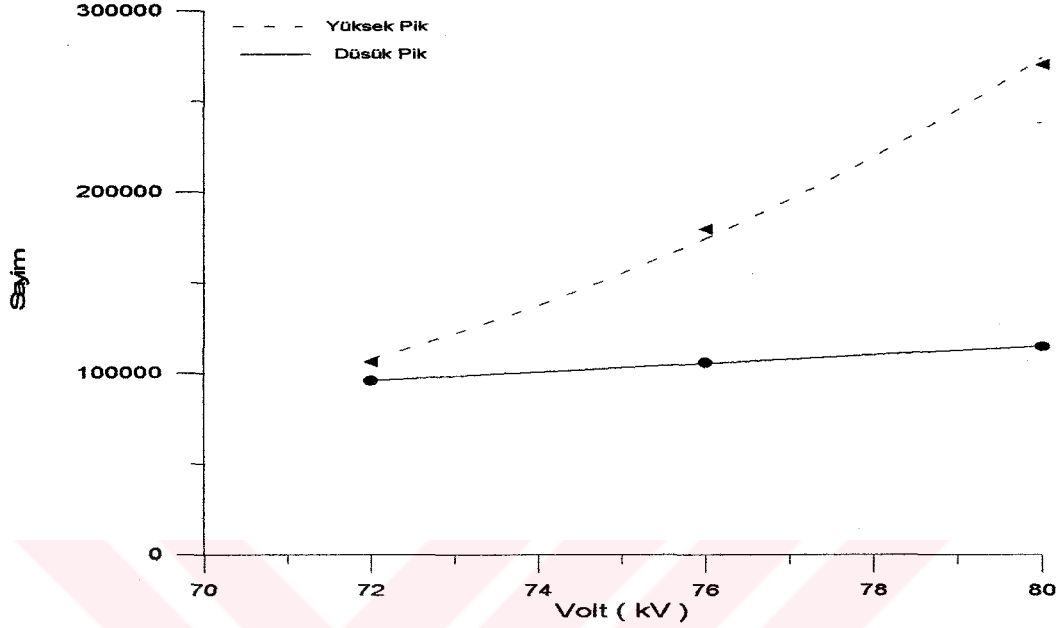
5.1.2.2. 750 μ A ve Farklı Gerilimlerde Yapılan Deneylerin Sonuçları

Çift Enerjili X-Işını Absorpsiyometri (DEXA) cihazında 750 μ A akım değerinde üç farklı gerilim (72 kV, 76 kV ve 80 kV) değerlerinde L2 lomber vertebraşı için yapılan deneylerin sonuçları Ek: A içinde Tablo A2, Tablo A16, Tablo A30'da verilmektedir. Tablo A2, Tablo A16, Tablo A30'dan hareketle düşük pik, yüksek pik sayım değerleri ile bu piklerin oranı L2 lomber vertebraşı için Tablo 5.9 olarak düzenlenmiştir.

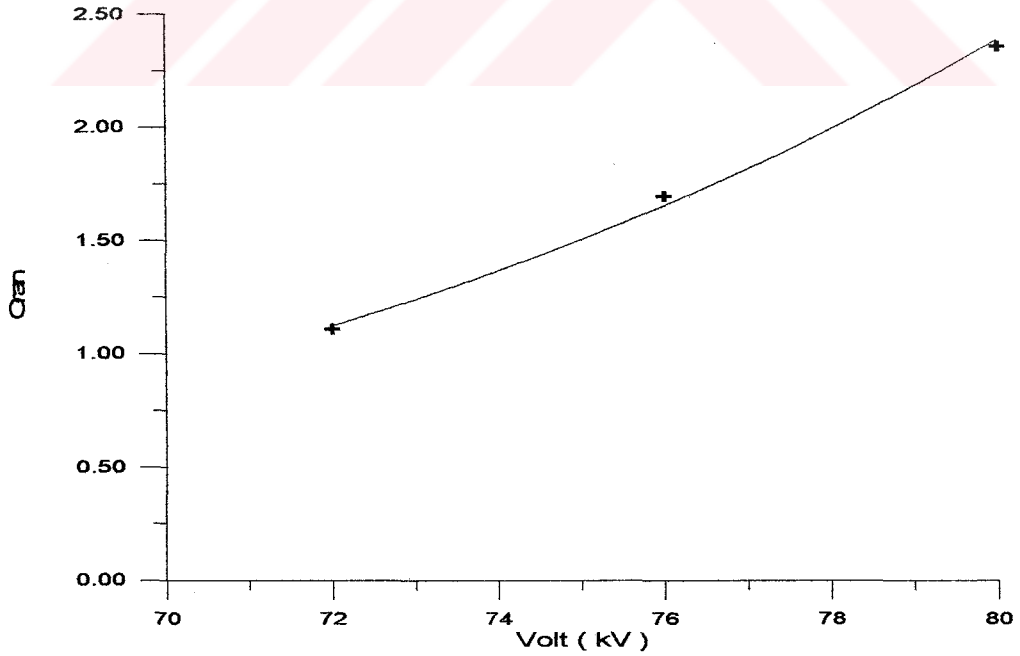
Tablo 5.9
750 μ A ve Farklı gerilimlerde L2 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Alınan Düşük Pik, Yüksek Pik Sayım Değerleri

Gerilim	Düşük Pik Sayımı	Yüksek Pik Sayımı	Piklerin Oranı
72 kV	95992	106471	1.109
76 kV	105908	179637	1.696
80 kV	114622	270389	2.359

Tablo 5.9'den hareketle, 750 μ A ve farklı gerilimlerde L2 lomber vertebraşı için yapılan deneylere ilişkin düşük pik ve yüksek pik sayım değerlerine göre çizilen grafikler Şekil 5.17'de aynı şartlarda bu piklerin oranı için çizilen grafik ise Şekil 5.18'de görölmektedir.



Şekil 5.17. 750 μ A ve Farklı Gerilimlerde L2 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Sayım Değerlerine Göre Çizilen Grafikler



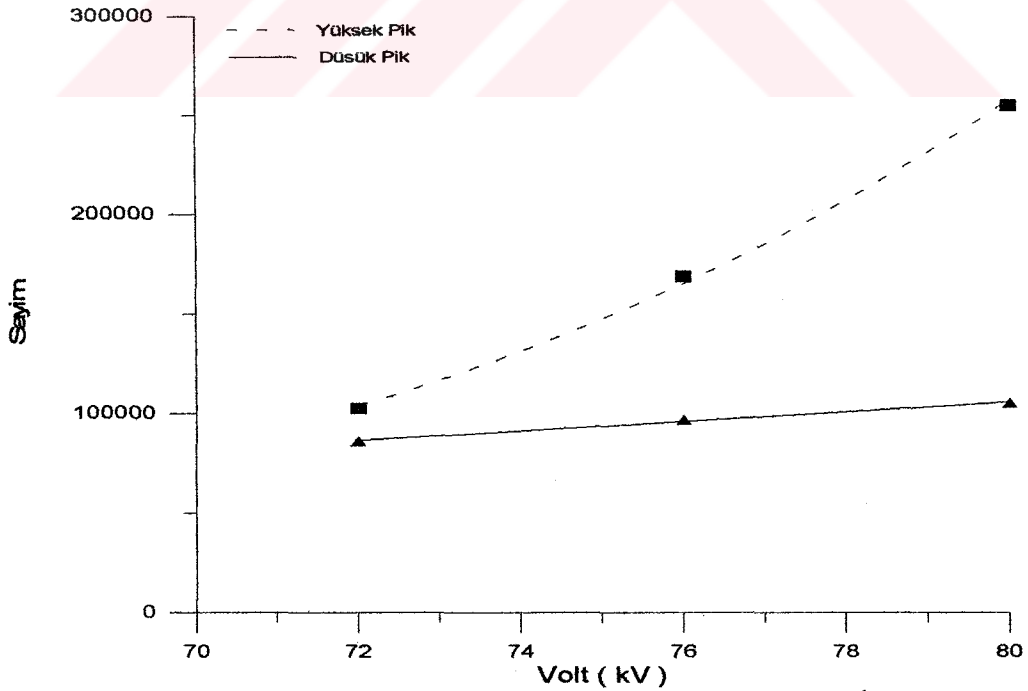
Şekil 5.18. 750 μ A ve Farklı Gerilimlerde L2 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Oranına Göre Çizilen Grafik

Çift Enerjili X-Işını Absorpsiyometri (DEXA) cihazında 750 μ A akım değerinde üç farklı gerilim (72 kV, 76 kV ve 80 kV) değerlerinde L3 lomber vertebra için yapılan deneylerin sonuçları Ek: A içinde Tablo A9, Tablo A23, Tablo A37’de verilmektedir. Tablo A9, Tablo A23, Tablo A37’den hareketle düşük pik, yüksek pik sayım değerleri ile bu piklerin oranı L3 lomber vertebra için Tablo 5.10 olarak düzenlenmiştir.

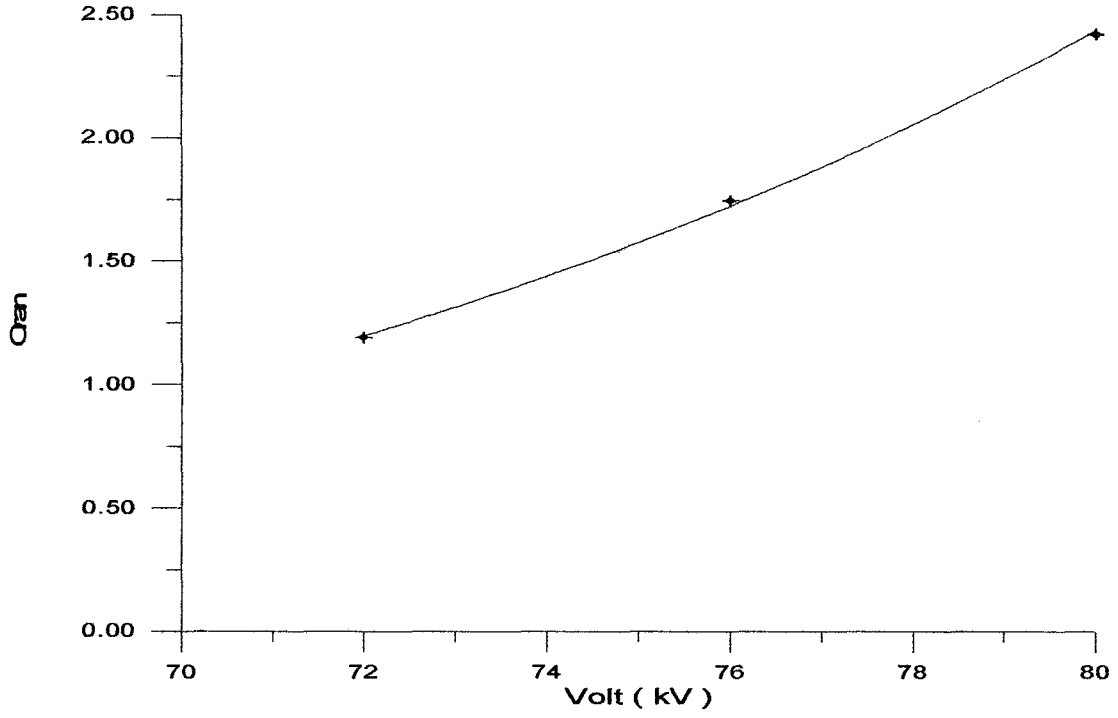
Tablo 5.10
750 μ A ve Farklı gerilimlerde L3 Lomber Vertebra İçin Yapılan Deneylere İlişkin Alınan Düşük Pik, Yüksek Pik Sayım Değerleri

Gerilim	Düşük Pik Sayımı	Yüksek Pik Sayımı	Piklerin Oranı
72 kV	86163	102595	1.191
76 kV	96761	168943	1.746
80 kV	105217	254852	2.422

Tablo 5.10’den hareketle, 750 μ A ve farklı gerilimlerde L3 lomber vertebra için yapılan deneylere ilişkin düşük pik ve yüksek pik sayım değerlerine göre çizilen grafikler Şekil 5.19’de aynı şartlarda bu piklerin oranı için çizilen grafik ise Şekil 5.20’de görülmektedir.



Şekil 5.19. 750 μ A ve Farklı Gerilimlerde L3 Lomber Vertebra İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Sayım Değerlerine Göre Çizilen Grafikler



Şekil 5.20. 750 μ A ve Farklı Gerilimlerde L3 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Oranına Göre Çizilen Grafik

5.1.2.3. 1000 μ A ve Farklı Gerilimlerde Yapılan Deneylerin Sonuçları

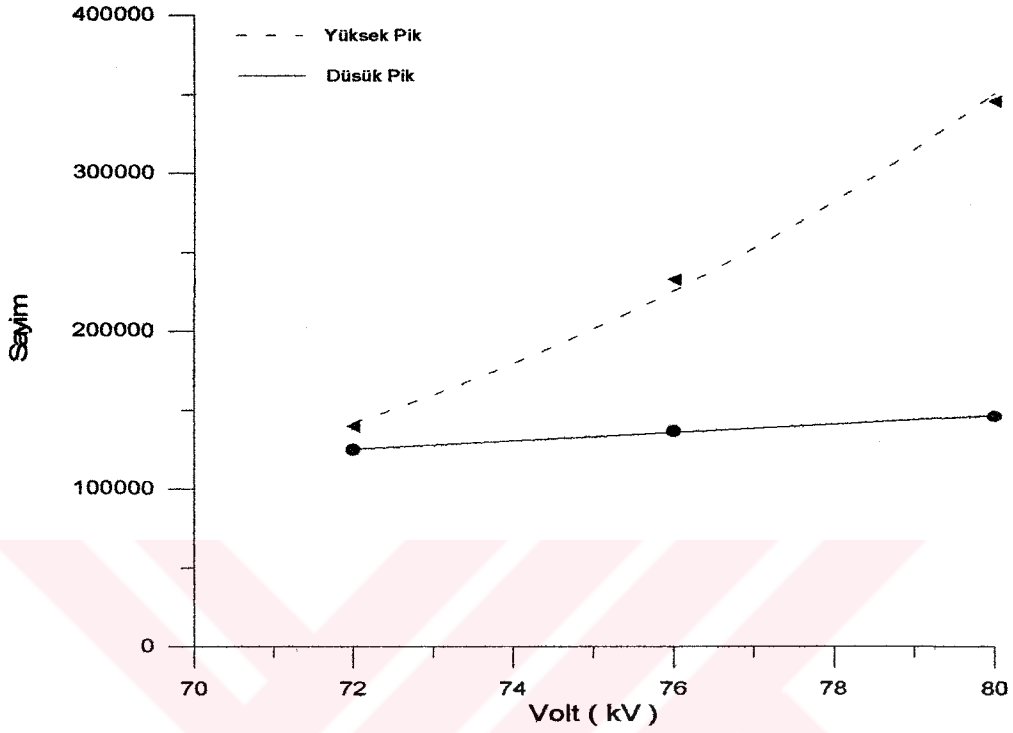
Çift Enerjili X-Işını Absorpsiyometri (DEXA) cihazında 1000 μ A akım değerinde üç farklı gerilim (72 kV, 76 kV ve 80 kV) değerlerinde L2 lomber vertebraşı için yapılan deneylerin sonuçları Ek: A içinde Tablo A3, Tablo A17, Tablo A31'de verilmektedir. Tablo A3, Tablo A17, Tablo A31'den hareketle düşük pik, yüksek pik sayım değerleri ile bu piklerin oranı L2 lomber vertebraşı için Tablo 5.11 olarak düzenlenmiştir.

Tablo 5.11

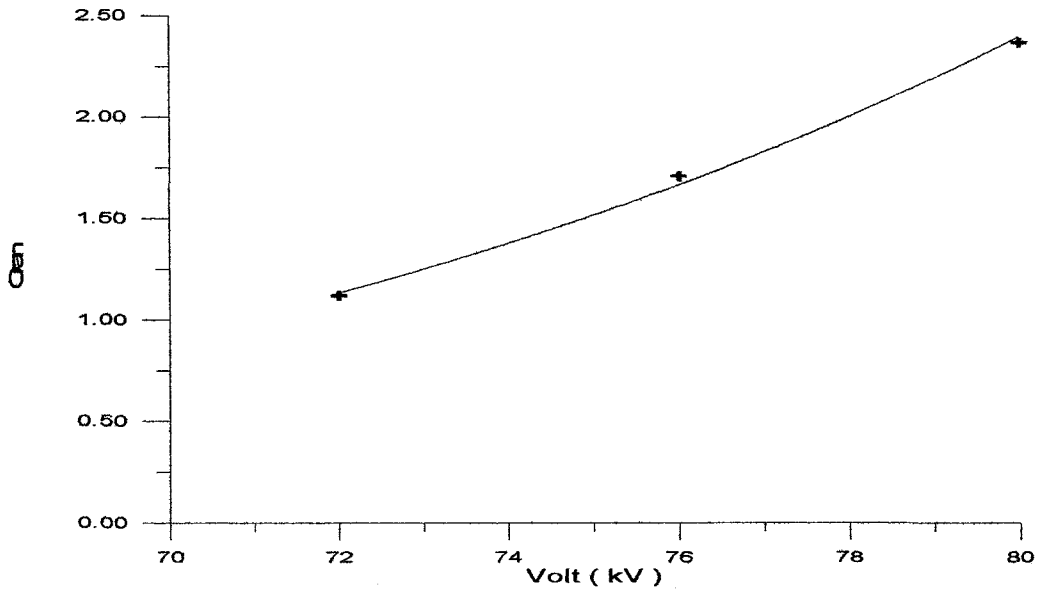
1000 μ A ve Farklı gerilimlerde L2 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Alınan Düşük Pik, Yüksek Pik Sayım Değerleri

Gerilim	Düşük Pik Sayımı	Yüksek Pik Sayımı	Piklerin Oranı
72 kV	124699	139723	1.120
76 kV	136367	232703	1.706
80 kV	146058	345638	2.366

Tablo 5.11'den hareketle, 1000 μ A ve farklı gerilimlerde L2 lomber vertebraşı için yapılan deneylere ilişkin düşük pik ve yüksek pik sayım değerlerine göre çizilen grafikler Şekil 5.21'de aynı şartlarda bu piklerin oranı için çizilen grafik ise Şekil 5.22'de görölmektedir.



Şekil 5.21. 1000 μ A ve Farklı Gerilimlerde L2 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Sayım Değerlerine Göre Çizilen Grafikler



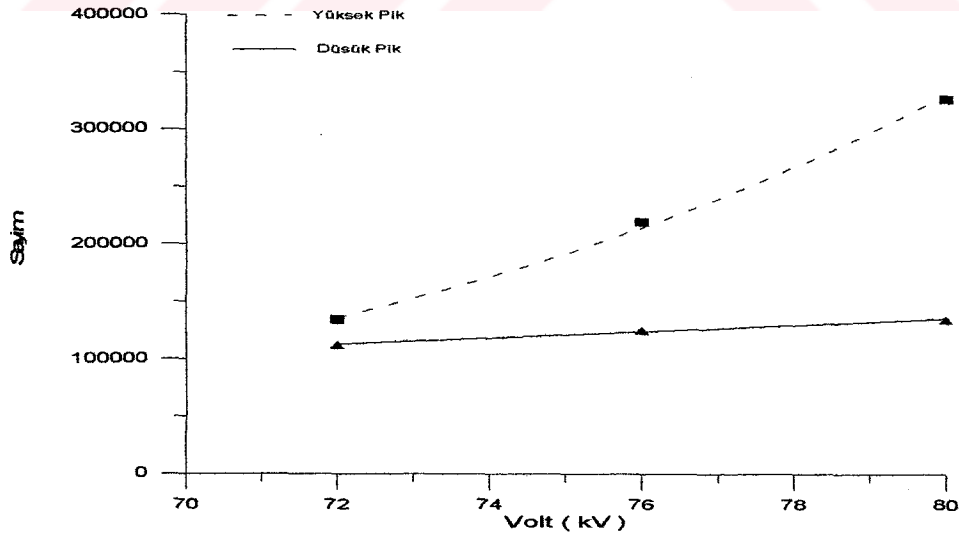
Şekil 5.22. 1000 μ A ve Farklı Gerilimlerde L2 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Oranına Göre Çizilen Grafik

Çift Enerjili X-Işını Absorpsiyometri (DEXA) cihazında 1000 μ A akım değerinde üç farklı gerilim (72 kV, 76 kV ve 80 kV) değerlerinde L3 lomber vertebra için yapılan deneylerin sonuçları Ek: A içinde Tablo A10, Tablo A24, Tablo A38'de verilmektedir. Tablo A10, Tablo A24, Tablo A38'den hareketle düşük pik, yüksek pik sayım değerleri ile bu piklerin oranı L3 lomber vertebra için Tablo 5.12 olarak düzenlenmiştir.

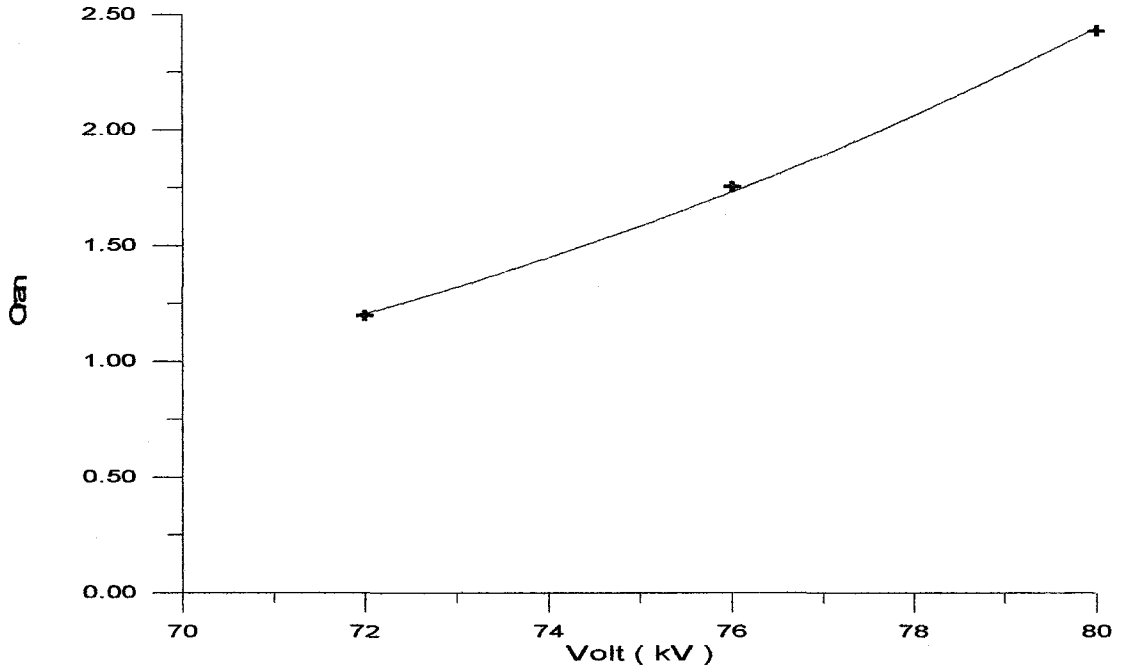
Tablo 5.12
1000 μ A ve Farklı gerilimlerde L3 Lomber Vertebra İçin Yapılan Deneylere İlişkin Alınan Düşük Pik, Yüksek Pik Sayım Değerleri

Gerilim	Düşük Pik Sayımı	Yüksek Pik Sayımı	Piklerin Oranı
72 kV	112095	134281	1.198
76 kV	125010	219415	1.755
80 kV	134515	326734	2.429

Tablo 5.12'den hareketle, 1000 μ A ve farklı gerilimlerde L3 lomber vertebra için yapılan deneylere ilişkin düşük pik ve yüksek pik sayım değerlerine göre çizilen grafikler Şekil 5.23'de aynı şartlarda bu piklerin oranı için çizilen grafik ise Şekil 5.24'da görülmektedir.



Şekil 5.23. 1000 μ A ve Farklı Gerilimlerde L3 Lomber Vertebra İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Sayım Değerlerine Göre Çizilen Grafikler



Şekil 5.24. 1000 μ A ve Farklı Gerilimlerde L3 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Oranına Göre Çizilen Grafik

5.1.2.4. 1500 μ A ve Farklı Gerilimlerde Yapılan Deneylerin Sonuçları

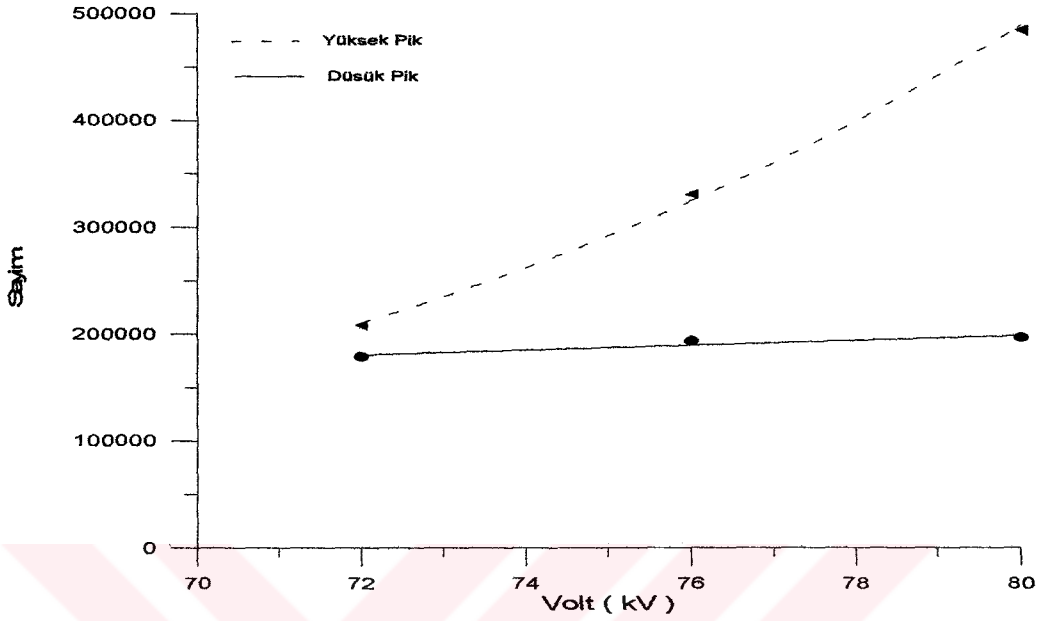
Çift Enerjili X-Işını Absorpsiyometri (DEXA) cihazında 1500 μ A akım değerinde üç farklı gerilim (72 kV, 76 kV ve 80 kV) değerlerinde L2 lomber vertebraşı için yapılan deneylerin sonuçları Ek: A içinde Tablo A4, Tablo A18, Tablo A32’de verilmektedir. Tablo A4, Tablo A18, Tablo A32’den hareketle düşük pik, yüksek pik sayım değerleri ile bu piklerin oranı L2 lomber vertebraşı için Tablo 5.13 olarak düzenlenmiştir.

Tablo 5.13

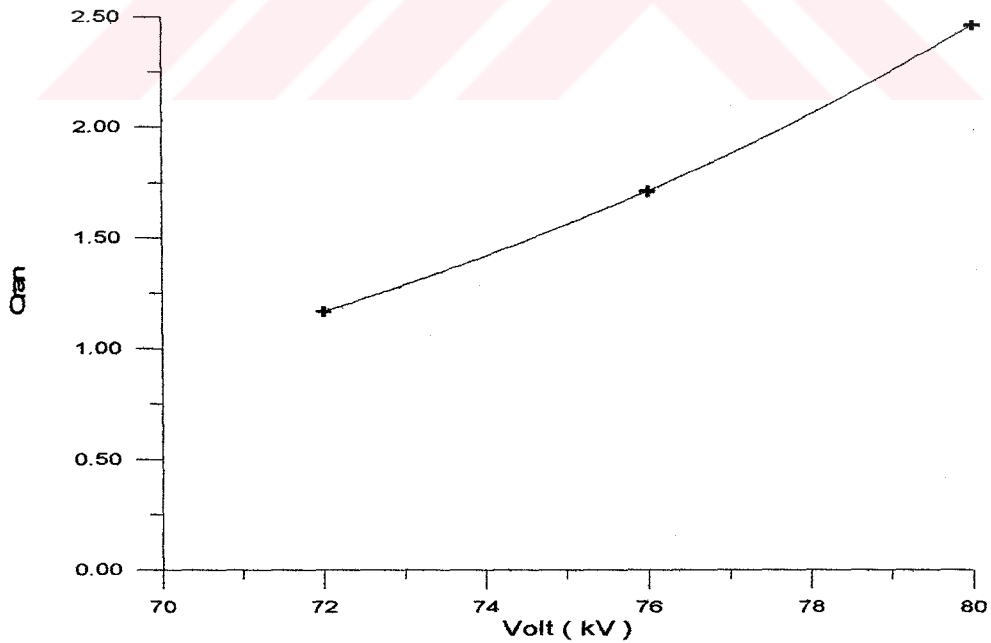
1500 μ A ve Farklı gerilimlerde L2 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Alınan Düşük Pik, Yüksek Pik Sayım Değerleri

Gerilim	Düşük Pik Sayımı	Yüksek Pik Sayımı	Piklerin Oranı
72 kV	178794	208650	1.167
76 kV	193347	330742	1.711
80 kV	196592	483971	2.462

Tablo 5.13'den hareketle, 1500 μ A ve farklı gerilimlerde L2 lomber vertebraşı için yapılan deneylere ilişkin düşük pik ve yüksek pik sayım değerlerine göre çizilen grafikler Şekil 5.25'de aynı şartlarda bu piklerin oranı için çizilen grafik ise Şekil 5.26'de görölmektedir.



