

**T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**



MEGEP

**(MESLEKİ EĞİTİM VE ÖĞRETİM SİSTEMİNİN GÜÇLENDİRİLMESİ
PROJESİ)**

BİYOMEDİKAL CİHAZ TEKNOLOJİLERİ

RÖNTGEN FONKSİYON TESTİ

ANKARA - 2008

Milli Eğitim Bakanlığı tarafından geliştirilen modüller;

- Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığının 02.06.2006 tarih ve 269 sayılı Kararı ile onaylanan, Mesleki ve Teknik Eğitim Okul ve Kurumlarında kademeli olarak yaygınlaştırılan 42 alan ve 192 dala ait çerçeve öğretim programlarında amaçlanan mesleki yeterlikleri kazandırmaya yönelik geliştirilmiş öğretim materyalleridir (Ders Notlarıdır).
- Modüller, bireylere mesleki yeterlik kazandırmak ve bireysel öğrenmeye rehberlik etmek amacıyla öğrenme materyali olarak hazırlanmış, denenmek ve geliştirilmek üzere Mesleki ve Teknik Eğitim Okul ve Kurumlarında uygulanmaya başlanmıştır.
- Modüller teknolojik gelişmelere paralel olarak, amaçlanan yeterliği kazandırmak koşulu ile eğitim öğretim sırasında geliştirilebilir ve yapılması önerilen değişiklikler Bakanlıkta ilgili birime bildirilir.
- Örgün ve yaygın eğitim kurumları, işletmeler ve kendi kendine mesleki yeterlik kazanmak isteyen bireyler modüllere internet üzerinden ulaşılabilirler.
- Basılmış modüller, eğitim kurumlarında öğrencilere ücretsiz olarak dağıtılır.
- Modüller hiçbir şekilde ticari amaçla kullanılamaz ve ücret karşılığında satılamaz.

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR	ii
GİRİŞ	1
ÖĞRENME FAALİYETİ - 1	3
1. SİSTEM BÜTÜNLÜĞÜ	3
1.1. Röntgen Cihazları	3
1.1.1. Genel Çalışma Prensibi.....	3
1.1.2.Röntgen Cihazlarının Ana Blokları ve Blokların Genel Tanıtımı	3
1.1.3: Röntgen Cihazı Çeşitleri.....	5
1.2.Röntgen Cihazları Montaj Blok Diyagramları	6
1.3. Sistem Bütünlüğü Kontrolü	8
UYGULAMA FAALİYETİ	10
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	12
ÖĞRENME FAALİYETİ - 2	15
2. ELEKTRİKSEL GÜVENLİK ANALİZÖRÜ	15
2.1. Yapısı ve Çalışması.....	15
2.2.Elektriksel Güvenlik Analizörü İle Yapılan Testler.....	19
2.2.1. Test - Main Voltage (Şebeke Voltajı) Testi	19
2.2.2. Test - Current Consumption (Harcanan Akım) Testi	19
2.2.3. Test-Insulation Resist (Yalıtkanlık Direnci) Testi	19
2.2.4. Test- Protective Earth Resistance (Koruyucu Toprak Direnci) Testi	20
2.2.5. Test – Earth Leakage (Toprak Kaçak) Testi	20
2.2.6. Test – Enclosure Leakage (Şase Kaçak) Testi:.....	21
UYGULAMA FAALİYETİ	22
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	24
ÖĞRENME FAALİYETİ - 3	26
3. RÖNTGEN CİHAZLARININ ÇALIŞMASI.....	26
3.1. X-Işını Kullanarak Görüntü Oluşturma	26
3.1.1. Radyografik Görüntü	27
3.1.2.Fluoroskopik Görüntü.....	27
3.1.3. Görüntü Oluşumun Etkileyen Faktörler	28
3.2. Röntgen Cihazlarının Kalibrasyon Testi	31
3.2.1. Röntgen Cihazlarının Fantomlarla Testi.....	32
3.2.2. Kvp Metre ile Ölçüm	34
3.2.3.Yarı Değer Kalınlık (Half Value Layer, HVL) Testi.....	36
3.2.4. Floroskopik Işınlamalarda Tüp Radyasyon Çıkışı.....	37
3.2.5.Maksimum Işınlama Hızı Testi	38
3.2.6. Hasta Giriş Dozlarının Ölçülmesi.....	39
3.3. Kalibrasyon Test Cihazları.....	41
UYGULAMA FAALİYETİ	0
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	47
MODÜL DEĞERLENDİRME	49
CEVAP ANAHTARLARI	51
KAYNAKÇA	53

AÇIKLAMALAR

KOD	523EO0216
ALAN	Biyomedikal Cihaz Teknolojileri
DAL/MESLEK	Tıbbi Görüntüleme Sistemleri
MODÜLÜN ADI	Röntgen Fonksiyon Testi
MODÜLÜN TANIMI	Röntgen cihazlarının çalışmasını, sistem bütünlüğünü ve elektrik güvenlik analizörü ile yapılan testlerini anlatan öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/24
ÖN KOŞUL	Röntgen montajı modülünü ve Biyomedikal alan ortak modüllerini başarmış olmak
YETERLİK	Röntgen cihazlarını kullanıma hazır hâle getirmek
MODÜLÜN AMACI	Genel Amaç Bu modül ile gerekli ortam sağlandığında, teknik ve idari şartnameler, kurumsal yönetmelikler ve yönergeler, cihazın marka modelinin CE Marking direktifleri (Directive 93/68/EEC), TS 4535 EN 60601-1 (Elektrikli Tıbbi Cihazlar Bölüm-1 Genel Güvenlik Kuralları), TS 4535 EN 60601-1-3 servis el kitabı,18861 sayılı radyasyon güvenliği tüzüğü, ISO 780:1985 (TSE 990) kuralları dahilinde gerekli ortam sağlandığında röntgen cihazlarını kullanıma hazır hale getirebileceksiniz. Amaçlar Servis el kitabındaki talimatlara göre; 1. Röntgen ana ünitelerini blok şemalara göre takip ederek, sistem bütünlüğünü kontrol edebileceksiniz. 2. Röntgen ünitelerinde radyoaktif ve elektriksel güvenlik tedbirlerini alarak gövdeye kaçak kontrollerini yapabileceksiniz. 3. Fantomlara ve insan vücudundaki yumuşak, sert dokulara göre çıktı kontrolünü ve kalibrasyon ayarlarını yapabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	Şartnameler, yönetmelikler, yönergeler, servis el kitabı, mekân planı, el takımları
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	➤ Her faaliyet sonrasında o faaliyetle ilgili değerlendirme soruları ile kendi kendinizi değerlendireceksiniz. ➤ Modül sonunda uygulanacak ölçme araçları ile modül uygulamalarında kazandığınız bilgi ve beceriler ölçülerek değerlendirilecektir.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Tıp alanında kullanılan röntgen cihazlarından elde edilen görüntüler, insan sağlığı açısından bir çok hastalığın tanısında oldukça önemli bir rol üstlenir. Doğru tanının konulmasında elde edilen görüntünün net olması önem taşır.

Bununla birlikte röntgen cihazları birçok biyomedikal cihaz gibi hem hasta hem de kullanıcı ve servis elemanı açısından önemli riskler taşır. Bu risklerin ortadan kaldırılması ve röntgen cihazlarının istenilen nitelikte çalışabilmesi için sistem ünitelerinin doğru çalışması ve kalibrasyonlarının yapılması gerekmektedir.

Elinizdeki modülde, röntgen cihazlarının sistem bütünlüğü açısından kontrollerin nasıl yapıldığını göreceksiniz.

Elektriksel güvenlik ölçümleri için kullanılan cihazları ve yapılması gereken testleri bulabilirsiniz.

Elinizdeki modülde yine röntgen cihazlarında yapılan kalibrasyon ölçümlerini ve kullanılan kalibrasyon cihazlarını bulabilirsiniz.

Tıbbi cihaz ve sistemlerin bulunduğu ortamların insan sağlığı ve çevre için önemli riskler taşıdığını unutmayınız. Bu cihazlarla çalışırken üzerinize düşen sorumluluğun son derece büyük olduğunu ve çok küçük ihmallerin ne kadar büyük sonuçlar doğurabileceği bilinciyle hareket ediniz ve tüm çalışmalarınızda bu duyarlılığı gösteriniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-1

AMAÇ

Bu öğrenme faaliyetini başarıyla tamamladığınızda röntgen cihazlarının sistem bütünlüğünü kontrol edebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Herhangi bir röntgen cihazına ait servis el kitabı bularak cihazı meydana getiren ana ünitelerini inceleyip arkadaşlarınızla tartışınız.

1. SİSTEM BÜTÜNLÜĞÜ

1.1. Röntgen Cihazları

1.1.1. Genel Çalışma Prensibi

Röntgen cihazlarının tanı amaçlı görüntüleme cihazları olduğundan daha önceki modüllerimizde söz etmiştik. Röntgen cihazlarında temel yaklaşım, x-ışınının üretilmesi ve üretilen bu x-ışınının görüntülenmesi istenilen bölgeden geçirilerek görüntü oluşturan malzemenin üzerine düşürülerek görüntünün elde edilmesi temeline dayanmaktadır.

Yukarıda kısaca açıklanan röntgen cihazlarının çalışması belirli bir sistem dâhilinde gerçekleşmektedir. Bu sistem birden fazla bloktan oluşmaktadır ve cihazın istenilen nitelikte çalışması, sistem içindeki blokların birbirleri ile uyumlu ve eksiksiz görev yapmaları ile mümkün olmaktadır. Bu da ancak sistem bütünlüğü ile sağlanabilmektedir.

1.1.2. Röntgen Cihazlarının Ana Blokları ve Blokların Genel Tanıtımı

Temel bir röntgen cihazı aşağıdaki ana bloklardan oluşmaktadır:

- Yüksek voltaj üniteleri
- Kumanda masası
- Tüp ve tüp tutucular
- Hasta masası
- Statifler
- Dijital görüntüleyiciler ve görüntü aktarıcılar

Ana blokları genel olarak řu şekilde tanımlayabiliriz.

Yüksek voltaj üniteleri : Röntgen cihazlarında x-ışınının tüp tarafından üretilmesi için gerekli olan yüksek gerilimi sağlayan ve sistemin güç ihtiyacını karşılayan ünitelerdir. Yüksek voltaj ünitelerinden daha önceki x-ışınlı Cihazlar ve Röntgen Montajı modüllerinde ayrıntılı olarak söz edilmişti. Bu modüllerden yararlanabilirsiniz.

