

T.C.

**DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
GÜZEL SANATLAR ENSTİTÜSÜ
FOTOĞRAF ANASANAT DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

TIBBİ GÖRÜNTÜLEME YÖNTEMLERİ VE FOTOĞRAF İLİŞKİSİ

**HAZIRLAYAN
İsmail BİRLİK**

**DANIŞMAN
Yard. Doç Dr. Işık SEZER**

**İKİNCİ DANIŞMAN
Prof. Dr. Handan GÜLERYÜZ**

İZMİR – 2015

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Tıbbi Görüntüleme Yöntemleri ve Fotoğraf İlişkisi” adlı çalışmanın, tarafımdan, bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin bibliyografyada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

.../.../.....

Adı SOYADI

İsmail BİRLİK

İmza

TUTANAK

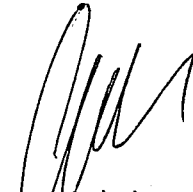
Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü' nün 09/04/2015 tarih ve 7...sayılı toplantısında oluşturulan jüri, Lisanüstü Öğretim Yönetmeliği'nin 22...maddesine göre Fotoğraf Anasanat Dalı yüksek lisans öğrencisi İsmail BİRLİK' in Tıbbi Görüntüleme Yöntemleri ve Fotoğraf İlişkisi konulu tezi/projesi incelenmiş ve aday 15/04/2015 tarihinde, saat 10.30 da jüri önünde tez savunmasına alınmıştır.

Adayın kişisel çalışmaya dayanan tezini/projesini savunmasından sonra 60... dakikalık süre içinde gerek tez konusu, gerekse tezin dayanağı olan anabilim dallarından jüri üyelerine sorulan sorulara verdiği cevaplar değerlendirilerek tezin/projenin BAŞARILI...olduğuna oy.BİRLİK...ile karar verildi.

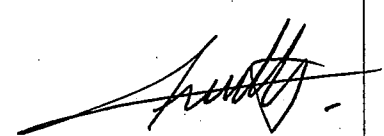
BAŞKAN

Yrd. Doç. Dr. İlk Sözer


ÜYE


Yrd. Doç. Dr. Gökhan Birmis

ÜYE

Yrd. Doç. Dr. Alparslan Karakurt


YÜKSEKÖĞRETİM KURULU DOKÜMANTASYON MERKEZİ

TEZ/PROJE VERİ FORMU

Tez/Proje No:

Konu Kodu:

Üniv. Kodu:

☐ Not: Bu bölüm merkezimiz tarafından doldurulacaktır.

Tez/Proje Yazarının

Soyadı: BİRLİK

Adı: İsmail

Tezin/Projenin Türkçe Adı: Tıbbi Görüntüleme Yöntemleri ve Fotoğraf İlişkisi

Tezin/Projenin Yabancı Dildeki Adı: The Methods of Medical Imaging and Its Relationship with Photograph

Tezin/Projenin Yapıldığı

Üniversitesi: D.E.Ü.

Enstitü: G.S.E.

Yıl: 2015

Diğer Kuruluşlar :

Tezin/Projenin Türü:

Yüksek Lisans:

☒

Dili: Türkçe

Doktora:

☐

Sayfa Sayısı: 189

Tıpta Uzmanlık:

☐

Referans Sayısı: 168

Sanatta Yeterlilik:

☐

Tez/Proje Danışmanlarının

Ünvanı: Yrd.Doç.Dr.

Adı: IŞIK

Soyadı: SEZER

Türkçe Anahtar Kelimeler:

- 1- Fotoğraf
- 2- Radyoloji
- 3- Radyogram
- 4- X-ışını
- 5- Gama ışını

İngilizce Anahtar Kelimeler:

- 1- Photograph
- 2- Radiology
- 3- Radiogram
- 4- X-ray
- 5- Gamma ray

Tarih:

İmza:

Tezimin Erişim Sayfasında Yayınlanmasını İstiyorum

Evet

☒

Hayır

☐

ÖZET

“Tıbbi Görüntüleme Yöntemleri ve Fotoğraf İlişkisi” başlıklı tez çalışmasının amacı, bilimsel ve tıbbi amaçlar için kullanılan radyodiyagnostik görüntüleme yöntemlerinin fotoğraf ile ilişkisinin saptanması üzerinedir.

Fotoğrafın teknik ve sanatsal gelişiminin yıllar içindeki değişimine ve gelişimine yer verilmiştir. Radyolojik görüntüleme yöntemlerinin teknik ve fizik bilimi açısından çözümlemesi yapılmıştır. Buna ek olarak çekim yöntemleri görüntü oluşturmada kullanılan işlemler hem fiziksel hem de mekanik olarak irdelenmiştir.

Ana ilke, radyogramların ve sonogramların taşıdığı estetik potansiyeli araştırılarak, Kant’ın estetik yorumu ve Husserl’in fenomenolojisi üzerinden bir bakış açısı geliştirilmiştir. Radyogram ve sonogramların yöntem olarak fotoğrafla ilişkisi üzerine durulmuştur. Ayrıca diğer sanat disiplinleri ile etkileşime de yer verilerek birleşim noktaları yakalanmaya çalışılmıştır.

ABSTRACT

The aim of the thesis headed ‘The Methods of Medical Imaging and Its Relationship with Photograph’ is related to determine of relation with photography of radiodiagnosis imaging which is used for scientific and medical purposes.

In the study, the technical and artistic changes and improvements of photograph within years have been handled. The analysis of radiologic imaging methods has been done in terms of technique and science of physics. In addition to this, filming methods, the processes used for forming images have been studied both from the physical and from the mechanical aspects.

The esthetic potential in radiogram and sonogram, which is a medical image produced by ultrasound echo and radiation, has been searched and a new point of view has been revealed by considering Kant’s esthetic commend and Husserl’s reasoning. The emphasis has been put on the photographic relationship of radiogram and sonogram as a method. Also the interaction with other arts has been given place and combination points have been tried to catch. These are the main principles of the thesis.

ÖNSÖZ

İlk olarak 1999 yılında NASA tarafından uzaya fırlatılan Chandra x- ışını gözlem uydusunun, evrenin derinliklerinden yayınlanan x- ışınlarını çok yüksek hassasiyete sahip detektörler ile saptayarak oluşturduğu evren modeli fotoğrafının dikkatimi çekmesi ile bu konu üzerine yoğunlaştım. Yaptığım araştırmalar doğrultusunda, bu fotoğrafın bilimsel temelini hazırlığı mahiyetinde tıpta kullanılan radyan ve sonografik görüntüleme alanlarına yöneldim. Bu bilimsel amaçlar ile üretilen nesnelerin sanatsal bir değerinin var olup olamayacağı üzerine düşünmeye başladım. Bu konu üzerine çalışmış sanatçı ve bilim adamlarının çalışmalarını araştırıp değerlendirdim. Ve çok ilginç sonuçlar ile karşılaştım.

“Tıbbi görüntüleme yöntemleri ve fotoğraf ilişkisi” başlıklı tezimin kapsamı gereği, radyodiyagnostik görüntülemede kullanılan gama ışınları, x- ışınları, radyo dalgaları ve ultrasonik ses ile gerçekleştirilen görüntü alma teknikleri ile sınırlandırılmıştır.

Her türlü yardım ve fedakârlığı sağlayan, bilgi, tecrübe ve güler yüzleri ile ile çalışmama ışık tutan, değerli hocalarım Yrd. Doç. Dr. Işık Sezer’e ve Prof. Dr. Handan Güleriyüz’e yürekten teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin yazım sürecinde bilimsel bilgi ve kaynak sağlayan Prof. Dr. Ercan Tuncel’e, tezimin edebi yönü ve içeriğin düzenlenmesinde desteklerine başvurduğum Feyza Mihriban Haznedar’a, İngilizce kaynak araştırmalarımnda desteğini gördüğüm ve beni bu konuda cesaretlendiren değerli arkadaşım Duygu Ballı’ya, arkadaşım, sevgili dostum fotoğraf avcısı Kıvanç Şen ve değerli eşi Uzm. Dr. Nazlı Pınar Karahan Şen’e, tezin başından beri kahrımı çeken, lojistiğimi sağlayan ve yoğun beyin fırtınaları yapıp fikirler üretmemi sağlayan dostum Burak Günel’e teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin hazırlanması sırasında beni cesaretlendiren ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

YEMİN METNİ	ii
TUTANAK	iii
YÜKSEKÖĞRETİM KURULU DOKÜMANTASYON MERKEZİ	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
ÖNSÖZ	vii
İÇİNDEKİLER	viii
RESİM / FOTOĞRAF / TABLO / ŞEKİL/ ÇİZİM / RADYOGRAM / SONOGRAM LİSTESİ	xiii
KISALTMALAR	xxiv

1. BÖLÜM

TIBBİ GÖRÜNTÜLEME YÖNTEMLERİ VE FOTOĞRAF İLİŞKİSİ

1-Fotoğraf Nedir?	4
1.1- Fotoğrafın Kısa Tarihi	5
1.2- Fotoğraf ve Işık	16
1.2.1- Işık Nedir?	16
1.2.2- Işığın Algılanması	21
1.2.3- Işığın Özellikleri ve Işık Kaynakları	23
1.2.3.1- Işığın Özellikleri	23
1.2.3.2- Işık Kaynakları	25
1.2.3.2.1- Doğal Işık Kaynakları	25
1.2.3.2.2- Yapay Işık Kaynakları	25
1.2.4- Fotoğrafta Işığın Kullanılması	33
1.2.5- Fotoğraf ve Görüntü Oluşumu	34
1.3-Fotoğraf Sanatı	38
1.3.1- Bir Sanat Nesnesi Üretimi Aracı Olarak ‘Fotoğraf’	38
1.3.2- Sanat ve Sanatçı	38
1.3.3- Fotoğrafın Varlık Bilinci	41

1.3.3.1- Fotoğrafın Gerçekliği Sorunu	42
---	----

2. BÖLÜM

RADYODİYAGNOSTİK GÖRÜNTÜ OLUŞTURMA TEKNİKLERİ

2- Işın Ve Ses Bilimi	45
2.1- Işığın Spekturumu	45
2.1.1- Gama Işınları	47
2.1.2- X-Ray	47
2.1.3- Morötesi(Ultraviyole)	48
2.1.4- Görünür Işık	48
2.1.5- Kızıl Ötesi	48
2.1.6- Mikro Dalga	49
2.1.7- Radyo Dalgaları	49
2-2- Ses	49
2.2.1- Ses Nedir?	49
2.2.2- Sesin Algılanması Duyma	52
2.3- Radyodiyagnostik Görüntü Oluşturmada Işın, Ses ve Radyo Frekansı	54
2.3.1- Işın	54
2.3.2- Radyo Frekansı	55
2.3.3- Ses	55
2.4- Radyolojik Görüntüleme	55
2.5- Radyoloji Kısa Tanım ve Tarihçe	57
2.5.1- Diagnostik Radyoloji	61
2.6- Analog Görüntüleme Sistemleri	62
2.6.1- Filmler	62
2.6.1.1- Üst Tabaka	63
2.6.1.2- Emülsiyon Tabaka	63
2.6.1.3- Alt Tabaka	64
2.6.1.4- Destek Tabaka	64

2.6.2- Radyografi Film Türleri	64
2.6.3- Renk Hassasiyetlerine Göre Filmler	65
2.6.4- Tıbbi Film Banyo Yöntemleri	66
2.6.5- Görüntülerin Kalitesi	67
2.6.5.1- Kontrast	69
2.6.5.2- Çözümleme	69
2.7- Bilgisayar	69
2.7.1- Radyolojide Dijital Çağ	71
2.7.2- Dijital Görüntü İşlemleri	72
2.7.3- Görüntülerin Gösterimi	74
2.7.4- Görüntülerin Depolanması	74
2.8- Wilhelm Congrad Röntgen'in Hayatı Ve Bilimi	74
2.8.1- X-Işınları	77
2.8.2- X-Işınlının Özellikleri	78
2.8.3- X- Işınlının Oluşumu	78
2.8.4- Bremstrahlung (Frenleme) Işınları	79
2.8.5- Karakteristik X-Işınları	80
2.8.6- Kırılma, Yansıma ve Polarizasyon Olayları	81
2.8.6.1- Emilim	82
2.8.6.2- Saçılma	82
2.8.7- Filtrasyon	84
2.9- Görüntüleme Teknikleri ve Cihazlar	84
2.9.1- Röntgen	85
2.9.1.1- Radyografi	85
2.9.1.2- Radyografi Cihazı	86
2.9.2- Flüoroskopi	91
2.10- Tomografi	93
2.10.1- X-Işını Üretimi	96
2.10.2- Detektörler	97
2.10.3-Veri Yakalama (Rekonstrüksiyon)	97
2.10.4- BT'de Görüntü Oluşumu	98

2.11- Manyetik Rezonans Görüntüleme	102
2.11.1- Manyetik Rezonans Görüntülemenin Çalışma Prensipleri	103
2.11.2- MR Aygıtı	106
2.11.2.1- Magnet	106
2.11.2.2- Gradient Sargı	106
2.11.2.3- Radyo Frekans Sargıları	107
2.11.3- Bir MR Görüntüsü Nasıl Elde Edilir	107
2.11.3.1- Görüntü Kalitesi	108
2.12- Nükleer Tıp	109
2.12.1- Radyo Elementler	109
2.12.2- Gama Kamera	112
2.12.2.1- Görüntü Kalitesi	114
2.12.3- Pet Cihazı	115
2.12.3.1- PET Cihazında Görüntülerin İşlenmesi	116
2.13- Ultrason	117
2.13.1- Ultrason Görüntüleme Tekniği	119
2.13.2- Ultra Ses Nasıl Üretilir?	120
2.13.3- Görüntü Oluşumu	120

3. BÖLÜM

FOTOĞRAF SANATINDA RADYOGRAFİK YORUMLAR

3- Radyofotoğraf Sanatı	122
3.1- Öncüler (1895- 1980 Arası)	125
3.1.1- Ludwig Zehnder	125
3.1.2- John Hall-Edwards	127
3.1.3- Dain L. Tasker	128
3.1.4- Robert Rauschenber	131
3.2- 1980 ve Sonrası	132
3.2.1- David Teplika	133
3.2.2- Benedetta Bonichi	138

3.2.3- Selda Çalışkan	144
3.2.4- Nick Veasey	146
3.2.5- Laura Ferguson	150
3.2.6- Marilene Oliver	156
3.2.7- Paula Crown	159
3.2.8- Marta de Menezes	161
3.2.9- Ashley Davidoff	162
SONUÇ	166
KAYNAKÇA	170
EKLER	183
RÖPORTAJ	183
ÖZGEÇMİŞ	

RESİM LİSTESİ

Resim -1 Gözün Koni ve Çubuk Hücreleri. (2006).....	21
Resim -2 Görme Olayı (2006).....	22
Resim -3 Ses Dalgası ve Sıcak Soğuk İlişkisi, (2008).....	51
Resim -4 Michelangelo Buonarroti “İnsanın Yaratılışı”, Sistine Şapeli' (1511)....	133
Resim- 5 Laura Ferguson, “Crouching Figure With Visible Skeleton”, The Anthropomorphic Book, (1994).....	151
Resim- 6 Laura Ferguson “Untitle”), (1994).....	152

FOTOĞRAF LİSTESİ

Fotoğraf -1 Joseph Nicéphore Niépce, Le Gras'ta Pencereden Bir Görünüm (1826).....	9
Fotoğraf -2 Louise Mande Daguerre, "Deguerreotype", (1844).....	10
Fotoğraf -3 William Henry FoxTalbot "Calotype", (1864).....	12
Fotoğraf -4 Henry Peach Robinson, "Fading Away" (Solup gidiş), 1858.....	13
Fotoğraf -5 SLR (Single LensReflex) Fotoğraf Makinesi. (2012).....	16
Fotoğraf -6 Tungsten Halojen Lamba ve Dalga Boyu (2015).....	28
Fotoğraf -7 Cıva Buharı Lambası ve Dalgaboyu,(2015).....	29
Fotoğraf -8 Sodyum Buharı Lambası ve dalga boyu (2015).....	29
Fotoğraf -9 Florasan Lamba ve Dalgaboyu, (2012).....	31
Fotoğraf -10 Flaş, (2010).....	32
Fotoğraf -11 Wilhelm Conrad Röntgen, (1904).....	74
Fotoğraf -12 Röntgenin Laboratuvarı (1900).....	75
Fotoğraf -13 Göğüs Grafisi Çekim Denemesi, (1907).....	76
Fotoğraf -14 İlk Röntgen Cihazı ve İlk Radyografi Denemesi, (1896).....	77
Fotoğraf -15 Transformatör.....	87
Fotoğraf -16 Rektifiye Plakası.....	87
Fotoğraf -17 Röntgen Cihazı, (2011).....	88
Fotoğraf-18 CCD Fotoreseptör, (2013).....	89
Fotoğraf -19 Flüoroskopi Ekranı, (2010).....	91
Fotoğraf- 20 Yataya ve Dikeye Ayarlanabilen Düzlem, (2011).....	93
Fotoğraf- 21 Tomografi Cihazının İç Yapısı, (2013).....	93
Fotoğraf -22 Damien Hirst. "Autopsy With Sliced Human Brain", (2004).....	94
Fotoğraf- 23 Tomografi Tüpleri.....	96
Fotoğraf- 24 Gama Kamera, (2009).....	

Fotoğraf- 25 Pozitron Emisyon Cihazı (PET), (2010).....	115
Fotoğraf -26 Ultrason Cihazı.....	119
Fotoğraf -27 Prob Çeşitleri.....	120
Fotoğraf- 28 Paula Crown,“Inside My Head: A Contemporary Self Portrait, The Isaacson History Room The Aspen Institute, Aspen, (2013).....	159
Fotoğraf- 29 Paula Crown, “ head”, The Isaacson History Room The Aspen Institute, Aspen (2013).....	160

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil- 1 Güneş Işınlarnının Günün Sabah, Öğle ve İkındin Gelme Açısı.(2012)....	25
Şekil- 2 Işıkların Renk Kalitesi, (2012).....	33
Şekil- 3 Elektromanyetik Spektrum.....	45
Şekil- 4 Magnetrondan Yayılan mikrodalga, (2004).....	46
Şekil- 5 Ses Spektrumu.....	50
Şekil- 6 Genliğı Düşük ve Yüksek Ses Dalgaları, (2008).....	50
Şekil- 7 Sağlam (sağ) ve Deforme (sol) Olmuş Ses Alıcı Kollar, (2002).....	53
Şekil- 8 Atom.....	59
Şekil- 9 Nötron Bombardımanı, (2012).....	60
Şekil- 10 Bazı Maddelerin Işık Geçirgenliğı.....	61
Şekil- 11 Ranforsatörün Yapısı, (1995).....	65
Şekil- 12 Dijital Görüntü Oluşturma Parametreleri, (2002).....	71
Şekil- 13 Frenleme (Bremsstrahlung) Işını Oluşumu, (1995).....	80
Şekil- 14 Karakteristik X-ışınları Oluşumu, (1995).....	80
Şekil- 15 X-ışını Kırınımı, (2003).....	81
Şekil- 16 X- Işını Kırınımaları ve Yansımaları, (2000).....	81
Şekil- 17 Saçılma Türleri, (2002).....	83
Şekil- 18 Işınlarnın Canlı Dokudaki Üç Hali.....	83
Şekil- 19 CCD Detay, (2013).....	89
Şekil- 20 Pixel, Voksel, (2002).....	96
Şekil- 21 Tek Kesit ve Çoklu Kesit Detektör.....	98
Şekil- 22 Piksel ve Vokselden Oluşan Görüntü Düzlemi.....	99

Şekil- 23 Hounsfield cetveli, (2002).....	99
Şekil- 24 Hidrojen Atomu Modeli.....	103
Şekil- 25 Serbest ve Magnetize Protonlar, (2006).....	104
Şekil- 26 Kolimatör.....	112
Şekil- 27 Kolimatör Tipleri.....	113
Şekil- 28 Foto Çoğaltıcı Tüp.....	114

ÇİZİM LİSTESİ

Çizim- 1 Thanasius Kircher'in Taşınabilir Karanlık Oda Modeli Tasviri, (1646)..	7
Çizim- 2 J. Zahn Oculus' a Ait Küçültülmüş Kamera Obscura Modeli, (1669)....	8
Çizim- 3 Robert Hook "Mikroskop" (1670).....	19
Çizim- 4 Mum ışığı tasviri, (1913).....	27
Çizim- 5 Ark Lambası ve Dalgaboyu, (2008).....	28
Çizim -6 Edison'un Akkor Lamba Modeli ve Dalgaboyu.....	30
Çizim- 7 Banyo İşlem Sırası, (2011).....	67
Çizim- 8 Manuel Flüoroskopi Masası, (2013).....	92
Çizim- 9 Spiral Bilgisayarlı Tomografi.....	95

TABLO LİSTESİ

Tablo- 1 Renk Isısı Tablosu 1800K - 10.000K.(2012).....	26
Tablo- 3-4 Sayı Sistemleri.....	70
Tablo- 5 En Çok Kullanılan Radyoizotoplar.....	111

RADYOGRAM LİSTESİ

Radyogram- 1 “A” Grenli Doku, “B” Soft Doku, (2006).....	68
Radyogram- 2 İşlenmiş ve İşlenmemiş Görüntü, (2006).....	73
Radyogram- 3 Radyografik Gri Skala, (2012).....	86
Radyogram- 4 Gehler Folie, (1911).....	90
Radyogram- 5 X- Işınlarnın Çizgisel Görünümü, (2009).....	97
Radyogram- 6 Bilgisayarlı Tomografide Görüntü Oluşum Aşamaları.....	100
Radyogram- 7 Tomografi Filmi.....	101
Radyogram- 8 3 Boyutlu Böbrek Grafisi.....	101
Radyogram- 9 T1,T2, Proton Görüntüleri, (2002).....	105
Radyogram- 10 Manyetik Rezonans yatay vücut tarama.....	109
Radyogram- 11 Kemik Sintigrafisi Örnekleri, (2014).....	117
Radyogram- 12 Pet-bt Birleştirilmiş ve Renklendirilmiş Vücut Grafisi.....	117
Radyogram- 13 Ludwing Zehnder, Deustchches Museum Munich, (1896).....	126
Radyogram- 14 John Hall-Edwards, “Midlandtyre” Princeton Üniversitesi Art Museum (1897).....	127
Radyogram- 15 Dain Tasker, “Lily”, Courtesy JGS Permanent Collection (1930).....	128
Radyogram- 16 Dain Tasker, “Anthurium”,Ulusal Amerikan Tarih Müzesi,(1930).....	129
Radyogram- 17 Dain Tasker, “Kanterbury”,Ulusal Amerikan Tarih Müzesi (1930).....	130
Radyogram- 18 Dain Tasker, “self- portrait”, (1930).....	130

Radyogram- 19 Robert Rauschenberg , “Booster”, National Gallery of Australia, (1967).....	132
Radyogram- 20 David Teplica, ,”İnsanın Doğuşu” The Collected İmage, Evanston, (1987).....	133
Radyogram- 21 David Teplica, “Günaha Davet”, (1987).....	135
Radyogram- 22 David Teplica, “Kabil Erkek Kardeşine Karşı”, (1987).....	136
Radyogram- 23 David Teplica, “Bedensel Utanç”, (1987).....	137
Radyogram- 24 David Teplica, “... ve Tek Beden Oldular”, (1987).....	137
Radyogram- 25 Benedetta Bonichi , “Donna Che Sı Pettina”, (1999).....	139
Radyogram- 26 Benedetta Bonichi , “La Collana di Pelle”, (2002).....	140
Radyogram- 27 Benedetta Bonichi, “Banchetto Di Nozze” (2003).....	141
Radyogram- 28 Benedetta Bonichi, ”Tango –opera”, (2004).....	141
Radyogram- 29 Benedetta Bonichi, “X-Ray Cardinale”, (2005).....	142
Radyogram- 30 Benedetta Bonichi, “Avec Amor”, (2008).....	142
Radyogram- 31 Benedetta Bonichi, “Crocefissione”, (2006).....	143
Radyogram- 32 Benedetta Bonichi, “Perl il Bbanchetto di Nozze” (2007).....	143
Radyogram- 33 Selda Çalışkan, “İsimsiz” (1998).....	144
Radyogram- 34 Selda Çalışkan, “İsimsiz” (1998).....	145
Radyogram- 35 Nick Veasey, “Veasey jet” (2013).....	146
Radyogram- 36 Nick Veasey, “a Laptop” (2003).....	147
Radyogram- 37 Nick Veasey, “Mini”. (2013).....	148
Radyogram- 38 Nick Veasey “Piano Accordian”, (2011).....	148
Radyogram- 39 Nick Veasey, “Bride And Groom” (2011).....	149
Radyogram- 40 Nick Veasey, “Snake Peek Show”, (2014).....	149
Radyogram- 41 Laura Ferguson, “Skolyoz” (1994).....	150
Radyogram- 42 Laura Ferguson, “Untitle”, (2000).....	152
Radyogram- 43 Laura ferguson, “Hand” (2002).....	153

Radyogram- 44 Laura Ferguson “3D Skolyoz Antero-Posterior” (2005).....	153
Radyogram- 45 Laura Ferguson, “Gold-black Brain” Medical Bilim Binası Sanat Galerisi “Sanat ve Akademi” sergisi. (1990).....	154
Radyogram- 46 Laura Ferguson, “Gold-black Brain With Floating Colors” Medical Bilim Binası Sanat Galerisi “Sanat ve Akademi” sergisi, (1990).....	155
Radyogram- 47 Marilene Oliver, “İçindekini Biliyorum” (2001).....	156
Radyogram- 48 Marilene Oliver, “Aile Portre Self-Portrait”, Courtesy Herrmann & Wagner, (2002).....	157
Radyogram- 49 Merilene Oliver “Aile Portresi”, (2003).....	158
Radyogram- 50 Merilene Oliver “Radiant” (2003).....	159
Radyogram- 51 Marta de Menezes, “Resmi İzleyen Bir İnsanın Beyni” (2002).	161
Radyogram- 52 Marta de Menezes “Piyano Dinleyen Kız”, (2002).....	162
Radyogram -53 Selda Çalışkan “Midyeler” (2008).....	186
Radyogram -54 Selda Çalışkan “İsimsiz” (2008).....	186
Radyogram -55 Selda Çalışkan “İsimsiz” (2008).....	187
Radyogram -56 Selda Çalışkan “Çiçek” (2008).....	187
Radyogram -57 Selda Çalışkan “İsimsiz” (2008).....	188
Radyogram -58 Selda Çalışkan “İsimsiz” (2008).....	189

SONOGRAM LİSTESİ

Sonogram- 1 Bir Bebeğin Sonografisi.....	121
Sonogram- 2 Ashley Davidoff , “Artery Carotid” RSNA (2008).....	163
Sonogram- 3 Ashley Davidoff , “Artery Carotid Artery” RSNA, (2008).....	164
Sonogram- 4 Ashley Davidoff, “Uterus Fallopian Tube Hydrosalpinx Ultrasound Swan in the Water” (2009).....	164

KISALTMALAR

BT:	Bilgisayarlı Tomografi
MRG :	Manyetik Rezonans Görüntüleme
NT:	Nükleer Tıp
PET:	Pozitron Emisyon Tomografisi
PET-BT:	Pozitron Emisyon Tomografisi - Bilgisayarlı Tomografi
RG:	Radyonüklid Görüntüleme
USG:	Ultrason Görüntüleme
Spect:	Single Photon Emission Computed Tomography
Bkz:	Bakınız
İ.Ö:	İsa'dan Önce
İ.S:	İsa'dan Sonra
M.Ö:	Milattan Önce
M.S:	Milattan Sonra
Vb:	Ve Benzeri
Vd:	Ve Diğerleri

GİRİŞ

Arkeolojik ve yazılı kayıtlara bağılı olarak insan, varlığından bu yana kendini ifade etme aracı olarak dil, beden ve çevresindeki nesneleri kullanmıştır. Bu özgürlüğün ona bahşettiği en büyük değer, ifade yaratımında kendi tinsel benliğini nesnel olarak, diğer insanlara ifade etmek olmuştur. Bu amaç doğrultusunda oluşturduğu en temel yaratılardan birisi “sanat” tır.

“Sanat” insanı diğer canlılardan ayıran en üstün özelliğidir. İnsan, bu kavramın içini, çevresinde var olan objelere anlam, estetik değer, ölümsüzlük, biriciklik gibi fiziki ve duygusal değerler yükleyerek doldurmaktadır. Fotoğraf da bu ifade biçimlerini barındıran estetik ve sanatsal değerler taşıyan bir olgudur.

Fotoğrafın 1839 yılında Fransız Bilimler Akademisi’nde kabul edilışinin ardından, bilimsel ve sanatsal alanlar ile ilişkilendirilmiş ve yardımcı bir unsur olarak kullanılmaya başlanmıştır. Fotoğraf görünen dünyada var olan bir objenin, manzaranın, görüntüsünü kaydetme ve bir kopya oluşturma işlemidir. Estetik değer yükleme yani modeli şekillendirme, ortamdaki materyalleri düzenleme ve dijital programlarla yapılabilecek düzenlemeler gibi işlemler, çekim öncesi ve çekim sonrası iki ayrı zamanda gerçekleştirilebilir. Radyodiyagnostik (radyolojik tanı) yöntemlerin teknik süreci ve işlem sonucunda elde edilen "ürün" açısından fotoğrafla yakın benzerlikler taşımaktadır.

Fotoğrafın icadında fizik ve kimya bilginlerinin ışık ve ışıktan etkilenen maddeler üzerine yaptıkları deneyler büyük katkılar sağlamıştır. 1896 ’ya kadar varlığı kanıtlanamayan fakat teorik olarak ve bazı deneysel çalışmalarda gözlemlenen x ışınları, 1896 yılında Wilhelm Congrad Röntgenin görünmeyen enerji türleri üzerine yaptığı deneylerde fotoğraf plağı kullanmasıyla varlığını kesin olarak kanıtlamıştır. Daha sonra 1898 de Fransız fizikçi Henri Becquerel’de radyoaktivitenin keşfinde, radyasyonların fotoğraf filmini etkilemesi ile radyoaktivitenin varlığını kanıtlamayı başarmıştır. Bu keşifler fotoğraf ile radyodiyagnostik görüntüleme çalışmalarının

birleştirilerek geliştirilmesini ve fotoğrafik görüntülemeye farklı bakış açılarının doğmasına sebep olmuştur.

X-ışınlarının keşfi ardından Röntgen 28 Aralık 1895 yılında Würzburg Fiziksel Tıp Derneğine x-ışınları üreten Croocks tüpünü sunmuştur. Bu icat tıpta bir devrim niteliğinde karşılanmıştır ve böylelikle insan vücudunun içyapısını görüntülemesine başlanılmıştır. Daha sonraları 1924 yılında hidrojen atomlarının manyetik alan içerisinde farklı tavır sergilediğinin keşfedilmesi ile yeni bir görüntüleme tekniği geliştirilmiştir. Bu yöntem manyetik alan içinde kalan hidrojen atomlarına gönderilen radyo dalgalarının taşıdığı enerjinin kaydedilmesi ile görüntü oluşturulması yöntemidir. İlk görüntü oluşturma çabaları 1972 yılında Paul Lauterbur'un yan yana duran normal su ve ağır suyun arasındaki farkı görüntülemesi ile manyetik rezonans görüntüleme çalışmaları başlamış oldu. Hidrojenin elektromanyetik etki altındaki davranışlarından kısa bir süre sonra nükleer fizikte çok farklı bir aşamaya gelindi. Ernest Orlando Lawrence'in siklotronu keşif etmesi ardından daha sonra yapay radyoaktif madde üretim yöntemleri geliştirildi. 1930 - 40 arasında üretilen iyot ve teknesyum gibi elementlerin izotopları ile radyonüklid görüntüleme yöntemleri geliştirilmiştir. 1950'lerde bilgisayarlı tomografi cihazının geliştirilmesi ile bu teknik yöntemler arasında bağlar kurulmaya başlanmıştır.

Görüntüleme yöntemlerinde ışığın haricinde kullanılan bir diğer enerji türü de ses'tir. 1947 yılında Avusturyalı Dr. Karl Theo Dussik tarafından sesin hastalık tanısında kullanılabileceği üzerine fikirler geliştirmiş ve kardeşi fizikçi Frederich Dussik ile birlikte ilk ultrason görüntülemeyi başarmışlardır. Yaklaşık on yıl kadar sonra 1957'de Dr. Douglas Howryn'in ürettiği ultrason cihazıyla ilk 2 boyutlu sonografik görüntü elde etmiştir.

“Tıbbi Görüntüleme Yöntemleri ve Fotoğraf İlişkisi” konulu tez kapsamında, tıbbi görüntüleme yöntemlerinin fotoğraf ile olan ilişkisi incelenmiştir. Radyogramların doğa tarihi müzelerinin fotoğraf bölümleri tarafından koruma altına alınmış olması, ayrıca radyografçıların yaptıkları çekimlerde resim sanatından etkilenmeleri ve

radyografların fotoğraftaki gibi sanatsal bir düşünceye dönüşüp dönüşemeyeceği sorunu tezin temel problemidir.

Birinci bölümde; fotoğrafın tarihsel sürecine, fotoğraftaki ışık ve ışığın algılanmasına, ışığın özellikleri ve ışık kaynaklarına, fotoğrafta ışığın kullanılması ve fotoğrafta görüntü oluşumu araştırılmıştır. Fotoğraf sanatı kapsamında bir sanat nesnesi üretimi aracı olarak “fotoğrafın ne olduğu”, “sanat ve sanatçı”, “fotoğrafın varlık bilimci” incelenmiştir.

İkinci bölümde; Bilimsel araçlarla görüntü oluşum aracı olarak ışın, radyo frekansı ve ses çeşitleri araştırılmıştır. Wilhelm Congrad Rontgenin hayatı ve bilimi anlatılarak; bilimsel görüntü oluşturma yöntemlerinin neler olduğu, çeşitleri, nasıl yapıldıkları, dijital ya da analog olarak nasıl düzenlendiği ışınların çeşitlerine göre görüntüleme teknikleri, cihazlar ve bu cihazların neler olduğu, çalışma prensipleri üzerinde durulmuştur.

Üçüncü bölümde ise fotoğrafın, tıbbi görüntüleme yöntemleri ile elde edilen radyogram ve sonogramlar ile ilişkisi araştırılarak, bu görüntülerin estetik açıdan bir sanat nesnesi olup olmadıkları, sanatçıların vizyonları üzerinden irdelenmiştir.

Bu tez çalışması kapsamında konu ile ilgili Türkçe ve yabancı birçok kitap makale ve internet veri tabanından araştırmalar yapılmıştır. Konu üzerine çekimler yapan sanatçılar ile yüz yüze ve internet üzerinden görüşülmüş, değerlendirmeler yapılmış ve çekim yöntemleri üzerine sohbet edilmiştir. Radyogram ve sonogramların çekim teknikleri üzerine tıp fakültelerinin radyoloji bölümlerinde görev yapan doktorlar ve teknisyenler ile görüşmeler yapılmıştır. Sanatsal boyut üzerine sanat ve felsefe kitapları taranmış ve felsefi bir bakış belirlenmiştir.

“Tıbbi görüntüleme yöntemleri ve fotoğraf ilişkisi” konulu tez çalışması tıbbi ve sanatsal ilkeler barındıran bir konu olması sebebiyle bütünlüğü bozacak nitelikteki ayrıntılardan kaçınılarak temel kavramları belirleyen bir araştırma yöntemi izlenmiştir.

1. BÖLÜM

TIBBİ GÖRÜNTÜLEME YÖNTEMLERİ VE FOTOĞRAF İLİŞKİSİ

1839 yılı itibariyle keşif edilen fotoğraf 19. Yüzyıl sanayi devriminin insanlığa kazandırdığı en büyük yeniliklerden birisidir. Sümerlerden beri bilinen karanlık bir odanın duvarına ufak bir delik açılırsa dışarıdaki görüntü kırılarak iç duvara yansır. Farkında olunan bu fiziksel gerçeklik, 16. yy dolaylarında mekanik bir kutu haline getirilmiş ve bir yüzeyine açılan deliğe mercek yerleştirilerek görüntüleme kalitesi artırılmıştır. 1800’lerde de sıvı emisyonlu yüzeyler ile birleştirilerek görüntü alma çalışmaları yapılmıştır. 1839 da Fransız mucit Joseph Nicephore Niepce (1765-1833) bu düzenek üzerinde çalışarak ilk kalıcı görüntüyü elde etmiştir. Fotoğrafın icadından yaklaşık 55 yıl sonra fotoğraf tekniği kullanılarak bilimsel görüntüleme yöntemleri keşfedilmiştir. Bu başlangıçlar günümüzün görüntüleme tekniklerinin temelini oluşturmuştur.

1-Fotoğraf Nedir?

Fotoğraf ışık ile görüntü oluşturma sürecidir. Nesnelerden yayılan veya yansıyan ışınların emülsiyonlu duvakata ya da dijital sensörlere mekanik sistemler vasıtasıyla kaydedilip, kimyasal işlemlerle yada dijital yöntemlerle görüntü oluşturma işlemidir.

Kelime kökeni Eski Yunanca’dan gelen “Foton” ve “graf” sözcüklerinden oluşan fotoğraf kelimesi “ışığın çizgisi, ışıkla yazı yazmak” anlamına gelmektedir (Eczacıbaşı Sanat Ansiklopedisi, 1997: 602).

Genel bir tanımlama ile fotoğraf, içerisinde ışığa duyarlı film bulunan karanlık bir kutunun, ucuna yerleştirilmiş olan mercek ile yakalayabildiği alanın görüntüsünü kayıt edebilen bir araçtır. Görüntüleme işlemi sırası ile şöyle gerçekleşir: Işıktan etkilenen film üzerindeki gümüş bromür kristalleri gizli bir görüntü oluşturur. Bu film, karanlık bir ortamda geliştirme banyosuna tabi tutulur burada kimyasal süreç hızlanır, bromürlerinden ayrılan gümüş kristalleri oksitlenerek kararır ve şeffaf film üzerinde ilk

görülebilir görüntünün negatifini oluşturur. Negatif film, agridizör vasıtasıyla emisyon sürülmüş kağıt bir zemine aktarılır, sonra fotoğraf kağıdı, sırasıyla geliştirme, tespit ve durdurma banyolarından geçirilerek gözle görülebilir hale getirilmektedir. Sırasıyla teknik ve kimyasal işlemlerin oluşturduğu görüntüler ışınlı yazılmış bir yazı yani ‘fotoğrafi’ oluşturmaktadır. Mucizevî bir olay olduğunu söylemek çokta yanlış bir kavram olmaz.

Fotoğraf farklı sanat dallarının oluşmasında da öncülük etmiştir. Bunlardan en önemlisi 7. sanat¹ dalı olan sinemadır. Sinema durağan haldeki dia yada negatif filmlerin, motor gücü ile projeksiyon ışığı önünden saniyede 24 kare akarak hareketli görüntü oluşturma olayıdır ve fotoğrafın temelleri üzerine kurulmuştur.

‘Anı ölümsüzleştirmek’ fotoğrafı tanımlayan en etkili cümle sayılabilir. Bu yöntemle bir anlamda hayattan kareler toplamaktayız. Bu kareler üzerine yorumlar yapmakta, değerlendirmekte ve anlam yükleyerek içselleştirmekteyiz. Bizi etkileyen bu psikolojik olgular hayatımızda hızla yer eden fotoğrafın ne derece önemli olduğunu göstermektedir.

1.1- Fotoğrafın Kısa Tarihi

Fotoğraf, yaklaşık iki yüzyıllık bir tarihe sahip olsa da oluşumu yüz yılları almış bir görüntü alma yöntemidir. Karanlık oda çalışmasının tarihine bakacak olursak Sümerlere kadar inilmesi gerekmektedir, çünkü Sümerler (M.Ö. 4000-2000) karanlık bir odanın duvarına bir delik açıldığında karşı duvara dışarıdaki görüntünün ters düştüğünü biliyorlardı (Gümrükçü, 2006:11). M.Ö. 300’lerde Aristoteles’in (M.Ö. 384-322) karanlık olan bir odaya sızan güneşin dairesel bir görüntü oluşturduğuna ve bu daireselliğin deliğin yapısına bağlı olmadığına dair sözleri bulunmaktadır (Encyclopedia Britannica, 1969: 699-800). Ayrıca Aristo güneş tutulması esnasında ağaç yaprakları arasından sızan güneş ışınların zeminde ağacın bir görüntüsünü oluşturduğunu fark etmiştir. Işığın karanlık ortamda bir delik açarak karşı duvara dış görüntünün tersinin

1 -Yedinci, sanat deyimini ilk olarak kimin kullandığı bilinmemektedir. Bakınız: The Relationship between Literature and CinemaThe Journal of International Social Research Volume: 3 Issue: 14 Fall 2010 s266-266-275

düşürülmesi olayı tarih boyu pek çok toplumda denendiği görülmüştür. Fakat asıl tanımlamaların yapılmaya başlandığı tarih 1000’li yıllar olmuştur.

Göz üzerinde yapılan çalışmalar, ilk olarak çöl ve tropik iklime sahip bölgelerde yaşayan insanların yakalandıkları hastalıklar sayesinde olmuştur. Yapılan ameliyat ve incelemeler sonrasında gözün yapısı kavranmaya başlamıştır. İlk çalışmalara örnek 10. yüzyılın Irak’lı gökbilim ve matematikçi Hasan İbni el Haytam (965-1040) tarafından yazılan optik yazıları, optik bilimi adına yapılan ilk ciddi çalışmalardan biri olmuştur. Bu çalışmaların kristal, cam ve mercek gibi aletlerin ilk düşüncesinin ortaya atılmasına sebep olduğu düşünülmektedir.

Fotoğrafın kimyasal sürecinin gelişimi ise yaklaşık 8. Yüzyıla kadar inmektedir. Bu yüzyılda Arap kimyagerlerden Cabir Bin Hayyan (722-815) ışığın gümüş tuzlarının etkilediğini gözlemlemiş ve bunu kimya kitabında belirtmiştir (Ceyhan, 2003:23).

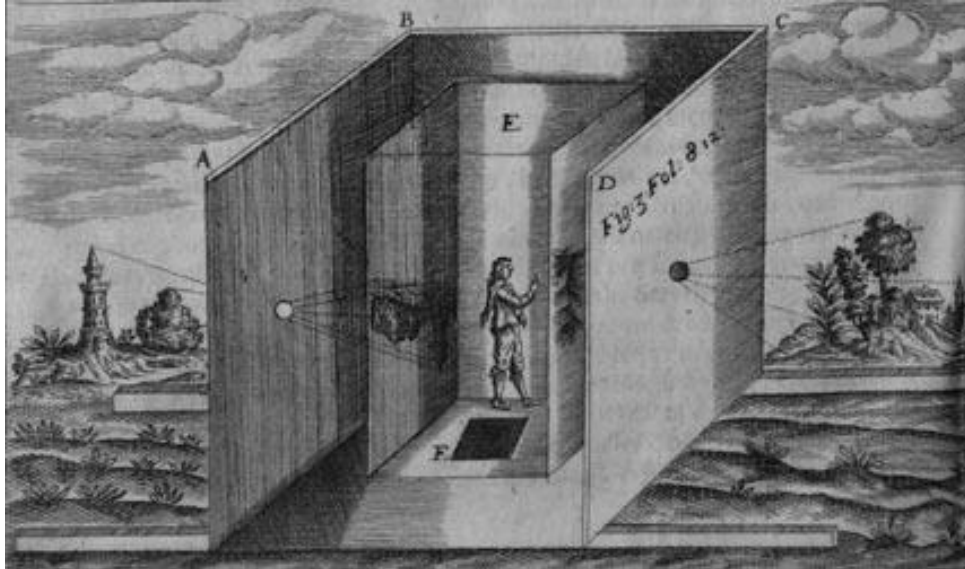
Yaklaşık 350 yıl kadar sonra 1000’li yıllarda İbni Heysem (965-1038) mum ışıkları ile yaptığı deneylerde karanlık oda mantığını yansıtan tanımlamalar yapmıştır (Lindberg, 1968: 154). Daha sonraları karanlık çağdan aydınlanma çağına geçiş dönemi olan Rönesans’ta, eski eserler Arapçadan ve diğer dillerden çevrilerek bilim ve sanatta büyük adımlar atılmaya başlamıştır. Bu dönemde ressamalar da gerçekliği yansıtmanın kolaylıklarını aramışlar resimlerinde perspektif etkiyi yakalamak için önceden beri gelen Camera Obscura’yı geliştirme yönünde teknik araştırmalar yapmışlardır. 1420’lerde heykeltıraş mimar ve matematikçi Filippo Brunelleschi (1377-1446), karanlık oda içerisine yansıyan görüntünün yüzey üzerine çizimini gerçekleştirerek perspektifi yakalamaya çalışmış ve 1423’te Gentile De Fabriano (1370-1427), karanlık odayı kullanarak derinlik etkisi veren gerçekçi resimler yapmıştır (Özdal, 1997: 10). Rönesans’ın ünlü ressamalarında Leonardo Da Vinci (1452-1519) Camera Obscura üzerinde çizimler denemiş ve çeşitli tasarımlar geliştirmiştir (Symonds, 1901: 30). Bu tasarımlarından bahseden Leonardo bir yazısında şunları kaleme almıştır:

“Oldukça karanlık bir odanın duvarına açılan küçük bir delikten giren aydınlatılmış objelerin görüntüleri, delikten biraz uzak mesafeye (karşı duvara) konan beyaz bir kağıt üzerine düşer. Ve bizler bütün objeleri doğru formda

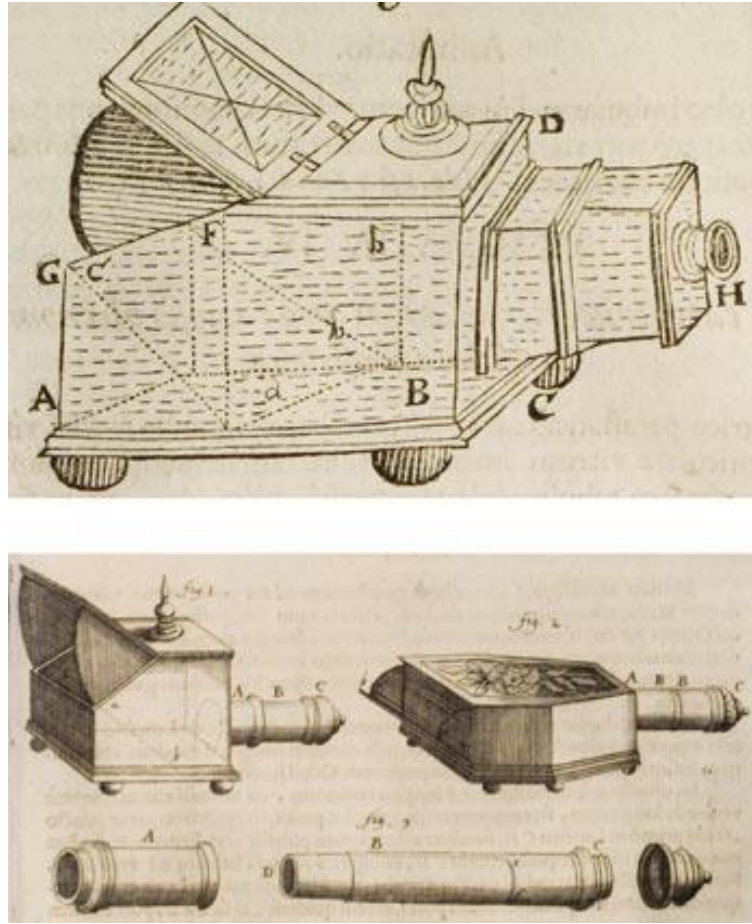
kağıdın üzerinde görebiliriz. Onlar ışınların kesişmesinden dolayı dışarıdaki görüntünün tersi görünümünde olacaktır” (Tüfekçi, 2001: 49).

Burada Leonardo Camera Obscura’yı en açıklayıcı şekilde anlatmıştır. 1550’lerde Milanolu Girolama Cardano (1501-1576) Camera Obscura’nın ışık giren deliğine bir dış bükey mercek eklemiş ve böylece daha net görüntüler almaya başlamıştır. Daha sonra 1636 yılında Daniele Barbaro (1514-1570) ilk diyafram denemesini gerçekleştirmiştir. Bunu ise farklı boyutlarda deliklerden oluşan bir sürgü kullanarak yapmıştır. Camera Obscura’nın önüne ikinci bir dış bükey mercek kullanarak görüntü kalitesinin artmasını sağlamıştır.

17. Yüzyılın ortalarında Constantin Huygens (1596-1687) ve Athanasius Kircher (1601-1680) karanlık oda yöntemini baz alarak taşınabilir Camera Obscura’lar geliştirdiler (Bkz. Çizim 1). 1651’de astronom ve fizikçi Johan Kepler (1571-1630) günümüzde de sıkça kullandığımız ayna sistemini ekleyerek optik sistemi başarıyla uygulamıştır. 1657’de Kaspar Schott (1607-1680) yeterince küçültülen Camera Obscurayı (Bkz. Çizim 2) siyah bir çarşafı örtterek kullanılmaya başlanmasına öncülük etmiştir. (Durbin, 1989: 6971).



Çizim -1 Thanasius Kircher'in Taşınabilir Karanlık Oda Modeli Tasviri, (1646).



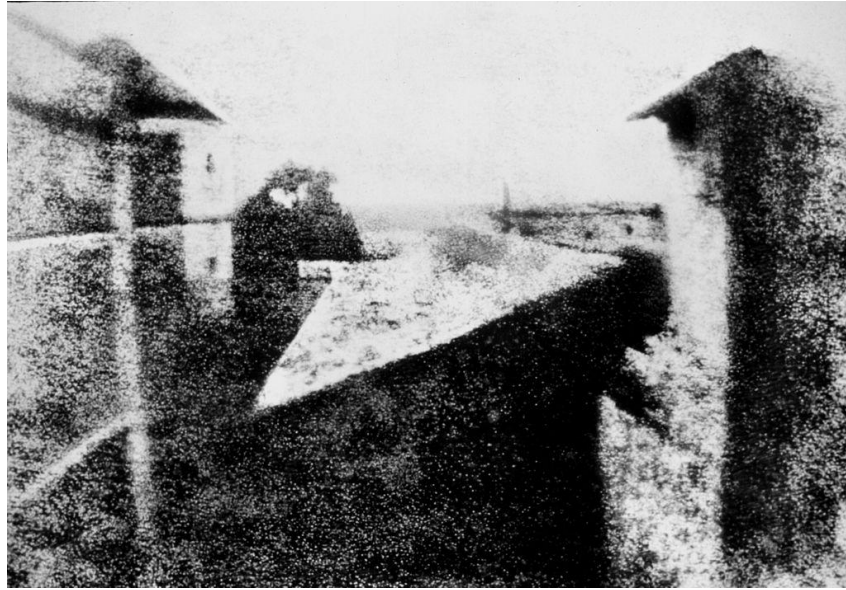
Çizim -2 J. Zahn Oculus' a Ait Küçültülmüş Kamera Obscura Modeli, (1669).

1614' de İtalyan fizikçi Angelo Sala'da (1576-1637) gümüş tuzlarının ışıktan dolayı karardığının farkında olmadan gözlemlemiş, fakat bu olayı teoriye dönüştürememiştir. 1725'te Alman kimyacı, düşünür ve anatomi profesörü Heinrich Schulze (1687-1744) bu kararmaya neden olan şeyin ışık olduğunu belirtir ve deneyler yapar. Gümüş nitrat içeren sıvıyı sürdüğü kabartmalı objelerde ışıkla görüntü oluşturmayı başarır fakat bu deneyi kağıt üzerinde gerçekleştirdiğine dair bir bulgu yoktur. 1777'de İsveçli kimyacı Carl Wilhelm'de (1742-1786) görüntü oluşturmayı denemiş hatta sonuca yaklaşmış fakat başarılı olamamıştır. Fakat 19. Yüzyılın ilk yıllarında Thomas Wedgwood (1771-1805) ve Humphry Davy (1778-1829) Schulze'nin yönteminden yola çıkarak, Camera Obscurayı'da kullanarak bir deney

gerçekleştirmişlerdir ve ilk fotoğrafik görüntüyü elde etmişlerdir. Fakat oluşan görüntüyü sabitleyemedikleri için keşfin sahipleri olamamışlardır (Akdeniz,1990 :1).

1819’da İngiliz kimyager Sir John Frederick William Herschel (1792 -1871) sodyum hiposülfitin gümüş tuzlarındaki kararma sürecini durdurduğunu keşif etmiştir (Turan, vd. 2012: 23). Böylece fotoğrafın varlığı, korunabilirliği kanıtlanmış oldu.

Işığa duyarlı bir yüzey, ışığı kontrollü bir şekilde iç yapısına aktarabilen bir kutu sanayi devriminin en üst seviyeye çıktığı bu 1800’lerin en ilginç en gözde ve en ilgi çekici makinesi artık beklenen sonuçları vermeyi başarmıştır. Tarih boyu pek çok bilim adamı düşünürün kafa yorduğu büyük zahmetlerle gelişimine katkıda bulundukları fotoğraf artık kilit noktaları tamamlanarak oluşturulmuş ve üretilmeye başlamıştır. 1826 yılında Fransız mucit Joseph Nicéphore Niépce (1765-1833) ve oğlu İsidore (1795-1868) ile 1816’da çeşitli kimyasal maddeleri kullanarak görüntüyü metal bir levha üzerine taşımayı başarmıştır. Yaklaşık 10 yıl sonra, 1826’da “yudabitümi” sürülü kurşun-kalay alaşımlı bir levhaya Camera Obscura yöntemiyle yaklaşık 8 saat süren bir pozlama sonucunda ilk fotoğrafik görüntü olan ve adına “heliografi” (güneş yazısı) dediği görüntüyü elde etmiş ve bu buluş ile ismini tarihe kazıyarak sonuçlandırmıştır. (Bkz. fotoğraf 1).



Fotoğraf -1 Joseph Nicéphore Niépce, Le Gras’ta Pencereden Bir Görünüm. (1826).

Ardından 1926 yılında Niepce hem sahne tasarımcısı hem de diorama göstericisi Louis- Jacques Mande Daguerre (1787-1851) ile birlikte çalışmaya başlamıştır. Bu çalışmaları görüntünün duyarlı yüzeyler üzerinde saptanmasında büyük başarılar sağlamışlardır. Zaten birlikte çalışmaya başladıkları zamana değin 1923 yıllarında Deguerre, Niepce'nin çalışmalarını temel alarak çeşitli yöntemler geliştirmeye çalışmıştır. Deguerre çalışmaları sırasında ilk pozitif görüntü elde etmeyide başarmıştır. 1833'te Niepce'in ölümü ile çalışmalarına yalnız devam eden Deguerre civa buharıyla yaptığı deneylerde buharın gümüş iyodür kaplı plaka üzerindeki etkilerini gözler. Daha sonra iyot üzerine çalışmalarını geliştirir ve "latent görüntü" denilen gizli görüntüyü oluşturur ve iyotun ısıtıldığında verdiği tepkilerden yararlanarak bugünde geliştirme işlemi dediğimiz kimyasal süreci dener ve gizli görüntüyü görülebilir hale yani pozitif hale getirir. 1838'de modern anlamdaki ilk fotoğraf kayıt örneği sayılabilecek Daguerreotype'i yapmıştır. Deguerreotype görüntüleri kaliteli, incelikli ve keskin olmuştur, bu özellikleri nedeniyle büyük ilgiyle karşılanmıştır (Bkz. fotoğraf -2).



Fotoğraf -2 Louise Mande Daguerre, "Deguerreotype", (1844).

7 Ocak 1839 yılında Fransız fizikçi François Jean Dominique Arago'ya (1786-1853) çalışmasından bahsetmiştir. Arago Fransız Bilimler Akademisindeki bir toplantıda şu cümlelerle buluştan bahsetmiştir. “sayın baylar, doğa ışık aracılığı ile bir yüzeyin üzerine geçirildi” sözleri ile açıklamıştır (Özdal, 1997: 11-12).

Duyurunun ardında camera obscura kullanımı ile ilgili bilgilerden oluşan kitapçıklar basılmış, buluş Avrupa ve Amerika da çok büyük ilgiyle karşılanmış ve bu yönetime ilgi duyanlar camera obscura edinip çevrelerini görüntülemeye başlamışlardır.

Bu dönemde “Fotoğraf” kelimesi ilk olarak Alman Astronom Johann Heinrich von Mädler (1794-1874) tarafından 1839 yılında “Vossische Zeitung” dergisinde yayınlanan bir makalede kullanılmıştır (Yunancadan gelen fotos ve graf kelimelerini birleştirmiştir). Daha sonra 14 Mart 1839’da “fotoğraf sanatı üzerine” adlı yazısında İngiliz astronom Sir John Frederick William Herschel (1792-1871) tarafından kaleme alınmıştır.

Fotoğrafın ilanından kısa süre sonra mucit William Henry Fox Talbot (1800-1877) tarafından günümüzde de sıkça kullandığımız yöntem olan kağıt üzerine, negatiften pozitif görüntü aktarma yöntemleri geliştirilmiştir ve 1840’ta calotype²’ı tanıtmıştır (Fotoğraf -3). “Hoş, güzel etki” anlamına gelen calotype, deguerreotype kadar güzel görüntü verememiştir, kalemle çizilmiş havası sebebiyle daha çok sanatçılar tarafından tercih edilmiştir. Talbot aynı yıl içerisinde “doğanın kalemi” adlı ilk fotoğraf albümü yayınlamıştır (Robinson, 2007: 9).