Şekil 5.25. 1500 μ A ve Farklı Gerilimlerde L2 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Sayım Değerlerine Göre Çizilen Grafikler



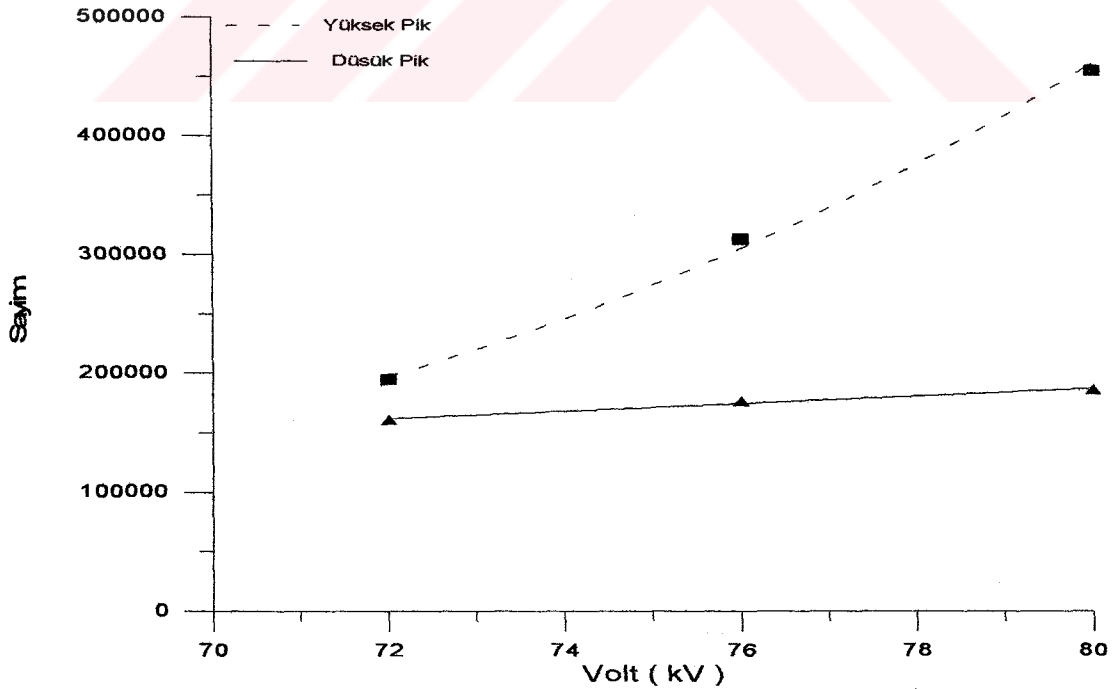
Şekil 5.26. 1500 μ A ve Farklı Gerilimlerde L2 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Oranına Göre Çizilen Grafik

Çift Enerjili X-Işını Absorpsiyometri (DEXA) cihazında 1500 μ A akım değerinde üç farklı gerilim (72 kV, 76 kV ve 80 kV) değerlerinde L3 lomber vertebra için yapılan deneylerin sonuçları Ek: A içinde Tablo A11, Tablo A25, Tablo A39'da verilmektedir. Tablo A11, Tablo A25, Tablo A39'dan hareketle düşük pik, yüksek pik sayım değerleri ile bu piklerin oranı L3 lomber vertebra için Tablo 5.14 olarak düzenlenmiştir.

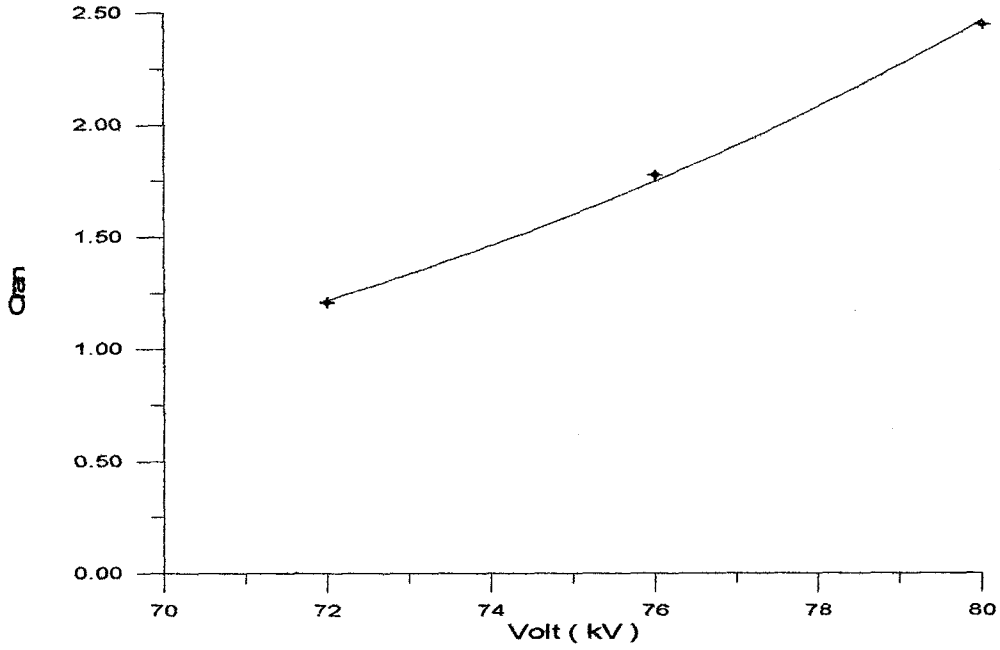
Tablo 5.14
1500 μ A ve Farklı gerilimlerde L3 Lomber Vertebra İçin Yapılan Deneylere İlişkin Alınan Düşük Pik, Yüksek Pik Sayım Değerleri

Gerilim	Düşük Pik Sayımı	Yüksek Pik Sayımı	Piklerin Oranı
72 kV	160872	194573	1.209
76 kV	176153	312511	1.774
80 kV	186051	454888	2.445

Tablo 5.14'den hareketle, 1500 μ A ve farklı gerilimlerde L3 lomber vertebra için yapılan deneylere ilişkin düşük pik ve yüksek pik sayım değerlerine göre çizilen grafikler Şekil 5.27'de aynı şartlarda bu piklerin oranı için çizilen grafik ise Şekil 5.28'da görülmektedir.



Şekil 5.27. 1500 μ A ve Farklı Gerilimlerde L3 Lomber Vertebra İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Sayım Değerlerine Göre Çizilen Grafikler



Şekil 5.28. 1500 μ A ve Farklı Gerilimlerde L3 Lomber Vertebra İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Oranına Göre Çizilen Grafik

5.1.2.5. 2000 μ A ve Farklı Gerilimlerde Yapılan Deneylerin Sonuçları

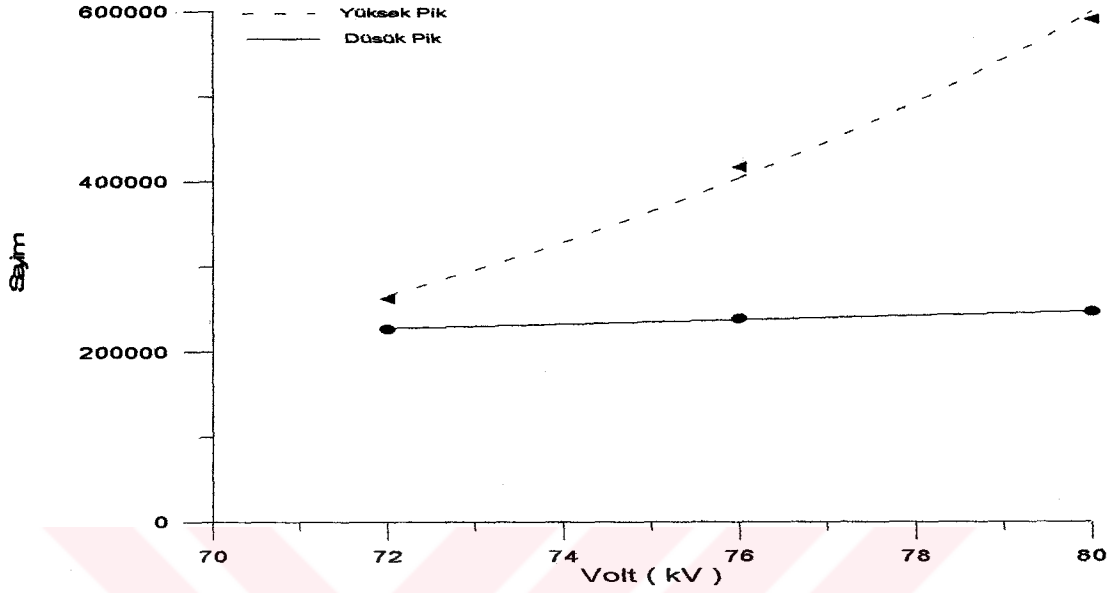
Çift Enerjili X-Işını Absorpsiyometri (DEXA) cihazında 2000 μ A akım değerinde üç farklı gerilim (72 kV, 76 kV ve 80 kV) değerlerinde L2 lomber vertebra için yapılan deneylerin sonuçları Ek: A içinde Tablo A5, Tablo A19, Tablo A33'de verilmektedir. Tablo A5, Tablo A19, Tablo A33'den hareketle düşük pik, yüksek pik sayım değerleri ile bu piklerin oranı L2 lomber vertebra için Tablo 5.15 olarak düzenlenmiştir.

Tablo 5.15

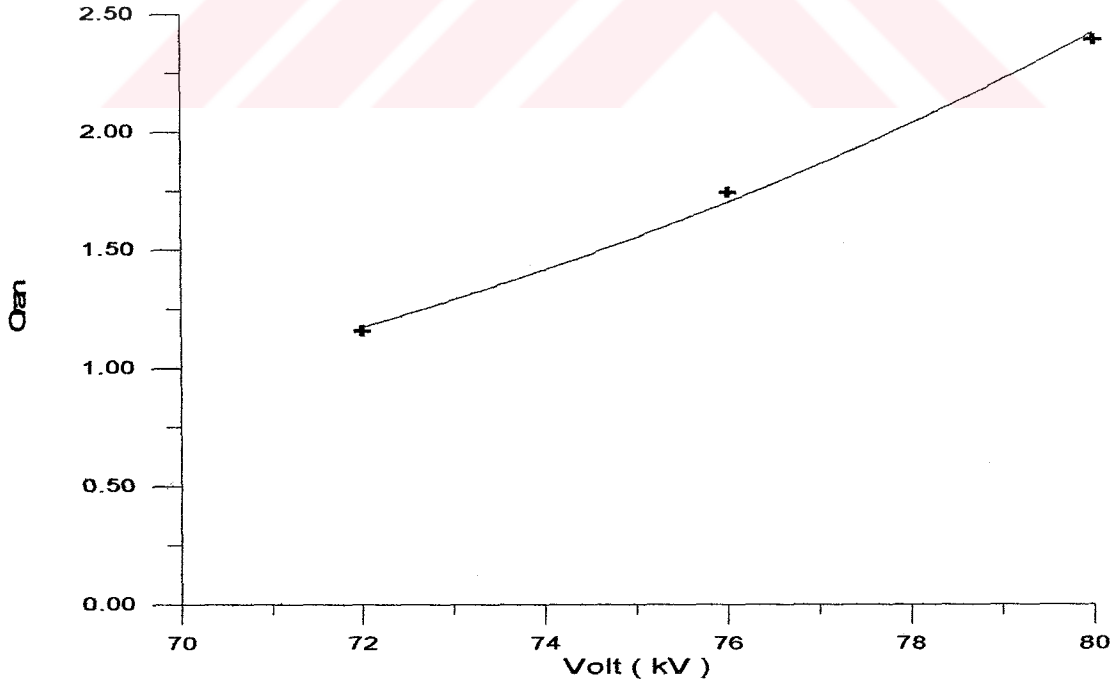
2000 μ A ve Farklı gerilimlerde L2 vertebra Lomber İçin Yapılan Deneylere İlişkin Alınan Düşük Pik, Yüksek Pik Sayım Değerleri

Gerilim	Düşük Pik Sayımı	Yüksek Pik Sayımı	Piklerin Oranı
72 kV	226876	262669	1.158
76 kV	238804	416151	1.743
80 kV	246337	589115	2.391

Tablo 5.15’den hareketle, 2000 μ A ve farklı gerilimlerde L2 lomber vertebraşı için yapılan deneylere ilişkin düşük pik ve yüksek pik sayım değerlerine göre çizilen grafikler Şekil 5.29’de aynı şartlarda bu piklerin oranı için çizilen grafik ise Şekil 5.30’de görölmektedir.



Şekil 5.29. 2000 μ A ve Farklı Gerilimlerde L2 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Sayım Değerlerine Göre Çizilen Grafikler



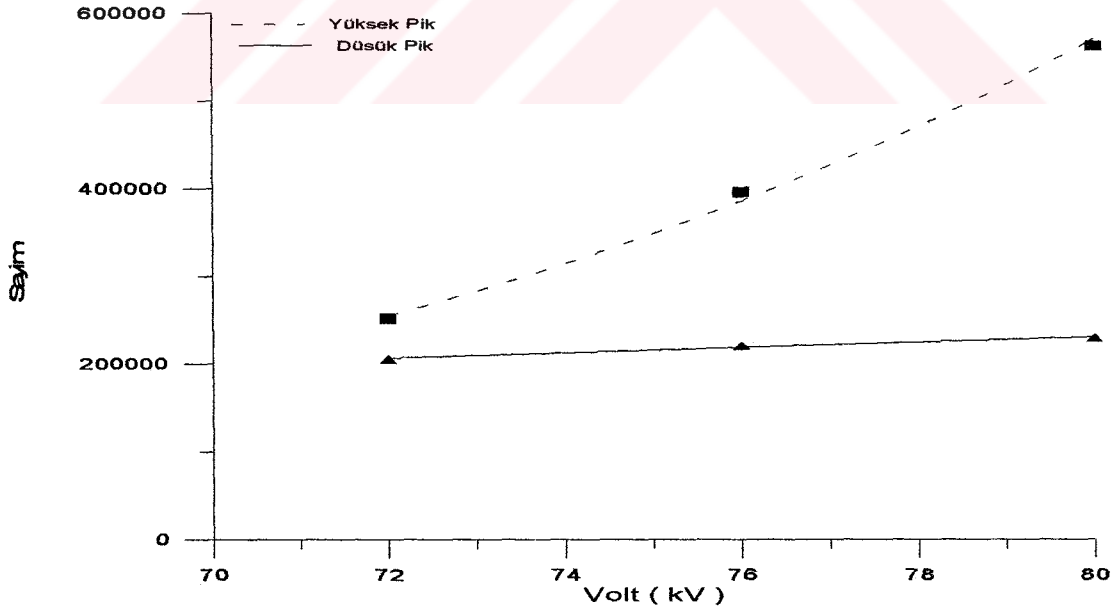
Şekil 5.30. 2000 μ A ve Farklı Gerilimlerde L2 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Oranına Göre Çizilen Grafik

Çift Enerjili X-Işını Absorpsiyometri (DEXA) cihazında 2000 μ A akım değerinde üç farklı gerilim (72 kV, 76 kV ve 80 kV) değerlerinde L3 lomber vertebra için yapılan deneylerin sonuçları Ek: A içinde Tablo A12, Tablo A26, Tablo A40'da verilmektedir. Tablo A12, Tablo A26, Tablo A40'dan hareketle düşük pik, yüksek pik sayım değerleri ile bu piklerin oranı L3 lomber vertebra için Tablo 5.16 olarak düzenlenmiştir.

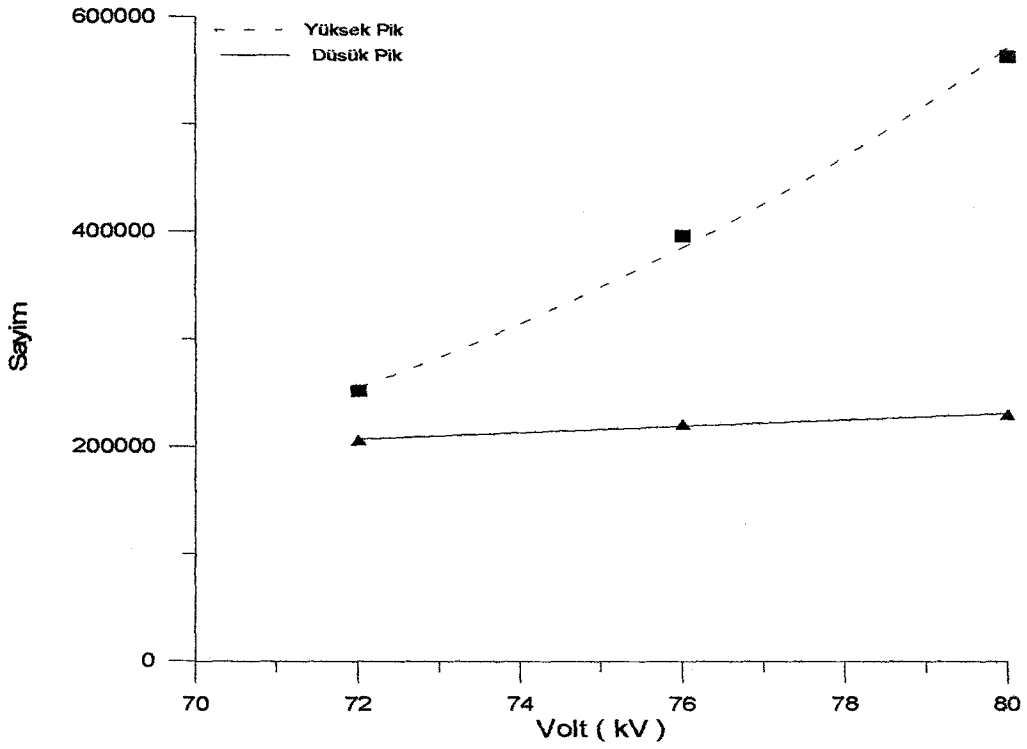
Tablo 5.16
2000 μ A ve Farklı gerilimlerde L3 Lomber Vertebra İçin Yapılan Deneylere İlişkin Alınan Düşük Pik, Yüksek Pik Sayım Değerleri

Gerilim	Düşük Pik Sayımı	Yüksek Pik Sayımı	Piklerin Oranı
72 kV	205860	251625	1.222
76 kV	220831	395720	1.792
80 kV	229545	562980	2.453

Tablo 5.16'dan hareketle, 2000 μ A ve farklı gerilimlerde L3 lomber vertebra için yapılan deneylere ilişkin düşük pik ve yüksek pik sayım değerlerine göre çizilen grafikler Şekil 5.31'de aynı şartlarda bu piklerin oranı için çizilen grafik ise Şekil 5.32'de görülmektedir.



Şekil 5.31. 2000 μ A ve Farklı Gerilimlerde L3 Lomber Vertebra İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Sayım Değerlerine Göre Çizilen Grafikler



Şekil 5.32. 2000 μ A ve Farklı Gerilimlerde L3 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Oranına Göre Çizilen Grafik

5.1.2.6. 2500 μ A ve Farklı Gerilimlerde Yapılan Deneylerin Sonuçları

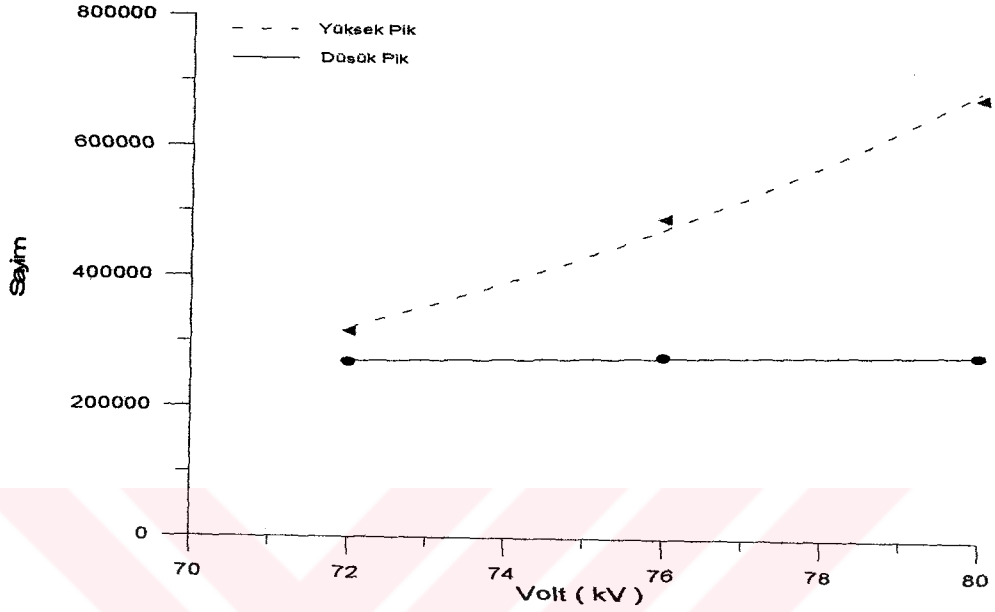
Çift Enerjili X-Işını Absorpsiyometri (DEXA) cihazında 2500 μ A akım değerinde üç farklı gerilim (72 kV, 76 kV ve 80 kV) değerlerinde L2 lomber vertebraşı için yapılan deneylerin sonuçları Ek: A içinde Tablo A6, Tablo A20, Tablo A34'de verilmektedir. Tablo A6, Tablo A20, Tablo A34'den hareketle düşük pik, yüksek pik sayım değerleri ile bu piklerin oranı L2 lomber vertebraşı için Tablo 5.17 olarak düzenlenmiştir.

Tablo 5.17

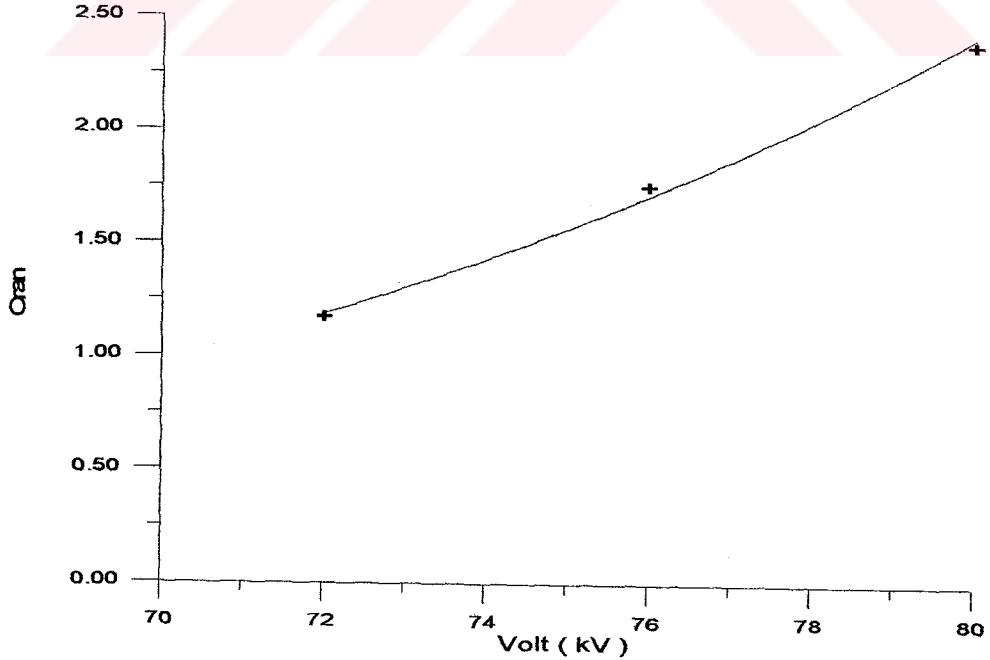
2500 μ A ve Farklı gerilimlerde L2 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Alınan Düşük Pik, Yüksek Pik Sayım Değerleri

Gerilim	Düşük Pik Sayımı	Yüksek Pik Sayımı	Piklerin Oranı
72 kV	269906	316805	1.174
76 kV	280216	492421	1.757
80 kV	284455	680342	2.392

Tablo 5.17'den hareketle, 2500 μ A ve farklı gerilimlerde L2 lomber vertebraşı için yapılan deneylere ilişkin düşük pik ve yüksek pik sayım değerlerine göre çizilen grafikler Şekil 5.33'de aynı şartlarda bu piklerin oranı için çizilen grafik ise Şekil 5.34'de görülmektedir.



Şekil 5.33. 2500 μ A ve Farklı Gerilimlerde L2 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Sayım Değerlerine Göre Çizilen Grafikler



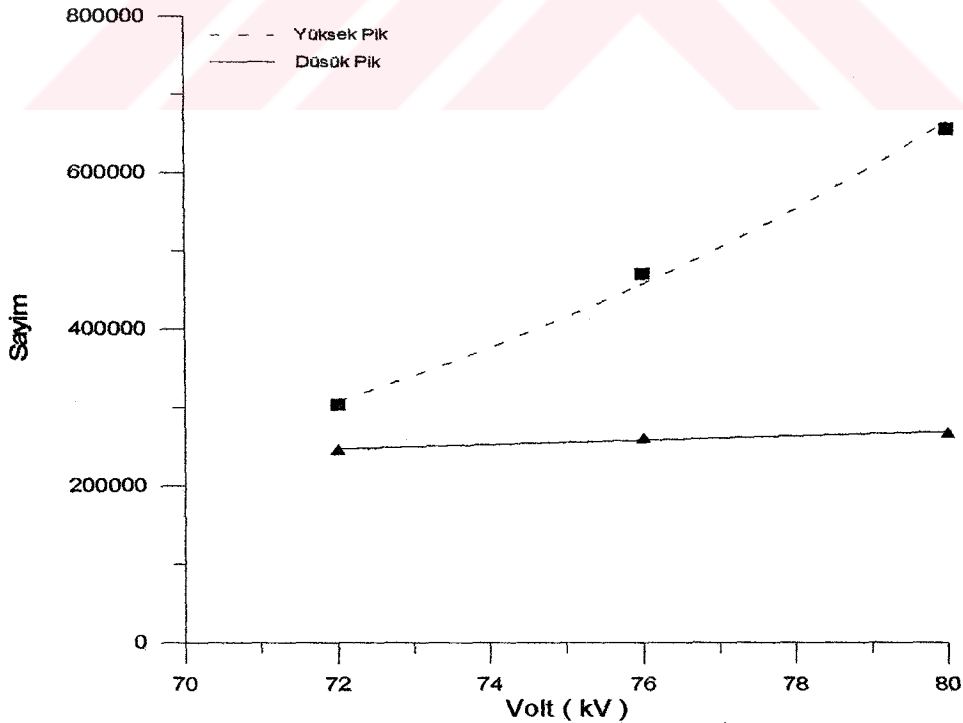
Şekil 5.34. 2500 μ A ve Farklı Gerilimlerde L2 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Oranına Göre Çizilen Grafik

Çift Enerjili X-Işını Absorpsiyometri (DEXA) cihazında 2500 μ A akım değerinde üç farklı gerilim (72 kV, 76 kV ve 80 kV) değerlerinde L3 lomber vertebra için yapılan deneylerin sonuçları Ek: A içinde Tablo A13, Tablo A27, Tablo A41'de verilmektedir. Tablo A13, Tablo A27, Tablo A41'den hareketle düşük pik, yüksek pik sayım değerleri ile bu piklerin oranı L3 lomber vertebra için Tablo 5.8 olarak düzenlenmiştir.