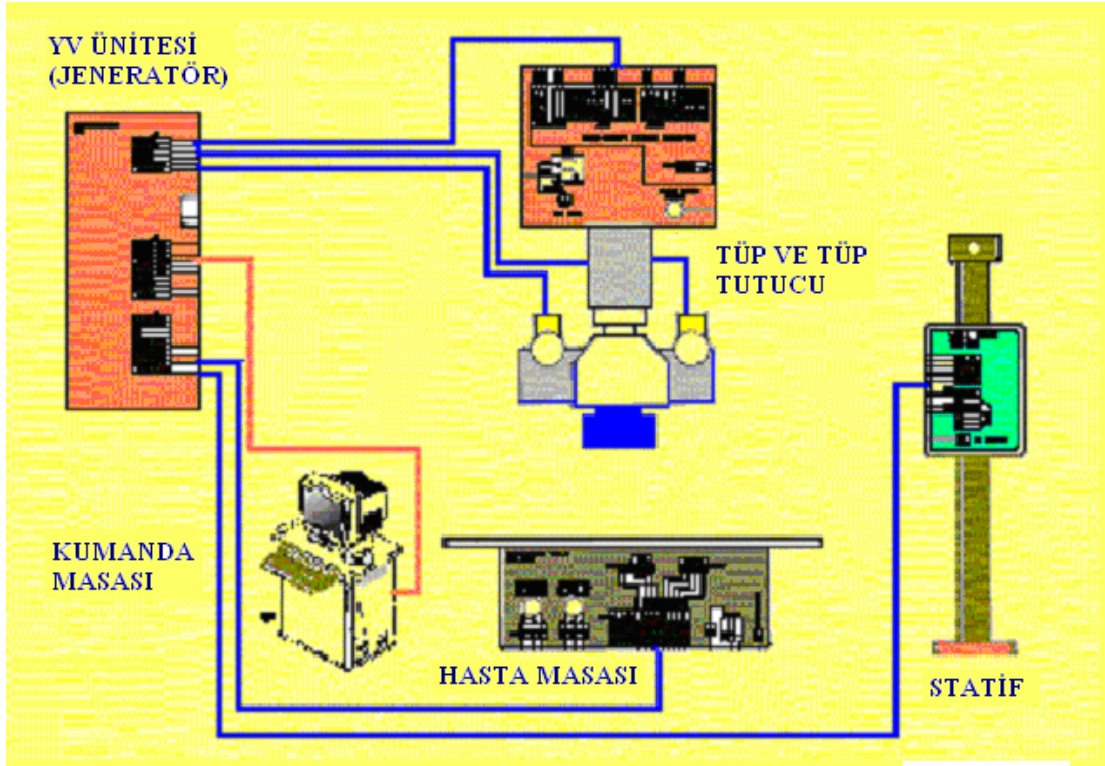
Kumanda masası: Röntgen cihazlarında sistem içindeki blokların kumanda ve kontrolünün yapıldığı, hastaya uygulanacak olan x-ışınının Kvp ve mas gibi parametrelerinin ayarlanmasını sağlayan ünitelerdir. Kumanda masası ünitelerinden daha önceki x-ışınlı Cihazlar ve Röntgen Montajı modüllerinde ayrıntılı olarak söz edilmişti. Bu modüllerden yararlanabilirsiniz.

Tüp ve tüp tutucular: Röntgen cihazlarında hastaya uygulanacak olan x-ışınının üretilmesini ve uygulanacak bölgeye göre sınırlandırılmasını sağlayan cihazların bulunduğu bloklardır. Yine tüp ve tüp tutucu ünitelerinden daha önceki x-ışınlı Cihazlar ve Röntgen Montajı modüllerinde ayrıntılı olarak söz edilmişti. Bu modüllerden yararlanabilirsiniz.

Hasta masası: Röntgen cihazlarında radyografik görüntülerin elde edilmesi için gerekli düzeneklerin yerleştirildiği ve hastanın görüntüleme pozisyonunda tutulduğu ünitelerdir. Hasta masası ünitelerinden daha önceki x-ışınlı Cihazlar ve Röntgen montajı modüllerinde ayrıntılı olarak söz edilmişti bu modüllerden yararlanabilirsiniz.

Statifler: röntgen cihazlarında tüp tutucuların ve bucky düzeneklerini taşıdığı ve gerekli olan dikey ve yatay hareketlerin sağlanabildiği ünitelerdir. Statif ünitelerinden daha önceki x-ışınlı Cihazlar ve Röntgen montajı modüllerinde ayrıntılı olarak söz edilmişti. Bu modüllerden yararlanabilirsiniz.

Dijital görüntüleyiciler ve görüntü aktarıcılar: Röntgen cihazlarında x-ışını kullanarak elde edilen görüntülerin dijital olarak izlenmesini, elde edilen görüntülerin saklanmasını ve aktarılmasını sağlayan ünitelerdir.



Resim 1.1. Röntgen sistemi blok diyagramı

1.1.3: Röntgen Cihazı Çeşitleri

Röntgen cihazları görüntü alınacak bölgenin yapısına ve sistem içinde kullanılan ünitelerdeki farklılıklar nedeni ile çeşitlere ayrılır. Bunlar:

- Sabit röntgen cihazları
- C kollu röntgen cihazları
- Seyyar röntgen cihazları
- Büyük röntgen teşhis cihazları
- Anjiyografi cihazları
- Radyoskopi cihazları
- Dış röntgen cihazları
- Dijital röntgen cihazları

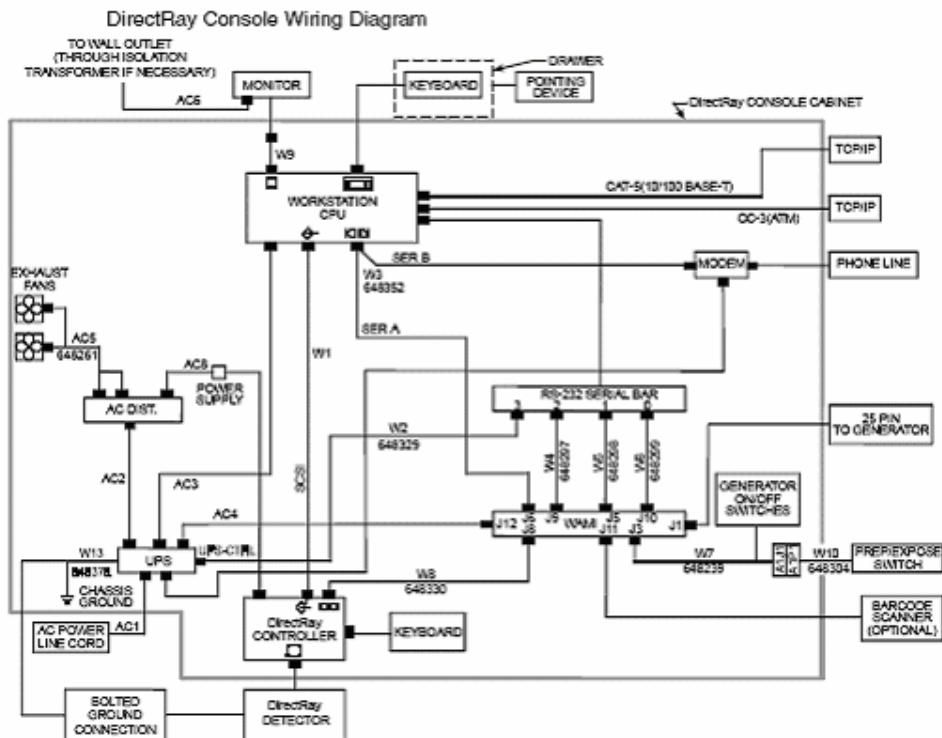
Yukarıda söz edilen röntgen cihazlarından daha önceki x-Işınlı Cihazlar modülünde ayrıntılı olarak işlenmiştir. Bu modülden yararlanabilirsiniz.

1.2.Röntgen Cihazları Montaj Blok Diyagramları

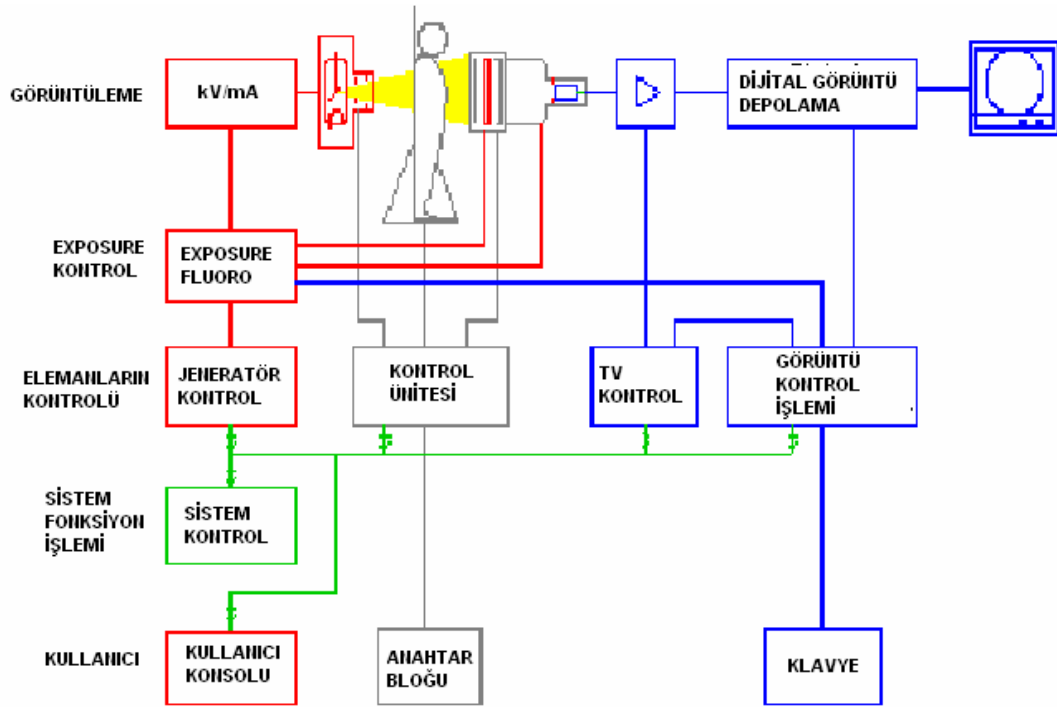
Röntgen cihazlarının farklı bloklardan oluştuğunu ve sistemin istenilen nitelikte çalışabilmesinin bu blokların doğru ve birbirleri ile uyumlu çalışması ile mümkün olduğunu yukarıda açıklamıştık. Özellikle son yıllarda üretilen röntgen cihazlarının çok karmaşık yapılara sahip olması ve cihazlar arasında yapısal farklılıklar bulunması nedeni ile sistemin bütünlüğünün anlaşılması, sistemin kontrolü ve arızaların giderilebilmesinin kolaylaştırılması için sistem, ünitelere ayrılmış ve bu üniteler blok diyagramları ile açıklanma yoluna gidilmiştir.

Blok diyagramları sistemin tamamını kapsayabileceği gibi bloğu oluşturan elemanları da ifade edebilecek şekilde düzenlenir. Blok diyagramlarının doğru okunması, sistem bütünlüğünün sağlanması için karmaşık sistemlerde oldukça önemlidir. Blok diyagramları röntgen sistemlerinde bağlantı şemaları ile birlikte kullanılır.

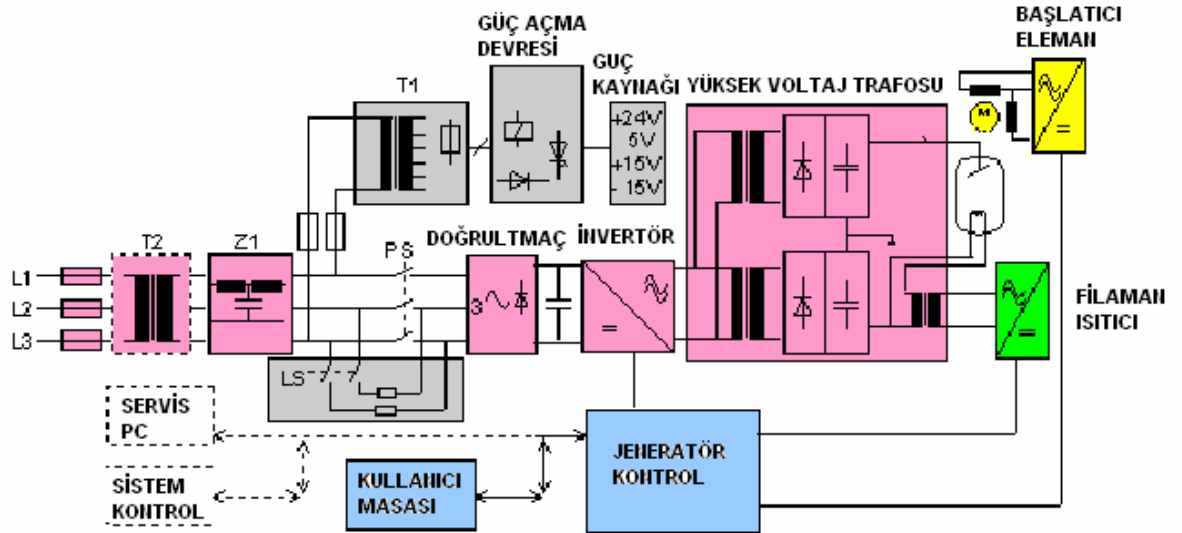
Blok diyagramlarının doğru okunabilmesi için diyagram içindeki blokların çalışma yapılarının ve görevlerinin iyi bilinmesi gerekmektedir. Diyagramları içerisindeki bloklar, başlangıç noktasından itibaren belirli bir çalışma sırası izleyerek çıktı noktasına ulaşır. Bununla birlikte bloklar arasında geri beslemeler ve çıktı kontrolleri de bulunmaktadır. İşte bu nedenden dolayı da blokların işleyişi ve görevlerinin bilinmesi önemlidir.