2 -Calotype: kağıt yüzey üzerine baskı alma tekniği.



Fotoğraf -3 William Henry FoxTalbot "Calotype", (1864).

Gezici fotoğrafçılar keskin görüntü elde ettiği için daha çok deguerreotype tercih etmişlerdir. Bu fotoğrafçılar dünyanın dört bir yanına dağılarak Amerika'ya Afrika'ya Orta Doğu'ya yolculuklar etmişler, gittikleri yerlerin görüntülerini toparlayıp yayınlanan haftalık dergilerde yayınlamışlardır.

Deguerreotypeler ve calotypeler ressamlar içinde büyük ilham kaynağı olmuş ve çalışmalarını bu taypler üzerinden aktararak yapmışlardır. Perspektif, oran, orantı gibi unsurlara daha çok vakıf olabilmışlerdir. Özellikle emprestyonist ressamlar (her ne kadar bir kısmı karşı çıksa da) büyük bir bölümü zamanı durdurma özeliğinden dolayı fotoğrafı kullanarak çalışmalarının doğruluk payını artırmışlardır. Örneğin ilk olarak Jean Auguste Dominique İngres (1780-1867) 1840'tan sonra fotoğrafı kullanmaya

başlamıştır. Dominique İngres'in fotoğrafı resimlerinde kullanması çalışma tarzını etkilemiş ve fotoğrafı kullanarak resimler yapan ilk ressam olarak nitelendirilmiştir.

1841 yılında ahşap kameralar yerine metal ve daha hafif kameralar geliştirilmiş ve yaklaşık 10 yıl kadar sonra körüklü fotoğraf makineleri yapılmıştır.

Bu süreçte fotoğrafta ilkler uygulanmaya başlanmış Arago tarafından ilk ay fotoğrafı çekilmiştir. 1847'de stüdyo fotoğrafçısı kalfası Thomas Easterly (1809 –1882) ilk yıldırım fotoğrafını çekmiştir ve yıldırımın doğası üzerine yapılan araştırmalar için büyük görsel kaynak sağlamıştır. 1858'de Henry Peach Robinson(1830 -1901) montajı denemiştir bu yöntemi farklı negatifleri üst üste yerleştirerek sandviç baskı yaparak tek fotoğraf elde etmiştir. Önemli çalışmalarından birisi olan “Fading Away” (Solup Gidiş) (Bkz. Fotoğraf-4) adlı bu fotoğrafta verem hastalığına yakalanan genç bir kızın dramı anlatılmıştır. (Leggat, 1995, 200-201)



Fotoğraf -4 Henry Peach Robinson, “FadingAway” (Solup Gidiş), 1858.

1860'lara gelindiğinde fotoğraf makinesi daha teknolojik yapıya sahip olmaya başlamış ve “single reflex” fotoğraf makineleri üretilmeye başlanmıştır. İlk renkli fotoğraf 1862'de fizikçi ve matematikçi James Clerk Maxwell (1831-1879) tarafından renkli filtreler (kırmızı, sarı, mavi) kullanılarak çekilmiştir (Hannavy, 2008 :318). Yine bu yıllarda, ıslak fotoğraf plakası ile çalışma yöntemleri yerine kuru baskı çalışmaları denenmiş ve İngiliz fizikçi ve fotoğrafçı Richard Leach Maddox (1816-1902) kolodyum yerine jelatin, iyot yerinde gümüş bromür kullanarak, bu günde kullandığımız kuru fotoğraf yöntemini geliştirmiştir (Harrison, 1887, 61-62-63) Bu yöntemin ardından George Eastman Kodak markası altında 100 karelik kuru emisyonlu film içeren bir portatif makine piyasaya sürmüştür. Renkli film üzerine yapılan çalışmalar 1880'ler itibariyle hızlanmış ve ortokromatik renk kullanımından pankromatik renk kullanılmaya başlanmıştır. Yaklaşık 1900'lere kadar fotoğraf makinesi küçültülmüş örtücüler eklenmiş, daha kaliteli objektifler üretilerek görüntülerdeki bozulmalar aza indirilmiştir. Şeffaf makara film kullanılmaya başlamıştır. Fotoğraf makinelerinde barutla çalışan flaşlar ilk bu yıllarda kullanılmaya başlanmıştır. İlk 35mm'lik filmlerde bu yıllarda kullanılmaya başlanmıştır (1913). 1907'de Lumière kardeşler tarafından ilk renkli film geliştirilmiştir.

1896 da fotoğraf tarihinde en ilginç görüntü alma yöntemi gerçekleştirilmiştir. Alman fizikçi Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923) x-ışını kullanarak bedenin iç yapılarını görüntüleyebilen bir yöntem geliştirmiştir. Ve ilk fizik Nobel Ödülünü almaya hak kazanmıştır.

Elektronik aletlerin üretiminden fotoğraf teknolojisi de nasibini almış ve 1950lerden sonra elektronik tabanlı flaşlar geliştirilmiş ve ilk ışık ölçerler üretilerek kullanıma sunulmuştur. 1960'ta makinenin içerisine elektrik motoru yerleştirilerek fotoğraf filminin sarımı kolaylaşmıştır. Elektronikte birlikte hızla gelişen fotoğrafın izlediği tarihsel yol Doç. Dr. Feyyaz Bodur'un editörlüğünde yayınlanan fotoğraf tarihi kitabında şöyle belirtilmiştir:

“Elektronğin etkisi ile dijital çağ fotoğrafın daha kolay kullanılabilir hale getirdi ve söz konusu ilerlemeler, mekanik ve elektronik medya çağını müjdeliyordu. Bilgisayarların en gerçek fotoğrafik renk çözünürlüğüne ve çoğaltmaya ulaşabilmeleri ise 24-bit rengin piyasaya sürülmesiyle hayata geçti. ‘Adobe’ kısa süre içerisinde resim yaratma ve işlemede bir endüstri standardına dönüşen ‘Photoshop³’ yazılımını tanıttı. New York’ta Görsel Sanatlar Okulu’nda, fotoğraf alanında Güzel Sanatlar Yüksek Lisans Programı açıldı. 1986 yılında Kodak mühendisleri dünyanın ilk mega piksel sensörünü geliştirdi. 1991 yılında da 1.3 Megapiksel çözünürlüklü ilk profesyonel dijital fotoğraf makinesi piyasaya sürüldü. 1992’de ‘WorldWideWeb’in yolunu hazırlayan ‘HyperTextMarkupLanguage’ (HTML) geliştirildi. 2000 yılında 1 GhZ’ye ulaşan işlemci hızı, 2001’de DVD kaydedebilen bilgisayarlar, 2002’de fotoğraf çeken cep telefonları, dizüstü bilgisayarların masaüstü bilgisayarlar kadar hızlanması ile peşi sıra gelen yenilikleri oluşturmuştur” (Bodur, 2012: 161).

Günümüzde sayısal teknoloji’den yararlanılarak fotoğrafik ürünler oluşturulabilmiş ve efektif yöntemlerle görüntü üzerinde değişiklikler sağlanmıştır.

2000’li yıllardan sonra film kullanan bazı fotoğraf makinelerinin üretimi tamamen durduruldu ve saniyede 30 ila 60 kare çekebilen fotoğraf makineleri üretildi. Dijital fotoğraf makinesinin ilk üretimi Casio tarafından 2005 yılında gerçekleştirilmiştir. Günümüzde tamamen dijital çağa geçen fotoğraf çalışmaları 60 milyon megapikselli görüntü teknolojisini aşmış durumdadır. Fakat filmin yapısından kaynaklanan doğallık etkisinin tamamen hissettirip hissettirmedığı tartışılmaktadır.

3-Fotoğraf düzenleme programı. Adobe tarafından 1990’da yayınlanmıştır.



Fotoğraf -5 SLR (Single Lens Reflex) Fotoğraf Makinesi. (2012).

Fotoğrafın gelişimi teknoloji ile doğru orantılıdır. Rönesans'ta Camera Obscura ve gümüş tuzları üzerine yapılan teknik çalışmalar, ardından sanayi devriminin yapılmasıyla büyük hız kazanmış ve her geçen gün yeni bir özellik eklenerek fotoğraf, günümüz şekline kavuşmuş ve büyük bir ticari sektör, sanatsal faaliyet ve bilimsel bir araç haline gelmiştir.

1.2- Fotoğraf ve Işık

1.2.1- Işık Nedir?

Evrenin en gizemli varlıklarından biri ışıktır. Bilimden sanata pek birçok alanın özel olarak üzerinde durup aydınlatmaya çalıştığı doğa olaylarından biridir. Onu gizemli yapan olay ise nesneyi görünür kılarken kendisinin görülemeyecek kadar küçük ve hızlı olmasıdır. Fizikçiler ve optikçiler ışığın evrensel bir bilmece olduğunu düşünerek 'ışık bilmececi' terimini kullanmışlardır (Topdemir, 2007: x1). Bilim tarihçisi Hüseyin Gazi Topdemir (1965) bu durumu şöyle açıklamaktadır. "Gerek klasik gerekse kuantum kuramı açısından bakıldığında en iyi bilinen konu olmasına karşın yine de ışığın niteliği bugün içinde kendisini büyük ölçüde bir giz olarak korumaktadır" (Topdemir, 2007: x11).

İnsan kuşakları boyunca ışık adına çok fazla yöntem, teknik ve kuramlar geliştirilmiştir. Fakat yazınsal sürecin başlamasının ardından özellikle ilk dönemlerde ışığın kaynağı ve görmenin nasıl oluştuğu gibi problemlerin incelenmesi ağırlık kazanmışken, 16.yy.'dan itibaren ise ışığın niteliği problemi üzerinde durulmaya başlanmıştır.

Görme olayı, ışık ve ışığa bağlı kırılma yansıma gibi temel fizik bilimlerinin bütünü ile optik (menazır) bilimi ilgilenir. Böylece denilebilir ki optik üzerine yapılan çalışmalar çok eski dönemlere kadar inmektedir. Günümüzden 2500 yıl öncesine kadar geçen bu süreçte görmenin bilimi ve görüntünün oluşum kanunlarını araştırıyordu. 15.-16. yy. teknolojik uyanışın yaşanmaya başladığı batı medeniyetlerinde eskinin bilim ve felsefesine kafa yoran bilim insanları ışığın doğasına ilişkin açıklayıcı çalışmalar yapmışlardı. 19. yy. a gelinceye kadar pek birçok bilimsel disiplinle ilişik içinde gelişen ışık bilimi (optik) devrin kudretli bilim adamı Newton (1643-1727) tarafından bile tam olarak anlaşılamamıştır.

Mitolojik öykülerde ve kutsal kitaplarda da ışığın niteliğine değinilmiştir. En eski dinlerden sayılan Mani dini söylemlerinde tanrının bir nur (ışık) olduğu ve bütün dünyevi güzelliklerin bu nurdan yayıldığı görünür kılındığı belirtilmiştir. “Yer yaratıldı, gök yaratıldı ve ardından yerlerin ve göklerin nuru ışık yaratıldı, dördüncü güne de güneş yaratıldı”(Tevrat, tekvin Bab 1-16) ışık yaratılmadan önce yerin ıssız ve boş olduğu ışıkla birlikte bir şekil ve şema kazandığı bu Tevrat ayetlerinde belirtilmiştir. Son kutsal kitap olan Kuran’da da mani dini söylemine benzer bir anlatımla ‘Allah yerlerin ve göklerin nuru ışığıdır’ (Kur-an, 2002: 5) denilmektedir. Aydınlatıcı ışığın karanlığın karşısında varlığı, gözler önüne seren olumlama olduğu mistik kelimelerde, metafizik öğelerle de belirtilmiştir. Mağaradan çıkan insan diyalogunda Platon;

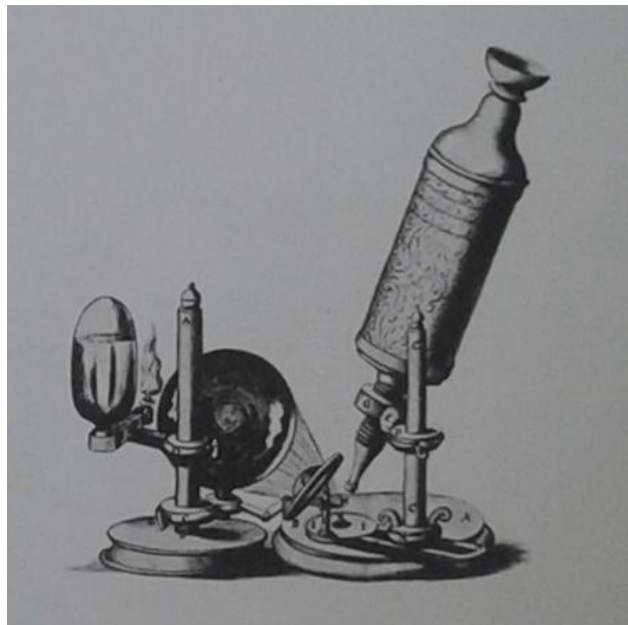
“Uyanışın ardından insan mağarası içinde önce suya yansıyan yüzünü tanır, ardından çevresini, içinde bulunduğu mağarayı tanır, daha sonra ışığı izlediği yoldan ulaştığı dış dünyayı tanır, daha sonra da gözlerini yukarı kaldırıp güneş’ten önce yıldızları, ayı ve gökyüzünü seyreder. Sabahın haşmetli uyanışı ile de güneşi tanır. Sabahın gelişiyle artık nesneleri tüm varlığıyla görür!

Yansılarını değil. Bedenleri görür... Ve orada anlar ki her şeyi mevsimleri, yılları yapan güneştir. Her şeyi güneş düzenler. Mağarada onun ve arkadaşlarının gördüğü her şeyi asıl görünür kılan güneştir”(Platon, 1988, 516-517).

Platon, ışık güneş ve iyi ideası arasındaki bağıntıyı yansıttığı bu diyalogunda Tevrat'taki ayete benzer bir tanımlama içerisine girmiştir. Platona göre güneş iyi ideasıdır. Görünen dünya onun ışığıyla aydınlanır, bütün güzellikler onun sihrindedir. Platon ışığın sadece varlığı üzerine söylemlerde bulunmuş ve ışığın gözden çıktığını ve böylelikle nesnelerin algılanabildiğini söylemiştir. Alcmeon'da benzer düşüncenin savunuculuğunu yapmış ve intraocular (gözişin) kuramını ortaya koymuştur. Bu kurama karşılık dönemin atomcu görüşüne karşı olan Leucippus ve Demokritos'da (M.Ö.460) görmeyi, ışık kaynağından gelen ışığın nesneye gelmesi ve nesnenin kendi şeklini taşıyan sürekli bir yayılım ile göze çarpması sonucu oluşur denilmiştir. 'Nesneışın' kuramı Antik Yunan tarihinde optik adına kurulmuş en önemli kuramlardan biridir. Çünkü günümüz görme olayının açıklandığı temel gerçekte bu tanımlama üzerine kuruludur.

Işık ile ilgili bugünkü modern anlayışımıza Isaac Newton ile ulaşılmış bulunmaktayız. Rönesans sonrası aydınlanmış batı medeniyetlerinde geliştirilen bilim, ışığın karanlıklardan aydınlığa kavuşturulmasının en temel dönemi olmuştur. Newton'un yaptığı prizma deneyleri ışığın niteliğine dair çok mühim açıklamalar getirmiştir. Fakat en temel açıklamalar atomun yapısının kavranmasının ardından ulaşılabilmiştir. Madde enerjiye karşı koymaya devam ettikten bir süre sonra ısı yaymaya başlar ve sonrasında maddeyi oluşturan elektronlar yeterli enerjiye sahip olduklarında bağlı oldukları atom'un yörüngesinden kaçacak gücü bulurlar. Elektronlar yörüngelerinden koparken ortaya bir enerji boşalması çıkar buda bizim algılarımızda ışık olarak nitelenir. Parçacık boyutunda açıklanan ışığın dalgalar halinde mi yoksa parçacık halinde mi yayıldığını kesin olarak söyleyemiyoruz bu sebeple hangi durum uygun görülürse o boyutta değerlendirmeye alınmaktadır. 19 yüzyılın özellikle son çeyreğinde Maxwell'in elektromanyetik dalgaların boşlukta ışık hızına yakın hareket ettiklerini belirlemesi ve bu dalgaların varlığının deneysel olarak Heinrich Hertz (1857-

1894) tarafından doğrulanması yüz yılın sonuna doğru dalga modelinin etkinliğini daha da artırmıştır. (Dinçer, Yalçın, 2002, 89). Daha sonraları fotoelektrik etkinin keşfedilmesi ile tekrar ışığın parçacık modeline dönülmesi ilk defa ışık üzerine bir belirsizliğin oluşmasına sebep oldu. Belirsizliğin sebep olduğu bu kriz kuantum kuramı⁴ ile ve özellikle Einstein'ın (1879-1955) konuya zekice yaklaşımı ile çözüme kavuşturulmuştur. Newton'un çağdaşlarından Robert Hooke'un (1635-1705) ışığın doğasını saptamak için kullandığı cihazlar aşağıdaki gravürlerde verilmiştir (Bkz. Çizim-3), (Bixby, 1999:134).



Çizim-3: Robert Hook “Mikroskop” (1670).

Newton'a göre ışık kaynaktan tanecikler olarak çıkmakta ve doğrular halinde yayılmaktadır (Dinçer, Yalçın, 2002:89). Buna göre ışık kütlesi mutlak derecede düşük ve genel gravite⁵den etkilenmeyen, boşlukta ve atmosferde bir doğru halinde ilerleyebilir. Bu sayede de aydınlanma yansıma ve kırılma gibi kavramlar açıklanabilmekteydi. 17. yy. da Huygenz yansıma ve kırılma olayının dalga modeli ile

4- Max Planck'ın 20. Yüzyıl fiziğine getirdiği yeniliktir. Latince “kuanta”, “miktar” anlamındadır. Maddenin enerji paketçiklerinden oluştuğunu ileri süren bir teoridir.

5 -Yerçekimi. Dünyanın merkezinin uyguladığı klasik mekanik çekim yasası.

açıklanabileceğini kanıtlamasının ardından Clerk Maxwell tarafından daha ileriye götürüldü. Maxwell kaynaktan yayılan ışık dalgalarının elektro manyetik dalga olduğunu teorik olarak göstermesi ile birlikte (1864) Heinrich Hertz'in deneyleri de Maxwell'in teorisini kanıtladı (Dinçer, Yalçın, 2002: 89).

Modern dönem optik kuramları ışığı temelde iki kuramda açıklar: parçacık ve dalga.

“*The Opticks*” kitabında Newton ışığın çok küçük parçalardan oluştuğunu söylemiştir (Newton, 1704: 2) fakat çağdaşlarından Huygens ışığın yayılımının dalga fonksiyonu ile yayıldığını öne sürmüştür ve hatta bugün bile kullanılmakta olan Huygens prensibi kullanılmaya devam etmektedir. Dalga teorisinin yapılan deneylerde daha etkili kanıtlara sahip olduğu görülmüştür.

İlk olarak Maria Grimaldi ve Hooke 1672⁶ (Wang, 2011: 54-55) tarafından öne sürülmüştür. Hooke yaptığı yansıtıcı teleskop ile ışığın köşelerden dönebildiğini fark etmiş ve ışığın dalga halinde yayıldığı sonucuna varmıştır (Bolles , 2011:203). Dalga teorisi daha sonra değineceğim elektromanyetik spektrumun temel ögesidir. Parçacık teorisine nazaran daha etkili kanıtları vardır. Işık ışınları ister alev topu bir gezegenden gelsin, ister bir metal yüzeyden (foto elektrik)⁷ koparılsın, isterse radyo aktif bir elementin çekirdeğindeki tepkimeden kaynaklansın süreklilik halinde bir dalga hareketi ile ilerler. Kısaca dalga modeli kaynağından çıkan bir fotonun dalga hareketi ile içerisindeki enerjiyi taşıması olayıdır.

1.2.2- Işığın Algılanması:

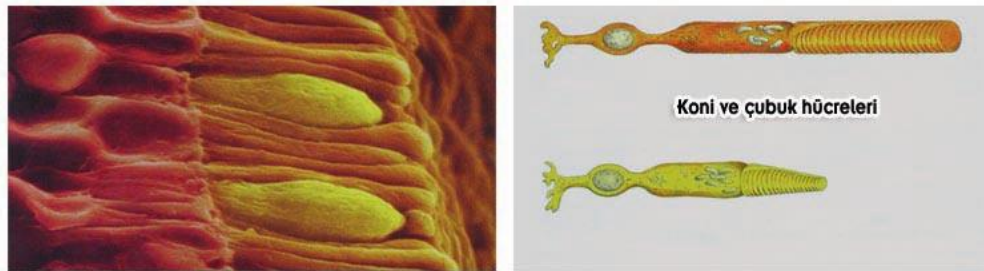
Canlıların gerek besin, gerekse yaşamsal faaliyetlerinin büyük bir kısmını sağlayabilmeleri için ışığa ihtiyaçları vardır. İnsanlarda ve hayvanlarda göz organı ile

6- Biyolog ve doğa filozofu olan Robert Hooke 1672’de ışın dalga yasasına uygun hareket ettiğini keşif etmiştir.

7 -Fotoelektrik etki olarak 1888 de gözlemlendi. 1905’te Einstein tek dalga boyulu ışınla ısınlanan metalden enerji yüklenerek ayrılan ışınlarla denir.

sağlanan bu işlem bitkilerde yapraklar aracılığıyla sağlanmaktadır. Fakat bitkiler ışığı fotosentez için kullanırlar.

Gözün görme olayı şöyle gerçekleşir: Göze retinadan kırılarak geçen ışınlar sarı leke üzerine ters olarak düşer, (kaşığın iç yüzeyi gibi) burada yer alan çubuk ve koni (Bkz. Resim -1) hücreleri tarafından algılanan ışınlar elektrik sinyallerine dönüştürülüp beynin oksipital⁸ bölgesine iletilir ve bu lobda bakılan nesnenin görüntüsü oluşur ve görme gerçekleşir. İnsan retinasının merkezi koni hücrelerinden çevresi ise koni-çubuk hücrelerinden oluşur (Tanalp, 1972: 106-123) bu sebeple gece görüşlerimiz avcı tür hayvanlara nazaran çok daha düşüktür. Gece görüşü yüksek olan hayvanlar da, özellikle köpeklerde ve kurtlar da merkez koni hücrelerinden ve çubuk hücrelerinden oluşur, koni hücreleri çubuk hücrelerine nazaran daha azdır bu sebeple renk görüşü daha zayıftır fakat çubuk hücreler hareketin çok iyi algılanmasına sebep olurlar. Köpek ve kurtlardaki retina bizim retina merkezimize oranla biraz daha büyüktür. Bu sebeple geceleri bile daha canlı ve net görüntüleri algırlar. Normal ışıktaki bizim görebildiğimizden üç kat daha kaliteli bir görüşe sahiptirler. (Atasoy, Erdem, 2014: 33-34-35).



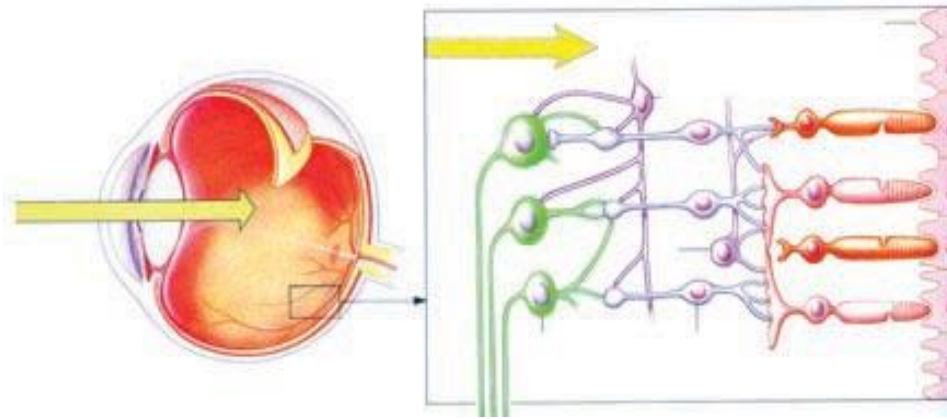
Resim -1 Gözün Koni ve Çubuk Hücreleri. (2006).

Gün içi ya da gece, görüş devam eder, çünkü göz yapısal olarak kendisini ışığın şiddetine göre ayarlar (Arnheim, 1974: 306). Örneğin çok belirgin olarak fark edilen kedilerin görme olayı bize bu farkı tüm gerçekliğiyle gösterir; gün ışığında ince bir çizgi

8- Oksipital lob elektrik sinyalleri şeklinde beyne iletilen görüntüleri algılayan bölüm.

olarak görülen mercek (pupil) gece en büyük seviyesine ulaşır. Görüşün bozulmaması için açılan mercek, daha fazla ışığın retina yüzeyindeki hücrelere daha kolay ulaşmasını sağlar.

Renk algısı, ışık şiddeti ve maddenin fiziksel özelliklerine göre değişiklik gösterir. Bu durum sürekli değişen büyük bir görsel şölenin oluşmasına sebep olur. Güneş bu çeşitliliğin temel sebebi sayılabilir. Eğer güneş aynı açıda sürekli tepemizde olacak olsaydı her şeyi belirli bir tonda görecektik ve farklılık sezemeyecektik. Neyse ki devinimsellik bu durumun oluşmasına engel olmaktadır.



Resim -2 Görme Olayı (2006).

Sabah güneşten eğik açıyla gelen ışık ışınları, akşam üzeri gün batımında da yine eğik açıyla batır. Fakat bu iki olay arasında büyük farklılık vardır, sabah güneşi genel olarak daha keskin daha canlı ve enerjisi bol ışınlarla aydınlatır, fakat akşam güneşi daha uzun dalga boylu kırmızıya yakın renk ısı ve enerjisi düşük bir şekilde batır. Tüm bunların oluşmasında su buharı dolu olan atmosferin çok büyük etkisi vardır. Ve bu etki renk çeşitliliğinin temel sebebidir. Bu çeşitlilik göz tarafından en net şekilde algılanır. Bu da gözün farklı dalga boyundaki ışıklara duyarlı olmasından kaynaklanır. Var olan renkler göz tarafından algılanır ve yaşamsal faaliyetlerimiz devam eder.

Görmeyi belirleyen etmenler tamamen perspektife ait etmenlerdir. Çünkü nesnenin görülebilirliğini etkileyen nedenler nesnenin kendisine ve uzamsal görüntüsüne bağlıdır.

Görüş açısı kişinin konumuna göre değişiklik göstermektedir. Görüş açısı ile birlikte renkte değişir. Tonlar nesneler bizden uzaklaştıkça soluklaşırlar ve soğuk tonlara dönüşürler. Bu algısal bir durumdur derinlik hissini yaratan bir unsurdur.

1.2.3- Işığın Özellikleri ve Işık Kaynakları

Işık fotoğrafın en temel gereksinimidir. Gümüş bromürü karartan aydınlık ortamlar ışık değerlerine türlerine renklerine göre farklı etkileşime sahiptir. Başta doğal ve yapay ışık olarak ikiye ayrılan aydınlatma araçları, daha derine inildiğinde flaşlar, şiddetli lambalar, fon ışıkları olarak çeşitlenmektedir. Doğada da tek bir ışık kaynağından söz etmek yerinde bir yaklaşım olmamaktadır. O süreç bir andır ve tekrarı mümkün olmayabilir. Fakat stüdyo ortamı kontrollü ışıkların, flaşların hazır bulunuşluklarından kaynaklı olarak tekrar edilebilme durumu mümkündür.

Işık nokta kaynaktan çıktığı gibi birçok kaynaktan da aynı anda yayınlanıyor olabilir. Güneş bir nokta kaynaktır. Nokta kaynaklı ışıklar sert görüntülerin elde edilmesine sebep olur. Keskin çizgiler sülietler meydana getirir. Dağınık ışık ise birçok kaynaktan aynı anda yayınlanır ve daha yumuşak görüntülerin oluşmasına sebep olur. Bulutlu bir gün dağınık ışığa bir örnektir.

Işık ışınları farklı ortamlardan geçerken kırılır dağılır emilir veya yansır. Bu gibi durumlarda filtreler devreye girer ve ışın kayıpları en aza indirilir.

1.2.3.1 Işığın Özellikleri

Işığın fiziksel olarak üç temel özelliği vardır bunlar; kırılma, yansıma ve emilmedir.

Kırılma, ışığın cam yada kompozit⁹ maddeden yapılmış saydam yüzeyden geçmesi olayıdır. Işık saydam yüzeyden geçerken renksiz olduğu için bir kısmı dağılır bir kısmı emilir ve bir kısmıda geçirilir. Fakat kırmızı bir filtre eklendiğinde sadece kırmızı rengi geçirir ve diğer renkler absorbe edilir. Buzlu camlardan ışığın bir kısmı geçer bir kısmı dağılır. Fakat yoğun ışık dağınık olan ışıktır. Saydam olmayan

9- Karma.

maddelerden ışık geçemez emilir ya da geriye yansır. Su ve hava gibi saydam yada yarı saydam maddeler ise içeriklerindeki yoğunluğa ve parçacıklara göre ışığın miktarını belirler. Örneğin soğuk günlerde gün batımlarında havada meydana gelen buz kristalleri ışığı yayılımını engelleyerek şiddetinin azalmasına sebep olmaktadır. Buz kristalcikleri gibi havadaki toz ve sis zerrelere de ışığın dağılmasına sebep olup havanın daha puslu ve yoğun olmasına sebep olmaktadır. Suda yine benzer sebeplerle geçirgenliği azalmakta ve dalga hareketi ve yüzey gerilimi ile optik olarak ışığın kırılmasına sebep olmaktadır. Su dolu bardağın içerisinde ki kaşığın şeklindeki görsel bozukluk sudan geçen ışınların geri yansımaları sırasında meydana gelen optik bir yanılsama olmaktadır.

Yansıma, örneğin reflektör yüzeyi, pürüzlü yapıda bir yansıtma aracıdır. Pürüzlü olduğu için ışığı dağınık yayar yapısı gereği çarpan ışınlar dağınık fakat yine tek bir odak noktasına ışığı yönlendirirler. Aynalarda da durum aynıdır fakat ayna yüzeyi pürüzsüz olduğu için ışık bozulmadan geriye yansıyabilmektedir. Su yüzeyi ve sıcak asfalt yüzeyi de yansıtmaya birer örnektir. Fakat suyun geçirgen yapısı yansımada ışık ışını kayıplarının fazla olmasına neden olmaktadır. Üç tür yansıma mevcuttur; bunlar doğrudan, dağınık ve yayık yansımalarıdır (Ryer, 1998: 13).

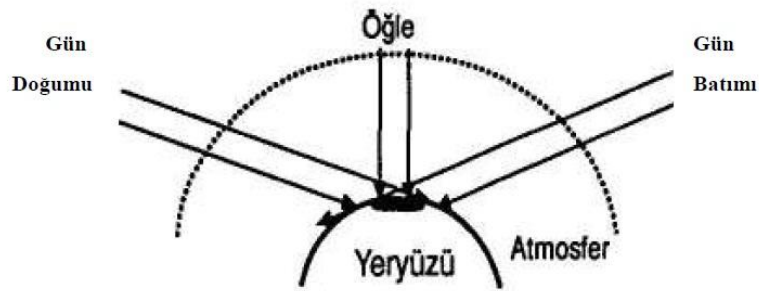
Emilme, saydam olmayan yüzeyler tarafından gerçekleşir. Maddeler belirli dalga boyuna sahip ışınların yansıttığı görüntüleri yansıtır. Kırmızı bir kâğıt dalga boyu kırmızıdan daha küçük olan ışınları yansıtmaz emer. Bu durumda ışığın şiddetine enerjisine göre biz rengi algılarız.

Işık fotoğrafı görünür kılar, fotoğraf yüzeyinde boya katmanı gibi boyut kazandıran öge bulunmadığı için ışık, derinlik kazandırmak için dışsal bir öge olarak kullanılamaz doğrudan aydınlatılır. Ayrıca ışık fotoğrafa duygu katar, anlatıma ve hikaye ye derinlik kazandırır. Yansıtılmak istenen duyguya en uygun ışık objeye yansıtılır ve korku, heyecan, hüznün, neşe gibi kavramlar doğru şekilde hissettirilir. Perspektif, doku ve biçim öğeleri ışık ile belirlenir. Işığın tonu, cinsi istenen veriye göre ayarlanır.

1.2.3.2- Işık Kaynakları

Işık kaynakları doğal ışık kaynakları ve yapay ışık kaynakları olarak ikiye ayrılmaktadır.

1.2.3.2.1Doğal Işık Kaynakları:



Şekil -1 Güneş Işınlarnın Günün Sabah, Öğle ve İkkindin Gelme Açısı. (2012).

En temel örnek güneştir. Nobel ödüllü astrofizikçi Bahcall' ın deyimiyle Güneş, enerjisini merkezinde meydana gelen termonükleer bombardıman zincirleri sonucunda meydana gelen yüksek enerjiden alır (Bahcall, 2001: 8). Güneş ışığı saydam fakat beyaz renktedir. Mordan kırmızıya yükselen dalga boyuna göre yedi çeşit renge ayırır. Biz onu ışık renkleri olan mavi kırmızı ve yeşilin kontrastlarıyla birlikte yedi farklı tonda algılarız. Güneşin ışığı günün farklı saatlerinde değişkenlik gösterir, sabah saatlerinde çekilen bir fotoğrafın ışığı öğle ve akşam saatlerinde çok farklı görünür. Bulutlu bir günde ise ışık doğrudan gelmediği için daha soft yaygın ışık görülmektedir. Aydan yansıyan ışık doğal bir ışık kaynağıdır. Ay bir ışık kaynağı olmadığı için yalnızca güneşten gelen ışınları bize yansıtır yani reflektör gibi davranır.

1.2.3.2.2- Yapay Işık Kaynakları

Katı, sıvı, gaz ve elektrik gibi potansiyel enerji kaynaklarının yakılarak elde edilen ışık cinsleridir. Bu ışık kaynaklarının kendi değişken değerleri vardır. Bunlar

renk yoğunlu renk ısısı ve ışık yoğunluğudur. Işığın akışı, kaynağın ışıyım gücüne ve göz duyarlılığına bağlıdır. Işık yoğunluğu bu şekilde formüle edilebilir;

$$I = \frac{\Phi}{A}$$

Şöyledir ki; **I** ışık şiddeti, **Φ** ile toplam ışık akısı **A** alan gösterilmiştir.

Renk ısısı; Renküzü (hue) bu dalga boyları tarafından belirlenir. Lambaların çoğu beyaz ışık yayar. Bu lambalar temel üç rengi yeşil, kırmızı, mavi ve diğer ara renkler olan cyan, magenta ve sarıyı yayarlar, bunlar genel ışık kaynaklarıdır. Her bir lamba, spektral yansıtıcı eğri¹⁰ adı verilen karakteristik bir dokuda dalga boyu çıkarır. Bu yansıtıcı eğim dalga boylarının aslını ve gücünü gösterir (Holtzschue, 2009: 22-23).

Fotoğraf için doğru renk ısısını tercih etmek önemlidir. Adını İngiliz fizikçi William Thomson Lord Kelvin'den (1824-1907) alan kelvinmetre renklerin sıcaklık değerlerini kızıl tondan buz mavisine kadar değişen renkler ile tanımlar. Fotoğrafçıların, videocuların ve astrofizikçilerin kullandığı bir tablodur. Var olan ışığın fiziksel yapısına bağlı olarak aydınlık seviyesini ve ısı etkisini ölçer (Smith, 2009: 1-7).

Renk Sıcaklığı	Işık Kaynağı
1800K	Mum, Gaz lambası
2000K	Çok erken gündeğümü; Düşük etkili tungsten lambalar
2200K	Kırmızı ışık lambalar
2500K	Normal ev ampulleri
3000K	Stüdyo ışıkları, Projektörler
3400K	Güneşin batışından bir saat sonra
3500K	Renksiz flaş ampulleri
4000K	Sabah ve akşamüzeri
5000K	Tipik gün ışığı; Elektronik flaşlar
5600K	Tam Beyaz gün ışığı
10,000	Açık mavi gökyüzü

Tablo-1 Renk ısısı Tablosu 1800K - 10.000K, (2012).

10 -Renk tayfının atmosfer koşullarına göre renk değişim eğrisi.

Ortalama 5000-6000 arası “gün ışığı” olarak kabul edilir. Sensörler ve filmler bu ısı değerine göre üretilmişlerdir. Derece olarak yüksek görülmesine rağmen gün ışığı mavi skala da yer aldığı için soğuktur. Stüdyolarda gün ışığı seviyesini yakalamak için flüoresan ışıklar geliştirilmiştir.

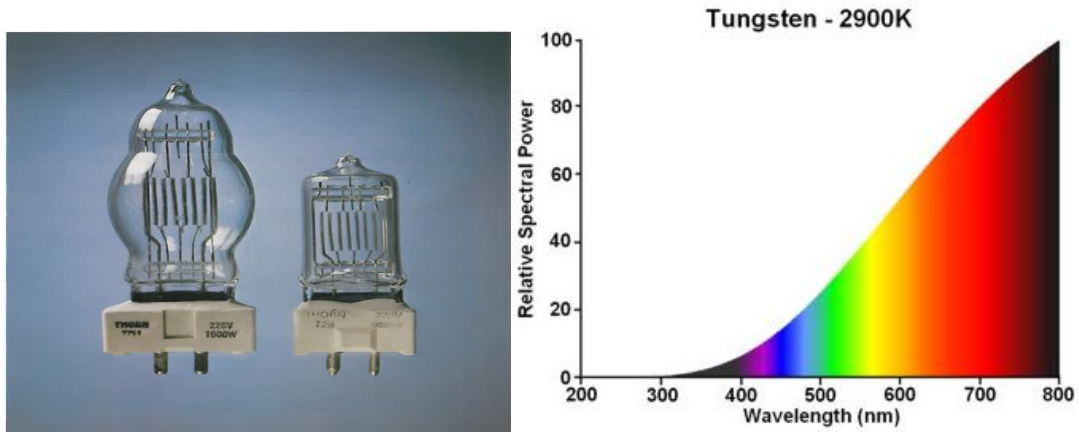
Mum ışığı (1850-1930K), bir fitilin üzerine erimiş balmumu, iç yağı, stearik asit veya parafin dökülüp genellikle silindir biçiminde dondurulan ince uzun aydınlatma aracı. Yaklaşık iki binyıllık geçmişi olduğuna dair kanıtlar vardır (Toparlı, 2005:1). Mum, kandela yada lümen fizikte aydınlatma ölçüsü olarak kullanılmaktadır.



Çizim- 4 Mum Işığı Tasviri (1913).

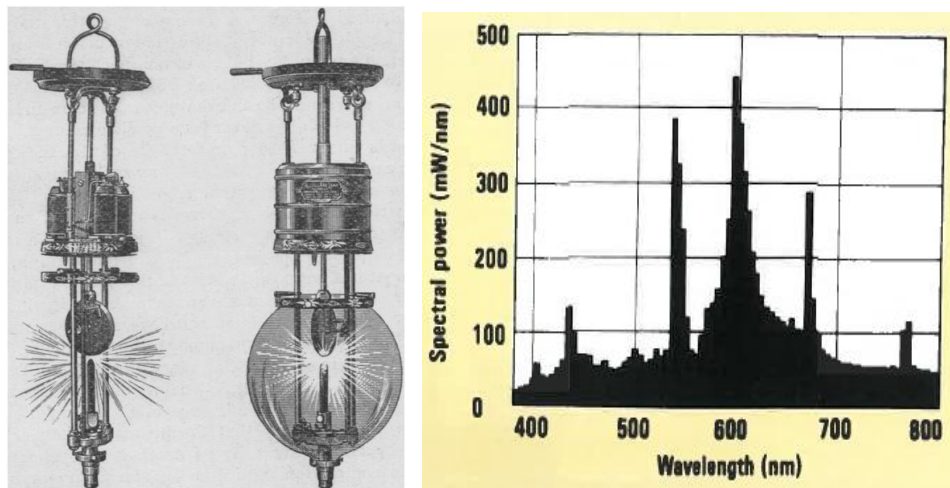
Gaz lambası (2000k), gemici feneri ya da gaz lambaları gaz yağının bir fitil aracılığı ile camdan fanus içinde yakılması ve ortamı aydınlatması ile sağlanan ışık türüdür. Fitol boyuna göre mumdan daha fazla ışık verir.

Tungsten halojen lamba : (3500k) görünür ve yakın UV’ de ışık yayarlar. Fitilli tungstene nazaran daha yüksek sıcaklıkta ışın yayar. Az miktarda iyot ve brom gibi halojen içerirler. Halojenler fitillilere nazaran daha yüksek basınç altında çalışırlar. Bu yüzden yoğun kalın cam içine yerleştirilerek çalıştırılırlar (Fotoğraf -6)



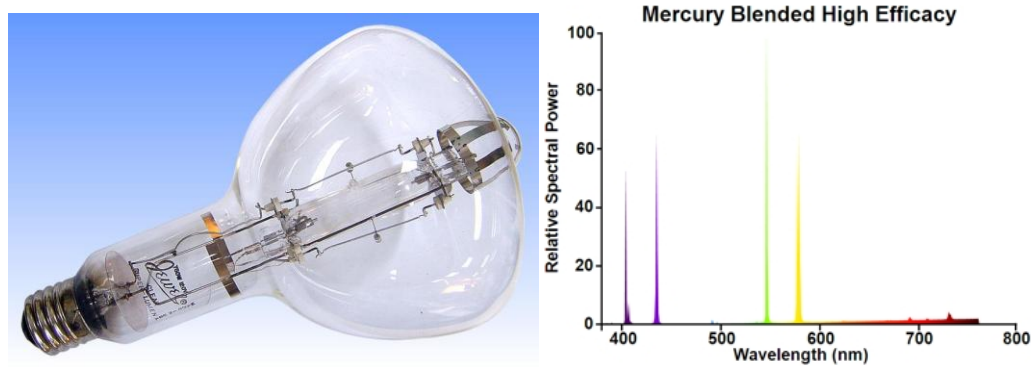
Fotoğraf -6 Tungsten Halojen Lamba ve Dalgaboyu (2015)

Ark lambaları, Ark ışığı aynı cıva buharı lambası gibi parlaktır. Aydınlatma aracı problemlerine bir çözüm önerisi olarak ortaya çıkmıştır. 1807’de Sir Humphry Davy (1778-1829) tarafından kullanılmıştır. Çalışma prensibi iki karbon elektrot arasından elektrik geçirilmesi ve bu karbon çubukların birbirlerine elektron gönderimi sırasında iyonize olmaları sonucunda beyaz ışık yayınlaması olayı ark lambalarının çalışma prensibidir. 1980’lerde sokak aydınlatmalarında kullanılmaya başlanmıştır. Yüksek aydınlatma seviyesi dolayısı ile dış mekân çekimlerinde kullanılmaktadırlar (Bkz. Çizim – 4).

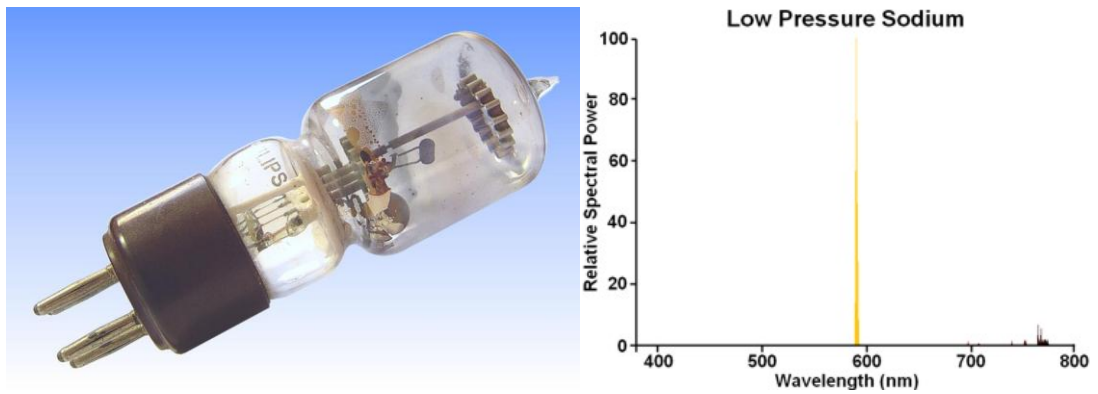


Çizim – 5 Ark Lambası ve Dalgaboyu, (1988).

Bu lambalar, basıncı düşürülmüş bazı gazların (sodyum buharı, cıva buharı) içinden elektrik akımı geçirilmesi halinde gazların ışık yaymaları ilkesine dayanır. Yayılan ışığın dalga boyu gazın özelliğine bağlıdır ve bu ışığın meydana gelişi “tınlaşım vibrasyonu” denilen bir fizik olayının sonucudur. Işık meydana gelmesi fitilli ve ark lambalarında olduğu gibi ısı ile birlikte olmayabilir. Bu tipin en çok karşılaşılan çeşitleri cıva buharlı ve sodyum buharlı lambalardır (Fotoğraf -7-8), (Taşkın, 2012: 21).

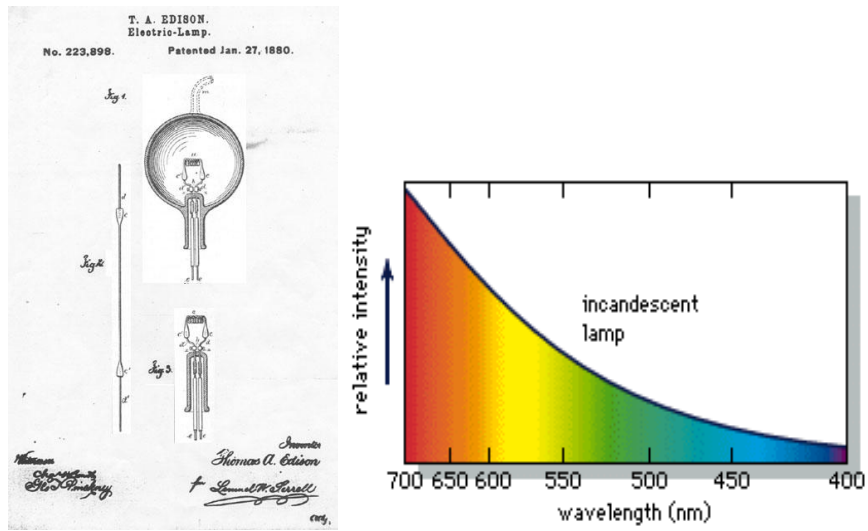


Fotoğraf -7 Cıva Buharı Lambası ve Dalgaboyu,(2015).



Fotoğraf -8 Sodyum Buharı Lambası ve Dalga Boyu, (2015).

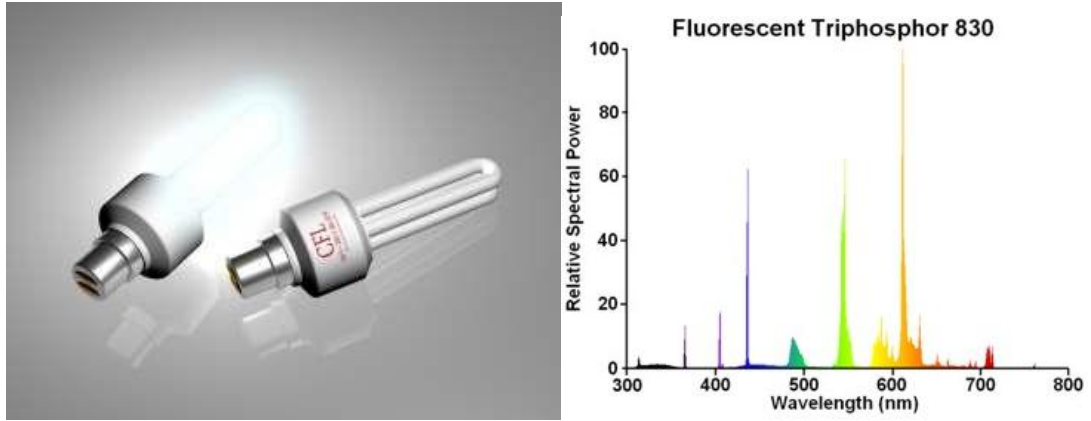
Akkor lambalar, (2600-3000K) Güneş gibidirler, akkor kaynaklar görünür bölge ışığı salarlar mum ışığı, ateş ışığı ve akkor lamba ışıkları rahatça algılanır çünkü onlar güneşle aynı yoldan ışık üretirler. Bir akkor lamba ışığının aklığının görünüşü renk sıcaklığına bağlıdır. Tipik bir akkorun yanışı nispeten düşüktür. Ortalama 2600-3000K'dir (Çizim -5), (Holtzschue, 2009: 24).



Çizim -6 Edison'un Akkor Lamba Modeli ve Dalgaboyu, (2008).

Flüoresan lambalar, Bu lambalar buharlı lambalar ilkesinin gelişmesinin sonucudur. Elektrik akımı miktar denetleyici blasttan, tüpün iki ucundaki filamanlardan ve starterden geçerek devreyi tamamlar elektriğin etkisiyle ısınan filamanlar çok sayıda elektron salar. Bu arada starterde ısındığı için açılarak devreyi keser. Böylece elektrik akımı, serbest elektronlar biçiminde tüpün eksi ucundan artı ucuna doğru akmaya başlar. Tüpün içinde az miktarda cıva buharı bulunur. Elektronlar cıva atomlarına çarpar ve bu atomların mor ötesi ışınlar yaymasına yol açar. Dalga boyu görünür ışığından daha küçük olan mor ötesi ışınlar tüpün içini kaplayan flüorışıl maddeden geçerken, insan gözünün algılayabileceği beyaz ışığın oluşmasına neden olur. En çok kullanılan beyaz ışıktır. Fakat flüorışıl maddenin yapısı değiştirilerek farklı renklerde ışık üretmekte mümkündür (Temel Britannica, 1993: 318). Güneş ışığı ile aynı değerde

ışık üreten flüoresanlar yapılmıştır. Flüoresanlar az enerjiyle bol ışık üretirler (Bkz. Fotoğraf -9).



Fotoğraf -9 Florasan Lamba ve Dalgaboyu, (2012).

Flaşlar, en hızlı ışık kaynaklarıdır, anlık aydınlatma yaratırlar. Fotoğrafın olmazsa olmazları arasında yer almaktadırlar (Fotoğraf -10). Flaş ışığı neredeyse bütün insanlığın hayatında en az bir kere bile olsa rastlamış olabileceği şimşek-yıldırım olayına benzemektedir. Bir mum ışığından milyon kez daha güçlüdürler, (Ryer, 1998:37).

Johannes Ostetmeier flaş lambasını keşfi ile (1929) barutlu aydınlatma devri sona ermişti. Eski sistemle çekimler çok daha zahmetli olmaktaydı. Ostetmeier'in devrim niteliğindeki bu buluşu bir ampülü oksijen ile doldurup çok ince bir alüminyumla bi yüzeyini sarmış, onu uygun bir düzenek haline getirmiş ve yeterli miktarda elektrik vererek ışığı patlatmış oldu (Costa,1953:34). 1960'da general elektrik tarafından sert camdan sarmal flaş üretildi ve stüdyo fotoğrafçılığında kullanılmaya başlandı.

Tüm flaş tüpleri sert camdan yada kuvarstan bir tüp ve tüpün her iki ucunda birer elektrot (katod- anod) ve birazda gaz ksenon yada kriptonndan oluşur. Çalışma prensibi ise Kondansatörde¹¹ toplanan enerji tetikleyicinin aktif edilmesi ile anlık

11 -Kutuplanmış elektronların elektrik yüklerini depolayabilen elektronik devre elemanı.

boşalma meydana getirir. Enerji katoddan anoda geçer, geçerkende tüp içinde bulunan gaz iyonize olur ve ışık yayar. Doğrusal cam tüplerin yanında U, halka ve sarmal şekillerde tüp çeşitleri vardır. Flaş tüpleri yüksek güçte ve yoğunlukta enerji kaynaklarıdır. Bu nedenle yalnızca yüksek ısıya dirençli olan malzemelerden yapılırlar. (Kanburoğlu, 2007: 139-142).



Fotoğraf -10 Flaş, (2010).

Neon ışığı, magnezyum lambaları, asetilen lambaları, petrol lambaları, hava gazı lambaları gibi lambalarda yapay ışık kaynakları olarak kullanılmaktadırlar.

Görünür spektrumun kırmızı, yeşil ve mavi olmak üzere üç ana banda ayrıldığı göz önüne alındığında herhangi bir ışık kaynağının verdiği ışığın renk kalitesi, bu ışık içinde mevcut olan kırmızı, yeşil ve mavi ışınların yüzde oranıyla ifade edilebilir. Bir karşılaştırma yapabilmek için gün ışığında bu üç ana rengin eşit miktarda bulunduğu kabul edilirse, yaklaşık ve çok basit bir analiz şu değerleri verir (Gökgöz, 1977: 34).

Işıkların Renk Kalitesi

Işık kaynağı	Mavi Işık	Yeşil Işık	Kırmızı ışık
Gün Işığı	%33	%34	%33
Berrak Flaş Lambası	%26	%34	%40
Projeksiyon	%21	%34	%45
Normal Ev Lambası	%11	%34	%55

Şekil -2 Işıkların Renk Kalitesi, (2012).

1.2.4- Fotoğrafta Işığın Kullanılması

İlk mağara resimlerinden günümüze gelen görseller insanlığın ışık felsefesini biçimlendirmektedir. O zaman ışığın benliğini kullanım yöntem ve tekniklerini özetleyelim. Güneş, lamba, mum ya da yansıma hepsi aydınlanmanın temel tözüdür, özüdür. Mesele kaynağı çözmek onu kavramak ve değerlere bölmekle başlar. Orta ağırlıkta bir ışığın aydınlatığı bir kürenin ışığı her milimetrede değişir ve hacim kazandırır. Tek grinin 9 değeri açıkça görülür. Dengeli dağılım hacim olgusuyla bütünleşir ve nesneyi oluşturur. Oluşum algıyı tetikler, görürüz ve hissederiz.

Gerçekliğe adım atan bu anlayış soyut sanatında temsilidir. Soyut anlamda bir gerçeği temsil eder ve ayrı düşünülemez. Sanatçı her bir çizgide ışık ile ruhu harman ederek ortaya çıkartır. Ustalığı bu çizgide yakalar.

Tavır itibarı ile ışığın yönü gelme açısı şiddeti eserin anlamsal derinliğine büyük değerler katar. Bir anlamda eserin mimikleridir. Rembranth (1606-1669), 63 yıllık yaşamının yarısında bu mimiklerin sırrını kavramak için geçirmiş sanatkâr. Zamanla birlikte değişen ışığın, etkilerini ortaya çıkarmıştır ve “ışığın ustası” unvanı verilen ressam olmuştur. Işık arayışları her dönem ayrı birer boyut ve teknikte devam etmiştir. Fotoğraf, heykel, sahne sanatları genel itibarıyla ışık görsel sanatların her şeyidir.

Anlatım, ifade, duygular hepsi görsele düşen ışığın tonu şiddetine göre değişiklik sağlayabilir. Son zamanlarda ruh bilimciler aydınlatmanın insan psikolojinde çok derin etkilere sahip olduğunu ortaya koymuşlardır.

Gombrich'e (1936-2001) göre görmenin kaynağı ışıktır (Gombrich, 2000: 77). Aynı zamanda renklerin kaynağı da ışıktır. Newton "the optics" kitabında renklerin ışık tarafından oluştuğunu ve maddenin yapısına göre farklılık kazandığını belirterek renklerin hükümdarı güneş ve aydır demiştir (Newton, 1704: 1-7).

Newton'ın tanımlamasında ki ışık kaynakları biri doğrudan diğeri dolaylı yoldan gelen ışıktır. Doğrudan gelen ışığı, direkt nesneye tutulan bir projeksiyon ışığı olarak değerlendirebiliriz. Dolaylı yoldan gelen ışık ise projeksiyonun yaydığı ışığın reflektör aracılığı ile objeleri aydınlatması olayıdır.

Işık, nesnenin yapısını biçimini, yüzeyini, derinliğini, parlaklığını ve matlığını görerek kişisel yorumlarla bütünleştirilip bize yansımaları sağlayan bir resim elemanıdır. Işık objeye, dolaylı, doğrudan, cephe ışığı (objeye genel bir görünüş kazandırır, her yer aydınlıktır), lokal ışık (resme ağırlık kazandırır), ters ışık (objenin silüetini yakalar), yan ışık (derinlik hissi verir ışık gölge kontrastlığı hakimdir) olarak değerlendirilir. Bu ışık yönleri fotoğrafta anlatılmak istenen hikâyeyi, vurguyu, hissi en iyi şekilde verilme imkânını sağlar.

1.2.5-Fotoğraf ve Görüntü Oluşumu

Fotoğrafın oluşumu, teknik ve kimyasal olarak ikiye ayrılır. Bir fotoğraf elde edebilmek için görüntünün düşürülebileceği karanlık bir kutu ve ışığı kaydedebilecek emisyonlu bir yüzeye ihtiyaç vardır. Fotoğraf makinesi karanlık kutu, film emisyonlu yüzey, fotoğraf ise pozitif baskının yapıldığı kâğıt yüzeydir.