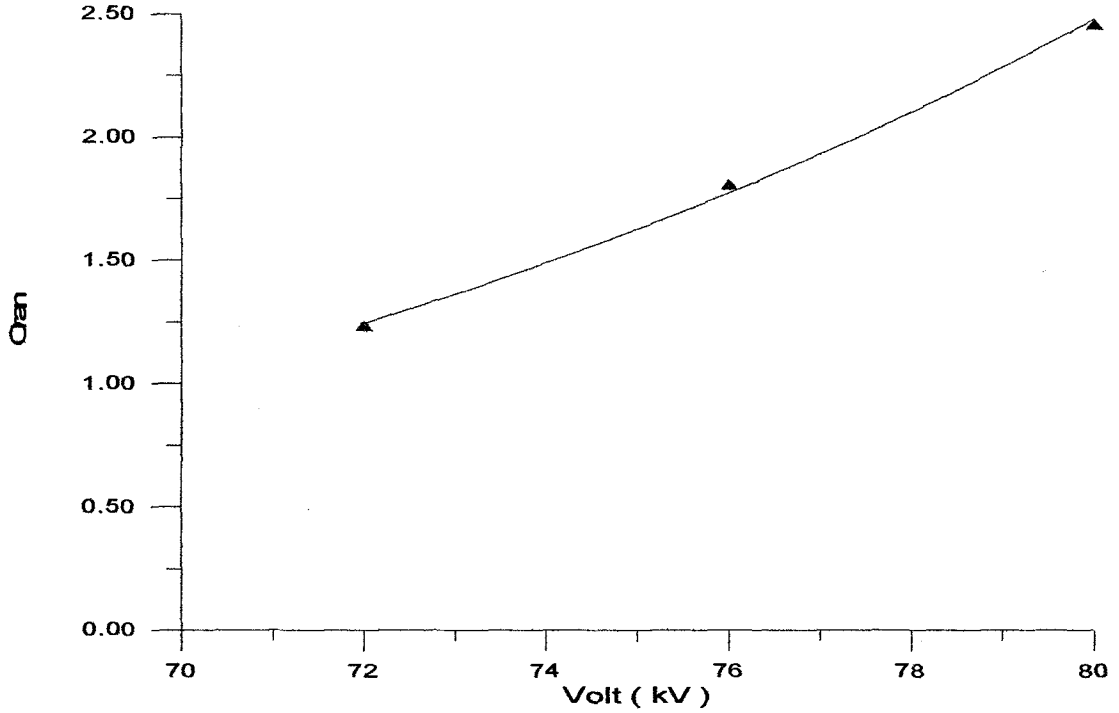
Tablo 5.18
2500 μ A ve Farklı gerilimlerde L3 Lomber Vertebra İçin Yapılan Deneylere İlişkin Alınan Düşük Pik, Yüksek Pik Sayım Değerleri

Gerilim	Düşük Pik Sayımı	Yüksek Pik Sayımı	Piklerin Oranı
72 kV	245840	303395	1.234
76 kV	260418	470148	1.805
80 kV	266990	654904	2.453

Tablo 5.18'den hareketle, 2500 μ A ve farklı gerilimlerde L3 lomber vertebra için yapılan deneylere ilişkin düşük pik ve yüksek pik sayım değerlerine göre çizilen grafikler Şekil 5.35'de aynı şartlarda bu piklerin oranı için çizilen grafik ise Şekil 5.36'da görülmektedir.



Şekil 5.35. 2500 μ A ve Farklı Gerilimlerde L3 Lomber Vertebra İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Sayım Değerlerine Göre Çizilen Grafikler



Şekil 5.36. 2500 μ A ve Farklı Gerilimlerde L3 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Oranına Göre Çizilen Grafik

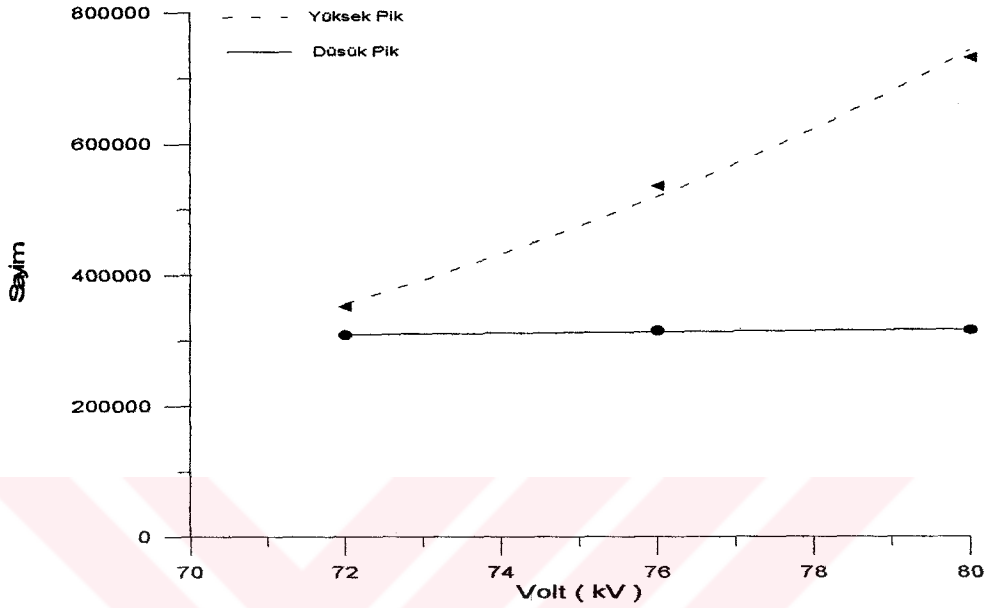
5.1.2.7. 3000 μ A ve Farklı Gerilimlerde Yapılan Deneylerin Sonuçları

Çift Enerjili X-Işını Absorpsiyometri (DEXA) cihazında 3000 μ A akım değerinde üç farklı gerilim (72 kV, 76 kV ve 80 kV) değerlerinde L2 lomber vertebraşı için yapılan deneylerin sonuçları Ek: A içinde Tablo A7, Tablo A21, Tablo A35'de verilmektedir. Tablo A7, Tablo A21, Tablo A35'den hareketle düşük pik, yüksek pik sayım değerleri ile bu piklerin oranı L2 lomber vertebraşı için Tablo 5.19 olarak düzenlenmiştir.

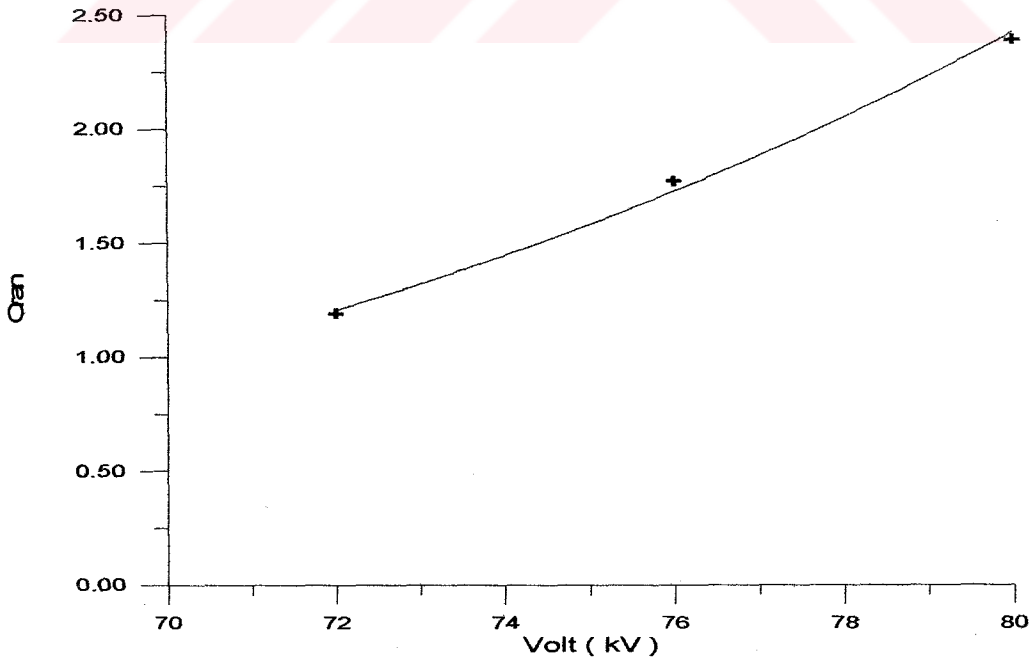
Tablo 5.19
3000 μ A ve Farklı gerilimlerde L2 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Alınan Düşük Pik, Yüksek Pik Sayım Değerleri

Gerilim	Düşük Pik Sayımı	Yüksek Pik Sayımı	Piklerin Oranı
72 kV	308886	367806	1.191
76 kV	315716	559258	1.771
80 kV	316188	756326	2.392

Tablo 5.19'den hareketle, 3000 μ A ve farklı gerilimlerde L2 lomber vertebraşı için yapılan deneylere ilişkin düşük pik ve yüksek pik sayım değerlerine göre çizilen grafikler Şekil 5.37'de aynı şartlarda bu piklerin oranı için çizilen grafik ise Şekil 5.38'de görölmektedir.



Şekil 5. 37. 3000 μ A ve Farklı Gerilimlerde L2 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Sayım Değerlerine Göre Çizilen Grafikler



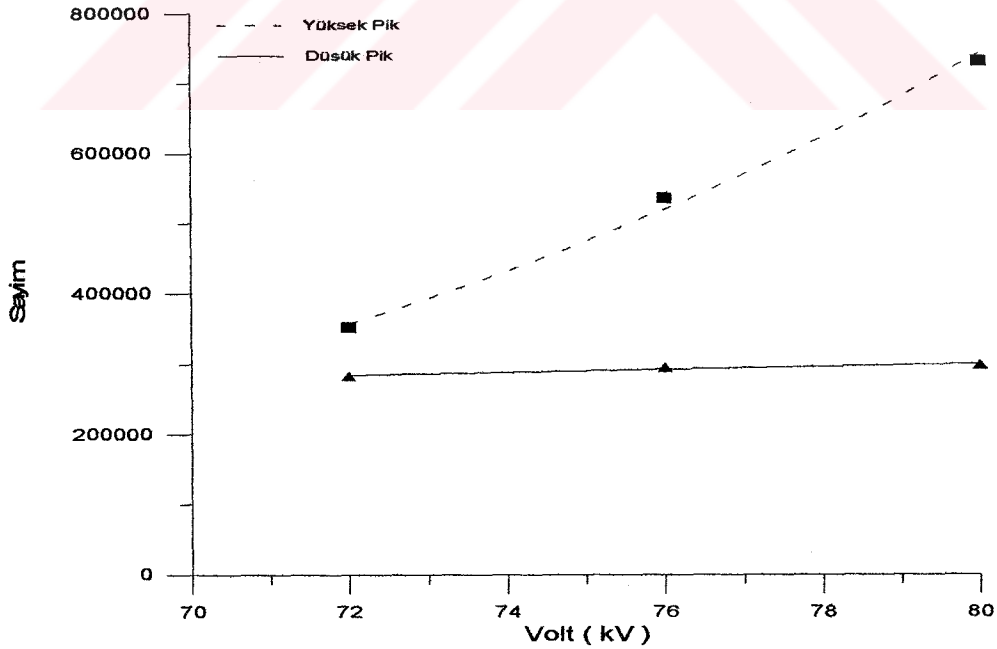
Şekil 5.38. 3000 μ A ve Farklı Gerilimlerde L2 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Oranına Göre Çizilen Grafik

Çift Enerjili X-Işını Absorpsiyometri (DEXA) cihazında 3000 μ A akım değerinde üç farklı gerilim (72 kV, 76 kV ve 80 kV) değerlerinde L3 lomber vertebra için yapılan deneylerin sonuçları Ek: A içinde Tablo A14, Tablo A28, Tablo A42’de verilmektedir. Tablo A14, Tablo A28, Tablo A42’den hareketle düşük pik, yüksek pik sayım değerleri ile bu piklerin oranı L3 lomber vertebra için Tablo 5.20 olarak düzenlenmiştir.

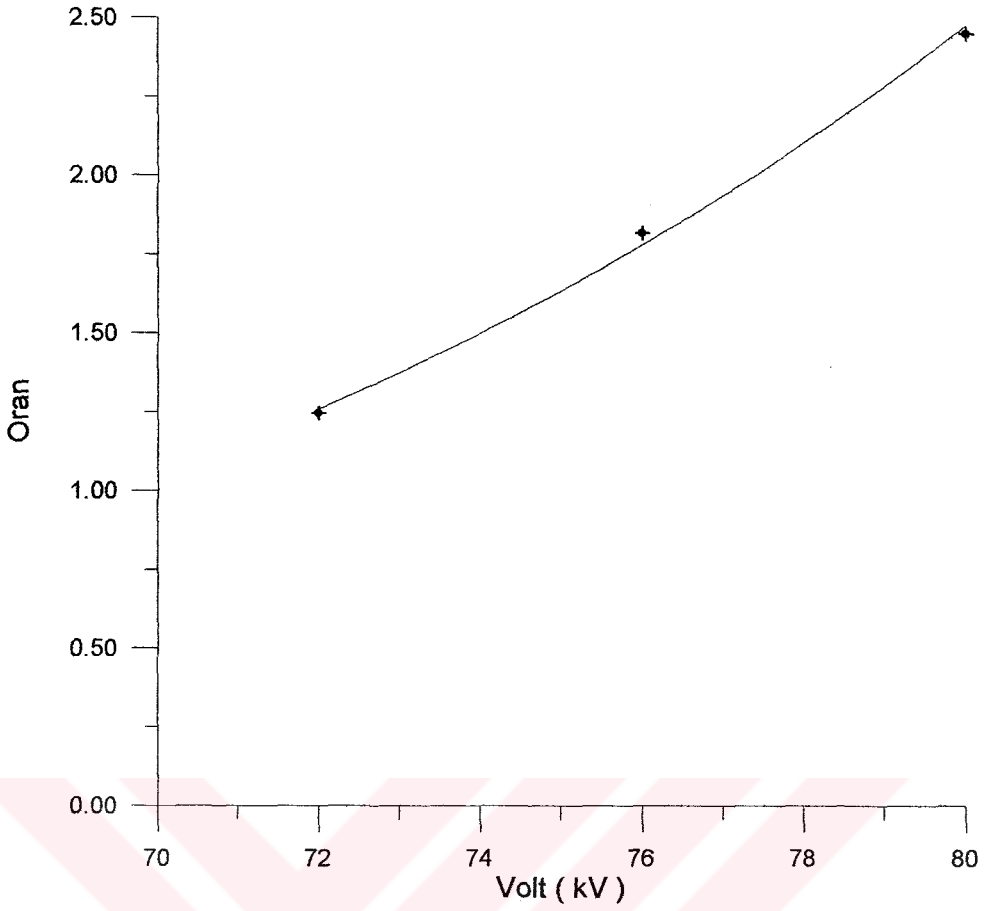
Tablo 5.20
3000 μ A ve Farklı gerilimlerde L3 Lomber Vertebra İçin Yapılan Deneylere İlişkin Alınan Düşük Pik, Yüksek Pik Sayım Değerleri

Gerilim	Düşük Pik Sayımı	Yüksek Pik Sayımı	Piklerin Oranı
72 kV	282578	351950	1.246
76 kV	294913	536169	1.818
80 kV	298304	731325	2.452

Tablo 5.20’den hareketle, 3000 μ A ve farklı gerilimlerde L3 lomber vertebra için yapılan deneylere ilişkin düşük pik ve yüksek pik sayım değerlerine göre çizilen grafikler Şekil 5.39’de aynı şartlarda bu piklerin oranı için çizilen grafik ise Şekil 5.40’da görülmektedir.



Şekil 5.39. 3000 μ A ve Farklı Gerilimlerde L3 Lomber Vertebra İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Sayım Değerlerine Göre Çizilen Grafikler



Şekil 5.40. 3000 μ A ve Farklı Gerilimlerde L3 Lomber Vertebraşı İçin Yapılan Deneylere İlişkin Düşük Pik ve Yüksek Pik Oranına Göre Çizilen Grafik

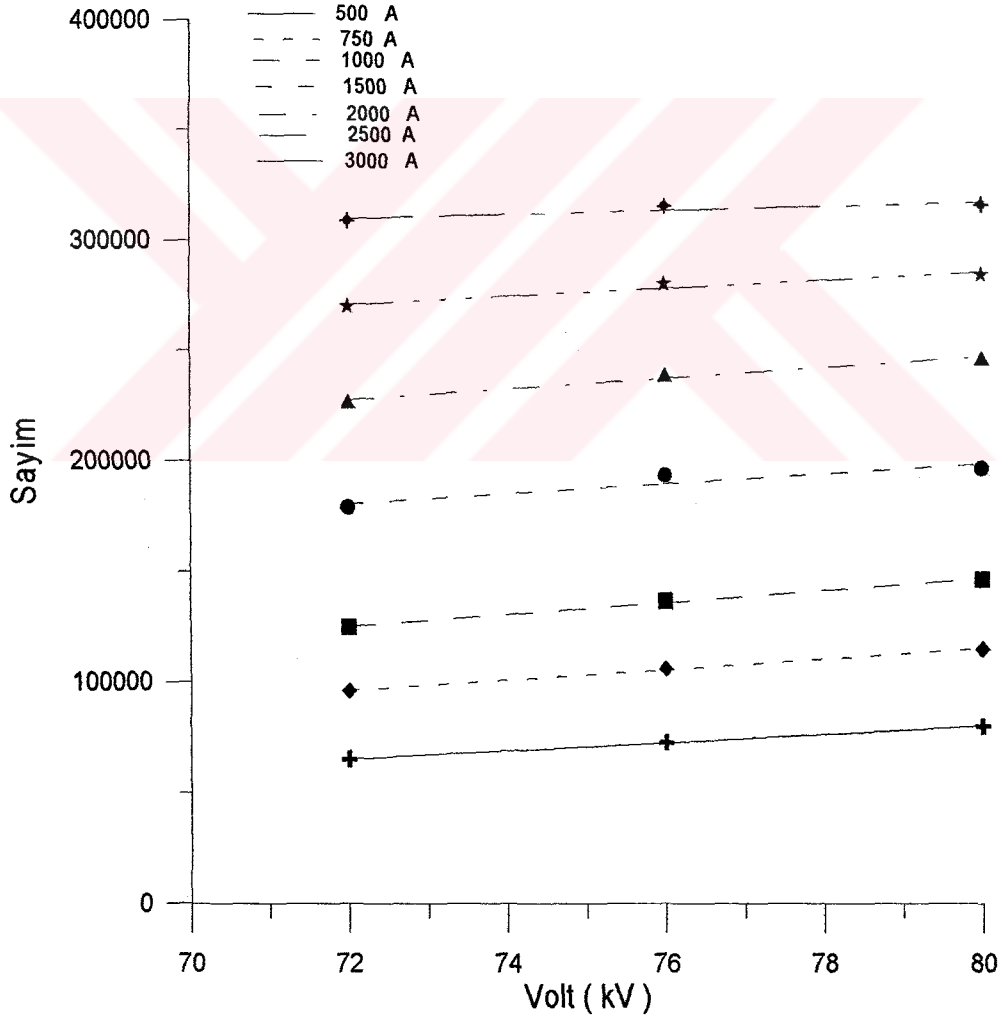
5.1.3. Çift Enerjili X-Işını Absorbsiyometri (DEXA) Kalite Kontrol

Ölçümleme Deneyleri Sonuçlarının Mukayeseli Değerlendirmesi

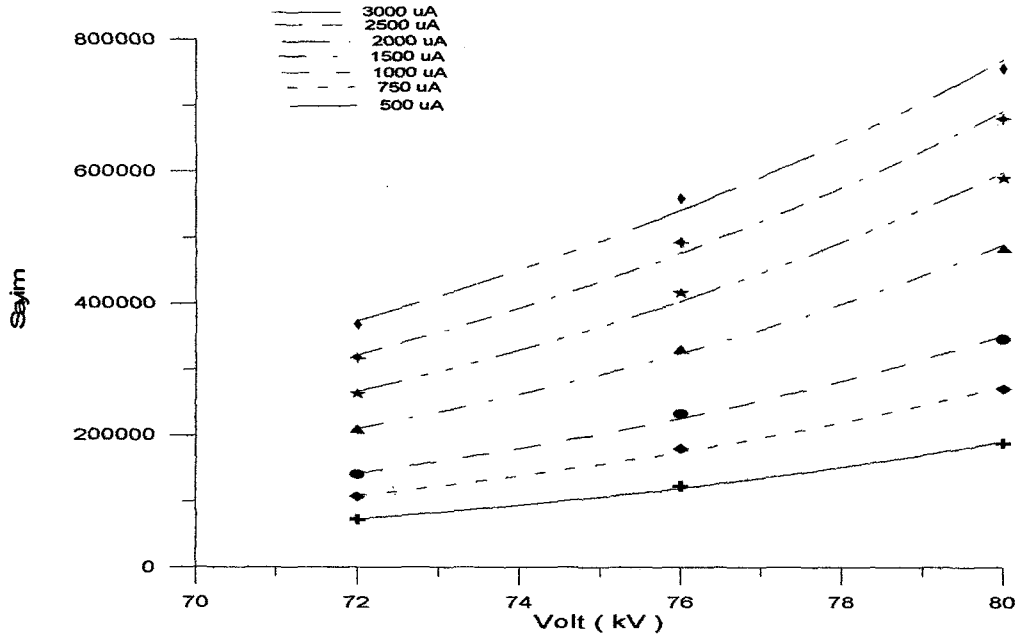
Bu Yüksek Lisans tezinde, fantom kullanılarak, gerçekleştirilen deneyler sonucunda farklı gerilim ve akım değerlerinde alınan sonuçlar Bölüm 5.1.1 ve Bölüm 5.1.2 içinde her deney şartı için ayrı ayrı verilmiştir. Bu alt bölümde ise yapılan deneylerin mukayeseli grafikleri verilmektedir. Böylelikle, Çift Enerjili X-Işını Absorpsiyometri (DEXA) Kalite kontrol ölçümleme deneyleri karşılaştırmalı olarak değerlendirilebilecektir.

5.1.3.1. Farklı Gerilimde Yapılan Deneylerin Sonuçlarının Mukayesesi

Çift Enerjili X-Işını Absorpsiyometri (DEXA) cihazında çalışılan üç farklı gerilim olan 72 kV, 76 kV ve 80 kV için 7 farklı akım değeri (500 μ A, 750 μ A, 1000 μ A, 1500 μ A, 2000 μ A, 2500 μ A ve 3000 μ A) için deneyler farklı iki lomber vertebra (L2 ve L3) için gerçekleştirilmiştir. L2 lomber vertebra için farklı gerilimde yapılan söz konusu deneylerin sonuçlarının farklı akımlar için (Ek: A içinde Tablo A1 – Tablo A7 ve Tablo A15 - Tablo A21 ve Tablo A29 – Tablo A35) mukayeseli grafikleri DEXA ile elde edilen düşük pik değerleri için Şekil 5.41’de yüksek pik sayım değerleri için ise Şekil 5.42’de verilmektedir.

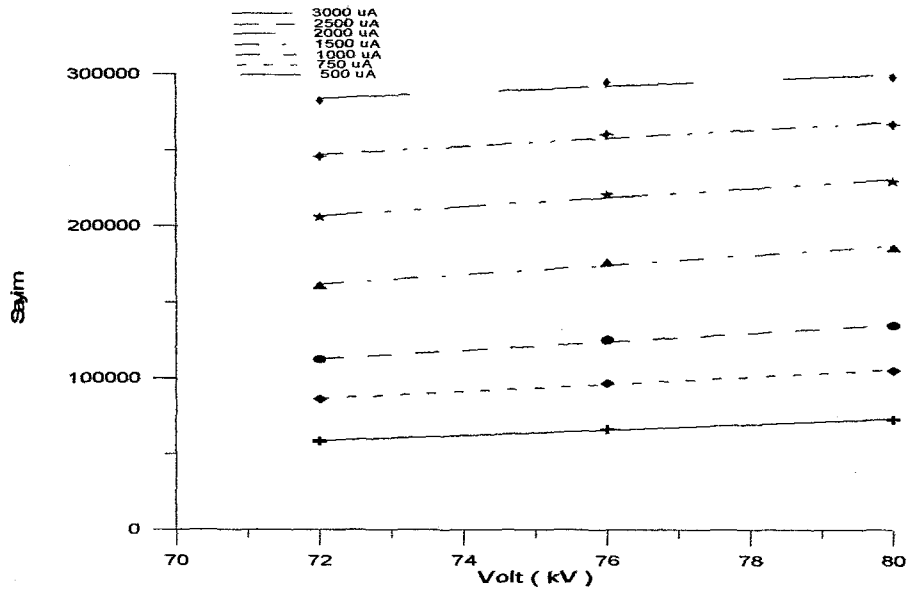


Şekil 5.41 Farklı Gerilimde Çalışılan Akımlar İçin L2 Lomber Vertebra'sına İlişkin DEXA Düşük Pik Sonuçlarının Mukayeseli Grafikleri

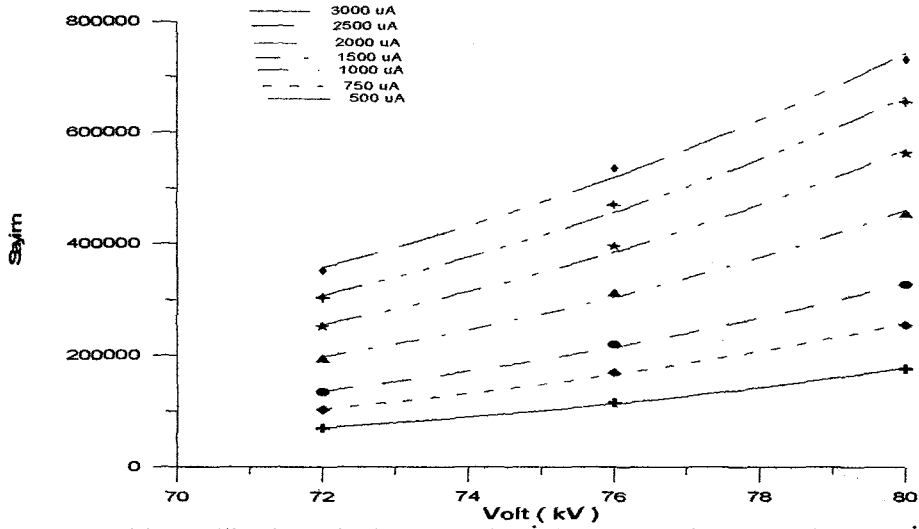


Şekil 5.42 Farklı Gerilimde Çalışılan Akımlar İçin L2 Lomber Vertebra'sına İlişkin DEXA Yüksek Pik Sonuçlarının Mukayeseli Grafikleri

L3 lomber vertebra'sı için farklı gerilimde yapılan söz konusu deneylerin sonuçlarının farklı akımlar için (Ek: A içinde Tablo A8 – Tablo A14 ve Tablo A22 - Tablo A28 ve Tablo A36 - Tablo A42) mukayeseli grafikleri DEXA ile elde edilen düşük pik değerleri için Şekil 5.43'de yüksek pik sayım değerleri için ise Şekil 5.44'de verilmektedir.