Resim 1.2: Bir röntgen cihazı kumanda masası bağlantı blok diyagramı



Resim 1.3: Floroskopik bir sistemin blok diyagramı



Resim 1.4: Bir röntgen cihazı blok diyagramı

1.3. Sistem Bütünlüğü Kontrolü

Röntgen cihazlarında sistemin istenilen niteliklerde ve güvenli çalışabilmesi için cihazların montajından sonra sistem bütünlüğünün kontrolü ve gerekli ayarların yapılması gerekmektedir.

Sistem bütünlüğünün kontrolü için servis el kitabındaki montaj kontrol talimatlarının takip edilmesi önemlidir. İşte bu kontrol esnasında üretici tarafından hazırlanan blok diyagramları ve talimatlar kullanılır. Bu talimatlara uyulması, sistemin sağlıklı çalışabilmesi için gereklidir.

Röntgen sistemleri, işlevine ve üreticisine göre farklılıklar göstermekle birlikte genel olarak aşağıdaki işlem sırası uygulanmaktadır.

Kumanda masası montajının kontrolünü yapmak;

- Kumanda masasının montaj kurallarına göre yapıldığı kontrol edilir.
- Sabitlemesi gereken bir masa ise sabitleme vidaları kontrol edilir.
- Kumanda masasının yerleştirildiği alanın kurallara uygunluğunu kontrol edilir.
- Kumanda masası bağlantı kabloları kontrol edilir.
- Eğer kullanılıyor ise el anahtarı bağlantıları kontrol edilir.

Hasta masası montajının kontrolünü yapmak;

- Masanın bağlantı vidaları kontrol edilir ve sıkı olduğundan emin olunur.
- Masanın elektriki bağlantıları kontrol edilir.
- Tezgâh frenleri ve hareketlerin düzgün bir şekilde gerçekleştiği kontrol edilir.
- Yatay kol frenleri kontrol edilir.
- Kaset film tablasının işlevi kontrol edilir.

Statif montajının kontrolünü yapmak;

- Çelik kablo ve frenler kontrol edilir.
- Bağlantı vidalarının sıkı olması kontrol edilir.
- Mekanik frenler kontrol edilir.
- Dikey hareketlerin serbestliği ve her noktada eşit hareketi kontrol edilir.
- Kaset film tablasının işlevi kontrol edilir.

Tüp ve tüp tutucuları montajının kontrolünü yapmak;

- Dikey hareket frenleri kontrol edilir.
- Yüksek voltaj kablolarının bağlantıları kontrol edilir.
- Kumanda kablolarının bağlantıları kontrol edilir.
- Bağlantı vidaları kontrol edilir.

Yüksek voltaj üniteleri montajının kontrolünü yapmak;

- Yüksek voltaj kablolarının doğru ve sıkı bağlandığı kontrol edilir.
- Yüksek voltaj tankının yağ seviyesi kontrol edilir.
- Yağ sızıntısı olup olmadığı kontrol edilir.
- Kablo bağlantılarının doğruluğu ve sıkılığı kontrol edilir.

Röntgen sistemlerinde yukarıda sayılan blokların montaj kontrolü yapıldıktan sonra yine servis el kitaplarındaki talimatlar doğrultusunda mevcut data kablolarının, kumanda kablolarının ve topraklama bağlantılarının kontrolü yapılır.

Daha önce de belirtildiği gibi sitem bütünlüğü kontrolü yapılırken servis el kitabındaki talimatlara uyulmalı ve gerekli güvenlik önlemleri alınmalıdır

UYGULAMA FAALİYETİ

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Servis el kitabındaki montaj kontrol talimatlarını okuyunuz. ➤ Sistemin blok diyagramlarını inceleyiniz. ➤ Kumanda masasının montaj kurallarına göre yapıldığını kontrol ediniz. ➤ Sabitlemesi gereken bir masa ise sabitleme vidalarını kontrol ediniz. ➤ Kumanda masasının yerleştirildiği alanın kurallara uygunluğunu kontrol ediniz. ➤ Kumanda masası bağlantı kablolarını kontrol ediniz. ➤ Eğer kullanılıyor ise el anahtarı bağlantılarını kontrol ediniz. ➤ Masanın bağlantı vidalarını kontrol ederek sıkı olduğundan emin olunuz. ➤ Masanın elektriki bağlantılarını kontrol ediniz. ➤ Tezgâh frenleri ve hareketlerinin düzgün bir şekilde gerçekleştiğini kontrol ediniz. ➤ Yatay kol frenlerini kontrol ediniz. ➤ Kaset film tablasının işlevini kontrol ediniz. ➤ Statifin çelik kablo ve frenlerini kontrol ediniz. ➤ Bağlantı vidalarının sıkı olduğunu kontrol ediniz. ➤ Mekanik frenleri kontrol ediniz. ➤ Dikey hareketlerin serbestliğini ve her noktada eşit hareket ettiğini kontrol ediniz. ➤ Dikey hareket frenlerini kontrol ediniz. ➤ Yüksek voltaj kablolarının bağlantılarını kontrol ediniz. ➤ Kumanda kablolarının bağlantılarını kontrol ediniz. ➤ Bağlantı vidalarını kontrol ediniz. ➤ Yüksek voltaj kablolarının doğru ve sıkı bağlandığını kontrol ediniz. ➤ Yüksek voltaj tankının yağ seviyesini	➤ Servis el kitabındaki talimatlara kesinlikle uyunuz. ➤ Kontrol esnasında enerjinin kapalı olduğundan emin olunuz. ➤ Gerekli kişisel güvenlik önlemlerinizi alınız.

kontrol ediniz. ➤ Yağ sızıntısı olup olmadığını kontrol ediniz. ➤ Kablo bağlantılarının doğruluğunu ve sıkılığını kontrol ediniz. ➤ Data kablolarının bağlantılarını kontrol ediniz. ➤ Kumanda kablolarının bağlantılarını kontrol ediniz. ➤ Topraklama kablolarının bağlantılarını kontrol ediniz. ➤	
--	--

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

OBJEKTİF TEST (ÖLÇME SORULARI)

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyarak uygun cevap şıkkını işaretleyiniz.

1. Kaset film tablasının işlev kontrolü aşağıdaki ünitelerden hangisinde gerçekleştirilir?
A) Kumanda masası B) Yüksek voltaj ünitesi
C) Hasta masası D) Tüp ve tüp tutucular
2. Çelik kablo ve fren kontrolü aşağıdaki ünitelerden hangisinde gerçekleştirilir?
A) Kumanda masası B) Hasta masası
C) Yüksek voltaj ünitesi D) Statif
3. Yağ sızıntısı olup olmadığı aşağıdaki ünitelerden hangisinde kontrol edilir?
A) Kumanda masası B) Yüksek voltaj ünitesi
C) Hasta masası D) Tüp ve tüp tutucular

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerleri doldurunuz.

4. Röntgen cihazlarında x-ışınının tüp tarafından üretilmesi için gerekli olan yüksek gerilimi sağlayan ve sistemin güç ihtiyacını karşılayan üniteleredenir.
5. Röntgen cihazlarında sistem içindeki blokların kumanda ve kontrolünün yapıldığı, hastaya uygulanacak olan x-ışınının Kvp ve mas gibi parametrelerinin ayarlanmasını sağlayan ünite.....dır.
6. Röntgen cihazlarında hastaya uygulanacak olan x-ışınının üretilmesini ve uygulanacak bölgeye göre sınırlandırılmasını sağlayan cihazların bulunduğu bloklar dır.
7. Röntgen cihazlarında radyografik görüntülerin elde edilmesi için gerekli düzeneklerin yerleştirildiği ve hastanın görüntüleme pozisyonunda tutulduğu ünitelere denir.
8. Röntgen cihazlarında tüp tutucuların ve bucky düzeneklerinin taşındığı, gerekli olan dikey ve yatay hareketlerin sağlanabildiği üniteler.....dır.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarı ile karşılaştırınız. Doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt yaşadığınız sorularla ilgili konuları geri dönerek tekrar inceleyiniz. Tüm sorulara doğru cevap verdiyseniz diğer modüle geçiniz.

PERFORMANS TESTİ (YETERLİK ÖLÇME)

DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	Evet	Hayır
1. Servis el kitabındaki montaj kontrol talimatlarını okudunuz mu?		
2. Sistemin blok diyagramlarını incelediniz mi?		
3. Kumanda masasının montaj kurallarına göre yapıldığını kontrol ettiniz mi?		
4. Sabitlemesi gereken bir masa ise sabitleme vidalarını kontrol ettiniz mi?		
5. Kumanda masasının yerleştirildiği alanın kurallara uygunluğunu kontrol ettiniz mi?		
6. Kumanda masası bağlantı kablolarını kontrol ettiniz mi?		
7. Eğer kullanılıyor ise el anahtarı bağlantılarını kontrol ettiniz mi?		
8. Masanın bağlantı vidalarını kontrol ederek sıkı olduğundan emin oldunuz mu?		
9. Masanın elektriki bağlantılarını kontrol ettiniz mi?		
10. Tezgah frenleri ve hareketlerin düzgün bir şekilde gerçekleştiğini kontrol ettiniz mi?		
11. Yatay kol frenlerini kontrol ettiniz mi?		
12. Kaset film tablasının işlevini kontrol ettiniz mi?		
13. Statifin çelik kablo ve frenlerini kontrol ettiniz mi?		
14. Bağlantı vidalarının sıkı olmasını kontrol ettiniz mi?		
15. Mekanik frenleri kontrol ettiniz mi?		
16. Dikey hareketlerin serbestliğini ve her noktada eşit hareketini kontrol ettiniz mi?		
17. Dikey hareket frenlerini kontrol ettiniz mi?		
18. Yüksek voltaj kablolarının bağlantılarını kontrol ettiniz mi?		
19. Kumanda kablolarının bağlantılarını kontrol ettiniz mi?		
20. Bağlantı vidaları kontrol ettiniz mi?		
21. Yüksek voltaj kablolarının doğru ve sıkı bağlandığını kontrol ettiniz mi?		
22. Yüksek voltaj tankının yağ seviyesi kontrol ettiniz mi?		
23. Yağ sızıntısı olup olmadığını kontrol ettiniz mi?		
24. Kablo bağlantılarının doğruluğu ve sıkılığını kontrol ettiniz mi?		
25. Data kablolarının bağlantılarını kontrol ettiniz mi?		
26. Kumanda kablolarının bağlantılarını kontrol ettiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Yaptığınız değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Eksikliklerinizi araştırarak ya da öğretmeninizden yardım alarak tamamlayabilirsiniz. Cevaplarınızın tamamı “Evet” ise bir sonraki faaliyete geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

AMAÇ

Bu öğrenme faaliyetini başarıyla tamamladığınızda, röntgen cihazlarında elektriksel güvenlik analizörü ile güvenlik testlerini yapabileceksiniz

ARAŞTIRMA

- Elektriksel güvenlik analizörü kullanma kılavuzu edinerek çalışma yapısını inceleyiniz.