Fotoğraf makinesi, evrimini duvara delik açılmış karanlık odadan başlayarak günümüzün cep telefonlarına kadar indirgenebilmiştir. İlk Rönesans döneminde daha gerçekçi resimler yapabilmek için geliştirilen Camera Obscura ve görüntü sabitlemek için emisyonlu yüzeyler üzerine yapılan çalışmaların ortak bir ürünü olarak meydana

gelen fotoğraf tekniği Niepce'nin başarısıyla görüntü kaydetme aracı olarak kullanılmaya başlamıştır.

Fotoğraf makineleri teknik özelliklerine ve yeterliliklerine göre çeşitlenmektedir.

- a-** Büyük boy makineler
- b-** Orta boy makineler
- c-** Küçük boy makineler
- d-** Minyatür makineler
- e-** Mikro makineler
- f-** Polaroid makineler
- g-** Panoramik makineler
- h-** İstant ve rapid makineler
- i-** Stereoskopik makineler
- j-** Foto otomatlar
- k-** Alüminit makineler

Görüntü oluşumundaki en önemli öge ışıktır. Kaynağından yayılarak yada yansarak gelen ışık, doğrusal bir yayılım göstererek ilerler, kamera ucundaki delikten içeri girer ve kırılarak karşı yüzeye düşer. Gelişmiş fotoğraf makinelerine eklenen objektifler, perde, enstantane ve ayna sistemleri ile ışığın miktarı, süresi, ve yönünü etkileyerek daha kaliteli görüntüler elde edilebilmektedir. 1990'dan sonra film gibi bir yapıya sahip dijital sensörlerin kullanılmasıyla fotoğrafta farklı bir teknik donanıma geçilmiş oldu. Bu özellikle birlikte çekimler analog ve dijital olarak ikiye ayrılmaktadır.

Analog makinelerde görüntü oluşumu şöyle gerçekleşir: Makine önünde ki objektifin uç bölümünde bulunan dış bükey mercek, gelen ışığı toplar ve belirli sıralar ile dizilen merceklerle yönlendirir, bu mercekler ışığın daha temiz ve canlı görüntünün oluşmasını sağlar. Merceklerin arasında bulunan diyafram (çok ince metalden yapılan ışığın geçiş miktarını ayarlayan bir çeşit perde sistemi) perdelerinden azalarak yada tam olarak geçen ışık doğrudan aynaya çarpar burada aynalar aracılığı ile görüntü bakaça gönderilir ve göz fotoğraflanacak alanı görür. Deklanşöre basılarak perde ve ayna sistemi harekete geçirilir. İstenilen sürece göre ayarlanan perde hızının açık olacağı süre

içerisinde fotoğraf filmi üzerine yeterli ışık düşürülür. Böylece fotoğraf makinesi bu son işlem ile birlikte görevini tamamlamış ve kimyasal süreç başlamış olur.¹²

Filmler iki çeşittir siyah beyaz yada renkli filmler. Siyah beyaz filmler başlıca üç katmandan oluşur; elastik ve sağlam bir malzemeden yapılmış taban, taban üzerinde ışığın geri yansımalarını önleyici suda çözünebilen anti halo (ağılönler) katmanı, onun üzerine gümüş bromür bileşiklerinin süspansiyon şeklinde yayıldığı duyarkat tabaka ve bu tabakanın üzerine ışığı bozmayacak özellikte koruyucu tabaka bulunur. Renkli filmler ise gümüş bromür yanında mavi, yeşil, kırmızıdan oluşan ışığa duyarlı renk katmanları içerir, ve yine film koruyucu şeffaf bir tabaka vardır. Bu tabakalar milimetrenin 50'de biri küçüklüklerde film yüzeyine eklenmektedir.

Genel olarak filmlerin duyarlılıkları ASA değerine yani duyarkat gücüne göre belirlenir. Asa değeri 100 ve altına doğru inildikçe gren değeri küçülür çekim hızı düşer, ton değeri artar, 100 den yukarıya yükseldikçe gren değeri büyür çekim hızı artar, ton değeri azalır ve gren oluşumu artar. Bu özellik filmin hızını, netlik kalitesini ve renk zenginliğini doğrudan etkiler.

Işık optik düzeneden ilerleyip film üzerine düştüğünde duyarkat tabaka ışığın miktarına göre etkilenir, gümüş ve bromür bileşikleri arasındaki bağlar zayıflar.¹³ Film üzerinde çıplak gözle bakıldığında görüntü fark edilemez. Daha sonra makine içerisinden kaset çıkartılır, kasetin içinden film sarma işlemi ile film kapkaranlık bir ortamda çıkartılır film yıkama tüpü içerisine alınır ve yıkama banyosu işlemine tabi tutulur. Banyo sonrası film ışığa olan duyarlılığını kaybeder gümüş ve brom bileşikleri birbirinden ayrılır. Film üzerinde kalanlar benekler gümüş metalleridir.

Film üzerindeki grenler agridizör aracı vasıtasıyla, emisyon sürülmüş kağıt üzerine belirli bir süre yansıtılarak aktarımı yapılır bu işlem negatif görüntüyü pozitif dönüştürme işlemidir. Burada pozlandırılan kâğıt kırmızı ışığa duyarlı değildir. Bu

12- Teknik süreç bakaçsız fotoğraf makinelerinde de böyle işler, fakat dijital çağda gelişen ve video çekimi yapma esnasında görüntü kaydedebilen cihazlar ayna sistemine ihtiyaç duymazlar

13 -Kimyasal işlem atomik boyutta gerçekleşir. Elektrik şarj yüküyle bir arada tutulan gümüş bromür molekülü fotonun çarpmasıyla brom + yüklü iyon kazanır gümüş ise metal formu kazanır. İşlemin gerçekleşmesi ile latent (gizli) bir görüntü oluşur.

sebeple kırmızı ışık altında kâğıt ışıklandırma ve banyo işlemi gerçekleştirilebilir. İşlem sırasıyla geliştirme banyosuna, burada ışık alan yerler koyu, ışık almayan yerler beyaz olarak belirir, ardından durdurma banyosuna alınır burada kimyasal bozunun durdurulur, saptama banyosuna geçilir burada ise görüntüler saptanır ve fiziksel darbelere karşı direnç kazanır en son olarak durulama banyosundan geçirilerek kağıdın üzerindeki kimyasal kalıntılar temizlenir. Bu işlemlerin sırasına ve zaman süresine uyularak yapıldığında görüntü kalitesi yüksek fotoğraf elde edilmiş olur. Sonuç olarak hiçbir ışıktan etkilenmeyen kimyasal süreci durmuş bir görüntü ortaya çıkar ve buna fotoğraf denir.

Dijital fotoğraf çekim yönteminde ki optik düzenekte analog yöntemdeki ile aynıdır, fakat gümüş bromürlü emülsiyon film yüzeyi yerine, elektronik bir kayıt sensörü¹⁴ kullanılmaktadır. Sensörler her biri bir Piksel küçüklüğünde olan zerrelere oluşturduğu matrislerdir. En yaygın kullanılan sensörler CCD, CMOS, X3 foveon'dur. Aralarında yapısal farklar mevcuttur, ulaşan ışınlar şiddetlerine göre pikselleri elektrik yüküyle şarj ederler. Her bir piksel farklı üç ışık rengine (kırmızı, yeşil, mavi) sahip iken, x3 foveon sensörler, renkli filmlerin yapısındaki gibi üç ışık renginden oluşan renk katmanlarından oluşur, ve pikselleri altıgendir.

Optik düzenekten kırılarak gelen ışık ışınları deklanşöre asıldığı anda açılan sensöre düşer. Burada elektrofiziksel bir işlem gerçekleşir. Işığın şiddetine ve renk ıssısına göre her bir piksel şarj olur. Şarj esnasında edinilen bu elektriksel bilgi işlemciye iletilir her bir piksel kodu görüntü kayıt cihazı içine görüntü formatına (jpeg, raw) göre kayıt edilir. Ve böylece sayısal fotoğraf elde edilmiş olur.

Sayısal görüntüler aydınlık oda bilgisayar programları ile düzenleme imkanını sunarlar. Adobe programlarının sunduğu photoshop, yada çeşitli görüntü düzenleme programları kullanılarak fotoğrafların renk, keskinlik, oran orantı, gibi biçimsel özellikleri üzerine değişiklikler yapılabilme ve istenilen formatlarda kayıt edebilme imkanı sağlar. Karanlık oda çalışmalarında yapılan fotoğraf boyama biçim şekil

14- Sensörler en çok rağbet görenleri üç çeşittir 1- CCD (charge couple device) 2-CMOS (complementary metal oxide semiconductor) 3- X3 foveon sensörleridir.

değişiklikleri daha gelişmiş yöntemlerle aydınlık odada gerçekleştirilebilmektedir (Prakel, 2012: 174).

1.3- Fotoğraf Sanatı

1.3.1- Bir Sanat Nesnesi Olarak “Fotoğraf”

Fotoğrafın sanatına değinmek için öncelikli olarak sanat ve sanatçının tanımlamasını yapmak yerinde olacaktır. Çünkü sanat nesnesi oluşmak için bir sanatçıya ihtiyaç duyar bu gereksinin üzerine sanatın ve sanatçının açıklamasına yer verilmiştir.

1.3.2- Sanat ve Sanatçı

Sanat ürününü kavramak için öncelikli olarak evren ve insan ilişkisinin kavranması gerekmektedir. Evren, fiziksel bir gerçekliktir. Evrenin içinde var olan insanda bu gerçekliğin bir parçasıdır. Doğar, büyür, gelişir(fiziksel –mental) ve her canlı gibi ölür (Tunalı, 2001:129). İlk çağlardan bu yana yüzlerce bilim, sanat ve düşünce adamları, (kendi devirlerinde fark edilmemiş olsalar bile) bütün bir geleceğe hükmetmişlerdir. Sorulması gereken bu adamlar, neler yaptılar da kendilerinden sonraki dönemleri etkilemeyi başardılar. Bir sanatçının ölümsüzlüğü yakalayabilmesi için bir filozof gibi düşünce biçimine, bir bilimcinin edebilik sağlayan özelliklerine sahip olması gerekir. Peki, nedir bu özellikler? Bu konuda çok fazla şey söylenmiştir, çünkü her devrin ihtiyaçları ve zevkleri yaşamla birlikte değişir, gelişir (ve bu durumun irdelenmesine sebep olur). Fakat bu değişikliklere rağmen sanatçıların aradığı ve kullandıkları nesneler az çok benzerdir, boyalar, sesler kalemler ve taşlar kullanılmışlardır. Örneğin ölümsüz yazarlar Homeros, Dante, Shakspeare, Goethe... ancak dış görünüşleri ile başka başka insanlardır. Ve insanlık devam ettikçe bu sanatçıların eserleri unutulmayacaktır. Çünkü bu sanatçılar görüş, duyuş, düşünüş, üslup, dil, konu olarak yaşadıkları dönemleri aşmış orijinal karakterler üretmişlerdir (Sena, 1972: 120). Her biri özel bir inanç ve iddiaya sahiptirler, günümüzden yıllar önce yazılmış olsalar bile bizler hala içlerinde kendimizden birer parça bulabilmekteyiz. Onlar insanın içinde sakladıklarını keşif etmişlerdir.

Yaklaşık olarak 40 bin yıla ait olduğu kanıtlanan Fransa ve ispanyadaki mağara resimleri yada neolitik dönem heykelleri doğaya bakılarak değil bellekten bir aktarım yöntemi ile yapılmışlardır. Öyleyse bu çizimler, heykeller doğayı bire bir yansıtmaktan öte, görüleni tinsel bir yansıtmaya gitmiş olduklarını göstermektedir. Bu yargıya varabilmek için heykelleri ve resimleri yapanların zihinsel sürecin nasıl işlediğini bilmek gerekir. Tabii olarak ilkel çağ resimlerini sanat eseri olarak yorumlamak doğru olmayabilir. Çünkü bunun yapılabilmesi için ilkel çağdaki yaşayan sanatkarların çok sayıdaki etkileri çözümleyebilmiş, canlandırdığı nesnelerin genel ve asil özelliklerinin düşünsel ve fıkırsel olarak kavramış, çeşitli insan ve hayvanlarda bulunan belirli imgeleri toparlayarak bir bireşime varmış ve kendi tasarımı içinde bilincini de işleyerek somut canlı etkileri yeniden yaratabilmiş olması gerekmektedir. İlkel efsanelerde, mitoslarda anlatılıp gelen öğeler bu toplumların görüp şekil kandırdığı değil, düşün gücüyle hayal ettiği yaratıcı anlatımlar ortaya koymuşlardır. Ozaman şöyle düşünebiliriz ki insanların sanatsal olarak canlandırmalarda bulunması da, başından beri var olmuştur denilebilir. Böyle bir çıkarımla sanatın yer yüzündeki faaliyetleriyle birlikte bilinçli ya da bilinçsiz olarak başladığını gösterir(Kagan, 1982: 226-228)

Sanatın neliği, nerede, ne zaman ve nasıl ortaya çıktığı hep bir merak konusu olmuş ve her yüz yılda yeniden tartışmalara konu olagelmıştır. Düşünce sistemleri Sümerlere itibariyle belirlenmeye başlamış, daha öncesine ait yazılı kaynak bulunamadığından sözlü kaynaklar ilgi odağı olmuştur. Fakat dilde ki değişkenlik sebebiyle itibar edilmemektedir. Ancak bulunan duvar resimleri tabletler gibi kalıntılar üzerinden tarihsel yorumlamalar yapılabilmektedir.

İlk çağ filozoflarına göre sanat, bir taklidin ürünüdür (mimesis). Sanatçı ise bu taklidi uygulayan kişidir. Bu düşünceyi savunan Aristoteles insanların taklit yeteneklerini kullanarak şeylerin özünü yansıttığını belirtmiştir. Platon ise sanatın bir idea olduğunu yani güzel olan ulaşılması gereken olduğunu savunmuştur. Alman filozof Alexandre Gottile Baumgarten'e (1714-1762) göre evrende madde ve ruh öyle ahenkle birleşmiş ve kaynaşmıştır ki sanatın ve sanatçının yalnızca doğayı taklit etmek olduğunu düşünmüştür.

Hegel ise sanatı bir yaratım ürünü olarak görmektedir. Sanatçının maddeye hâkimiyetini resim, heykel ve mimari boyutunda değerlendiren Hegel özellikle resim sanatını ruhsal bir yaratım ürünü olduğunu düşünmüştür. George Santayana ve John Dewey'e göre sanatsal yaratım kişinin çevresiyle etkileşimi sonucunda ortaya çıkar. Sanatçını kişiliği bilgi ve becerisi, çevresindeki türlü türlü şekiller, olaylar, sesler, malzemeler vardır ve bu unsurların bütünü sanat eserinin yaratımında büyük rol oynadığını düşünmüştür.

Bazı düşünürlerde sanatın bir oyun olduğunu düşünmüşlerdir. Bunlardan en önemlileri Charles Bordele, Groesse, Shiller ve Groce gibi düşünürlerdir. Bu düşünürlerin ortak noktası sanatın, yaşamsal faaliyetlerimiz içinde ye alan bir oyun olduğudur. Charles sanatın oyundan doğduğunu savunmuştur. Shiller de sanatın kaynağının oyun olduğunu savunmuştur. Çünkü bu düşünürlere göre sanatçı özgürdür ve bu özgürlük, oyunları doğurmaktadır.

Sanat yapıtı doğada gerçekliği ile rastladığımız ağaçlar taşlar ve çeşitli canlılar gibi var olanlar arasında her hangi bir var olan değildir. Sanat yapıtları doğa varlıkları gibi hazır sunum da değildir. Sanat varlığı özel bir uğraşı işidir. Bu uğraşının sonucunda ortaya çıkan ürüne “sanat” bir ürünü ortaya koyana da sanatçı denir.

Yaratma özel bir etkinlik ürünüdür. Sıradan bir obje-suje ilişkisi değildir. Sanat nesnesi sanat içeriği olarak kurgulandıktan sonra ancak belli bir sanat biçimi içine sokulabilir (Fisciher, 2012: 215). Buna göre sanat herhangi bir var olan değil de hayal gücünün nesnelere verdiği anlamsal derinliğe sahip özgün yapısal bir sonuçtur.

Sanat yapıtının sanat eseri olarak kabul edilebilmesi için bazı sorulara cevap verebilmesi gerekmektedir. Bu sorulardan üç temel olanı

- 1- Yapıt sanat tarihi açısından değer taşıyor mu?
- 2- Yapıt antik obje kavramına uygun bir değer taşıyor mu?
- 3- Bir yapıt çağa uygun değerler taşıyor mu? (Erinç, 2004: 38).

Bu üç soru temel sanat nesnesi sorunsallarıdır. Her hangi bir yapıt bu sorulara cevap verebiliyorsa sanat nesnesi olarak kabul edilebilir. Sanat nesnesi ekonomik kaygılar güdülerek yapılıyorsa sanat nesnesi olarak sayılamaz. Çünkü bir ruha sahip olan yapıtın metalaştırılması kabul edilemez bir durumdur.

Sanat nesneleri ister fonetik olsun ister figüratif olsun. Nedir? Ve neden yaratılırlar? Estetik bilimcisi B. Croce'ye göre sanat anıtları estetik reproduksiyonun uyarım araçları güzel şeyler veya fizik güzel diye adlandırılırlar (Croce, 1983: 74). O zaman sanat eseri fizik güzelliğiyle beraber ruhsal güzelliğe de bürünmüş bir yapıdır. Burada sanatın niteliği önem kazanır. Çünkü tektir, bu özellik sanatçının kendine özgü duyguları, heyecanları, hayal gücü ve yetenekleri katar ve tek bir yapıyı oluşturur. Sanatçı bu duyguları tekrar yaşayamaz. Ancak, farklı bir dürtüde bunu gerçekleştirebilir. Bu sebeptendir ki, eserin biricikliği en önemli unsurdur. Herakleitosun evren olgusu diye adlandırdığı anaforu “Bir nehirde İki kez yıkanamayız çünkü dün girdiğim nehir bugün artık aynı nehir değildir, çünkü sular akıp gitmiştir. Bununla birlikte biz dünkü nehir'i bugünkü nehir ile aynı sayarız” (Aster, 2005: 92). Fakat akan su aynı su değildir, değişmiştir. Sanat eserinin durumu buna benzetilebilir. Sanatçı içinde bulunduğu psikolojik durumuda değişkendir ve her defasında farklı bir boyutta eserini yaratır. Buda aynı resmi yapmaya çalışsa da birebir yapamayacağıdır. Böylece diğer yaptığı eser özgünlük kazanır. Fakat sanat eserinin tek olması özgün olması onun bir sanat eseri olduğunu kanıtlamaz. İşlevselliği boyutunda bakarsak bir sanat eserinin en temel işlevi estetik haz vermesidir. Bu değeri taşıyan nesne duygusallığı barındırır. Bütün bunlar sanatçının hayal gücünü zorlayıp ortaya bir nesne çıkarması ile başlar. Bu temel değerler bir araya geldiğinde sanat eseri evrenselliği yakalar ve ölümsüz olur, sanat eseri bu değerlerin bir bütünüdür. Buna vakıf olmuş eserler neredeyse her sanat dalında mevcuttur.

1.3.3- Fotoğrafın Varlık Bilinci

Eski çağ felsefesinden Aristoteles ontolojinin fiilen var olma ve enerji -energeia- olarak var olma olarak tanımlıyor. Ve var olmayı çeşitlendiriyor: olanak olarak, entelektüel var olma. Bu sonuncu var oluş biçimi bedensel olarak var olan insanın amaçlar doğrultusunda kendini gerçekleştirme eğilimidir. Varlık fenomenleri arasında bu tür farkların farkında olmak önemli bir unsurdur. Ontolojik varlık orta çağa geçişte gerçeklik boyutuna indirgenmiş ve gerçekliğin sorunsalının bir başlangıcını yaratmıştır. Öyle ki var olmayı gerçeklik derecesine göre sınıflandırıyor (Kuçuradi, 2012: 8-9).

Andre Bazin’e göre fotoğrafik görüntünün varlığı dogal olan fotoğrafın objektifliğine bağlıdır (Bazin, 1967: 13). Fotoğrafi gerçeklikle karakterize etmek bir anlamda kelime oyunu gibi gelebilir. Sıralama yaparsak:

- Fotoğraf aracılığıyla – gerçekliği
- Estetik bir obje olarak fotoğrafta – formalizmi (biçimi)
- Fotoğrafın arkasında yatan – ifadeyi, Yakalayabiliriz.

Bu ifadeler fotoğrafın temel estetik boyutunu oluşturur. Fotoğrafçı fotoğrafın etrafındaki nesneleri kaydederken gerçekliği, fotoğraf aracılığıyla biçimi ve fotoğrafçının fotoğraf aracılığıyla kendini ifade etmesini sağlar.

1.3.3.1- Fotoğrafın gerçekliği sorunu

İfsak fotoğraf ve sinema dergisinde fotoğrafın gerçekliği üzerine verdiği röportajında İoanna Kuçuradi (1936) şöyle demektedir:

Sanat eseri bize asla gerçekliği vermez. Bu nedenle fotoğrafta gerçekliği vermez. Çünkü gerçek kavramının taşıdığı anlam bile gerçekliği açıklayamaz. “Asıl” ve “gerçek” bu iki kavram bir anlamda nesnenin iç yapısını anlatısını biçimini ve varlığını sorgulayan sorulardır”. 20. Yüzyıl düşünürlerinden Nicolai Hartman (1882-1950) a göre Aristoteles’in düşüncesi ile benzer bir düşünce içinde varlığın, var olma tarzları içinde ele almıştır. Ontolojik görüş bu düşünce üzerine oluşturulmuştur. “Hartman kendi ifdesiyle “reel ve ideal” varlıktan söz eder. Real varlık zamanda ve mekânda var olan teklik gösteren ve değişim içinde var olan varlıkları kapsıyor. Ve bu varlık dört tabakadan: organik anorganik, psişik ve tinsel tabakalardan oluşuyor”. “İdeal varlık ise kavramları sayıları ideleri ve değerleri kapsıyor”. Ögeler bütünü gerçeklik noktasında birleşiyor. Bu ontolojik görüş, sanat felsefesi açısından da önemli sonuçlar oluşturmaktadır. “Sanat eserleri ideaların görüntü haline gelmesidir”. Bu ontolojik temel sanat eserlerinin tekliğini ve aynı zamanda da mesajlarının evrenselliğini açıklamaktadır. “her sanat eseri gerçektir, ama göstermeye çalıştığı şey bir ideadır, bir değerdir”. Geçmişten günümüze gelen eserler, bize değerler üreten değerli bir yaşantı ve eylem olanakları göstermektedir. “Bu görüşten fotoğraf

“içinde bir şeyler çıkarabiliriz çünkü fotoğrafta bir idealar ve değerler bütünüdür”
(Kuçuradi, 2012: 8-9).

Demokrit’in “biz hiçbir şey bilmeyiz, doğru ancak gerçeğin derinliğinde bulunabilir” diyerek vurguladığı arayış bizi fotoğrafın içinde bir yolculuğa çıkarır. Bir değer olarak gerçekliği yakalamak bir saniyenin çok kısa bir anına denk gelebilir. Bu kısa an da yaşamın bize sunduğu etkiyi görmeli ve deklanşöre basmadan sezgiler ile farkına varılmalıdır işte bu an yaratıcı bir fotoğrafın olacağı andır. O an kaçırıldığında da fotoğraf olmayacaktır. Fotoğrafçı Henry Cartier-Bresson’un bu tanımlaması çok kısa bir an için de nesne ile fotoğrafçı arasındaki ilişkiyi vurgulamaktadır. Bu kısa an bize içimizdeki gerçekliği yansıtmamızı sağlar. (Bayhan, 2012: 41).

Fotoğrafın ilk yıllarında yapılan en temel yorum “fotoğraftan daha gerçekçi ne olabilir ki?” sorusu idi. Çünkü fotoğraf diğer görüntü oluşturma yapılarından çok farklı olmuştur. Manzara yada portre olsun en ince ayrıntısına kadar detay gösterebilmektedir. Bu düşünce bu günde güncelliğini korumaktadır. Resim sanatında üretilen hipergerçekçi tablolar her ne kadar fotoğrafik görüntü kalitesine ulaşmaya çalışsalar da fotoğrafın kalitesine yeterince yaklaşamamaktadır. Sinema da, temelini fotoğraftan alan bir sanat yapısı üretim aracıdır. Ayrıca gerçeklik konusunda büyük potansiyele sahiptir. Roy Arnes “sinema ve gerçeklik” adlı kitabında vurguladığı nokta sinemanın, fotoğrafik görüntüyü hareket kazandıran ve görüntüye boyut katıp, gerçeklik hissini artıran bir olgu olarak bakmamıştır. Bu yüzden sinema gerçekliği yansıtırma araçlarının en üstünü sayılabilir (Küçükerdoğan, 2012: 12).

Fotoğrafın gerçekliğinin ruhsal boyutu dışında, bilimsel gerçekliğe de hizmet ettiğini görmekteyiz. Devasa demir yapıların incelenmesinde, mikro biyo yapıların fotoğraflanmasında, doğalgaz borularının ve tren yolu raylarının çatlak tespitinde fotoğraf etkin olarak kullanılmaktadır. Burada fotoğrafın salt gerçekliği ile karşı karşıya kalınmaktadır. Bilimsel verilere yol gösterici bir yönü görülmektedir. Tabii bu teknikler yarar sağlayıcı teknikler olduğundan kullanılan yöntemlerde bu işlemler için dizayn edilmiş aletlerdir. Amaç en doğruya ulaşmaktır.

Fotoğraf tarihinden başlayarak görüntü alma yöntemlerini irdelediğimiz birinci bölümde: bir sanat nesnesi olarak değerlendirilen fotoğrafın genel hatları üzerine ve ışık üzerine durulmuştur. Işığın türleri sanatta kullanımı ve fotoğraf sanatı ile bağlaşımı araştırılmıştır.

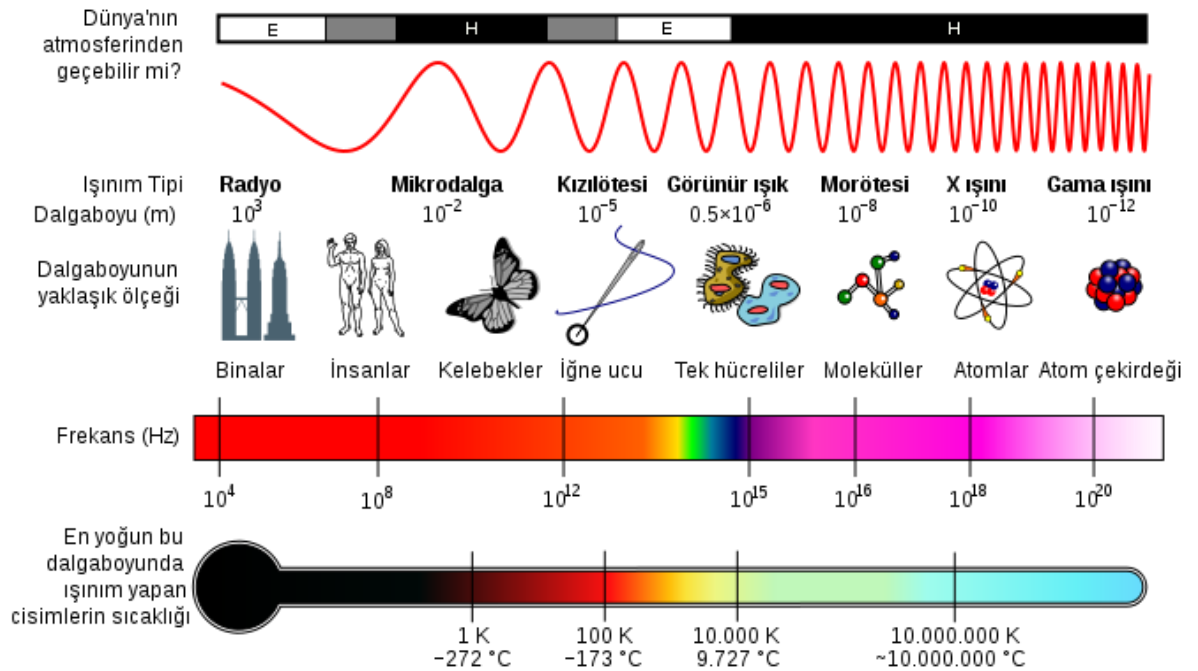
2. BÖLÜM

RADYODİYAGNOSTİK GÖRÜNTÜ OLUŞTURMA YÖNTEMLERİ

Wilhelm Congrad Röntgenin X-ışınlarını keşif etmesi ile başlayan görüntüleme serüveni yaklaşık 110 yıllık zaman dilimi içerisinde çeşitlenerek gelişmiştir. Enerji türüne göre ayrılan yöntemlerin her biri çok farklı teknik ekipman ve yöntemle çalışmaktadır. Bölüm içerisinde bu teknik ekipmanların görüntü oluşturma prensiplerine değinilecektir.

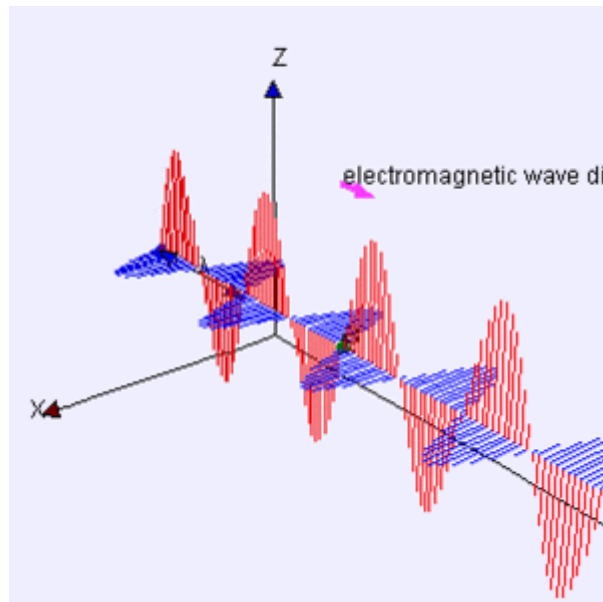
2- Işın ve Ses Bilimi

2.1- Işığın Spekturumu



Şekil -3 Elektromanyetik Spektrum.

Muhtemelen prizmayı böylesine önemli kılan temel etmen prizmanın ışık tayflarının analizinde fizikçilere yol göstermesidir. Çünkü ışığın dalga boyundaki farklılıklar prizmadan geçerken dalga boyuna göre farklı renklere ayrılırlar, Gökyüzünde özellikle yağmur sonrası görülebilen gök kuşağı birer prizma vazifesi gören su zerreciklerinin oluşturduğu görsel bir şölendir. Fizikteki yerini tayin etmek gerekirse radyo dalgaları ile gama ışınları arasında yer alan geniş bir tayfın sadece 380 ve 770 nm¹⁵ (Ryer, 1998: 5) Değerleri arasındaki insan gözünün algılayabildiği dalga mesafesidir. James Clark Maxwell tarafından keşfedilmiştir. Elektromanyetik tayf 0.0001nm den 1000 m’ uzunluğunda dalga boyuna sahiptir. Yani bir gökdelen boyundan, atomun çekirdeğinden bile daha küçük boya kadar küçülmektedir. Sırasıyla büyükten küçüğe: Radyo dalgaları, mikro dalga, kızıl ötesi (infrared), görünür ışık dalgaları, mor ötesi (ultraviyole), x ışını ve gama ışınlarıdır. Elektromanyetik tayf içerisinde yalnızca dalga boylarından bahsetmek doğru olmaz aynı zamanda frekans ve enerjilerine göre de tanımlanmaktadır. Örneğin bir radyo dalgasının frekansı, bir mikro dalganın dalga boyu ve bir X- ışının enerjisi gibi.



Şekil -4 Magnetrondan Yayılan Mikrodalga, (2004).

15- Nanometre; metrenin 0,000000001 m 10–9nm merenin milyarda biri.

Dalga boyu ölçümü herhangi bir ışın dalgasında iki tepe arasındaki uzaklıktır. X ve gama ışınlarının belirli bir seviyeye kadar sadece ışık paketçisi olarak davrandığı düşünülmektedir. Işığın ayırdı frekans, enerji ve ışının penetrasyonuna göre tanımlanmaktadır. Bir dalganın boyu arttıkça ters orantıdan ötürü frekansı ve enerjisi azalır.

Tayfin tıp alanında kullanılan bölümünü “gama ve X –ışınları” oluşturmaktadır. Bilim adamlarınca yapılan fiziksel, kimyasal ve astronomik çalışmalar bu türden teknolojilerin var olmasında temel oluşturmuştur. Yaklaşık 200 yıllık geçmişe sahip olan bu yöntemler gün geçtikçe geliştirilmekte ve yaygınlaşmaktadır. Daha önceleri belirtilerden yola çıkılarak yapılan teşhisler, bu ışınlar aracılığıyla dakikada kavranabilmektedir.

2.1.1- Gama Işınları

Elektromanyetik spektrumun en küçük dalga boylu ışınlarına sahip olan bölümüdür. Genellikle en sıcak noktalardan yayılırlar. Yüksek güçlü yıldız patlamalarında (hipernova, süpernova), nötron yıldızlarının süper yoğun merkezlerinde, pulsarlarda kara deliklerin süper güce sahip merkezinde, çekirdek bombardımanları ve radyoaktif bozunmalar sonucunda oluşurlar. Yüksüz olmalarına rağmen yüksek enerji seviyelerine sahiptirler. Canlı dokuya zarar verebilirler, kontrollü kullanımları ile nükleer tıpta kanserli doku tedavisinde kullanılırlar. Gama ışınları uzayın sınırlarını çözmede de etkin rollere sahiptirler. Uzaya gönderilen uydular aracılığıyla uzayın gama ışını tablosu çıkarılarak evrenin genişliğine, yaşına dair sorular çözülmek istenmektedir

2.1.2- X-Ray

Gama ışınlarına nazaran enerji seviyeleri düşük ışınlardır. Alman fizikçi Wilhelm Congrad Röntgen tarafından keşif edilmiştir. Tayf içerisindeki sınıflandırmada adlandırılmadığı için bilinmezliğin sembolü ‘X’ ifadesi ile temsil edilmiştir. X-ışınlarının keşfinin ardından röntgen ilk olarak karısı Bertha’nın yüzük parmaklı el x-

ışını grafiğini bilim dünyasına sunmuştur. X-ışınlarının penetrasyon¹⁶ seviyesi dalga boyu enerjisine göre ve cismin sertlik derecesine göre değişmektedir tıp alanında yoğun olarak kullanılan röntgen teknikleri ile yumuşak ve sert doku taraması yapılabilmektedir. Gamma ışını detektörlerine benzer yöntemlerle uzaydan gelen ışınlarla uzayın çeşitli grafikleri çıkarılabilmektedir.

2.1.3- Morötesi (Ultraviyole)

Görünür ışığa nazaran dalga boyu daha kısadır. Bazı böcekler tarafından algılanırlar eşek arısı gibi. Kısa dalga boylu ışınları gözlere zararlıdır. Ultraviyole filtre şarttır. Genç ve sıcak yıldızlardan bolca yayınlanırlar. Yakın orta ve uzak bölge olarak üçe ayrılırlar doppler¹⁷ etkisi yaratırlar.

2.1.4- Görünür Işık

Elektromanyetik tayf içerisinde bizi en çok ilgilendiren bölümdür. İnsanların hayvanların ve bitkilerin temel ihtiyaçlarını karşılamada en çok gereksinim duyulan dalga boyu aralığıdır. Tayfın 380-770nm'lik bir alanını kaplar. Kırınım düzeni gök kuşağı renklerindeki gibidir. Kırmızı ve mor gözümüzün algıladığı son renk kırılmalarıdır.

Görme işlemi evrendeki ve evimizdeki ışık sağlayıcıların gözümüzün arkasındaki fotosel¹⁸ hücrelere temas ettikten sonra elektrik sinyallerine dönüştürülüp beyine iletilmesi ile gerçekleşir.

2.1.5- Kızıl Ötesi

İnfrared teknolojiyi yaratan ışınlardır. Dalga boyları görünür ışığa nazaran daha büyüktür. Kelebekler tarafından algılanabilirler. Çimenler ve ağaçlar tarafından

16- girişim

17- Alan dalga hareketi gösteren fiziksel bir etki durumu. Renk; renk kayması, Ses; yaklaşan yada uzaklaşan bir ses dalgasının uzayarak yada kısalarak duyulması olayıdır. Örneğin yol kenarında beklerken bize doğru yaklaşan kamyonun bizden uzakta çalmaya başladığı kornanın sesinin bize yaklaşırken (tiz) ve uzaklaşırken (tok) meydana gelen ses farklılığı olayıdır. Tıpta sıvı akışının tespitinde kalp kası hareketlerinin görüntülenmesinde kullanılır. Dalga özelliği gösteren ışın türlerinde de kayma etkisi gözlenmekte ve görüntülemeler yapılabilmektedir.

18- Üzerine düşen ışığın şiddetiyle orantılı olarak voltaj üreten ışık algılayıcısıdır.

fazlasıyla yayılırlar. Atomlar tarafından emildiklerinde o maddeyi ısıtırlar. Yaklaşık 37 derecede vücudumuz saniyede 900 nm' ışınlam yayınlar.

2.1.6- Mikro Dalga

Mikro dalga, radyo dalgaları ile infrared arasında kalan bölümdür. Dalga boyu hayli büyüktür. 0.01 milimetreden 100 cm' ye kadar uzanırlar 2.45 frekansta suya uyguladıkları atomik hareket sayesinde ısınmayı sağlarlar, mikrodalga fırınları bu prensibe göre çalışmaktadır. Mikro dalgalar iyi birer taşıyıcıdır. Radar bilgileri uzaktan kumandalarda internet iletişimde ve daha pek çok teknolojik alanda kullanılırlar.

2.1.7- Radyo Dalgaları

Radyo dalgaları tayfin en uzun dalga boylu ışınlamlarıdır. Bazen 100 cm'den 1000 cm'ye ve hatta bu değerlerden daha da büyük olabilirler dalga frekansı oldukça büyük tür bu sebeple de enerjileri düşüktür. Radyo televizyon yayınlarının kaynak teknolojileridir. Ayrıca manyetik rezonans görüntüleme teknolojisinde önemli yer tutar.

Radyo dalgalarından sonra daha uzun dalgalarda mevcuttur fakat dalga kalitesi düşüklüğü sebebi ile çok yaygın kullanım alanlarına sahip değildirler.

2.2- Ses

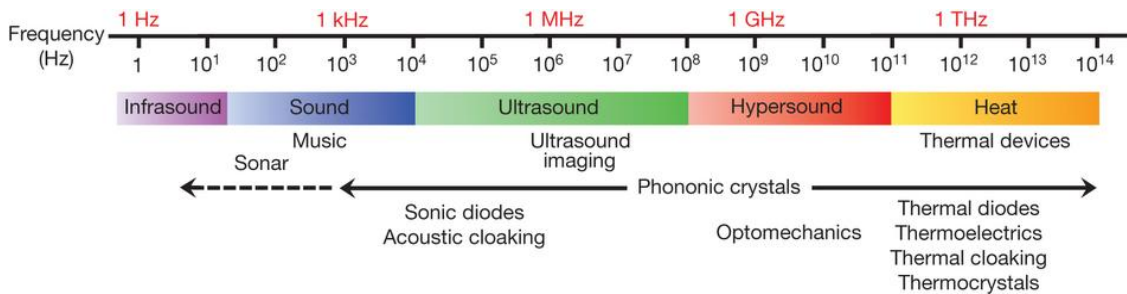
2.2.1- Ses Nedir?

Ses, maddenin titreşimiyle ortaya çıkan bir enerji, fiziksel bir olgudur. Madde titreştirildiğinde, hava moleküllerine hareket enerjisini iletir ve moleküller bu enerjiyi sönümleyinceye kadar sıkışık – gevşek taşır. İletimin şekli küreseldir. Yani eğer madde merkez kabul edilirse, titreşim bu maddeyi bir kürenin merkeziymiş gibi kabul eder ve her yöne dağılmaya başlar.

Ses kavramının oluşması için, titreşen bir maddenin (ses kaynağı) ve bu titreşimi ileten bir ortamın (iletici ortam) yanında bir de algılayıcı gerekir. Doğal ortamda basitçe kulak olarak özetlenebilen algılayıcı, moleküler titreşimleri dış kulak yardımıyla alır ve kulak zarıyla başlayan, orta/iç kulak organlarının içinde bulunduğu bir dizi işlem

geçirerek onları sinir sinyallerine dönüştürür. Bu sinyaller de beyinde değerlendirilerek ses oluşumunun süreci tamamlanmış olur (Işıkhani, 2008: 219).

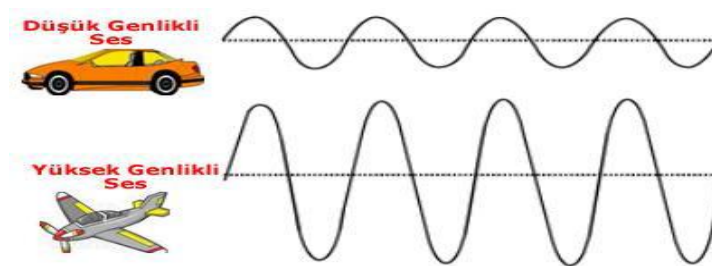
Ses dalgalarının ölçüm değeri frekanstır. Birimi Hz'dir. Dalga'nın saniyedeki hareketi frekansı belirler. Sesin yüksekliği frekans değeriyle doğru orantılıdır. Kulağın sese duyarlılığı sesin şiddetine bağlı olduğu gibi frekansına da bağlıdır. Genel olarak ses dalgaları frekanslarına göre dört gruba ayrılır. Aşağıda tanımlanan değerler sesin spektrumudur:



Şekil -5 Ses Spektrumu.

- İnfrases (İnfrasound): Frekansı 0-20 Hz. arasındadır.
- Duyulabilir ses (Audible Sound): Frekansı 20-20.000 Hz. arasındadır.
- Ultrases (Ultrasound): Frekansı 20.000 Hz. ile 1 MHz. arasındadır.
- Hiperses: Frekansı 1 MHz.'den yukarı olan sestir.

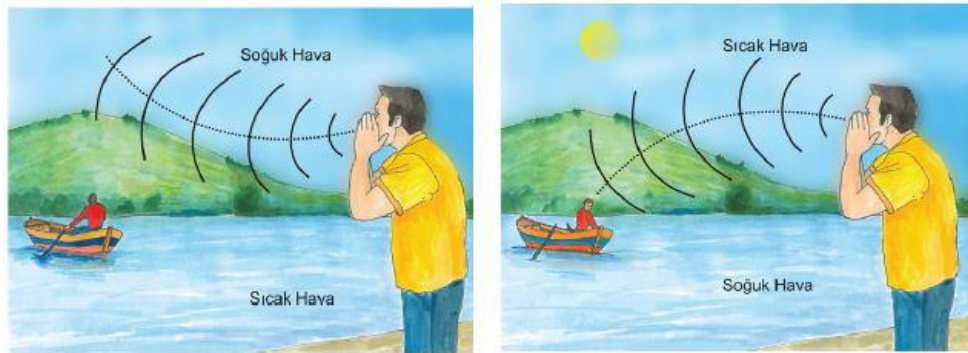
Sesin şiddeti yani gürlüğü sesin enerjisine ve genliğine bağlıdır. Genlik büyük ise ses şiddetli, küçük ise de ses şiddeti zayıf olur (Büyüktanır, 2010: 2).



Şekil -6 Genliği Düşük ve Yüksek Ses Dalgaları, (2008).

Sesin şiddet birimi desibel (dB) dir. İşitilebilen en hafif ses 0 dB'dir ve buna işitme eşiği denir. İnsan 0 - 120 dB aralığındaki sesleri duyabilir. 30 ile 60 dB arası sesler normal şiddetteki seslerdir. 60 dB den fazla olan sesler şiddetlidir ve rahatsız eder (Ayan: 2012: 446). 120 dB ötesi sesler hem fizyolojik hem de psikolojik olarak rahatsızlık verirler. Sesin kırılma yansıma ve emilme gibi özellikleri mevcuttur.

Kırılma, sesin kırılma olayı ışık ile yakın analojiye¹⁹ sahiptir. Suda havada ve katı cisimlerde belirli oran ve eğimlerde kırılır. Havada kırılma hava ısısına bağlı olarak aşağı yön ya da yukarı yön olarak değişir (Resim -3). Rüzgârlarda ses dalgalarının kırılmasında önemli rol oynar. Rüzgâr dalgasının yönü sesin yön değiştirmesine neden olur. Sesin sudaki kırılmasını da yine suyun ısısı belirler. Denizaltı'ları su ısını kullanarak düşman hatların sonar sistemlerine yakalanmaktan kurtulabilmektedirler. Benzer bir sistem yunuslar arasında da kullanılmaktadır (Howard ve Angus, 2009: 43).



Resim -3 Ses Dalgası ve Sıcak Soğuk İlişkisi, (2008).

Emilme, farklı türdeki materyaller sese karşı farklı tepki verirler diyen fizikçi Morse (1903-1985) sesin çarptığı yüzeyin yapısı, hava yoğunluğu ve sıcaklığına göre değişiminin olması mümkündür demiştir. Gözeneksiz yapılar ile gözenekli yapılar arasında fark vardır. Gözenekli yapılar yüzeylerinde hava içerir buda yüzeyde harekete sebep olur bunun sonucunda da havanın sesi iletimi prensibinden dolayı emilim

19- İki farklı şey arasındaki benzerlik veya benzerliklerden hareket edilerek birincisi için dile getirilenlerin diğeri için de söz konusu olduğunu ileri sürmektir (çıkarım).

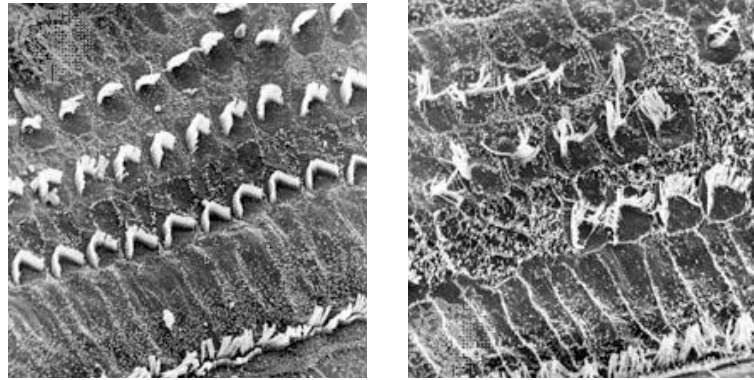
seviyesinde farklılık oluşur. Farklılıklar sesin frekansına ve desibeline göre değişmektedir (Morse, 1948: 360).

Yansıma, ses sert bir objeye çarptığı zaman bir kısmı emilir bir kısmı yansır, biz bu yansımayı sürekli olarak deneyimleriz. Örneğin sarp bir kayalığın önünde iken çığlık attığımızda bir eko sezeriz sesimizden saniye sonra, işte bu olay sesin yansıması olayıdır. Yansıma da sesin şiddetine ve frekansına ve çarptığı yüzeyin sertlik seviyesine göre değişir (Howard ve Angus, 2009: 44). Yankının düzensizliği akustik dalının doğuşuna sebep olmuştur. Akustik sesin net duyulması için yapılan bir işlemdir. Örneğin Mimar Sinan'ın ustalık eseri olan Selimiye Camisi akustik düzeneğin uygulandığı en önemli mimari eserlerden biridir. Cami içerisinde ses her yerden eşit miktarda duyulabilecek şekilde dizayn edilmiştir.

Sesin en ilginç özelliklerinden biriside rezonanstır. Kaynağından ayrılan ses dalgaları başka maddeleri de titreştirebilir. Bu durum aynı frekansta ses üretebilen kaynaklar arsında gerçekleşir, örneğin bir gitar telinde kalın sesler arasından re sesine basıp vurduğumuzda boşta olan re sesinin de titreştiğini görürüz bu olaya sesin rezonansı denir. Evin yakınından geçen taksinin camları titretmesi olayı da aynı sonucu verir. Rezonans bir enerji transferidir. Diğer bir deyişle sistem harekete geçirildiğinde basit birer armonik güç devreye girer ve kendisiyle eş özgür bir titreşim yaratır ve böylelikle iki farklı yapı arasında benzer bir ilişki kurulmuş olur. (Morse, 1948: 64)

2.2.2- Sesin Algılanması Duyma

Duyma, kaynağından yayılan sesin kulak aracılığı ile beyne iletilmesi olayına denir. Kulak insan ve bazı hayvanların yegâne duyma organıdır. Fakat bazı eklem bacaklılar duyma iletişimlerini vücutlarında bulunan bazı algılayıcı antenlerle bazı hayvanlarda sonar sistemleriyle sağlarlar. İnsan kulağı 20Hz ile 20.000 Hz arasındaki seslere aşınadır. Desibel olarak ise 1 ile 120 desibel arası şiddeti duyar.100 ve daha fazlası acı hissi, duyma kaybı, gibi fizyolojik ve psikolojik etkilere neden olur.



Şekil-7 Sağlam (sağ) ve Deforme (sol) Olmuş Ses Alıcı Kıllar, (2002).

Kulağın bölümleri üç'e ayrılır:

Dış kulak, kulak kepçesinden içeri giren yoğun ses dalgaları kulak kanalına doğru ilerler.

Orta kulak, kulak zarına ulaşan mekanik ses dalgaları iç kulağın yapıtaşları olan çekiç, örs, üzengiye çarpar.

İç kulak, denge uyumunu sağlayan kulak salyangozu içindeki kıl hücreler ses dalgalarını sinir sinyallerine dönüştürürler ve beynin farklı merkezlerine gönderirler. Ve duyma gerçekleşir (Errede, 2002 : 1).

Sesin oluşum kaynakları vardır, bunlar sıvı katı gaz cisimciklerinin kendileri arasında meydana gelen sürtünme çarpma ya da titreşimleri sonucu ortaya çıkar. Doğal ve yapay olarak ikiye ayrılır.

Doğal kaynaklar, maddelerin kendileri arasında ki doğal hareketleri sonucunda meydana gelen titreşimlerdir. Rüzgâr, su, yıldırım sesi doğal kaynaklara örnek olarak verilebilir.

Yapay kaynaklar, doğada var olan maddelere insan yada diğer canlıların davranışı sonucu oluşan seslerdir. Konuşma, müzik aleti çalma, endüstriyel ürünlerden çıkan sesler; araba, düdük sesi gibi. Birde ses ötesi frekansları çıkarabilen ses türleri vardır fakat bu sesleri bizler duyamayız ultrason cihazları, sonar sistemler, ve bazı hayvanların kullandıkları ses altı, ses üstü kaynaklardır. Örneğin Yunuslar ve Filler.

2.3- Radyodiyagnostik Görüntü Oluşturmada Işın, Ses ve Radyo Frekansı

2.3.1- Işın

Işığın niteliği Newton ile anlam kazansa da radyoloji bilimi ile de değer kazanmaktadır. Radyonüklid ışın (gama ışını - pozitron) ve x- ışını ışınması bilimsel ve tıbbi görüntüleme tekniklerin de kullanılan iki tür ışın çeşididir. Işınlardan belirli sayım ve şiddet değerleri ölçülüp hesaplanmaktadır. X- ışınları çekim yapılacak bölgeden istenen sonuçlara göre dozda ve sürede yollar. Işınlardan karşılaştığı moleküler yapının kimyasal özelliklerine göre saçılmaya ya da absorpsiyona uğrar ve böylece niteliğinde değişikliklere sebep olur. Örneğin vücudumuzdaki dokuların büyük bölümü sudan oluşur. Bu dokular hidrojen, oksijen, karbon, azot ve bazı nadir elementlerdir ve ortalama atom numaraları düşüktür. Kemikse yoğun kalsiyum bileşiklerini içerir. Kalsiyum ve fosfor'un atom değerleri yumuşak doku elementlerine göre daha yüksektir. Bu durumda x ışını tutulumu daha fazla gerçekleşmektedir. Buda görüntülemelerde ton değerleri arasında fark oluşmasına sebep olmaktadır. Bu sonuç görüntüleme yapılan bölgenin fotoğraflık bir görüntüsün oluşmasına sebep olur.

Radyonüklid ışınlar ise atomun direkt olarak çekirdeğinden yayınlanırlar. Buda işlemlerin yüceliğini bize hissettirmektedir. Evrenin en kuvvetli ışınlarıdır. Burada da yine yapısal yoğunluk önemlidir. Nükleonun elektron yoğunluğu, yapısal farklılığı, ışınların yayılımlarını farklı etkiler. Gama kameraları ve detektörler tarafından toparlanan ışınlar görüntüyü elde ettikleri ışınların miktarına göre ton değerleri oluştururlar ve görüntüyü meydana getirirler. Diğer ışın çeşitlerinden ultraviyole ve kızıl ötesi ışınlar ile de çeşitli görüntüleme yöntemleri mevcuttur.

2.3.2- Radyo Frekansı

Radyo frekansları elektromanyetik spektrumun en ucunda bulunan mikrodalgalardan sonra gelen enerji biçimidirler. Dalga boyu genişliği sebebi ile görüntü oluşturmayı doğrudan gerçekleştiremezler. Fakat çok önemli sinyal taşıma yeteneğine sahiptirler. Manyetik rezonans görüntüleme tekniğinde kullanılan en önemli bilgi taşıyıcı araçtır. Taşıdığı bilgiler sinyal toparlayıcılara gönderilir ve burada işlenerek belirli bir ton değeri tablosu oluşur ve bu tabloya göre nesnel bir görüntü oluşturulur. Bu görüntü radyo frekansının taşıdığı bilgilerden oluşur.

2.3.3- Ses

Diyagnostik ses çok ince kristalize yapıların saniyede yüzlerce kez titreştirilmesiyle oluşur. Görüntü ise dokulardan yansıyan ekoların toplanıp, belirli bilgisayar işlemleri sonrasında görüntüye dönüştürülmesiyle oluşur. Moleküler boyut burada bir önem arz etmemektedir, fakat dokunun sertlik seviyesi yapısı ve hava olup olmaması görüntülemeye etki eden temel nedenlerdir.

2.4- Radyolojik Görüntüleme

Bilimsel görüntüleme yöntemleri teknolojinin gelişmesiyle tıpta, sanayide ve fen bilimlerinin çeşitli dallarında yoğunlukla kullanılmaktadır. Radyo bilimi adı altında hastanelerde kurulu olan radyoloji bölümü hastaların tanı ve tedavilerinde ışınların ve seslerin kullanılmalarını baz alır. Radyolojik yöntemler fotoğrafın bulunuşundan yaklaşık olarak 50 yıl kadar sonra x- ışınlarının keşfi ile başlamış ve hızla gelişmekle birlikte günümüzde tüm dünyada hizmet alanı olarak görülmektedir. Radyoloji bilimi röntgen, flüoroskopi, tomografi (BT), manyetik rezonans görüntüleme (MRG), nükleer tıp (NT) ve ultrasonografi (US) yöntemlerini kullanarak işlemleri gerçekleştirir. Bu yöntemler yoğunlaştırılmış ışın ve ses kullanarak tedavi edebilme özelliklerine de sahiptir. Görüntüleme yapılırken enerji seviyeleri düşük tutulur. Çünkü yüksek enerji seviyelerinin canlı dokular üzerinde atomik ve moleküler boyutta hasarlara sebep olabilmektedir.

Radyogram, radyolojik görüntüleme sonucunda elde edilen görüntülere denir. Görüntü oluşturma sürecine de radyografi denilir. Röntgen için, Röntgenogram ve röntgenografi terimleri kullanılır. BT, MRG, US' de ise görüntü ya da kesit (tomo) terimleri tercih edilir. Radyonüklid görüntüleme²⁰ RG' ise sintigram,²¹ sintigram görüntülerinin elde edilmesi işlemine de sintigrafi denir. İki boyutlu görüntülerde ışığın geçtiği üçüncü boyuttaki yapılar üst üste düşer (superpozition). BT, MR, US ve tomografik sintigrafide (gama kamera, PET) ise üç boyutlu yapı bir kesit şeklinde görüntülenir ve böylelikle görüntülerde üst üste binme söz konusu olmaz. Görüntülemelerin yapılışı ve gösterimi farklı şekillerde oluşturulur. Bu görüntüler ya analog ya da dijitaldir. Analog görüntülerde sinyal farklılıkları ve nitelikleri yani sonradan bir oynama işlemi gerçekleştirilmez. Dijital görüntülerde ise saptanan sinyaller dijitalize edilir. Sayısallaştırılan bu değerler bilgisayar aracılığıyla görüntüye çevrilir. Bu görüntüler ya sabit ya da canlı olarak izlenebilen video görüntüleri haline de getirilebilir. Flüoroskopi ve US görüntüleri canlı, BT, MR RG görüntüleri sabit görüntülerdir. Radyolojik görüntüler ister projeksiyon isterse kesit görüntülerden oluşsun bir ucu beyaz diğer ucu siyah olan bir ton skalasından oluşur. Gama kamera görüntüleri ve PET renkli olabilir. Röntgen ve BT'de koyu tonlar x-ışınını görece az alan bölgelerdir açık tonlar ise ışığını çok tutan bölgelerdir. MR'da kullanılan enerji farklı olduğundan tonların anlamları değişiktir. US' de ise açık tonlar sesin çok yankılandığı, koyu tonlar ise sesin az yankılandığı kesimleri temsil eder. (RG)' de ise görüntüler sintilasyonların(ışınların) karşılaştığı noktalarda oluşur (Tuncel, 2002: 6-7-8).