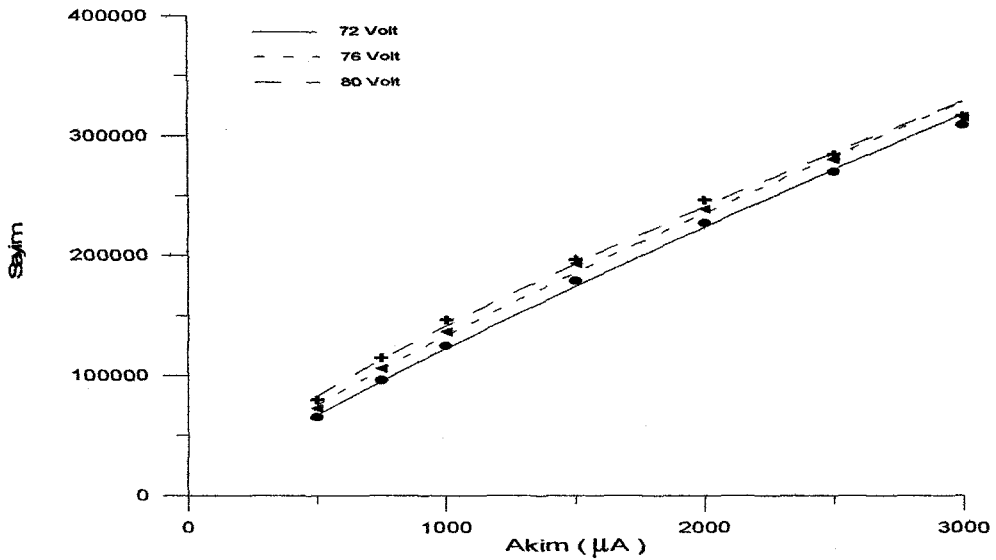
Şekil 5.43 Farklı Gerilimde Çalışılan Akımlar İçin L3 Lomber Vertebra'sına İlişkin DEXA Düşük Pik Sonuçlarının Mukayeseli Grafikleri



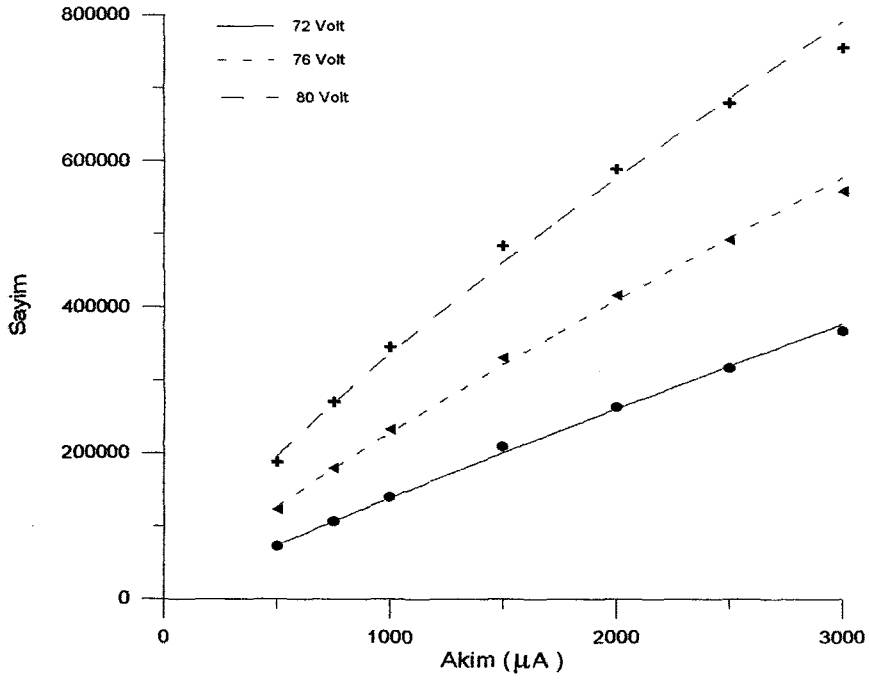
Şekil 5.44 Farklı Gerilimde Çalışılan Akımlar İçin L3 Lomber Vertebra'sına İlişkin DEXA Yüksek Pik Sonuçlarının Mukayeseli Grafikleri

5.1.3.2. Farklı Akımda Yapılan Deneylerin Sonuçlarının Mukayesesi

Çift Enerjili X-Işını Absorpsiyometri (DEXA) cihazında çalışılan yedi farklı akım olan (500 μ A, 750 μ A, 1000 μ A, 1500 μ A, 2000 μ A, 2500 μ A ve 3000 μ A) için üç farklı gerilim değeri için deneyler farklı iki lomber vertebra (L2 ve L3) için gerçekleştirilmiştir. L2 lomber vertebra'sı için farklı gerilimde yapılan söz konusu deneylerin sonuçlarının farklı akımlar için (Ek: A içinde Tablo A1 – Tablo A7 ve Tablo A15 - Tablo A21 ve Tablo A29 – Tablo A35) mukayeseli grafikleri DEXA ile elde edilen düşük pik değerleri için Şekil 5.45'de yüksek pik sayım değerleri için ise Şekil 5.46'da verilmektedir.

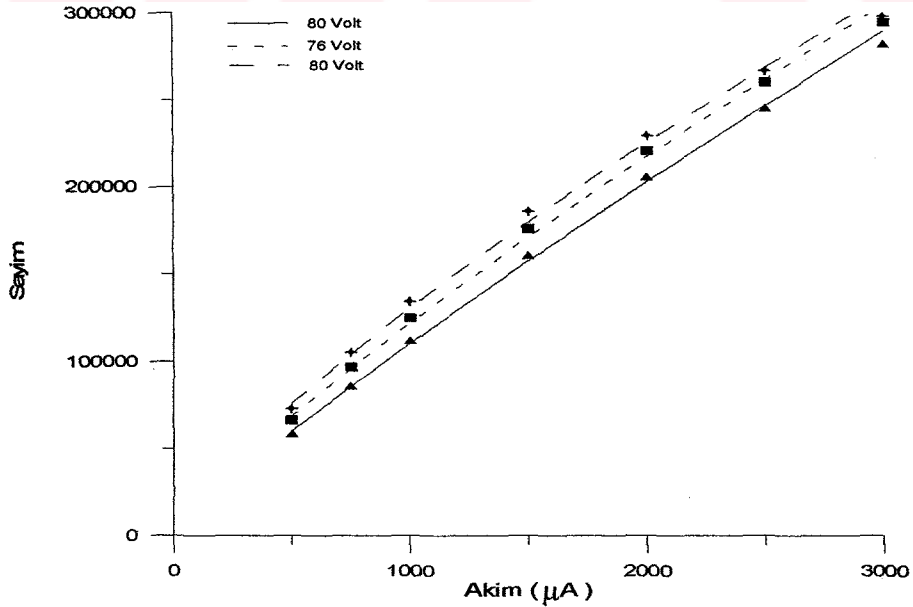


Şekil 5.45 Farklı Akımda Çalışılan Gerilim İçin L2 Lomber Vertebra'sına İlişkin DEXA Düşük Pik Sonuçlarının Mukayeseli Grafikleri

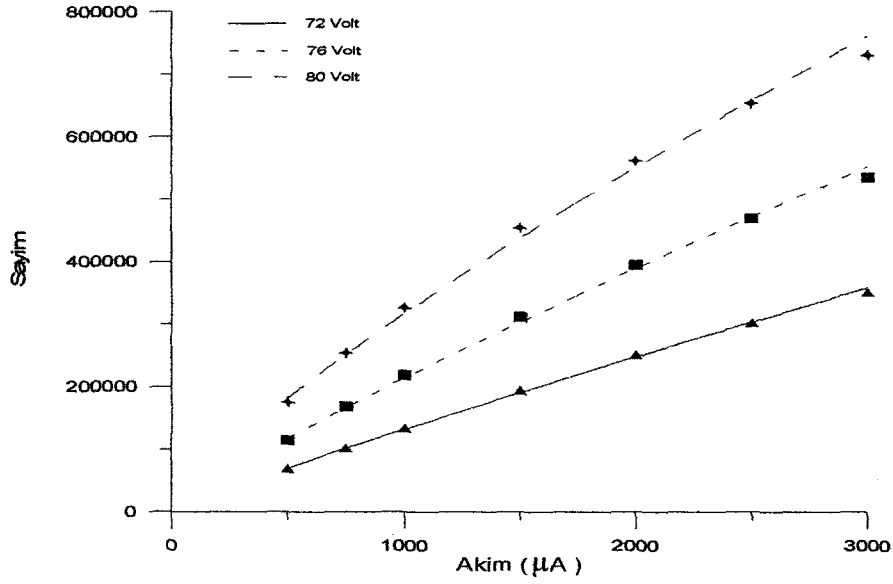


Şekil 5.46 Farklı Akımda Çalışılan Gerilim İçin L2 Lomber Vertebraına İlişkin DEXA Yüksek Pik Sonuçlarının Mukayeseli Grafikleri

L3 lomber vertebraı için farklı gerilimde yapılan söz konusu deneylerin sonuçlarının farklı akımlar için (Ek: A içinde Tablo A8 – Tablo A14 ve Tablo A22 - Tablo A28 ve Tablo A36 - Tablo A42) mukayeseli grafikleri DEXA ile elde edilen düşük pik değerleri için Şekil 5.47’de yüksek pik sayım değerleri için ise Şekil 5.48’de verilmektedir.



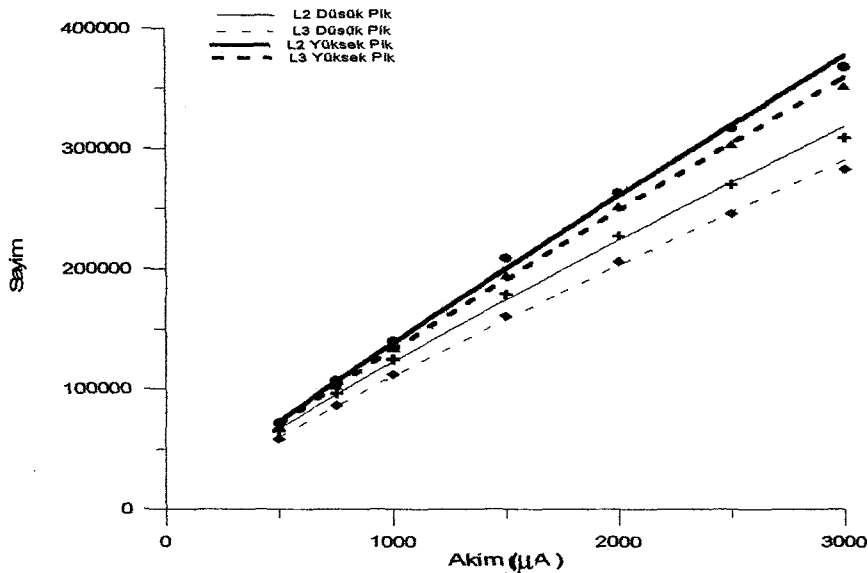
Şekil 5.47 Farklı Akımda Çalışılan Gerilimler İçin L3 Lomber Vertebraına İlişkin DEXA Düşük Pik Sonuçlarının Mukayeseli Grafikleri



Şekil 5.48 Farklı Akımda Çalışılan Gerilim İçin L3 Lomber Vertebraına İlişkin DEXA Yüksek Pik Sonuçlarının Mukayeseli Grafikleri

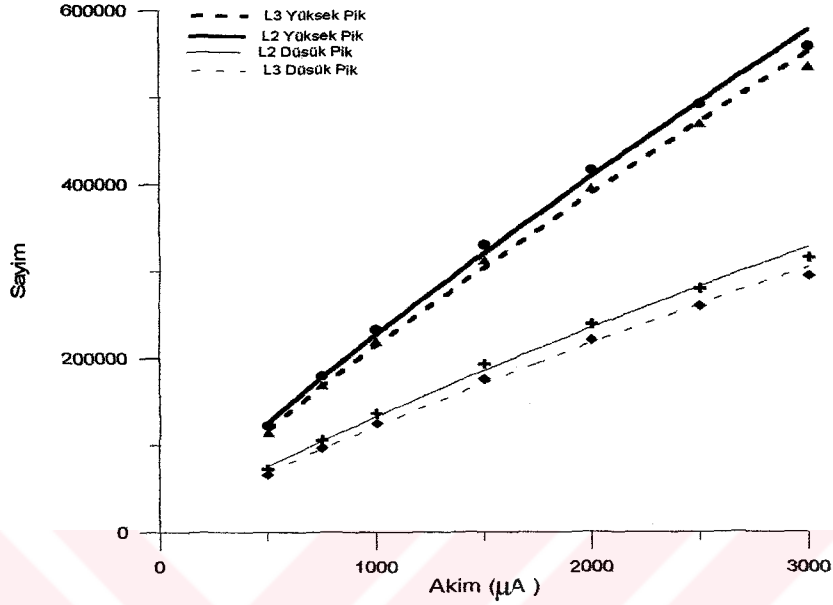
5.1.3.3. Farklı Lomber Vertebra İçin Yapılan Deneylerin Sonuçlarının Mukayesesi

Çift Enerjili X-Işını Absorpsiyometri (DEXA) cihazında yedi farklı akım (500 µA, 750 µA, 1000 µA, 1500 µA, 2000 µA, 2500 µA ve 3000 µA) ve üç farklı gerilim değeri (72 kV, 76 kV ve 80 kV) için iki lomber vertebra (L2 ve L3) ilişkin olarak gerçekleştirilmiştir. L2 ve L3 lomber vertebra için 72 kV’da yapılan söz konusu deneylerin sonuçlarının farklı akımlar için mukayeseli grafikleri DEXA ile elde edilen düşük ve yüksek pik değerlerine ilişkin grafik Şekil 5.49’da verilmektedir.

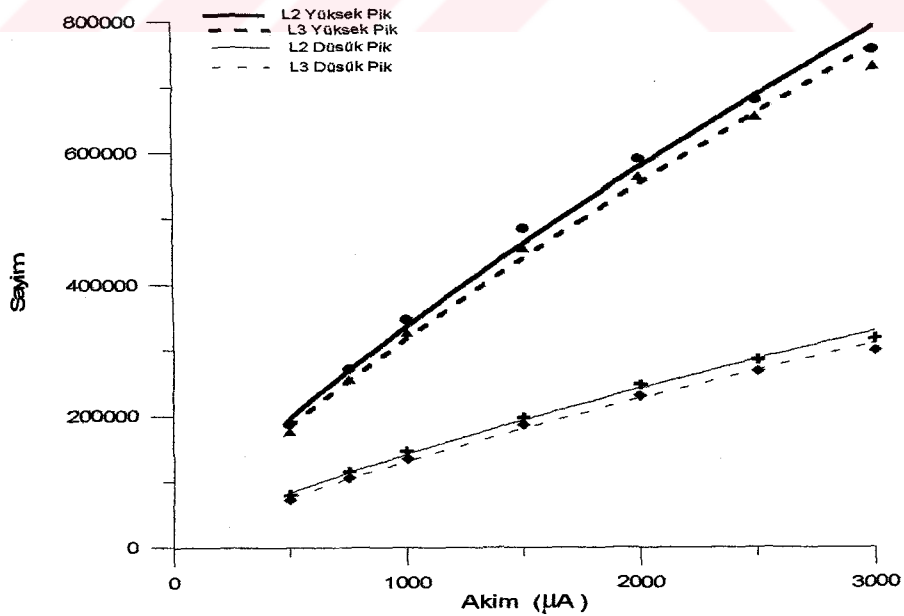


Şekil 5.49 72 kV Gerilimde Çalışılan Akımlar İçin L2 ve L3 Lomber Vertebra İlişkin DEXA Düşük ve Yüksek Pik Sonuçlarının Mukayeseli Grafikleri

L2 ve L3 lomber vertebraları için 76 kV ve 80 kV'da yapılan söz konusu deneylerin sonuçlarının farklı akımlar için mukayeseli grafikleri DEXA ile elde edilen düşük ve yüksek pik değerlerine ilişkin grafikler sırasıyla Şekil 5.50 ve Şekil 5.51'de verilmektedir.



Şekil 5.50 76 kV Gerilimde Çalışılan Akımlar İçin L2 ve L3 Lomber Vertebralarına İlişkin DEXA Düşük ve Yüksek Pik Sonuçlarının Mukayeseli Grafikleri



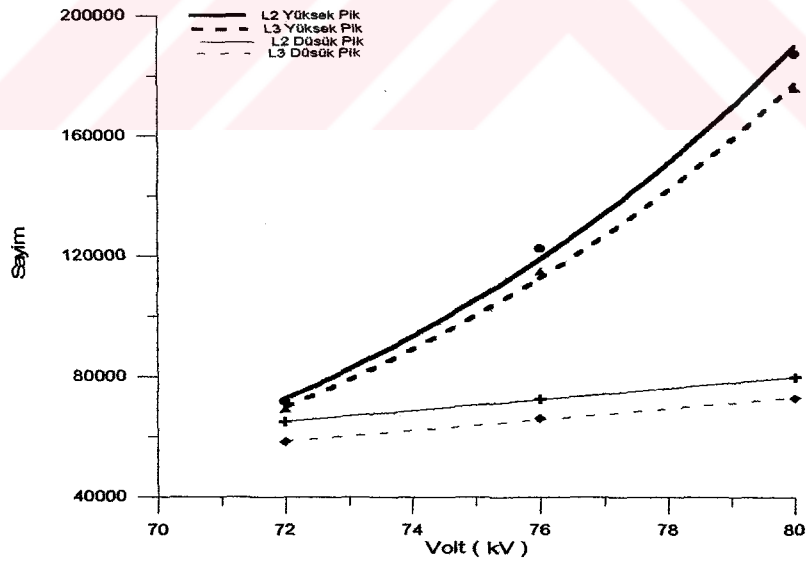
Şekil 5.51 80 kV Gerilimde Çalışılan Akımlar İçin L2 ve L3 Lomber Vertebralarına İlişkin DEXA Düşük ve Yüksek Pik Sonuçlarının Mukayeseli Grafikleri

5.1.3.4. Farklı Lomber Vertebra İçin Sabit Akım Farklı Gerilimde Yapılan Deneylerin Sonuçlarının Mukayesesi

Çift Enerjili X-Işını Absorpsiyometri (DEXA) cihazında yedi farklı akım (500 μ A, 750 μ A, 1000 μ A, 1500 μ A, 2000 μ A, 2500 μ A ve 3000 μ A) ve üç farklı gerilim değeri (72 kV, 76 kV ve 80 kV) için iki lomber vertebra (L2 ve L3) ilişkin olarak gereklenmiştii. L2 ve L3 lomber vertebra için 7 farklı akım değeriinde yapılan söz konusu deneylerin sonuçlarının farklı gerilimler için mukayeseli grafikleri elde edilmiştir.

5.1.3.4.1. 500 μ A'de Farklı Lomber Vertebra İçin Yapılan Deneylerin Sonuçlarının Mukayesesi

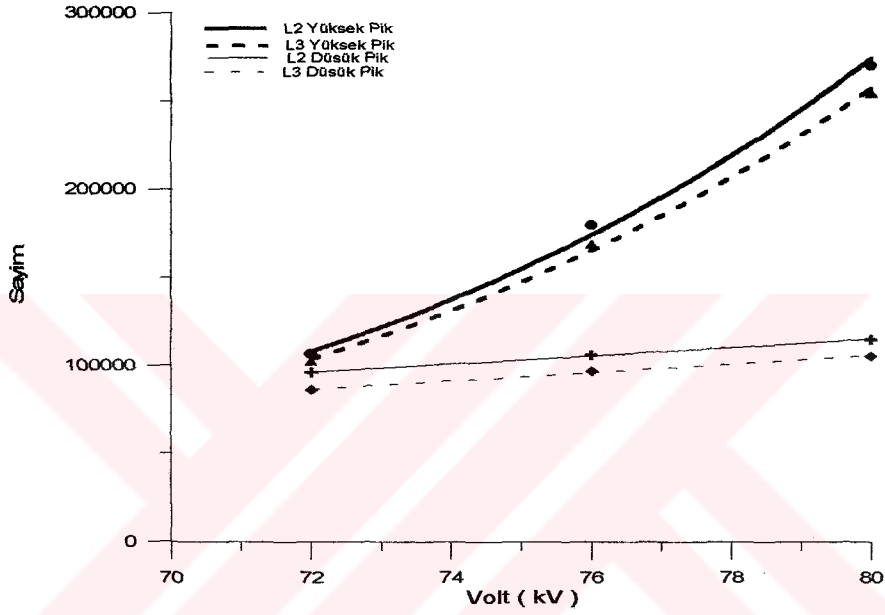
Çift Enerjili X-Işını Absorpsiyometri (DEXA) cihazında 500 μ A akımda üç farklı gerilim (72 kV, 76 kV ve 80 kV) değeriinde L2 ve L3 lomber vertebra için gerçeklenen söz konusu deneylerin sonuçlarının farklı gerilimler için mukayeseli grafikleri DEXA ile elde edilen düşük ve yüksek pik değeriine ilişkin grafik Şekil 5.52'de verilmektedir.



Şekil 5.52. 500 μ A Akımda Çalışılan Gerilimler İçin L2 ve L3 Lomber Vertebra İlişkin DEXA Düşük ve Yüksek Pik Sonuçlarının Mukayeseli Grafikleri

5.1.3.4.2. 750 μ A'de Farklı Lomber Vertebraalar İçin Yapılan Deneylerin Sonuçlarının Mukayesesi

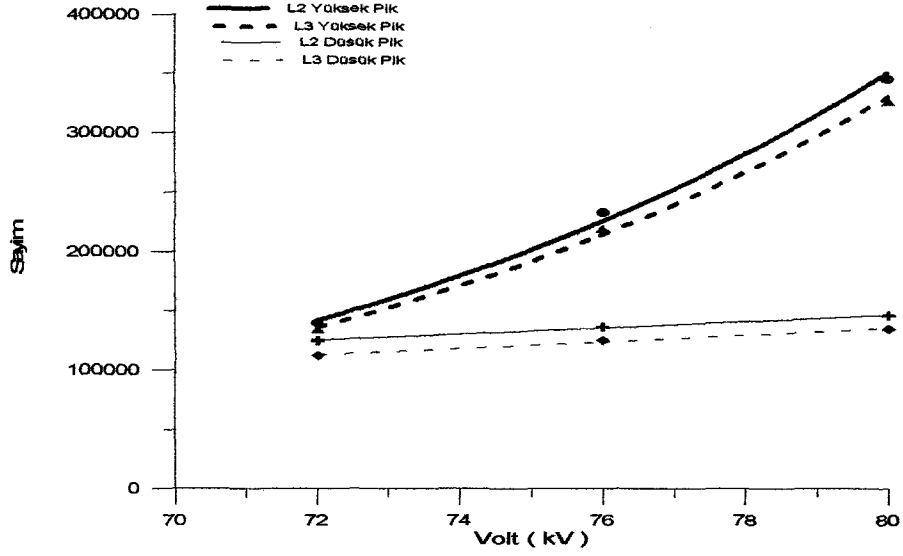
Çift Enerjili X-Işını Absorpsiyometri (DEXA) cihazında 750 μ A akımda üç farklı gerilim (72 kV, 76 kV ve 80 kV) değėlerinde L2 ve L3 lomber vertebraşı için gerçeklenen söz konusu deneylerin sonuçlarının farklı gerilimler için mukayeseli grafikleri DEXA ile elde edilen düşük ve yüksek pik değėlerine ilişkin grafik Şekil 5.53'de verilmektedir.



Şekil 5.53 750 μ A Akımda Çalışılan Gerilimler İçin L2 ve L3 Lomber Vertebraalarına İlişkin DEXA Düşük ve Yüksek Pik Sonuçlarının Mukayeseli Grafikleri

5.1.3.4.3. 1000 μ A'de Farklı Lomber Vertebraalar İçin Yapılan Deneylerin Sonuçlarının Mukayesesi

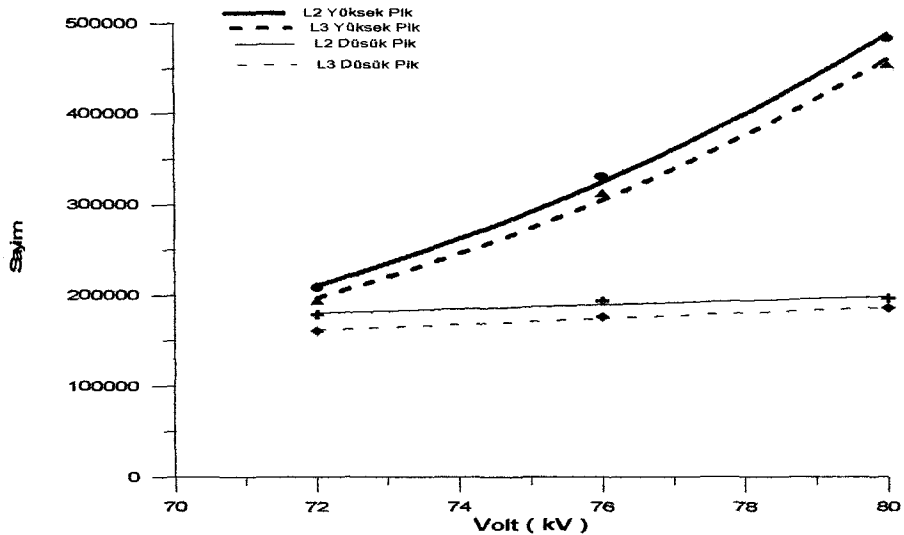
Çift Enerjili X-Işını Absorpsiyometri (DEXA) cihazında 1000 μ A akımda üç farklı gerilim (72 kV, 76 kV ve 80 kV) değėlerinde L2 ve L3 lomber vertebraşı için gerçeklenen söz konusu deneylerin sonuçlarının farklı gerilimler için mukayeseli grafikleri DEXA ile elde edilen düşük ve yüksek pik değėlerine ilişkin grafik Şekil 5.54'de verilmektedir.



Şekil 5.54 1000 μ A Akımda Çalışılan Gerilimler İçin L2 ve L3 Lomber Vertebralarına İlişkin DEXA Düşük ve Yüksek Pik Sonuçlarının Mukayeseli Grafikleri

5.1.3.4.4. 1500 μ A'de Farklı Lomber Vertebra lar İçin Yapılan Deneylerin Sonuçlarının Mukayesesi

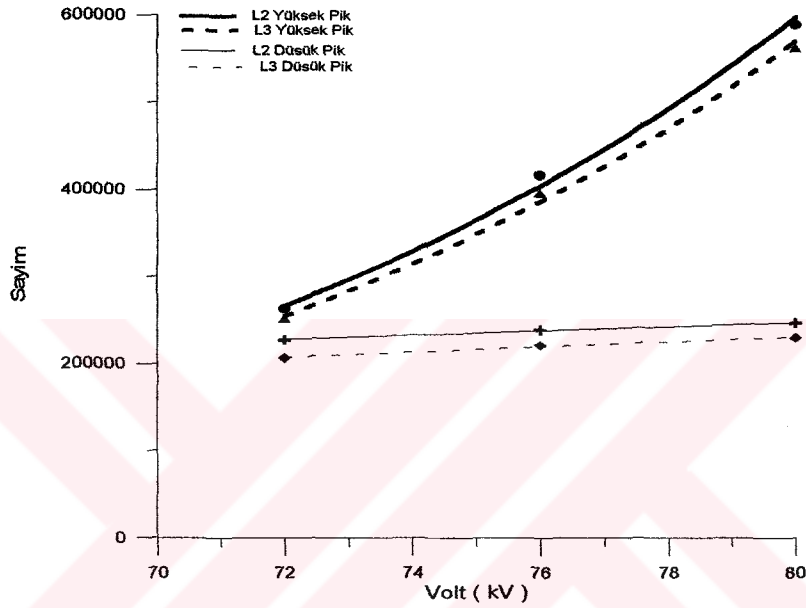
Çift Enerjili X-Işını Absorpsiyometri (DEXA) cihazında 1500 μ A akımda üç farklı gerilim (72 kV, 76 kV ve 80 kV) değerlerinde L2 ve L3 lomber vertebra sı için gerçekleştirilen söz konusu deneylerin sonuçlarının farklı gerilimler için mukayeseli grafikleri DEXA ile elde edilen düşük ve yüksek pik değerlerine ilişkin grafik Şekil 5.55'de verilmektedir.



Şekil 5.55 1500 μ A Akımda Çalışılan Gerilimler İçin L2 ve L3 Lomber Vertebra larına İlişkin DEXA Düşük ve Yüksek Pik Sonuçlarının Mukayeseli Grafikleri

5.1.3.4.5. 2000 μ A'de Farklı Lomber Vertebraalar İçin Yapılan Deneylerin Sonuçlarının Mukayesesi

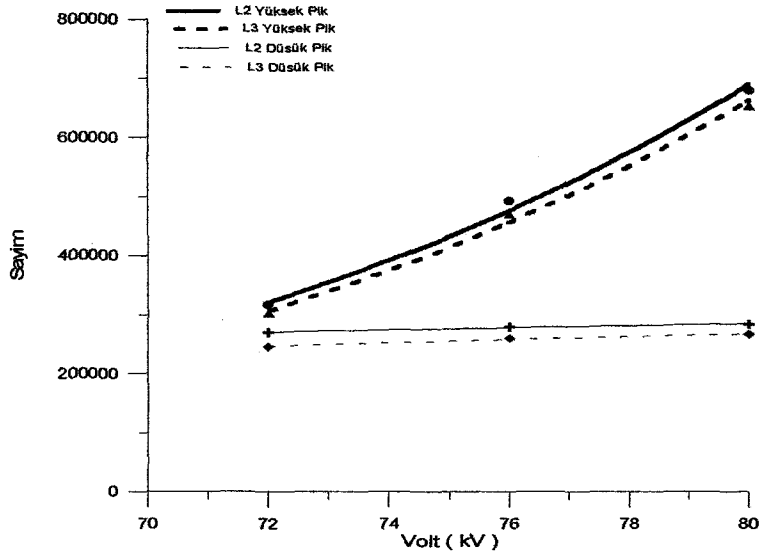
Çift Enerjili X-Işını Absorpsiyometri (DEXA) cihazında 2000 μ A akımda üç farklı gerilim (72 kV, 76 kV ve 80 kV) değerlerinde L2 ve L3 lomber vertebraı için gerçekleştirilen söz konusu deneylerin sonuçlarının farklı gerilimler için mukayeseli grafikleri DEXA ile elde edilen düşük ve yüksek pik değerlerine ilişkin grafik Şekil 5.56'de verilmektedir.