2. ELEKTRİKSEL GÜVENLİK ANALİZÖRÜ

2.1. Yapısı ve Çalışması

Bütün biyomedikal cihazlarda olduğu gibi röntgen cihazlarında da elektriksel güvenlik önemli bir konudur. Röntgen cihazları, doğrudan hasta ve kullanıcı için temas içerdikleri için elektriksel açıdan da bir tehlike içermektedir. Bu tehlikeler daha önce Biyomedikal Cihazlara Güvenli Yaklaşım modülünde ayrıntılı olarak anlatılmıştı. Cihazların kullanıma alınmadan önce elektriksel güvenlikleri sağlanmalı ve bu güvenlik test edilmelidir. İşte bu testler daha önce de Biyomedikal Cihazlarda Kalibrasyon modülünde de anlatıldığı gibi elektriksel güvenlik analizörleri tarafından yapılmaktadır.



Resim 2.1: Elektriksel güvenlik analizörü

Biyomedikal amaçlı elektriksel güvenlik analizörleri; hastane elektromedikal ekipmanının elektriksel güvenlik testleri için belirlenmiş olan katı uluslararası standartlara göre yapabilen otomatik test ölçüm cihazlarıdır. Bu standartlar, dünyada ve de ülkemizde

kabul edilmiş standartları kapsar. IEC 601-1, VDE 751.1 ve HEI-95 vb. standartlarının gerekliliklerine göre bir elektriksel güvenlik testi sağlar, hataları gösterir. Otomatik olarak analiz edilen ve geçici olmayan hafızaya kaydedilen test sonuçları; dâhilî ZY sütunlu termal yazıcı ya da bağlantı kurulan herhangi bir haricî yazıcı ile yazdırılabilir ya da cihaz firmasının ekipman işletim yazılımına aktarılabilir.

Bu cihazlar otomatik, manuel ya da step modlu işleme uygundur. Manuel mod, herhangi bir özel testin kesintisiz olarak gerçekleştirilmesini sağlar. Cihaz, haricî bir klavye, entegrasyonlu bir tuş takımı, barkod çubuğu ya da haricî bir RS232 cihazı girişlerini kabul edebilir. Yazılım güncellemelerini ve hafıza sürüm yükseltmelerini kolaylaştıran haricî bir data kartuşu da bulunabilir. Ayrıca EKG ve aritmik dalga formları performansını da simule etmek gibi ek fonksiyonlar da içerebilir.

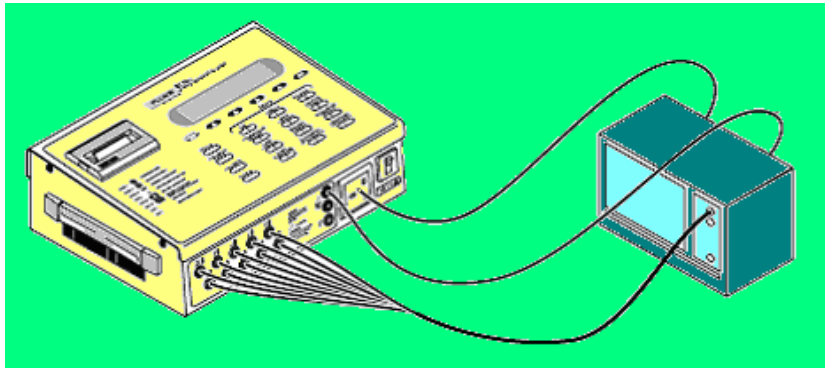
Elektriksel güvenlik analizörleri ile yapılması mümkün olan elektrik güvenlik testleri belirgin olarak aşağıdakileri içerir:

- Ana voltaj testi
- Akım tüketimi testi
- Yalıtıklılık (insülasyon) direnci testi
- Koruyucu toprak direnci testi
- Toprak sızıntı akımı testi
- Şase kaçak akımı testi
- Hasta kaçak akımı testi
- Uygulama parçalarındaki ana hat
- İkili kılavuz voltaj
- İkili kılavuz sızıntı

Elektriksel güvenlik analizörlerinin yapısı ve çalışması, Biyomedikal Cihazlarda Kalibrasyon modülünde ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Bu modülden faydalanabilirsiniz.

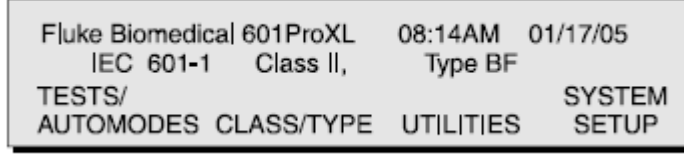
Elektriksel güvenlik analizörü ile güvenlik testleri yapılırken aşağıdaki işlemler takip edilmelidir.

- Testi yapılacak cihazın tipine bağlı olarak kabloları ve fişi analizör DUT prizine doğru ve sıkı olarak bağlanmalıdır.



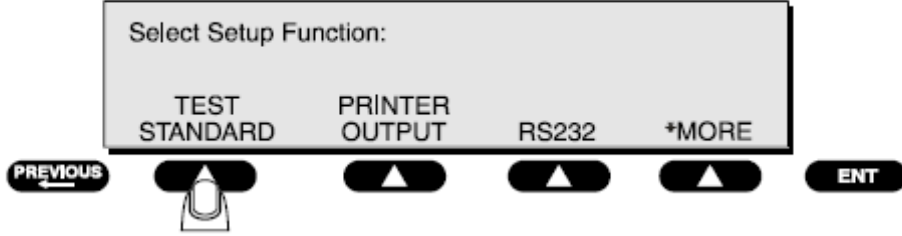
Şekil 2.1. Elektriksel güvenlik analizörü bağlantısı

- Bağlantılar doğru yapıldıktan sonra her iki cihaz da ON konumuna alınarak açılır.
- Analizör hemen self check (kendi kendini kontrol) işlemini yapacak ve main menü (ana menü) ekrana gelecektir.



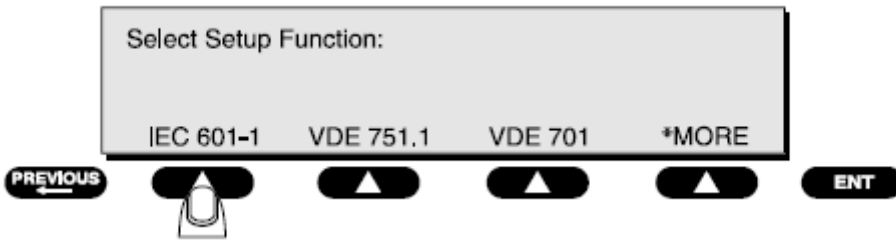
Resim 2.2. Main menü

- Main menüden system setup'a basılır.
- Setup function menüsünden test standart'a basılır.



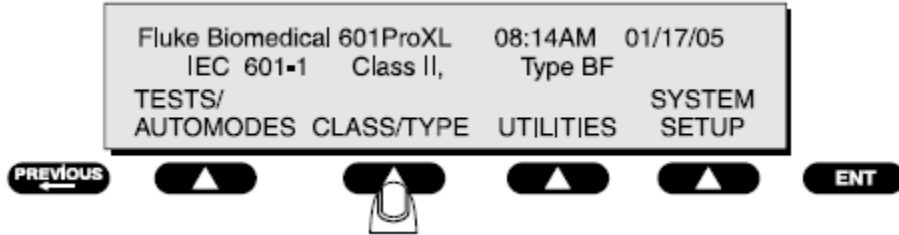
Resim 2.3: Setup Function menüsü

- Select test standart menüsünden IEC 601-1 standardına basılır.
- IEC 601-1 standardı seçildikten sonra ekran otomatik olarak main menüye dönecektir.

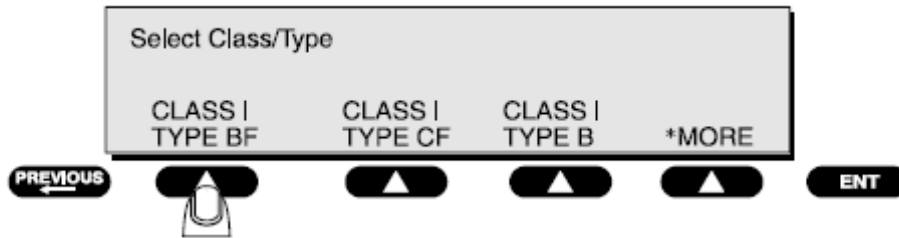


Resim 2.4: IEC 601-1 standardı seçimi

- Main menüden Class/Type'a basılarak testi yapılacak olan cihazın sınıf ve tipi seçilir.

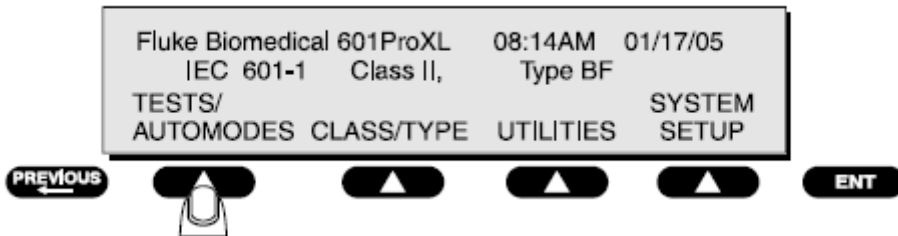


Resim 2.5: Cihaz sınıfı ve tipi seçimi



Resim 2.6: Sınıf ve tip menüsü

- Class/Type seçildikten sonra analizör, otomatik olarak main menüye dönecektir.
- Manuel çalışma için main menüden Test/Automodes'a basılarak Manual seçilir.



Resim 2.7: Test/Automodes seçimi



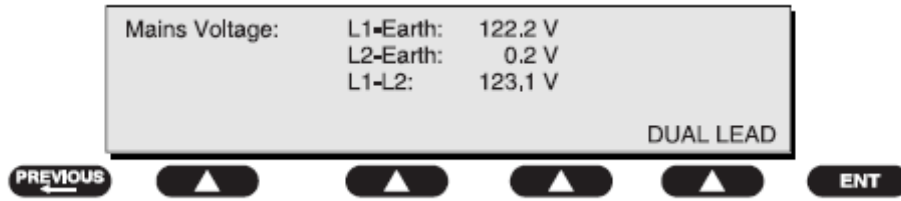
Resim 2.8: Manual seçimi

2.2.Elektriksel Güvenlik Analizörü İle Yapılan Testler

Elektriksel güvenlik analizörü ile bütün biyomedikal cihazlarda olduğu gibi röntgen cihazlarında da elektriksel güvenlik ölçümleri gerçekleştirilebilmektedir. Bu testler ve yapıları aşağıda verilmiştir. Testlerde ölçülen değerler, cihazların servis kılavuzlarında belirtilmektedir. Ölçülen değerlerin servis kılavuzlarında ve standartlarda belirtilen değer aralıklarının dışında olması halinde cihazların kullanımdan çıkarılması ve gerekli bakım ve onarımlarının yapılması gerekir.

2.2.1. Test - Main Voltage (Şebeke Voltajı) Testi

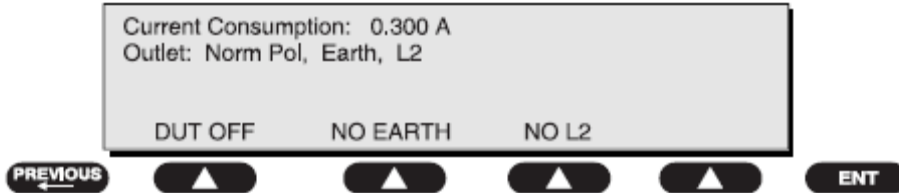
Ekranda main voltage veya analizörün üzerindeki testler bölümünde bulunan kırmızı 0 (sıfır) volts V tuşuna basılır. Bu test anında hat voltajı L1-Toprak, L2-Toprak ve L1-L2 olarak ölçülür ve ekrana gelir. Dual lead voltaj testi, kırmızı ve siyah giriş uçları arasındaki voltajı ölçer.