Görüntü oluşturma süreci radyolojik yöntemlerle vücudun içyapılarının görüntülenmesi fotoğraf çekimi ile çok yakın benzerlikler taşımaktadır. Fotoğraf çekiminde kullanılan enerji görünür bölge radyasyonu olan ışıktır. Görüntüleme aygıtı fotoğraf makinesidir. Görüntü fotoğraf filmi üzerine kaydedilir. Temel fizik olay ışığın yayılma ve yansıması prensibidir. Yüzümüze düşen ışık yüzümüzdeki yapılar tarafından

20 -Radyonüklid görüntüleme nükleer tıbbın bir diğer adıdır. Ve çekirdek ışını ile görüntüleme anlamına gelmektedir.

21 -Vücuda bellibir radyo aktif maddenin verildiği bölge de vücuttan yayılan ışınların fotoğraf filmine kayıt edilmesi ile oluşturulan görüntüleme işlemidir.

farklı oranlarda soğurulur ve dolayısıyla farklı oranlarda yansır. Fotoğrafımızı oluşturan bu yansıma farklılıklarıdır. Yansımaları kayıt eden gereç yani detektör ise fotoğraf makinesi içindeki filmidir. Radyolojik tanı yöntemlerinin görüntüleri de aynı ilkelere göre oluşturulur. Fakat fotoğraf çekiminde kullanılan ışık vücudun içyapılarını görüntülemeye etkili olmadığı için, vücuda nüfuz edebilen (penetran) bir enerji kullanmak gerekir. Bu enerji Röntgende ve BT' de x-ışını, MR' da manyetizma ve radyo frekansı, US 'de ses dalgaları, RG' de ise gama ışınlarıdır. Fotoğraf çekiminde saptanan ışığın yansıma farklılıklarıdır. Röntgende ve BT' de x-ışınlarının vücuda geçerken tutulma saçılma farklılıkları, MR' da hidrojen çekirdeklerinin verdikleri sinyalin genlik ve süre farklılıkları, US' de sesin doku yüzeyinden yansıma farklılıkları, RG' de ise dokuların radyonüklidi tutmalarındaki fark saptanır. Fotoğrafı üreten aygıt basitçe fotoğraf makinesidir. Röntgen BT, MR, US, Spect, PET aygıtları fotoğraf makinesinin karşılıklarıdır. Fotoğrafta detektör fotoğraf filmi, BT, MR ve RG' de sinyaller detektörlerle saptanır ve dijitalize edilir. US' de prop'taki eko algı ünitesi ile görüntü oluşturulur (Tuncel, 2009: 2-3). Görüntü oluşturma süreçleri her cihazın kullandığı enerji türüne göre değişiklik gösterir. Bu sistemlerin her biri sürekli gelişen teknoloji ile ilerletilerek en kaliteli görüntülerin oluşturulması için dizayn edilmektedir.

2.5-Radyoloji Kısa Tanım ve Tarihçe

1800'lerde atomun yapısı üzerine geliştirilen modern fizik çalışmaları kesin olarak radyoloji biliminin başlangıcı sayılabilir (Sedgwick, Tyler, 1939: 405). Atomun yapısında meydana gelen yapısal değişikliklerin sonucunda yayılan partiküller radyolojinin temelini oluşturur. Wilhelm Congrad Röntgen'in 1895'te x – ışınlarını keşfetmesi, ardından Fransız fizikçi Henry Becquerel (1852-1908) 1896'da uranyum tuzlarının kendiliğinden ışın²² yaydığını saptayarak doğal radyo aktiviteden söz etmesi ile radyo aktivite çağı başlamış oldu.

18. Yüzyıl ve daha öncesinde gelişmeye başlayan fizik ve kimya bilimleri, yetersiz ekipmanlar sebebiyle maddenin yapı taşına olan merakları gideremiyordu. Ama

22 -Heinrich becquerel, 1896'da uranyum tuzlarını fotoğraf plakları üzerine serip siyah bir örtü ile kapatmış ve tuzların ışın yayıp yaymadığını test etmiştir. Deney sonucunda tuzların ışın yayarak plaklar üzerinde iz bıraktığını gözlemiştir.

zamanla meydana gelen bilimsel ve teknolojik gelişimler 1800'lerin başlarında atomik modellerin oluşturulmasında önemli roller üstlendi. Jhon Dalton (1766-1844), ve Bohr (1885-1962) gibi bilim insanları atom modellerini geliştiren kişiler oldular.²³ Leucippus ve Demokritos maddenin boşluk ve doluluktan oluştuğunu ileri sürmüşlerdi (Birand, 1958: 27). John Dalton, Leucippus ve Demokritos'un atom felsefesinden yola çıkarak sabit oranlar kanunu²⁴ geliştirmeye yönelik çalışmaları başlatmış oldu fakat ortaya koyduğu teori yerine günümüzde modern atom teorisi kullanılmaktadır. Atomun yapısını irdelersek radyolojiyi daha iyi kavrayabiliriz.

Maddenin en küçük temel yapı taşı ve bölünemez olarak bilinirdi ve proton, nötron, elektronlardan oluştuğu düşünülmekteydi, fakat yapılan çalışmalar sonucunda atomun bölünebilir olduğuna dair kanıtlar ortaya çıkmıştır. 1838'de Uranyum-235 izotopunun²⁵ parçalanmasıyla atom altı parçacıkların var olabileceği anlaşılmıştır. Parçacık hızlandırıcıları²⁶ ile parçacıkların yaklaşık 300 kadarı keşfedilmiş durumdadır. Parçacıkların büyük bölümü son derece kararsız²⁷ ve kısa ömürlüdür. Atomun enerjisinin nasıl kütle kazandığı kesin olarak bilinmemektedir fakat 1960'da Nobel Ödüllü İngiliz fizikçi Peter Higgs (1929) teorik fizik çalışmaları sırasında atoma kütle kazandırdığına inandığı bir parçayı teorik olarak tanımlamıştı. Haziran 2012'de CERN²⁸'de yapılan proton-proton²⁹ çarpıştırma deneyi sonucunda atoma kütle

23 -Atom teorileri M.Ö. 400 de demokritos tarafından ortaya atılmış tarih boyu tartışılmıştır. 19. Yy'da yeni teoriler olusturulmaya başlanmıştır. Dalton Atom Modeli, Thomson Atom Modeli, Rutherford Atom Modeli Bohr Atom Modeli ve modern atom modeli olarak 5 ayrı kabul görmüş model mevcuttur.

24 -Bir bileşiği oluşturan elementlerin kütleleri arasında değişmeyen bir oran.

25- Proton sayısı aynı nötron sayısı farklı olan elementlere verilen addır.

26 -Parçacık hızlandırıcıları 1870'lerde İngiliz fizikçi Crooks tarafından bulunmuş bir (proton, elektron, nötron) parçacık hızlandırıcıdır. Bu yöntemle örneğin vakum tü içinde karşılıklı bulunan iki karbon çubuktan katot ta bulunan elektronların anot cubuğa doğru geçişi bir hızlandırıcı örneğidir.

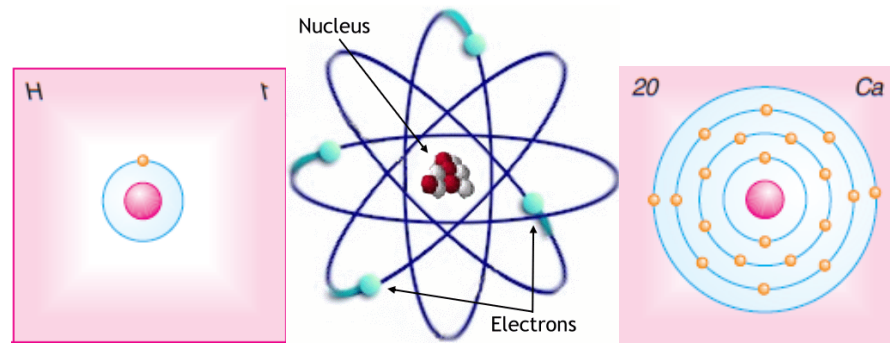
27 -Radyoaktif atom çekirdekleri kararsız çekirdeklerdir. Alfa, beta ve gama ışıması yaparak kararlı hale geçerler.

28 -İsviçre Cenevre'de kurulan CERN (Conseil European Pour La Recherche Nucleaire) 1954 yılında 12 üye ülkenin katılımı ile kurulmuştur. Yerin yaklaşık 100 m altında ve 26.7 km uzunluğunda ki yapıda 9600 süper mıknatis kullanılmaktadır.

29 -Hızlandırıcılar içerisinde iki ayrı proton demetinin hızlandırılarak bir noktada çarpıştırılmaları olayıdır. Bu deneyde protonlar parçalanarak alt parçacıklarına ulaşılma istenir.

kazandırdığına inanılan alt parçacığın yani Higgs bozonu³⁰'nun tespit edildiği belirtilmiştir (Ayan, 2012: 249).

Merkezde proton ve nötronlardan oluşan nükleus ve çevresinde yüksek hızlarda dolanan elektron orbitleri mevcuttur. Atom partiküllerinin sayı değerleri atomun niteliği hakkında bilgiler verir. Örneğin hidrojen elementi bir protona bir de elektrona sahip en hafif elementtir. Uranyum ise 92 adet protona ve 92 adet elektrona, 149'da nötrona sahip en ağır toprak elementtir. Bu uyumsuzluk da elementin son derece kararsız olmasının temel sebebidir.



Şekil -8 Atom.

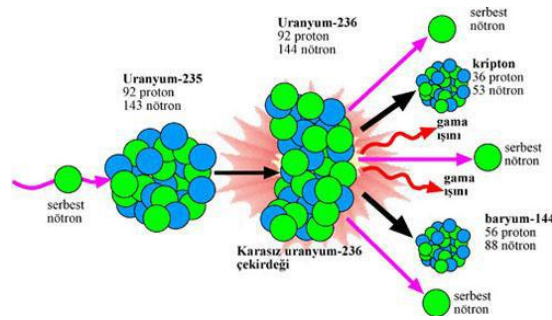
Her ne kadar atom da 300'den fazla parçacığın var olduğu belirlense de atomun davranışlarını yüzeysel yapı maddeleri olan proton, nötron ve elektronlar belirler. Proton, Atom çekirdeğindeki pozitif yüklü taneciktir(+). Karşı protonu³¹ ile vardır. Nötron, atom çekirdeğindeki yüksüz taneciktir(0). Karşı nötronu ile vardır. Elektron, atomun üst katmanlarındaki negatif yüklü taneciktir(-). Karşıt parçacığı olan pozitronu ile vardır (Söylemez, 2014: 67).

Atomik yapılar belirli enerji seviyelerine ulaştıklarında çeşitli ışınlara yayımlarlar. Bu duruma atomik ışınlama yani radyoaktivite denir. Radyo “ışın”, aktif “hareket halinde olma” kelimelerinin birleşiminden meydana gelir (Kumaş, 1996: 3). Atomun çekirdeğinden ya da yüksek enerji seviyesine ulaşmış elektronların yörünge

30- Peter Higgs tarafından ortaya atılan ve 2012 yılında keşf edilen bir atom altı parçacıktır. Higgs bozonunun özelliği maddeye kütle kazandırmasıdır.

31 -Karşıt parçacık, kütlesi aynı, yükü farklı olan maddelere denir. +,- işaretleri ile belirlenir.

atlamaları sonucunda meydana gelirler. Örneklendirmek gerekirse gamma ışınları çekirdeğin merkezinden yayınlanır. Bilinen atom bombası düzeneğinde çekirdek tepkimesi buna örnektir. X-ışınları ve görünür bölge ışınları elektronların orbit değiştirmeleri olayı esnasında gerçekleşir. Lamba ışığı röntgen ışığı elektronlardan yayınlanan ışınlar birer örnektir. Çekirdeğin proton ve nötron değerlerinin farklı olması durumunda çekirdek kararsız duruma geçer, kararsız olan çekirdekte ısı yayılımı meydana gelir. Böylece çekirdek durumunu dengelemeye doğru ilerler ve yarılanma ömrü denilen bir çeşit zamansal sürece girer. Tepkimeler ya da yapısal bazı değişiklikler sonucunda atom daha kararlı hale gelir ve ısı yayılımı sona erer.

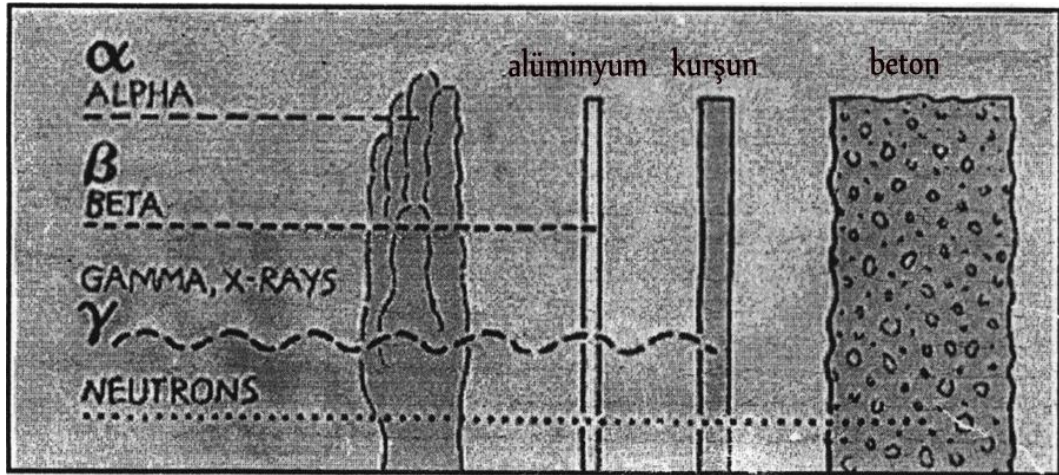


Şekil -9 Nötron Bombardmanı, (2012).

Fotoğrafta 92 atom numaralı uranyum çekirdeği nötron bombardımanına tutularak tepkimeye sokulması temsil edilmektedir (Bkz. Şekil -9). Kütle değeri bir atan çekirdek daha kararsız hale gelerek parçalanır bu parçalanma sonucunda daha düşük yapıda çekirdekler meydana gelir ve yarılanma denilen süreç hızlanır. Burada verilen örnek bir çeşit füzyon³² bombardımanına örnektir.

Elektronların dansı esnasında meydana gelen x-ışınlarının oluşumu ise atomun merkezinde meydana gelmez fakat girişim seviyeleri en az gama ışınları kadar yüksektir ve yüksek yoğunluktaki kurşun ya da beton yalnızca bu ışınları engellerler.

32- Füzyon çekirdek birleşmesi.



Şekil -10 Bazı Maddelerin Işık Geçirgenliği.

2.5.1- Diagnostik Radyoloji:

Diyagnostik (tanımlama) radyoloji terimiyle tıbbın önemli bir dalı haline gelen ışın bilimi 1900’lü yıllarda kabul görmüş en önemli keşiflerinden biridir. Gelişimi oldukça sancılı olan bu bilim dalı yaşanan problemleri ³³aksine insan yaşamı için gerekli en önemli teknolojilerden biri haline geldi. Ve gelişimi sürekli olarak ilerlemektedir.

Röntgen ışınları bu çalışmaların temeli sayılmaktadır. Daha sonraları değişik enerji türlerinin kullanıldığı farklı fizik prensiplerine dayanan yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemler; bilgisayar ve x-ışını teknolojisinin birleşmesiyle oluşan Bilgisayarlı Tomografi (BT). Hidrojen çekirdeklerinden veri toplayan Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG) sesin yankılarından görüntü oluşturan Ultrasonografi(US) ve vücuda verilen radyoaktif madde ışınlarının saptanması temeline dayanan Radyonüklid Görüntüleme (RG)’dir. Bu yöntemlerle oluşturulan görüntüler organizmanın iç yapılarının radyolojik izdüşümleridir. Radyolojik tanı yöntemlerinin her biri organizmanın görüntüsünü, farklı fizik kurallar kullanarak elde eder. Bu tanı

33- Radyo aktivitenin keşfi ve x-ışınları canlı dokular üzerinde yaptığı tahribata, kansere bağlı ölümlere atfen değinilmiştir.

yöntemlerinde kullanılan enerji türü enerjinin moleküler yapılarla etkileşim şekline, görüntülerin türüne, verilerin görüntüye çevrilme teknolojisine ve oluşan görüntülerin gösterim şekillerine göre sınıflandırılmaktadırlar (Tuncel, 2009: 2-3). Böylelikle lezyon hasarları tespit edilir. Ve ona göre bir tedavi şekli geliştirilir. Genellikle birbirlerinin tamamlayıcılarıdır.

Diagnostik radyoloji için en önemli etmenler kullanılan enerji türleridir. Işın, radyo frekansı ve ses bu enstrümanların neliği, niteliği radyografi için çok önemlidir.

2.6- Analog Görüntüleme Sistemleri:

Analog radyolojik görüntüleme sistemlerinde asıl öge çift emisyonlu ekran ve film sistemidir. Film hızına göre salınım zamanı belirlenir. Bu sistem yaklaşık elli yıldır, film sistemlerinde kalsiyum tungstat yerine nadir toprak elementi olan fosforun X-ışınlarını absorbe etmesi için kullanılmaktadır. Çünkü fosforun X-ışını absorpsiyon süresi oldukça kısadır ve etkilidir (Doi, 2006: 6-14). Bunun sonucunda da daha kaliteli görüntüler elde edilmektedir. Röntgen cihazlarından gönderilen x ışınları direkt olarak filmi etkiler ve görüntüyü oluşturur. Flüoroskopi cihazında ise gönderilen x-ışınları canlı dokuyu geçip flüoroskopi (ranforsatör) ekranına düşer. Burada flüoru parıldatır bu parlama filmi etkiler ve görüntüyü oluşturur. Buradaki parıldamalar ultraviyole ışınlarıdır. Dijital röntgen, BT, MR, US ve RN görüntüleme sistemlerine bilgisayar destekli üniteler kullanılmaktadır.

2.6.1- Filmler

Radyolojik filmler tıpkı fotoğraf filmleri gibi ışığa duyarlı emisyon sürülen camlardan yada plastik malzemelerden yapılırlar. Emisyon üzerine düşürülen ışıqla negatif görüntü elde edilir. Bu görüntüler flüoresan ekranda dikkatle bakılarak tanımlanır. Röntgen filmlerinde fotoğraf filmleri gibi bayatlayıp bozunabilirler, bu sebeple filmlerin korunması önemlidir.

Röntgen filmleri yaklaşık 0-25 mm kalınlığındadırlar, tek ya da çift emisyonlu tabakalar olarak çeşitlenirler tabaka kalınlıkları kendi içindeki farklı katmanlardan meydana gelmektedir (Ceydeli, 2000: 40).

1-Üst koruyucu tabaka

2-Emülsiyon tabaka

3- Alt tabaka

4- Destek ara tabaka

Film geliştirme teknolojileri sayesinde daha ince daha dayanıklı ince filmler geliştirilmektedir.

2.6.1.1- Üst Tabaka

Üst tabakanın kullanım amacı filmi darbelerden korumaktır. Jelâtin den yapılmıştır. Filmin elektriklenmesini ve lekelenmeyi engeller. Jelatin yapı ilginç maddelerin eritilmesiyle yapılır, bunlar hayvan tırnakları, kıkırdakları ve kemiklerin kaynatılması ile elde edilir. Bu madde ısındığında akışkan bir hal alır ve soğumaya bırakıldığında ise transparan bir yapıya dönüşür ve ışınların kolaylıkla geçebildiği şeffaf bir yüzey haline gelir. Emisyonun homojen yayılım kazanmasına ve banyo işleminde kristallerin reaksiyona uğramasına engel teşkil etmez

2.6.1.2- Emülsiyon Tabaka

Görüntü bu tabakaya kimyasal yollarla işlenmiş olur alt ve üst tabaka arasında yer alır. Ve 5-25 mikro milim kalınlığındadır %95 gümüş bromür ve %5 gümüş iyot içerir filmlerin kalitesi, hızı, kontrast ve çözünürlük özellikleri gümüş bromür kristallerinin büyüklüğüne göre değişiklik gösterir. Ve asa değerleri buna göre belirlenir. Tabakalar çift ve tek olarak ikiye ayrılır. Çift tabakalar aynı yapıda üretilirler ve avantajları tek tabakalı olan filmlere göre daha fazladır çözünürlük ve kontrast değerleri daha yüksektir. Ve ayrıca kullanılan x- ışını miktarı daha azdır. Buda kimyasal dejenerasyonu azaltıcı etkiye sahiptir.

Emisyon değerleri fotoğraf filmindeki gibi asa değerlerine sahiptir. Ekstremitelerde yüksek asalı filmler tercih edilirken yumuşak dokularda düşük asa değerleri kullanılmaktadır.

2.6.1.3- Alt Tabaka

Alt tabaka emülsiyon tabakanın destek tabaka üzerinde durabilmesini sağlar. Bu tabaka çift emülsiyonlu filmlerde destek tabakanın her iki yüzeyinde de bulunur. Alt tabaka aseton, sulu jelâtinin ve selüloz esterinin karışımlarından elde edilir.

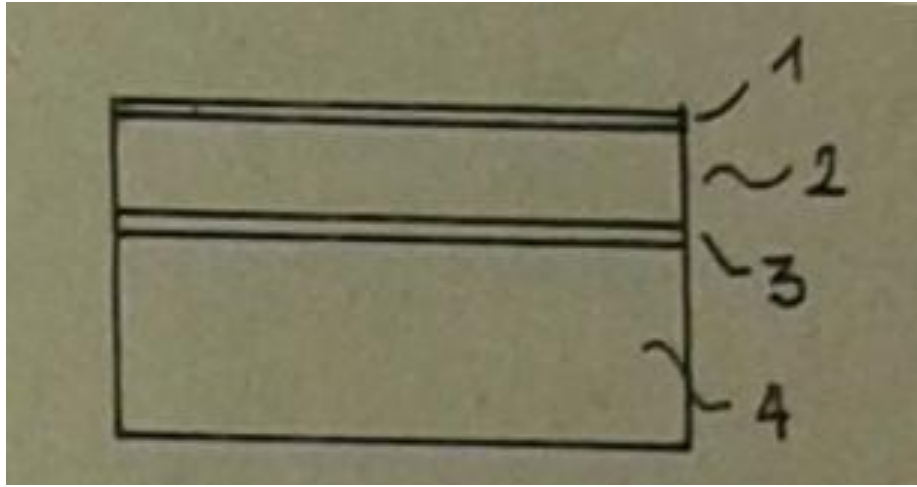
2.6.1.4- Destek Tabaka

Base tabaka filmin en kalın tabakasını oluşturur 150-250 mikro milimdir. Filmin iskelet tabakasını oluşturur. Filmin diğer yapıları bu temel yapı etrafında şekillenir. Bu yapı sağlam dayanıklı eğilme bükülmeler den zarar görmeyecek malzemelerden yapılırlar. Hafif mavi renkle renklendirilirler x-ışınlarını tamamen geçirme özelliğine sahiptir (Ceydeli, 2000: 41-42).

2.6.2- Radyografi Film Türleri

Radyografi film türleri ikiye ayrılırlar, ranforsatörlü ve ranforsatörsüz filmler. Ranforsatörler, üzerlerine sürülen lüminesans (aydınlanmış) bir maddenin ışıık fotonları yayması prensibine bağlı olarak işlev görür. X-ışını direkt röntgen filmini etkilemesi için yüksek dozda verilmesi gereklidir. Fakat ranforsatör aracılığı ile bu miktar azaltılabilmektedir. Ranforsatör üzerine sürülen maddenin uyarıcılığına göre değişir. İşlem iyonizan radyasyonun etkilemesi ile oluşur. Fakat gelişen teknoloji ile birlikte kullanılan malzeme niteliği de değişmiştir. Sezyum iyodit, baryum floroklorit, baryum stronsiyum sülfat yitrium, gadolinyum gibi elementler ve bileşikler kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntemin asıl amacı az sayıda x-ışını ile çok sayıda noniyonizan radyasyon üretmektir.

Ranforsatörler duyarlılıkları bakımından üç türdürler: 1-çok duyarlı (100), 2-orta derece duyarlı (50), 3- az duyarlı (35) olarak ayrılırlar. Az duyarlı ranforsatörde detay daha fazladır. Kristal büyüklüğü burada etkili olan faktördür. En küçük kristal bir mikron büyüklüğündedir. Bunun ise ince detay verebilme yeteneği filmlere göre daha düşüktür (Güleç, 1995: 123-126).



Şekil -11 Ranforsatörün Yapısı:1- koruyucu tabaka, 2 fosfor tabaka, 3- yansıtıcı tabaka, 4-destek tabaka, (1995).

Ranforsatör film değil yalnızca x-ışını uyarılmasıyla ışın yayan kristallere sahip geçici aydınlatma plağıdır. Ranforsatör ve film birbirine sıkıca birleştirilerek kasete yerleştirilirler. Ve aracılı film çekim yöntemi gerçekleşir. Ölçüler standart değerlerde yükselir. 18x24 cm, 24x30 cm, 35x35 cm, 30x40 cm, ve 35x43 cm boyutlarındaki filmler sıklıkla kullanılanlarıdır.

Ranforsatörsüz (aracısız) filmler, bu filmler x ışınlarına direkt olarak maruz kalan filmlerdir. Film asa değeri yüksektir. Özellikle extremite (kemik) de müthiş detaylı sonuçlar verir. Bu filmler görüntü oluşturabilmek için yüksek dozda x-ışınına ihtiyaç duyarlar bu sebeple kullanımları giderek azalmaktadır.

2.6.3- Renk Hassasiyetlerine Göre Filmler

Monokromatik, tek renge duyarlı filmler mavi yada yeşile duyarlı filmlerdir. Ortokromatik filmler, hem mavi hemde yeşil ışığa duyarlı filmlerdir. Pankromatik filmler, tüm ışıklara duyarlı filmlerdir.

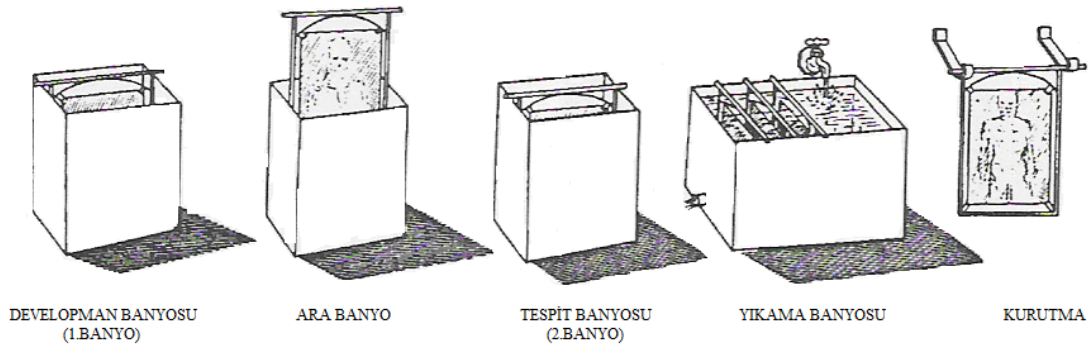
Film çeşitlerinde radyoloji departmanına özgü bir film yoktur filmler tamamen fotoğraf filmi mantığında üretilirler.

2.6.4-Tıbbi Film Banyo Yöntemleri

Radyografiler ışınlanmış emisyonlu filmlerin karanlık odada banyo etme yöntemiyle elde edilir. İşlem fotoğraf filmi yıkama tekniğiyle birebir benzerdir. Yıkama sıralaması baştan sona alttaki gibidir.

1. Işınlanma
2. Geliştirme banyosu
3. Durdurma banyosu
4. Sabitleme banyosu
5. Yıkama banyosu
6. Kurutma

Vücudu geçen x-ışınları, üzerine gümüş bromür (AgBr) emülsiyonu sürülmüş plastik bir yapraktan ibaret olan röntgen filmi üzerine, ya doğrudan ya da Flüoresans özellikteki bir levha aracılığıyla, ultraviyole ışığı şeklinde düşürülür. Görülebilir ışığın fotoğraf plağında yaptığı değişiklikten farksız olan etki, x-ışını veya ultraviyole ışığı alan AgBr moleküllerindeki bağlarının gevşemesidir. Böyle bir film bazı kimyasal solüsyonlarla karşılaştırılırsa, etkilenen moleküllerdeki gümüş ve brom birbirlerinden kolayca ayrılır. İşlem geliştirici banyosunda gerçekleşir, yaklaşık 4 dakika durdurulması gereklidir. Buradan durdurucu banyosuna alınır bromürlerinden ayrılarak tek kalan gümüş oksitlenerek röntgenogramlar üzerindeki siyah kesimleri oluşturur. İşlem 15-20 saniye sürmektedir Buradan sonra sabitleme banyosuna alınır yaklaşık 5 dakika kadar bekletilir, bu işlem sonucunda film üzerinde ki kimyasal bozunma sürecinin son bulmasını sağlar ve gün ışığından yada diğer görünmez ışıklardan etkilenmeyecek hale gelir. Bundan sonraki süreç yıkama ve kurutmadır. Yıkama normal çeşme suyu ile yapılır kurutma ise film kurutma makinelerinde hassas yöntemlerle gerçekleştirilir (Bkz. Çizim -6), (Sandstörn, 2003:111-112). Bu işleme “film processing” (film banyosu) adı verilir. Yani kısaca röntgenogramlardaki görüntü, okside olmuş gümüş tarafından oluşturulmaktadır.

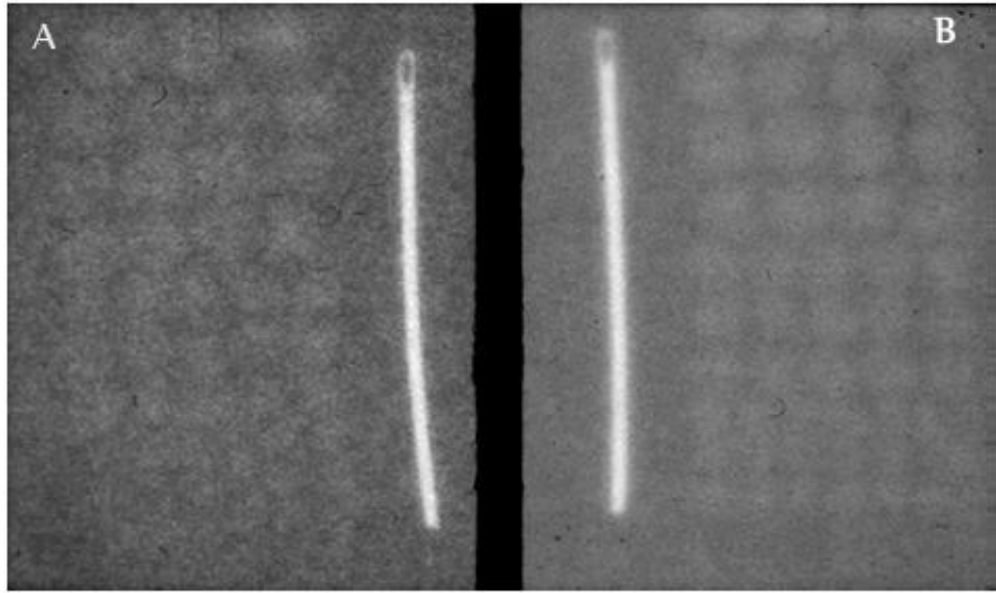


Çizim -7 Banyo İşlem Sırası, (2011).

2.6.5- Görüntülerin kalitesi

Radyolojik görüntülerin teknik kaliteleri önemlidir. Yıkama sırasında meydana gelebilecek olumsuzluklar kaliteyi doğrudan etkiler. Yöntemlerin hassasiyeti önemli bir meseledir. Teknik kalite kullanılan enerjinin intensitesi (şiddet ve yoğunluğu) ile orantılı olarak artar. (Röntgen ve BT’ de ışın dozu, MR ’da inceleme süresi, US’ de sesin şiddeti).

Radyolojik inceleme sonuçlarının güvenilir şekilde tanımlanabilmesinde görüntü kalitesi önemli yer tutar. 1950’lerde röntgen filmlerinin kalitesindeki muğlâk tavrı tanımlamayı zorlaştırıyordu. Ancak sorun uzamsal çözünürlüğün ve görüntü noiselerini azaltıcı tekniklerin kullanılmasıyla ortadan kalkmış oldu. Fizikçi Rossman bu sorunların karmaşık etkilerini farklı iki tür perde/film sistemi geliştirerek çözümlenmiştir.



Radyogram -1 “A” Grenli Doku, “B” Soft Doku, (2006).

Üstteki fotoğrafta bir iğne ve boncuk dizisi yer almaktadır (resimdeki iğne safran taşı, boncuklarsa kan hücrelerini temsil etmektedir) (Bkz. Radyogram -1). Fotoğraf A yavaş perde³⁴ ve hızlı film yöntemiyle kaydedilmiş, B ise hızlı perde, düşük film yöntemiyle kaydedilmiştir. Bu sebeptendir ki resim A 'da ki iğne keskin fakat belirgin, boncuklar ise noiseli ve belirsizdirler, resim B de ise iğne net değildir fakat boncukların görünüşü daha yuvarlak ve temizdir. Böylece resim A 'da iğne net ve tanımlanabilir olarak görülmekte iken resim B 'de de boncuklar daha belirgin ve tanımlanabilir olarak görünmektedirler. Bu sonuca göre ima edilmek istenen durum tek bir yöntem ile (taş, hücre, yağ dokusu gibi) organellerin nitelikli ve kaliteli sonuçlara ulaşılmasının zor olacağıdır. Bu radyoloji tarihindeki görsel kalitesinin ayırt edilişi deneyi, daha kaliteli doğru ve yararlı sonuçlar üretebilmek için farklı yöntem ve tekniklerin uygulanmasının önemini arz etmektedir (Rossman, 2000:113). Burada kontrast ve görüntünün çözünürlüğü seviyesine vurgu yapılmıştır. Kontrast ve çözünürlük görüntü niteliği için önemli iki tür etmendir.

34 -Röntgen çekimlerinde perde sistemi kullanılmaz ışın gönderim süresi vardır. Hızlı pozlama terimi ile filmin asa değeri anlatılmak istenmiştir.

2.6.5.1- Kontrast

Kontrast, görüntüdeki gri ölçek farklılıklarıdır. Her yöntem için ihtiyaç duyulan nitelikte kontrast oluşturulur. X-ışını görüntülemeye kontrastı belirleyen temel ölçüt elektron yoğunluğudur. Vücut yoğunluğu ve atom numarasınca elektron yoğunluğu belirlenir. Işık demetinin niteliği ve niceliği kontrastı belirler. Manyetik rezonanstaki öncelikli ölçüt proton yoğunluğu ve protonların relaksasyonu(rahatlama) süreleridir. Proton yoğunluğu vücutta farklıdır. Yağ dokularda en yüksek kontrastı sağlar. US’ de kontrast başlıca dokunun akustik özellikleri ile belirlenir. Yani kontrastın nedeni sesin hareketidir. RG’ de kontrast, dokuların radyofarmasötik tutma eğilimine bağlıdır. Bir yapı çevresine nazaran ne kadar çok radyofarmasötik tutuyorsa kontrastı o kadar çok yüksektir.

2.6.5.2- Çözümleme

Bir görüntüleme sisteminin ayrıntı gösterebilme yeteneğidir. Uzaysal çözümleme ve kontrast çözümleme olarak iki şekilde ifade edilir. Daha küçük detaylı yapıları ayrıntılı gösterebilen yöntem uzaysal (geometrik) çözümlemedir. Uzaysal görüntülemenin temel bileşeni enerjinin dalga boyudur, dalga boyu ne kadar küçükse o kadar çözümleme artar. Fakat dalga boyu spektrumdaki yerinden daha küçük ebatlara iniyor ise görüntü elde edilemez.

2.7- Bilgisayar

Abaküsün baz alındığı hesaplama aleti bilgisayar, kendisine girilen bilgileri hızlı bir şekilde işleyen, aritmetik ve mantıksal işlemleri otomatik olarak yapan ve bu işlemlerden yeni bilgiler elde eden, elektronik bir makinedir (Taş, 2012: 85). 1940’lı yıllarda bir ev büyüklüğünde inşa edilen ilk bilgisayar yaklaşık yarım asırda mikro boyutlara kadar indirgenebilmiştir.

Aslında çalışma sistemleri oldukça basittir fakat işlemlerin karmaşıklığı bilgisayarı kavranmasını güç bir durum haline getirmektedir. Bizler günlük hayatta parmak sayma sistemini kullanırız yani 10’luk sistem (digit-0-9). Bilgisayarlar ise 2’lik

sistemi yani binary sistemi kullanılır (Bkz. Şekil -12). Bu sisteme göre sıfır sıfır'dır, bir'de bir'dir fakat burada 10'luk sistemin sonundaki sayı ile doğrudan bir ilişki vardır.

ikili sistem organizasyonu			on'un gücü, iki'nin gücü , binary notasyonu		
onluk sistem	binary eşitlik	binary sistem	on'un gücü	iki'nin gücü	binary notasyonu
0	0	0	$10^0 = 1$	$2^0 = 1$	1
1	2^0	1	$10^1 = 10$	$2^1 = 2$	10
2	$2^1 + 0$	10	$10^2 = 100$	$2^2 = 4$	100
3	$2^1 + 2^0$	11	$10^3 = 1000$	$2^3 = 8$	1000
4	$2^2 + 0 + 0$	100	$10^4 = 10,000$	$2^4 = 16$	10000
5	$2^2 + 0 + 2^0$	101	$10^5 = 100,000$	$2^5 = 32$	100000
6	$2^2 + 2^1 + 0$	110	$10^6 = 1,000,000$	$2^6 = 64$	1000000
7	$2^2 + 2^1 + 2^0$	111		$2^7 = 128$	
8	$2^3 + 0 + 0 + 0$	1000		$2^8 = 256$	
9	$2^3 + 0 + 0 + 2^0$	1001		$2^9 = 512$	
10	$2^3 + 0 + 2^1 + 0$	1010		$2^{10} = 1024$	
11	$2^3 + 0 + 2^1 + 2^0$	1011		$2^{12} = 4096$	
12	$2^3 + 2^2 + 0 + 0$	1100		$2^{14} = 16,384$	
13	$2^3 + 2^2 + 0 + 2^0$	1101		$2^{16} = 65,536$	
14	$2^3 + 2^2 + 2^1 + 0$	1110			
15	$2^3 + 2^2 + 2^1 + 2^{1+0}$	1111			
16	$2^4 + 0 + 0 + 0 + 0$	10000			

Tablo 3-4 Sayı Sistemleri, (2013).

On'un gücü, iki'nin gücünü tanımlar. İki'nin gücü ise radyolojik görüntülemeye görüntünün boyutunu tanımlamada, gri skala derinliği ve görüntünün depolama kapasitesi için kullanılmaktadır. Nihai olarak söylemek gerekirse bilgisayarlar, yalnızca 0 ve 1'i anlarlar yani ikili sayma sistemidir ve bütün yazılımlar bu ikili sistem üzerinden ilerler (Bushong, 2013: 268-270-271).

Bilgisayar "bit" adı verilen bellek noktalarına depolama işlemlerini yapar. Binary sistem burada da etkilidir. Bir Byte 8Bit'ten oluşur, 1024 Byte bir Kilobyte'ı oluşturur. Bu bileşenler bilgisayarın depolama kapasitesini oluşturur. Ve işlemler kodlama yöntemiyle kaydedilirler.

8 Bit = 1 Byte

1024 Byte = 1 Kilobyte (KB)

1024 Kilobyte = 1 Megabyte (MB)

1024 Megabyte = 1 Gigabyte (GB)

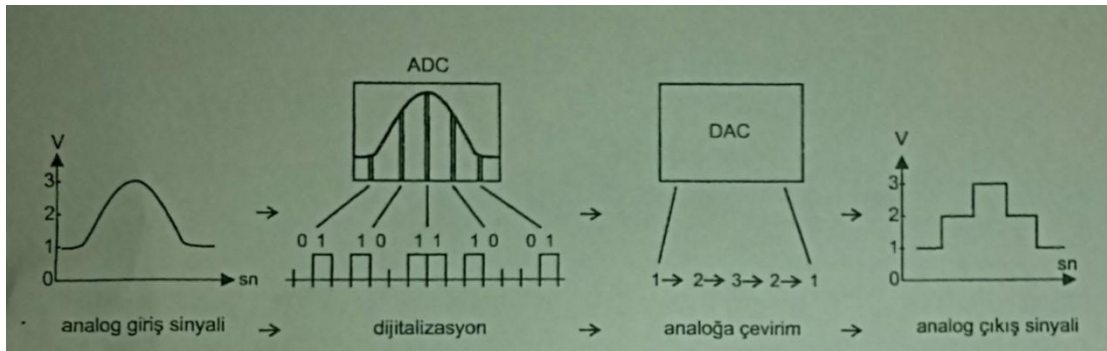
1024 Gigabyte = 1 Terabyte (TB)

Çok çeşitli depolama sistemleri vardır ve çok yüksek hızlarda bilgileri yükleyen veri tabanları geliştirilmiştir. Bu sistemler yazılımlarına göre verilerini kodlar ses, görüntü, belge ya da kaydedilebilecek türde her veriyi kaydederler.

2.7.1-Radyolojide Dijital Çağ

Bilgisayar teknolojilerinin gelişimi her alanda olduğu gibi röntgenleme alanlarında da etkin rol oynamaktadır. İlk olarak 1970’li yıllarda RG görüntüleme yöntemleri ile kullanıma başlanmıştır. Daha sonraları röntgen çekim tekniklerinin geliştirilmesiyle dijital radyografinin, bilgisayarlı tomografinin (BT) de ve MR’ın önemli bir bileşeni haline gelmiştir. Bilgisayarların katkısı şüphesiz çok fazladır. Dijital manüplasyon olanakları, depolama, imgesel analiz ve yeniden yapılandırma gibi kolaylıklar sağlamaktadır (Carver ve Carver, 2012: 3-4). Dijitalize etme aşamasında her disiplinin kendine özgü çalışma prensibi vardır. Işığın, sesin ve radyo dalgalarının uzunluk, genliğine göre örneklendirilerek sayısallaştırılırlar. Bu sayısal veriyi dönüştürme işlemi, analog görüntüyü dijital görüntüye çeviren bir programla gerçekleşir.

Işığın, sesin ve radyo dalgalarının sürekli olmaları görüntülemenin sürekli kayıt edildiği anlamına gelmemektedir. Ara zamanlarda yapılan örneklemler ile kayıt işlemi gerçekleşmektedir. Bu işlemler son derece hızlı çalışan sistemlerin ürünleridir bu sebeple kullanılan bilgisayar teknolojileri de bu işlemleri gerçekleştirebilecek güçte makinelerdir. Şöyle bir örnek vermek gerekirse dalga formundaki bir sinyalin doğru bir şekilde örneklendirilebilmesi için dalganın ilki tepesi ikincisi en küçük yeri olmak şartı ile en az iki noktadan ölçüm gerekir dolayısıyla örnekleme hızı, örneklenecek dalganın frekansının en az iki misli olmak zorundadır (Tuncel, 2002: 10).

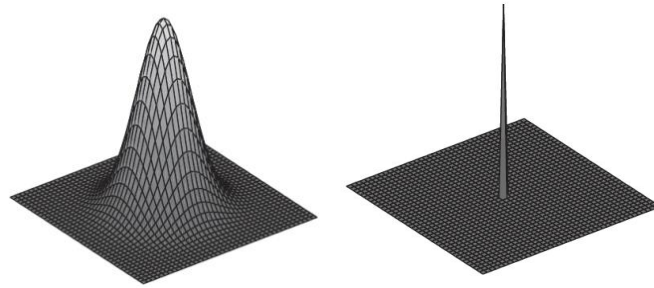


Şekil -12 Dijital Görüntü Oluşturma Parametreleri, (2002).

Röntgenomları dijital versiyona çevirme işlemi var olan görüntülerin depolanması veya elektronik ortamda iletimlerinin sağlanabilmesi için çok önemli bir işlemdir. Bunun için röntgenogramlar ince bir lazer ışın demetiyle taranır ve filmi geçen ışınların yoğunluğuna göre dijital sinyallere dönüştürülür.

2.7.2- Dijital Görüntü İşlemleri

Bilgisayarların görüntü işlemede ki rolleri oldukça fazladır. Bilgisayarlar görüntülerdeki bilgileri faydalı hale getirecek nitelikte işleme tabi tutmaktadırlar. Fakat görüntünün taşıdığı bilgiyi artırmazlar; örneğin işlem esnasın da görsel içerisinde olmayan bir veriyi oluşturmaz. Yani dijital radyografide 12 Bitlik bir alanın 4096'lık bir gri skala alanı kullanması olasıdır. Fakat bu seviye düşüktür bunun fiziksel olarak insan gözü tarafından algılanması mümkün değildir. Bu nedenle görsel noktacıları yüksek kontrasta tabi tutulur ve görselin algılanabilir boyuta ulaşması sağlanır. Tabi bu işlemler görüntülenecek olan bölgenin dokusal özelliklerine göre ve kullanılan enerji türünün niteliğine göre belirli değerler girilerek yapılır (Suetens, 2009: 4). MR ve BT gibi görüntü sağlayıcılardan kesit düzlemler yapılabilir, ayrıca üç boyutlu görüntü tasarımları da gerçekleştirilebilir. Anatomik görüntüleri yetersiz olarak yansıtan PET görüntüleri ile BT görüntüleri birleştirilerek daha işlevsel görüntülerin elde edilmesi sağlanır (Tuncel, 2009: 13). Bu işleme yöntemleri photoshop mantığından daha basit birkaç teknik işlem ile sınırlıdır. Görüntüler makinenin bağlı olduğu ana bilgisayardaki işlem destekleyici üniteler aracılığı ile yapılmaktadır.



Radyogram -2 İşlenmiş ve İşlenmemiş Görüntü, (2006).

Gerçek görüntü de, çekim esnasında meydana gelen saçılmalar yada aşırı pozlandırma gibi (fotoğraf görüntüsünde ışık patlaması olarak tabir edilen) fazla ışık alma durumu meydana gelmiştir (Bkz. Radyogram -2). Görüntünün altındaki grafik bu görüntüdeki piksel yayılımı temsil etmektedir. İşlenmiş görüntüde ise kontrast yöntemi ile saçılmalar engellenmiş ve daha temiz bir görüş sağlanmıştır. Grafikten de anlaşılacağı gibi beyaz alanlar tek bir noktaya kadar indirgenmiş ve böylece daha noktasal bir ifade elde edilmiştir. Görsellerin işlenmesinde kullanılan diğer yöntemlerde

renklendirme çalışmalarıdır. Özellikle ultrasonografide ve radyonüklid görüntülemelerde renkli alanlar oluşturularak görselin tanımlanmasında kolaylık sağlanmaktadır.

2.7.3- Görüntülerin Gösterimi

Bazı cihazlar direkt olarak enerji verilerini monitörize ederler. Bu işlemler bilgisayarın işlem merkezinde analogdan dijitale dönüşümü gerçekleştirmesi sonucunda yapılırlar. Ekran kalibrasyonu görüntünün niteliğini etkileyeceğinden kalibre ayarlar bakım sonrası yinelenmektedir. Diğer yöntem ise en bilindik olan filmlerdir. Görüntü banyo işlemlerinden sonra gözle görülebilir hale gelmektedir.

2.7.4- Görüntülerin Depolanması

Görsel arşivleme ve toplama sistemi, (PACS) bu yöntem 1980’lerde radyoloji komitesi tarafından oluşturulan internet ağı ve veri yönetim merkezidir. Böylelikle dijital depolamanın alt yapısı kurulmuş oldu (Huang, 2004: xxxix). Geliştirilen depolama sistemi gelişmiş sağlık kurumlarında uygulanmaktadır. Analog görüntüler de banyo edildikten sonra güneşten korundukları sürece uzunca yıllar saklanabilmektedir.

2.8- Wilhelm Conrad Röntgen’in Hayatı ve Bilimi



Fotoğraf -11 Wilhelm Conrad Röntgen, (1904).

Newton'dan sonra ışın bilimi üzerine atılmış adımlardan en mükemmeli X-ışınlarının keşfi sayılabilir. Röntgen ışınları diğer bir tabirle X-ışınlarının keşfi, 8-Kasım 1895 yılının tarihe geçen ve Wilhelm Congrad Röntgen'e Nobel ödülünü getiren buluş olmuştur.



Fotoğraf -12 Röntgenin Laboratuvarı, (1900).

Wilhelm Congrad Röntgen 1845 yılında Lennep Almanya'da dünyaya geldi. 20 yaşında Zürih'te Eidgenössisches Polytechnikum Okulu'na kabul edilmiş, burada termodinamiğin babası sayılan Clausi'un fizik derslerine katılmıştır. Buradan makine mühendisliği diplomasıyla mezun olan Röntgen, eğitiminin tamam olduğuna emin olmamış ve daha sonra Profesör August Kundt'un (1839-1894) deneysel fizik derslerine katılmaya başlamıştır (Hennig, 1995:1-2). 1874'te Strasbourg Kalser Üniversitesi'ne geçerek Doçent, 1879'da ise Glessen Hessian Üniversitesi'ne atanarak Fizik Profesörü olmuştur. 1888 yılında Würzburg Üniversitesi'ne geçen Röntgen, X-ışınlarını 8 Kasım 1895'te bu Üniversitede çalışırken bulmuştur. O tarihte Röntgen; bir Crooks³⁵ tüpünü indüksiyon bobinine bağlayarak, tüpten yüksek gerilimli elektrik akımı geçirdiğinde, tüpten oldukça uzakta durmakta olan cam bir kavanoz içindeki baryumlu platinosiyannür kristallerinde bir takım pırıltıların oluştuğunu gözlemiş; bu tür pırıltılara neden olan ışınlara, ne olduklarını tanımlayamadığı için "X-ışınları" adını vermiştir. Tüpten yüksek

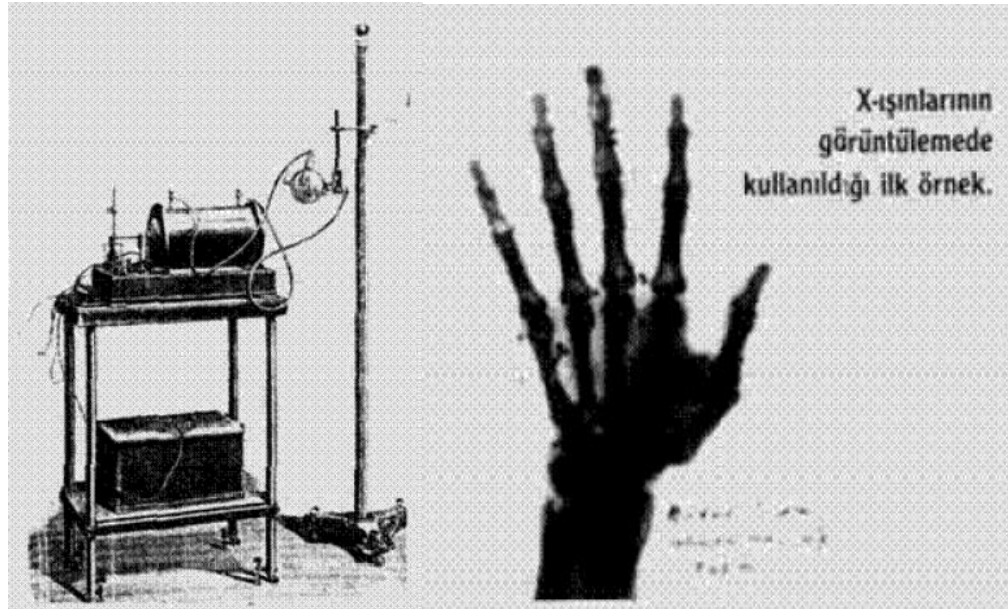
35 -X- ışını üreten katod tüpü William Crooks tarafından icat edilmiştir.

gerilimli akım geçirildiğinde karşısındaki ekranda parıldamalar oluşturan ışınların değişik cisimleri, farklı derecelerde geçebildiği, kurşun plaklar tarafından ise tutulduğunu gözleyen Röntgen, eliyle tuttuğu kurşun levhaların ekrandaki gölgesini incelerken kendi parmak kemiklerinin gölgelerini de fark etti. Bu olay üzerine, içinde fotoğraf plağı bulunan bir kasetin üzerine karısının elini yerleştirerek parmak kemiklerinin ve yüzüğünün görüntüsünü elde etmiştir. Röntgen, tespitlerini ve bu yöntemle elde ettiği görüntüleri ilk olarak 28 Aralık 1895'te Würzburg Fiziksel Tıp akademisine sunmuş, bu buluşla birlikte aynı yıl içinde günümüzdekilerle kıyaslanamayacak ölçüde, basit ilk röntgen cihazları imal edilmiştir (Narayanan, 2005: 2-3).

Röntgen, eşi Anne'nin ölümü ardından 10 Şubat 1923'de 78 yaşında ölmüştür (Arslan, 2010: 4). Ölüm sebebi olarak rektum kanserinin neden olduğu belirtilmektedir. Röntgen'in X-ışınlarını keşfi, bilim çevresinde çok büyük yankılar uyandırırken yeni gelişmelere de önderlik etmiştir.



Fotoğraf -13 Göğüs Grafisi Çekim Denemesi, (1907).



Fotoğraf -14 İlk Röntgen Cihazı ve İlk Radyografi Denemesi, (1896).

2.8.1- X-Işınları

Bahsettiğimiz X-ışınları Kabul edilmelidir ki oldukça gizemlidirler. Keşfi tamamen tesadüfi değildir fakat görülemeyen bu ışınlar hissetmediğimiz bir rüzgar dalgasının daldaki yaprağı titreştirmesi gibidir. Işınlardan her biri özel noktalardan yayınlanırlar. X-ışınları, ultraviyole ve gama ışınları arasında 10-0.01 nm aralığındadır. X-ışını tüpü yüksek voltajlı bir tüptür. Pratikte iki çeşittirler gaz tüpü ve coolidge tüpü, bu tüpler X-ışını üreten farklı teknik materyallerdir. Gaz tüpü, içi tamamen vakumlanmış camdan bir ampul görünümündedir. İçi son derece düzenli bir şekilde dizayn edilmiştir. Tüp içerisinde, elektrik yüklendiğinde elektron salıcı bir katod, hızlanarak salınmış elektronları karşılayan bir kesik uç ya da dönen bir düzeneğe sahip anod bulunmaktadır. Devre basit haliyle böyle dizayn edilmiştir (Noman, 1917: 24-25). Hızlanan elektronlar anoda çarparak enerji kaybederler bu kaybolan enerjinin küçük bir kısmı X-ışınlarına dönüşürken geriye kalan büyük bir kısmı ısı enerjisine dönüşür. Fakat bu ışınların giricilik seviyeleri coolidge X-ışını tüpüne nazaran daha güçsüzdür. Coolidge X-ışını tüpü şekil itibarıyla gaz tüpe benzerdir ve Amerikalı fizikçi William

David Coolidge tarafından geliştirilmiştir. Tüpün en önemli özelliği yüksek ısıya dayanabilir malzemeden yapılmış olmasıdır. Bu malzeme yüksek sıcaklıkta erimeyen tungsten flamandır. Tungsten hedef parça olan anodtur. Katodtan hedefe gönderilen yaklaşık 1 milyon volta kadar ulaşan elektronlar, tungsten anoda çarparak X-ışınını oluşturur yüksek volta sahip olan tüp girişim seviyesi güçlü ışınlar üretir. Cam vakumlu ampulün etrafı kalın gümüş ile kaplanır ve tüpün alt kısmında bir boşluk bırakılır, ışınlar bu boşluktan demet halinde yayılırlar (Arslan, 2010: 7-8-9).

2.8.2- X-Işınlarının Özellikleri

X-ışınları elektromanyetik radyasyon ailesinin bir üyesidir girişimci yapıya sahiptirler, dalga boyları kısaldıkça enerjileri artar. X-ışınları hem dalga hem de parçacık özelliği taşırlar, dalga boyları ile karakterize edilirler, dolayısıyla çift karakterlidirler (Tuncel, 2009: 11-13). Fotoelektrik soğurulma, Compton saçılması (inkoherent saçılma), gaz iyonizasyonu ve sintilasyon tanecik özelliğini; hız, polarizasyon ve Rayleigh saçılması (koherent saçılma) dalga özelliğini yansıtır. Taşıdıkları enerji kesintisiz değil makineli tüfek mermileri gibi enerji paketleri şeklindedir, Tanecik karakteri gösteren elektromanyetik radyasyona foton denir. Yüksüzdürler manyetizmadan ve elektrik akımlarından etkilenmezler. Gümüş tuzlarını karartıcı etkiye sahiptirler. X-ışınları üzerine düştükleri bazı maddelerde parıltı meydana getirirler bu duruma flüoresan etki denilmektedir. X ışınları kimyasal etkiye sahiptir temas ettikleri yapının kimyasal bozunuma uğramasına sebep olurlar, mutasyon nedenidirler. Atom numarası yüksek maddelerin içinden geçerken absorblanırlar.

2.8.3- X- Işınlarının Oluşumu

X ışınlarının oluşumları 2 çeşittir. Doğal ve yapay ışınlar.