Şekil 5.56 2000 μ A Akımda Çalışılan Gerilimler İçin L2 ve L3 Lomber Vertebraalarına İlişkin DEXA Düşük ve Yüksek Pik Sonuçlarının Mukayeseli Grafikleri

5.1.3.4.6. 2500 μ A'de Farklı Lomber Vertebraalar İçin Yapılan Deneylerin Sonuçlarının Mukayesesi

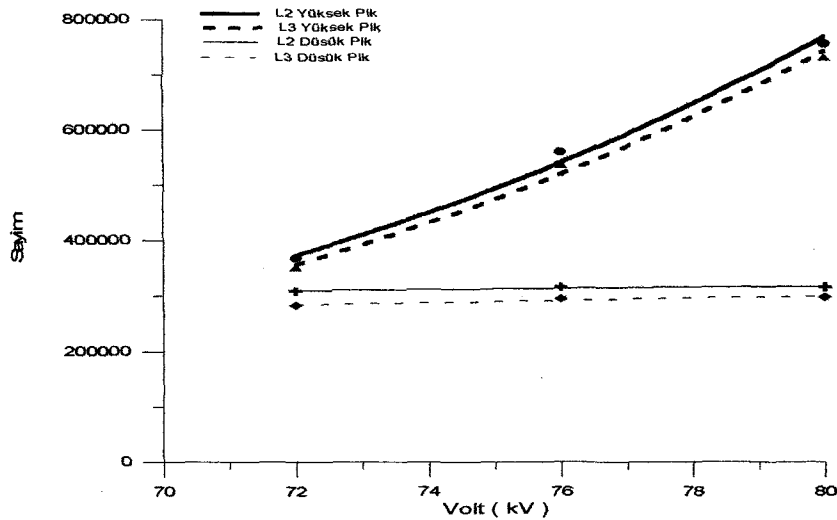
Çift Enerjili X-Işını Absorpsiyometri (DEXA) cihazında 2500 μ A akımda üç farklı gerilim (72 kV, 76 kV ve 80 kV) değerlerinde L2 ve L3 lomber vertebraı için gerçekleştirilen söz konusu deneylerin sonuçlarının farklı gerilimler için mukayeseli grafikleri DEXA ile elde edilen düşük ve yüksek pik değerlerine ilişkin grafik Şekil 5.57'de verilmektedir.



Şekil 5.57 2500 μ A Akımda Çalışılan Gerilimler İçin L2 ve L3 Lomber Vertebralarına İlişkin DEXA Düşük ve Yüksek Pik Sonuçlarının Mukayeseli Grafikleri

5.1.3.4.7. 3000 μ A'de Farklı Lomber Vertebraalar İçin Yapılan Deneylerin Sonuçlarının Mukayesesi

Çift Enerjili X-Işını Absorpsiyometri (DEXA) cihazında 3000 μ A akımda üç farklı gerilim (72 kV, 76 kV ve 80 kV) değerlerinde L2 ve L3 lomber vertebraı için gerçekleştirilen söz konusu deneylerin sonuçlarının farklı gerilimler için mukayeseli grafikleri DEXA ile elde edilen düşük ve yüksek pik değerlerine ilişkin grafik Şekil 5.58'de verilmektedir.



Şekil 5.58 3000 μ A Akımda Çalışılan Gerilimler İçin L2 ve L3 Lomber Vertebralarına İlişkin DEXA Düşük ve Yüksek Pik Sonuçlarının Mukayeseli Grafikleri

5.2. Kemik Yoğunluğu Tayini Deneylerinin Sonuçları

Bu Yüksek Lisans tezinde hedeflenen çift enerjili X-Işını Absorbsiyometri (DEXA) kalite kontrol ölçümleme deneylerinden ayrı olarak, gerçek hasta ile farklı kumanda faktörleri ile çalışma bağlamında deneyler Alman Hastanesinin imkanlarından yararlanılarak yapılmıştır. Bu amaçla, yumuşak doku fazlalığı nedeniyle teknik açıdan iyi bir örnek olabileceği düşünülen bir hasta ile çalışılmıştır. Çalışılan hasta, 92 kg ağırlığında 155 cm boyunda 54 yaşında beyaz ırka mensup kadın bir kişidir. Elde edilen bilgisayar çıktısı sonuçları (toplu halde) Ek: B’de verilmektedir.

Çift enerjili X-Işını Absorbsiyometri (DEXA) kalite kontrol ölçümleme deneyleri farklı parametrelerle versiyonel olarak yapılmış olmasına karşın, canlı hasta ile çalışılıyor olmaktan ötürü, rutin kullanımda tercih edilen gerilim değerinde iki farklı akım ile aynı hasta için ölçüm alınmıştır. Hasta ile çalışma değerleri Tablo 5.21’de verilmektedir.

Tablo 5.21
Hasta İle Çalışma Parametreleri

Gerilim	Akım
76 kV	750 μ A
76 kV	3000 μ A

5.2.1. Kemik Yoğunluğu Tayinine İlişkin Alınan T-Skor ve Z-Skor Sonuçları

Çift enerjili X-Işını Absorbsiyometri (DEXA) tekniği ile kemik yoğunluğu ölçümüne ilişkin Tablo 5.21’deki parametrelerle yapılan çalışmalarda Denklem 2.1 ve Denklem 2.2’de verilen formüller bağlamında cihazın yazılımı çerçevesinde alınan sonuçlar 76 kV için iki farklı akım değeri olan 750 μ A ve 3000 μ A için sırasıyla Tablo 5.22 ve Tablo 5.23’de görülmektedir.

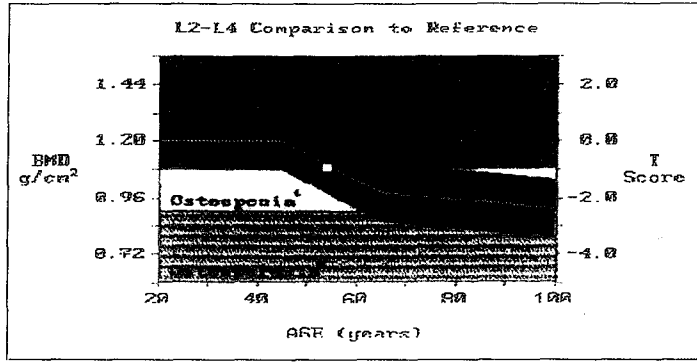
Tablo 5.22
Hasta İle Çalışma Sonucunda 76 kV 750 μ A'de Tayin Edilen T-Skor ve Z-Skor Değerleri

Bölge	BMD ¹ g/cm ²	Genç Eriskin ²		Yas Grubu ³	
		%	T	%	Z
L1	1.069	95	-0.5	104	0.3
L2	1.150	96	-0.4	104	0.4
L3	1.122	94	-0.6	102	0.2
L4	1.014	84	-1.6	92	-0.7
L1-L2	1.113	97	-0.3	106	0.5
L1-L3	1.116	95	-0.4	104	0.4
L1-L4	1.085	92	-0.8	100	0.0
L2-L3	1.136	95	-0.5	103	0.3
L2-L4 ⁴	1.089	91	-0.9	99	-0.1
L3-L4	1.063	89	-1.1	97	-0.3

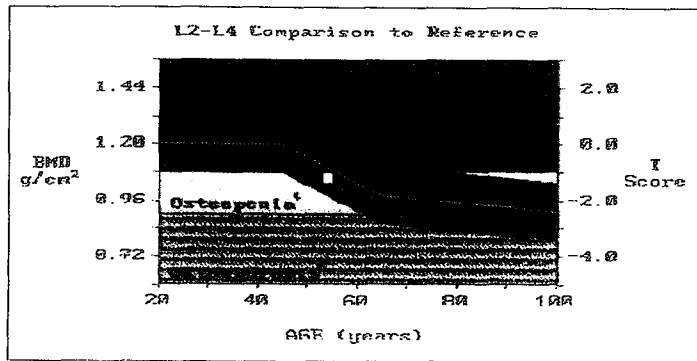
Tablo 5.23
Hasta İle Çalışma Sonucunda 76 kV 3000 μ A'de Tayin Edilen T-Skor ve Z-Skor Değerleri

Bölge	BMD ¹ g/cm ²	Genç Eriskin ²		Yas Grubu ³	
		%	T	%	Z
L1	1.055	93	-0.6	102	0.2
L2	1.148	96	-0.4	104	0.4
L3	1.042	87	-1.3	95	-0.5
L4	0.992	83	-1.7	90	-0.9
L1-L2	1.106	96	-0.4	105	0.5
L1-L3	1.082	92	-0.7	101	0.1
L1-L4	1.057	90	-1.0	98	-0.2
L2-L3	1.092	91	-0.9	99	-0.1
L2-L4 ⁴	1.057	88	-1.2	96	-0.4
L3-L4	1.017	85	-1.5	92	-0.7

Tablo 5.22 ve Tablo 5.23’de hareketle, T-Skor ve BMD değerleri için bilgisayar yazılımı kullanımıyla elde edilen grafiksel sonuçlar, Şekil 5.41 ve Şekil 5.42’de görülmektedir.



Şekil 5.59 Hasta İle Çalışma Sonucunda 76 kV 750 μ A’de Tayin Edilen T-Skor ve BMD Grafikleri



Şekil 5.60 Hasta İle Çalışma Sonucunda 76 kV 3000 μ A’de Tayin Edilen T-Skor ve BMD Grafikleri

5.2.2. Kemik Yoğunluğu Tayinine İlişkin Alınan Görüntüler

Çift enerjili X-Işını Absorbsiyometri (DEXA) tekniği ile kemik yoğunluğu ölçümüne ilişkin Tablo 5.21'deki parametrelerle yapılan çalışmalar sonucunda çalışılan hastaya ilişkin lomber vertebra görüntüleri de alınmıştır. 76 kV için iki farklı akım değeri olan 750 μ A ve 3000 μ A için sırasıyla söz konusu görüntü sonuçları Şekil 5.43 ve Şekil 5.44' de verilmektedir.



LUNAR®

Şekil 5.61 Hasta İle Çalışma Sonucunda 76 kV 750 μ A'de Lomber Vertebralara İlişkin Alınan Görüntü



LUNAR®

Şekil 5.62 Hasta İle Çalışma Sonucunda 76 kV 3000 μ A'de Lomber Vertebralara İlişkin Alınan Görüntü

BÖLÜM 6

SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu Yüksek Lisans Tezinde, nükleer tıpta kemik yoğunluğu ölçümü amacıyla kullanılan çift enerjili X-ışını absorbsiyometrisi (DEXA) sisteminin kalite kontrol testine ilişkin olarak sistemin kumanda parametrelerinin tekniğe etkisi deneysel olarak incelenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla, Alman Hastanesi'nin imkanları kullanılarak bir dizi deney yapılmıştır.

Çift enerjili X-ışını absorbsiyometrisi (DEXA) tekniğine ilişkin olarak, frenleme tipi X-ışını kullanılan diğer tekniklerde de olduğu gibi, başlıca iki önemli kumanda faktörü bulunmaktadır. Bunlar; frenleme tipi X-ışını üretmek amacıyla kullanılan X-ışını tüpüne uygulanan gerilim ve akım parametreleridir. Bu çalışmada, 3 farklı gerilim ve 7 farklı akım değeri ile çalışılmış olup, söz konusu bu parametrelerin çift enerjili X-ışını absorbsiyometrisi (DEXA) tekniğine etkisi kalite kontrol testi deneyleri bağlamında titizlikle gerçekleştirilmiştir.

Söz konusu deneylerin yapılabilmesi için uygun bir fantom kullanımına gereksinim duyulmuştur. Bu amaçla da yine, Alman Hastanesi imkanlarından yararlanılmış ve kemik yoğunluğu kalibrasyonlarında kullanılması tavsiye edilen standardize bir omurga (spine) fantom kullanılmıştır. Bir başka deyişle, lomber vertebra kemiklerini temsil eden alüminyum bir fantom ile deneysel olarak çalışılması bu Yüksek Lisans tezi çerçevesinde benimsenmiştir. Deneyler; söz konusu fantom, polimer bir kap içerisine konan su içine yerleştirilerek yapılmıştır. Böylelikle, vertebra kemiklerle beraber yumuşak dokunun temsili de sağlanmış ve olabildiğince realistlik bir simülasyon sağlanabilmiştir.

Deneylerde, lomber vertebra lar içinde önemli olacağı düşünülen iki lomber (L2 ve L3 lomber vertebra ları) ile çalışılması benimsenmiştir. Dolayısı ile tüm deneylerde kalın ve daha ince lomber vertebra şartları için değerlendirme yapılabilmiştir.

Kumanda faktörleri değiştirilmekle beraber, deneyler, hep aynı geometride yapılmıştır. Böylelikle, rasyonel mukayeselerin yapılabilmesi mümkün olmuştur. Sonuçta, 3 farklı gerilim, 7 farklı akım değerinin değiştirilmesiyle, kumanda faktörlerinin versiyonel değişimi, 2 farklı lomber vertebra için deneysel zenginlik içinde gözlenmiştir. Sonuçlar, çift enerjili X-ışını absorbsiyometrisi (DEXA) yönteminin doğası gereği alınan, düşük ve yüksek pikler için incelenmiş olmakla beraber, aynı zamanda yüksek pikin düşük pike oranı bağlamında da incelenmiştir.

Deneylerden elde edilen sonuçlar, öncelikle Ek A içinde, çift enerjili X-ışını absorbsiyometrisi (DEXA) cihazından alınan orijinal sonuçlar olarak, Tablo A1- Tablo A42’de verilmiştir. Ek A’daki tablolardan, Tablo 5.1 – Tablo 5.20, çift enerjili X-ışını absorbsiyometrisi (DEXA) ölçüm sistemi kalite kontrol testi parametreleri bağlamında oluşturulmuştur. Tablo 5.1. ve Tablo 5.20’den hareketle her bir çalışma versiyonu için düşük ve yüksek pik grafikleri beraberce (Şekil 5.1, Şekil 5.3, Şekil 5.5, Şekil 5.7, Şekil 5.9, Şekil 5.11, Şekil 5.13, Şekil 5.15, Şekil 5.17, Şekil 5.19, Şekil 5.21, Şekil 5.23, Şekil 5.25, Şekil 5.27, Şekil 5.29, Şekil 5.31, Şekil 5.33, Şekil 5.35, Şekil 5.37 ve Şekil 5.39’da) verilmiştir. Bunlardan ayrı olarak, yüksek pikin düşük pike oranına ilişkin sonuçlar yine her bir çalışma versiyonu için (Şekil 5.2, Şekil 5.4, Şekil 5.6, Şekil 5.8, Şekil 5.10, Şekil 5.12, Şekil 5.14, Şekil 5.16, Şekil 5.18, Şekil 5.20, Şekil 5.22, Şekil 5.24, Şekil 5.26, Şekil 5.28, Şekil 5.30, Şekil 5.32, Şekil 5.34, Şekil 5.36, Şekil 5.38 ve Şekil 5.40’da) verilmiştir. Deney sonuçlarının genel karakteristiği, birbirine benzer olup, beklenti doğrultusundadır. Bu bağlamda yüksek enerjiye sahip X-ışınlarının malzemeyi geçebilme olasılığı, düşük enerjili X-ışınlarına göre daha yüksek olduğundan, düşük enerjiye sahip X-ışınlarına göre daima yüksek sayımlar alındığı söylenebilir.

Mukayeseli değerlendirmeler, öncelikle, gerilime göre farklı lomber vertebralar için yapılmıştır. Bu amaçla, Şekil 5.41 – Şekil 5.44 çizilmiştir. Söz konusu bu grafiklerde alınan sayım sonuçları, daima yüksek akım şartlarından düşük akım şartlarına doğru düşmektedir ki; bu sonuçlar, enerjiye bağlı olarak sayım değerlerinin değiştiğini ve sıralamanın da beklenti doğrultusunda olduğunu göstermektedir. Burada görülmektedir ki; düşük pikden ziyade yüksek pikde önemli değişim olmaktadır. Yüksek pikdeki değişim, akımın çalışılan alt ve üst limit değerleri arasında, farkların misliyle olduğu

gözlenmiştir. Bu da yine yüksek enerjili X-ışınlarının daha yüksek giriciliğe sahip olması ile ilgili bir durumdur.

Akıma göre de farklı lomber vertebralar için mukayeseli değerlendirmeler yapılmış ve Şekil 5.45 – Şekil 5.48 çizilmiştir. Söz konusu bu grafiklerde de, alınan sayım sonuçları, daima yüksek gerilim şartlarından düşük gerilim şartlarına doğru düşmektedir ki; bu sonuçlar, X-ışını tüpünde üretilen X-ışını miktarına bağlı olarak sayım değerlerinin değiştiğini ve sıralamanın da yine beklenti doğrultusunda olduğunu göstermektedir. Burada yine görülmektedir ki; düşük pikden ziyade yüksek pikde önemli değişim olmaktadır. Yine yüksek pikdeki değişim, akımın çalışılan alt ve üst limit değerleri arasında, farkların yine misliyle olduğu gözlenmiştir. Bu bağlamda, gerilim değiştirildiğinde olduğu gibi, akımın artmasıyla da yüksek enerjili X-ışınlarının şiddeti ve dolayısı ile de alınan sayım değerleri artmaktadır.

Bir farklı mukayeseli değerlendirme de, çalışılan vertebra lomberler için yapılmıştır. Bu amaçla, incelenen L2 ve L3 lomber vertebraların düşük ve yüksek pikine ilişkin sayım değerleri farklı gerilim şartları için Şekil 5.49 – Şekil 5.51’de verilmektedir. Bu sonuçların da kendi içinde uyumlu olduğu görülmektedir. Bir başka deyişle ince olan L2 lomber vertebraından alınan sayım sonuçları, kalınlığa bağlı olarak, kalın olan L3 lomber vertebraından alınan sayım sonuçlarından daima yüksek çıkmıştır.

L2 ve L3 lomber vertebraların düşük ve yüksek pikine ilişkin sayım değerleri farklı akım şartları için de mukayeseli olarak incelenmiş ve Şekil 5.52 – Şekil 5.58’de verilmektedir. Bu sonuçların da, yine kendi içinde (kalınlığa bağlı olarak) uyumlu olduğu gözlenmiştir.

Kemik yoğunluğu ölçümü amacıyla kullanılan çift enerjili X-ışını absorbsiyometrisi (DEXA) sisteminin kalite kontrol testine ilişkin olarak incelemeler yapıldıktan ve X-ışını tüpü kumanda faktörleri bağlamında gerilimin ve akımın, çalışılan farklı lomber vertebralara ilişkin olarak yapılan deneylerden elde edilen sonuçların etkisi gözlemlendikten sonra, bunlarla yetinilmeyip, canlı hasta ile de çalışılması yoluna da gidilmiştir. Bu amaçla, uygulamada, çalışılan çift enerjili X-ışını absorbsiyometrisi (DEXA) cihazının rutin kullanım gerilimi olan 76 kV şartda, çalışılabilecek iki farklı akım değeri olan 750 μ A ve 3000 μ A değerleri için aynı hasta üzerinde çalışılmıştır.

Hasta ile yapılan çalışmalara ilişkin çift enerjili X-ışını absorbsiyometrisi (DEXA) cihazından alınan orijinal sonuçlar Ek B içinde Tablo B1 ve Tablo B2’de verilmiştir. Bu çalışmadan alınan sonuçlar göstermektedir ki (Tablo 5.22 ve Tablo 5.23); kemik yoğunluğu tayin değerleri olan BMD değerleri değişebilmektedir. Ancak, global olarak benzer sonuçlara, Şekil 5.59 ve Şekil 5.60’da ulaşılmıştır. Buna karşın, vertebra lomberlerin görüntüsünde (Şekil 5.61 ve Şekil 5.62’de), görüntü kalitesi farklılığı gözlenmektedir. Yüksek akım şartlarındaki çalışmada, görüntünün daha iyi olduğu gözlenmiştir. Bu hususun da, beklenti doğrultusunda olduğu söylenebilir. Zira, yüksek akım şartlarında X-ışınlarının şiddeti artmakta , bu ise alınan sayım değerlerini yükseltmektedir. Bu sonucun ise görüntü kalitesini olumlu yönde etkilediği anlaşılmaktadır.

Öz olarak, ifade etmek gerekirse; bu Yüksek Lisans Tezi ile, nükleer tıpta kemik yoğunluğu ölçümü amacıyla kullanılan çift enerjili X-ışını absorbsiyometrisi (DEXA) sisteminin kalite kontrol testine ilişkin olarak sistemin kumanda parametrelerinin tekniğe etkisi deneysel olarak incelenebilmiş ve sonuca etkisi belirlenebilmiştir. Böylelikle, uygulamaya yönelik rasyonel sonuçlara ulaşılabilmiştir.

KAYNAKLAR

- Becker, G.L.**, 1990, Radiographic NDT, Du Pont NDT Systems, USA.
- Bilge, A. N.**, 1985, Nükleer Tekniklerin Endüstriye Uygulanması, TAEK, ÇNAEM Matbaası, İstanbul, Bilimsel Yayın No.1.
- Bilge.A.N., Tuğrul, B.**, 1990, Endüstriyel Radyografinin Esasları, İ.T.Ü. Rektörlük Ofset Atölyesi, G. Y. N:20.
- Blake, G. M., Fogelmen, I.**, 2001, Seminars in Nuclear Medicine, in *Bone Densitometry and The Diagnosis of Osteoporosis*.
- Celeboğlu, G.**, 1999, Osteoporozda Tanımlama Sınıflama ve Klinik, *Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi, Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Anabilim Dal, Galenos*, Nisan.
- Cho Z. H., Jones J. P., Singh, M.**, 1993, Foundations Of Medical Imaging, Awiley-Interscience Publication, John Wiley&Sons, INC.
- Dilşen, G., Göksoy, T., Barden, H.S., Selim, N., İşsever, H.**, 2001, Sağlıklı Türk Toplumunda Kemik Mineral Yoğunluğu Değerleri, *Aktüel Tıp Dergisi*, Cilt 6, Sayı1, Ocak-Şubat 2001, 96-108.
- Early, P. J., Sodee, D. B.**, 1995, Principles and Practice of Nuclear Medicine, Secon Edition, Mosby.
- Epstein, S., Miller, P.**, 1997, Bone Mass Measurements The Case For Selected Screening, *Trends In Endocrinology And Metabolism* Vol. 8, N.4.
- Farr, R. F., Allisy-Roberts, D.**, 1997, Phsics For Medical Imaging, London.
- Güleç, M.**, 1995, Radyodiagnostik Fiziği.
- Halmsahaw, R.**, 1971, Industrial Rdiology Techniques, The Wykeham Technological Series, London.
- Hayırlıoğlu, Dr. A.**, 1999, Osteoporoz Ve Kemik Dansitometresi, Günce Reklamcılık, İstanbul.
- Hendee, W.R., Ritenour, R.**, 1992, Medical Imaging Physics, Third Edition, Mosby Year Book.
- Kodak**, 1980, Radiography in Modern Industry, Fourth Edition, Eastman Kodak Company, New York.
- Konsensus**, 1998, Osteoporoz'da Konsensus, Osteoartrit-Osteoporoz Kongresi, Antalya, Fiziksel Tıp Ve Rehabilitasyon Anabilimdalı Öğretim Üyeleri, Osteoporoz Dünyasından, Yıl 4.Sayı4.

- Lifshin, E.**,1999, X-ray Characterization of Material, WILEY-VCH
- Madenci, E., Gürsoy S.**, 2001, Postmenopozal Osteoporozu Olan Kdnlarda Alendronatın Kemik Mineral Yoğunluğu ve Yaşam Kalitesine Etkisi, Osteoproz Dünyasından(2001) 7:85-90
- Özden, N.**, 1981, Endüstriyel Radyografi, Sınai Eğitim Ve Geliştirme Merkezi Genel Müdürlüğü, İkinci Baskı, Yayın No.45, Ankara.
- Özden, N.**, 1977, Radyoaktivite Ve Radyasyonlar, İSTANBUL Teknik Üniversite Matbaası, Gümüşsuyu, Genel Yayınlar No.14.
- Pafumi, C., Chiarenza, M., Zizza, G., Roccasalva, L. Ciotta,L., Farina,M., Pernicone,G., Russo, A., Maggi, I., Bandiera, S., Giardina, P., Cavallaro, A., Cianci,A.**, 2002,Role Of DEXA And Ultrasonometry In The Evaluation Of Osteoporotic risk In Post Menopausal Women, Elsevier, Maturitas 42 (2002) 113-117.
- Robb, R. A.**,1998, Three-Dimensional Biomedical Imaging: Principles and Practice, A Wiley-Liss Publication, U.S.A.
- Robb,R.A.**, 2000, Biomedical Imaging, Visualization, And Analysis, Wiley-Liss.
- Roux, C., Coatrieux, J.-L.**, 1997, Contemprry Perspectives in Three Dimensional Biomedical Imaging, IOS Press. Ohmsha.
- Shung, K. K., Smith, M. B., Tsui, B. M. W.**, 1992, Principles Of Medical Imaging, Academic Press, Inc., California 92101-4311
- Sümen, U.**, 1999, Lunar Kemik Dastometreleri Klavuzu.
- Tuğrul, B.**, 1985, "Arkeometride Nükleer Tekniklerin Kullanımı", TÜBİTAK Arkeometri Ünitesi, VI. Ulusal Arkeometri Kollokyumu, Arkeometri Ünitesi Bilimsel Toplantı Bildirileri VI, Ankara, TÜBİTAK Yayınları No: 622, s: 12-29.
- Williams, L. E.**, 1987, Nuclear Medical Phsics, Vol. 2, CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida.
- Wilson, M. A.**, 1998, Textbook Of Nuclear Medicine, Lippineontt-Raven Publishers, "Bone Densitometry, Mazess, R.B." Philadephia, Newyork.
- Yaşar, D., Tuğrul, A. B.**, 2003, "A Comparison of TLD Measurements To MIRD Estimates of The Dose to The Testes From Tc-99m in The Liver and Spleen, *Radiation Measurements*, Vol. 37, pp-113-118.

EKA

Çift enerjili X-ışını absorbsiyometri cihazı (DEXA) ile, kumanda faktörleri olan gerilim ve akımın değiştirilmesi ve iki farklı lomber vertebra için versiyonel deneyler yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda, çift enerjili X-ışını absorbsiyometri cihazından (DEXA'dan) alınan orijinal sonuçlar bu ek bölüm içinde Tablo A.1 – Tablo A.42 olarak verilmektedir.