Resim 2.9: Ana voltaj test ekranı

2.2.2. Test - Current Consumption (Harcanan Akım) Testi

Ekranda current consumption veya analizörün üzerindeki testler bölümünde bulunan kırmızı 1 (bir) current A tuşuna basılır. Bu test anında, analizörün üzerindeki DUT – Device Under Test (test altındaki cihaz) prizinin L2 hattından geçen akım amper olarak ölçülür. Limitler Class1B; 0,2 A, Class1BF; 0,2 A, Class1CF; 0,2 amperdir.

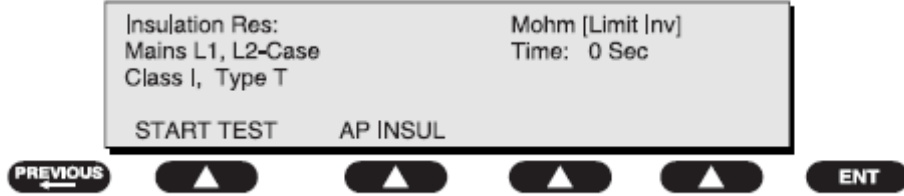


Resim 2.10: Harcanan akım test ekranı

2.2.3. Test-Insulation Resist (Yalıtkanlık Direnci) Testi

Ekranda insulation resist veya analizörün üzerindeki testler bölümünde bulunan kırmızı 2 (iki) Insulation MOHM tuşuna basılır. Bu test anında analizörün üzerindeki DUT

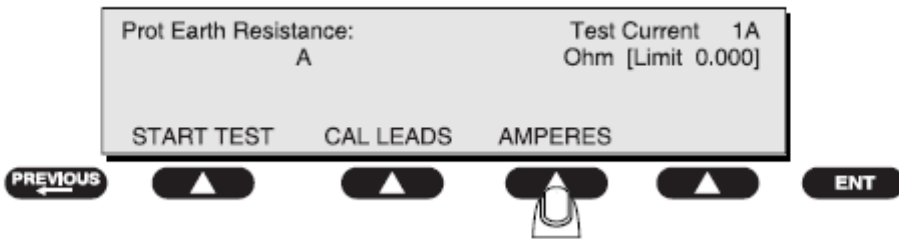
prizi L1 ve L2 hattının DUT prizi toprağına olan yalıtkanlık direncini megaohm olarak ölçer. Test anında 500 V DC voltaj kullanılır ve test süresince beep sesi gelir ve test 60 saniye sürer. Testin yapılması için start teste basılır, 60 saniye sonra sonuç kaydedilir.



Resim 2.11.Yalıtkanlık direnci test ekranı

2.2.4. Test- Protective Earth Resistance (Koruyucu Toprak Direnci) Testi

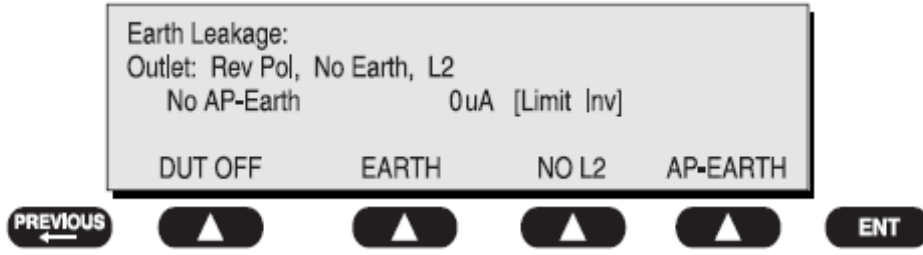
Ekranda protective earth resistance veya analizörün üzerindeki testler bölümünde bulunan 3 (üç) kırmızı protective earth ohm tuşuna basılır. Bu test anında analizörün üzerindeki DUT prizi L1 ve L2 hattında enerji yoktur. Test akımı 1 amper ve 25 amper olarak değiştirilebilir. Bu teste başlamadan önce test kabloları kalibre edilmelidir. Test kabloları kırmızı ve yeşil jaklara takılır. Ekranda cal leads'e basılarak test uçları ölçülür. Eğer ölçülen değer 0,150 Ohmdan düşükse cihaz bunu hafızaya alacak ve ölçülecek toprak direnci değerinden bunu çıkararak sonucu verecektir. Teste başlamak için Start Test'e basılır ve 5 saniye sonra sonuç ekranda görülür. Sonuç 2,999 Ohmdan büyük olmamalıdır. Bu test anında testi yapılacak cihaz DUT prizine takılı olmalıdır. Eğer cihaz, yapılan bu testi geçemez ise kullanılamaz olarak etiketlenmelidir.



Resim 2.12. Koruyucu toprak direnci test ekranı

2.2.5. Test – Earth Leakage (Toprak Kaçak) Testi

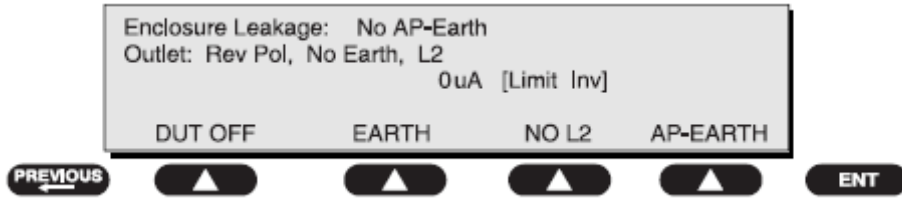
Bu test için ekranda Earth Leakage veya analizörün üzerindeki testler bölümünde bulunan kırmızı 4 (dört) Earth Leakage Mikroamper tuşuna basılır. Analizörün yeşil DUT PE çıkışındaki test kablosu testi yapılacak cihazın toprak noktasına temas ettirilir. Bu test anında normal ve ters polaritede ayrı ayrı ölçüm yapılmalıdır. Ölçülen değer 500 Mikro amperi geçmemelidir.



Resim 2.13. Toprak Kaçak Testi Ekranı

2.2.6. Test – Enclosure Leakage (Şase Kaçak) Testi:

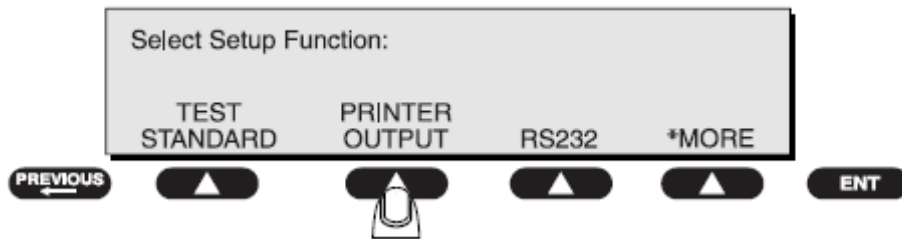
Bu test için ekranda Enclosure Leakage veya analizörün üzerindeki testler bölümünde bulunan kırmızı 5 (beş) Enclosure Leakage mikroamper tuşuna basılır. Test yapılacak cihaza kaçak testleri uygulanmadan önce bu testin uygulanması gerekir. Test işlemi, kırmızı test kablosu DUT prizi toprak bağlantısı üzerinden yapılır. Bu test anında normal ve ters polaritede ayrı ayrı ölçüm yapılmalıdır.



Resim 2.14: Şase kaçak testi ekranı

Yukarıda elektriksel güvenlik analizörü ile yapılan elektriksel güvenlik testlerine örnekler verilmiştir. Bu testlerin sonucu, bir rapor hâlinde tutulmalı ve testlerden geçemeyen cihazlar kullanımdan kaldırılmalıdır.

Elektriksel güvenlik analizörlerinde ölçümü yapılan değerler, bir rapor hâlinde dâhilî yazıcıdan çıktı olarak alınabilmektedir. Bunun için print data tuşuna basılarak çıktılar yazıcıdan alınabilir.



Resim 2.15. Ölçümlerin yazdırılması

UYGULAMA FAALİYETİ

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Testi yapılacak cihazın tipine bağlı olarak kabloları ve fişi analizör DUT prizine doğru ve sıkı olarak bağlayınız. ➤ Bağlantıları doğru yaptıktan sonra her iki cihazı da ON konumuna alarak açınız. ➤ Main menüden system setup'a basınız. ➤ Setup function menüsünden test standart'a basınız. ➤ Select test standart menüsünden IEC 601-1 standardına basınız. ➤ Main menüden Class/Type'a basarak testi yapılacak olan cihazın sınıf ve tipini seçiniz. ➤ Manuel çalışma için main menüden Test/Automodes'a basarak Manuali Testi yapılacak cihazın tipine bağlı olarak kabloları ve fişi analizör DUT prizine doğru ve sıkı olarak bağlayınız. ➤ Bağlantılar doğru yapıldıktan sonra her iki cihazı da ON konumuna alarak açınız. ➤ Main menüden system setup'a basınız. ➤ Setup function menüsünden test standart'a basınız. ➤ Select test standart menüsünden IEC 601-1 standardına basınız. ➤ Main menüden Class/Type'a basılarak testi yapılacak olan cihazın sınıf ve tipini seçiniz. ➤ Manuel çalışma için main menüden Test/Automodes'a basarak Manual seçiniz. ➤ Toprak kaçak testi için ekranda Earth Leakage veya analizörün üzerindeki testler bölümünde bulunan kırmızı 4 (dört) Earth Leakage Mikroamper tuşuna basınız. ➤ Analizörün yeşil DUT PE çıkışındaki test kablosunu, testi yapılacak cihazın toprak noktasına temas ettiriniz.	➤ Röntgen cihazı servis el kitabının radyasyon güvenliği talimatlarını takip ediniz. ➤ Gerekli kişisel güvenlik önlemlerinizi alınız. ➤ Ölçümünü yaptığınız değerler, röntgen cihazı servis el kitabında verilen değer aralıklarında olmalıdır. Uygun olmayan değerler için rapor tutmalı ve cihazı kullanımdan ayırmalısınız. ➤ Toprak kaçak testinde ölçülen değer 500 mikro amperi geçmemelidir.

➤ Bu test için normal ve ters polaritede ayrı ayrı ölçüm yapınız. ➤ Şase kaçak testi için ekranda Enclosure Leakage veya analizörün üzerindeki testler bölümünde bulunan kırmızı 5 (beş) Enclosure Leakage Mikroamper tuşuna basınız. ➤ Test işlemini, kırmızı test kablosu DUT prizi toprak bağlantısı üzerinden yapınız. ➤ Bu test için normal ve ters polaritede ayrı ayrı ölçüm yapınız. ➤ Print data tuşuna basarak elektriksel güvenlik analizörlerinde ölçümü yapılan değerleri bir rapor hâlinde dâhilî yazıcıdan çıktı olarak alınız.	
--	--

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

OBJEKTİF TEST (ÖLÇME SORULARI)

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan alanlara uygun ifadeleri yazınız.

1. Testi yapılacak cihazın tipine bağlı olarak kabloları ve fişi analizör prizine doğru ve sıkı olarak bağlanmalıdır.
2. Bağlantılar doğru yapıldıktan sonra her iki cihaz da konumuna alınarak açılır.
3. Analizör hemen self check (.....) işlemini yapacak ve main menü (ana menü) ekrana gelecektir.
4. Select test standart menüsünden standardına basılır.
5. Main menüden Class/Type'a basılarak testi yapılacak olan cihazın seçilir.
6. Manuel çalışma için main menüden Test/Automodes'a basılarakseçilir.
7. Harcanan akım testi için ekranda current consumption veya analizörün üzerindeki testler bölümünde bulunan kırmızı 1 (bir) tuşuna basılır.
8. Yalıtkanlık direnci testi için ekranda insulation resist veya analizörün üzerindeki testler bölümünde bulunan kırmızı 2 (iki) tuşuna basılır.
9. Koruyucu toprak direnci testi için ekranda protective earth resistance veya analizörün üzerindeki testler bölümünde bulunan 3 (üç) kırmızı tuşuna basılır.
10. Toprak kaçak testi için ekranda Earth Leakage veya analizörün üzerindeki testler bölümünde bulunan kırmızı 4 (dört) tuşuna basılır.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarı ile karşılaştırınız. Doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt yaşadığınız sorularla ilgili konulara geri dönerek tekrar inceleyiniz. Tüm sorulara doğru cevap verdiğinizde diğer öğrenme faaliyetine geçiniz.