Doğal ışınlar, X-ışınlarının dalga formunda oldukları 1912'de Laue'nin kristallerdeki kırınım deneyleri ile ortaya konulmuştur. Barkla deneyi ile X-ışınlarını kutuplaştırılabilmesi, bunların ışık ışınları gibi enine dalgalar³⁶ olduğunu ortaya koymuştur. Charles Glover Barkla (1877-1944) yaptığı bu deneylerde katı cisimlerden

36 -Salınımları titreşim doğrultusuna dik olan dalgalardır.

büyük açı altında saçılan X ışınlarının iki farklı dalga boyuna sahip olduklarını gördü. Bu dalga boylarında ilki gelen elektromanyetik dalganın frekansı ile aynı fakat ikincisi farklı idi. Klasik elektromanyetik dalgalar teorisi ile ilk dalga boyu açıklanabilmektedir. Fakat bu deneyde gözlemlenen ikincil dalgalar ancak Arthur Holly Compton'un Compton hipotezi ile açıklanabilmektedir (Arslan, 2010: 4-5)

Çekirdeğin merkeze yakın olan ilk yörüngeden elektron koparmasıyla meydana gelen ışımadır. Alfa bozunumu³⁷ beta bozunumu³⁸ ve iç dönüşüm olaylarında oluşur. Kopan elektronun yerine daha düşük seviyelerden (dış halkalardan) bir elektronun iç yörüngeye atlayarak kopan elektronun yerindeki boşluğu doldurması esnasında enerji boşalması ortaya çıkar, bu enerjinin bir bölümü x-ışınlarına dönüşür ve atomu terk eder.

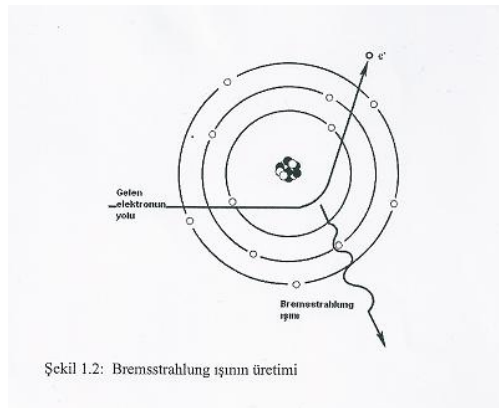
Tıbbi görüntülemede kullanılan yapay ışınlar ikiye ayrılırlar. Bremsstrahlung ve karakteristik olmak üzere.

2.8.4- Bremsstrahlung (Frenleme) Işınları

Atoma gönderilen yüksek hızlı elektron atom çekirdeğine yaklaşıırken elektronun negatif yükü ile atom pozitif yükü etkileşir ve çekirdeğe doğru bir sapma oluşur bu sapmada elektron enerji kaybeder bu kayıp bir x ışını çeşidine dönüşür ve foton olarak salınır. Bu yöntemle oluşan ışınlara frenleme (bremsstrahlung) ışınları denir. (Sancak, 2015: 3). Bu yolla tanısal radyolojinin yaklaşık olarak %70 ila % 80'i elde edilir. X ışını şiddeti Katod'a uygulanan yüksek voltaj ile arttırılabilmektedir. Veya atom numarası yüksek elementlerin kullanımı ile de şiddet artışı gerçekleştirilebilmektedir.

37 -Alfa bozunması, proton sayısı 83 ten yüksek izotop atomların kararsız halden kararlı hale gelebilmeleri için meydana gelen kimyasal ışımadır.

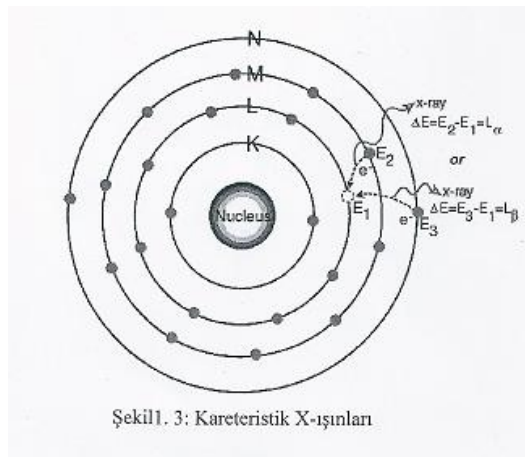
38 -Beta bozunması, çekirdekte nötron parçalanarak proton ve elektron meydana getirir. Proton çekirdekte kalırken elektron saçılır bu saçılma beta bozunumu olarak adlandırılır.



Şekil -13 Frenleme (Bremsstrahlung) Işını Oluşumu, (1995).

2.8.5- Karakteristik X-Işınları

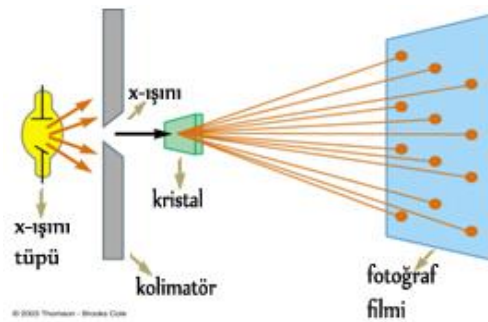
Katod'tan salınan ve hızlandırılarak hedef anot materyaline çarptırılan elektronlar çarptıkları maddenin iç yörüngelerinden bir elektron koparırlar. Koparılan elektronun yerine dış yörüngeden bir elektron geçer geçerken de x-ışını salınımı yapar bu yolla da karakteristik x- ışınlarının salınımı gerçekleştirilmiş olur. Bu olay daha dış yörüngelerdeki elektronlar arasında da gerçekleşir fakat enerji yoğunluğunun dışa doğru azalması sebebiyle daha düşük enerji ya da ısıya açığa çıkar. Bu ışınlar tıbbi radyolojinin yaklaşık %15-%30 'unu oluştururlar (Oyar, 1998: 29).



Şekil -14 Karakteristik X-ışınları Oluşumu, (1995).

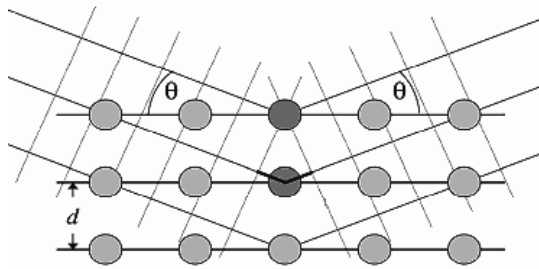
2.8.6- Kırılma, Yansıma ve Polarizasyon Olayları

X-ışınlarının penetrasyon seviyeleri yüksek olmasına rağmen optik düzeneklerce saptırılabilirler. Optik fizikçi Sir William Brag (1890-1971) ve oğlu William Henry Brag (1862-1942) X-ışınlarının kristal bir düzenekle kırınımına uğradıklarını savundular. Alman fizikçi Max von Laue (1879 1960) ise yaptığı bir deneyle bu savı kanıtladı. Daha sonra baba ve oğul Bragglar 1912 de kırınım parametrelerini matematiksel olarak hesaplamışlardır (Şekil – 17), (Serars ve Zemansky, 2000: 210-230) .

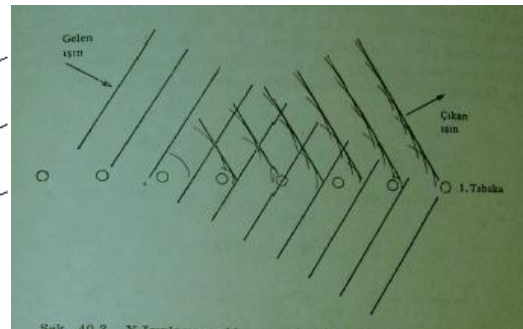


Şekil -15 X-ışını Kırınımı, (2003).

A



B



Şekil – 16 X- Işını Kırınımları ve Yansımaları, (2000).

Polarizasyon yani çift kırılma olayı ışığın dalga karakteri ile açıklanabilen kavramlardandır. Kutuplanma enine dalgalarda ortaya çıkan bir fiziksel olaydır. Işınlr polarizörler aracılığıyla polarize edilirler. Yani geçen ışının miktarını azaltıp yok edebilirler.

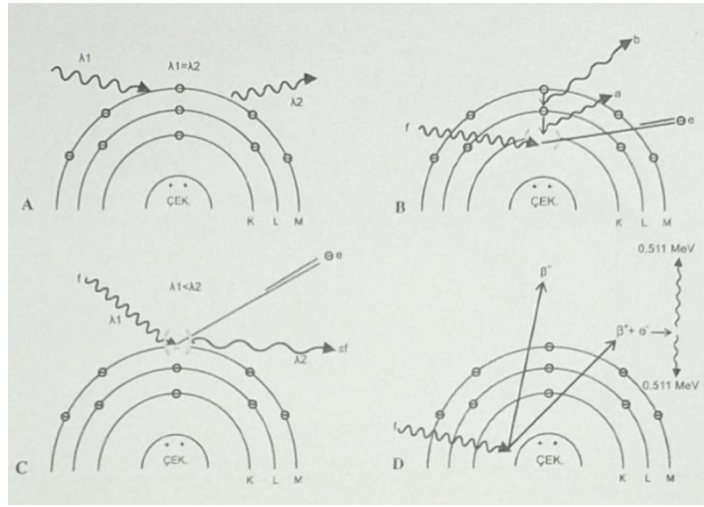
2.8.6.1- Emilim

Işına maruz kalan cisimlerde belirli bir düzeyde emilim olayı gerçekleşir. Işınlr gönderildikten sonra her biri vücudu aşp geçemezler, belirli seviyede vücut atom ve molekülleri x-ışınları ile etkileşerek daha düşük enerjide ışınların oluşmasına sebep olurlar ya da ışını yok ederler. Absorbsiyon dozu yapıların niteliğine göre değişir. Atom yoğunluğu yüksek dokularda daha fazla gerçekleşir. Bu sebeple doz seçimi çok önemlidir. Radyasyon doz seviyesi Gray (Gy) cinsinden ölçülür. Enerji absorbsiyonunu azaltmak için ışınlanacak nesne ile X-ışını tüpü arasına bakır yada alüminyum konulur bu metal ve ametal maddeler X- ışınlarının fazlasını absorbe ederler ve ışın miktarını azaltırlar (Bushong, 2013: 10-22). Bu ve bu gibi sebeplerden dolayı doz seçimim çok önemlidir diyen Prof. Dr. Tamer Kaya görüntünün en iyi şekilde düşürülmesi için doz seçiminin öneminden bahsetmektedir (Kaya, 2002: 3). Verilen doz eğer yüksek olursa film sert kontrasta sahip olur, doz az olursa film yumuşak kontrasta sahip olur. Bu nedenle bir radyografide görüntünün kalitesi, uygun dozun verilmesiyle mümkün olabilmektedir.

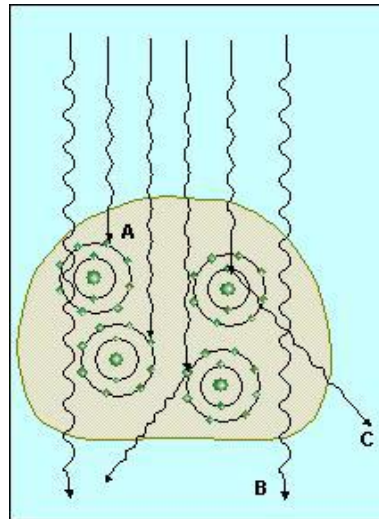
2.8.6.2- Saçılma

Saçılma olayı olması pek istenmeyen atomik boyutta gerçekleşen bir problemdir. Absorbsiyon ne kadar olması istenen bir durumsa saçılmada bir o kadar istenmeyen durumdur. Çünkü görüntü üzerinde kararmalara ve görselliğin bozulmasına neden olur. Saçılmalar dört farklı şekilde meydana gelir. İlki klasik saçılmada denilen reyleigh (kohorent) saçılması düşük enerjili bir fotonun bir elektron ile karşılaşması anında rezonansa girerek yön değiştirmesi olayıdır, foton enerjisi düşüktür. Bir ikincisi foto elektrik etkidir, bu olayda fotonlar atomlardan elektron koparırlar koparma esnasında enerjilerini harcayarak kaybolurlar. Soğurulmaya bir örnektir fakat kopan elektronun yeri bir üst periyodun elektronları tarafından tamamlanır ve bu tamamlanma esnasında x-ışını yayılımı gerçekleşir, foton enerjisi orta düşüklüktedir (Putmanve Ravin1994: 29). Üçüncü olay Compton olayıdır. Bu olayda da elektron koparan foton yön değiştirerek yoluna enerjisi düşük bir halde devam eder, bağlanma enerjisi düşük elektronlarda meydana gelir. Foton enerjisi orta seviyedir. Dördüncü olay ise çift oluşumdur. Bu yöntem yüksek enerji seviyesine sahip olduğu için diagnostik

radyolojide kullanılmaz. Fotonun atom çekirdeğiyle etkileşime girmesi sonucu oluşur foton kaybolur ve elektron pozitron çifti oluşturur. Pozitron serbest kalmaz karşıt maddeciğine dönüşerek çift yönlerde saçılmaya sebep olurlar (Şekil -17). Bu durumları engellemek için ışın kontrollü salınır yada grid denilen saçılmaları emici bir obje nesne ile film arasına konulur ve saçılmalar %80-90 seviyesinde azaltılır radyasyon seviyesi biraz artırılarak görüntü kalitesi korunmuş olur



Şekil -17 Saçılma Türleri: “A” Reyleigh Saçılması, “B” Fotoelektrik Olay, “C” Compton Saçılması, “D” Çift Oluşumu (2002).



Şekil- 18 Işınlardan Canlı Dokudaki Üç Hali.

Bu şekilde vücuda giren x-ışınlarını temsil eden üç farklı olay gerçekleşmektedir (Bkz. Şekil-18).

“A”-elektron çarptıktan sonra tüm enerjisi absorbe olan x- ışını “B”- vücudu hiçbir etkiye maruz kalmadan geçerek filme ulaşan x-ışını “C”-elektrona çarparak enerjisini kısmen kaybeden ya da yön değiştiren x-ışını.

2.8.7-Filtrasyon

Bu işlem vücudu geçemeyecek derecede zayıf olan ışınların yolunu kesmektir diyebiliriz. Bu yolla canlı dokunun gereksiz radyasyona maruz kalması engellenmiş olur. Alüminyum ya da silisyumdioksitten bir engelleyici bu işi rahatlıkla halledebilir.

2.9- Görüntüleme Teknikleri ve Cihazlar

Görüntüleme teknikleri temelde üç fiziksel olaya göre yapılmaktadır. Bunlar; ışınların radyo frekanslarının ve ses dalgalarının fiziksel davranışlarına göre isimlendirilmişlerdir. X-ışınlarının dokular içerisinde geçebilme özelliği sebebiyle transmisyon yani geçirimli ışın yöntemi ile yapılan çekimler olan radyografi, flüoroskopi (radyoskopi) ve tomografi yöntemi. Emisyon görüntüleme yani radyo frekansının, gama ışınlarının ve pozitronların doku içerisinde yayılmasının kayıt edilmesi yöntemi ile çekilen manyetik rezonans (radyo frekansı) ve radyonüklid görüntüleme (gama ışınları ve pozitron yayılımları) yöntemi, son olarakta doku içinden yansıyan ses dalgalarının kayıt edilerek bir fotoğrafik görüntü oluşturma sistemidir. Bu beş yöntem teknik olarak fotoğraf görüntüleme ile benzerdir, fotoğraf filmi üzerine düşürülen ışınların kağıt ya da sensör üzerinde yaptığı etkinin analog yada dijital olarak oluşması olayıdır. En önemli fark görünür ışığın cisimler içinden geçemez olmasıdır. Bu sebeple fotoğraf makineleri yalnızca yansıyan ışınları yakalama kapasitesine sahiptir.

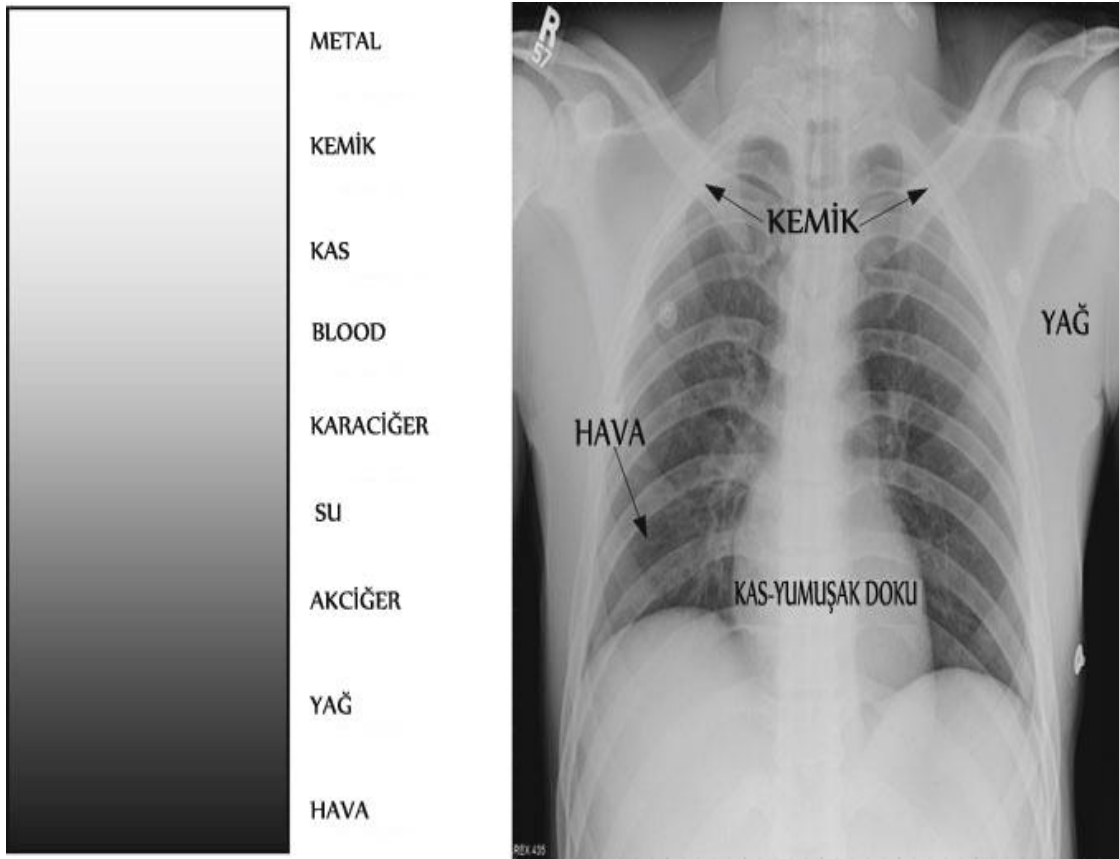
2.9.1- Röntgen

Radyolojik görüntü oluşturan yöntemlerin ilkidir. Projeksiyon yöntemi ile görüntü oluşturulur. Adını x- ışınlarını keşif eden Wilhelm Congrad Röntgenden alır. Keşiften birkaç yıl sonra tıp enstitüsü ile birlikte ilk röntgen cihazı tasarlanmış ve kullanımına başlanmıştır. Zamanla birlikte x-ışınlarının nitelikleri kavrandıkça çeşitli görüntüleme aletleri geliştirilmiştir radyografi bunların ilkidir, ardından flüoroskopi geliştirilmiştir ve bu aygıtların bilgisayar teknolojisi ile birleşmeleri ile dijitalize edilmişlerdir. Görüntüleme aygıtları manuel ve dijital olarak ikiye ayrılırlar; radyografi ve flüoroskopi.

2.9.1.1- Radyografi

Bu yöntem üçlü kombinasyondur birincisi x-ışınını üreten mekanizma, ikincisi görüntülenecek alan, üçüncüsü ise film tabakadır. Film tabaka koruyucu kaset içinde muhafaza edilir. X-ışınları görüntülenecek bölge üzerine projeksiyon yöntemiyle gönderilir. Dokuya temas eden x-ışınları geçecekleri bölgelerin atom yoğunluklarına göre yada -eğer kontrast madde³⁹ verilmiş ise- kontrastın niteliğine göre absorbe edilirler, saçılıma uğrarlar ve bir kısmı da sorun yaşamadan film yüzeyine ulaşırlar. Ulaşan ışınlar film yüzeyindeki gümüş bromürü etkiler ve kimyasal süreç başlar, ışınla temas eden bölgedeki gümüş bromür bağları gevşer. Yıkama banyosundan geçirilir burada ışık alan bölümlerin brom'u filmi terk eder, kalan gümüş ise oksitlenerek kararır, ışın almayan bölümlerdeki gümüş bromür ise sabit kalır ve beyaz renk oluşur. Bu grafik düzlemde gözle görebildiğimiz radyogram yani röntgenogramdır.

39 -Kontrast madde, çekim esnasında röntgen ışınlarını engelleyen iyot yada baryum sülfattan yapılan ışın engelleyici maddedir. Opak yani kapaticıda denilir. (radyo opak)



Radyogram -3 Radyografik Gri Skala, (2012).

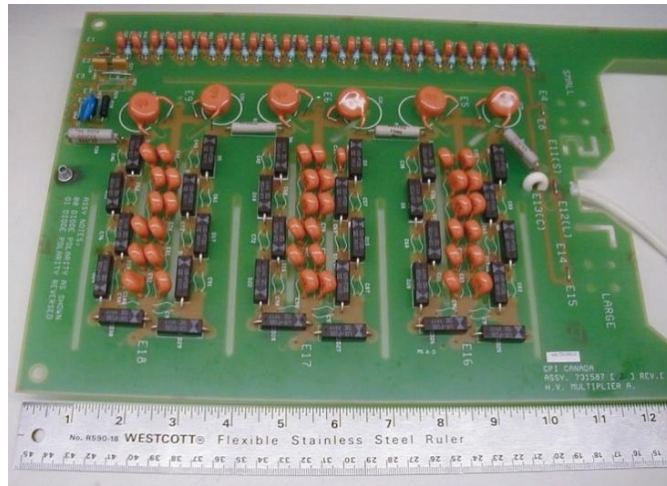
2.9.1.2- Radyografi cihazı

Radyografi ünitesi temel 3 ağıttan oluşur. Röntgen cihazı, yatay pozisyonda çekim için absorpsiyon seviyesi düşük sağlam malzemeden yapılmış uzanma masası ya da dikey pozisyonda çekim yapılabilecek dikey yaslanma tahtası ve kaset yuvasıdır. Manüel radyografi aygıtları iki boyutlu (süperimpozisyon) görüntü düzlemi oluşturan aygıtlardır. Röntgen cihazı hareket edebilen bir düzeneğe bağlıdır bu sayede yakın – uzak çekimleri gerçekleştirilebilir.

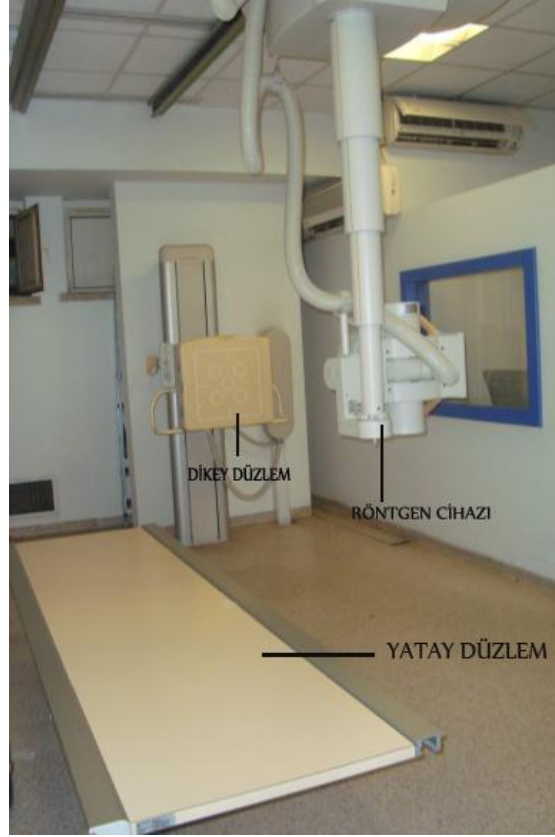


Fotoğraf -15 Transformatör.

X ışını üretici şehir cereyanından aldığı elektriği transformatörlere iletir (Bkz. Fotoğraf -15). Transformatörler alternatif akım düzenleyicidirler burada akım yükseltilir Buradan sonra enerji rektifiye edilir yani tek bir yöne yönlendirilir alttaki fotoğrafta bir röntgen cihazındaki rektifiye plakası görülmektedir (Bkz. Fotoğraf -16). Enerjisi yüksek olan bu elektrik yükü x-ışını tüpünde devre yaptırılır ve farklı boyutta enerji akımı meydana gelir. Buradan yönlendirilen enerji x-ışını tüpüne ulaştırılır ve tüpte anota çarptırılarak x-ışını oluşturulur (Bushong, 2013: 92-96).



Fotoğraf -16 Rektifiye Plakası.



Fotoğraf -17 Röntgen Cihazı, (2011).

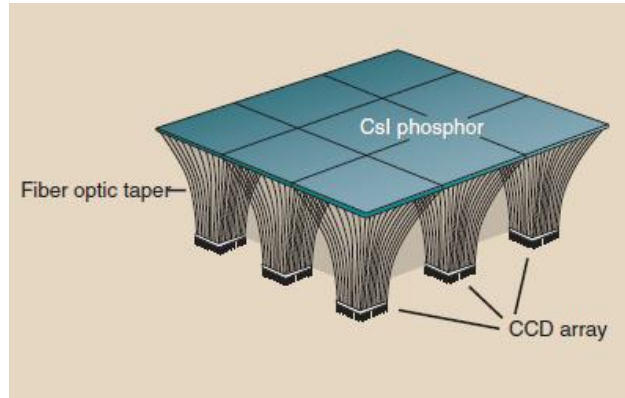
Işınlar doku kalınlığı ve içerik oranına göre değişiklik gösterirler. Kalın yağ tabaka kas dokusu yada kemik olan bölgeler için ışın absorbsiyon miktarı farklı olacağından cihazlar bu durumlara göre ışın oran düzenlemeleri yapılabilmektedir. Bu işlemler dijital radyografide daha incelikli hesaplara dayandırılarak yapılmaktadır.

Dijitalde, analog görüntü dönüştürücü düzeneklerle sayısallaştırılırlar ve doğrudan monitörize edilirler. Bilgisayar ağları vasıtasıyla bir yerden bir yere taşınabilirler ve depolanabilirler. Dijital röntgende, film yerine detektör zinciri veya görüntü plağı bulunur. Görüntü, piksel adı verilen küçük noktalardan oluşur. Bir dijital görüntüyü oluşturan piksel sayısına, o görüntünün matriksi denir. Matriks, görüntünün birbirine dik iki kenarında bulunan piksel sayılarının çarpımına eşittir ve 1024x1024 ya da 2048x2048 gibi bir çarpım şeklinde belirtilir. Televizyon, bilgisayar monitörü ya da dijital fotoğraf makinelerinde olduğu gibi bir sistemin matriks sayısı ne kadar yüksek olursa görüntünün kalitesi de o kadar iyi olur. Ayrıca bilgisayar programları sayesinde

görüntünün ince ayarlamaları gri skala değerleri isteğe göre ayarlanabilmektedir (M.E.B, 2011: 5-6). Dijital görüntüleme, anjiyografide de önemli yararlar sağlar. Bu yöntem sayesinde elektronik olarak çıkarma ya da silme (subtraksiyon) yapılarak damarların üstünü örten, (örneğin beyin anjiyografisinde kafa ve yüz kemikleri gibi) vücut yapıları silinebilir. Bu sayede daha az kontrast madde kullanılır (Tuncel, 2002: 63). Dijital kolaylıkları bir yana hala geleneksel radyografi geometrik çözümlemedeki kalitesine ulaşamamıştır.



Fotoğraf-18 CCD Fotoresptör.



Şekil-19 CCD Detay, (2013).

Dijital röntgenograflar de her bir görüntü resim elementi piksellere kaydedilir. Bu yöntemde röntgen film yerine fosfor tabakası ile kaplı plaklar kullanılır (ranforsatör). Görüntü plağı üzerine düşen x- ışınları düştükleri yerlerdeki elektronları

bir üst enerji seviyesine ulaştırırlar. Bu şekilde yapılan çekimde bir üst düzeye ulaşan elektronlarda gizli bir görüntü meydana gelir. Bu gizli ışınlar kırmızı lazerle tarandıkları zaman eski konumlarına dönerler bu dönüş esnasında mavi ışık yayarlar bu ışıklar fotomultiplier tüp adı verilen bir düzenele elektronlara çevrilirler oluşan bu elektron akımı dijitalize edilerek örneklenir ve görüntü oluşturulur. Daha az kullanılan bir diğer yöntem ise x ışınları düşükleri yükseltici ekran üzerine düşürülerek ışığa çevrilir. Bu ışık dijital fotoğraf makinelerinde kullanılan CCD çiplerinin üzerine düşürülerek elektrona çevrilir ve görüntü oluşturulur (Bkz. Şekil-19), (Tuncel, 2009: 16-17).



Radyogram -4 Gehler Folie, (1911).

2.9.2- Flüoroskopi

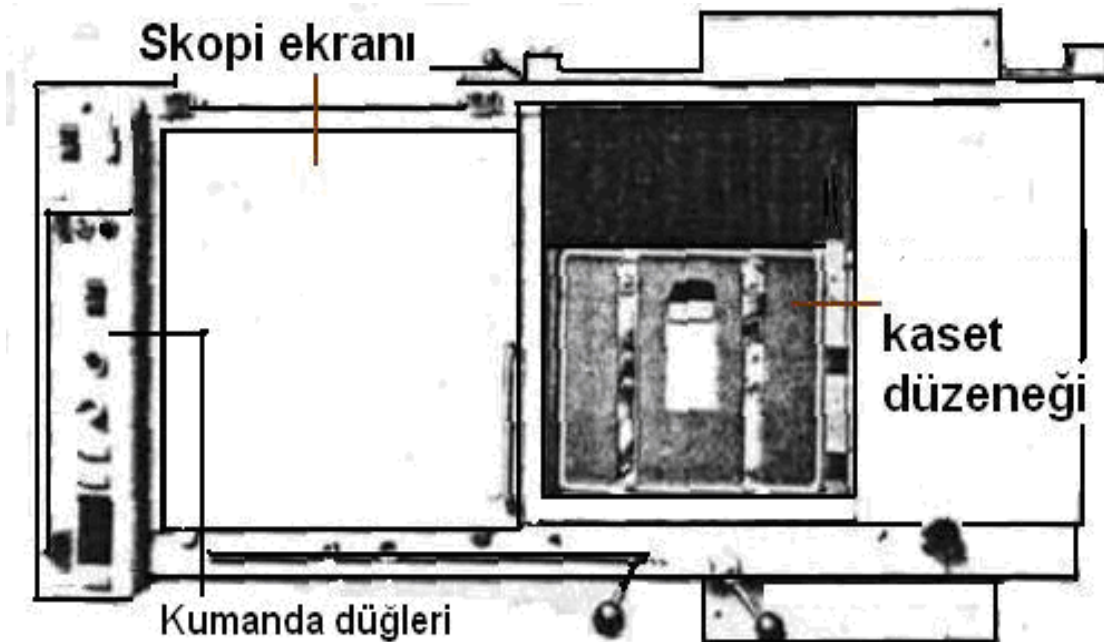


Fotoğraf -19 Flüoroskopi Ekranı, (2010).

X-ışını tüp özellikleri radyografi ile birebirdir. İşlem farkı sadece ışınların düştükleri yüzey ile ilgilidir. Radyografi kadar eski bir yöntemdir en önemli özelliği görüntüleri canlı oluşturabilmesidir. Radyoskopi cihazının çalışması, röntgen cihazında olduğu gibidir. Sadece görüntünün alınması yöntemleri farklıdır. Bu yöntemde hasta x-ışını kaynağı ile ranforsatik ekran arasındadır. Flüoresan ekran kullanılarak yapılan bu görüntülemenin bir diğer adı flüoroskopi'dir, parıldama ile görme demektir. Flüoroskopik ekran platinobaryumsyanitten yapılan bir ekrandır. X –ışınları görüntülenecek yapı içinden bu ekrana düşürülür, ekran, parıldamaya başlar ve görüntü oluşturulur. Işınların absorbsiyon ve penetrasyon seviyesine göre kalp bağırsak gibi organların hareketleri görüntülenebilmektedir. Bu olaya, flüoresans etki denir. Flüoresans olayının üzerinde meydana geldiği ekrana da radyoskopi ekranı ya da ranforsatör ekran denir (Kaya, 1997: 95-96).

Radyoskopide görüntü gerçek zamanlı izlenebilecek şekilde dinamik bir işlem sistemine sahiptir. Bu sebeple radyografileri doktorlarda direk izleme şansına sahiptirler. Eskiden radyoskopide görüntüler karanlıkta izlenirdi. Bu görüntünün izlenebilmesi için gözün karanlığa uyumu gereklidir. Bu cihazlar fazla

kullanılmamaktadır. Flüoresan plaka altına yerleştirilen kasetlerle görüntü alınabilmektedir. Fakat görüntünün aydınlıkta da görülmesini sağlamak için görüntü kuvvetlendiriciler (image intensifier) geliştirilmiştir. Bu yöntemde görüntüler, televizyon ekranına yansıtılmaktadır. Bu işlem analog dönüştürme sistem ile gerçekleştirilir. Ayrıca, görüntü kuvvetlendiriciler daha az radyasyon alınmasını sağlar. Monitörde izlenen görüntü, video sinyali şeklindedir. Radyoskopide hareketli masalar kullanılır. Günümüzde modern cihazlarda radyoskopi için C kollu tüpler kullanılmaktadır. Bu cihazlarda genellikle dijital görüntüleme yapılmaktadır. Radyoskopide tüp, seriografi ve flüoresan ekranın bulunduğu kısım ile bağlantılıdır ve birlikte hareket ederler (M.E.B, 2011: 32-34). Vücut eğik düzleme yaslanır ve oynar başlıklı röntgen cihazı belirli açılarda vücut üzerine yerleştirilir böylece görüntü oluşumu sağlanır. Cihaza CCD reseptörler eklenebilmektedir. Kamera takılıp aktif görüntülemeler kayıt altına alınabilirler.

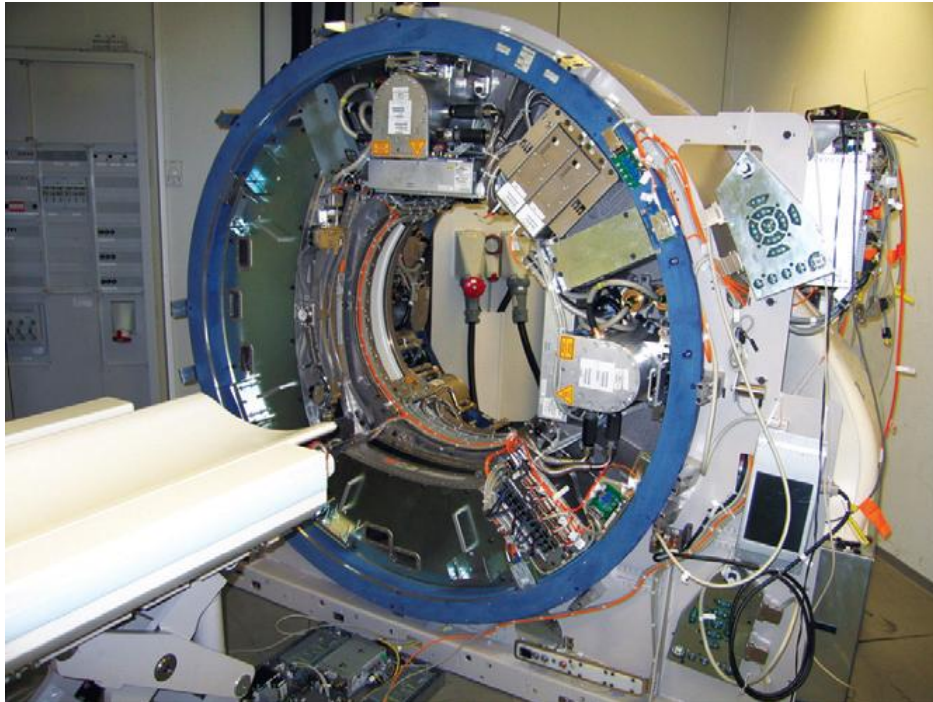


Çizim -8 Manuel Flüoroscopi Masası, (2013).



Fotoğraf- 20 Yataya ve Dikeye Ayarlanabilen Düzlem, (2011).

2.10- Tomografi



Fotoğraf- 21 Tomografi Cihazının İç Yapısı, (2013).



Fotoğraf -22 Damien Hirst. “Autopsy with Sliced Human Brain”, (2004).

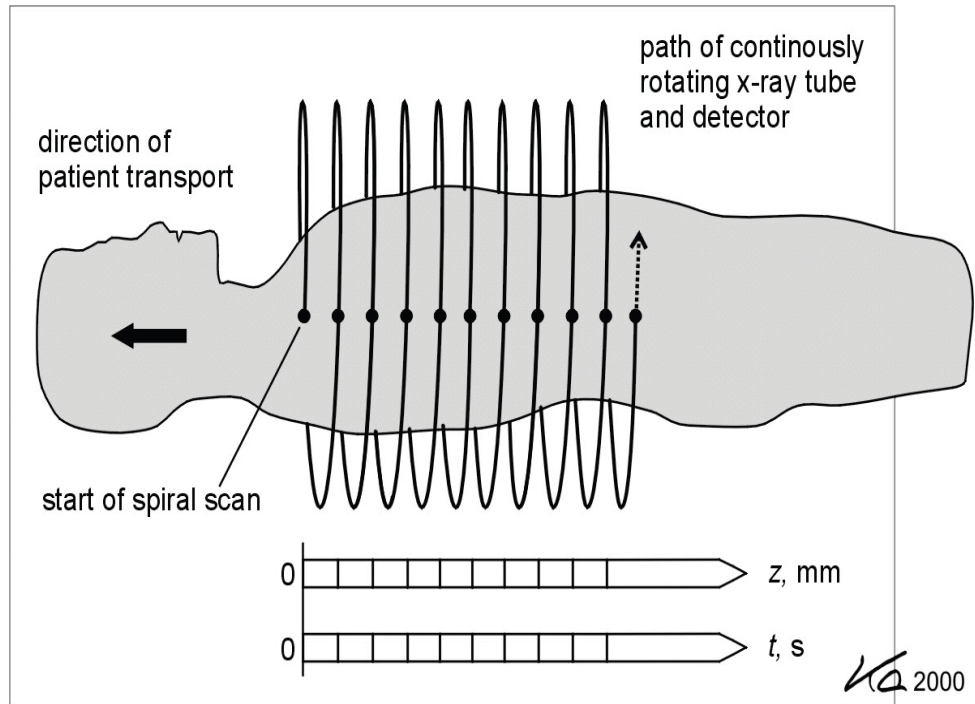
Tomografi cihazı x-ışınlarını kullanır gelişmiş teknoloji ürünüdür. X-ışınlarının mükemmel doğası bilgisayar teknolojisiyle birleştirilmiştir. Tomografi kelimesi Webster sözlüğüne göre yunanca dan gelen bir kavramdır. Yunancada tomo “kesit” görüntü ve grafi “yazı-çizgi” kelimelerinin birleşmesi ile oluşturulmuştur. Teknik olarak x-ışınlarıyla plaka halinde görüntü almayı sağlar (Guralnik, 1974:201-210).

İlk olarak astronomik çalışmaları geliştirmek amacıyla tasarlanan tomografi fikri (Bracewell,1956: 198) daha sonraları tıbbi görüntülemedeki yararları dolayısıyla gelişimi bu yönde devam ettirilmiştir. 1973 yılında Robert S. Ledley (1926-2012) ve arkadaşları tüm vücut tarama sistemini geliştirdiler (Ledley,1974: 186). Bu gelişimlerin ardı arkası kesilmedi ve 1977 de yaklaşık otuza yakın model geliştirildi. Görüntüler röntgenden daha ayrıntılı olması oldukça ilgi çekici bir durum haline gelmiştir.

Birkaç hızlı görüntüleme yöntemi geliştirilmeye çalışılmıştır. Kısa zamana kadar birbirine çok yakın “kesit” halinde görüntüler üretebilmek x-ışını tüpünün durdurup yönlendirme yapılması, ters çevrilmesi gerekiyordu bu işlem kablolar maksimum uzatılarak sağlanabiliyordu. Böylece başarılı bir görüntü elde edebilmek uzun zaman alıyordu. 1989’da Spiral (helikal) BT tarayıcı üretildi. Bu süreç 4. Ve 5. Jenerasyon⁴⁰ üretimine denk gelir. Böylece görüntü elde etme zamanı düştü. Spiral BT tekniğinin en önemli avantajı hastaların hareketlerini azaltmasıdır (Kalendar, Seissler, ve Klotz,

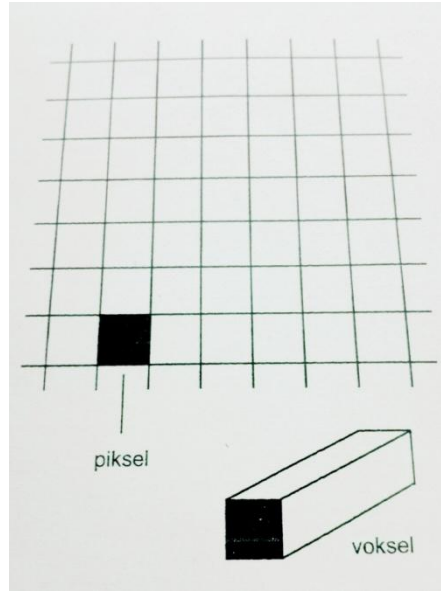
40 -Tomografi sistemleri jenerasyonlar halinde gelişim göstermiştir.

1990:176). Önemli bir diğer meselede kontrast madde alınımının azaltılmasıdır. Canlı organizmanın kaydını gerçekleştirme süresince data üç boyutlu görüntü yapılandırmasını da sağlar (Hu, 1999: 5).



Çizim -9 Spiral Bilgisayarlı Tomografi.

BT görüntülemelerde röntgenogramlarda meydana gelen üst üste düşme olayı (superpozisyon) ortadan kalkmıştır. Temel olarak BT, vücudun görüntüsünün bir diliminin, BT numaralarından meydana gelmiş bir haritasıdır. İki boyutlu görünen bu resim aslında üç boyutludur. Üçüncü boyutu dilimin geometrik kalınlığı yapar fakat üçüncü boyut çok incedir (genellikle 1-10 mm) ve resmin her yerinde eşittir. Görüntü resim elementi piksellerin yan yana dizilimi ile oluşturulur. Pikselin yüzeyinin, kesit kalınlığının çarpımıyla ortaya çıkan hacme hacim elementi anlamına gelen voksel adı verilir (Bkz. Şekil -20). Pikseller voksellerin ortalama x-ışını zayıflama değerini temsil eder (Putman ve Ravin, 1994: 49).



Şekil -20 Pixel, Voksel, (2002).

Geleneksel tomografi çeşitleri; planigrafi, stratigrai, laminagrafi vücut kesitleri alan tomografiler zonografi ve noncomputerize tomografidir (Morgan, 1983: 24).

2.10.1-X -Işını Üretimi

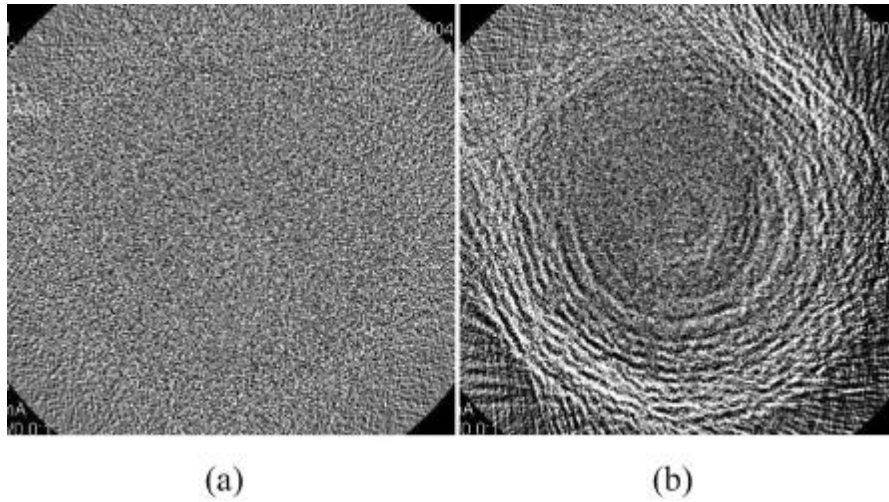
BT tarayıcının x-ışını tüpü sabittir, tüpün içinde döner anot kullanılmaktadır. Yeni nesil x-ışını tüpü anodu dakikada 10.000 devir döner bu sebeple çok sık x-ışını pulsları gönderir canlı dokuyu geçen ışınlar detektörlerce algılanır ve görüntü oluşur (Hende ve Ritenour, 2002: 258).



Fotoğraf- 23 Tomografi Tüpleri.

2.10.2-Detektörler

Detektörler salınıp canlı dokudan geçen ışınlarının intensitesini algılayan düzendir. Işınlara yüksek hızla cevap verebilme yeteneğine sahiptirler. Detektörler algıladıkları ışınları yoğunluklarına göre elektrik sinyaline dönüştürürler bu işlem dijitalize edilir ve görüntü oluşturulur. (Tuncel 2002: 90). İki tip detektör mevcuttur, ksenon gaz detektörü ve solid-state detektörleri.

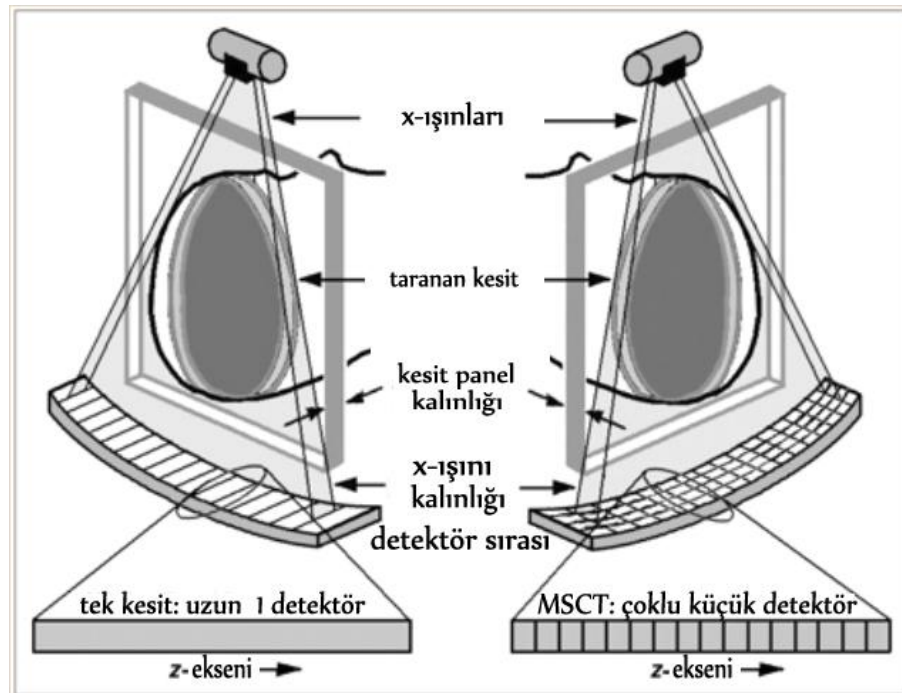


Radyogram -5 X- ışınlarının Çizgisel Görünümü, (2009).

2.10.3-Veri Yakalama (Rekonstrüksiyon)

BT görüntü rekonstrüksiyon tarayıcılarının her birinin çekirdeğinde bir bilgisayar algoritması bulunur (filtrelenmiş geri gösterim algoritması) (Natterer ve Wubbeling, 2001: 5-25). Radyodiyagnostik fizikçisi David Pointer' a göre ham verilerin ön işleminden sonra, her yüz adet görüntü datası BT tarayıcı tarafından kurulur ve geri gösterim için filtrelenir. Geri gösterim filtrelenmiş x-ışınlarından başka bir şey değildir. Bunlar görüntünün oluşturulmasında katkıda bulunurlar. Her x-ışınının veri kümesini kuran yüz kadar akan nokta numaraları vardır. Yüksek çözünürlüklü bir resim içerisinde noktalar milyonlarca bulunmaktadır. Görüntü zenginliği bu noktalara bağlıdır. Bu noktalar voksel denilen üç boyutlu kesit yapılarından oluşur. voksel genişliği

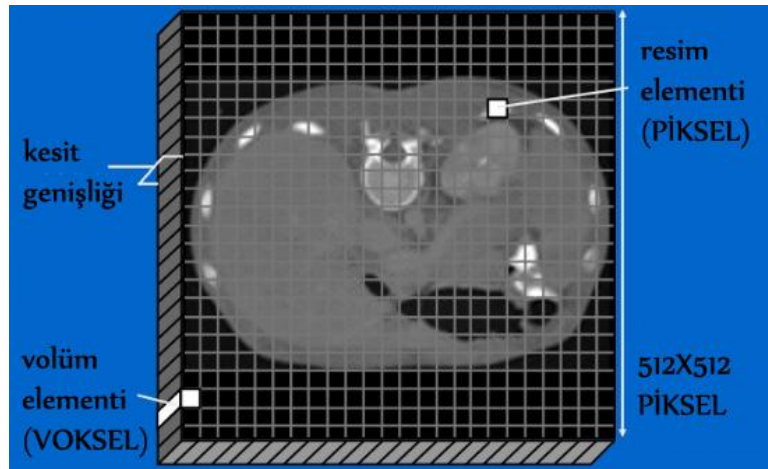
hesaplanmıştır. Tek sıra detektörlü sistemde kesit kalınlığının demetinin kolimasyonu ile ayarlanır kesit kalınlığı artırılmak istenirse foton miktarı da artırılması gerekir (Bkz. Şekil- 21). Dolayısıyla SNR ve kontrast artar ancak uzaysal çözünürlük düşer. Detektör kalınlığı, kolimatörün yapısı kesit kalınlığını etkiler. Kesitler üç boyutlu kayıt edilip iki boyutlu izlenirler. Altta çizimde kolimatör, x-ışını tüpü, detektör ve kesit görüntü uygulaması verilmiştir (Bkz. Şekil-21).



Şekil- 21 Tek Kesit ve Çoklu Kesit Detektör.

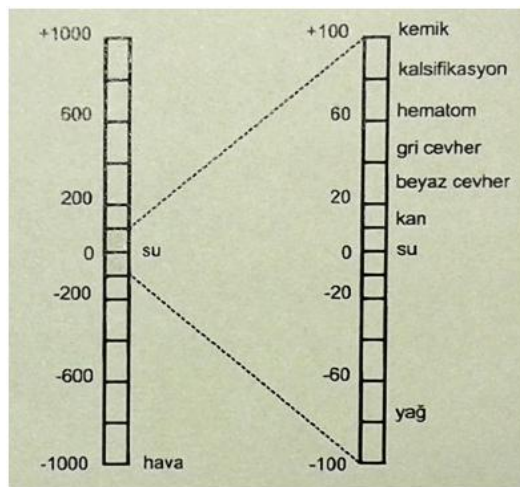
2.10.4-Bt'de Görüntü Oluşumu

Görüntü zerreleri piksellerin ve voksellerin oluşturduğu bir görüntüleme sistemine sahiptir. Pikseller görüntü matrisini oluştururlar. Matris arttıkça görüntü kalitesi artar. Filmler iki boyutludur fakat görüntüler üç boyutlu kayıt edilirler. Ölçüm piksellerle değil voksellerle yapılır. Voksel hacmi küçüldükçe görüntü kalitesi artar (Katz, Math ve Groskin 2001: 16).

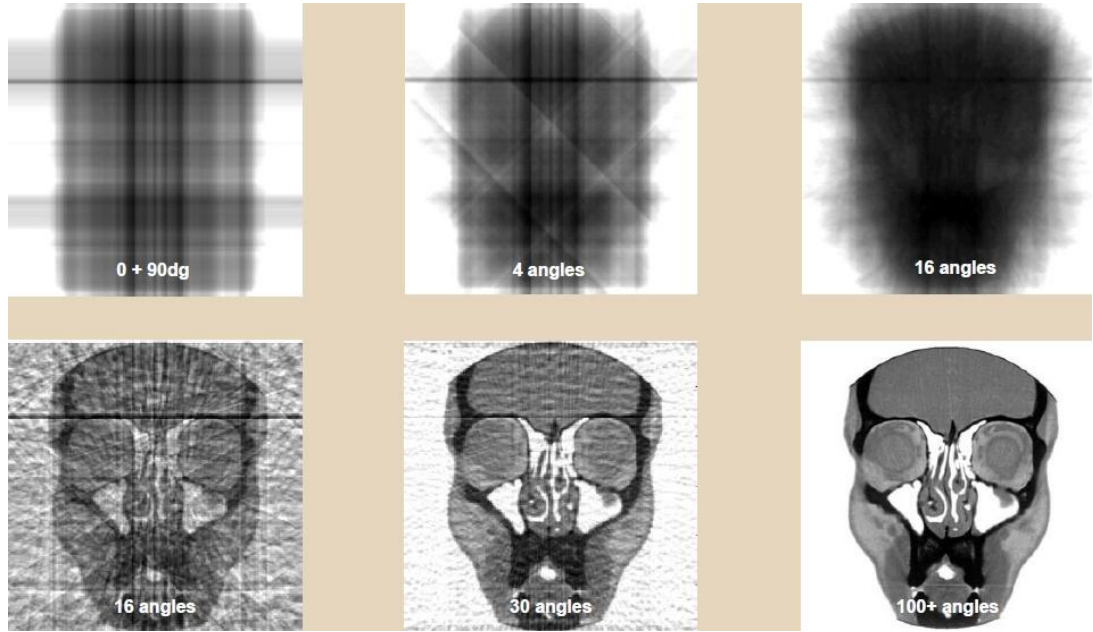


Şekil- 22 Piksel ve Vokselden Oluşan Görüntü Düzlemi.

Görüntülerin oluşturulmasında gri skala cetveli kullanılır. Bilgisayar skala cetveline göre tarama yapar ve bir sonuca ulaşır. Bu cetvelde su sıfır noktası kabul edilir. Cetvele Hounsfield cetveli denir (Bkz Şekil- 23). Artı değerler x-ışınının daha fazla zayıflatılmasını eksi değerler ise daha az zayıflatılmasını temsil eder. Sistemin yapacağı son çalışma hounsfield cetveline göre sayısal değerler almış voksellerin aldıkları sayılara uyan siyah , beyaz ve grilere boyamaktır (Singh ve Neutze, 2012: 25). BT aygıtlarında kullanılan gri cetvelde $2^{12} = 4096$ gri ton vardır. Gri tonlar voksellerin içerisine giren tüm yapıların ortalama değeridir. (Tuncel, 2002: 97-100).

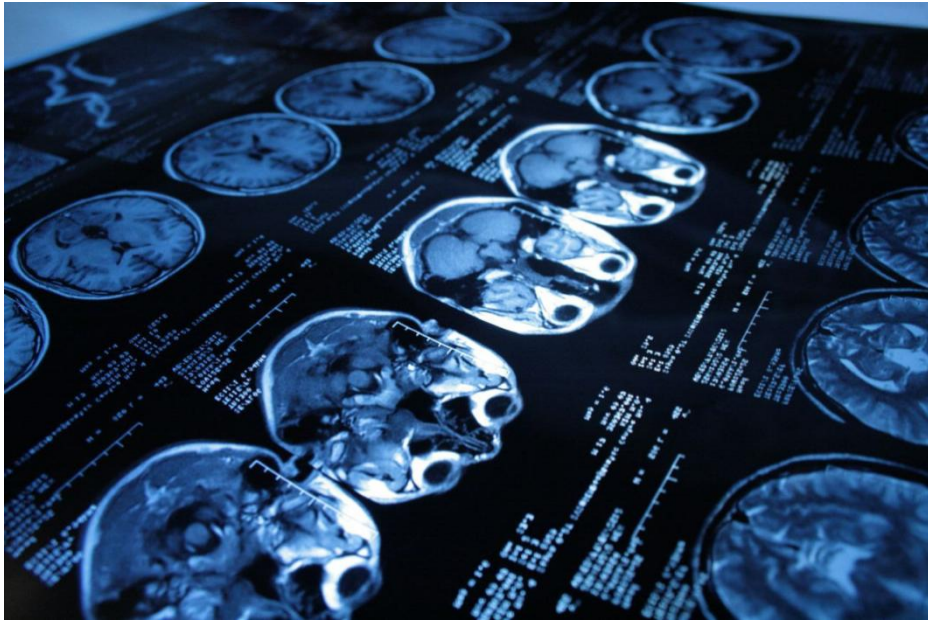


Şekil- 23 Hounsfield cetveli, (2002).



Radyogram -6 Bilgisayarlı Tomografide Görüntü Oluşum Aşamaları.