Tablo A.1

**L2 Lomberi İçin 72 kV Gerilimde 500 μ A Akımda
Çift Enerjili X-ışını Absorbsiyometri Cihazından (DEXA'dan)
Alınan Orijinal Sonuçlar**

Lunar Static Counter

12/31/2002

Operating Voltage	72.0	Samples per Second	64
Tube Current	500	Number of Samples	128
Collimation	MEDIUM	Number of Repeats	30
Data Corrections	OFF	Dead Low Channel	0.00000075
Spillover %	8.15	Dead High Channel	0.00000075

REPEAT #	Low	High	Ratio	Time
1	65268	72204	1.106	17:35:53
2	65236	71729	1.100	17:35:56
3	64925	71636	1.103	17:35:58
4	64929	71911	1.108	17:36:00
5	65061	71883	1.105	17:36:02
6	65351	71842	1.099	17:36:04
7	64854	71686	1.105	17:36:07
8	64853	71460	1.102	17:36:09
9	65206	71654	1.099	17:36:11
10	65252	72380	1.109	17:36:13
11	64661	72042	1.114	17:36:15
12	65489	71462	1.091	17:36:18
13	64936	72268	1.113	17:36:20
14	64708	72031	1.113	17:36:22
15	65511	71972	1.099	17:36:24
16	64870	71237	1.098	17:36:27
17	65025	71741	1.103	17:36:29
18	65374	71845	1.099	17:36:31
19	64543	71367	1.106	17:36:34
20	64976	71639	1.103	17:36:36
21	65230	71736	1.100	17:36:38
22	65224	72437	1.111	17:36:40
23	65910	72321	1.097	17:36:43
24	65103	72098	1.107	17:36:45
25	65492	71628	1.094	17:36:47
26	65210	71446	1.096	17:36:49
27	64725	72003	1.112	17:36:52
28	65065	71896	1.105	17:36:54
29	65455	72357	1.105	17:36:56
30	65144	71998	1.105	17:36:58

STATISTICS	Low	High	Ratio
MEAN:	65120	71864	1.104
STD:	299	317	0.006

Tablo A.2

L2 Lomberi İçin 72 kV Gerilimde 750 μ A Akımda
Çift Enerjili X-Işını Absorbsiyometri Cihazından (DEXA'dan)
Alınan Orijinal Sonuçlar

Lunar Static Counter

12/31/2002

Operating Voltage	72.0	Samples per Second	64
Tube Current	750	Number of Samples	128
Collimation	MEDIUM	Number of Repeats	30
Data Corrections	OFF	Dead Low Channel	0.00000075
Spillover %	8.15	Dead High Channel	0.00000075

REPEAT #	Low	High	Ratio	Time
1	96279	107053	1.112	17:37:39
2	96625	106676	1.104	17:37:41
3	96248	106880	1.110	17:37:43
4	96430	107034	1.110	17:37:45
5	95670	106492	1.113	17:37:48
6	96366	106670	1.107	17:37:50
7	96167	106416	1.107	17:37:52
8	96314	106933	1.110	17:37:54
9	96360	106299	1.103	17:37:56
10	95505	106644	1.117	17:37:59
11	96653	105606	1.093	17:38:01
12	95762	105865	1.106	17:38:03
13	96029	105974	1.104	17:38:05
14	95729	106881	1.116	17:38:08
15	95901	106452	1.110	17:38:10
16	96259	107091	1.113	17:38:12
17	95169	106464	1.119	17:38:14
18	95882	106329	1.109	17:38:17
19	96145	106456	1.107	17:38:19
20	95708	106769	1.116	17:38:21
21	95971	106655	1.111	17:38:23
22	95702	105892	1.106	17:38:26
23	96380	106422	1.104	17:38:28
24	96096	106156	1.105	17:38:30
25	95865	106058	1.106	17:38:32
26	95945	106612	1.111	17:38:35
27	96004	105622	1.100	17:38:37
28	95771	106476	1.112	17:38:39
29	95506	106517	1.115	17:38:42
30	95318	106749	1.120	17:38:44

STATISTICS	Low	High	Ratio
MEAN:	95992	106471	1.109
STD:	368	401	0.006

Tablo A.3

L2 Lomberi İçin 72 kV Gerilimde 1000 μ A Akımda
Çift Enerjili X-Işını Absorbsiyometri Cihazından (DEXA'dan)
Alınan Orijinal Sonuçlar

Lunar Static Counter

12/31/2002

Operating Voltage	72.0	Samples per Second	64
Tube Current	1000	Number of Samples	128
Collimation	MEDIUM	Number of Repeats	30
Data Corrections	OFF	Dead Low Channel	0.00000075
Spillover %	8.15	Dead High Channel	0.00000075

REPEAT #	Low	High	Ratio	Time
1	125006	140642	1.125	17:39:31
2	124651	140722	1.129	17:39:33
3	125459	140296	1.118	17:39:35
4	124778	140231	1.124	17:39:37
5	125064	139650	1.117	17:39:39
6	124650	140763	1.129	17:39:42
7	125202	139817	1.117	17:39:44
8	124526	139294	1.119	17:39:46
9	124750	140243	1.124	17:39:48
10	125045	139761	1.118	17:39:50
11	124947	140127	1.121	17:39:53
12	124432	139480	1.121	17:39:55
13	125497	139357	1.110	17:39:57
14	124139	139343	1.122	17:39:59
15	124608	139584	1.120	17:40:02
16	124017	139687	1.126	17:40:04
17	124923	139803	1.119	17:40:06
18	124282	139305	1.121	17:40:09
19	124986	139401	1.115	17:40:11
20	124363	139287	1.120	17:40:13
21	125002	138862	1.111	17:40:15
22	124651	139484	1.119	17:40:18
23	124536	139677	1.122	17:40:20
24	125097	139356	1.114	17:40:22
25	124115	139976	1.128	17:40:24
26	124552	139137	1.117	17:40:27
27	124516	139749	1.122	17:40:29
28	124407	139443	1.121	17:40:31
29	123929	139751	1.128	17:40:33
30	124839	139462	1.117	17:40:36
STATISTICS	Low	High	Ratio	
MEAN:	124699	139723	1.120	
STD:	397	472	0.005	

Tablo A.4

L2 Lomberi İçin 72 kV Gerilimde 1500 μ A Akımda
Çift Enerjili X-Işını Absorbsiyometri Cihazından (DEXA'dan)
Alınan Orijinal Sonuçlar

Lunar Static Counter

02/10/2003

Operating Voltage	72.0	Samples per Second	64
Tube Current	1500	Number of Samples	128
Collimation	MEDIUM	Number of Repeats	30
Data Corrections	OFF	Dead Low Channel	0.00000075
Spillover %	8.15	Dead High Channel	0.00000075

REPEAT #	Low	High	Ratio	Time
1	179794	209911	1.168	11:45:12
2	180660	210118	1.163	11:45:14
3	180212	209790	1.164	11:45:16
4	179513	209991	1.170	11:45:18
5	179908	209996	1.167	11:45:21
6	178916	209427	1.171	11:45:23
7	179436	209254	1.166	11:45:25
8	179670	209633	1.167	11:45:27
9	179395	210146	1.171	11:45:29
10	179060	210051	1.173	11:45:32
11	179419	208730	1.163	11:45:34
12	178926	208761	1.167	11:45:36
13	179946	208846	1.161	11:45:38
14	178758	208143	1.164	11:45:41
15	179131	208134	1.162	11:45:43
16	178034	208660	1.172	11:45:45
17	178126	209110	1.174	11:45:47
18	178083	208038	1.168	11:45:50
19	178166	207023	1.162	11:45:52
20	178469	207885	1.165	11:45:54
21	178405	209347	1.173	11:45:56
22	177238	207429	1.170	11:45:59
23	178778	207601	1.161	11:46:01
24	178273	208052	1.167	11:46:03
25	177898	208038	1.169	11:46:05
26	178884	207136	1.158	11:46:08
27	178015	207239	1.164	11:46:10
28	177638	208006	1.171	11:46:12
29	177993	207723	1.167	11:46:15
30	177088	207286	1.171	11:46:17

STATISTICS	Low	High	Ratio
MEAN:	178794	208650	1.167
STD:	889	1024	0.004

Tablo A.5

L2 Lomberi İçin 72 kV Gerilimde 2000 μ A Akımda
Çift Enerjili X-Işını Absorbsiyometri Cihazından (DEXA'dan)
Alınan Orijinal Sonuçlar

Lunar Static Counter

12/31/2002

Operating Voltage	72.0	Samples per Second	64
Tube Current	2000	Number of Samples	128
Collimation	MEDIUM	Number of Repeats	30
Data Corrections	OFF	Dead Low Channel	0.00000075
Spillover %	8.15	Dead High Channel	0.00000075

REPEAT #	Low	High	Ratio	Time
1	228891	264708	1.156	17:41:44
2	227618	265822	1.168	17:41:46
3	228508	263439	1.153	17:41:48
4	228403	263936	1.156	17:41:50
5	227923	264096	1.159	17:41:52
6	228616	263070	1.151	17:41:55
7	226938	264744	1.167	17:41:57
8	227562	263061	1.156	17:41:59
9	226509	262941	1.161	17:42:01
10	227305	263592	1.160	17:42:03
11	227548	263037	1.156	17:42:06
12	227341	262985	1.157	17:42:08
13	226661	263124	1.161	17:42:10
14	227556	261566	1.149	17:42:12
15	226163	262734	1.162	17:42:15
16	226950	262970	1.159	17:42:17
17	226101	263503	1.165	17:42:19
18	226439	261976	1.157	17:42:21
19	226392	262404	1.159	17:42:24
20	226186	261523	1.156	17:42:26
21	226203	261301	1.155	17:42:28
22	226280	261582	1.156	17:42:30
23	225973	262393	1.161	17:42:33
24	225836	261705	1.159	17:42:35
25	226829	262075	1.155	17:42:37
26	226119	260385	1.152	17:42:40
27	225877	261161	1.156	17:42:42
28	225684	261723	1.160	17:42:44
29	225584	261359	1.159	17:42:46
30	226285	261150	1.154	17:42:49

STATISTICS	Low	High	Ratio
MEAN:	226876	262669	1.158
STD:	936	1246	0.004

Tablo A.6

L2 Lomberi İçin 72 kV Gerilimde 2500 μ A Akımda
Çift Enerjili X-Işını Absorbsiyometri Cihazından (DEXA'dan)
Alınan Orijinal Sonuçlar

Lunar Static Counter

12/31/2002

Operating Voltage	72.0	Samples per Second	64
Tube Current	2500	Number of Samples	128
Collimation	MEDIUM	Number of Repeats	30
Data Corrections	OFF	Dead Low Channel	0.00000075
Spillover %	8.15	Dead High Channel	0.00000075

REPEAT #	Low	High	Ratio	Time
1	271607	319154	1.175	17:43:45
2	271214	318599	1.175	17:43:48
3	271456	317540	1.170	17:43:50
4	271135	317468	1.171	17:43:52
5	270931	318155	1.174	17:43:54
6	271078	318393	1.175	17:43:56
7	270805	317198	1.171	17:43:58
8	270830	317841	1.174	17:44:01
9	270355	316629	1.171	17:44:03
10	269721	317729	1.178	17:44:05
11	270119	317085	1.174	17:44:07
12	269650	316878	1.175	17:44:09
13	269482	316789	1.176	17:44:12
14	269972	317284	1.175	17:44:14
15	269375	316610	1.175	17:44:16
16	269970	316875	1.174	17:44:19
17	269683	316367	1.173	17:44:21
18	269586	316176	1.173	17:44:23
19	269056	316887	1.178	17:44:25
20	270039	317004	1.174	17:44:28
21	269078	316816	1.177	17:44:30
22	269144	315345	1.172	17:44:32
23	269077	315469	1.172	17:44:34
24	269363	316160	1.174	17:44:37
25	269533	316381	1.174	17:44:39
26	268993	315625	1.173	17:44:41
27	268696	315950	1.176	17:44:44
28	269330	315048	1.170	17:44:46
29	268868	315041	1.172	17:44:48
30	269032	315658	1.173	17:44:50
STATISTICS	Low	High	Ratio	
MEAN:	269906	316805	1.174	
STD:	854	1039	0.002	

Tablo A.7

L2 Lomberi İçin 72 kV Gerilimde 3000 μ A Akımda
Çift Enerjili X-Işını Absorbsiyometri Cihazından (DEXA'dan)
Alınan Orjinal Sonuçlar

Lunar Static Counter

12/31/2002

Operating Voltage	72.0	Samples per Second	64
Tube Current	3000	Number of Samples	128
Collimation	MEDIUM	Number of Repeats	30
Data Corrections	OFF	Dead Low Channel	0.00000075
Spillover %	8.15	Dead High Channel	0.00000075

REPEAT #	Low	High	Ratio	Time
1	311076	369588	1.188	17:45:46
2	310495	370529	1.193	17:45:48
3	311195	370014	1.189	17:45:50
4	310396	369292	1.190	17:45:52
5	311164	369512	1.188	17:45:55
6	309848	369178	1.191	17:45:57
7	309659	369201	1.192	17:45:59
8	310066	369151	1.191	17:46:01
9	308919	367840	1.191	17:46:03
10	309882	367747	1.187	17:46:06
11	308946	366994	1.188	17:46:08
12	307712	367566	1.195	17:46:10
13	308606	367198	1.190	17:46:12
14	308131	367840	1.194	17:46:15
15	308668	367267	1.190	17:46:17
16	309051	367605	1.189	17:46:19
17	308201	367780	1.193	17:46:21
18	308575	366515	1.188	17:46:24
19	308253	366477	1.189	17:46:26
20	308674	367093	1.189	17:46:28
21	308371	367340	1.191	17:46:30
22	308604	366569	1.188	17:46:33
23	307955	366213	1.189	17:46:35
24	308578	367907	1.192	17:46:37
25	308028	367068	1.192	17:46:39
26	308293	366479	1.189	17:46:42
27	308035	367177	1.192	17:46:44
28	307616	366815	1.192	17:46:46
29	307057	367655	1.197	17:46:49
30	306513	366561	1.196	17:46:51

STATISTICS	Low	High	Ratio
MEAN:	308886	367806	1.191
STD:	1188	1191	0.003

Tablo A.8

L3 Lomberi İçin 72 kV Gerilimde 500 μ A Akımda
Çift Enerjili X-Işını Absorbsiyometri Cihazından (DEXA'dan)
Alınan Orijinal Sonuçlar

Lunar Static Counter

01/09/2003

Operating Voltage	72.0	Samples per Second	64
Tube Current	500	Number of Samples	128
Collimation	MEDIUM	Number of Repeats	30
Data Corrections	OFF	Dead Low Channel	0.00000075
Spillover %	8.15	Dead High Channel	0.00000075

REPEAT #	Low	High	Ratio	Time
1	58718	69291	1.180	16:52:13
2	58376	69304	1.187	16:52:15
3	58288	69685	1.196	16:52:17
4	58862	69671	1.184	16:52:20
5	58695	69495	1.184	16:52:22
6	58365	69355	1.188	16:52:24
7	58273	69587	1.194	16:52:26
8	58412	69302	1.186	16:52:28
9	58274	69857	1.199	16:52:30
10	58512	69048	1.180	16:52:33
11	58398	69229	1.185	16:52:35
12	58758	69674	1.186	16:52:37
13	58443	69681	1.192	16:52:39
14	58742	69541	1.184	16:52:42
15	58470	69632	1.191	16:52:44
16	58051	69448	1.196	16:52:46
17	58373	69228	1.186	16:52:48
18	58293	69634	1.195	16:52:51
19	58340	69276	1.187	16:52:53
20	58324	69276	1.188	16:52:55
21	58386	69810	1.196	16:52:58
22	59013	69422	1.176	16:53:00
23	58585	68895	1.176	16:53:02
24	58091	69743	1.201	16:53:04
25	58459	69388	1.187	16:53:07
26	58647	69302	1.182	16:53:09
27	58931	69257	1.175	16:53:11
28	58469	69495	1.189	16:53:13
29	58362	68841	1.180	16:53:16
30	58735	69336	1.180	16:53:18

STATISTICS	Low	High	Ratio
MEAN:	58488	69423	1.187
STD:	234	250	0.007

Tablo A.9

L3 Lomberi İçin 72 kV Gerilimde 750 μ A Akımda
Çift Enerjili X-Işını Absorbsiyometri Cihazından (DEXA'dan)
Alınan Orijinal Sonuçlar

Lunar Static Counter

01/09/2003

Operating Voltage	72.0	Samples per Second	64
Tube Current	750	Number of Samples	128
Collimation	MEDIUM	Number of Repeats	30
Data Corrections	OFF	Dead Low Channel	0.00000075
Spillover %	8.15	Dead High Channel	0.00000075

REPEAT #	Low	High	Ratio	Time
1	86622	103177	1.191	16:54:23
2	86968	102522	1.179	16:54:25
3	86623	103209	1.191	16:54:28
4	86286	102989	1.194	16:54:30
5	86336	103062	1.194	16:54:32
6	86271	102522	1.188	16:54:34
7	86359	103082	1.194	16:54:36
8	86308	102538	1.188	16:54:39
9	86536	102655	1.186	16:54:41
10	86383	102503	1.187	16:54:43
11	86310	102885	1.192	16:54:45
12	85693	102411	1.195	16:54:47
13	86127	102759	1.193	16:54:50
14	85751	102293	1.193	16:54:52
15	86206	102285	1.187	16:54:54
16	86104	102325	1.188	16:54:57
17	85839	103009	1.200	16:54:59
18	85941	102643	1.194	16:55:01
19	85815	102466	1.194	16:55:03
20	85990	103299	1.201	16:55:06
21	86260	102220	1.185	16:55:08
22	85890	102149	1.189	16:55:10
23	85851	102052	1.189	16:55:12
24	86240	102410	1.188	16:55:15
25	85883	102398	1.192	16:55:17
26	86294	102345	1.186	16:55:19
27	85935	102249	1.190	16:55:21
28	85881	102619	1.195	16:55:24
29	86164	102380	1.188	16:55:26
30	86033	102394	1.190	16:55:28
STATISTICS	Low	High	Ratio	
MEAN:	86163	102595	1.191	
STD:	295	343	0.005	

Tablo A.10

L3 Lomberi İçin 72 kV Gerilimde 1000 μ A Akımda
Çift Enerjili X-Işını Absorbsiyometri Cihazından (DEXA'dan)
Alınan Orijinal Sonuçlar

Lunar Static Counter

01/09/2003

Operating Voltage	72.0	Samples per Second	64
Tube Current	1000	Number of Samples	128
Collimation	MEDIUM	Number of Repeats	30
Data Corrections	OFF	Dead Low Channel	0.00000075
Spillover %	8.15	Dead High Channel	0.00000075

REPEAT #	Low	High	Ratio	Time
1	112996	135017	1.195	16:57:02
2	112551	134857	1.198	16:57:04
3	112487	135522	1.205	16:57:06
4	112564	134280	1.193	16:57:09
5	111719	134994	1.208	16:57:11
6	112222	134927	1.202	16:57:13
7	112014	134493	1.201	16:57:15
8	111849	134522	1.203	16:57:17
9	112242	133669	1.191	16:57:20
10	111962	134208	1.199	16:57:22
11	112217	134135	1.195	16:57:24
12	112198	134525	1.199	16:57:26
13	112407	134245	1.194	16:57:29
14	112439	134284	1.194	16:57:31
15	112338	134421	1.197	16:57:33
16	112348	134570	1.198	16:57:35
17	111519	133987	1.201	16:57:38
18	111897	133511	1.193	16:57:40
19	111652	134690	1.206	16:57:42
20	112058	134577	1.201	16:57:44
21	111179	134196	1.207	16:57:47
22	112480	134065	1.192	16:57:49
23	112232	134230	1.196	16:57:51
24	112164	134202	1.196	16:57:53
25	111836	134262	1.201	16:57:56
26	111601	133503	1.196	16:57:58
27	111852	134348	1.201	16:58:00
28	112208	133011	1.185	16:58:03
29	111724	133205	1.192	16:58:05
30	111899	133980	1.197	16:58:07

STATISTICS	Low	High	Ratio
MEAN:	112095	134281	1.198
STD:	379	541	0.005

Tablo A.11

L3 Lomberi İçin 72 kV Gerilimde 1500 μ A Akımda
Çift Enerjili X-Işını Absorbsiyometri Cihazından (DEXA'dan)
Alınan Orijinal Sonuçlar

Lunar Static Counter

01/09/2003

Operating Voltage	72.0	Samples per Second	64
Tube Current	1500	Number of Samples	128
Collimation	MEDIUM	Number of Repeats	30
Data Corrections	OFF	Dead Low Channel	0.00000075
Spillover %	8.15	Dead High Channel	0.00000075

REPEAT #	Low	High	Ratio	Time
1	162102	195717	1.207	16:59:00
2	162021	195379	1.206	16:59:03
3	161026	195672	1.215	16:59:05
4	161550	196189	1.214	16:59:07
5	162132	195274	1.204	16:59:09
6	161266	195819	1.214	16:59:11
7	161358	194827	1.207	16:59:14
8	161592	195198	1.208	16:59:16
9	161422	194463	1.205	16:59:18
10	160616	194769	1.213	16:59:20
11	160683	194796	1.212	16:59:22
12	160637	194838	1.213	16:59:25
13	160818	194020	1.206	16:59:27
14	160932	194369	1.208	16:59:29
15	160962	194489	1.208	16:59:31
16	161509	194265	1.203	16:59:34
17	159917	193911	1.213	16:59:36
18	160502	194251	1.210	16:59:38
19	160595	194731	1.213	16:59:41
20	160857	194586	1.210	16:59:43
21	161089	194431	1.207	16:59:45
22	160208	193949	1.211	16:59:47
23	160231	194303	1.213	16:59:50
24	160825	193504	1.203	16:59:52
25	160180	193781	1.210	16:59:54
26	160622	193684	1.206	16:59:56
27	159921	194015	1.213	16:59:59
28	160458	193563	1.206	17:00:01
29	160227	194588	1.214	17:00:04
30	159903	193814	1.212	17:00:06

STATISTICS	Low	High	Ratio
MEAN:	160872	194573	1.209
STD:	635	705	0.004

Tablo A.12

L3 Lomberi İçin 72 kV Gerilimde 2000 μ A Akımda
Çift Enerjili X-Işını Absorbsiyometri Cihazından (DEXA'dan)
Alınan Orjinal Sonuçlar

Lunar Static Counter

01/09/2003

Operating Voltage	72.0	Samples per Second	64
Tube Current	2000	Number of Samples	128
Collimation	MEDIUM	Number of Repeats	30
Data Corrections	OFF	Dead Low Channel	0.00000075
Spillover %	8.15	Dead High Channel	0.00000075

REPEAT #	Low	High	Ratio	Time
1	206257	253299	1.228	17:05:28
2	207022	253450	1.224	17:05:31
3	206074	253440	1.230	17:05:33
4	207194	252725	1.220	17:05:35
5	206815	252834	1.223	17:05:37
6	206650	251900	1.219	17:05:39
7	205829	252441	1.226	17:05:42
8	206721	251958	1.219	17:05:44
9	205651	252592	1.228	17:05:46
10	206244	251664	1.220	17:05:48
11	206012	252166	1.224	17:05:50
12	207024	251851	1.217	17:05:53
13	205436	251588	1.225	17:05:55
14	205455	251893	1.226	17:05:57
15	205922	251702	1.222	17:05:59
16	205610	251897	1.225	17:06:02
17	205263	251552	1.226	17:06:04
18	206213	250312	1.214	17:06:06
19	205760	250913	1.219	17:06:08
20	205066	251355	1.226	17:06:11
21	205047	251323	1.226	17:06:13
22	205860	251667	1.223	17:06:15
23	205587	250333	1.218	17:06:18
24	205050	250282	1.221	17:06:20
25	205060	249699	1.218	17:06:22
26	206167	250804	1.217	17:06:24
27	205295	250955	1.222	17:06:27
28	205758	250251	1.216	17:06:29
29	204438	251392	1.230	17:06:31
30	205322	250523	1.220	17:06:33

STATISTICS	Low	High	Ratio
MEAN:	205860	251625	1.222
STD:	682	987	0.004

Tablo A.13

L3 Lomberi İçin 72 kV Gerilimde 2500 μ A Akımda
Çift Enerjili X-Işını Absorbsiyometri Cihazından (DEXA'dan)
Alınan Orijinal Sonuçlar

Lunar Static Counter

01/09/2003

Operating Voltage	72.0	Samples per Second	64
Tube Current	2500	Number of Samples	128
Collimation	MEDIUM	Number of Repeats	30
Data Corrections	OFF	Dead Low Channel	0.00000075
Spillover %	8.15	Dead High Channel	0.00000075

REPEAT #	Low	High	Ratio	Time
1	246881	305239	1.236	17:07:23
2	246195	305481	1.241	17:07:25
3	246723	305934	1.240	17:07:28
4	247322	304924	1.233	17:07:30
5	246489	304940	1.237	17:07:32
6	246858	304294	1.233	17:07:34
7	246652	303613	1.231	17:07:36
8	246617	304231	1.234	17:07:38
9	246255	303874	1.234	17:07:41
10	247141	304195	1.231	17:07:43
11	245768	303437	1.235	17:07:45
12	245419	303192	1.235	17:07:47
13	246564	302707	1.228	17:07:50
14	244936	302503	1.235	17:07:52
15	245702	303033	1.233	17:07:54
16	245370	302801	1.234	17:07:56
17	245562	302493	1.232	17:07:59
18	246352	303394	1.232	17:08:01
19	245471	302644	1.233	17:08:03
20	245405	303056	1.235	17:08:05
21	245210	303149	1.236	17:08:08
22	244460	302979	1.239	17:08:10
23	244945	301921	1.233	17:08:12
24	245218	302203	1.232	17:08:15
25	245630	302786	1.233	17:08:17
26	245202	303061	1.236	17:08:19
27	245167	302413	1.233	17:08:21
28	245143	302844	1.235	17:08:24
29	244905	302156	1.234	17:08:26
30	245635	302363	1.231	17:08:28

STATISTICS	Low	High	Ratio
MEAN:	245840	303395	1.234
STD:	766	1064	0.003

Tablo A.14

L3 Lomberi İçin 72 kV Gerilimde 3000 μ A Akımda
Çift Enerjili X-Işını Absorbsiyometri Cihazından (DEXA'dan)
Alınan Orijinal Sonuçlar

Lunar Static Counter

01/09/2003

Operating Voltage	72.0	Samples per Second	64
Tube Current	3000	Number of Samples	128
Collimation	MEDIUM	Number of Repeats	30
Data Corrections	OFF	Dead Low Channel	0.00000075
Spillover %	8.15	Dead High Channel	0.00000075

REPEAT #	Low	High	Ratio	Time
1	284180	353932	1.245	17:09:20
2	284450	354307	1.246	17:09:22
3	283051	354206	1.251	17:09:24
4	283694	353370	1.246	17:09:26
5	283799	352051	1.240	17:09:29
6	283600	352556	1.243	17:09:31
7	283000	351930	1.244	17:09:33
8	283750	352479	1.242	17:09:35
9	283255	352125	1.243	17:09:37
10	282467	354010	1.253	17:09:40
11	282074	352940	1.251	17:09:42
12	282736	351075	1.242	17:09:44
13	283006	352242	1.245	17:09:46
14	282563	352324	1.247	17:09:49
15	282096	352073	1.248	17:09:51
16	281471	351655	1.249	17:09:53
17	281733	351497	1.248	17:09:55
18	281698	351651	1.248	17:09:58
19	282879	350718	1.240	17:10:00
20	282213	351435	1.245	17:10:02
21	280889	351166	1.250	17:10:05
22	282566	351921	1.245	17:10:07
23	282037	351395	1.246	17:10:09
24	281917	350455	1.243	17:10:11
25	282318	351370	1.245	17:10:14
26	281731	351277	1.247	17:10:16
27	281826	351060	1.246	17:10:18
28	282673	350431	1.240	17:10:20
29	281687	351086	1.246	17:10:23
30	281969	349763	1.240	17:10:25

STATISTICS	Low	High	Ratio
MEAN:	282578	351950	1.246
STD:	868	1148	0.003

Tablo A.15

L2 Lomberi İçin 76 kV Gerilimde 500 μ A Akımda
Çift Enerjili X-Işını Absorbsiyometri Cihazından (DEXA'dan)
Alınan Orijinal Sonuçlar

Lunar Static Counter

12/31/2002

Operating Voltage	76.0	Samples per Second	64
Tube Current	500	Number of Samples	128
Collimation	MEDIUM	Number of Repeats	30
Data Corrections	OFF	Dead Low Channel	0.00000075
Spillover %	8.15	Dead High Channel	0.00000075

REPEAT #	Low	High	Ratio	Time
1	72807	122995	1.689	17:22:49
2	72225	122401	1.695	17:22:51
3	72681	122077	1.680	17:22:53
4	72704	122027	1.678	17:22:55
5	72924	122886	1.685	17:22:57
6	72582	122556	1.689	17:23:00
7	72163	122662	1.700	17:23:02
8	72709	122243	1.681	17:23:04
9	72432	123071	1.699	17:23:06
10	72698	122766	1.689	17:23:08
11	72635	122974	1.693	17:23:11
12	72495	122582	1.691	17:23:13
13	73138	122360	1.673	17:23:15
14	72471	122260	1.687	17:23:17
15	72415	122170	1.687	17:23:20
16	72610	122474	1.687	17:23:22
17	72968	121866	1.670	17:23:24
18	72761	122960	1.690	17:23:27
19	72503	122439	1.689	17:23:29
20	72637	122660	1.689	17:23:31
21	72745	122625	1.686	17:23:33
22	72577	122550	1.689	17:23:36
23	72016	122669	1.703	17:23:38
24	72300	122835	1.699	17:23:40
25	72465	122703	1.693	17:23:42
26	72785	122766	1.687	17:23:45
27	72672	122155	1.681	17:23:47
28	72870	122667	1.683	17:23:49
29	72652	122455	1.686	17:23:51
30	72276	122724	1.698	17:23:54

STATISTICS	Low	High	Ratio
MEAN:	72597	122553	1.688
STD:	247	308	0.008

Tablo A.16

L2 Lomberi İçin 76 kV Gerilimde 750 μ A Akımda
Çift Enerjili X-Işını Absorbsiyometri Cihazından (DEXA'dan)
Alınan Orijinal Sonuçlar

Lunar Static Counter

12/31/2002

Operating Voltage	76.0	Samples per Second	64
Tube Current	750	Number of Samples	128
Collimation	MEDIUM	Number of Repeats	30
Data Corrections	OFF	Dead Low Channel	0.00000075
Spillover %	8.15	Dead High Channel	0.00000075