PERFORMANS TESTİ (YETERLİK ÖLÇME)

DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	Evet	Hayır
1. Testi yapılacak cihazın tipine bağlı olarak kabloları ve fişi analizör DUT prizine doğru ve sıkı olarak bağladınız mı?		
2. Bağlantıları doğru yaptıktan sonra her iki cihazı da ON konumuna alarak açtınız mı?		
3. Main menüden system setup'a bastınız mı?		
4. Setup function menüsünden test standart'a bastınız mı?		
5. Select test standart menüsünden IEC 601-1 standardına bastınız mı?		
6. Main menüden Class/Type'a basarak testi yapılacak olan cihazın sınıf ve tipini seçtiniz mi?		
7. Manuel çalışma için main menüden Test/Automodes'a basarak Manuali seçtiniz mi?		
8. Toprak kaçak testi için ekranda Earth Leakage veya analizörün üzerindeki testler bölümünde bulunan kırmızı 4 (dört) Earth Leakage Mikroamper tuşuna bastınız mı?		
9. Analizörün yeşil DUT PE çıkışındaki test kablosunu, testi yapılacak cihazın toprak noktasına temas ettirdiniz mi?		
10. Bu test için normal ve ters polaritede ayrı ayrı ölçüm yaptınız mı?		
11. Şase kaçak testi için ekranda Enclosure Leakage veya analizörün üzerindeki testler bölümünde bulunan kırmızı 5 (beş) Enclosure Leakage Mikroamper tuşuna bastınız mı?		
12. Test işlemini, kırmızı test kablosu DUT prizi toprak bağlantısı üzerinden yaptınız mı?		
13. Bu test için normal ve ters polaritede ayrı ayrı ölçüm yaptınız mı?		
14. Print data tuşuna basarak elektriksel güvenlik analizörlerinde ölçümü yapılan değerleri bir rapor hâlinde dâhilî yazıcıdan çıktı olarak aldınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Yaptığınız değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Eksikliklerinizi araştırarak ya da öğretmeninizden yardım alarak tamamlayabilirsiniz. Cevaplarınızın tamamı “Evet” ise bir sonraki faaliyete geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-3

AMAÇ

Bu öğrenme faaliyetini başarıyla tamamladığınız da, röntgen cihazlarında, fantomlarla insan vücudundaki yumuşak ve sert dokulara göre çıktı kontrollerini ve kalibrasyon ayarlarını yapabileceksiniz

ARAŞTIRMA

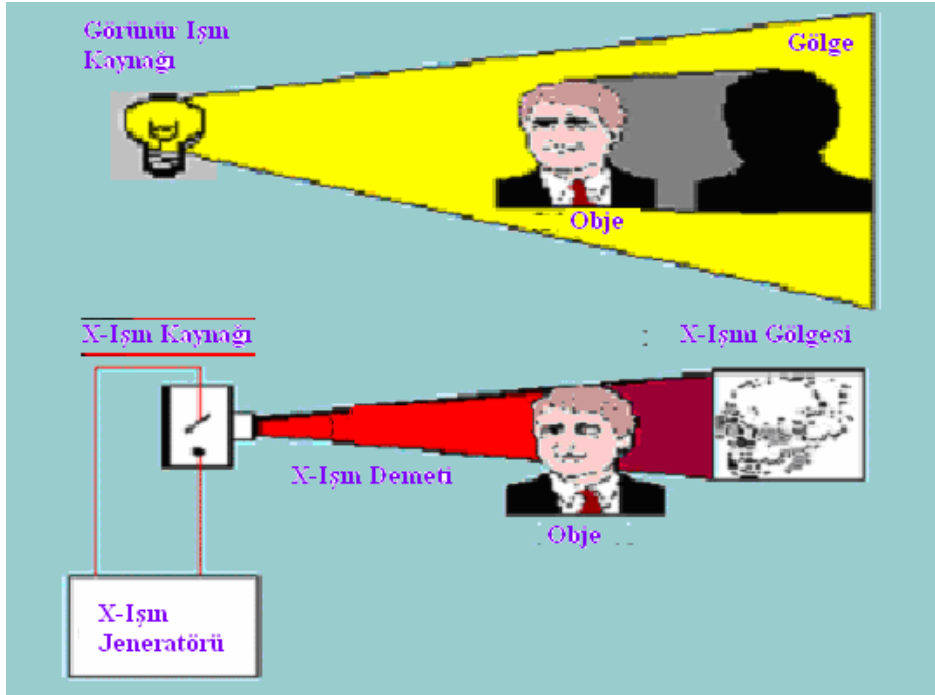
- Laboratuvarınızda bulunan röntgen cihazlarında kullanılan fantomları araştırarak insan vücuduna benzerliğini arkadaşlarınızla tartışınız.

3. RÖNTGEN CİHAZLARININ ÇALIŞMASI

3.1. X-Işını Kullanarak Görüntü Oluşturma

Görünür ışık, kaynağından bir nesneye doğru parladığında nesneye bağlı gölge oluşur. Görünür ışık nesneyi delip geçemeyeceği için gölgenin şekli nesnenin dış yüzeyinin şekliyle aynı olmaktadır.

Işık kaynağı, x ışını kaynağı ile yer değiştirirse x ışını kemik yapısının etrafındaki yumuşak dokuları, doku yoğunluğuna bağlı x ışını gölgeleri şeklinde görüntü oluşturur. Bu gölge görüntüler, ışınlanan insan vücudunun ışınları farklı şekilde tutma veya farklı şekilde geçirme prensibi ile elde edilir.



Resim 3.1. Görüntü oluşumu

3.1.1. Radyografik Görüntü

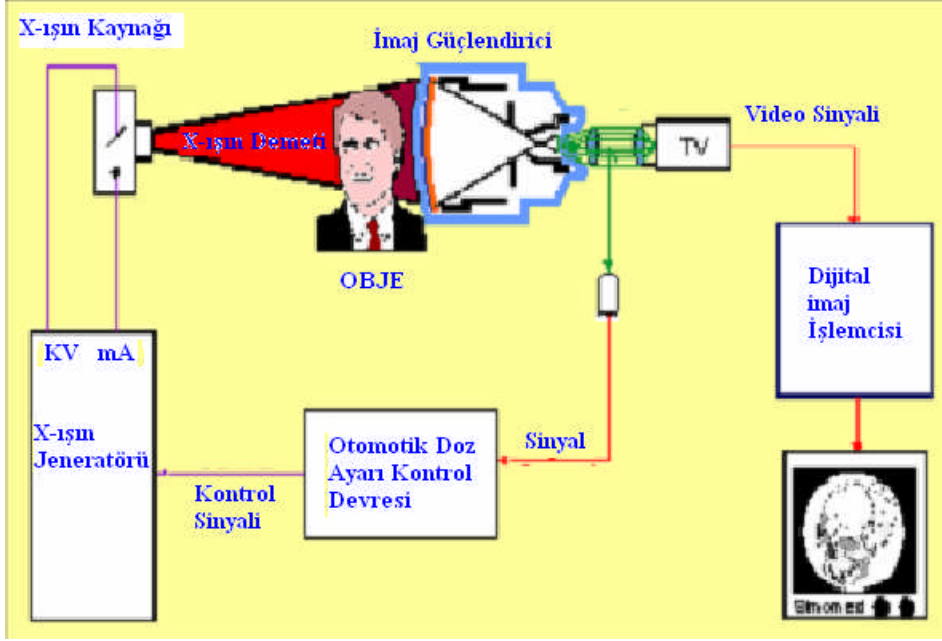
İnsan vücudunu delip geçen x-ışınlarının bir film üzerine düşürülerek elde edilen görüntüye radyografik görüntü denir. X-ışınları, penetrasyon özelliklerinden dolayı, objeyi delip geçerken geçmekte olduğu maddenin kalınlığına, yoğunluğuna, atom numarasına, objenin x-ışını kaynağına olan uzaklığına ve x-ışınlarının dalga boyuna bağlı olarak absorsiyona uğrar. Kalınlığı, yoğunluğu ve atom numarası farklı olan bir obje, x-ışınını farklı şekilde tutar veya geçirir. Böylece objeden geçen ve tutulan ışınlar, film üzerinde farklı yoğunluk değerlerinde kararmalar meydana getirir. Film üzerinde meydana gelen bu farklı kararmalar istenen görüntüdür.

Son yıllarda röntgen filmlerinin yerini dedektörler almıştır. Dedektörler elde edilen radyografik görüntüyü dijital görüntüye çevirerek dijital ortamda görüntülenmesine ve saklanmasına yardımcı olur.

3.1.2. Fluoroskopik Görüntü

X-ışının objeden geçirildikten sonra floresan ekranlarda oluşturulan görüntüye fluoroskopik görüntü adı verilir. X ışını, nesneyi delip geçtikten sonra imaj intensifier (imaj güçlendiricisi) girişine uygulanır. X ışını görünemez olduğundan burada görünür ışığa dönüştürülür. Daha sonra TV kamerası tarafından algılanan video sinyali, dijital imaj sistemi tarafından işlendikten sonra monitörde görüntülenir. Gerçek zamanlı olarak gerçekleşen bu görüntüleme tekniğine fluoroskopi adı verilir.

Teşhise yönelik kalitede imajı elde etmek için imaj intensifier girişine uygulanan ortalama doz oranının kararlı olarak sabit kalması gerekir. X-ışınının hasta anatomik yapısını hasta kalınlığı ve doku yoğunluğuna bağlı olarak, delip geçmesi için gereken ihtiyaç duyulan kararlı gücün (kV ve mA) sağlanması görevini otomatik doz oranı kontrol devresi gerçekleştirmektedir.



Resim 3.2. Fluoroskopik görüntü oluşumu

3.1.3. Görüntü Oluşumun Etkileyen Faktörler

Röntgen cihazlarında görüntünün nasıl elde edildiği daha önceki modüllerimizde ve yukarı da kısaca anlatılmıştır. Röntgen cihazlarının fonksiyon testleri ve kalibrasyon ayarları yapılırken fantomlarla görüntü testlerinin de yapılması gerekmektedir. Bu nedenle görüntü oluşumunu etkileyen faktörlerin bilinmesi önemlidir. Bu faktörleri genel olarak şu şekilde sıralayabiliriz.

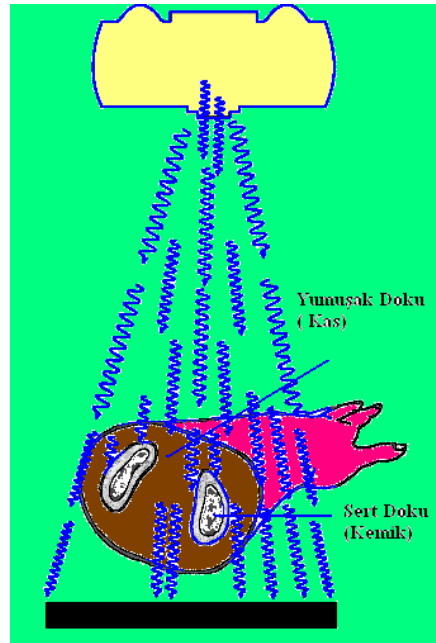
- Obje
 - Objenin anatomik yapısı
 - Objenin kalınlığı
 - Objenin istemli ya da istemsiz hareketleri
- Işın geometrisi
 - Işın kaynağının büyüklüğü
 - Obje odak mesafesi
 - Film odak mesafesi
 - Obje film mesafesi
 - Objenin ışın kaynağı ve ekrana göre duruşu

- Işın demetinin yapısı
 - Işınlara sahip olduğu dalga boyları
 - Işın demetinin yoğunluğu
- Sekonder ışınlar
- Filmin yapısı
 - Ranforsatörlerin yapısı
- Film Banyosu
 - Banyonun terkihi
 - Banyonun ısısı
 - Banyonun süresi
 - Film banyo tekniği

3.1.3.1. Obje

Radyolojide obje insandır. Bilindiği gibi insan vücudunun her yeri aynı anatomik yapıda değildir. İnsan vücudundaki organların yapıları ve yoğunlukları birbirlerinden çok farklıdır. Bu nedenle x-ışınının geçirme özellikleri de farklılık göstermektedir. Bu nedenle görüntü oluşumunda da anatomik yapıya göre farklılıklar oluşur.