İşlemler görüntüleme bölümünde işlenir. Çözümlemesi yüksek bir monitör ve kayıt sistemi bulunur. İşlenen görüntülerin içlerinden seçilenler baskıya verilir. Bilgisayar sistemi burada büyük yer tutar, detektörlerden gelen dijitalize verileri işleyen bilgisayarlar voksellerin x-ışınlarının zayıflama değerlerini kullanır. Pencereleme yöntemi önemli bir görsel oluşturma yöntemidir. Gözümüz 4096 farklı tonu algılayamaz en fazla 30-90 gri tonu algılar yani farklı pekçok tonu tek bir ton olarak algılar. Sorun gözümüzün kontrast çözümleme yetisinin BT'ninkinden az olmasından dolayıdır. Bu sorun gri ton yelpazesinin sadece ilgilendiğimiz dokuların Hounsfield ölçeğindeki değerleri arasında dağıtmasıyla çözülebilir. Böylece daha küçük ton farklılıkları daha büyük ton farklılıklarıyla kodlanarak gözle algılanabilir hale gelir bu işleme pencereleme yöntemi denir. Bir diğer önemli özellikte görüntü yoğunluğudur. Örneğin deri altı yağ dokusu ile mide gazı arasındaki ton farkı algılanamaz her ikisinde siyah tonlardadırlar. Bu ton farklılıkları H.Ü. ölçüm değeriyle ayırt edilebilmektedir. H.Ü. cetveline göre yağ -95 hava ise -964'tür (Tuncel, 2009: 62,66-73).



Radyogram- 7 Tomografi Filmi.



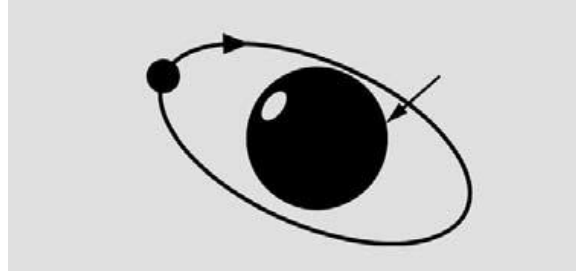
Radyogram -8 3 Boyutlu Böbrek Grafisi.

2.10- Manyetik Rezonans Görüntüleme

Yaklaşık olarak milattan önce 1000'lerde şimdiki Manisa civarında yaşayan çoban ve çiftçiler manyetizmanın ilk kaşifleri sayılabilirler. Manyetizmanın temeli maddenin bazı formlarının gösterdiği davranıştır, başlangıcı yada sonu yoktur. Mıknatıslarla hazırlanan düzenekler daima (olası bir tersinme olmadığı sürece) kuzeyi ve güneyi gösterir. Dünyanın kendisi sahip olduğumuz en büyük manyetik yapıdır. Birkaç çeşit manyetik tip mevcuttur, bizim için en önemli tip elektromanyetizmadır. Elektromanyetizma demir bir çubuk etrafına sarılan tellere akım verilmesiyle elde edilir. Bu yolla elde edilen manyetik etki hidrojen protonlarını etkiler. Bu etki manyetik rezonans görüntülemenin temelini oluşturur (Bushong, 2013: 70-73).

Bilinen ilk manyetik rezonans görüntüleme fizikçi Paul C. Lauterbur (1929-2007) tarafından 1972de üretilmiştir (Budinger ve Lauterbur, 1984: 288-298). İlk medikal görüntüleme ise soft görüntü şeklinde İngiliz fizikçi Peter Mansfield (1933) tarafından çekilmiştir (Hendee ve Morgan, 1984: 491-500). Manyetik rezonans görüntüleme kısa sürede klinik radyoloji içinde yer edinmiştir. Bu ilkler Lauterburg'a ve mansfield'e tıp alanında 2003 yılı Nobel ödülünü getirmiştir. MRG tomografi ile benzer yollarla görüntü oluşturur. Görüntüler kesit formdadır. Ancak fiziksel prensipleri ve işlemleri farklıdır (Pyket vd. 1982: 157-168). Yeniden yapılandırma için kullanılan bilgisayar programları benzerdir, BT temelde x-ışınlarının zayıflatıcı etkisini kullanıyor iken MRG cihazı numerik değişkenlere bağlıdır. Çünkü bu görüntüleme tekniği dijitalize yapılandırma algoritmalarının oluşturduğu veriyi alır analiz eder son karardan önce farklılıkları hesaplar ve spesifik karakterizasyon ile resimsel objeye dönüştürür. (Carter, 1985: 2).

Medikal manyetik rezonans görüntülemeye hidrojen çekirdeğinden yayılan sinyaller kullanılır. Bir hidrojen çekirdeklerinin tamamı elektriksel olarak nötr'dür. Manyetik rezonans fiziğinde bizi ilgilendiren protondur (Froehlich, Nanz ve Pruessmann, 2006: 1).



Şekil- 24 Hidrojen Atomu Modeli.

2.11.1-Manyetik Resonans Görüntülemenin Çalışma Prensibi

Bilgisayar tekniği açısından BT' ye benzer olduğunu söylemiştik MRG'nin tekniği çok karmaşık fakat baş döndürücüdür. MR yeterli manyetik alanı oluşturmak için yaklaşık 1.5-3 tesla⁴¹ enerji yani 20.000 gaus'luk güç kullanır. Kıyaslamak gerekirse dünyanın birim zamanda uyguladığı manyetik gücü 0.5 gaustur. Bu enerji manyetik alanı oluşturur.

Bu hareket protonların spinine etki eder. Spin atom altı parçacıkların kendi etraflarında dönme hareketine denir. Bu özellikleri dolayısıyla manyetik bir çubuk gibi davranırlar, bu çubuklara dipol denir (Bkz Şekil-25). Hidrojen atomu tek protona sahiptir onu nötrleyen notronu yoktur bu sebeple güçlü manyetik alana sahiptir. İnsan vücudunda da bolca hidrojen bulunur (su ve yağ). Ama bu protonlar normal şartlarda birbirlerinin manyetik etkilerini azaltmak amacıyla serbest olarak dizilirler. Bu sebeple vücudun manyetizasyonu sıfırdır.⁴² Güçlü manyetik alanın etkisine sokulan canlı dokular içinde yer alan protonlar ya da diğer deyişle dipoller manyetik alan yönüne paralel ve anti paralel konumda kutuplanırlar. Ters orantı mevcuttur. Paralel konum düşük antiparalel konum ise yüksek enerji gücüne sahiptir. (Chiristofides vd, 2014: 335-336). Güçlü manyetik alana kapılan çekirdeğin dönüş hareketi manyetik alan çizgilerinin çevresinde topağın dönüş hareketi gibi bir yol tutar. Bu dönüşe prosesyon denir ve bu işin

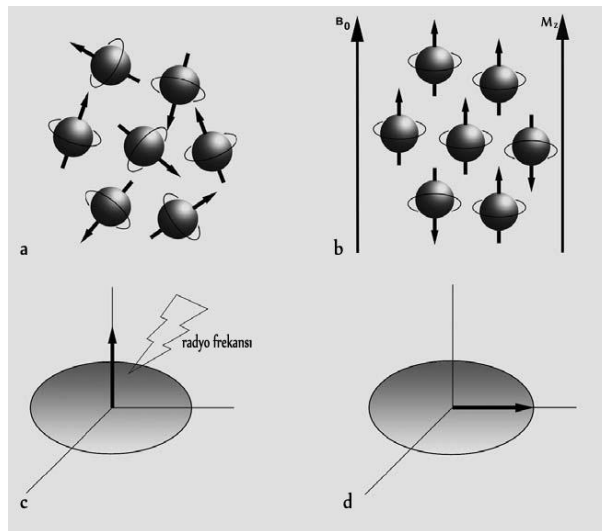
41 - Manyetik akı birimi SI birimi.

42 -Vücut içeriğini oluşturmada büyük yer tutan hidrojen protonları normal şartlarda serbest dağılım halindedirler, fakat bir manyetizasyon durumunda manyetik etkiye göre spin yönü oluştururlar. Serbest haldeki vücutta manyetizasyon düşük hatta sıfırdır.

temelidir. Prosesyonun dönüş sayısı manyetik güçle belirlenir ve güçle aralarında doğru orantı mevcuttur. Protonlar ancak presesyon frekansı ile radyo frekansı eşit olduğunda enerji aktarımını gerçekleştirir. (Tuncel, 2009:107-108).

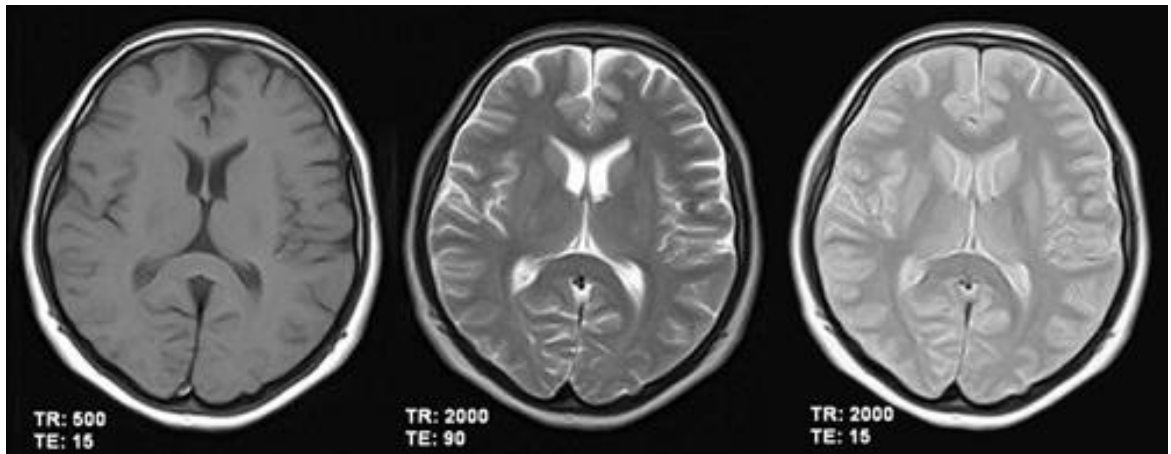
MR ölçüm mekaniği Ercan Tuncel'e göre şöyledir;

“MR’da ölçülen, hidrojen çekirdeklerinin manyetizasyonlarıdır. Manyetik alan içerisine konan vücuttaki protonların, manyetik alana uygun dizilimleri ile meydana gelen bu manyetizasyon, dışarıdaki manyetik alana paraleldir ve ona kıyasla çok küçüktür. Bu manyetizasyon bu konumda iken ölçülemez; ölçmek için ana manyetik alan yönünden saptırılmalıdır. Bunun için uygun frekansta bir radyo frekansı pulsu göndermek gerekir. Sapmanın derecesi aktarılan enerjiye bağlıdır 90 (bu derece merkez kabul edilir) dereceden daha küçük ya da büyük değerler de olabilir. Sapan vektörü oluşturan protonlar RF pulsundan sonra tekrar prosesyona başlar incelenen alanın hemen yakınına yerleştirilen bir sargı ile saptanan bu değer MR sinyalinin oluşturur” (Tuncel, 2009: 99)



Şekil-25 Serbest ve Magnetize Protonlar. A- serbest protonlar, B- elektromanyetizma etkisine giren protonlar, C- protonların manyetik vektörü, D- RF alan sipinin vektörel iz düşümü, (2006).

Manyetik etki altına giren protonların rahatlatma zamanları vardır bunlar T_1 ve T_2 (Bkz. Radyogram- 9) Manyetik alana sokularak dize getirilen protonlar radyo frekansına duyarlı hale getirilirler. Kesit alınacak bölgeye RF gönderilir bu enerjiyi alan protonlar enerji miktarına göre konumlarından saparlar RF enerjisi kesilir. Protonlar eski konumlarına dönerler. Bu dönüş sürecinde aldıkları enerjiyi sinyal şeklinde yayarlar. Protonların içinde bulundukları ortama göre başlangıç konumlarına gelme ve sinyalini yitirme durumuna geçme süreleri farklıdır. Protonların eski konumlarına gelme süreleri T_1 sinyalini yitirme süresine de T_2 denilir T_1 , T_2 süreleri birbirinden farklıdır. T_1 süresi T_2 den daima uzundur. Görüntülerdeki doku kontrastı yalnızca sinyal genişliğinden olmaz sinyalin sönüş süresi ve protonların eski hallerine dönüş sürelerindeki T_2 farklılıklardan oluşur. Sinyal dönüşümleri her doku için farklıdır (Hendee ve Ritenour, 2002: 361-363).



Radyogram- 9 T_1 , T_2 , Proton Görüntüleri, (2002).

Şöyle özetlenebilir ki bir görüntü oluşumunda 3 farklı kontrast dikkate alınır ve değerlendirilir. T_1 ağırlıklı, T_2 ağırlıklı ve proton ağırlıklı olmak üzere (Bkz. Radyogram-9).

Karmaşık gibi gelen bu durumun fiziksel etkileri kesin olarak çözümlenebilmiş değildir. Fakat aygıtı tanımaya başladıkça bu durumu belki biraz daha anlaşılabilir kılabiliriz.

2.11.2- MR Aygıtı

MR aygıtı 4 ana bölümden oluşur. Ana magnet (mıknatıs), gradient sargılar, RF yayan ve saptayan sargılar ve bilgileri depolayan görüntüleyen bilgisayarlardır.

2.11.2.1-Magnet

Manyetik rezonans görüntülemenin durağan ana parçasıdır. Bu magnetik yapı proton yapıların eksensel devinimini tanımlar. Statik alan yönleri de, açısal eğilim için ekseni referans alır. Magnetler de görüntü oluşturmak için bir kuvvet zinciri kullanılır bu zincir 0.1 ile 3.0 tesladır. Bu değerler magnet tiplerine göre değişir.

Permanent, (Hendee ve Ritenour, 2002: 390) resistiv veya süper kondüktiv (Diren, 1991: 50) tip magnetlerdir. Resiztive ve kondüktive magnetler elektrik akımı geçiren bobin şeklindeki sargıların oluşturduğu manyetizmadır. Permanenet magnetler ferromanyetik (demir gibi ağır metaller) özelliktedir. Demir, nikel, kobalt gibi madenlerin karışımından oluşturulur. Ancak permanentler oldukça ağırdır. Yalnızca 0.5 teslalık güce ulaşır. Resistive magnet, manyetik alan için sürekli yüksek güce ihtiyaç duyar, bunun enerjisi 0.3 tesladır (Froehlich, Nanz, ve Pruessmann, 2006: 43).

Süperkodüktive magnet, en güçlü magnettir. 3.0 tesla enerji kullanır. Manyetik alanın homojen olmalıdır süperkondüktüvler güçlü yapıları dolayısıyla buna sahiptirler (Froehlich, Nanz, ve Pruessmann, 2006: 43).

2.11.2.2-Gradient Sargı

Gradient eğim demektir. Sinyal lokalizasyonu için manyetik alanı kontrollü olarak değiştirmektedir. Ana magnet üzerinde eğimli manyetizma oluşturur. Ve görüntünün alınması için işlemler gerçekleştirir.

2.11-2-3- Radyo Frekans Sargıları (Coilleri):

Adından da anlaşılacağı gibi radyo frekansı üretirler ve protonlardan yansıyan sinyalleri toplarlar. Yaklaşık 1 MHz ile 10GHz arasında frekans pulsu gönderirler. RF coilleri 4 çeşittir. Volüm, shim, gradient, ve yüzey coilleri (Diren, 1991: 50).

2.11.3-Bir MR Görüntüsü Nasıl Elde Edilir?

MR görüntüleri radyo frekans atımlarının genişliğine, gücüne, süresine ve gönderme şekline göre değişiklik gösterir. Sadece RF sinyal süresini değiştirerek gri tonlamada değişiklikler yapılabilmektedir. Bu nedenle klinikte kullanılabilmesi için görüntüleme ölçütlerinin standardize edilmesi gerekmektedir. Bu standardizasyonlara puls (atım) sekansları denir. Puls atım sekanslarına spin eko denir. Spin ekolar görüntülemenin yük atıdır yani taşıyıcısıdır. Görüntüleme süresi buna bağlıdır. Kesit oluşturma ise rezonans kuralına bağlıdır. Kural, protonlar presesyon frekanslarına eşit radyo frekansı pulsu ile saptırılabilirler yani rezonansa girerler. Bu kurala göre her bir kesit için ayrı bir frekans yapılandırması gerekir. Yapıya göre puls gönderilir ve ayrı ayrı kesitler oluşturulur. Voksel terimi burada da geçerlidir, kesitler voksellere ayrılr voksellerden gelen sinyalle yer belirlenir. MR sistemini çok güçlü bilgisayarlara sahiptir. BT de olduğu gibi 3 boyutlu görüntüler elde edilebilmektedir (Tuncel, 2009: 106).

Radyolog Ercan tuncelle göre;

“MRG bir çeşit hacim görüntüleme yöntemidir geniş bantlı puls ile çalışır. Üçüncü boyut için faz kodlama gradienti uygulanır. Veri toplama süresi x ve y gradient basamak sayısı NEX formülünde görülebilecek şekilde uzar. İncelenen bu hacim izotropik ve anizotropiktir. İzotropikte voksel boyutu her yerde eşittir ve küp şeklindedir. Anizotropikte ise dikdörtgen şeklindedir. Anizotropik voksel gradient basamakları azaltılarak uzun süren işlem süresini kısaltır. 3 boyut görüntüler rekonstükte edilen yapılardır. Fakat bu işlemler artefak düzeyini artırır” (Tuncel, 2002: 125-126).

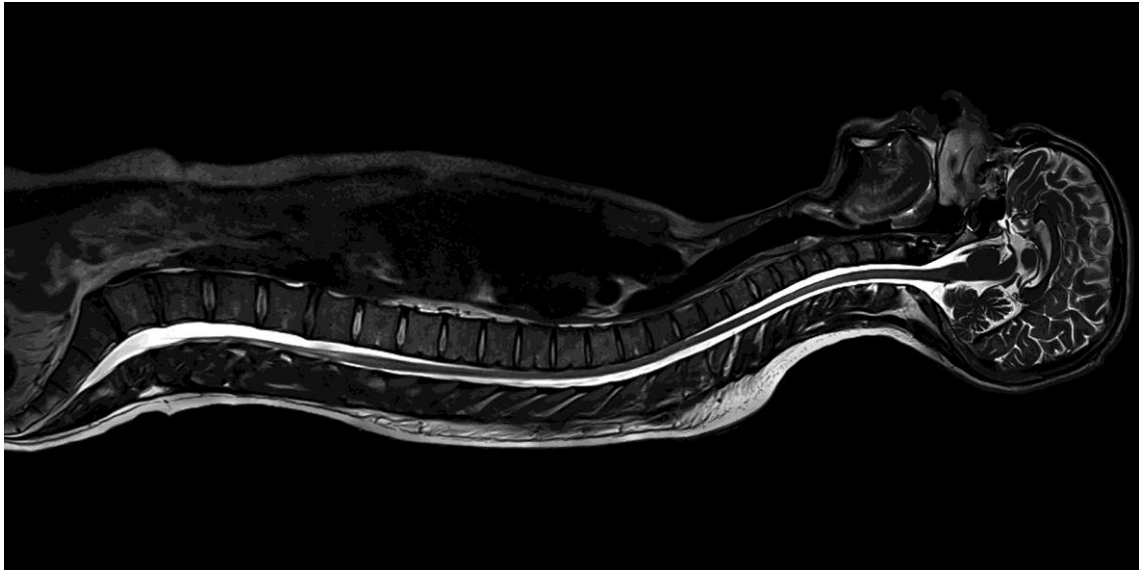
Cihaz 2 bilgisayar bileşenine sahiptir. İç bölge yapıları bu bilgisayarlar sayesinde meydana gelir. Cihazın RF coillerinden alınan veriler iletim hatları aracılığıyla görüntü işlem bilgisayarına gelir. bu bilgisayar bir tür sinyal işleyici olarak çalışır ve gelen sinyalleri yorumlar. Bu yorumlar operatör bilgisayara iletilir. Bu bilgisayarlarda ayarlamalar yapılır. Daha sonrasında görüntülerin çıktıları alınıp sekansların tekrarlanabilme şansı her zaman vardır (Ünal, 2008: 20).

Anlaşıldığı üzere görüntüleme de en önemli etken düzene giren protonlara salınan radyo frekansının etkisiyle protonlardan geriye yansıyan sinyallerin alıcılar tarafından algılanıp bilgisayar teknolojisiyle ayarlanıp yorumlanması sonucu görüntüye dönüştürülmesidir.

2.11.3.1-Görüntü Kalitesi

Görüntülemedeki amaç lezyonların sağlam dokularla arasındaki yapısal farkı kavrayabilmektir. Burada önemli olan ayırt gücünün (kontrastın) yüksek olmasıdır. Lezyonun çevresinde bulanıklık belirtisizlik yani çözümleme kalitesi fazla olmalıdır. Noiselerden (gürültü) arınmış olmalıdır. Görsel saflık önemlidir. Bunlar için öncelikle görüntü süresi, kontrast ve uzaysal çözümleme önemlidir. Görüntüleme kalitesi görüntüleme süresi ile doğru orantılıdır. Görüntü alma süresi kısıtlanırsa görüntü kalitesi düşer ve artefaklar (görüntüde bozulma) oluşur. Fakat gelişen teknoloji ile hızlı görüntü alma yöntemleri geliştirilmektedir bunlar görüntüleme ortalamasını düşürmekte ve multislays⁴³ görüntüleme yapmaktır. Bir diğer yöntemse TR değeri yani veri toplama süresinin kısaltılmasıdır. Tabi bunlar kaliteyi kötü etkileyen yöntemlerdir (Tuncel, 2002: 126,128-131). Kontrast, dokular arası karakteristik farkı oluşturur. Proton yoğunluğu, T_1 ve T_2 süresi yada uygulanan kontrast malzemelerle sağlanır. Bu boyutlar, nesnelerin görüntülenebilirliğini belirleyen boyutlardır. Boyut sınırı voksellerle belirlenir (uzaysal boyut) Voksel hacmi, görüş alanıyla (FOV), matris boyutuyla ve kesit kalınlığıyla kontrol edilir. Voksel hacmi büyüdükçe bulanıklık artar dolayısıyla küçüldükçe piksel değeri de küçüleceğinden görüntü kalitesi artar ve daha kaliteli görüntü oluşturulmuş olur (Froehlich, Nanz ve Pruessmann, 2006: 30).

43- Çoklu kesit görüntü alma yöntemi.



Radyogram -10 Teslalık Manyetik Rezonans yatay vücut tarama.

2.12- Nükleer Tıp

BT ve röntgen teknikleri gibi bu yöntemde ışın kullanılarak çekim yapılır. Bu yöntemin çalışma prensibi direkt olarak vücuda radyoaktif bir maddenin verilip ardından aktivasyonun güçlü kameralarla ölçülüp organların yada tüm vücudun tespit edilmesi olayıdır. Nükleer enerjiyi görüntülemenin yanında tedavi amaçlıda kullanılmaktadır. Özellikle kanserli dokuların yok edilmesi adına yapılan çalışmalar çığır açıcı boyuttadır.

Bu yöntem için yaklaşık 20 kadar çeşit radyoaktif madde kullanılır. Ve bu ışınlar gama kamera, pozitron emisyon tomografisi (PET) tarafından kaydedilirler. Elde edilen görüntüler çok farklıdır. Düz görüntüler fotoğraf yıkama sürecinde beliren filmlerin belirmesi gibidir.

2.12.1-Radyo Elementler

Metabolizma incelemelerinde radyoaktif elementlerin kullanılması radyolojide önemli bir yer tutar. Elementler saf halleriyle enjekte edilmezler bu işlem için belirli

yapay radyo izotoplar kullanılır. Kimyasal özellikleri açısından izotopların kütle numaraları aynı atom numaraları farklıdır. Yani izotoplar aynı elementin farklı versiyonları'dır. Yarılanma ömürleri⁴⁴ değişiktir. Bazı izotoplar 1 saatte bazıları ise binlerce yılda yarılanırlar (Putman,1965: 27).

Radyo izotopların yapımını için çekirdek tepkimeleri gerçekleştirilir yarı ömür süresi ile oynanır ve istenen düzeye indirilir. Bir anlamda uygun izotop elde edilir. İzotop kaynakları genel itibariyle uzun ömürlü bir elementle uygun bir radyoaktif elementin tepkimeye sokulmasıyla oluşturulur (Akın, 1981: 66). Bu süreçler kimyasal işlemlerde meydana getirilir. Profesör Doktor Hikmet Basyan'ın 1. Ulusal parçacık hızlandırıcıları ve uygulamaları kongresinde dile getirdiği siklotron cihazını onun deyişiyle sunalım

“Parçacık hızlandırıcıları arasında Nükleer Tıp uygulamaları açısından günümüzde en popüler konumda olanın dairesel hızlandırıcılar (cyclotron) olduğu bilinmektedir. Aslında toplum için genel olarak oldukça yabancı sayılabilecek parçacık hızlandırma kavramının, konu ile ilişkili bir çok bilim alanında çalışanlar için de farklı anlamlara geldiği söylenebilir. Bu tanımlamadan yola çıkarak bir dairesel hızlandırıcının ziyaretçiler için “ son derece karmaşık bir görünümde kablolar, borular ve birbirinin içinden geçen bölmelerin bulunduğu labirent'i anımsatan bir yapı izlenimi verdiği ; hızlandırıcıda çalışan bir operatör için bir çok elektronik yapının, dijital göstergelerin, monitörlerin, butonların bulunduğu bir “cockpit” görünümü taşıdığı ; sağlık fizikçisi için her bölgenin denetlenmiş ve kontrol altında olduğu, kale ötesi korunmanın sağlandığı modern Alkatraz hapisanesi izleniminde bir yer olması gerektiği ; deneysel fizikçi için parçacıklarla oynanabilen ve belki de evrenin sırlarının aralanacağı bir yer ; finansı sağlayan karar bürokrasisi için ise son derece lüks ve pahalı bir saray gibi algılanacağı söylenebilir” (Baysan, 2001: 1).

44- Bozunum.

Bu eğlenceli anlatım meselenin derinliğine biraz latife biraz gizem katmaktadır. Fakat gerçek olan muazzam küçük yapıların üzerinde uygulanmak istenen yapısal değişimin nice büyük uğraşlar gerektirdiğidir.

Radyonüklid	Yarılma şekli	Enerjisi	Bulunma Yüzdesi
Xe-133	β^-		
	γ	81 keV	%37
Xe-127	EC	Iyot x-ışınları (35 keV)	%100
	γ	58,172.203 ve 375 keV	%1,%26,%68 ,%17
I-123	EC	Telliryum x-ışınları (33keV)	%100
	γ	159 keV	%83
I-131	β^-		
	γ	364 keV	%81
Tc-99m	IT	140 keV	%89
Kr-81m	IT	190 keV	%67
Mo-99	β^-		
	γ	740 keV	%12
In-111	EC	Kadmiyum x-ışınları (26 keV)	
	γ	171 ve 245 keV	%90, %94
Ga-67	EC	Çinko x-ışınları (10 keV)	%100
	γ	93,185,300 ve 394 keV	%37, %20,%17, %5
Tl-201	EC	Civa x-ışınları (80 keV)	%100
	γ	135 ve 167 keV	%3 ve %10
C-11	anhilasyon fotonları(p)	511 keV	%200
O-15	anhilasyon fotonları(p)	511 keV	%200
F-18	anhilasyon fotonları(p)	511 keV	%200

Tablo- 5 En Çok Kullanılan Radyoizotoplar.

Yukarıdaki tabloda en çok kullanılan radyo aktif izotoplar verilmiştir.İdeal enerji aralıkları 100 ila 250 keV⁴⁵ arasındadır (Bkz.Tablo- 2). Görüntüleme aygıtlarında bu seviyeye göre ayarlanır.

Bu yolla üretilen radyo izotoplar, farmasötik denilen ilaçlarla birleştirilir ve hastalara verilir. Kimisi direk tedavi amaçlı kullanılır kimisi ise görüntüleme amaçlı kullanılır. Biz bu yazımızda görüntü üzerine duracağız. Görüntüleme işlemleri nükleer tıp yazımızın girişinde de belirttiğimiz gibi gama kameralarda ve PET cihazında dijital olarak gerçekleştirilmektedir.

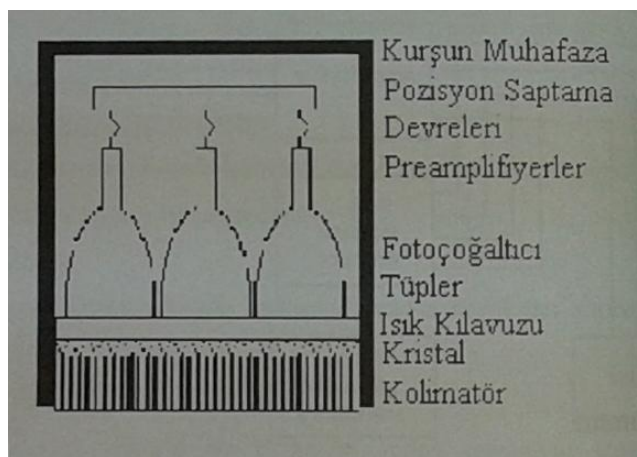
45- Bu değerler biyolojik bozunuma sebep olacak büyüklükte değildir.

2.12.2-Gama Kamera



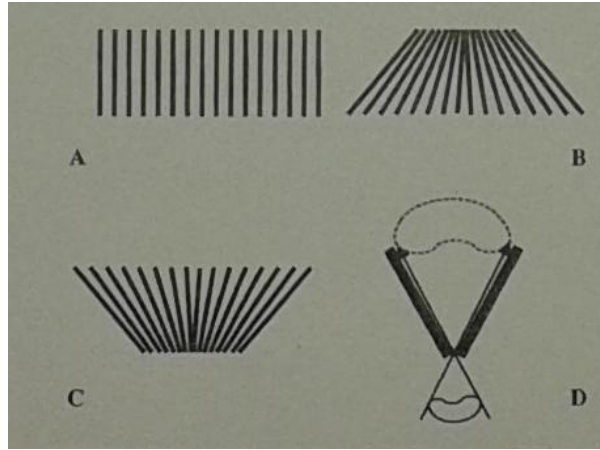
Fotoğraf- 24 Gama Kamera, (2009).

Hedef organda tutunan radyo izotopun bozunumu süresinde yayılan gama partikülleri sintilasyon kristalinde ışık ışınlarına dönüşerek görüntülenmesi olayı gama kameranın çalışma prensibidir. Gama kameranın en önemli parçası detektörüdür. Detektörün yapısı aşağıdaki şekilde verilmiştir.



Şekil- 26 Kolimatör.

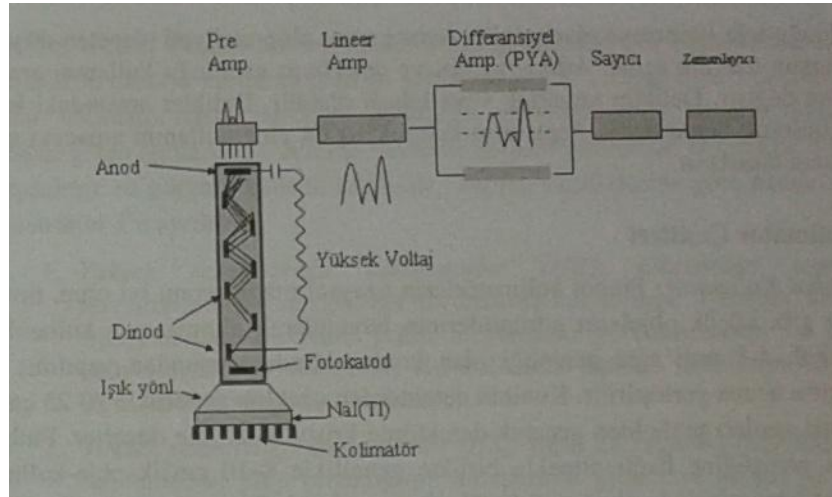
Detektör, çevreden yayılan parazit ışınları kurşun muhafaza kaplaması ile engeller bu sayede görüntüde artefak oluşması engellenmiş olur. Pozisyon saptama devreleri ile absorblanan ışınlar saçılan fotonlar ve parazit ışınlar birbirinden ayrılır. Foto çoğaltıcı tüpler adından da anlaşılacağı gibi yayılan ışınların genişliğini artırarak elektronik devrelerce ölçülebilirlik değerini artırırılar. Işın kılavuzu kristalle foto çoğaltıcı tüp arasında bulunur. Kristalden gelen ışınların boşlukta karşılaşacağı ani kırılmaları önler. Kristal en önemli parçadır ve çok hassas yapıya sahiptir. Gama ışınlarını toplar elektrona dönüştürür ve foto çoğaltıcıya gönderir. Işınlar burada dinodlar arasında yüksek voltajında etkisiyle hızlandırılırlar ve sayıları artar.



Şekil- 27 Kolimatör Tipleri, A Paralel B Koverjan C-Diverjan D Pin Hole.

Kolimatör, detektörün en başında bulunur ve farklı açılardan gelen ışınları engeller doğru ışınların kristale ulaşmasını sağlar. Yapısal olarak deliklidir ve delik şekline, sayısına ve genişliğine göre isimlendirilir (Bkz. Şekil- 27). Paralel, konverjan, diverjan ve pin hole şeklindedir. Pinhole agridizör mantığında çalışır görüntü büyüklüğünü değiştirebilir. Ufak organ tespitlerinde yararlıdır (Tamgaç ve Ersel, 2001: 43-50). Foto çoğaltıcıda (Bkz. Şekil- 28) hızlandırılan elektronlar ayrı ayrı x, y, z boyutlarında üç ayrı sinyaller olmak üzere üç farklı boyutta iletilir. Hızla ilerleyen ışınlar elektronik ünitelerde şiddetlendirilip şekillendirilmelerinin ardında bilgisayar ekranına aktarılırlar. Görüntüler üzerinde dijital düzenlemeler yapılabilir. Görüntülerin ham hallerindeki görünüşün en yüksek kalitede olması zorunludur. Çünkü daha sonraki

algoritmik düzenlemeler görüntü kalitesini ve doğruluk payı aynı oranda artır. Detektörün en önemli yapısı kristaller sodyum iyodid bileşiğinden oluşur ve düşük enerjili detektörlerdir.



Şekil- 28 Foto Çoğaltıcı Tüp.

Radyofarmasötiğin ilgili organla lokalizasyonu sağlandıktan sonra detektör kolimatör yapısına göre uygun geometrik şekle göre ayarlanıp sayım⁴⁶ alınır (FOV30.000-100.000). Işınlar belirli bir dönüşüm sürecinden geçtikten sonra statik yada dinamik görüntü sağlanır (Önsel, 2009: 24-25).

2.12.2.1-Görüntü Kalitesi

Her bir sayım ekranda bir nokta olarak belirir. Her sayım kaydedilir gerekli sayıya ulaşınca görüntü oluşturulur. Organlara göre sayım sayısı belirlenir. Kaliteli bir görüntü için küçük FOV'lu kameralarda 300.000 bin ila 500.000 sayımla elde edilir. Geniş FOV'lu kameralarda 1.000.000 sayım yeterlidir. Yinede çözünürlük yeterli değildir fakat daha ileri teknik geliştirilememiştir PET ve SPECT de dahil olmakla birlikte. (Tuncel, 2002: 188).

46- Birim zamanda kaydedilen gama ışını miktarı.

2.12.3-Pet Cihazı:



Fotoğraf- 25 Pozitron Emisyon Cihazı (PET), (2010).

Burada pozitron kaynağı radyonüklidler kullanılır. İsmi pozitronlardan alır. Pozitron Emisyon Tomografisi'nin kısaltılmasıdır. Şekerle işaretlendirilen radyonüklid çekirdeklerin tutulduğu hücrelerin görüntülenmesi yöntemidir. Dolayısıyla anatomik değil biyolojik görüntüleme sağlar. Pet çok yüksek duyarlılık kapasitesine sahiptir. Bu sebeple daha az radyofarmasötiğe ihtiyaç duyar. Görüntüleme prensibi radyonüklid bozunum, bu süreçteki pozitron yayılımını, dokuda meydana gelen çok sayıda saçılım, elektronlarda yok olma (annihilasyon) ve arka arkaya bitişik iki 511keV'luk annihilasyon fotonunun oluşumu, temel görüntüleme prensibidir. Çift foton görüntüleme Tekil foton görüntülemeye nazaran daha duyarlıdır. Petin kullanıma girmesine flüorine 18 izotopu etken sebep olmuştur. Flüor 18 saf β^+ yayar (Zimmermann, 2007: 75).

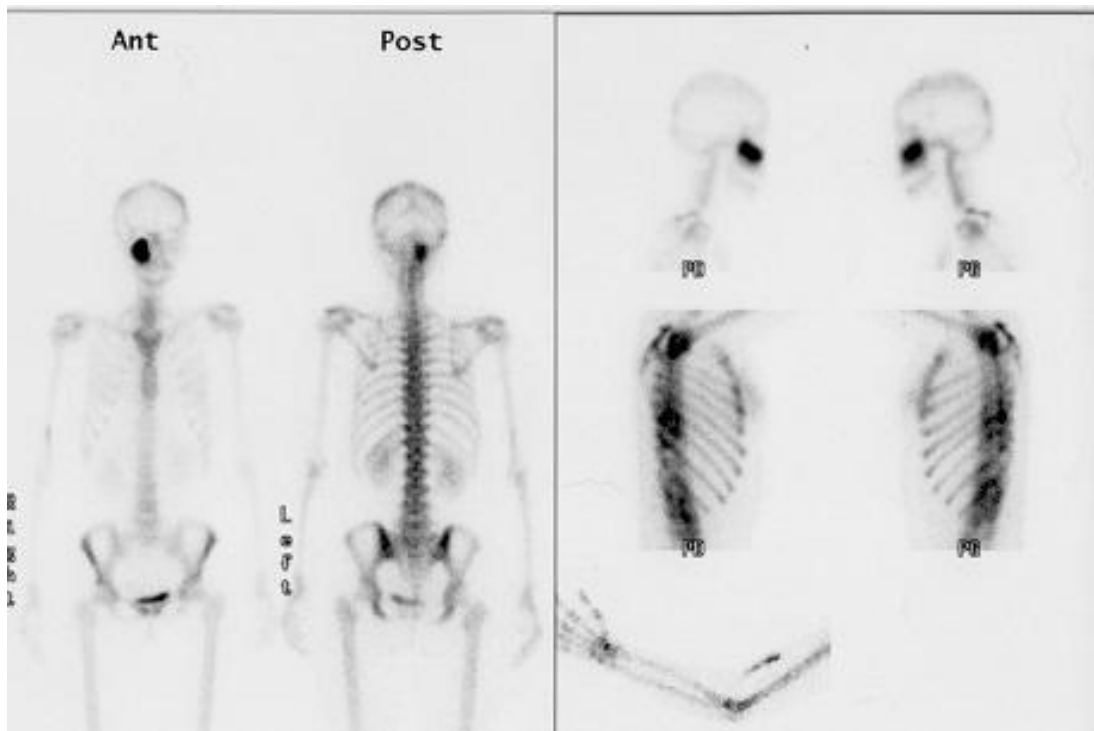
2.12.3.1-PET Cihazında Görüntülerin İşlenmesi

Görüntülerin kısa sürede toplanması büyük bir avantajdır. Fakat görüntünün yeterli seviyede olabilmesi için gerekli fotonu alabilmiş olması zorunludur. Işık saçılımları büyük problem teşkil eder. Bu yüzden geniş enerji pencereleri kullanılır. Bunları engellemek için halkalar arasına kurşun ve tungsten septalar⁴⁷ eklenir böylece kesit dışından gelecek saçılmalar engellenir. Septalar birden fazla değiştirilerek daha fazla görüntü alınabilir (Bor, 2009: 251-254).

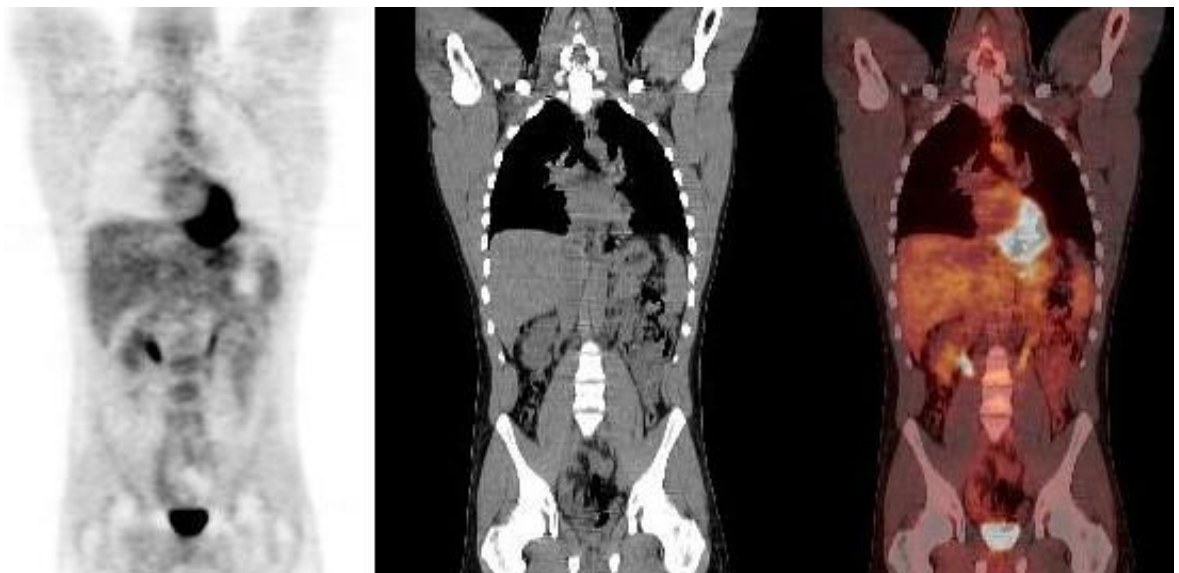
Spect, bu görüntüleme aygıtının en büyük avantajı deriden gelen ve farklı yapılardan gelen saçılmaları engeller. Bu sayede de görüntülerin kontrastı deha etkili olmaktadır. Böylece bir birine yakın iki farklı radyoaktivite tutan biyo yapının daha kontrast görülebilmesine sebep olur. Hasta görüntüleme “step and shoot “ yöntemiyle yapılır yani görüntüleme öncesinde belirli derecelerden sabit plan görüntüler alınır böylece görüntülenecek yerlerin açısı belirlenir ve asıl görüntüleme başlar, detektör her görüntü için ayrı bir hareket gerçekleştirir.bir önceki işlem daha sonrakinden geleni kabul etmez (Tuncel 2002: 189-190).

Spect’ te ise foton azalımı önemli problemdir. Bu sorun görüntü piksellerinin tekrardan eski durumunu geri kazandırılmasıylaortadan kalkar. Yine saçılımlar burada da sorun yaratabilmektedir, fakat gelişmişlik seviyesi yüksek olduğundan bu sorunlar daha az etki eder. Çift pencere sistemiyle kalite artırılır. Maalesef RN görüntülemeye noise olayı genel olarak büyük problemdir. Görüntüyü oluşturan sayım miktarıyla gürültüler azaltılabilir (Bor, 2009: 145-174).

47- Işın engelleyici materyal.



Radyogram- 11 Kemik Sintigrafisi Örnekleri, (2014).



Radyogram- 12 Pet-bt Birleştirilmiş ve Renklendirilmiş Vücut Grafisi.

2.13- Ultrason

Daha önce bahsettiğimiz ultrason görüntülemeye bambaşka teknik kullanır. Bu teknik elektromanyetik dalganın dışına tanımlanan fakat yine dalga hareketi ile yayılan bir yapı olan sestir. Sesi oluşması havanın belirli bir frekansta titreştirilmesi ile meydana gelir bu titreşim etrafımızda duyduğumuz her sese meydana gelen fiziksel bir oluşumdur. Konuşma, yaprak hışırtısı, korna sesleri, hayvan sesleri hepsi birer frekansa ve şiddete sahip seslerdir. Fakat biz bu sesleri kulağımız aracılığıyla duyarız. Ama belirtmelidir ki kulağımızın da gözlerimizin algılamasındaki gibi sınırları vardır. Belirli frekansın altını ve üstünü duyamayız her ne kadar bu kudrete sahip hayvanlar varsa da biz buna vakıf değilizdir. Belirli frekansın üstü tıpta görüntüleme tekniği olarak kullanılmaktadır. Sesi doğrusal bir yayılım gösterdiği düşünülüyordu fakat yakın zaman önce sesin doğrusal yayılmadığı anlaşıldı (Wells,1977: 629–643,671–722). Sesi dalgalar halinde bütünsel bir yayılımının olduğu keşif edildi.

Ultrasonik görüntüleme çok geniş bir kullanım ağına sahiptir. Tıp, teknoloji, ve sonar sistemler gibi. Bu çalışmada tıp alanındaki görüntüleme tekniklerinden bahsedilecektir. Yaklaşık yarım yüzyıldır insan vücudunu görüntülemek için ultrason tekniklerin kullanılmaktadır. Avusturyalı nörolog Dr. Karl Theo Dussik ilk olarak ultrasonu medikal bir tanımlama aracı olarak kullandı ve beyni görüntüledi. (Edler ve Lindstrom, 2004: 1570-1580). Bugün ultrason, görüntüleme teknolojileri arasında en geniş kullanım alanına sahip olan yöntemdir. Diğer görüntüleme tekniklerine nazaran kullanışlı, radyasyon yaymayan, nispeten ucuz bir tekniğe sahiptir. Ayrıca US görüntüleri tomografi gibi anatomik yapının enine kesit görüntülerini de sunar. Görüntüler gerçek zamanlıdır, böylece anında görüntü durumunu yansıtır buda ağrıyan bölge tanımlamalarında ya da daha çok kullanılan fetüs görüntüleme durumları hakkında bilgiler verir (Narouze, 2011: 13).



Fotoğraf -26 Ultrason Cihazı.

2.13.1-Ultrason Görüntüleme Tekniği

Modern tıbbi ultrason görüntülemeleri temelde, atım eko (puls echo) yöntemini kullanır ve görüntülemeyi parlak modda (brightness- mode) yapar. Bu yöntem vücudun içine kısa ses atımları yapmasıyla gerçekleştirir. Bu ses dalgaları bir seviye vücudu geçebilme özelliğine sahiptir. Geçiş sürecinde bazı ses yankıları absorbe olurken bazıları geri yansır. Eko sinyalleri eş düzlemde sıralı atımlar yapar ve atımlardan gelen ekoları birleştirerek ultrason görselini oluşturur. Ultrason cihazı bir monitör, işlem gerçekleştiren bir kasa, kumanda masası ve çeşitli yapılarda proplardan oluşur. Yankı proplarda üretilir ve yine prop içeriğinde bulunan bir düzenek tarafından da kayıt edilir (Chan ve Perlas, 2011: 13-18).



Fotoğraf -27 Prob Çeşitleri.

2.13.2-Ulra Ses Nasıl Üretilir

Ses üretimi transducer yada diğer adıyla probalar aracılığıyla üretilir. Problar içerisinde bulunan çoklu piezoelektrik kristallerine elektrik verildiğinde titreşirler bu titreşim elektrik etkiye verilen bir tepkidir. (Otto, 2000: 1–29.) Piezoelektrik ilk olarak curie kardeşler tarafından 1880’lerde ortaya atılmıştır. Daha sonraları bu elektrik etki ile oluşan ses dalgalarının geri dönüş yaptığını kanıtladılar (Weyman, 1994:3–28). Böylece ultrason üzerine çalışmalar başlamış oldu fakat tıbbi uygulamalara çok daha sonra 20. Yüzyılın 2. Yarısında geçildi.

2.13.3-Görüntü Oluşumu

Görüntü oluşumu sırasıyla şöyle gerçekleşir, transducer tarafından yaklaşık 150 V’ ta üretilen atımlar yapar, bu akım ön yükselticide yükseltilir, bu yükseltme değeri görüntülenecek yapının değeriyle doğru orantılıdır. Gönderilen ekolar dokulardan belirli mesafelerden geri yansır bu yansımadaki mesafe ton farkı olarak ortaya çıkar. Bu yansılardan her biri birer bilgi taşır, bu bilgiler işlenmek üzere alıcıya gönderilir. Alıcı saptanan sinyalleri işleyerek görüntüye hazırlar. Tarama verisi dijital ara yüzdedir, görüntüyü monitörize eder. Görüntüleme şekilleri A-mod (genişlik), B mod (parlaklık),

M-mode(hareket) olarak isimlendirilir. A-modda yankının grafiği çıkarılır, bu grafik yankıların genişliğini, şiddetini, yankılar arasındaki mesafeyi ve yapıların vücut içerisindeki derinliğini yansıtır. B- modda yankı şiddeti dengeli bir şekilde parlak noktalar halinde kaydedilir. M-modda ise hareketli yapılardan yansıyan ekolar konum, zaman grafiği şeklinde kaydedilir. Bu üç farklı grafik değerlendirilerek görüntüye dönüştürülür (Tuncel, 2002: 159-162). Görüntüler PACK sistemi ile hastanenin veri tabanında kayıtlı halde bulunur ve ulaşımı sağlanır.



Sonogram -1 Bir Bebeğin Sonografisi.

Gizli ışınların kullanılarak oluşturulduğu tıbbi amaçla kullanılan görüntüleme yöntemlerinin teknik olarak irdelenmesi ve incelemesi yapılmıştır. X-ışınlarının doğası üzerine detaylı olarak durularak kavranılmaya çalışılmıştır. Enerji biçimlerine göre cihazların çalışma ve görüntü alma prensibi üzerine durulmuştur.

3. BÖLÜM

FOTOĞRAF SANATINDA RADYOGRAFİK YORUMLAR

1990'lü yılların ilk başlarında flüoroskopi cihazlarının geliştirilmesi ile birlikte botanikçiler bitkiler üzerinde x- ışınları ile görüntüleme çalışmalarına başlayıp belge niteliğine sahip kataloglar bastırmaya başladılar. 1950'lerde kimi çalışmalarını galerilerde sergilemeyi deneyen bilim adamları bir anlamda radyogramların birer sanat nesnesi olmaları yolunda ilk adımlarını atmış oldular. Fakat asıl ilerlemeler daha çok 1990'larda modern sanat sergilerinde kullanılmak için x-ray, MR gibi görüntü üreten cihazların verileri bir ifade, bir anlatım biçimi olarak değerlendirilmesine başlanmıştır. Sanat galerilerinde müzelerde bienallerde sergilenerek yeni sanat ürünleri oluşturmada örnek teşkil edebilecek adımlar atılmış oldu.

3- Radyofotoğraf Sanatı

Estetik bir değer olarak radyolojik görüntülere İmanuel Kant'ın estetik anlayışı ve Husserlin fenomenolojisi ışığında olaya bakmamız gerekir.

Kant'ın önemli görüşlerinden birisi olan “güzel olanda güzelliği aramak değil güzel olmayanda güzelliği aramak” ifadesidir. Bu ifade bilimsel yollarla elde edilen bu çalışmaları estetize etmede önemli bir çıkış noktası olmuştur. Kant, güzelliği estetikle bağdaştırmaktadır. Fakat arayışı güzel olanın estetiği değil, normal olanda güzelliği aramak niteliğindedir (Bozkurt, 2000: 120-130). Kant'a göre güzel evrensel, fakat estetize edilmiş bir nesnenin herkese göre güzel olan değil kişinin kendisine göre güzel olanı, güzeldir. Senin beğenin ile alakalı olan yani kişinin kendi bakmak istediği öz beğeni ile güzel bir nesne olup olmaması anlamsal değer kazanır. Kişinin nesneye yüklediği değerle o nesne bir güzellik ya da anlam kazanır.

Radyogramlara Kant'ın felsefesine göre baktığımızda, kişisel beğeniye göre değer bulan birer sanat nesnesi olarak kabul edilmelidir. Çünkü Kant'ın güzellik anlayışı evrensel, bundan yola çıkılarak bir çalışmaya yüklediğimiz değer ölçüsünde "nitelik," beğeni ölçüsünde de "önem" kazanır. Doğal halleri ile sanat dünyasına ait

olmayan bu tıbbi nitelikli görüntüler estetik bir dokunuş ile düzenlemeye gidildiğinde objenin ait olduğu yerden alıp başka değerler yükleyerek bambaşka bir ifade alanı yaratılabilmektedir. Burada Husserl'in fenomoloji algısına göre de şekillenen bu anlayış bir nesnenin “ayraca” alınarak var olduğu halden bambaşka bir nesneye dönüştürme düşüncesi ile desteklenebilmektedir. Bir röntgen yada manyetik rezonans cihazı ile sanatçı tarafından da yönlendirme ve düzenleme yapılabilme olanağı vardır (Husserl, 1995: 15-18). Burada fotoğrafta olduğu gibi modele poz verme eylemine benzer şekilde yönlendirme yapılabilir. Çekim olayının tamamlanması ardından dijital yada analog formda çıkan görüntü üzerinde ister karanlık odada ister dijital ortamda kırpma kontrast manüplasyon gibi eylemler uygulanabilmektedir. Bilimsel görüntüler var oldukları dar nitelikli halden yeni ve köklü bir öznel alanına kavuşturulur. Bunun bağdaşı olarak da yepyeni bir nesnel yön keşif edilmiş olur. Bakış açısında gerçekleşen bu değişim fenomoloji açısından şeylerin özüne erişim izni veren bir metodolojik başlangıç işlevi görür hale gelebilmektedir. Burada ki amaç bir nesneyi bir özden başka bir öze indirgemedir.

Ayrıca Kant estetiğe giriş yolunun bizim estetik yaşamımızdan geçtiğini belirtir. Yani çekilen tıbbi görüntünün estetik olarak değer kazanabilmesi için çeken kişinin estetik beğenisinin gerekli seviyede olması gerektiği inancıdır. Zaten radyoloji tarihinde de görüntülerden sanatsal bir beğeni yaratma çabası içinde olan doktor yada fizikçiler asıl alanları yanında fotoğraf yada diğer sanat dalları ile ilişki içinde oldukları görülmektedir. Bu öncülerin görsellerinde “sanatsal bakış açıları yakalamak istemeleri”, “estetik bir yan” olması için çaba harcadıkları anlayışı yer almaktadır. Özellikle 1980 sonrası çalışmalarda yapılan yeniden sunum denemeleri, resim çalışmaları ile bağdaştırma çalışmaları sıklıkla artmıştır. Burada diğer sanatlar ile etkileşim içinde olunmaya çalışıldığı da gözlenebilmektedir. Özellikle David Teplika'nın Michelangelonun “İnsanın Doğuşu” adlı freskinden esinlenerek oluşturduğu insanın doğuşu adlı radyogramı sanatlar arası etkileşimin ve uygulamalarda sanatsal değer taşıyan önemli çalışmalarının benzerlerinden yola çıkılarak yeniden sunulabileceğini göstermiştir. Tamamen yüklenen değer sayesinde asıl amacından yön değiştirerek farklı bir ifade biçimine dönüşmüşlerdir. Anatominin önemli ressamlarında Laura Ferguson

da benzer bir ifade ile çalışmaktadır. Manyetik rezonans ve bilgisayarlı tomografi cihazı içinde çektiği modellerinin resimlerini yapmış ve birlikte sergilemiştir. Farklı bir değer kazandırma düşüncesinin versiyonu olan çalışmaları Luranın izlenimci ressamı gibi etkilendiğini ve çalışmalarında kullandığını söyleyebiliriz. Benedetta Bonichi'nin çalışmalarında da radyogramlar modelize edilmiş ve çekimleri yapılmıştır. Yapılan çekimler sonrasında bilgisayar ortamında düzenlemeleri yapılmıştır. Teknik anlamda birer radyogramdan ibaret olan çekimler yapılan düzenlemeler sonrasında benzersiz şekilde beğeniye sunulmuşlardır. Düğün ziyafeti adlı çalışması Leonardo da Vinci'nin son akşam yemeği tablosuna benzerliği ile son derece dikkat çekmektedir. Nick Veasey'nin devasa yapıları röntgenlemesi, Merilene Oliverin manyetik rezonans görüntülerini belli aralıklarla üst üste getirerek insan silüetleri oluşturmaları, Ashley Davidoff'un ultrason görüntüleri üzerinde yaptığı değişiklikler ile kazandırdığı sanatsal bakış her biri birer sanatsal ifade yaratma amacıyla olan bu sanatçılar radyolojinin sunduğu imkanları değerlendirerek kendilerine ait bir ifadeler dünyası yaratma amacıyla olmuşlardır. Çekim tekniklerinin uzun süreli zamanlarda yada gerçek zamanlı görüntü alabilme imkanları bir anlamda duygu düşünce ve işlem üçgeninin aktif olarak işlemlerini sağlamaktadır.

Hem estetik hem de fenomolojik açıdan bakıldığında tamamen niteliksiz ve tek bir amaca hizmet eden radyografilerin ve sonografilerin anlam estetik değer ve ifade kazandırılmaları ile hiçlikten beden kazanmaya doğru giden bir oluşuma yol alınmaktadır.

Hursserl'in fenomolojisinde var olan doğal tavrın ortaya koyduğu bir varlığı ayrıca alıp onu değerlendirme ona nitelik kazandırma bir değer katmadır. Sanatçılar var olan bir varlığı alıp onu değiştirerek estetik ve sanatsal değerler yükleyerek sunarlar sıradan olana ayrıcalık kazandırır. Sıradan nesne tinsel metamorfoza uygulayarak sanatsal bir nesneye dönüşür.