REPEAT #	Low	High	Ratio	Time
1	105968	179903	1.698	17:25:06
2	106092	180029	1.697	17:25:08
3	106664	179586	1.684	17:25:10
4	105867	180145	1.702	17:25:12
5	106131	179735	1.694	17:25:15
6	105762	180099	1.703	17:25:17
7	105908	179954	1.699	17:25:19
8	106534	180441	1.694	17:25:21
9	105863	179314	1.694	17:25:23
10	105764	180336	1.705	17:25:25
11	106523	179963	1.689	17:25:28
12	106214	179512	1.690	17:25:30
13	105486	179414	1.701	17:25:32
14	106029	179302	1.691	17:25:34
15	105669	178936	1.693	17:25:37
16	105592	178998	1.695	17:25:39
17	105661	179699	1.701	17:25:41
18	105521	179450	1.701	17:25:44
19	105904	179981	1.699	17:25:46
20	106009	178720	1.686	17:25:48
21	105332	178973	1.699	17:25:50
22	105639	180178	1.706	17:25:53
23	105475	179305	1.700	17:25:55
24	106327	179916	1.692	17:25:57
25	106205	179718	1.692	17:25:59
26	105347	179559	1.704	17:26:02
27	106004	179645	1.695	17:26:04
28	106028	179594	1.694	17:26:06
29	105494	179148	1.698	17:26:09
30	106215	179544	1.690	17:26:11

STATISTICS	Low	High	Ratio
MEAN:	105908	179637	1.696
STD:	352	432	0.006

Tablo A.17

L2 Lomberi İçin 76 kV Gerilimde 1000 µA Akımda
Çift Enerjili X-Işını Absorbsiyometri Cihazından (DEXA'dan)
Alınan Orijinal Sonuçlar

Lunar Static Counter

12/31/2002

Operating Voltage	76.0	Samples per Second	64
Tube Current	1000	Number of Samples	128
Collimation	MEDIUM	Number of Repeats	30
Data Corrections	OFF	Dead Low Channel	0.00000075
Spillover %	8.15	Dead High Channel	0.00000075

REPEAT #	Low	High	Ratio	Time
1	136356	233020	1.709	17:27:20
2	136704	233580	1.709	17:27:23
3	136250	233968	1.717	17:27:25
4	137409	233360	1.698	17:27:27
5	136648	233776	1.711	17:27:29
6	136642	233089	1.706	17:27:31
7	136589	232864	1.705	17:27:34
8	136327	233166	1.710	17:27:36
9	136441	233253	1.710	17:27:38
10	137442	232691	1.693	17:27:40
11	136217	232762	1.709	17:27:42
12	136507	233079	1.707	17:27:45
13	136797	233375	1.706	17:27:47
14	136084	232980	1.712	17:27:49
15	135902	232271	1.709	17:27:51
16	136672	232658	1.702	17:27:54
17	136587	233514	1.710	17:27:56
18	135628	232639	1.715	17:27:58
19	136330	232309	1.704	17:28:00
20	136218	231612	1.700	17:28:03
21	135839	232390	1.711	17:28:05
22	136343	232637	1.706	17:28:07
23	135358	232117	1.715	17:28:10
24	136204	231762	1.702	17:28:12
25	136562	232407	1.702	17:28:14
26	135754	232489	1.713	17:28:16
27	136389	232042	1.701	17:28:19
28	136235	231456	1.699	17:28:21
29	136291	231955	1.702	17:28:23
30	136284	231875	1.701	17:28:25

STATISTICS	Low	High	Ratio
MEAN:	136367	232703	1.706
STD:	439	652	0.006

Tablo A.18

L2 Lomberi İçin 76 kV Gerilimde 1500 μ A Akımda
Çift Enerjili X-Işını Absorbsiyometri Cihazından (DEXA'dan)
Alınan Orijinal Sonuçlar

Lunar Static Counter

02/10/2003

Operating Voltage	76.0	Samples per Second	64
Tube Current	1500	Number of Samples	128
Collimation	MEDIUM	Number of Repeats	30
Data Corrections	OFF	Dead Low Channel	0.00000075
Spillover %	8.15	Dead High Channel	0.00000075

REPEAT #	Low	High	Ratio	Time
1	194726	331310	1.701	13:06:30
2	194005	330856	1.705	13:06:32
3	193786	331151	1.709	13:06:34
4	192958	333353	1.728	13:06:36
5	193722	332396	1.716	13:06:38
6	193467	331834	1.715	13:06:41
7	193593	331332	1.711	13:06:43
8	193651	329805	1.703	13:06:45
9	193820	331379	1.710	13:06:47
10	193435	331532	1.714	13:06:49
11	193774	330983	1.708	13:06:52
12	193291	331598	1.716	13:06:54
13	193851	331062	1.708	13:06:56
14	193699	331050	1.709	13:06:58
15	192829	331079	1.717	13:07:01
16	193191	331807	1.718	13:07:03
17	193671	329507	1.701	13:07:05
18	193332	329197	1.703	13:07:07
19	193517	330671	1.709	13:07:10
20	193649	330191	1.705	13:07:12
21	193185	330721	1.712	13:07:14
22	193686	329580	1.702	13:07:17
23	192647	330202	1.714	13:07:19
24	193138	330684	1.712	13:07:21
25	192506	329914	1.714	13:07:23
26	192799	329686	1.710	13:07:26
27	192455	329474	1.712	13:07:28
28	193051	329826	1.708	13:07:30
29	192540	329993	1.714	13:07:32
30	192427	330095	1.715	13:07:35

STATISTICS	Low	High	Ratio
MEAN:	193347	330742	1.711
STD:	537	962	0.006

Tablo A.19

L2 Lomberi İçin 76 kV Gerilimde 2000 μ A Akımda
Çift Enerjili X-Işını Absorbsiyometri Cihazından (DEXA'dan)
Alınan Orijinal Sonuçlar

Lunar Static Counter

12/31/2002

Operating Voltage	76.0	Samples per Second	64
Tube Current	2000	Number of Samples	128
Collimation	MEDIUM	Number of Repeats	30
Data Corrections	OFF	Dead Low Channel	0.00000075
Spillover %	8.15	Dead High Channel	0.00000075

REPEAT #	Low	High	Ratio	Time
1	240639	419218	1.742	17:29:35
2	240199	419412	1.746	17:29:37
3	240559	419133	1.742	17:29:39
4	239752	417830	1.743	17:29:41
5	239865	417557	1.741	17:29:44
6	240063	417502	1.739	17:29:46
7	239100	417796	1.747	17:29:48
8	238879	416701	1.744	17:29:50
9	239163	416680	1.742	17:29:52
10	239282	417170	1.743	17:29:54
11	239176	416548	1.742	17:29:57
12	239000	415640	1.739	17:29:59
13	238805	416460	1.744	17:30:01
14	238345	416642	1.748	17:30:03
15	238386	416120	1.746	17:30:06
16	239428	415739	1.736	17:30:08
17	238560	415786	1.743	17:30:10
18	238617	416328	1.745	17:30:13
19	238358	415399	1.743	17:30:15
20	237714	414829	1.745	17:30:17
21	237902	415412	1.746	17:30:19
22	238315	413930	1.737	17:30:22
23	238298	415667	1.744	17:30:24
24	237998	415047	1.744	17:30:26
25	238607	414746	1.738	17:30:28
26	237363	414369	1.746	17:30:31
27	239064	414316	1.733	17:30:33
28	237000	414195	1.748	17:30:35
29	238052	413924	1.739	17:30:38
30	237630	414428	1.744	17:30:40

STATISTICS	Low	High	Ratio
MEAN:	238804	416151	1.743
STD:	914	1559	0.004

Tablo A.20

L2 Lomberi İçin 76 kV Gerilimde 2500 μ A Akımda
Çift Enerjili X-Işını Absorbsiyometri Cihazından (DEXA'dan)
Alınan Orijinal Sonuçlar

Lunar Static Counter

12/31/2002

Operating Voltage	76.0	Samples per Second	64
Tube Current	2500	Number of Samples	128
Collimation	MEDIUM	Number of Repeats	30
Data Corrections	OFF	Dead Low Channel	0.00000075
Spillover %	8.15	Dead High Channel	0.00000075

REPEAT #	Low	High	Ratio	Time
1	282881	495902	1.753	17:32:07
2	281597	496325	1.763	17:32:09
3	281044	495931	1.765	17:32:11
4	282145	495268	1.755	17:32:13
5	281613	494595	1.756	17:32:16
6	281460	495121	1.759	17:32:18
7	281010	493820	1.757	17:32:20
8	280832	493416	1.757	17:32:22
9	280531	493655	1.760	17:32:24
10	280886	492986	1.755	17:32:27
11	280428	492853	1.758	17:32:29
12	280803	491800	1.751	17:32:31
13	280390	492663	1.757	17:32:33
14	279292	491692	1.760	17:32:36
15	279574	490184	1.753	17:32:38
16	279779	492615	1.761	17:32:40
17	279383	492085	1.761	17:32:42
18	280384	491687	1.754	17:32:45
19	280243	491281	1.753	17:32:47
20	279089	491783	1.762	17:32:49
21	279275	491521	1.760	17:32:51
22	280083	492446	1.758	17:32:54
23	279532	489808	1.752	17:32:56
24	279641	491041	1.756	17:32:58
25	279237	490066	1.755	17:33:01
26	279842	490247	1.752	17:33:03
27	278387	489537	1.758	17:33:05
28	279433	491583	1.759	17:33:07
29	279169	490404	1.757	17:33:10
30	278515	490328	1.761	17:33:12

STATISTICS	Low	High	Ratio
MEAN:	280216	492421	1.757
STD:	1068	1951	0.003

Tablo A.21

L2 Lomberi İçin 76 kV Gerilimde 3000 μ A Akımda
Çift Enerjili X-Işını Absorbsiyometri Cihazından (DEXA'dan)
Alınan Orijinal Sonuçlar

Lunar Static Counter

12/31/2002

Operating Voltage	76.0	Samples per Second	64
Tube Current	3000	Number of Samples	128
Collimation	MEDIUM	Number of Repeats	30
Data Corrections	OFF	Dead Low Channel	0.00000075
Spillover %	8.15	Dead High Channel	0.00000075

REPEAT #	Low	High	Ratio	Time
1	318585	562913	1.767	17:34:04
2	316665	563907	1.781	17:34:07
3	317645	563536	1.774	17:34:09
4	317973	563051	1.771	17:34:11
5	317906	561784	1.767	17:34:13
6	316752	561710	1.773	17:34:15
7	316938	561266	1.771	17:34:18
8	317369	559571	1.763	17:34:20
9	316105	560798	1.774	17:34:22
10	314882	560738	1.781	17:34:24
11	315756	559099	1.771	17:34:26
12	316399	559491	1.768	17:34:29
13	316166	559835	1.771	17:34:31
14	315749	559672	1.773	17:34:33
15	315189	558852	1.773	17:34:35
16	315861	556780	1.763	17:34:38
17	314874	557877	1.772	17:34:40
18	314873	558288	1.773	17:34:42
19	314917	556116	1.766	17:34:45
20	315076	559344	1.775	17:34:47
21	314791	558444	1.774	17:34:49
22	314908	556897	1.768	17:34:51
23	314766	558174	1.773	17:34:54
24	313792	557944	1.778	17:34:56
25	314406	556680	1.771	17:34:58
26	314690	557150	1.770	17:35:00
27	315477	556952	1.765	17:35:03
28	314579	557727	1.773	17:35:05
29	314716	557505	1.771	17:35:07
30	313687	555649	1.771	17:35:10

STATISTICS	Low	High	Ratio
MEAN:	315716	559258	1.771
STD:	1282	2292	0.004

Tablo A.22

L3 Lomberi İçin 76 kV Gerilimde 500 μ A Akımda
Çift Enerjili X-Işını Absorbsiyometri Cihazından (DEXA'dan)
Alınan Orijinal Sonuçlar

Lunar Static Counter

01/09/2003

Operating Voltage	76.0	Samples per Second	64
Tube Current	500	Number of Samples	128
Collimation	MEDIUM	Number of Repeats	30
Data Corrections	OFF	Dead Low Channel	0.00000075
Spillover %	8.15	Dead High Channel	0.00000075

REPEAT #	Low	High	Ratio	Time
1	65914	115006	1.745	17:11:21
2	66347	114795	1.730	17:11:23
3	66148	114685	1.734	17:11:25
4	66350	114513	1.726	17:11:27
5	66576	114811	1.725	17:11:30
6	66320	114885	1.732	17:11:32
7	65704	115020	1.751	17:11:34
8	66206	114658	1.732	17:11:36
9	66408	115696	1.742	17:11:38
10	66110	114291	1.729	17:11:41
11	66526	114877	1.727	17:11:43
12	66311	115218	1.738	17:11:45
13	65918	114748	1.741	17:11:47
14	66550	114937	1.727	17:11:49
15	66348	115089	1.735	17:11:52
16	65880	115021	1.746	17:11:54
17	65936	115003	1.744	17:11:56
18	66393	115438	1.739	17:11:59
19	66570	114464	1.719	17:12:01
20	65958	115443	1.750	17:12:03
21	66291	114907	1.733	17:12:05
22	66107	114752	1.736	17:12:08
23	65996	115267	1.747	17:12:10
24	66101	115403	1.746	17:12:12
25	66066	115271	1.745	17:12:14
26	65715	115603	1.759	17:12:17
27	66337	115003	1.734	17:12:19
28	66921	115116	1.720	17:12:21
29	66524	115094	1.730	17:12:24
30	65963	115504	1.751	17:12:26

STATISTICS	Low	High	Ratio
MEAN:	66216	115017	1.737
STD:	284	340	0.010

Tablo A.23

L3 Lomberi İçin 76 kV Gerilimde 750 μ A Akımda
Çift Enerjili X-Işını Absorbsiyometri Cihazından (DEXA'dan)
Alınan Orijinal Sonuçlar

Lunar Static Counter

01/09/2003

Operating Voltage	76.0	Samples per Second	64
Tube Current	750	Number of Samples	128
Collimation	MEDIUM	Number of Repeats	30
Data Corrections	OFF	Dead Low Channel	0.00000075
Spillover %	8.15	Dead High Channel	0.00000075

REPEAT #	Low	High	Ratio	Time
1	96778	168597	1.742	17:13:25
2	97406	169599	1.741	17:13:27
3	96955	169601	1.749	17:13:29
4	96804	169233	1.748	17:13:31
5	97057	169378	1.745	17:13:34
6	97240	168972	1.738	17:13:36
7	96905	168380	1.738	17:13:38
8	97063	169278	1.744	17:13:40
9	96748	169385	1.751	17:13:42
10	96945	169059	1.744	17:13:45
11	96745	169237	1.749	17:13:47
12	96319	168564	1.750	17:13:49
13	96717	168643	1.744	17:13:51
14	96714	168705	1.744	17:13:54
15	96285	167984	1.745	17:13:56
16	97093	168829	1.739	17:13:58
17	96777	168921	1.745	17:14:00
18	96261	169075	1.756	17:14:03
19	97185	168953	1.738	17:14:05
20	96289	168528	1.750	17:14:07
21	96944	169306	1.746	17:14:09
22	96806	169356	1.749	17:14:12
23	96449	168449	1.747	17:14:14
24	96145	168960	1.757	17:14:16
25	96827	169336	1.749	17:14:19
26	96709	168766	1.745	17:14:21
27	96313	168504	1.750	17:14:23
28	96736	169251	1.750	17:14:25
29	97029	168190	1.733	17:14:28
30	96579	169261	1.753	17:14:30

STATISTICS	Low	High	Ratio
MEAN:	96761	168943	1.746
STD:	318	419	0.005

Tablo A.24

L3 Lomberi İçin 76 kV Gerilimde 1000 μ A Akımda
Çift Enerjili X-Işını Absorbsiyometri Cihazından (DEXA'dan)
Alınan Orijinal Sonuçlar

Lunar Static Counter

01/09/2003

Operating Voltage	76.0	Samples per Second	64
Tube Current	1000	Number of Samples	128
Collimation	MEDIUM	Number of Repeats	30
Data Corrections	OFF	Dead Low Channel	0.00000075
Spillover %	8.15	Dead High Channel	0.00000075

REPEAT #	Low	High	Ratio	Time
1	125816	219182	1.742	17:15:11
2	125163	220514	1.762	17:15:13
3	124667	220044	1.765	17:15:15
4	125766	220200	1.751	17:15:18
5	124684	219568	1.761	17:15:20
6	125052	219794	1.758	17:15:22
7	125604	220295	1.754	17:15:24
8	125613	218991	1.743	17:15:26
9	125241	218907	1.748	17:15:29
10	124981	219549	1.757	17:15:31
11	125515	219120	1.746	17:15:33
12	124924	220744	1.767	17:15:35
13	124793	219635	1.760	17:15:37
14	124807	219688	1.760	17:15:40
15	124949	219095	1.753	17:15:42
16	125008	219659	1.757	17:15:44
17	125340	219152	1.748	17:15:46
18	124517	218957	1.758	17:15:49
19	124290	218636	1.759	17:15:51
20	124625	219450	1.761	17:15:53
21	124684	219112	1.757	17:15:56
22	124566	219850	1.765	17:15:58
23	125166	218775	1.748	17:16:00
24	125607	220083	1.752	17:16:02
25	124712	218753	1.754	17:16:05
26	124631	219534	1.761	17:16:07
27	125310	218137	1.741	17:16:09
28	124810	219122	1.756	17:16:11
29	124798	218759	1.753	17:16:14
30	124674	219147	1.758	17:16:16

STATISTICS	Low	High	Ratio
MEAN:	125010	219415	1.755
STD:	408	602	0.007

Tablo A.25

L3 Lomberi İçin 76 kV Gerilimde 1500 μ A Akımda
Çift Enerjili X-Işını Absorbsiyometri Cihazından (DEXA'dan)
Alınan Orijinal Sonuçlar

Lunar Static Counter

01/09/2003

Operating Voltage	76.0	Samples per Second	64
Tube Current	1500	Number of Samples	128
Collimation	MEDIUM	Number of Repeats	30
Data Corrections	OFF	Dead Low Channel	0.00000075
Spillover %	8.15	Dead High Channel	0.00000075

REPEAT #	Low	High	Ratio	Time
1	177558	313817	1.767	17:17:18
2	176983	313669	1.772	17:17:20
3	177202	314008	1.772	17:17:22
4	176053	314455	1.786	17:17:24
5	176322	313590	1.779	17:17:27
6	177386	313601	1.768	17:17:29
7	176321	312677	1.773	17:17:31
8	176605	313268	1.774	17:17:33
9	176104	313017	1.777	17:17:35
10	175947	312314	1.775	17:17:37
11	175618	313291	1.784	17:17:40
12	176439	312368	1.770	17:17:42
13	175733	312737	1.780	17:17:44
14	176369	313909	1.780	17:17:46
15	176479	312731	1.772	17:17:49
16	176056	312278	1.774	17:17:51
17	176182	312381	1.773	17:17:53
18	176220	312865	1.775	17:17:56
19	175927	313063	1.780	17:17:58
20	176127	311318	1.768	17:18:00
21	175905	312809	1.778	17:18:02
22	176188	311780	1.770	17:18:05
23	175837	310670	1.767	17:18:07
24	175029	311736	1.781	17:18:09
25	175676	311514	1.773	17:18:11
26	175433	311423	1.775	17:18:14
27	176170	310567	1.763	17:18:16
28	175591	311633	1.775	17:18:18
29	175657	310574	1.768	17:18:21
30	175486	311274	1.774	17:18:23

STATISTICS	Low	High	Ratio
MEAN:	176153	312511	1.774
STD:	574	1076	0.005

Tablo A.26

L3 Lomberi İçin 76 kV Gerilimde 2000 μ A Akımda
Çift Enerjili X-Işını Absorbsiyometri Cihazından (DEXA'dan)
Alınan Orijinal Sonuçlar

Lunar Static Counter

01/09/2003

Operating Voltage	76.0	Samples per Second	64
Tube Current	2000	Number of Samples	128
Collimation	MEDIUM	Number of Repeats	30
Data Corrections	OFF	Dead Low Channel	0.00000075
Spillover %	8.15	Dead High Channel	0.00000075

REPEAT #	Low	High	Ratio	Time
1	222032	398604	1.795	17:19:26
2	221512	398250	1.798	17:19:29
3	221401	397971	1.798	17:19:31
4	221171	396967	1.795	17:19:33
5	221287	398264	1.800	17:19:35
6	221868	397232	1.790	17:19:37
7	221729	396899	1.790	17:19:40
8	221838	395977	1.785	17:19:42
9	221224	396273	1.791	17:19:44
10	221682	395985	1.786	17:19:46
11	221041	395663	1.790	17:19:48
12	221804	396125	1.786	17:19:51
13	221019	396769	1.795	17:19:53
14	220997	395145	1.788	17:19:55
15	220945	395437	1.790	17:19:57
16	219884	395148	1.797	17:20:00
17	219894	395007	1.796	17:20:02
18	219819	395120	1.797	17:20:04
19	220769	394900	1.789	17:20:06
20	220814	394486	1.787	17:20:09
21	220492	395996	1.796	17:20:11
22	219602	395067	1.799	17:20:13
23	220561	394758	1.790	17:20:15
24	220142	395252	1.795	17:20:18
25	220127	394875	1.794	17:20:20
26	220178	394002	1.789	17:20:22
27	219797	393964	1.792	17:20:25
28	220978	394375	1.785	17:20:27
29	220000	393749	1.790	17:20:29
30	220312	393348	1.785	17:20:31

STATISTICS	Low	High	Ratio
MEAN:	220831	395720	1.792
STD:	727	1398	0.005

Tablo A.27

L3 Lomberi İçin 76 kV Gerilimde 2500 µA Akımda
Çift Enerjili X-Işını Absorbsiyometri Cihazından (DEXA'dan)
Alınan Orijinal Sonuçlar

Lunar Static Counter

01/09/2003

Operating Voltage	76.0	Samples per Second	64
Tube Current	2500	Number of Samples	128
Collimation	MEDIUM	Number of Repeats	30
Data Corrections	OFF	Dead Low Channel	0.00000075
Spillover %	8.15	Dead High Channel	0.00000075

REPEAT #	Low	High	Ratio	Time
1	262739	472892	1.800	17:21:45
2	262198	472571	1.802	17:21:47
3	261847	472826	1.806	17:21:49
4	260834	472957	1.813	17:21:51
5	260767	472175	1.811	17:21:53
6	261314	471513	1.804	17:21:56
7	261410	471899	1.805	17:21:58
8	260001	472999	1.819	17:22:00
9	261182	471514	1.805	17:22:02
10	260878	471178	1.806	17:22:04
11	260905	471199	1.806	17:22:07
12	260774	470730	1.805	17:22:09
13	260000	468791	1.803	17:22:11
14	260087	469047	1.803	17:22:13
15	260625	469333	1.801	17:22:16
16	259583	470097	1.811	17:22:18
17	260257	469134	1.803	17:22:20
18	259421	469285	1.809	17:22:22
19	259510	469017	1.807	17:22:25
20	260545	469036	1.800	17:22:27
21	260198	469673	1.805	17:22:29
22	259499	468637	1.806	17:22:31
23	259663	469001	1.806	17:22:34
24	259662	468003	1.802	17:22:36
25	260888	468416	1.795	17:22:38
26	259773	469216	1.806	17:22:41
27	259763	469213	1.806	17:22:43
28	258957	467210	1.804	17:22:45
29	259647	468240	1.803	17:22:47
30	259620	468625	1.805	17:22:50
STATISTICS	Low	High	Ratio	
MEAN:	260418	470148	1.805	
STD:	898	1720	0.004	

Tablo A.28

L3 Lomberi İçin 76 kV Gerilimde 3000 μ A Akımda
Çift Enerjili X-Işını Absorbsiyometri Cihazından (DEXA'dan)
Alınan Orijinal Sonuçlar

Lunar Static Counter

01/09/2003

Operating Voltage	76.0	Samples per Second	64
Tube Current	3000	Number of Samples	128
Collimation	MEDIUM	Number of Repeats	30
Data Corrections	OFF	Dead Low Channel	0.00000075
Spillover %	8.15	Dead High Channel	0.00000075

REPEAT #	Low	High	Ratio	Time
1	297457	540022	1.815	17:23:42
2	297122	539533	1.816	17:23:44
3	296495	539197	1.819	17:23:46
4	296318	540126	1.823	17:23:48
5	297063	538335	1.812	17:23:51
6	296496	538199	1.815	17:23:53
7	296183	537576	1.815	17:23:55
8	295326	538158	1.822	17:23:57
9	296074	538461	1.819	17:23:59
10	295417	537509	1.819	17:24:02
11	295503	536553	1.816	17:24:04
12	295212	534429	1.810	17:24:06
13	294446	536554	1.822	17:24:08
14	294764	534936	1.815	17:24:11
15	294355	536050	1.821	17:24:13
16	293958	535308	1.821	17:24:15
17	294631	534902	1.815	17:24:17
18	294251	534877	1.818	17:24:20
19	294586	535311	1.817	17:24:22
20	293811	534872	1.820	17:24:24
21	293973	534991	1.820	17:24:27
22	294661	535471	1.817	17:24:29
23	293898	534868	1.820	17:24:31
24	293111	534323	1.823	17:24:33
25	293618	534470	1.820	17:24:36
26	293931	533873	1.816	17:24:38
27	293849	533869	1.817	17:24:40
28	293287	534315	1.822	17:24:42
29	293652	533870	1.818	17:24:45
30	293953	534110	1.817	17:24:47

STATISTICS	Low	High	Ratio
MEAN:	294913	536169	1.818
STD:	1235	2013	0.003

Tablo A.29

L2 Lomberi İçin 80 kV Gerilimde 500 μ A Akımda
Çift Enerjili X-Işını Absorbsiyometri Cihazından (DEXA'dan)
Alınan Orijinal Sonuçlar

Lunar Static Counter

12/31/2002

Operating Voltage	80.0	Samples per Second	64
Tube Current	500	Number of Samples	128
Collimation	MEDIUM	Number of Repeats	30
Data Corrections	OFF	Dead Low Channel	0.00000075
Spillover %	8.15	Dead High Channel	0.00000075

REPEAT #	Low	High	Ratio	Time
1	79471	188059	2.366	17:08:56
2	79680	187488	2.353	17:08:58
3	79770	187299	2.348	17:09:01
4	79590	187879	2.361	17:09:03
5	79582	188109	2.364	17:09:05
6	79972	187582	2.346	17:09:07
7	80011	188216	2.352	17:09:09
8	79750	187320	2.349	17:09:12
9	80238	187522	2.337	17:09:14
10	79714	187944	2.358	17:09:16
11	79746	187934	2.357	17:09:18
12	79941	187815	2.349	17:09:20
13	80008	187193	2.340	17:09:23
14	79604	187677	2.358	17:09:25
15	79809	187650	2.351	17:09:27
16	79899	187056	2.341	17:09:29
17	79966	187717	2.347	17:09:32
18	79517	187171	2.354	17:09:34
19	79670	187780	2.357	17:09:36
20	79598	186954	2.349	17:09:38
21	79900	187348	2.345	17:09:41
22	79823	187497	2.349	17:09:43
23	79733	187374	2.350	17:09:45
24	79832	186658	2.338	17:09:48
25	80070	188179	2.350	17:09:50
26	80051	187471	2.342	17:09:52
27	80127	187523	2.340	17:09:54
28	79964	187547	2.345	17:09:57
29	79321	187332	2.362	17:09:59
30	79160	186968	2.362	17:10:01

STATISTICS	Low	High	Ratio
MEAN:	79784	187542	2.351
STD:	241	383	0.008

Tablo A.30

L2 Lomberi İçin 80 kV Gerilimde 750 μ A Akımda
Çift Enerjili X-Işını Absorbsiyometri Cihazından (DEXA'dan)
Alınan Orijinal Sonuçlar

Lunar Static Counter

12/31/2002

Operating Voltage	80.0	Samples per Second	64
Tube Current	750	Number of Samples	128
Collimation	MEDIUM	Number of Repeats	30
Data Corrections	OFF	Dead Low Channel	0.00000075
Spillover %	8.15	Dead High Channel	0.00000075

REPEAT #	Low	High	Ratio	Time
1	115051	270113	2.348	17:10:50
2	114813	271339	2.363	17:10:52
3	114828	270633	2.357	17:10:54
4	114818	270442	2.355	17:10:56
5	115139	270694	2.351	17:10:58
6	114743	269943	2.353	17:11:01
7	114067	270804	2.374	17:11:03
8	114927	271411	2.362	17:11:05
9	114593	271041	2.365	17:11:07
10	114664	272077	2.373	17:11:09
11	115160	270093	2.345	17:11:11
12	114893	270872	2.358	17:11:14
13	114498	269187	2.351	17:11:16
14	114647	271275	2.366	17:11:18
15	114132	269645	2.363	17:11:21
16	114657	270115	2.356	17:11:23
17	114339	270268	2.364	17:11:25
18	114679	270540	2.359	17:11:27
19	114155	270303	2.368	17:11:30
20	114460	270068	2.359	17:11:32
21	114568	269534	2.353	17:11:34
22	114658	270013	2.355	17:11:36
23	114311	269490	2.358	17:11:39
24	114409	270388	2.363	17:11:41
25	114459	270676	2.365	17:11:43
26	114849	270854	2.358	17:11:46
27	113922	270203	2.372	17:11:48
28	115287	269811	2.340	17:11:50
29	114211	269922	2.363	17:11:52
30	114737	269916	2.352	17:11:55