Objenin her yeri aynı yoğunluğa sahip olsa bile eğer kalınlığı her yerde aynı değilse x-ışını objeyi delip geçerken kalınlıklara göre farklı şiddette ve yoğunlukta ışın geçmekte ve film emülsiyonu bu ışınlardan farklı etkilenmektedir.



Resim 3.3: Radyografide dokular

İnsan anatomisi radyografi tetkiklerinde incelenirken yumuşak ve sert doku olarak ayrılır. X-ışınlarının daha rahat delip geçtiği bölgelere yumuşak doku, daha zor geçtiği ya da geçemediği bölgelere sert doku adı verilir. Radyografide görüntüsü elde edilecek dokunun özelliğine göre x-ışınının kvp değerleri doğru ayarlanmalıdır. Özellikle mamografide görüntüsü alınacak göğüs bölgesinin hassas ve tamamen yumuşak dokuya sahip olmasından dolayı uygulanacak ışının kvp değeri oldukça önem taşımaktadır.

Bilindiği gibi radyografide hareket, netsizlik nedenidir. Bu hareket ister istemli ister istemsiz olsun radyografik kaliteyi düşürür.

3.1.3.2: Işın Gemometrisi

Radyografik görüntülerde ışın kaynağı (odak noktası, foküs) ne kadar büyük olursa elde edilecek radyografinin kalitesi o kadar düşük olur.

Obje-foküs, film-foküs ve obje-film mesafesi ne kadar küçük olursa radyografi kalitesi o kadar artar. Bu konudan daha önce X-Işınlı Cihazlar modülünde ayrıntılı olarak işlenmiştir. Bu modülden yararlanabilirsiniz.

3.1.3.3. Işın Demetinin Yapısı

Işın demetinin yapısından ışınların sahip olduğu dalga boyları ve ışın demetinin yoğunluğu anlaşılır.

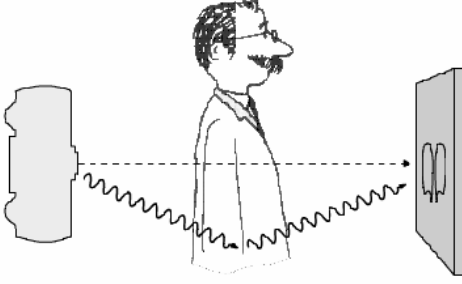
Görüntü oluşumunda ışın dalga boylarının önemli etkisi vardır. Işınların dalga boyları kısaltıldıkça penetrasyon yetenekleri artmaktadır. Böylece film veya ekrana ulaşan ışınların sahip olduğu enerji de artmaktadır. Penetrasyon özelliği düşük ışınların filmi etkilemesi sonucu, görüntüde yeterince yoğunluk sağlanamaz. Hatta objeyi delip geçebilecek kadar penetrasyon yeteneğine sahip olmayan ışınlar, hastaya ne kadar süre uygulanırsa uygulansın görüntü oluşumu sağlanamaz. Bu nedenle x-ışınlarının dalga boyu ne kadar kısa olursa elde edilecek radyografik görüntünün dansitesi o derece yüksek olur. X-Işınlarının dalga boyu x-ışın tüpüne uygulanan Kv değerine göre değişir. Uygulanan Kv değeri artırıldıkça dalga boyu kısalmır.

X-ışın demetinin yoğunluğu, dansitenin daha geniş bir sahaya hakim olması ile birlikte detay görüntü için önemlidir. Işın demetinin yoğunluğu, tüpün katodundaki flamanın yayacağı elektron miktarına bağlıdır. Flamanın yayacağı elektron miktarı ise flamanı ısıtan akımın miktarına bağlıdır. Bu akımda kumanda masası üzerindeki mA seçici ile ayarlanmaktadır.

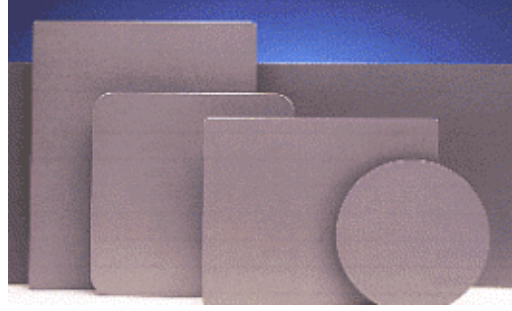
3.1.3.4. Sekonder Işınlar

Sekonder ışınlardan daha önceki x-Işınlı Cihazlar modülünde söz etmiştik. Kısa bir hatırlatma yapacak olursak, x-ışınları foküsten çıktıktan sonra çarptıkları her katı cisimden yansır. Yansıyan bu ışınlara sekonder ışın adı verilir. Sekonder ışınların filme ulaşması halinde oluşacak görüntü, olumsuz etkilenecek, netlik ve detay bozulur. Bu nedenle sekonder ışınların kontrol altına alınması önemlidir. Uygulamada kolimatör gibi ışın sınırlayıcılar

kullanılarak ışın sahasını radyografik bölgeyle sınırlamak, sekonder ışınların meydana gelmesini en aza indirmek için etkili bir yöntemdir. Bunun dışında yansıyan ışınların filme ulaşmasını engelleyen önemli parçalardan biri de gridlerdir. Basit ve fonksiyonel yapıda olan grid yansıyan radyasyonun büyük bir kısmını engelleyerek radyografide imaj kalitesini artırmak için kullanılmaktadır.



Resim 3.4: Sekonder radyasyon



Resim 3.5: Gridler

3.1.3.5. Filmin Yapısı

Radyografide kullanılan filmin yapısı da görüntü kalitesini etkileyen önemli faktörlerden biridir. Kullanılan filmin istenilen görüntüye uygunluğu ve filmlerde kullanılan ranforsatörlerin yapısı görüntü kalitesi için önemlidir.

3.1.3.6. Film Banyosu

Radyografik görüntü kalitesini etkileyen en önemli aşamalardan biri de film banyo aşamasıdır. Filmlerin banyo edileceği kimyasal solüsyonların özelliği, ısısı, banyo süresi ve banyo tekniği, banyo aşamasındaki önemli konulardır. Film banyo aşamalarından daha önceki modüllerimiz de incelemiştik. Bu konu ile ilgili modülleri inceleyebilirsiniz.

3.2. Röntgen Cihazlarının Kalibrasyon Testi

Röntgen sistemlerinde zaman içerisinde kullanım koşullarına bağlı olarak kolimasyonda bozulma gibi mekanik arızaların yanı sıra jeneratörde ışınlama parametrelerinin kalibrasyonlarının bozulması, otomatik parlaklık kontrolünün hatalı çalışması ya da diğer elektronik problemler meydana gelebilir. Sistemde meydana gelebilecek bu tür problemler, hasta ve çalışan dozlarının artmasına, doğru teşhis için gerekli olan görüntü kalitesinin elde edilememesine neden olmaktadır. Bu nedenle bu tür olumsuz sonuçların yaşanmaması için röntgen x-ışını sistemlerinin periyodik olarak kalibrasyon testlerinin yapılması gerekmektedir. Bu amaç için röntgen sistemlerinde sistemin özelliklerine göre farklı kalibrasyon testleri yapılmakla birlikte kesinlikle yapılması gerekli olan testler vardır.

- Tüp voltaj ayarları ve tekrarlanma doğruluğu
- Tüp çıkış testleri
- HVL (yarı değer kalınlığı) testi
- Işınlama zamanı ölçümleri
- Odak nokta boyut ölçümleri
- Kaçak radyasyon ölçümleri
- Hasta dozu ölçümleri
- Otomatik ışınlama kontrolü
- X-ışını ve ışık alanı uyum testleri
- Mamografi için x-ışın alanının göğüs duvarı ve masa ile ayar testleri

3.2.1. Röntgen Cihazlarının Fantomlarla Testi

Fantomlar, insan dokusuna eş değer özellik taşıyan farklı maddelerden yapılmış materyallerdir. Tıbbi cihazlarda kalibrasyon ölçümleri yapılırken ölçümlerin hasta üzerinde yapılması doğru olmayacağından insan anatomik yapısına uygun, farklı tiplerdeki fantomlar kullanılır. Röntgen cihazlarının özelliklerine göre hazırlanmış değişik tiplerde fantomlar mevcuttur.



Resim 3.6: Tüm vücut fantomları



Resim 3.7: Bölgesel fantomlar



Resim 3.8: Vücudun değişik bölümlerine ait fantomlar



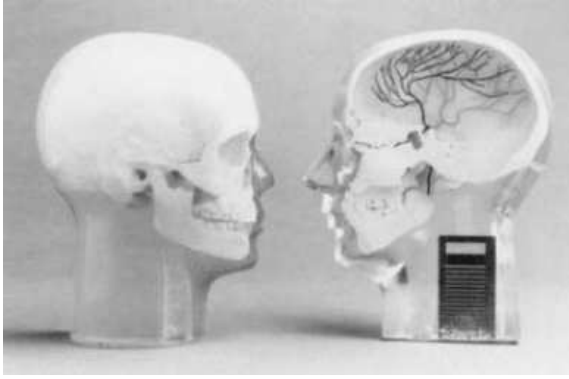
Resim 3.9: Mamografi fantomu



Resim 3.10: Mamografi fantom görüntüsü



Resim 3.11: Mamografi fantomu ile çekim



Resim 3.12: Anjiyografik fantom



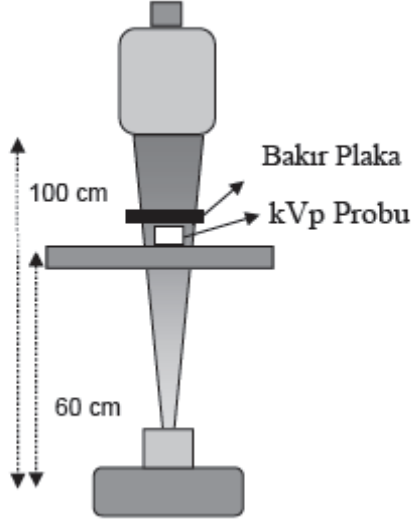
Resim 3.13: Anjiyografik fantom görüntüsü

3.2.2. KvP Metre ile Ölçüm

Diagnostik radyolojide x-ışın tüpü potansiyeli (kVp), kontrastı direkt olarak etkilediği için çok önemlidir. Bu nedenle sistemin kVp kalibrasyonu çok iyi olmalıdır ve periyodik olarak kontrol edilmelidir. Kvp, x-ışın demetinin penetrasyon (delicilik) özelliğini kontrol eder ve bu yüzden hasta dozu üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Kvp'nin yanlış kalibrasyonu birçok cihazdaki otomatik ışınlama kontrolünün x-ışın jeneratörünü yanlış ayarlamasına neden olur. Bu da hasta dozu ve görüntü kalitesine etki eder.

Aşağıda bir floroskopi cihazının kVp ölçümüne örnek verilmiştir. Testin yapılabilmesi için elektronik kVp ölçüm aleti ve çeşitli kalınlıklarda bakır levhalara ihtiyaç vardır. Ölçüm için aşağıdaki adımlar izlenmelidir:

- Odak-masa mesafesi 60 cm ve odak-görüntü güçlendirici mesafesi 100 cm olacak şekilde ayarlanır. Test geometrisi aşağıdaki şekilde görülmektedir.