Buradaki asıl amaç bilimsel birer yöntem olan görüntülerin estetikle olan ilişkisini kavramaktır. Radyolojik görüntülemenin üstlendiği rol sebebi ile sanatı ve estetik tarafı her zaman eksik kalmıştır. Bilimsel görüntülemeye amaç son derece kesin

sonuçlara ulaşmak olmuştur. Radyolojik görüntüler her biri kendi teknik ekipmanları ile önce laboratuarda sonrada laboratuvar dışında yeniden düzenlenerek oluşturulan görsellerdir. Estetik değer taşımaları ihtimalleri yoktur. Bu nedenle özel olarak bu alanlar üzerinde çalışmış sanatçıların çalışmalarında estetik değer aranabilir. Bu perspektiften bakılırsa sanat tarihi içinde yaklaşık 110 yıllık zaman diliminde azda olsa sanatçılar tarafından düzenlenmiş estetik değer taşıyan, çeşitli radyolojik görüntüler mevcuttur.

X – ışınlarının keşfi fotoğraf ile ilgilenenlerinde dikkatini çekmiş ve bu alanda yapılan görüntülerin düzenlemelerini yapmışlar ve eski avant-garde algıdan çok farklı bir boyut ve görüş alanı yaratılmıştır.

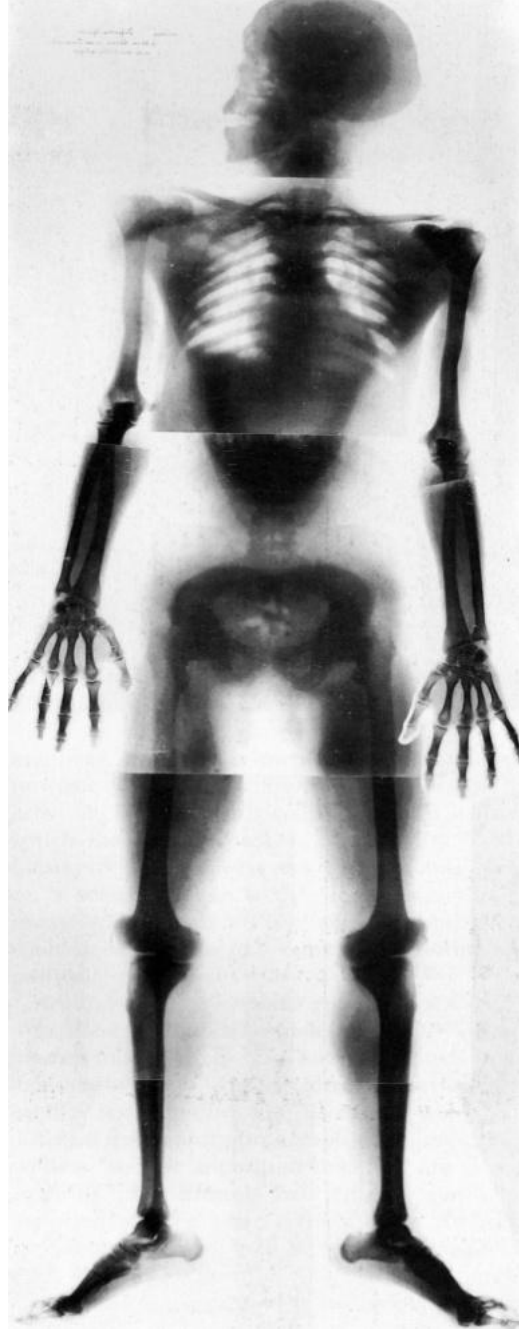
3.1- Öncüler (1895-1980 Arası)

Bu dönem arasındaki radyografçılar çalışmalarında doğadan topladıkları bitki örnekleri ve beden üzerine çalışmışlardır. Sanatsal ifade aracı olarak kullandıkları radyogramları üst üste yerleştirerek insan vücudu denemeleri yapmışlardır.

3.1.1- Ludwing Zehnder

Röntgenin öğrencisi olan, fizikçi Ludwing Zehnder'e(1854-1949) ait olan düzenleme x-ray filmlerinin kullanıldığı ilk deneysel radyogramlardandır. Zehnder fizik çalışmalarını x- ışınlarının kullanım alanları ve teorik gelişimi üzerinde yapmıştır. Aynı zamanda fotoğrafta çeken Zehnder fotoğraflar ile röntgen görüntülerinin aynı ürünler olduğu inancına sahiptir. Fakat radyogram sonuçları üzerine kayda geçen bir yorumuna rastlanmamıştır. 9 ayrı radyogramın birleştirilmesi ile oluşan insan vücudunun (Bkz. Radyogram-13) bu zamana kadar çekilmiş en farklı bütünü oluşturmuştur. Çıplaklığın ötesine gidilerek bir anlamda dikilen adamı ayakta tutan iskelet yapı ortaya konulmuştur. Teknik olarak filmlerin tamamı bir saat pozlandırılarak çekilmiştir. Anatomist Balzac'ın resimlerini andıran bu çalışma bir anlamda geçmişte yapılan bir modelin tekrarı gibidir. Aynı model daha sonraki dönemlerde de denenmiştir. Radyogram ile anlatılmak istenen insanın kendisini tanımasıdır. Kendini tanıyan insan sorunlar ile daha kolay başa çıkabilecek ve olası sorunlarına kolay çözüm bulabilecektir. Burada bilim ile sanatın birbirine olan yakınlığı ortaya konulmuştur (Harrison 1987).

Bu gün hala Almanya Münih müzesinde bulunan radyogram ilk kolaj örnekleri arasında yer almaktadır (Bkz. Radyogram- 13).



Radyogram- 13 Ludwing Zehnder, Deustchches Museum Munich, (1896).

3.1.2- John Hall-Edwards

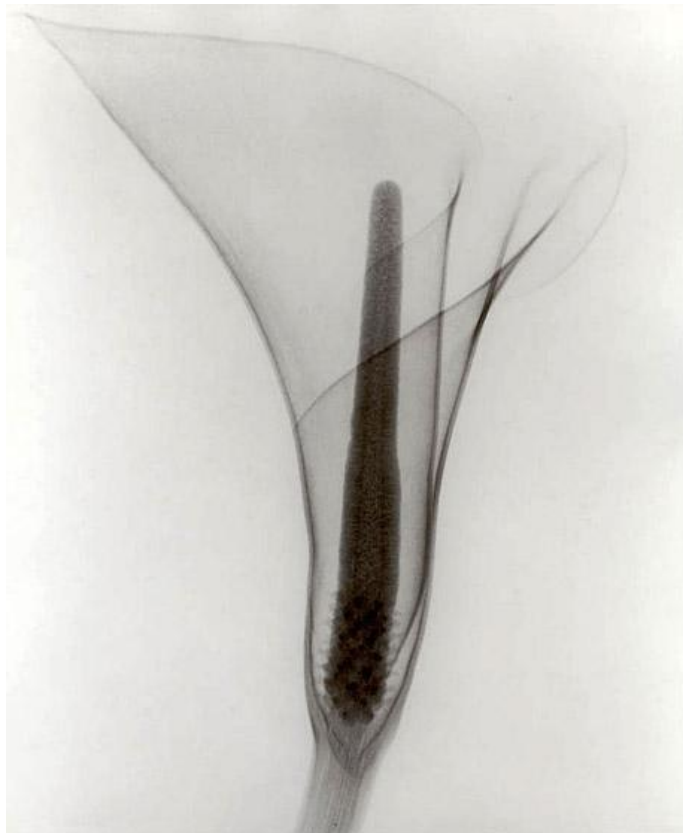
1914’de fotoğrafçılık ile ilgilenen İngiliz doktor John Hall-Edwards (1858-1926) hastane çalışmaları sırasında çektiği radyografileri üyesi olduğu kraliyet fotoğraf derneğinde sergilemiştir. Radyogram Peter C. Bunnell onuruna Princeton sanat müzesine bağışlanmıştır ve orada sergilenmeye devam edilmektedir. Midlandtyre 1897’de yapılmış bir çalışmadır (Bkz Radyogram -1). Lastik bir materyale batırılan çeşitli metallerin çıplak gözle görülemeyen yerde nasıl görülebildiklerini kavramaktır. Çalışma kalın bir paspartu ile çevrelenmiştir. Bir anlamda kitap kapağı gibi görünmektedir. İlk radyografik soyut sanat örneğidir. Gök kuşağı formunda tutulan lastik materyal eliptik bir formdadır. Radyogramın alt bölümünü doldurmaktadır. Doluluk, boşluk ilişkisi dengede tutulmuştur.



Radyogram -14 John Hall-Edwards, “Midlandtyre” Princeton Üniversty Art Museum, (1897).

3.1.3- Dain L. Tasker

Işın fiziği üzerine yapılan incelemelerin ilerlemesi ile 1900’ler de ransatörlü ekranın geliştirilmesi ile daha hassas ve narin dokularında radyografisi çekilebilir olmuştur. Bu konuda öncü çalışmalar yapan Los Angeles Wilshire hastanesinde Baş radyolog Dain L.Tasker (1872 – 1964) bitki formları üzerinde çalışmış çalışmalarında fotoğraf tekniklerinden etkilenmiştir ve sanatsal bir üslupla çalışmıştır. Çalışmaları arasından en çok ilgi çekeni Lilly adlı çiçeğin bir radyografisidir. Lilly, Ansel Adams tarafından basılmış (Bkz. Radyogram -2) ve San Francisco’da 1939 -1940 yıllarında Golden Gate Uluslararası Sanat Fuarında sergilenmiştir (Bonfiglio, 2013: 7). Tasker’e göre çiçekler bitkilerin aşk hayatlarının bir ifadesidir, meyvesidir. Ve yücelik çiçeklerin minimalist bedenlerindedir. Tasker’in çiçekleri kırılğan ve naiftir. Bitkilerin doğal transparanlığı bir tür dinamik modernizm ve erotik etkiler taşımaktadır (Bellows, 2015: 2). Taskerin çalışmaları Los Angeles Camera Pictorialist salonlarında ve Golden Gate fuarında sergilendi ve popüler fotoğraf dergisinde yayınlandı.



Radyogram -15 Dain Tasker, “Lily”, Courtesy JGS Permanent Collection (1930).

Çok düşük enerji seviyesi kullanılarak çekilen lily çiçeği radyogramında çizgisel formlar olarak görülen kontur çizgileri çiçeğin hatlarına dair bilgiler vermektedir. Ton değerleri oldukça hassas ayarlanmış radyogram koyu ve gri tonların hakim olduğu orta tonlardadır. Radyoskopi yöntemiyle çekildiğinden dolayı tül etkisi sezilen görsel, siyah beyaz çekilmiş makro bir fotoğraf görünümündedir. Çiçeğin dışı ve erkek özelliklerini üzerinde barındıran spadix'in döllenmiş kesimlerinin açılmış görülmektedir. Çok naif ve kırılğan yapısı sebebiyle izleyende estetik haz uyandırmaktadır. Sanatçının anlatmak istediği lily çiçeğinin estetiğinin yanında spadix çubuğu ve çiçek dip yapraklarının birleşim noktaları üzerinde çiçeğe müdahale etmeden bilgi edinilebilmek ve bir koleksiyon yaratmak olduğudur. Görselin gerçekliği, bilimsel ve sanatsal varlığının ötesinde çiçek yaprakları arasında kademeler ile yarattığı belirginlik son derece etkili bir çalışma olmasını sağlamıştır. Belge olma özelliği çok fazla olan radyogram dönemin biliminin bir gereksinimine cevap verme aracı olarak kullanılmıştır.



Radyogram-16 Dain Tasker, “anthurium”, Ulusal Amerikan Tarih Müzesi, (1930).



Radyogram-17 Dain Tasker, “Kanterbury”, Ulusal Amerikan Tarih Müzesi (1930).



Radyogram-18 Dain Tasker, “self- portrait”, (1930).

Tasker çalışmalarını bitki formları ile kısıtlamayıp insan bedenleri üzerine de denemiştir. Estetik etkileri çalışmalarında yansıtan Tasker “portre” adlı çalışmasında kendi bedenini kullanmıştır (Bkz. Radyogram-18). Taskerin portresine bakıldığında kafa yapısı üstten basıktır. Etli burnu ve boyun bölgesi, hyoid (dil) kemiği, yanakları, damarları ve sağ frontal lobun bir kısmı görülebilmektedir. Metal gözlükler ve boynuna iliştirdiği papyonun metal kesimleri de görülebilmektedir. Kemik ve et doku arasındaki fark üç boyutlu bir etki gözlenmektedir.

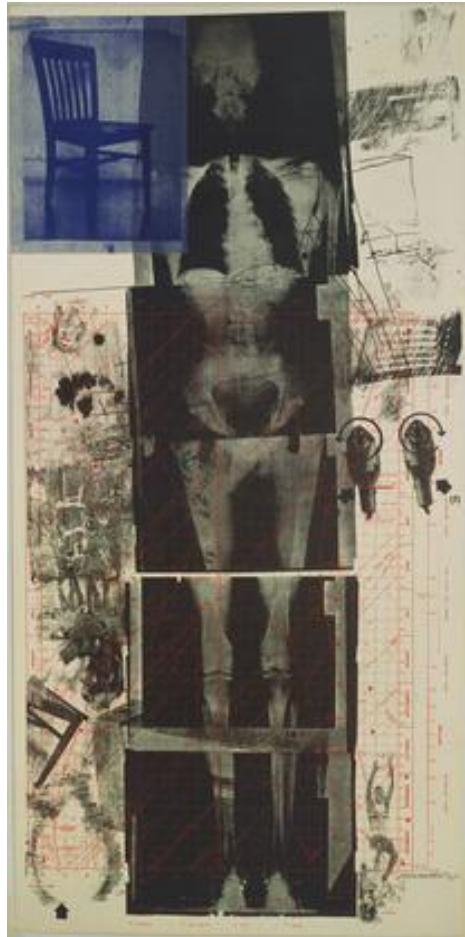
Eğitimli bir fotoğrafçı olan Tasker birçok estetik değere sahip radyografik görüntüler oluşturmuştur, çalışmalarının değerinin farkında olan Will Connell Taskerin çalışmalarını sanat merkezlerinde tarih müzelerinde sergilenip katalog baskılarının oluşturulması için uğraşlar vermiştir. Ulusal Amerikan tarih müzesine Taskerin koleksiyonlarının bir kısmını bırakmıştır, koleksiyon eserler hala müzenin doğa tarihi ve fotoğrafı bölümünde sergilenmektedir. 1996’da taskerin karısı ve kızı yaklaşık 385 adet radyogramı taratıp dijital dokümanlar haline getirip web üzerinden yayımlamışlardır. Tasker çalışmalarına tarih atmadığı için görsellere 1930-40 arası tarihlendirmesi yapmışlardır. (Perich, 2010: 2-5)

3.1.4- Robert Rauschenber

Amerikalı pop sanatçısı Robert Rauschenberg 1925-2008 farklı teknikleri bir araya getirerek sanat eserleri oluşturmaktadır. Karışık teknikleri (taş baskı, resim, üç boyutlu malzemeler ve çeşitli grafipler) bir araya getirerek çalışmalar yapmıştır.

X-ışınları ile çekilmiş bir radyogramı kullandığı önemli çalışmalarından birisi ‘Booster’dir (Bkz. Radyogram- 19). Booster taş baskı ile düzenlenmiş bir kağıt üzerine aralıklı olarak radyogramların dizilmesi ile oluşturulmuştur. Bu fotoğraf x- ışınlarının keşif edildiği dönemlerde Ludwing Zehnder’in yaptığı kolajın tekrarı niteliğindedir her ikisi de bütün bir vücudu parça parça röntgenlerini kullanmışlardır. Booster de genele yayılan taş baskı şekilleri mekanik aletlerin şekilleri yer almaktadır. Geometrik formlara yer verilmiştir. Çalışmanın sol üst köşesinde bulunan sandaliye temelde bir geometrik formdur, fakat işlenerek organik bir yapıya dönüştürülmüştür. Bu süreç sanatçının organik ve inorganik yapıları bir arada sentezlediğini ve maddelerin çeşitli matematiksel

değerler ile biçimlendirileceğini ve insanında bu bu karmaşık yapıların bir ürünü olduğunu yansıtmıştır.



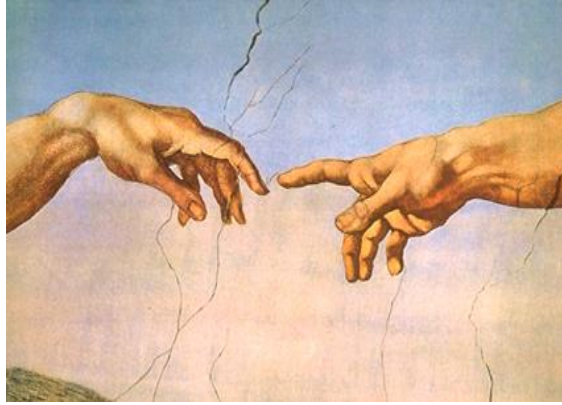
Radyogram-19 Robert Rauschenberg ,“Booster”, National Gallery of Australia, (1967).

3.2- 1980 ve Sonrası

1960 ve 80 arası dönem özelliklerini yansıtan kaynaklara ulaşamaması sebebi ile bu ara döneme örnek bulunamamıştır. 1980 sonrası süreçte sanatçılar resim sanatının önemli örneklerini yeniden sunum yaparak tekrarlarında bulunmuşlardır.

3.2.1- David Teplica

Chikago’lu plastik cerrahı ve fotoğrafçı olan David Teplica (1959) röntgen grafileri ile görsel estetiği olan sanatsal çalışmalar yapmıştır çalışmalarında kolaja sıkça yer veren Teplica insanın doğuşu başlıklı bir proje hazırlamıştır.



Resim -4 Michelangelo Buonarroti “İnsanın Yaratılışı”, Sistine Şapeli' (1511).



Radyogram-20 David Teplica, ”İnsanın Doğuşu”, The Collected Image, Evanston, (1987).

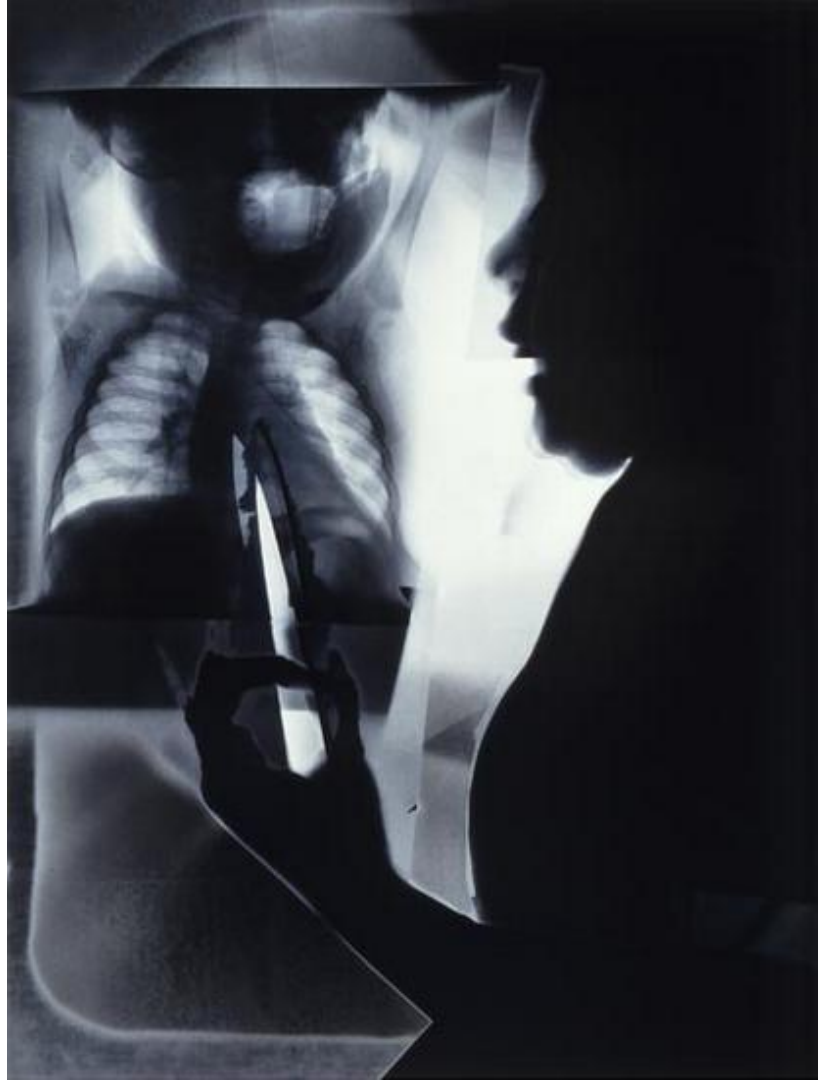
“İnsanın doğuşu” çalışmasında Teplica Tanrının insana hayat veren dokunuşu Michelangelo’daki anlayışla kompoze etmiş fakat birebir şekil benzerliğinden kaçınmıştır (Bkz. Radyogram-20). Asıl resimde Michelangelo daha yatay formda kompoze ederek duvara işlemiştir. Teplika’nın çalışmasında ise jelatin tabanın sağ üst ve sol alt köşelerinde yer alan eller ile kompoze etmiştir. Parmakların buluşma noktasında, fonda doğuşun temsili bir aydınlanma mevcuttur. Eller tamamen Teplica’nın kendi düzenlemesidir. Ete kemiğe bürünmüş insana hayat veren asıl sahip olması gereken ruh tanrı tarafından ilk adama aktarılmaktadır. Bu kutsal anı böyle betimleyen Michelangelo kendisinden sonra gelen pek çok kişiye ilham kaynağı olmuştur. Teplica’da ete kemiğe bürünen insanın biyolojik oluşumunu radyogramında son derece açık ve net şekilde yansıtmaktadır. Ruh ise fonda yansıyan ışığın bir biçimidir. Sol üstte bulunan el formu yukarıdan aşağıdaki bir varlığı işaret etmektedir yani dinsel anlamda ruhsal güç yukarıdaki tanrı tarafından aşağıdaki insana aktarılmaktadır. Tanrının elini temsil eden el formu kapalı şekilde aşağıyı işaret eder alttan uzanan el ise verilen alan el formunda yarım açık şekilde kompoze edilmiştir. Fondaki ışıktan dolayı eller üzerinde silüet ışık etkisi vardır.

Serinin diğer radyogramlarında Teplika insan ilişkilerine yer vermiştir. Erkek ve kadın arasındaki ilişkiye vurgu yapmaktadır. Alttaki radyogramda Havva’nın Ademe elmayı uzatışı onu ilk günaha davet edişi temsil edilmektedir (Bkz.Radyogram-21). Burada bir çift ilişkisi temsili mevcuttur. Elmayı veren el yine bir üretici olandan kadın tarafından verilmektedir. Bu ikili ilişki insan zürriyetinin temelini oluşturmaktadır. Kadının cesur duruşu erkeğin ise merak içinde elini elmaya uzatışı bu hareket içindeki çekingen tavrı ağız ve dudak formundan hissedilmektedir. Arzu kavramının betimlendiği ve izleyiciye en büyük doğallığı ile sunulduğu radyogram ifadeyi en iyi şekilde anlatabilmiştir. Kullanılan hassas fiziksel işlemler radyogramın kontrast, ışık ve ton değerleri açısından kusursuz olmasını sağlamıştır. Çalışma serinin en etkili radyogramları arasında yer almaktadır.



Radyogram-21 David Teplica, “günaha davet”, (1987).

Bir diğer önemli görsel insanlık tarihinde bilinen ilk cana kıyma olayının öncesini anlatmaktadır (Bkz Radyogram -22). Radyogramda ön planda Kabil koyu zeminde elinde kesici bir alet ile görülmektedir. Kesici alet Habil’in kalbi hizasındadır Habil keskin uca duygu yüklü bakışlar ile bakmaktadır. Ölüm ile burun buruna gelen Habil’in bu olayı kabul eder tavrı sanki gelecek sonun habercisi gibidir. Kabil’in şeytansı tavrı radyograma soğuk bir ifade katmaktadır. Kolaj olarak düzenlenen çalışma Habil Kabil kavgasına farklı bir bakış ile bakmaktadır.



Radyogram -22 David Teplica, “Kabil Erkek Kardeşine Karşı”, (1987).

Alttaki radyogramda incir yaprağı utanç ögesini temsil edilmektedir (Bkz. Radyogram -22). Karin bölgesi üzerinde yer alan yaprak anne rahmine düşen bebeği örtmektedir. Eller masumiyeti koruma ögesi olarak karni sarmaktadır.



Radyogram -23 David Teplica, “Bedensel Utanç”, (1987).



Radyogram -24 David Teplica, “... ve Tek Beden Oldular”, (1987).

Genel ifade olarak insan ögesinin ilk sanrılarını irdeleyen sanatçı bilinen hikayelere benzer, fakat farklı açılardan bakmıştır. Röntgen teknikleri olması itibariyle meseleler metafizik bir boyutla sunulmuş, böylece ruhsal etkiyi artırmıştır. Sanatçı tarzı itibariyle kontrast görüntüler kullanmıştır. Bu sayede işlenen konular içerdikleri hikayelerin keskinliğini son derece etkili kullanmıştır.

3.2.2- Benedetta Bonichi

1968 doğumlu çağdaş sanatçılardan Benedetta Bonichi 1999'da çalışmalarına başladığı x –ışını sanatı üzerine çok ilginç ve etkileyici çalışmalar yapmıştır. Bonichi çalışmalarında anatomi biliminden ip uçları, görsel sanat, ve sosyolojik olaylar gözlenebilmektedir. Bilimin gözler önüne serdiği bu mükemmel şekillerin etkisi altında kalan sanatçı radyografiyi arkeoloji ile bağdaştırmaktadır. Zamanın etkisiyle kemiklerden sıyrılan et dokuları canlının iskeletini ortaya çıkartır. Bonichi'ye göre bu zaman süreci hızlanmış ve anlık bir görüntüleme olayına dönüşmüştür. Sanatını bilimin ışığında geliştiren Bonichi çalışmalarında Donna che si Pettina ve Banchetto di Nozze'nin çalışmalarından etkilenmiştir. Aynı zamanda babası da ressam olan sanatçı deneyimlediği görsel zenginliğin şekillendirdiği sanatsal alt yapı üzerine kurgularını yapmaktadır. Yaşadığımız yer ile ilgili teorileri görünenin ve görünmeyenin estetiği üzerine çalışmaktadır.

Bonichi insan ve hayvan bedenlerini, cam eşyaları, mücevherleri kullanarak kompozisyonlar yapmıştır. Çalışmalarında klasik ve fantastik öğelerle bir arada yer veren sanatçı derin bir sorgulama içerisindedir. Sosyolojik bir varlık olan insanın kökleri yapısı üzerine hem bir tarihsel yolculuğa çıkmış hem de bu yolculuktan edinimlediği değerleri birer sanat nesnesine dönüştürmüştür. 1999'dan buyana insanı farklı boyutuyla algılayıp yorumlayan sanatçı ilginç arayışlarının sonuçlarını izleyiciye yansıtmıştır.



Radyogram-25 Benedetta Bonichi , “Donna Che Sı Pettina”, (1999).

En dikkat çekici çalışmalarından birisi olan “la collana di pelle” (inci kolye) Wermer ile sanat tarihinde önemli yer tutan “İnci Küpeli Kız”ın incisine bir gönderme niteliğindedir (Bkz.Radyogram-26). Değerli mücevherler ve onların estetik sunumu, takan kişiye kattıkları maddi değer izleyicide enteresan hazlar uyandırmaktadır. Bir diğer önemli ayrıntı yarı insan yarı hayvan figürünün bu kadar bariz kullanılabilmesidir. Genellikle mitolojik öykülerdeki tasvirleri andıran oluşum izleyici üzerindeki etkiyi, mitolojik sorgulamayı, maddi manevi değerleri bir araya getirmiştir. İncilere bezenmiş bir yarı insan yarı hayvan betimlemesi milenyum insanının gösterişe sekiz kolla uzanışını ve aç gözlülüğünü vurgulamaktadır. Teknik olarak iki farklı radyogramın dijital ortamda birleştirilmesi ile üretilmiş bir çalışmadır. Fon koyudan açığa doğru giden gri tondadır. Figür sanki denizde yada hava boşluğunda hiç bir güce ihtiyaç duymadan hareket edebilme kabiliyetine sahip kararlı bir duruş sergilemektedir.



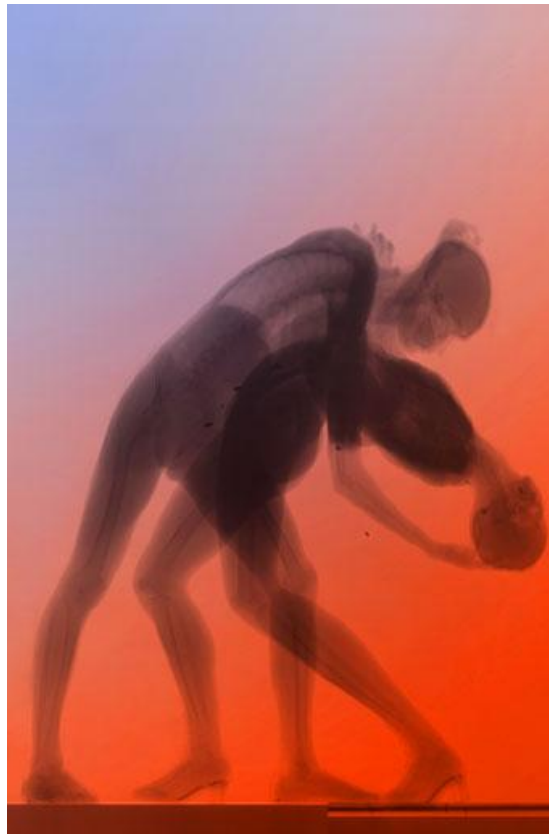
Radyogram-26 Benedetta Bonichi ,“La Collana di Pelle”, (2002).

“Banchetto di Nozze” (düğün ziyafeti) adlı çalışma 8 adet insan figürü ve çeşitli objelerden oluşmaktadır (Bkz. Radyogram-27), her figür ayrı ayrı pozlandırılıp bir araya getirilmiştir. Tarihte önemli yer tutan Leonardo da Vinci’nin “Son Akşam Yemeği” resminden esinlenerek düzenlenenmiş olduğu düşünülmektedir. Tören tamamen hayaletlerin oluşturduğu bir gurubu anımsatmaktadır. Radyogramın ortasında gelin ve damat, sağ ve sol taraflarında da arkadaşları yada aile üyeleri yer almaktadır. Masada duran şarap şişesi ve ellerindeki kadehler kutsal bir kutlama yapıldığının kanıtı gibidir. Masadaki en süslü kişilik gelindir boynundaki gerdanlığı, başındaki tacı, bileklerindeki takıları ile merkeze oturmuştur. En sağdaki figürün aşağıya bakar formu hareketlerin klasik duruşundan farklı bir hava katmıştır. Poz vermesi gerektiğinden haberi yok gibidir. Bu hareketin sonucunda, masaya paralel diyagonal bir çizginin oluşmasına

olanak sağlamıştır. Figürlerde merak uyandırıcı ilgi çekici herhangi bir tavır sezilmemektedir herkes aksamın büyüüne kapılmış gibidir.



Radyogram-27 Benedetta Bonichi, "Banchetto Di Nozze" (2003).



Radyogram -28 Benedetta Bonichi, "Tango –opera", (2004).



Radyogram- 29 Benedetta Bonichi, "X-Ray Cardinale", (2005).



Radyogram-30 Benedetta Bonichi, "Avec Amor", (2008).



Radyogram-31 Benedetta Bonichi, “Crocefissione”, (2006).



Radyogram-32 Benedetta Bonichi, “Per il Bbanchetto di Nozze” (2007).

3.2.3- Selda Çalışkan

Bursa Acıbadem Hastanesinde radyoloji teknikeri olarak görev yapan Selda Başaran radyolojik görüntüleme yöntemleri ile çekigi röntgen ve tomografi görüntülerinden oluşan bir sergi açmıştır. Selda Çalışkan, ilk çalışmalarını uzun denemeler sonucu gerçekleştirmeyi başardığını belirterek, “İlk olarak objelere röntgen ışınlarını geçirmeyen ya da az geçiren kontrast maddeler enjekte etmeyi denedim, ama dünyadaki örneklerine baktığımda pek verimli olmadığını gördüm. Daha sonra objelerin doku kalınlığına göre, insan vücudunu etkilemeyecek çok düşük X ışını uygulayarak sanat değeri olan röntgen filmlerine ulaştım” diye anlatan Çalışkan sergilediği filmlerde fotoğrafçılık yöntemlerinden yararlandığını da belirtmiştir.

Çalışmalarında süs eşyaları ve çiçekler ile kompozisyonlar yapmıştır.



Radyogram -33 Selda Başaran "isimsiz" (2008)

Flüoroskopi cihazının gelişmesiyle daha az x-ışını gönderilerek yapılan çiçek radyogramlarına ek bir örnek gibidir (Bkz. Radyogram-33) Oldukça narin görünüme sahip bu çiçek adeta cam işlemeciliği ile yapılmış bir heykelcik gibi görülmektedir. Yapraklar arası kademeli geçişler radyograma enfes bir derinlik katmaktadır. Kompozisyon olarak açık kompozisyon denemesine bir örnektir.



Rayogram -34 Selda Çalışkan“çiçek” (2008).

3.2.4- Nick Veasey

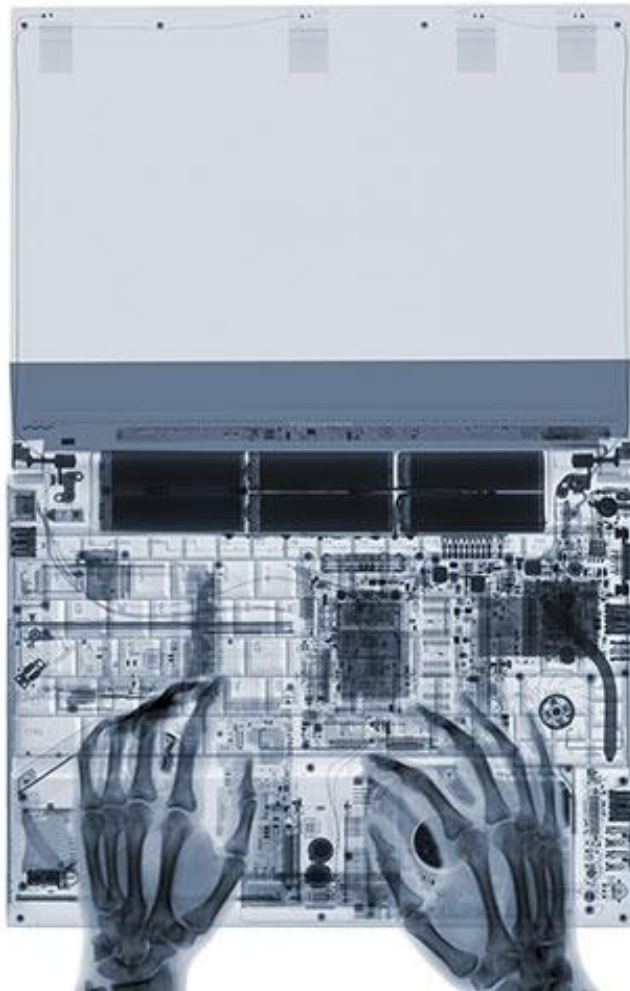
X-ışını sanatın en tanınmış sanatçılarından birisi Nick Vease'dir (1962). Nick gündelik hayatta kullandığımız nesnelerin iç yapılarını görüntülemekte ve bu çalışmaları büyük organizasyonlarda sergilemektedir. Çalışmalarına günümüzde de devam eden sanatçı organik ve inorganik yapıların nasıl bir yapıya sahip olduklarını göstermek için bu tarz bir yöntemi tercih ettiğini belirtmektedir (Veasey, 2010: 1-6). Nick midye kabuğundan Boeing 777' kadar pek çok objeyi görüntülemeyi başarmıştır. Çalışmalarında yüksek miktarda x-ışını üretebilen röntgen cihazlarını ve x-ray tarama cihazları kullanmıştır.

En ilginç ve devasa çalışması olan Boeing 777 bu alanda yapılmış en büyük radyografi çalışmasıdır (Bkz. Radyogram-35). Yapımında 43 cm X 35 cm'lik filmler kullanılmıştır. Çekim yüksek enerji kullanılarak yapılmış ve her bir fotoğraf Photoshop teknikleri ile birleştirilmiş ve bir bütün haline getirilmiştir. Bu çalışma uçağın yapısı gereği büyükçe bir stüdyoda gerçekleştirilmiştir. Röntgen filmlerini yan yana dizerek, bölüm bölüm pozlandırarak görüntünün bütünü kaydetmiştir. Daha sonra röntgen filmlerinin görüntülerini tarayıcıdan geçirerek elde ettiği görüntüleri dijital ortama aktarmıştır. Aktarılan bu görüntüleri photoshop programında işleyerek ve montajlayarak bu devasa uçağın görüntüsünü kaydetmeyi başarmıştır.

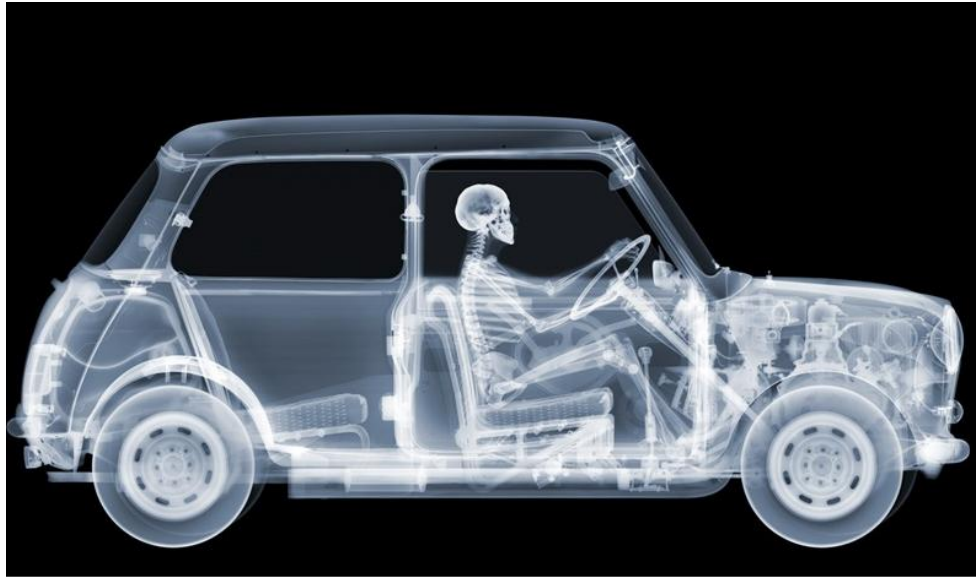


Radyogram-35 Nick Veasey, "Veasey jet" (2013)

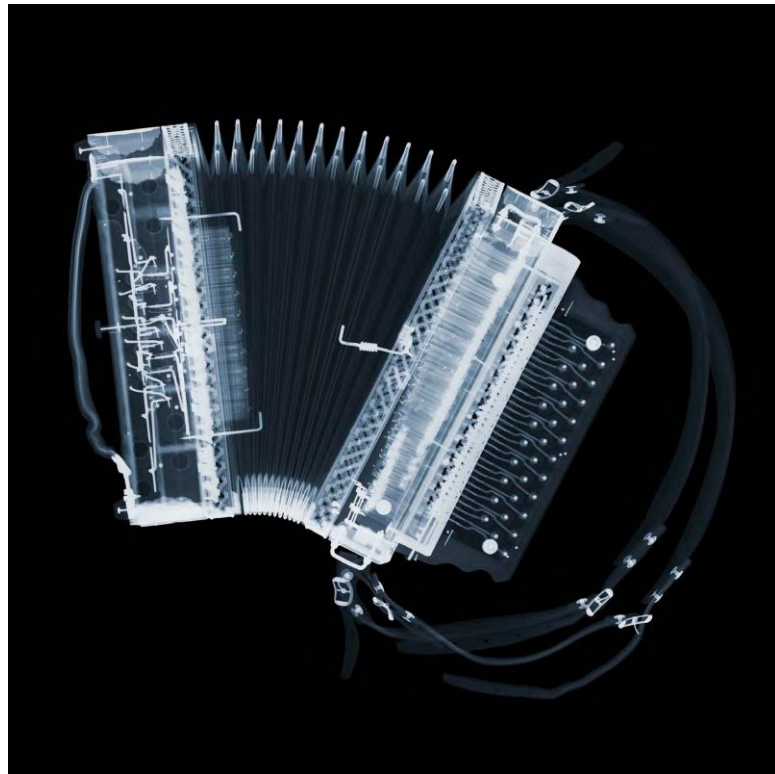
Laptop adlı çalışmasında Nick insan bedeni ile bütünleşen teknoloji dünyasına farklı bir açıdan bakmaktadır. laptop mekanik, el ise organik bir yapı olması dolayısıyla ayrı ayrı pozlandırılıp üst üste eklenmiştir. Mekanik yapı ve organik yapı arasındaki fark ortaya konulmaktadır, çünkü laptopun çizgisel hatları, elin ise daha yuvarlak olan hatları arasındaki farkı vurgulamaktadır. Pillerin koyu tonu ve elin koyu tonları görselde renk dengesi yaratmıştır (Bkz. Radyogram-36).



Radyogram-36 Nick Veasey, “a Laptop” (2003).



Radyogram- 37 Nick Veasey, “Mini”. (2013).



Radyogram-38 Nick Veasey “Piano Accordion”, (2011).



Radyogram -39 Nick Veasey, “Bride And Groom” (2011).



Radyogram-40 Nick Veasey, “Snake Peek Show”, (2014).

3.2.5- Laura Ferguson

Amerikalı resim ve radyogram sanatçısı Laura Ferguson (1947) kendi vücuduna ait x-ışınları ve manyetik rezonans görüntüleme yöntemleri ile çektiği radyogramlarından yola çıkarak sanat ve tıp arasındaki bağlantıları araştırmaktadır. Laura'nın anatomiye ilgisi görüntülerdeki skolyozun neden olduğu yapısal bozukluklar olmuştur. Bu sebeple Laura sanata, anatomi ve radyoloji perspektifinden bakmaktadır. Titiz bir yaklaşımla gerçekleştirdiği çekimlerden yola çıkarak elde ettiği radyogramlardan resimler üretmektedir. Çalışmalarını NoHo, DTW ve New York'taki Woodward sanat galerinde sergilemiştir.

Laura, skolyoz ile ilgili çalışmalarına 1994 yılında başlamıştır (Bkz. Radyogram-41). Kadavralar üzerinden çalışmalarını yapan sanatçı gerçekleştirdiği çizimlere 2011 yılı itibarı ile gerçeklik vurgusunu artırmak için röntgen, tomografi, MR görüntülerini kullanmıştır. Tıp hekimleri ile birlikte çalışmalar yapan Laura hem bilimsel hem de sanatsal ifadeler yükleyerek çalışmalarına devam etmektedir.



Radyogram-41 Laura Ferguson, “Skolyoz” (1994).



Resim -5 Laura Ferguson, "Crouching Figure With Visible Skeleton", The Anthropomorphic Book, (1994).

New York'lu ressam Laura Ferguson'un "The Anthropomorphic Book" adlı sanat kitabında yer verdiği radyogram, ve aynı radyogramı 3 boyutlu versiyonunun çizimle güçlendirmiştir (Bkz. Radyogram -41 ve resim -5). İki boyutlu görüntüde kendi bedenini kullanan sanatçı, dijital düzenlemeler ile aynı röntgeni dijitalize ederek boyut kazandırmıştır. Röntgenogram oldukça kontrast bir görünüme sahiptir kaburga kemikleri sayılabilecek durumdadır fakat zincir kemikleri bir o kadar silik formdadır. Soyut bir anlatım biçimine sahiptir. Görselin genelinde taşıdığı çizgisel formlar esere hareket kazandırmaktadır. Çağdaş sanat örneği olarak değerlendirilen çalışmalar, dönemin bilimine de destek olmak amacı ile yapılyordu. Kendisi de bir ressam olan Laura insan bedenlerine olan merakı, onun bu çalışmaları yapmaya yönelttiğini belirtmektedir. Onun çalışmaları insan bedeninin içinde bulunduğu yapının nelerden oluştuğunu görülmeyenin yarattığı psikolojik arzuyu ortaya koymaktadır. Eserlerin de kullandığı teknikler onu diğerlerinden farklı kılmaktadır. Çalışmalarını diğer sanatlarlada birleştirerek daha güçlü etkiler yakalamaktadır.



Resim- 6 Laura Ferguson “Untitled”, (1994).



Radyogram- 42 Laura Ferguson, “Untitled”, (2000).



Radyogram- 43 Laura ferguson, “Hand” (2002).



Radyogram- 44 Laura Ferguson “3D Skolyoz antero-posterior” (2005).

Sanat, görselin anlamı ile ilgilenir diyen Laura Ferguson, “radyoloji bizlere görünmeyen yanlarımızı tüm gerçekliği ile sunmaktadır, bizlerde bu yapılara anlamlar yükleyerek sanatsal bir değer katmaktayız” demektedir. Laura skolyoz çizimlerinin yanın da yaptığı beyin temalı resimleri çizmeye başladığında MR cihazından yararlanmış ve çizgi ile radyogram arasındaki ilişkiyi yakalamayı başarmıştır.

1940’lardan beri MR cihazı ile görüntülemenin gerçekleştirildiğini fakat sanatsal ifade biçimi olarak kullanılmasının daha sonralarda 1990 larda başladığını belirtmektedir. Lauraya göre MR görüntülerinin çizgisel ve leke değerlerinin yüksek olması bir sanat eseri haline dönüştürülebilmesine olanak sağlamaktadır. MR görüntülemenin daha çok içinde su barından yumuşak dokularda etkili olması dolayısı ile beyin üzerine çalışmayı denemiştir.



Radyogram-45 Laura Ferguson, “Gold-black brain” Medical Bilim Binası Sanat Galerisi “Sanat ve Akademi” Sergisi. (1990).

45 numaralı radyogramda Laura, asıl itibariyle siyah beyaz olan görüntüyü dijital ortamda sıcak tonlarla renklendirmiştir (Bkz. Radyogram-45). Görsel beynin üst bölümünden alınmış bir kesittir. Son omurga halkası beyni avuç içine alır gibi sarmaktadır. Sağda ve solda görülen kulaklar önemli birer denge unsurunu oluşturmaktadır. Çok silik olarak görülen beyin dokusu adeta çepre çevre sarılarak korunuyormuş gibi görünmektedir. MR görüntüleri eskitme yönteminin uygulanabilmekte ve soyut etkide sonuçlar elde edilebilmektedir.



Radyogram- 46 Laura Ferguson, “Gold-Black Brain With Floating Colors” Medical Bilim Binası Sanat Galerisi “Sanat ve Akademi” Sergisi, (1990).

3.2.6- Marilene Oliver



Radyogram- 47 Marilene Oliver, “İçindekini Biliyorum” (2001).

Çağdaş sanata bilimsel açıdan bakan Marilene Oliver (1997) gerçekleştirdiği “my famil body” adlı sergisi ile sanat dünyasına çok farklı bir bakış açısı getirmiştir (Bkz. Radyogram 49). Çalışmalarının temeli MR tarama görüntüleridir. Çalışmalarında 1.5 tesla MR cihazında gerçekleştirdiği bütün vücut taramalarının sonuçlarını belirli aralıklarla birleştirerek slüet formunda bir insan görüntüsü oluşturmuştur. Bütün aile

üyelerlerini bu yöntemle tarayıp bir araya getiren sanatçı insanın yapısal benzerliğine farklı bir açıdan bakmaktadır.



Radyogram-48 Merliene Oliver, Self-Portrait”, Courtesy Herrmann & Wagner, (2002).

39 yaşında işlediği adli suçlardan dolayı idam cezasına çarptırılan Joseph Paul Jernigan 1993 yılında bedenini bilimin hizmetine bağışlamaya karar vermiştir. Kararın ardında ölümünden sonra vücudu dondurulan idam mahkumunun vücudu MR ve tomografi cihazı ile tüm vücut taraması yapılır. Taramadan sonra vücudu 1,871 mm’lik kesitler halinde bir anlamda salam gibi dilimlenir. Bu hareketle anatomi bilimi çalışmaları adı altında oluşturulan Visible Human Project adlı projenin cansız bir üyesi olmuştur⁴⁸. Marilene bu olayın ardından 2001 yılında “İ Konw You Inside Out”

48-The American Body In Context: An Anthology 241 -242 Jessica R. Johnston 2001 Wilmington Amerika

(içindekini biliyorum) adlı projesi ile kesit fotoğraflarından oluşan bütün bir vücut çalışması oluşturmuştur (Bkz. Radyogram- 47). Projede kullandığı bedenler anne-babası kardeşi ve kendisidir. Çalışmada kullandığı kesit baskılar ortalama 80 ila 100 arasındadır. Bu değer model insanın boyu ile doğru orantılı olarak değişmektedir.



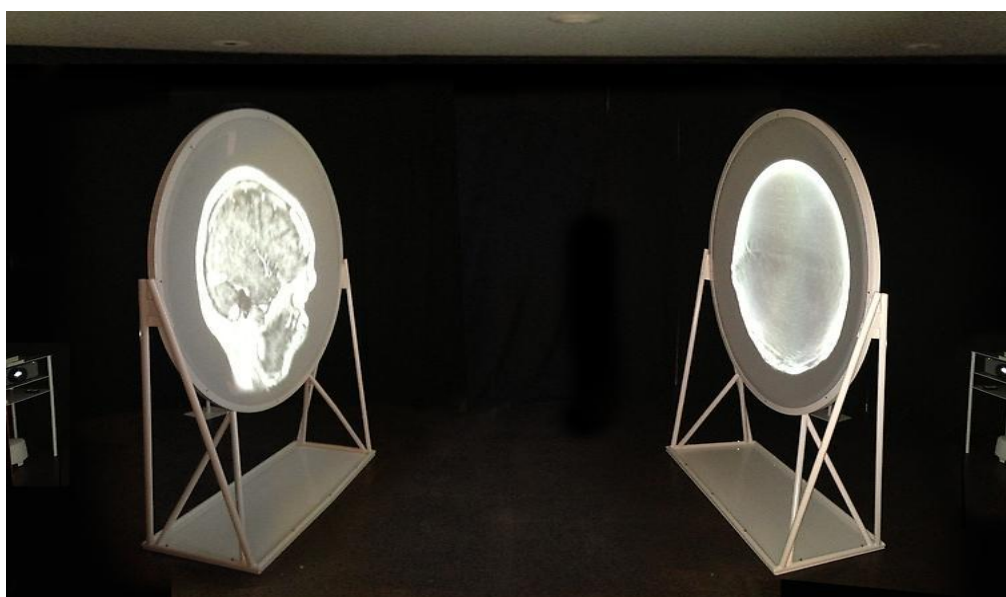
Radyogram-49 Marilene Oliver, “Aile Portresi”, (2003).

Laura ferguson’un bir diğer önemli çalışmasında PET cihazında ürettiği radyogramlardan yaptığı düzenlemedir. Radiant ismini verdiği çalışmabüst formunun bir slüetini oluşturmaktadır. Görüntüler yapısal olarak bozuk görülmektedir bunun sebebi nükleer tıp görüntülemelerinde metabolizmanın işleyişi görüntülenmektedir.

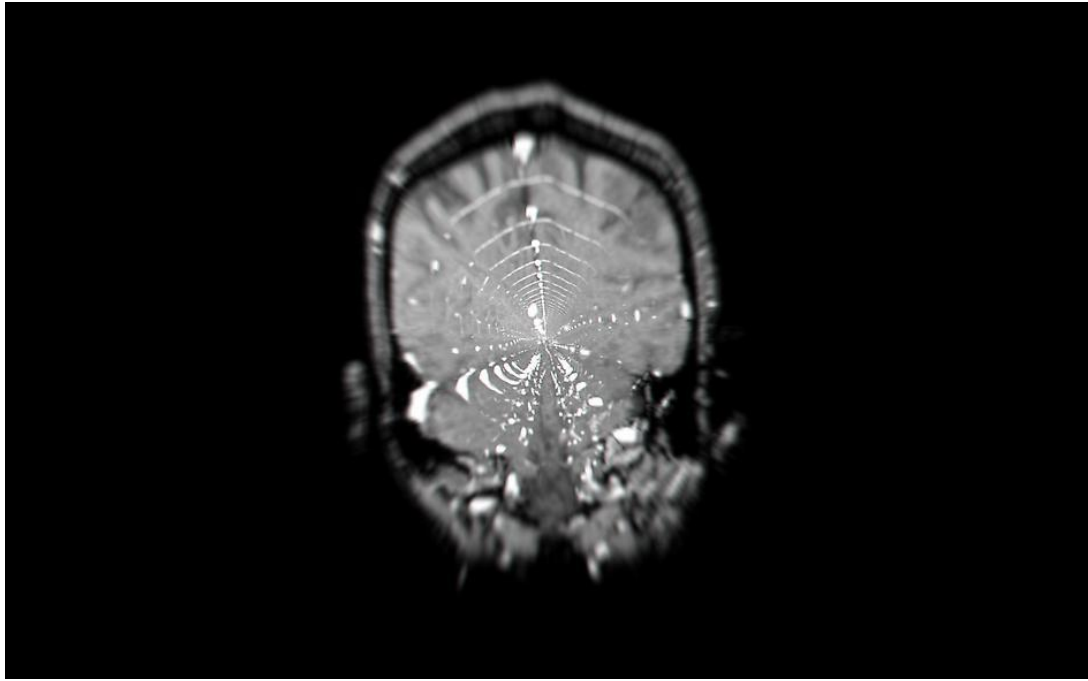


Radyogram- 50 Merilene Oliver, “Radiant” 2003

3.2.7- Paula Crown



Fotoğraf- 28 Paula Crown, “Inside My Head: A Contemporary Self Portrait, The Isaacson History Room The Aspen Institute, Aspen, (2013).



Fotoğraf- 29 Paula Crown, “ Head”, The Isaacson History Room The Aspen Institute, Aspen (2013).

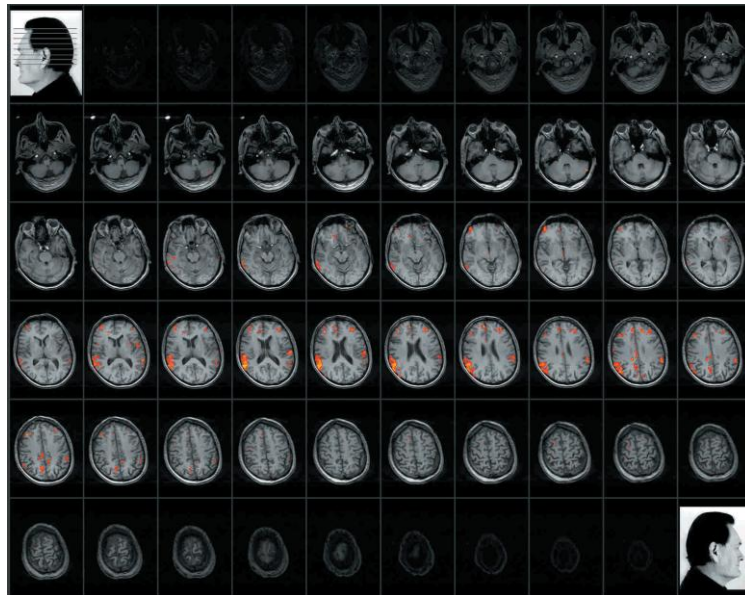
Çağdaş sanatçı Paula Crown (1953) tarafından ayna düzeneği kullanılarak bir beyin görüntüsü oluşturulmuştur. Düzenek, (Bkz. Fotoğraf- 28) karşılıklı iki aynadan oluşan bir yapıdır. İlk fotoğrafta projeksiyondan gönderilen MR görüntüsü ilk aynadan diğerine iletilerek aynalar arasında merkezi kesişim yapılarak 2. Resim elde edilmiştir. Kullanılan görsel, 3 teslalık bir beyin MR’ı görüntüsüdür. Fotoğraflanan görüntü siyah zemin üzerine yerleştirilerek, görsel detayların daha belirgin oluşmasını sağlamıştır. Yöntemi ve tekniği ile oldukça ilginç sonuca ulaşılmaktadır (Bkz. Fotoğraf- 29). Hareketli sanat alanında önemli bir yer tutan görsel optik bir oyunu andırmaktadır. Fotoğrafta kullanılan zoom in, zoom out yöntemlerine bezer bir görüntü oluşturulmuştur. Farklı bir arayışın ürünü olan fotoğraf bilimsel nesnelerin göze hoş gelen ilginç sonuçlarını oluşturmaktadır. Çağdaş bir anlatımla sunulan çalışma ifade sunumunda optik gereçlerin önemini vurgulamaktadır. Gizemli olan beynin kademeler halindeki görüntüsü izleyiciye anlamsal bir derinlik kazandırmaktadır. Archiemed’in aynalar kullanarak yüzlere metre ötedeki yelkenlileri yakmış olması mantığı ile aynıdır. Burada da beynin odak noktasına inilmiş ve bir enerji bütünü yaratılmıştır.