STATISTICS	Low	High	Ratio
MEAN:	114622	270389	2.359
STD:	336	642	0.008

Tablo A.31

L2 Lomberi İçin 80 kV Gerilimde 1000 μ A Akımda
Çift Enerjili X-Işını Absorbsiyometri Cihazından (DEXA'dan)
Alınan Orijinal Sonuçlar

Lunar Static Counter

12/31/2002

Operating Voltage	80.0	Samples per Second	64
Tube Current	1000	Number of Samples	128
Collimation	MEDIUM	Number of Repeats	30
Data Corrections	OFF	Dead Low Channel	0.00000075
Spillover %	8.15	Dead High Channel	0.00000075

REPEAT #	Low	High	Ratio	Time
1	146536	346346	2.364	17:13:10
2	146786	347168	2.365	17:13:12
3	146308	347018	2.372	17:13:14
4	145934	346875	2.377	17:13:16
5	147018	346669	2.358	17:13:18
6	146595	346394	2.363	17:13:21
7	146609	345941	2.360	17:13:23
8	145980	345361	2.366	17:13:25
9	146273	346080	2.366	17:13:27
10	145892	345778	2.370	17:13:29
11	146040	346303	2.371	17:13:32
12	145702	345316	2.370	17:13:34
13	145506	345501	2.374	17:13:36
14	145178	345136	2.377	17:13:38
15	146021	346032	2.370	17:13:41
16	146443	345238	2.357	17:13:43
17	146234	346158	2.367	17:13:45
18	145845	345275	2.367	17:13:47
19	146004	345071	2.363	17:13:50
20	146328	344766	2.356	17:13:52
21	146152	344104	2.354	17:13:54
22	145750	345256	2.369	17:13:56
23	145355	346394	2.383	17:13:59
24	145835	345439	2.369	17:14:01
25	146229	344575	2.356	17:14:03
26	145645	344798	2.367	17:14:06
27	146236	345473	2.362	17:14:08
28	145143	344548	2.374	17:14:10
29	146038	345273	2.364	17:14:12
30	146120	344842	2.360	17:14:15

STATISTICS	Low	High	Ratio
MEAN:	146058	345638	2.366
STD:	442	784	0.007

Tablo A.32

L2 Lomberi İçin 80 kV Gerilimde 1500 μ A Akımda
Çift Enerjili X-Işını Absorbsiyometri Cihazından (DEXA'dan)
Alınan Orijinal Sonuçlar

Lunar Static Counter

03/03/2003

Operating Voltage	80.0	Samples per Second	64
Tube Current	1500	Number of Samples	128
Collimation	MEDIUM	Number of Repeats	30
Data Corrections	OFF	Dead Low Channel	0.00000075
Spillover %	8.15	Dead High Channel	0.00000075

REPEAT #	Low	High	Ratio	Time
1	197042	484374	2.458	14:35:33
2	196725	484281	2.462	14:35:35
3	196839	483471	2.456	14:35:38
4	197336	483803	2.452	14:35:40
5	196296	484629	2.469	14:35:42
6	196815	483889	2.459	14:35:44
7	196389	484563	2.467	14:35:46
8	196513	483386	2.460	14:35:48
9	197556	483736	2.449	14:35:51
10	197607	483696	2.448	14:35:53
11	196921	485136	2.464	14:35:55
12	196686	484446	2.463	14:35:57
13	196112	484721	2.472	14:36:00
14	196313	484761	2.469	14:36:02
15	196162	483030	2.462	14:36:04
16	196914	484274	2.459	14:36:06
17	196336	483211	2.461	14:36:09
18	196508	484227	2.464	14:36:11
19	196368	484665	2.468	14:36:13
20	196323	483275	2.462	14:36:15
21	196833	483481	2.456	14:36:18
22	196519	483831	2.462	14:36:20
23	195220	484548	2.482	14:36:22
24	196138	483820	2.467	14:36:25
25	196588	483292	2.458	14:36:27
26	196384	483608	2.463	14:36:29
27	196550	482754	2.456	14:36:31
28	196858	484635	2.462	14:36:34
29	195942	484184	2.471	14:36:36
30	196952	483406	2.454	14:36:38

STATISTICS	Low	High	Ratio
MEAN:	196592	483971	2.462
STD:	481	606	0.007

Tablo A.33

L2 Lomberi İçin 80 kV Gerilimde 2000 μ A Akımda
Çift Enerjili X-Işını Absorbsiyometri Cihazından (DEXA'dan)
Alınan Orijinal Sonuçlar

Lunar Static Counter

12/31/2002

Operating Voltage	80.0	Samples per Second	64
Tube Current	2000	Number of Samples	128
Collimation	MEDIUM	Number of Repeats	30
Data Corrections	OFF	Dead Low Channel	0.00000075
Spillover %	8.15	Dead High Channel	0.00000075

REPEAT #	Low	High	Ratio	Time
1	248650	594444	2.391	17:15:29
2	247173	593339	2.401	17:15:31
3	247000	592598	2.399	17:15:33
4	246592	592643	2.403	17:15:35
5	247951	592040	2.388	17:15:37
6	246996	590575	2.391	17:15:39
7	246629	590913	2.396	17:15:42
8	247352	591558	2.392	17:15:44
9	247277	589727	2.385	17:15:46
10	246178	590399	2.398	17:15:48
11	246477	590187	2.394	17:15:50
12	246887	589831	2.389	17:15:53
13	247182	588005	2.379	17:15:55
14	245852	589781	2.399	17:15:57
15	245681	589654	2.400	17:16:00
16	245971	588279	2.392	17:16:02
17	246847	588712	2.385	17:16:04
18	245897	588269	2.392	17:16:06
19	245654	586593	2.388	17:16:09
20	246283	588014	2.388	17:16:11
21	245921	587768	2.390	17:16:13
22	244849	587384	2.399	17:16:15
23	245169	586709	2.393	17:16:18
24	245948	586231	2.384	17:16:20
25	245466	586798	2.391	17:16:22
26	245279	586154	2.390	17:16:24
27	246192	587052	2.385	17:16:27
28	246147	586849	2.384	17:16:29
29	245778	586767	2.387	17:16:31
30	244845	586168	2.394	17:16:34

STATISTICS	Low	High	Ratio
MEAN:	246337	589115	2.391
STD:	886	2365	0.006

Tablo A.34

L2 Lomberi İçin 80 kV Gerilimde 2500 μ A Akımda
Çift Enerjili X-Işını Absorbsiyometri Cihazından (DEXA'dan)
Alınan Orijinal Sonuçlar

Lunar Static Counter

12/31/2002

Operating Voltage	80.0	Samples per Second	64
Tube Current	2500	Number of Samples	128
Collimation	MEDIUM	Number of Repeats	30
Data Corrections	OFF	Dead Low Channel	0.00000075
Spillover %	8.15	Dead High Channel	0.00000075

REPEAT #	Low	High	Ratio	Time
1	286173	686036	2.397	17:18:08
2	287359	685099	2.384	17:18:10
3	286665	684746	2.389	17:18:12
4	286241	683199	2.387	17:18:15
5	285781	683616	2.392	17:18:17
6	286017	683608	2.390	17:18:19
7	285177	684014	2.399	17:18:21
8	285342	683439	2.395	17:18:23
9	284967	682645	2.396	17:18:26
10	285248	682349	2.392	17:18:28
11	284594	680598	2.391	17:18:30
12	284157	681312	2.398	17:18:32
13	283963	680367	2.396	17:18:34
14	283975	679346	2.392	17:18:37
15	285596	679682	2.380	17:18:39
16	284027	679634	2.393	17:18:41
17	284371	678185	2.385	17:18:44
18	283421	678174	2.393	17:18:46
19	284406	678654	2.386	17:18:48
20	282830	679869	2.404	17:18:50
21	283847	678180	2.389	17:18:53
22	283862	678098	2.389	17:18:55
23	283609	677822	2.390	17:18:57
24	284322	677917	2.384	17:18:59
25	282802	676945	2.394	17:19:02
26	283250	677268	2.391	17:19:04
27	284101	677305	2.384	17:19:06
28	283266	678006	2.394	17:19:09
29	281636	677515	2.406	17:19:11
30	282649	676623	2.394	17:19:13

STATISTICS	Low	High	Ratio
MEAN:	284455	680342	2.392
STD:	1313	2824	0.006

Tablo A.35

L2 Lomberi İçin 80 kV Gerilimde 3000 μ A Akımda
Çift Enerjili X-Işını Absorbsiyometri Cihazından (DEXA'dan)
Alınan Orijinal Sonuçlar

Lunar Static Counter

12/31/2002

Operating Voltage	80.0	Samples per Second	64
Tube Current	3000	Number of Samples	128
Collimation	MEDIUM	Number of Repeats	30
Data Corrections	OFF	Dead Low Channel	0.00000075
Spillover %	8.15	Dead High Channel	0.00000075

REPEAT #	Low	High	Ratio	Time
1	317821	761613	2.396	17:20:12
2	318314	761437	2.392	17:20:15
3	317805	760817	2.394	17:20:17
4	317601	758988	2.390	17:20:19
5	317879	761023	2.394	17:20:21
6	317382	757674	2.387	17:20:23
7	317066	758319	2.392	17:20:26
8	316833	757708	2.392	17:20:28
9	316687	756917	2.390	17:20:30
10	315819	757575	2.399	17:20:32
11	315466	757460	2.401	17:20:34
12	316357	756045	2.390	17:20:37
13	315824	755658	2.393	17:20:39
14	316346	756685	2.392	17:20:41
15	316056	755254	2.390	17:20:43
16	315956	755940	2.393	17:20:46
17	316847	755107	2.383	17:20:48
18	315954	754978	2.390	17:20:50
19	315427	756577	2.399	17:20:52
20	316111	754847	2.388	17:20:55
21	315061	754065	2.393	17:20:57
22	315523	754036	2.390	17:20:59
23	316012	753462	2.384	17:21:02
24	315164	755241	2.396	17:21:04
25	314950	753702	2.393	17:21:06
26	315447	754063	2.390	17:21:08
27	314815	754367	2.396	17:21:11
28	315773	753240	2.385	17:21:13
29	313840	754470	2.404	17:21:15
30	315504	752516	2.385	17:21:17

STATISTICS	Low	High	Ratio
MEAN:	316188	756326	2.392
STD:	1057	2525	0.005

Tablo A.36

L3 Lomberi İçin 80 kV Gerilimde 500 µA Akımda
Çift Enerjili X-Işın Absorbsiyometri Cihazından (DEXA'dan)
Alınan Orijinal Sonuçlar

Lunar Static Counter

01/09/2003

Operating Voltage	80.0	Samples per Second	64
Tube Current	500	Number of Samples	128
Collimation	MEDIUM	Number of Repeats	30
Data Corrections	OFF	Dead Low Channel	0.00000075
Spillover %	8.15	Dead High Channel	0.00000075

REPEAT #	Low	High	Ratio	Time
1	72951	175079	2.400	17:25:25
2	72419	175463	2.423	17:25:27
3	72597	175182	2.413	17:25:29
4	72962	175893	2.411	17:25:32
5	73197	175469	2.397	17:25:34
6	72854	175498	2.409	17:25:36
7	72920	175434	2.406	17:25:38
8	72661	175535	2.416	17:25:40
9	73096	176221	2.411	17:25:42
10	72902	176061	2.415	17:25:45
11	72745	175932	2.418	17:25:47
12	72635	175353	2.414	17:25:49
13	72397	176175	2.433	17:25:51
14	73159	175585	2.400	17:25:54
15	72808	176003	2.417	17:25:56
16	72937	176168	2.415	17:25:58
17	73286	176017	2.402	17:26:00
18	72451	176226	2.432	17:26:03
19	72708	175891	2.419	17:26:05
20	72909	175712	2.410	17:26:07
21	72755	176038	2.420	17:26:10
22	73251	176056	2.403	17:26:12
23	73572	175656	2.388	17:26:14
24	72798	176250	2.421	17:26:16
25	72741	176051	2.420	17:26:19
26	72319	176381	2.439	17:26:21
27	72995	176956	2.424	17:26:23
28	72884	177414	2.434	17:26:25
29	72630	176009	2.423	17:26:28
30	73434	176432	2.403	17:26:30

STATISTICS	Low	High	Ratio
MEAN:	72866	175938	2.415
STD:	301	493	0.012

Tablo A.37

L3 Lomberi İçin 80 kV Gerilimde 750 μ A Akımda
Çift Enerjili X-Işını Absorbsiyometri Cihazından (DEXA'dan)
Alınan Orijinal Sonuçlar

Lunar Static Counter

01/09/2003

Operating Voltage	80.0	Samples per Second	64
Tube Current	750	Number of Samples	128
Collimation	MEDIUM	Number of Repeats	30
Data Corrections	OFF	Dead Low Channel	0.00000075
Spillover %	8.15	Dead High Channel	0.00000075

REPEAT #	Low	High	Ratio	Time
1	105755	255188	2.413	17:27:10
2	105641	255396	2.418	17:27:12
3	105044	254957	2.427	17:27:14
4	105169	254897	2.424	17:27:17
5	105157	255768	2.432	17:27:19
6	105811	255826	2.418	17:27:21
7	104967	254769	2.427	17:27:23
8	105376	254921	2.419	17:27:25
9	105543	254725	2.413	17:27:28
10	104953	254357	2.424	17:27:30
11	105670	256310	2.426	17:27:32
12	105385	254950	2.419	17:27:34
13	105306	254782	2.419	17:27:36
14	105352	255118	2.422	17:27:39
15	105040	254783	2.426	17:27:41
16	104850	254609	2.428	17:27:43
17	105364	254910	2.419	17:27:46
18	105389	255050	2.420	17:27:48
19	105157	254995	2.425	17:27:50
20	104776	254436	2.428	17:27:52
21	105073	252946	2.407	17:27:55
22	104545	255045	2.440	17:27:57
23	105117	255152	2.427	17:27:59
24	105045	254681	2.424	17:28:01
25	105250	254464	2.418	17:28:04
26	105572	254176	2.408	17:28:06
27	105238	254465	2.418	17:28:08
28	104675	254783	2.434	17:28:10
29	105348	254818	2.419	17:28:13
30	104929	254275	2.423	17:28:15

STATISTICS	Low	High	Ratio
MEAN:	105217	254852	2.422
STD:	312	584	0.007

Tablo A.38

L3 Lomberi İçin 80 kV Gerilimde 1000 μ A Akımda
Çift Enerjili X-Işını Absorbsiyometri Cihazından (DEXA'dan)
Alınan Orijinal Sonuçlar

Lunar Static Counter

01/09/2003

Operating Voltage	80.0	Samples per Second	64
Tube Current	1000	Number of Samples	128
Collimation	MEDIUM	Number of Repeats	30
Data Corrections	OFF	Dead Low Channel	0.00000075
Spillover %	8.15	Dead High Channel	0.00000075

REPEAT #	Low	High	Ratio	Time
1	135282	326336	2.412	17:28:57
2	135125	327476	2.424	17:28:59
3	134264	327533	2.439	17:29:01
4	135198	327237	2.420	17:29:03
5	135052	328009	2.429	17:29:05
6	134740	326721	2.425	17:29:08
7	134523	328523	2.442	17:29:10
8	135169	326550	2.416	17:29:12
9	134641	326830	2.427	17:29:14
10	134776	327775	2.432	17:29:16
11	134126	326840	2.437	17:29:19
12	134358	327671	2.439	17:29:21
13	134469	326862	2.431	17:29:23
14	134793	327633	2.431	17:29:25
15	134164	326173	2.431	17:29:28
16	134329	327474	2.438	17:29:30
17	134856	327352	2.427	17:29:32
18	134769	327078	2.427	17:29:34
19	134227	326554	2.433	17:29:37
20	133855	325453	2.431	17:29:39
21	134418	326154	2.426	17:29:41
22	134804	325902	2.418	17:29:44
23	134097	325857	2.430	17:29:46
24	134421	325723	2.423	17:29:48
25	134121	326515	2.434	17:29:50
26	134233	326345	2.431	17:29:53
27	134482	326358	2.427	17:29:55
28	134031	325372	2.428	17:29:57
29	134231	325904	2.428	17:29:59
30	133903	325823	2.433	17:30:02

STATISTICS	Low	High	Ratio
MEAN:	134515	326734	2.429
STD:	401	806	0.007

Tablo A.39

L3 Lomberi İçin 80 kV Gerilimde 1500 μ A Akımda
Çift Enerjili X-Işını Absorbsiyometri Cihazından (DEXA'dan)
Alınan Orijinal Sonuçlar

Lunar Static Counter

01/09/2003

Operating Voltage	80.0	Samples per Second	64
Tube Current	1500	Number of Samples	128
Collimation	MEDIUM	Number of Repeats	30
Data Corrections	OFF	Dead Low Channel	0.00000075
Spillover %	8.15	Dead High Channel	0.00000075

REPEAT #	Low	High	Ratio	Time
1	187094	456867	2.442	17:30:44
2	187409	455927	2.433	17:30:46
3	187615	457031	2.436	17:30:48
4	186157	457097	2.455	17:30:50
5	186272	456921	2.453	17:30:52
6	186809	457101	2.447	17:30:55
7	186435	456198	2.447	17:30:57
8	187088	456152	2.438	17:30:59
9	186303	455790	2.446	17:31:01
10	186547	454596	2.437	17:31:03
11	186380	455624	2.445	17:31:05
12	185962	455611	2.450	17:31:08
13	186430	454305	2.437	17:31:10
14	186522	454863	2.439	17:31:12
15	186623	454726	2.437	17:31:15
16	185214	454928	2.456	17:31:17
17	186048	455627	2.449	17:31:19
18	186419	453878	2.435	17:31:21
19	185445	455491	2.456	17:31:24
20	185318	453907	2.449	17:31:26
21	185138	453401	2.449	17:31:28
22	185063	453140	2.449	17:31:30
23	185609	453585	2.444	17:31:33
24	184583	453996	2.460	17:31:35
25	185675	453079	2.440	17:31:37
26	185240	452281	2.442	17:31:40
27	185616	453223	2.442	17:31:42
28	185156	454763	2.456	17:31:44
29	185816	453020	2.438	17:31:46
30	185556	453524	2.444	17:31:49

STATISTICS	Low	High	Ratio
MEAN:	186051	454888	2.445
STD:	751	1414	0.007

Tablo A.40

L3 Lomberi İçin 80 kV Gerilimde 2000 μ A Akımda
Çift Enerjili X-Işını Absorbsiyometri Cihazından (DEXA'dan)
Alınan Orijinal Sonuçlar

Lunar Static Counter

01/09/2003

Operating Voltage	80.0	Samples per Second	64
Tube Current	2000	Number of Samples	128
Collimation	MEDIUM	Number of Repeats	30
Data Corrections	OFF	Dead Low Channel	0.00000075
Spillover %	8.15	Dead High Channel	0.00000075

REPEAT #	Low	High	Ratio	Time
1	230167	565605	2.457	17:32:35
2	231201	565572	2.446	17:32:37
3	231204	565375	2.445	17:32:39
4	230222	565200	2.455	17:32:42
5	230281	566019	2.458	17:32:44
6	229881	564630	2.456	17:32:46
7	229750	565115	2.460	17:32:48
8	230764	564176	2.445	17:32:50
9	229626	563903	2.456	17:32:53
10	229961	563102	2.449	17:32:55
11	229181	562437	2.454	17:32:57
12	229674	562226	2.448	17:32:59
13	229875	562734	2.448	17:33:01
14	229423	562185	2.450	17:33:04
15	228783	563684	2.464	17:33:06
16	229147	562862	2.456	17:33:08
17	229402	562086	2.450	17:33:11
18	229118	561671	2.451	17:33:13
19	228650	561585	2.456	17:33:15
20	229037	562167	2.454	17:33:17
21	229036	562449	2.456	17:33:20
22	229051	562462	2.456	17:33:22
23	229320	562032	2.451	17:33:24
24	228872	562419	2.457	17:33:26
25	228913	562015	2.455	17:33:29
26	229337	561548	2.449	17:33:31
27	228845	560118	2.448	17:33:33
28	229793	562070	2.446	17:33:36
29	228826	561584	2.454	17:33:38
30	229016	560383	2.447	17:33:40

STATISTICS	Low	High	Ratio
MEAN:	229545	562980	2.453
STD:	689	1584	0.005

Tablo A.41

L3 Lomberi İçin 80 kV Gerilimde 2500 μ A Akımda
Çift Enerjili X-Işını Absorbsiyometri Cihazından (DEXA'dan)
Alınan Orijinal Sonuçlar

Lunar Static Counter

01/09/2003

Operating Voltage	80.0	Samples per Second	64
Tube Current	2500	Number of Samples	128
Collimation	MEDIUM	Number of Repeats	30
Data Corrections	OFF	Dead Low Channel	0.00000075
Spillover %	8.15	Dead High Channel	0.00000075

REPEAT #	Low	High	Ratio	Time
1	268648	659506	2.455	17:34:26
2	268735	657060	2.445	17:34:28
3	268383	657554	2.450	17:34:30
4	267890	658544	2.458	17:34:32
5	267738	657512	2.456	17:34:34
6	267061	657302	2.461	17:34:36
7	267059	657591	2.462	17:34:39
8	267918	655382	2.446	17:34:41
9	267921	655699	2.447	17:34:43
10	267538	655209	2.449	17:34:45
11	266546	656250	2.462	17:34:47
12	268106	655588	2.445	17:34:50
13	266421	654989	2.458	17:34:52
14	267521	654738	2.447	17:34:54
15	267269	654158	2.448	17:34:57
16	266351	654234	2.456	17:34:59
17	267124	653936	2.448	17:35:01
18	265967	653889	2.459	17:35:03
19	266578	653646	2.452	17:35:06
20	266316	653214	2.453	17:35:08
21	266796	653740	2.450	17:35:10
22	266177	653891	2.457	17:35:12
23	266033	653214	2.455	17:35:15
24	266347	652359	2.449	17:35:17
25	266210	653324	2.454	17:35:19
26	266242	653602	2.455	17:35:21
27	266224	653490	2.455	17:35:24
28	266058	651634	2.449	17:35:26
29	266064	652823	2.454	17:35:28
30	266463	653027	2.451	17:35:31
STATISTICS	Low	High	Ratio	
MEAN:	266990	654904	2.453	
STD:	854	1974	0.005	

Tablo A.42

L3 Lomberi İçin 80 kV Gerilimde 3000 μ A Akımda
Çift Enerjili X-Işını Absorbsiyometri Cihazından (DEXA'dan)
Alınan Orijinal Sonuçlar

Lunar Static Counter

01/09/2003

Operating Voltage	80.0	Samples per Second	64
Tube Current	3000	Number of Samples	128
Collimation	MEDIUM	Number of Repeats	30
Data Corrections	OFF	Dead Low Channel	0.00000075
Spillover %	8.15	Dead High Channel	0.00000075

REPEAT #	Low	High	Ratio	Time
1	300171	735632	2.451	17:36:21
2	299315	735748	2.458	17:36:23
3	300702	735202	2.445	17:36:25
4	299296	735348	2.457	17:36:27
5	299659	732732	2.445	17:36:29
6	299295	734617	2.454	17:36:32
7	298310	733821	2.460	17:36:34
8	299189	733034	2.450	17:36:36
9	299076	733017	2.451	17:36:38
10	300103	732950	2.442	17:36:40
11	298722	731339	2.448	17:36:43
12	298148	732552	2.457	17:36:45
13	298141	731297	2.453	17:36:47
14	298103	731563	2.454	17:36:49
15	298741	730679	2.446	17:36:52
16	297519	731577	2.459	17:36:54
17	297229	730976	2.459	17:36:56
18	298184	729411	2.446	17:36:58
19	297979	730198	2.451	17:37:01
20	297289	729508	2.454	17:37:03
21	296733	729702	2.459	17:37:05
22	297439	729615	2.453	17:37:08
23	297312	729777	2.455	17:37:10
24	297430	728756	2.450	17:37:12
25	297533	729290	2.451	17:37:14
26	298096	729117	2.446	17:37:17
27	296958	728346	2.453	17:37:19
28	296467	728019	2.456	17:37:21
29	298556	728366	2.440	17:37:23
30	297422	727554	2.446	17:37:26

STATISTICS	Low	High	Ratio
MEAN:	298304	731325	2.452
STD:	1078	2446	0.005

Tablo B.2
Hasta İle Çalışma İçin 76 kV Gerilimde 3000 µA Akımda
Çift Enerjili X-Işını Absorbsiyometri Cihazından (DEXA'dan) Alınan Orijinal
Sonuçlar

ALMAN HASTANESİ
KEMİK YOGUNLUĞU OLCUM MERKEZİ
AP SPINE

HASTA ID: BAYAR
 ISIM: BAYAR, SAFIYE

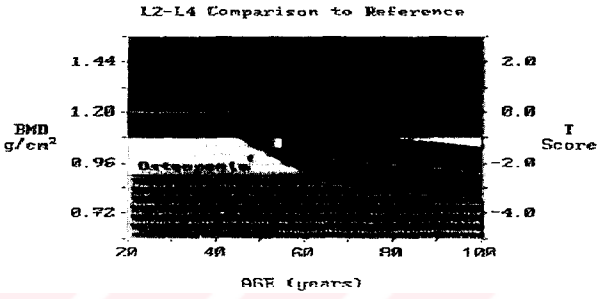
ÖLÇÜM: 4.8 23.04.2003
 ANALİZ: 4.8 23.04.2003



LUNAR®

CHANGE NOT FOR DIAGNOSIS

ID: BAYAR, SAFIYE SCAN DATE: 23.04.2003



L2-L4 BMD (g/cm²)¹ 1.057 ± 0.01
 L2-L4 % Young Adult² 88 ± 2
 L2-L4 % Age Matched³ 96 ± 2
 L2-L4 sBMD (mg/cm²)⁷ 1007 ± 10

Yas (yıllar).....	54	Büyük Standart.....	272.31	Ölçüm Modu.....	Orta
Cinsiyet.....	Kadın	Orta Standart.....	203.23	Ölçüm Tipi.....	DPX-L
Kilo (Kg).....	92	Küçük Standart.....	144.74	Kolimasyon (mm).....	1.68
Boy (cm).....	155	Low keV Air (cps)...	721606	Örnek Boyut (mm)....	1.2x 1.2
Etnik.....	Beyaz	High keV Air (cps)...	453655	Akım (µA).....	3000
Sistem.....	7067	R-değeri (%Yag).....	1.318(37.1)		

Bölge	BMD ¹ g/cm²	Genç Eriskin ²		Yas Grubu ³	
		%	T	%	Z
L1	1.055	93	-0.6	102	0.2
L2	1.148	96	-0.4	104	0.4
L3	1.042	87	-1.3	95	-0.5
L4	0.992	83	-1.7	90	-0.9
L1-L2	1.106	96	-0.4	105	0.5
L1-L3	1.082	92	-0.7	101	0.1
L1-L4	1.057	90	-1.0	98	-0.2
L2-L3	1.092	91	-0.9	99	-0.1
L2-L4 ⁴	1.057	88	-1.2	96	-0.4
L3-L4	1.017	85	-1.5	92	-0.7

1 - Presizyon ve kesinlik için appendix'e bakınız.

Istatistiksel olarak tekrarlanmış ölçümlerin 68%'i 1 SD içinde olur. (±0.01 g/cm²)

2 - Amerikan AP Spine Referans Populasyonu, Genç eriskin Yasları 20-45. Appendix'e bakınız.

3 - Yasa ve Etnik'e göre.

4 - WHO T-skor kategorileri: >-1.0 SD = normal;

-1.0 to -2.5 SD = osteopeni; <-2.5 SD = osteoporoz.

7 - Lunar BMD L2-L4 için 1.057 g/cm². J Bone Miner Res 1994'e bakınız: 9:1503-1514

ÖZGEÇMİŞ

1976 yılında İstanbul'da doğdu. Lise öğrenimini İstanbul Vefa Lisesinde tamamladıktan sonra, Marmara Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü'ne girdi ve buradan 1999 yılında mezun oldu. 1999-2000 eğitim-öğretim döneminde İ.T.Ü. Nükleer Enerji Enstitüsü'nde yüksek lisans eğitimine başladı. Mayıs 2001'den beri İ.T.Ü. Enerji Enstitüsü'nde Sağlık Fizikçisi olarak görev yapmaktadır. İngilizce bilmektedir.