3.2.8- Marta de Menezes

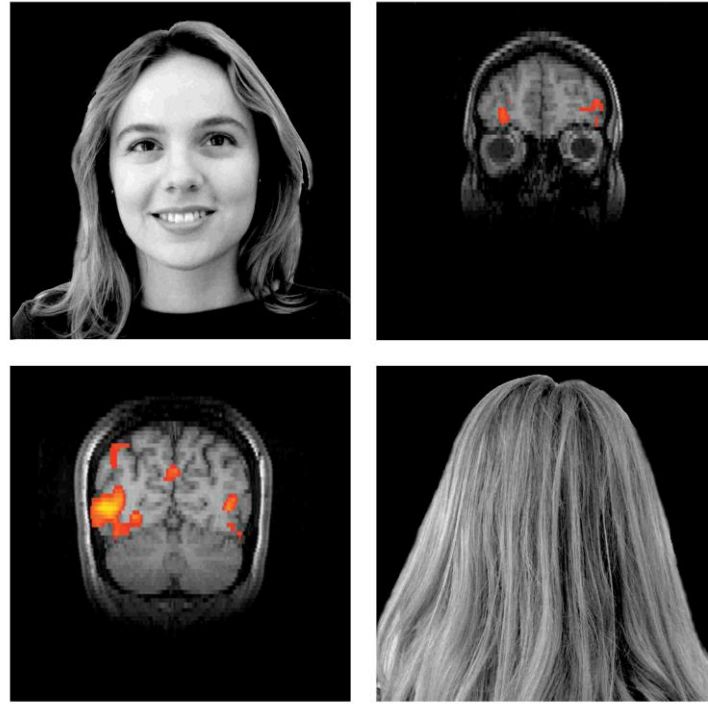
Bilim ve sanat arasındaki ilişkiyi kavramak için çalışmalar yapan Marta (1975) Oxford Üniversitesi'nde fizikçi Patricia Figueiredo ile birlikte bilimsel ve sanatsal araştırmalar yapmışlardır. Çalışmanın temel metodu kişi MR cihazı içerisinde iken duygu, düşünce ve hisler tarayıcılar tarafından algılanır bu algılanan noktalar özel işlemler ile renklendirilirler. İşte Marta burada bu farklılıkları kaydedip birer sanat nesnesine dönüştürmektedir. Marta burada modellerinin poz ve hareketlerini kendisi modellendirmektedir.

Manyetik rezonans görüntülemeye gözlenen sinyal yoğunluğu kanda meydana gelen biyo kimyasal değişikliklere duyarlı dokularda farklılıklar meydana gelir. Bu farklılıklar fizyolojik yada duygusal boyuttaki hissiyatların oluşmasında etkili olmaktadır. Marta burada fonksiyonel değişiklikleri kaydetmektedir.

Çalışmalarında artistik etkiler aslında bilimsel birer değer olarak karşımıza çıkmaktadır. Burada bilim ile sanat bir çizgi üzerindedir. Bazen bilim bazen ise sanat daha ön planda ilerlemektedir. Marta'nın sanatında tıp, biyoloji, fizik, kimya bilimleri ve sanat bir birine sıkı sıkıya bağlantı içerisinde. Sanatçının eserlerinden bazıları aşağıdaki gibidir.



Radyogram-51 Marta de Menezes, “Resmi İzleyen Bir İnsanın Beyni” (2002).



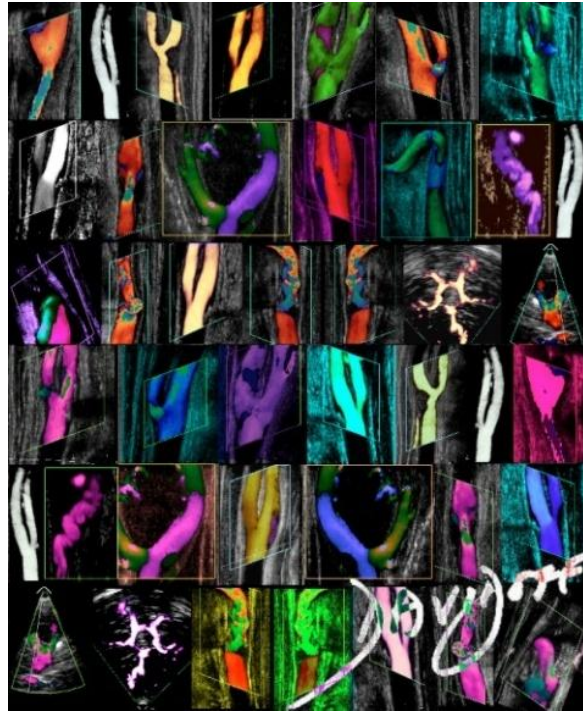
Radyogram- 52 Marta de Menezes “Piyano Dinleyen Kız”, (2002).

3.2.9- Ashley Davidoff

Arayış içinde olan çağdaş sanatı besleyen yeni nesil görüntüleme tekniklerinden birisi ultrason görüntülemedir. Doppler etkisi yöntemi ile birlikte kullanılmasıyla, daha renkli görüntülerin olduğu görseller, geliştirilerek çok farklı boyutlara ulaşabilmektedir. Bir anne karnındaki silik görüntü 3 boyutlu yöntemler kullanılarak bire bir fotoğraf etkisi taşıyan bir forma dönüşebilmektedir. Aslen görsel üretimi çok basit ve maliyeti düşük olmasına rağmen çok fazla sanatçı tarafından değerlendirilmeyen ultrason görüntüleme, fikirler bazında gelişen düşüncelerin anlamla buluşmasında önemli rol oynayabilecek yapıdadır. En büyük avantajı zararsız ses dalgalarının kullanılmasıdır. Son yıllarda geliştirilen ultrason teknikleri diğer bilimsel görüntüleme yöntemlerine eş kalitededir. Sesin eko değerlerinin kayıt edilmesi prensibine dayanan çalışma biçimi bir anlamda fotoğraftaki gibi yansıyan ışığın kağıt üzerinde bıraktığı etkiye benzetilebilir.

Görüntüleme yöntemleri sanatçılara ilham olabilecek ilginç sonuçlar vermektedir. Örneğin hem radyolog hem de bir dijital görüntü düzenleme sanatçısı olan

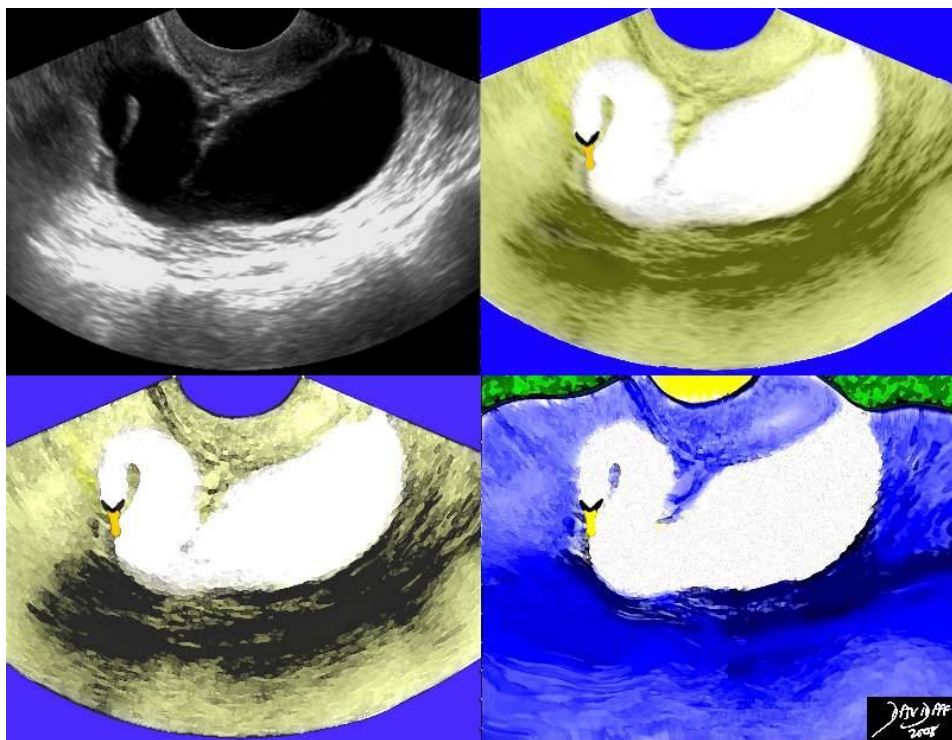
Ashley Davidoff (1952) radyoloji laboratuvarında elde ettiği görüntülerden ilginç sonuçlar oluşturmuştur. Kas yapıları, cenin yada fetüsler organların çalışır haldeki reel görüntülerini toparlayıp birer sanat nesnesi haline dönüştürmektedir. Renk armonilerinin kendi duygu ve düşüncelerini yansıttığını belirten Davidoff, zaten onlar mucizevi görüntüler bende bu mucizeleri birer sanat eserine dönüştürmeye çalışıyorum demektedir. Davidoff çalışmalarında karanlık dünyayı aydınlatmaya yönelik hamleler geliştirmiştir örneğin ‘Carotid-Arteries-Feed-The-Brain’ adlı çalışmasında kullandığı soğuk tonlar görseli canlandırıp dinamik bir etki katmaktadır. Munch’ın “Çılgılık” adlı eserindeki gibi yoğun çizgisel anlatımı bilinç altının dışavurumu yansıtmaktadır. ‘Doppler-Ultrasound-Of The-Pancreas Ve Doppler-Ultrasound-Of-The-Carotid-Arteries’ adlı çalışmalarında da soğuk renklerin hakim olduğu görülmektedir. Özellikle ‘Arterey Caroid’ sonogramında soğuk mavi siyah ve şeker pembesi renkleri büyük bir zıtlık oluşturmaktadır. Sonogramın görüntüsü orijinal diyagonal prob ile alınmış görüntüdür. Ve gerçekliği çok farklı bir tarzla yansıtmaktadır. Kolaj olarak düzenlediği “damarlar” isimli çalışmasında bir çok renkli siyah/beyaz görüntüyü dinamik yapıda bir bütün haline getirmiştir.



Sonogram- 2 Ashley Davidoff , “Artery Carotid” RSNA (2008).



Sonogram-3 Ashley Davidoff , “Artery Carotid Artery” RSNA, (2008).



Sonogram-4 Ashley Davidoff, “Uterus Fallopian Tube Hydrosalpinx Ultrasound Swan in the water” (2009).

Ashley Davidoff, ‘Uterus Fallopian Tube Hydrosalpinx Ultrasound Swan İn The Water’ adlı çalışmasında bir adet ultrason görüntüsünde yer alan karanlık uterus fallopunun şeklini dört aşamada bir kuğuya benzetmektedir. İlk görüntü doğal görüntüdür. İkinci görüntüde boyama yaparak kuğu formunu ortaya çıkarmıştır. Üçüncü görüntüde renk değişikliği yaparak çağdaş bir hava katmıştır. Dördüncü görüntüde ise tamamen resimselleştirerek kuğuyu gün batımında gölde yüzen bir kuşa benzetmiştir. Empresyonist ressamların ışık arayışlarını görebildiğimiz çalışma yunan mitolojisinde erkeği temsil etmektedir. Özellikle Zeus’un Leda’ya kuğu şekline girip tecavuz etmesi hikayesiyle bilinmektedir. Buradada uterusu yerleşmiş bir kuğu vardır. Kuğu uterusu erkekten bir parçayı simgelemektedir..

SONUÇ

Bu çalışma kapsamında yapılan araştırmalarda, özellikle fotoğrafın radyografi ve sonografik görüntü oluşturmadaki teknik işbirliği ile elde edilen özgün görsellerin, estetik ve sanatsal boyutları değerlendirilmiştir.

Bilimsel ve teknolojik bir araştırmanın ürünü olan radyogramlar ve sonogramların fotoğrafın keşfedilmesinden sonra ortaya çıkan benzersiz görüntüleme yöntemleridir. Röntgen eğer fotoğraf plağını kullanmasaydı x-ışınlarını karakterize edemeyecekti ya da daha uzun bir zaman geçmesi gerekecekti. Radyoaktivitenin keşfinde de önemli rol oynayan gümüş iyodürlü plaklar günümüz invaziv (girişimsel) görüntüleme yöntemlerinin başlangıcı olmuştur. Radyolojik görüntüleme yöntemlerinin farklı disiplinler tarafından da kullanıldığını bilmekteyiz. Özellikle demir çelik sanayinin kalite kontrol bölümleri, denizaltı sonar sistemleri ile deniz tabanı görüntüleme işlemleri gibi.

Yapılan araştırmalarda enerji biçimlerine göre farklı görüntüleme sistemlerinin var olduğu, buna bağlı olarak farklı tip görsel üretim imkânlarının olduğu doğrultusunda sonuçlara ulaşılmıştır. Bir radyonüklid görüntü ile bir bilgisayarlı tomografi görüntüsünün aynı olmadığı hatta x-ışını enerjisi kullanılarak gerçekleştirilen röntgen ve bilgisayarlı tomografi görüntülerinin renk, biçim, form ve leke değerleri açısından birbirlerinden farklı oldukları gözlenmiştir.

1960'lı yıllara kadar radyogram ve sonogramlarda yapılan çalışmalar öncü sanatsal ifade formları olarak tanımlanmıştır. 1896 yılında Ludwing Zehnder'in çektiği bölümler halindeki tüm vücut radyografisini orantılı olarak birleştirmesi ile ilk tüm vücut radyografisi oluşturulmuştur. Deustches Museum tarafından koruma altına alınan çalışma bilinen ilk radyografik düzenleme olarak tarihe geçmiştir. 1897'de John Hall Edward'ın Midlandtyre adlı deneysel çalışması üyesi olduğu kraliyet fotoğraf akademisinde sergilemiş ve aynı eser hala Princeton Üniversitesinin sanat müzesinde sergilenmeye devam edilmektedir. Flüoroskopi cihazının keşfedilmesi ile bitki dokuları üzerine belge niteliğinde radyogramlar oluşturulmuştur. Radyografçıların bu çiçek görsellerini oluştururken “estetik bir bakış açısı içinde olduklarını” belirtmişlerdir. Bu

cümleler radyogram üretiminde neredeyse radyografinin ilk yıllarından beri diğer sanatlarda olduğu gibi estetik ve sanatsal bir bakış açısının var olduğunu göstermektedir.

Tezimde yer alan bazı 1895 ve 1960 arası öncülerin görsellerinde “sanatsal bakış açıları yakalamak istemeleri”, “estetik bir yan” olması için çaba harcadıkları anlayışı yer almaktadır. Özellikle post modernist tavır çerçevesinde 1990 sonrası çalışmalara yeniden sunum ve resim çalışmaları ile bağdaştırma denemeleri artmıştır ve biçimsel tekrarlara yer verilmiştir. Burada diğer sanatlar ile etkileşim içinde olunmaya çalışıldığı da gözlenebilmektedir. Özellikle David Teplika’nın Michelangelo’nun “İnsanın Doğuşu” adlı freskinden esinlenerek oluşturduğu “İnsanın Doğuşu” adlı radyogramı sanatlar arası etkileşimin ve sanatsal değer taşıyan önemli çalışmalarının benzerlerinden yola çıkılarak yeniden sunulabileceğini göstermiştir. Yüklenen estetik değerler sayesinde asıl amacından yön değiştirerek farklı bir ifade biçimine dönüşmüşlerdir.

Anatominin önemli ressamlarında Laura Ferguson da benzer bir ifade biçimi ile çalışmaktadır. Manyetik rezonans ve bilgisayarlı tomografi cihazı içinde çektiği modellerinin resimlerini yapmış ve birlikte sergilemiştir. Sanatsal değer kazandırma düşüncesinin farklı bir versiyonu olan çalışmaları Ferguson’nun izlenimci ressamlar gibi etkilendiğini ve çalışmalarında radyogramları kullandığını söyleyebiliriz.

Benedetta Bonichi’nin çalışmalarında modeller kullanarak çekimler yapmıştır. Yapılan çekimler sonrasında bilgisayar ortamında düzenlemelere gidilmiştir. “Düğün Ziyafeti” adlı çalışması Leonardo da Vinci’nin “Son Akşam Yemeği” tablosuna benzerliği ile son derece dikkat çekmektedir. Bu yönüyle geçmiş dönem sanat eserlerinde etkilenmeyi görmekteyiz.

Nick Veasey’in devasa yapıları röntgenlemiş ve bilimsel teknolojinin estetik bir ürünün oluşturmuştur. Mimarideki büyüklük devasalık olgusunu zor bir teknik olan radyografi yöntemi ile gerçekleştirerek bir anlamda büyük etki yaratabilmeyi denemiş ve başarılı olmuştur.

Merilene Oliver'in manyetik rezonans görüntülerini belli aralıklarla üst üste getirerek insan silüetleri oluşturmuştur. Çalışmalarında heykelle ilişki kurarak bir ifade biçimi oluşturmaya yönelmiştir. MR, tomografi ve nükleer tıp görüntülerinde düzenlemeler yapmıştır.

Ashley Davidoff'un ultrason görüntüleri üzerinde yaptığı değişiklikler ile kazandırdığı sanatsal bakış önemlidir. Sanatçılar radyolojinin sunduğu imkanları değerlendirerek özgün ifadeler dünyası yaratmada öncü olmuşlardır. Özellikle Davidoff'un çağdaş sanat örneği olan "uterus fallopian tube hydrosalpinx ultrasound Swan in the water" adlı çalışmasında uterustaki boşluk görüntüsünü bir kuğuya benzeterek kuğunun taşıdığı mitolojik erkek olgusuna gönderme yapmak istemiştir.

Radyogram ve sonogramların sanatsal bir ürün olarak yorumlanmasında Kant'ın estetik anlayışından yararlanılmıştır. Güzel olmayanda güzelliği aramak ifadesi bu çalışmaları estetize etmede önemli bir çıkış noktası olmuştur.

Bu foton-grafik ve sono-grafik görüntülerin teknik mükemmellik içinde saptanması ve estetize edilerek sunulmasının bir ön adımı olarak Husserl'in fenomenolojisinden yararlanılmıştır.

Doğal halleri ile sanat dünyasına ait olmayan tıbbi amaçla üretilen bu görüntüler estetik bir dokunuş ile düzenlemeye gidildiğinde farklı bir ifade alanı yaratılabilmektedir. Husserl'in fenomenoloji algısına göre de şekillenebilen bu anlayış bir nesnenin "ayraca" alınarak var olduğu halden bambaşka bir nesneye dönüştürme düşüncesi ile desteklenilmiştir. Bakış açısında gerçekleşen bu değişim fenomenoloji açısından şeylerin özüne erişim izni veren bir metodolojik başlangıç işlevi görür hale gelebilmektedir.

Genel olarak radyolojik görüntülerin, bizlere sunulduğu estetik bakış ve fenomenolojik açıdan tamamen nitelsiz ve tek bir amaca hizmet eden tıbbi radyografilerin ve sonografilerin estetik ve manevi bir değer kazanma sürecine değinilmiştir. Bu niteliklerinden yola çıkılarak tez kapsamında röntgen radyografi başta olmak üzere flüoroskopi, tomografi, manyetik rezonans, nükleer tıp, ve ultrason

yöntemleri ile çekilen estetik değere sahip görüntüler değerlendirilmiştir. Bu nesnelerin sanat nesnesi olarak kullanılıp kullanılamayabileceğini araştırılmıştır.

Ana iddia oluşturulan görüntülerin estetik beğeni ile çekimlerinin yapılarak, sanatsal ifadeler içeren anlamlar yükleyerek sanatsal ve estetik bir sonuç elde edilebildiği kanıtlamaktır. Bu görüntülerin müzelerin sanat galeri tarafından tercih edilmeleri sanat galerilerinde sergilenmeye layık görülmeleri sanatın geleceği açısından önemli olduğu düşünülmektedir.

Bu çalışma Türkiye’de bir ilk olması dolayısıyla örneklerin ve kaynakların sınırlı olmasına rağmen, bilimsel araştırma yöntemlerinin, elde edilen verilerden yola çıkılarak, sanatsal bir karşılığının olduğu ispatlanmaya çalışılmıştır. Tez çalışmamda karşılaştığım çağdaş sanat sorunları ve resim sanatı ile olan ilişkileri üzerine sanat nesnesi üretimi ve gelişimi ile alakalı tartışmaların geliştirilebileceği ve ileri boyutlara taşınabileceği kanısındayım.

KAYNAKÇA

Genel Başvuru Kaynakları

- *Eczacıbaşı Sanat Ansiklopedisi* (1997). İstanbul, Yem Yayınları.
- *Encyclopedia Britannica* (1969). Chicago, U.S.A: William Benton Publisher.
- *Temel Britannica* (1993). İstanbul: Ana Yayıncılık A.Ş

Kitaplar

- AKDENİZ, Tanju (1990). *Fotoğraf Temel Eğitim Kursu Ders Notları*, İstanbul: Afsad Yayınları.
- AKIN, Asım (1981). *Temel Nükleer Tıp*, Ankara: Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Yayınları.
- ALSCHULER, William R. (2008). *Ancyclopedia of Nineteenth-Century Photography*, U.S.A: by Taylor & Francis Group.
- ARNHEİM, Rudolf (1974). *Art And Visual Perception A Psychology of The Creative Eye*, U.K: Ünversity of California Press.
- ASTER, Ernst Von (2005). çev. Vural Okur, *İlk ve Ortaçağ Felsefe Tarihi*, , İstanbul: İm Yayınevi.
- AYAN, Cemil (2012). *11. Sınıf Fizik Ders Kitabı*, Ankara: Palme Yayınevi.
- AYAN, Cemil (2012). *12. Sınıf Fizik Ders Kitabı*, Ankara: Palme Yayınevi
- BARRET, Terry (2009), çev. Yeşim Harcanoğlu, *Fotoğrafı Eleştirmek*, İstanbul: Hayalbaz Yayınevi.
- BAZİN, Andre (1967). Trans. H. Gray, *What Is Cinema?*, U.S.A: University Of California Press.
- BETTYANN, Kevles (1997). *Naked to the Bone : Medical Imaging in the Twentieth Century Sloan Technology Series*, U.S.A: Rutgers University Press.
- BİRAND, Kamuran (1958). *İlk Çağ Felsefesi Tarihi*, Ankara: Ajans Atatürk Matbaası.

- BİXBİ, William (1999), çev. Nermin Arık, *Galileo ve Newton'un Evreni*, Ankara: Tübitak Yayınları.
- BODEİ, Remo (2008), çev. Durdu Kundakçı, *Güzelin biçimleri*, Ankara: Dost Kitapevi Yayınları.
- BODUR, Feyyaz-TURAN-Ergün, GÖKTAN, M.- Çağatay- ÇETİN, Orhan Cem –KAMBUROĞLU, Özer (2012). *Fotoğraf Tarihi*, Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları.
- BOLLES, E. B. (2011), çev. Nermin Arık, *Galileo'nun Buyruğu*, Ankara: Tübitak Yayınları.
- BOR, Doğan (2009). *Nükleer Tıp Sayısal Görüntüleme Yöntemleri*, Ankara: Bilim Yayıncılık.
- BOZKURT, Nejat (2000). *Sanat ve Estetik Kuramları*, Bursa: Sentez Yayıncılık.
- BUSHONG, Stewart Carlyle (2013). *Radiologic Science For Technologists: Physics, Biology, And Protection* Missouri, U.S.A: Elsevier.
- CARTER, Enrique D. (1985). *Magnetic Resonance Imaging*, Health Technology Assessment Reports, U.S.A: Department Of Health And Human Services.
- CARVER, Elizabeth – CARVER, Barry (2012). *Medical Imaging Techniques, Reflection & Evaluation*, Canada: Elsevier.
- CEYDELİ, Nergis (2000). *Radyolojik Görüntüleme Tekniği*, İzmir: Ege Üniversitesi Yayınları.
- CEYHAN, Zeki (2003). *Temel Fotoğrafçılık Bilgileri*, Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları.
- CEYLAN, Taner Musa (1988). *Fotoğraf, Estetik ve Görüntü üzerine Denemeler*, İstanbul: İfsak Yayınları.
- CHAN, Vincent - PERLAS, Anahi (2011). *Atlas of Ultrasound-Guided Procedures in Interventional Pain Management*, U.S.A: Springer.
- CHRISTOFIDES, S. –DANCE, D.R. –MAIDMENT, A.D.A. – MCLEAN, I.D. (2014). *Diagnostic Radiology Physics: A Handbook for Teachers and Students*, Austria: İaea Publishing.

- CROCE, Benedetto (1983). *Estetik İfade Bilimi Ve Genel Linguistik Olarak*, İstanbul: Remzi Kitapevi.
- DEMİR, Mustafa (2011). *Nükleer Tıp Fiziği Ve Klinik Uygulamaları*, İstanbul: Pozitron Teknik Hizmetler A.Ş Yayınları.
- DERMAN, İhsan (2010). *Fotoğraf ve Gerçeklik*, İstanbul: Hayalbaz Yayınevi.
- DİNÇER, Salih-YALÇIN, Sezai (2002). *Akustik ve Optik*, Bursa: Uludağ Üniversitesi Yayınları.
- DİREN, H. Barış (1991). *Manyetik Rezonans Görüntüleme*, Ankara: Meda Sağlık Hizmetleri Yayınları.
- DURBİN, Paul T. (1989). *Philosophy Of Technology Practical, Historical And Other Dimensions*, W. Lee Bailey, Skull's Darkroom: The Camera Obscura And Subjectivity, Netherland: Kluwer Academic Publishers.
- ERİNÇ, M. Sıtkı (2004). *Resmin Eleştirisi Üzerine*, Ankara: Ütopya Yayınevi.
- FİSCHER, E. (2012), çev. Cevat Çapan, *Sanatın Gerekliliği*, İstanbul: Sözcükler yayınevi.
- FLUSSER, Vilem (2009), çev. İhsan Derman, *Bir Fotoğraf Felsefesine Doğru*, İstanbul: Yorum Sanat Yayınevi.
- FREELAND, Cynthia (2008), çev. Fisun Demir, *Sanat Kuramı*, Ankara: Dost Kitabevi Yayınları.
- FREUD, Sigmund (2014), çev. Kamuran Şipal, *Sanat ve Sanatçılar Üzerine*, İstanbul: Yapı kredi Yayınları.
- FRIZOT, Michel (1998). *A New History of Photography*, Italy: Köneman Publishing.
- FROELICH, J. M. - NANZ, D - PRUESSMANN, K.P, (2006). *How Does MRI Work? An Introduction to the Physics and Function of Magnetic Resonance Imaging*, Germany: Springer.
- GÖKGÖZ, Aydemir (1977). *Bütün Yönleriyle Fotoğrafçılık Siyah-Beyaz Ve Renkli*, İstanbul: Afa Yayıncılık.

- GURALNİK, B.D (1974). *Webster's New World Dictionary of the American Language*, U.S.A: William Collins & World Publishing.
- GÜLEÇ, Mustafa (1995). *Radyodiagnostik Fiziği*, Kayseri: Erciyes Üniversitesi Yayınları.
- GÜMRÜKÇÜ, Cengiz Oğuz (2006). *Fotoğrafın Tarihi*, Ankara: Mevsimsiz Yayınları.
- HARRİSON, W. Jerome (1987). *A History Of Photography*, U.S.A: Scovill Manufacturing Company.
- HAYES, Paul W. – WORTON, Scott M. (1985). *Essential of Photography Revised*, U.S.A: Glencoe Publishing.
- HENDEE W.R - RİTENOUR, E. Russell (2002). *Medical Imaging Physics*, U.S.A: A John Wiley & Sons, Inc. Publication.
- HOLTZSCHUE, Linda (2011). *Understanding Color An Introduction for Designers*, U.S.A: John Wiley & Sons, Inc. Publication
- HOWARD, David M. – ANGUS, Jamie A.S. (2009). *Acoustics and Psychoacoustics*, U.S.A: Focal Press.
- HUANG H.K.(2004). *Pacs and Imaging Informatics Basic Principles And Applications*, U.S.A: A. John Wiley & Sons, Inc. Publication.
- HUSSERL, Edmund (1995), çev. Tomris Mengüşoğlu, *Kesin Bir Bilim Olarak Felsefe*, İstanbul: Yapı Kredi Yayınları.
- KAGAN, Moissej (1982). *Güzellik Bilimi Olarak Estetik Ve Sanat*, İstanbul: Altın Kitap Yayınları.
- KANBUROĞLU, Özer (2007). *A'dan Z'ye Fotoğraf*, İstanbul: Say Yayıncılık.
- KANDİNSKY, Wassly (2013), çev. Gülin Ekici, *Sanatta Ruhsallık Üzerine*, İstanbul: Altıkırkbeş yayınları.
- KANT, İmmanuel (1970), Trans. J.H. Bernard, *Critique of Judgment* , U.S.A: Hafner Press.
- KARAGÖZ, Murat (2009). *Fotoğraf Neyi Anlatır*, İstanbul: Hayalbaz Yayınevi.

- KATZ, Douglas S. - MATH, Kevin R. - GROSKİN, Stuart A. (2001), çev. Mehmet Oğuz vd. *Radyoloji Sırları*, İstanbul: Nobel Tıp Kitapevi.
- KAYA, Tamer (1997). *Temel Radyoloji Fiziği*, İstanbul: Güneş & Nobel Tıp Yayın Evleri.
- KUÇURADI, İoanna (2009). *Sanata Felsefeyle Bakmak*, Ankara: Türkiye Felsefe Kurumu Yayınları.
- KUMAŞ, Ahmet (1966). *Radyoloji*, Ankara: Tamer Matbaacılık.
- LİN; Eugene C.- ALAVİ, Abbas (2011), çev. Tarık Başoğlu – Ayşe Mavi, *Pet ve Pet/bt Klinik Klavuzu*, Ankara: Habitat Yayınları.
- MARIEN, Mary Warner (2002). *Photography A Cultural History*, China: Laurence King Publishing.
- Milli Eğitim Bakanlığı (2011). *Röntgen Cihazları*, Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları.
- MORGAN, C. L. (1983). *Basic Principles of Computed Tomography*, U.S.A: University Park Press,
- MORSE, Philip M. (1948). *Vibration and Sound*, U.S.A: McGraw-Hill Book Company.
- NAROUZE, S.N. (2011). *Atlas of Ultrasound-Guided Procedures in Interventional Pain Management, Basics of Ultrasound Imaging*, U.S.A: Springer.
- NATTERER, F. –WUBBELING, F (2001). *Mathematical Methods in Image Reconstruction, Society for Industrial and Applied Mathematics*, U.S.A: PA .
- NEWTON, Isaac (1730). *Opticks: Or, A Treatise Of The Reflections, Refractions, Inflections and Colours Of Light*, U.K: William, Inn YS Publisher.
- OTTO, C.M. (2000). *Principles Of Echocardiographic Image Acquisition And Doppler Analysis. In: Textbook of Clinical Ecocardiography*, U.S.A: WB Saunders publishing.
- OYAR, Orhan (1998). *Radyolojide Temel Fizik Kavramlar*, İstanbul: Nobel Tıp Kitapevi.

- ÖNSEL, Çetin (2009). *Nükleer Tıp Ders Kitabı*, İstanbul: Cerrah Paşa Tıp Fakültesi Yayınları.
- PLATON, (1988), çev. Salahattin Eyüpoğlu ve M. Ali Cimcoz, *Devlet*, İstanbul, Remzi Kitapevi.
- PRAKEL, David (2012), çev. Nedim Siphai, *Fotoğrafta Kompozisyon*, İstanbul: Homer Kitapevi.
- PUTMAN, J.L. (1965). *İsotopes*, U.S.A: Penguin Books.
- RAVİN E Charles - E. Carl (1994). *Textbook Diagnostic İmaging*, U.S.A: W.B Saunders Company.
- ROBİNSON, Linda (2007). *Art of Professional Photography*, India: Global Media Publishing.
- RYER, Alex (1998). *Light Measurement Handbook* Newburyport, USA: International Light Publishing.
- SANCAK, İbrahim Tezer (2015). *Temel Radyoloji*, Ankara: Güneş Tıp Kitapevi.
- SANDSTRÖM, Staffan (2003). *The WHO Manual of Diagnostic İmaging Radiographic Technique and Projections*, India: WHO Publication.
- SEDGWİC, W.T.–TYLER, H.W. (1939). *Short Historyof Science*, Newyork,U.S.A: Macmillan Company.
- SENA, Cemil (1972). *Estetik Sanat ve Güzelliğin Felsefesi*, İstanbul: Remzi Kitapevi.
- SERARS, Richard – ZEMANSKY, Wehr (2000), çev. F. Domaniç, *Modern Üniversite Fiziği, Optik Ve Modern Fizik*, İstanbul: Çağlayan Kitapevi.
- SİNGH, Harjit – NEUTZE, Janet A. (2012). *Radiology Fundamentals Introduction to Imaging & Technology*, U.S.A: Springer.
- SONTAG, Susan(2008), çev. Osman Akınhay, *Fotoğraf Üzerine*, İstanbul: Agora Kitaplığı.
- SÖYLEMEZ, Hakan (2014). *9. Sınıf Kimya Ders Kitabı*, Ankara: Palme Yayınevi.

- SUETENS, Paul (2009). *Fundamentals of Medical Imaging* England, U.K: Cambridge University Press.
- SYMONDS, John Addington (1901). *Masters In Art, A Series Of Illustrated Monographs*, Leonardo Da Vinci, U.S: Bates And Guild Company.
- ŞAHİN, Tahir Erdoğan (1997). *Sanat Tarihi Ders Kitabı*, İstanbul: Vebsan A.Ş.
- ŞAHİNER, Rıfat (2008). *Sanatta Postmodern Kırılmalar*, İstanbul: Yeni İnsan Yayınevi.
- TAMGAÇ, Feyzi- ERSELCAN, Taner (2001). *Klinik Uygulamada Nükleer Tıp*, İstanbul: Ünal Ofset Matbaacılık.
- TANALP, Rüknettin (1972). *Duyu Fizyolojisi*, Ankara: Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları.
- TAŞ, Mustafa (2012). *Mesleki Bilgisayar Ders Kitabı*, Ankara: Milli Eğitim Basımevi.
- THOMAS, Ann (1997). *Beauty of Another Order : Photography in Science*, Canada: Yale University Press.
- TOPARLI, Recep (2005) Ç.G.B⁴⁹ *Türk Dil Kurumu, Türkçe Sözlük*, Ankara: T.D.K. Yayınları.
- TOPÇUOĞLU, Nazif (2010). *Fotoğraf Ölmedi Ama Tuhaf Kokuyor*, İstanbul: Yapı Kredi Yayınları.
- TOPUÇUOĞLU, Nafiz (1992). *İyi Fotoğraf Nasıl Oluyor Yani?* , İstanbul: Yapı Kredi Yayınları.
- TOPDEMİR, Hüseyin Gazi (2007). *Işığın Öyküsü Mitolojiden Matematiğe Işık Kuramlarının Tarihsel Gelişimi*, Ankara: Tübitak Yayınları.
- TUNALI, İsmail (2001). *Estetik*, İstanbul: Remzi Kitapevi.
- TUNCEL, Ercan (2009). *Radyolojiye giriş*, Bursa: Uludağ Üniversitesi Yayınları.
- TUNCEL, Ercan (2002). *Klinik Radyolojisi*, İstanbul: Nobel Tıp Kitapevi.

49 Çalışma Gurup Başkanı.

- TURANİ Adnan(1999). *Sanat Felsefesi*, İstanbul: Remzi Kitabevi.
- WEYMAN, AE. (1994). *Physical principles of ultrasound, Principles and Practice of Echocardiography*, U.S.A.: Williams & Wilkins Publishing.
- YAZIR, Elmalılı Hamdi (2002). Kur'an-ı Kerim Türkçe Meali, İstanbul: Merve yayınevi.
- ZIMMERMANN, Richard (2007). *Nuclear Medicine Radioactivity for Diagnosis and Therapy*, France: Sciences Publishing.
- ZİSS, Avner (2011), çev. Yakup Şahan, *Estetik Gerçekliği Sanatsal Özümsemenin Bilimi*, İstanbul: Hayalbaz Yayınevi.

Makaleler

- ATASOY Fatih, ERDEM Evren(2014) . "Köpek duyuları" *Lalahan Hayayvancılık Araştırmaları Enstitüsü Dergisi* yıl 54, cilt-sayı 54-1, Haziran 2014, ss. 33-38
- BAYHAN, Mehmet (2012). "Fotoğraf Çekilmez Yapılır," *İfsak fotoğraf ve sinema dergisi*, yıl 27 sayı 146, Şubat 2012, ss. 40-42.
- BRACEWELL, R.N (1956). "Strip integration in radio astronomy" *Australian Journal of Physics*, year 4, Vol9 January 1956, 198-217.
- BUDINGER TF, LAUTERBUR P.C. (1984). "Nuclear magnetic resonance technology for medical studies". *Science*, year 18, vol 22, October 1984, ss. 288-298.
- COSTA , Joseph (1953). "İmage," *Journal of Photography of the George Eastman*, House, Year 1, sayı 1, Vol.1, January 1953ss. 1-3.
- DOİ, Kunio (2006). "Diagnostic İmaging Over The Last 50 Years: Research And Development İn Medical İmaging Science And Technology",year 8, Vol 51, June 2006, ss. 5–27.
- EDLER I, LINDSTROM K. (2004). "The History of Echocardiography," *Med Biol*. Vol. 12 Dec, 30, December 2004, ss. 1565–1644
- GOMBRİCh, E.H. (2000), çev;Ülkü Tamer,"Düşen Gölgenin Özellikleri", *Sanat Dünyamız*, Yıl 19, Sayı177, Güz 2000, 177-191.

- HENDEE WR, MORGAN C. (1984). "Magnetic resonance imaging: Part I-physical principles". . *West J. Med.* Year 11, vol 141, October 1984, ss. 491-500.
- Hu, H (1999). "Multislice Helical CT: Scan and Reconstruction", *Med. Phys.*, Year 2,vol. 26, January 1999, ss. 5-18.
- IŞIKHAN, Cihan (2008). "The Reflections Of Human's Spatial Sound Consciousness To Music And Music Technology", *The Journal Of International Social Research*, Year 8, Volume 1/3 Spring 2008 ss. 219-237
- KALENDAR, W. A., SEISSLER, W., KLOTZ, E. (1990). Spiral Volumetric CT With Single Breathhold Technique, Continuous Transport, and Continuous Scanner Rotation , *Radiology*; year 14, vol. 176, July 1990, ss.181-183
- KUÇURADI, İoanna, (2012). "Gerçeklik Üzerine Söyleşi", *İfsak Fotoğraf ve Sinema Dergisi*, yıl 27 sayı 146, Şubat 2012, ss.8-10
- KÜÇÜKERDOĞAN, Bülent (2012). "Filmsel Gerçekliğin Oluşturulmasında Anlatı Kurgusunun Rolü", *İfsak fotoğraf ve sinema dergisi*, yıl 27 sayı 146, Şubat 2012, ss. 12-14.
- LEDLEY, Rs, Di CHİRO G, LUESSENHOP Aj, TWİGG HL. (1974) "Computerized transaxial x-ray tomography of the human body", *Science Classic*, Year 9, vol 186, Ocyober 1974, ss.207-221
- LİNDBERG, D.C. (1968). *The Theory of Pinhole Images from Antiquity to the Thirteenth Century*, U.S.A.: Archive for History of Exact Sciences. Year 1, Vol. 5, july 1968, ss. 154-176.
- ÖNAY A. (1977),“20.Yüzyıl ve Fotoğraf Sanatı”, *Yeni Fotoğraf* , Yıl 3, Sayı:11, Ağustos1977, ss.34
- PEYKET, I.L.-NEWHOUSE J.H, -BUONANNO FS,- BRADY TJ, - GOLDMAN MR, KİSTLER (1982). "Principles of Nuclear Magnetic Resonance İmaging, *Radiology*, Year 15, vol. 143, January 1982, ss.157-168.
- ROSSMANN, K.- Wiley B. E. (1970). the Central Problem in the Study of Radiographic Image Quality Radiology, *Radiology*, Year 8,Vol 96, Jul 1970. 197, ss113-118.
- TÜFEKÇİ, Tuna (2001). "Fotoğrafta Resim Etkileri", *Fotoğraf Dergisi*, yıl 5, Sayı 31, Eylül / Ekim, ss. 44-49.
- WELLS, P.N. T. (1977). "Ultrasonics In Medicine And Biology", *Phys. Med. Biol.* Year 2, Vol 22, July 1977, ss.629–669

Basılmamış Kaynaklar

- ARAL, Nur (2003). *Postmodernist Süreçte Fotoğrafın Yeri, Önemi ve Postmodern Fotoğrafı*, yüksek lisans tezi, dan. Prof. Ahmet Öner Keskin, Işık Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü / Moda ve Tekstil Tasarımı Bölüm, İstanbul.
- ARSLAN, Tuğçe (2010). *X-Işınları Ve Kullanım Alanları*, Yayımlanmamış Lisans Tezi, dan. Doç. Dr. Mustafa Karadağ, Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi, Orta Öğretim Fen Ve Matematik Alanları Eğitimi Bölümü Fizik Eğitim Anabilim Dalı, Ankara.
- BASYAN, Hikmet (2001). "Parçacık Hızlandırıcılar Ve Nükleer Tıp", *1. Ulusal Parçacık Hızlandırıcıları Ve Uygulamaları Kongresi*, Taek, Ekim, Ankara 25-26.
- BÜYÜKTANIR, Aysun (2010). *Ultrases (Ultrasound)*, Yayımlanmamış Lisans Tezi, dan. Doç.Dr. Mustafa Karadağ, Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi, Orta Öğretim Fen Ve Matematik Alanları Eğitimi Bölümü Fizik Eğitimi Anabilim Dalı, Ankara.
- ÖZDAL, Işık (1997). *Mimari Fotoğraf Sanatı Ve Duesseldorf Ekolü*, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, dan. Doç.Dr. Simber R. Atay, Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Sinema-Tv. Anasanat Dalı, İzmir.
- TASKIN, Yasemin (2012). *Hava Perspektifinin Işık ve Renk Açısından İncelenmesi ve Empresyonizm'de Uygulama Biçimleri*, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, dan. Doç. Ahmet ÇOLAKOĞLU Cumhuriyet Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Güzel Sanatlar Eğitimi Ana Bilim Dalı Resim-İş Eğitimi Bilim Dalı, Sivas.
- ÜNAL, Duygu (2008). *Tipta Kullanılan Görüntüleme Teknikleri*, Yayımlanmamış Lisans Tezi, dan. Doç. Dr. Mustafa Karadağ, Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi, Orta Öğretim Fen Ve Matematik Alanları Eğitimi Bölümü Fizik Eğitim Anabilim Dalı, Ankara.

İnternet Kaynakları

- Bahcall, John N. (2000). How the Sun Shine, First Published at Nobel e-museum www.nobel.se [10 Aralık 2014].

- Bellows, Joseph (2015). Dain Tasker, *Bio*, 3. 1-4, <http://www.josephbellows.com/artists/dr-dain-l-tasker/bio/> [03. Şubat 2015].
- Bonfiglio, Jeremy D. (2013). Radio Flora, 1-19, http://www.heraldpalladium.com/featuresentertainment/radio-flora/article_f2dd1217-50a6-528f-9e8a-f0dc84833097.html [03 Şubat 2014].
- Errede, Steven (2002). Vibrations of Ideal Circular Membranes (e.g. Drums) and Circular Plates, *UIUC Physics 406 Acoustical Physics of Music*, 1, 20-36 https://courses.physics.illinois.edu/phys406/Lecture_Notes/P406POM_Lecture_Notes/P406POM_Lect4 [03 ocak 2015].
- Henning, Ulrich (1995). 100 Years of X-rays, *The Rigaku Journal* 1-2, 1-3 <http://www.rigaku.com/downloads/journal/Vol12.2.1995/hennig> [06 ocak 2015].
- Leggart, Robert (1995). A History of Photography from its beginnings till the 1920s, 1-50, 1-289 http://lnx.phototeka.it/documenti/Cenni_storici_fotografia.
- Narayanan, Lakshmi, V. (2005). Roentgen and his Rays, *Raman Research Institute*, 2-3- . 1-5 <http://www.ias.ac.in/resonance/Volumes/10/06/0002-0005> [30 ekim 2014].
- Perich, Shannon (2010). A Camera That Can See Straight Through You, *Blog*, 2, 1-5 http://www.npr.org/blogs/pictureshow/2010/02/looking_inside.html [03. Şubat 2015].
- SMITH, joe (2009). Calculating Color Temperature and Illuminance Using the TAOS TCS3414CS Digital Color Sensor, <https://www.ams.com/eng/content/view/download/145158>, [3 Ocak 2015].
- Veasey, Nick (2010). *Blog*, 1-6 http://www.dubinsky.com/dubinsky_artists.php?t=Nick+Veasey&read_category=89 [12 Şubat 2015].
- ZHOU, Wang He- XIANG, He- JIE, Feng - DONG, Chen Xiao -WEI, Lin (2011). The Actual Nature of Light Reveal the Mystery about the Actual Nature of Light from Newton, Einstein to the Recent Mistakes", *Journal of Quantum Information Science*, Published Online September, 54, 54-55 <http://www.SciRP.org/journal/jqis>, [01 ocak2015].
- <http://fonomi.blogspot.com.tr/2009/12/fotograf-tarihi-1-fotograf-ne-demektir.html?m=1fotoğraf> , 1-4, 1-5, [13.01.2015].
- <http://www.yolgosterici.com/tevrat/tevrat01.htm> Yaratılış Kitabı Dünyanın Yaratılışı Bölüm 1.

- ¹<https://www.accessliving.org/355>
- http://www.npr.org/blogs/pictureshow/2010/02/looking_inside.html
- <http://prototypes.pbworks.com/f/atom2.gif>
- http://en.wikipedia.org/wiki/Daguerreotype#mediaviewer/File:Louis_Daguerre_2.jpg
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Calotype#mediaviewer/File:William_Henry_Fox_Talbot, by John Moffat, 1864.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/Calotype#mediaviewer/File:William_Henry_Fox_Talbot,_by_John_Moffat,_1864.jpg)
- http://www.chuckhawks.com/camera_equipment.htm
- <http://prototypes.pbworks.com/f/atom2.gif>
- <http://www.medap.com.tr/urunlerimiz/x-isin-tupleri/tomografi-ct-ve-anjiyografi-tupleri>
- <http://image.slidesharecdn.com/fizikkursu-yavuzanacak-grntlemecihazlar>
- http://fullbodymriscan.com/wp-content/uploads/2013/11/Wellness-MRI-3_0T.jpg
- http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c7/Computed_tomography_2.png
- http://www.google.com.tr/imgres?imgurl=http://www.azbilgi.com/yuklu/sintigrafi.jpg&imgrefurl=http://www.azbilgi.com/sintigrafi-nedir-sintigrafi-nasil-yapilir&h=306&w=456&tbnid=2pm7qIfAyd4uLM:&zoom=1&docid=lsQV9hM_zfVc-M&ei=qyTwVN_XFMTnyQPa9IC4CA&tbn=isch&ved=0CG8QMyhOME4
- <http://www.nefesdarligi.com/wp-content/uploads/2009/12/PET-CT.jpg>
- <http://www.serdarsari.com/sayfa/ultrason/medya/ultrasonparcalari.jpg>
- http://1.bp.blogspot.com/-iTgFXUCtGNU/TwH2uoiTVmI/AAAAAAAAAC_A/XmnE3QEWn1I/s1600/gebelikte_ultrason_goruntuleri.jpeg
- http://www.biomedikalservis.com/urun_pic/prob.jpg

- <http://agon.ens-lyon.fr/index.php?id=2739>
- <http://www.josephbellows.com/artists/dr-dain-l-tasker/#1>
- http://www.npr.org/blogs/pictureshow/2010/02/looking_inside.html
- <http://www.kean.edu/~gallery/images/Exhibitions/PastPop/Autobiography.jpg>
- <http://www.toseeinthedark.it/fixedPages/index.html>

EK-1 :RÖPORTAJ

Röportaj: saat 14:30, 20/12/2014 tarihinde Acıbadem Bursa Hastanesinde Yapılan Sözlü Röportaj

Selda Çalışkan, dünyada ancak Amerika ve Avrupa ülkeleri gibi gelişmiş ülkelerde denenen radyografi fotoğrafçılığına ilgi duyarak dijital görüntüleme yöntemlerini deneyen bir radyografçı. AcıBadem Bursa Hastanesi radyoloji bölümünde radyoloji teknikeri olarak görev alan radyografçı Selda hanım günümüz sanatına yön veren farklı bakış açıları uygulayan bir sanatçı.

- Radyolojik görüntülerden birer sanat nesnesi oluşturma fikriniz nasıl başladı?

Radyoloji kongrelerinde düzenlenen sanat etkinliklerinde rastladığım birkaç sergi de ilgimi çeken görüntüler oldu. Bu çalışmalar üzerine düşündüm ve araştırarak dünyada bu işleri yapıp sergi açan sanatçılara ulaştım. Karşılıklı bilgi alış verişi ve uzun uğraşlar sonucu bu görüntüleri elde etmeyi başardım.

- Ne tür uğraşlar verdiniz radyografik görüntü almanın ne gibi zorlukları mevcuttur?

Öncelikle çekilen örnekleri inceledim ve tekniklerini çözümleme yolunda araştırmalar yaptım ve ardında denemelerime başladım. İlk çalışmalarım hüsrana uğramıştı. Çok iyi hatırlıyorum, çekimi yapıyorum fakat bembeyaz yada anlamsız karartılardan oluşan bir ekran, çünkü materyallerin maddi yapısı görüntü almada büyük farklar yaratıyor. Bunun üzerine kontrast maddeler kullandım ışın miktarını azaltıp çoğalttım ve sonunda amacıma ulaşmış oldum.

- Peki hangi cihazları kullandınız?

Daha çok röntgen, bilgisayarlı Tomografi ve manyetik rezonans cihazlarını kullandım.

- Peki farklı cihazlar kullanmanızdaki sebepler nedir? Aralarındaki farklar görüntüyü nasıl etkiliyor.

-

Ben özellikle röntgeni kullandım, çünkü röntgen çekimi fotoğraf çekim işlemi ile çok yakın benzerliklere sahip ve direk nesneyi olduğu gibi yansıtıyor. Direk radyografinizi çekip baskıya verebiliyorsunuz sonuç beklemenin biraz heyecanlı

olduğunu söyleyebilirim. Tomografi doğası gereği çok boyutlu görüntüler verebilen bir aygıt manyetik rezonans cihazı gibi fakat x ışını görüntüleme olduğu için renk ton ve lekesel etkiler röntgene yakındır. Fakat manyetik rezonans çekilecek maddede hidrojen den oluşan yapılara ihtiyaç duyduğu için (su, yağ) çok az çalışma yaptım .

- Daha çok bitki ve süs eşyası üzerine çalıştığınızı belirttiniz sebebini öğrenebilirmiyim? İnsan bedenleri üzerinde çalışmayı düşünüyormusunuz? Doğası gereği bu çalışmalar canlı dokular için oldukça zararlı yöntemler. Bu sebeple insan hayatını tehlikeye sokacak çalışmalara yönelmedim. Ama ilerde daha zararsız yöntemler geliştirildiğinde denemek isterim.

- Ne gibi zararları mevcuttur?

Özellikle doku bozulmaları ve kanser gibi ciddi hastalıklara sebep olabilmektedir.

- Bu yöntemlerin hastalar üzerinde ki zararlı etkisini nasıl ortadan kaldırıyorsunuz?

Medikal fizikçilerimiz birim zamanda gönderilecek ışın miktarını hesaplıyorlar bizde en az zarar verecek yöntemi uyguluyoruz. Tabi cihazların gelişmişlikleri dolayısıyla bir düğmeyle de çekimi gerçekleştiriyoruz. Hastalarımıza öncesinde “onam” formu imzalatıp bu işlemlere tabi tutuyoruz. Bitki ve süs eşyalarında herhangi bir sağlık problemi riski olmadığı için gönül rahatlığı ile çalışabiliyorum.

- İnternette gördüğüm karadı ile insan bedenleride kullanana sanatçılar var, büyük cesaret örneği. Siz nasıl değerlendiriyorsunuz?

Bunu tabi sanat için soyunmak fikrine benzetemezsiniz çünkü bu ışınlar hücre DNA ‘sını bozup yeniden sağlıklı hücre kopyalama olayını ortadan kaldırıyor ve tümör oluşumlarına sebep oluyor. Tabi Amerikada daha ileri teknikler kullanılarak çalışılıyor ve modellere onam formu imzalatılıyor. Bir anlamda sanatçılar kendilerini garantiye alıyorlar diyebiliriz.

- Radyografik çalışmaları nasıl değerlendiriyorsunuz birer sanat nesnesi olarak mı görüyorsunuz yoksa belgeden öteye gidemeyen birer grafiler silsilesimi?

Öncelikle ben sanat eğitimi almış bir sanatçı değilim teknik olarak en iyi radyografiyi çekmek için kendimi geliştirdim bu amaç uğruna yetiştirildim. Tabiki estetik bakış ile denenirse çalışmalar sanatsal özellikler taşıma imkanına sahip olur. Tabi bunun için uzunca bir sürenin geçmesi ve insanların bu graflerin birer estetik değer taşıyan, sanat nesnesi olarak değerlendirebilmelerinin farkına varmaları gerekiyor. Tabi ben sanata bir katkı amacı ile bu çalışmaları düzenledim. Sanata farklı bir pencereden bakmak istedim. Ve “X-rey” adlı radyografi sergisi düzenledim.

- Radyo sanat adına ülkemiz de büyük bir başlangıç çalışmalarınızı nasıl değerlendiriyorsunuz?

Çalışmalarım yeni bir dünya gibi, tabiki geliştirilmeleri gereken yanları çok fazla yeni teknikler deneyip araştırıyorum. Yolumuz uzun.

- Serginiz tıp camiasında büyük ilgi gördü, ilgisini çeken radyologlara yada fotoğrafçılara öncülük ettiğinize inanıyormusunuz?

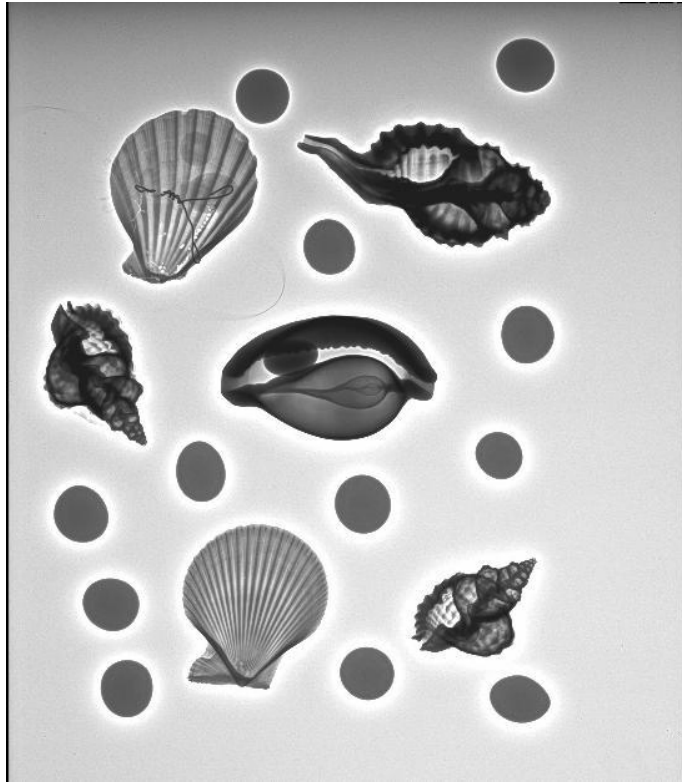
Tabi ilginç bir sergi olması ilgiyi bayağı canlı tuttu deneysel çalışmak isteyen çoğu kimseler oldu. Zamanla galerilerde resim ve fotoğrafın yanında radyografilerinde sıkça sergileneceği kanısındayım.

- Son olarak; sanatın yeni ifade biçimi “radyografçılık” için neler söylemek istersiniz?

Bu yöntemler tamamen arayış içinde olduğumuzu gösteriyor bilimin sunduğu hizmetleri dönüştürme çabası olarak değerlendirebilirim.

- Çalışmalarınızın ve başarılarınızın devamını diliyorum teşekkürler.

Bende teşekkür ederim.



Radyogram -53 Selda Çalışkan “Midyeler” (2008).



Radyogram -54 Selda Çalışkan “İsimsiz” (2008).



Radyogram -55 Selda Çalışkan “İsimsiz” (2008).



Radyogram -56 Selda Çalışkan “Çiçek” (2008).



Radyogram -57 Selda Çalışkan “İsimsiz” (2008).



Radyogram -58 Selda Çalışkan “İsimsiz” (2008).

ÖZGEÇMİŞ

İsmail BİRLİK

Doğum Tarihi : 19.01.1987

Doğum Yeri : Bursa

Tel : 0 507 643 7370

Mail : arp_1618@hotmail.com

Adres : Ertuğrulgazi Mahallesi Dohan Sokak No: 7 KELES / BURSA

Yabancı Dil: İngilizce

Bilgisayar Bilgisi: Adobe Photoshop, Microsoft Windows XP, Word, Excel, Office programları, CorelDRAW - 3D Max

Eğitim Durumu:

2006/2010 Uludağ Üniversitesi Güzel Sanatlar Eğitim Fakültesi Resim Öğretmenliği Bölümü.

2010/2011 – Dokuz Eylül Üniversitesi Yabancı Diller Yüksek Okulu İngilizce Hazırlık Eğitimi

İş Deneyimi:

2009/2010 Okutman Nurhan Yeşil Resim Atölyesi Yardımcı Asistan