	Ayarlanan		Ölçülen	
mmCu	MA	kVp	kVp	% Sapma
0.5				
1				
1.5				
2				
2.5				
3				
3.5				
4				

Resim 3.14: kVp Ölçüm test geometrisi ve ölçüm çizelgesi

- kVp ölçüm cihazı masa üzerine yerleştirilir.
- kVp ölçme aletinin üzerine destek kullanılarak 0.5 mm'lik bakır plaka yerleştirilir.
- Işınlama yapılarak sistem tarafından verilen kVp ile ölçülen kVp değerleri ölçüm çizelgesine
- Her seferinde bakır plaka kalınlığı 0.5 mm artırılarak sistem tarafından verilen kVp ile ölçülen kVp değerleri, diğer ışınlama parametreleri ile birlikte ölçüm çizelgesine yerleştirilir.
- Test floroskopik ve radyografik ışınlamalar için tekrarlanmalıdır.

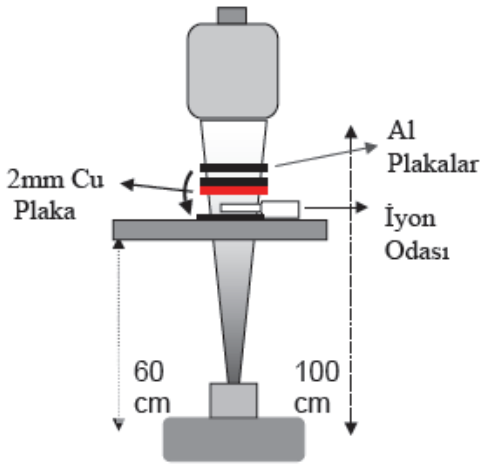
Ölçülen kVp, ayarlanan kVp'den $\pm\%3$ ile $\pm\%5$ 'i kadar farklı olabilir.

3.2.3.Yarı Değer Kalınlık (Half Value Layer, HVL) Testi

HVL (yarı değer kalınlığı), sabit bir kVp ve mAs değerinde, ışınlamanın ilk değerini yarı değerine kadar azaltmak için gerekli olan alüminyum kalınlığıdır ve mmAl olarak ifade edilir. Amaç, HVL'nin ölçülerek X-ışın demetinin kalitesinin saptanması ve toplam filtrasyonun belirlenmesidir. Testin yapılabilmesi için iyon odası, çeşitli kalınlıklarda bakır ve alüminyum soğuruculara ihtiyaç vardır.

Ölçüm için aşağıdaki adımlar izlenmelidir:

- Görüntü güçlendirici ile odak nokta arasındaki mesafe 100 cm ve odak ile iyon odası arasındaki mesafe 60 cm olacak şekilde ayarlanır. Test geometrisi aşağıdaki şekilde görülmektedir.



Odak-GG mesafesi:			
Odak-İyon odası mesafesi:			
Grid:			
Bakır soğurucu kalınlığı:			
Ayarlanan kVp:			
Ölçülen kVp:			
Işınlama tipi:			
mmAl	mA	kVp	Işınlama Hızı (mGy/dak)
0			
1			
2			
3			
4			
5			

Toplam Filtrasyon mmAl	kVp								
	60	70	80	90	100	110	120	130	140
	HVL								
2.5	2.2	2.4	2.7	3.1	3.3	3.6	4	-	-
3	2.3	2.6	3	3.3	3.6	4	4.3	4.6	5
3.5	2.6	2.9	3.2	3.6	3.9	4.3	4.6	-	-

Resim 3.15: HVL test geometrisi ve ölçüm çizelgeleri

- İyon odasının üstüne bir destek ile bakır plaka yerleştirilir. Bakır kalınlığı değiştirilerek ölçümün yapılacağı kVp ayarlanabilir. İyon odasının hassas kısmı tüp tarafına gelmelidir. Alüminyum plakalar bakır plakanın üstüne yerleştirilir. Işınlama yapılarak X-ışın demeti iyon odası boyutuna kolime edilir.
- Elektrometre, ışınlama hızı (exposure rate) moduna ayarlanarak ışınlama yapılır ve ışınlama hızı ölçüm çizelgesine kaydedilir. Bu değer 0 mmAl'a karşı gelen değerdir.

- 1 mm kalınlığındaki ilk alüminyum plaka, bakır plakanın üstünden alınarak iyon odasının altına yerleştirilir ve ışınlama hızı ölçülür.
- Işınlamalar, her seferinde bir alüminyum plakanın, bakır plakanın üstünden alınarak iyon odasının altına yerleştirilmesi ile yapılır. Böylece, iyon odasına gelen ışınlama her seferinde düşürülmekte, ancak demet ile görüntü güçlendirici arasındaki toplam soğurucu kalınlığı sabit kalmaktadır.
- HVL enterpolasyon ile bulunarak literatürde verilen değerler ile karşılaştırılmalıdır.
- Bazı floroskopi sistemlerinde hasta dozunu azaltan ilave bir bakır filtre vardır ve soğurucu kalınlığının artması ile bu ilave filtre otomatik olarak X-ışın demetinin önüne gelir. Test esnasında bir ilave filtrenin sistem tarafından kullanılıp kullanılmadığından emin olunmalıdır.

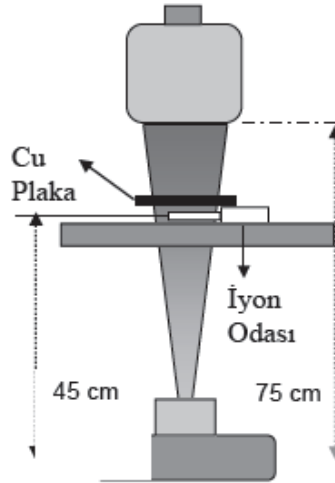
3.2.4. Floroskopik Işınlamalarda Tüp Radyasyon Çıkışı

Amaç, floroskopik X-ışın çıkışının ölçülerek cihaz kalibrasyonu ve X-ışın tüpünün durumu hakkında bilgi sağlanmasıdır.

Testin yapılabilmesi için iyon odası ve çeşitli kalınlıklarda bakır ve/veya alüminyum soğuruculara ihtiyaç vardır.

Ölçüm için aşağıdaki adımlar izlenmelidir:

- Görüntü güçlendirici-odak mesafesi 75 cm olacak şekilde ayarlanır. İyon odası masanın üstüne konularak odak noktasından 45 cm uzağa konumlandırılır. Test geometrisi aşağıdaki şekilde görülmektedir.



Resim 3.16(a): Tüp radyasyon çıkışı test geometrisi

Odak-GG mesafesi:						
Odak-İyon odası mesafesi:						
Soğurucu:.....mm						
Grid:						
İşnlama Tipi	GG Büyütme Modu	ms	mA	kVp	(mGy/dak)	(mGy/dak)/mA
	Normal					
	Mag 1 ()					
	Mag 2 ()					
	Mag 3 ()					

Resim 3.16(b): Tüp radyasyon çıkışı test ölçüm çizelgesi

- Sistemin yaklaşık 100 kVp ışınlama vermesi için yeterli miktarda alüminyum veya bakır soğurucu (yaklaşık olarak 5 mmAl ya da 3 mmCu) görüntü güçlendiricinin hemen altına yerleştirilir. Floroskopik modda ışınlama yapılarak uygun soğurucu miktarı belirlenir.
- Işınlama yapılarak X-ışın demeti iyon odası boyutuna kolime edilir.
- Tüm ışınlama ve görüntü güçlendirici büyütme modlarında ışınlama yapılarak floroskopik ışınlama hızı, kVp ve mA değerleri ölçüm çizelgesine not edilir.
- Floroskopik doz çıkış değeri, ölçülen ışınlama hızının tüp akımına bölünmesi ile ifade edilir.

3.2.5.Maksimum Işınlama Hızı Testi

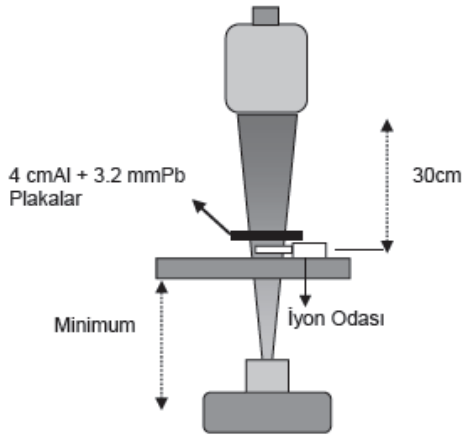
Maksimum ışınlama hızı iki durumda önemlidir. Eğer maksimum ışınlama hızı çok düşük ise, bazı tetkiklerde (örneğin şişman hastalarda) yeterli görüntü kalitesinin oluşabilmesi için gerekli olan ışın miktarı görüntü güçlendiriciye ulaşmayabilir. Eğer maksimum ışınlama hızı çok yüksek ise hasta ve çalışanlar gereksiz yere yüksek dozda radyasyona maruz kalacaklardır. Amaç, farklı tetkiklerdeki, farklı hasta kalınlıkları için en uygun ışınlama hızının sağlanması ve floroskopik tetkiklerdeki hasta dozunun azaltılmasıdır. Testin yapılabilmesi için iyon odası ve çeşitli kalınlıklarda kurşun ve bakır soğuruculara ihtiyaç vardır.

Ölçüm için aşağıdaki adımlar izlenmelidir:

- Odak-masa mesafesi minimum ve iyon odası-görüntü güçlendirici mesafesi 30 cm olacak şekilde ayarlanır. Test geometrisi aşağıdaki şekilde görülmektedir.
- İyon odası hassas kısmı tüpe gelecek şekilde masa üzerine yerleştirilir. Floroskopik modda ışınlama yapılarak iyon odasının tam olarak X-ışın alanı içerisinde olması sağlanır. Işın alanı, iyon odası boyutunda kolime edilmelidir.
- Ölçümler sırasında elektrometre, ışınlama hızı modunda olmalıdır. 4 cm kalınlığında alüminyum soğurucu destek yardımıyla iyon odasının üzerine yerleştirilir.
- Alüminyum soğurucunun üzerine ek olarak, yaklaşık 3.2 mm kalınlığında kurşun plaka yerleştirilerek ışınlama yapılır. Otomatik parlaklık kontrolünün

tam olarak dengelenmesi için ışınlama yeteri kadar uzun tutulmalıdır. X-ışın demetinin kurşun plakada azalırma uğrayarak görüntü güçlendiriciye ulaşması gerektiği için demetin boyutu, kurşun plakanın boyutundan büyük olmamalıdır (Işınlama süresince monitörde herhangi bir ışın alanı görülmemelidir.).

- Elektrometreden okunan ışınlama hızı, ölüm çizelgesine kaydedilir.
- Ölçüm, tüpün lateral durumu için tekrar edilir.



Odak-GG mesafesi:					
Odak-İyon odası mesafesi:					
Soğurucu:.....mm					
Grid:					
İşınlama Tipi	GG Büyütme Modu	ms	mA	kVp	(mGy/dak)
	Normal				
	Mag 1 ()				
	Mag 2 ()				
	Mag 3 ()				

Resim 3.17: Maksimum ışınlama hızı test geometrisi ve ölçüm çizelgesi

Maksimum floroskopik ışınlama hızı, manuel (otomatik ışınlama kontrolünün olmadığı durumda) modda 5 R/dk.'yı (1.29×10^{-3} C/kg.dk.) (43.64 mGy/dk.) geçmemelidir. Otomatik ışınlama kontrolünün olduğu fakat yüksek ışınlama hızı opsiyonunun olmadığı sistemde 10 R/dk.'yı (87.3 mGy/dk.), otomatik ışınlama kontrolü ve yüksek ışınlama hızı opsiyonu olan sistemde normal ışınlama opsiyonunda 10 R/dk.'yı (87.3 mGy/dk.), yüksek ışınlama hızı opsiyonunda ise 20 R/dk.'yı (5.15×10^{-3} C/kg.dk.) (174.6 mGy/dk.) geçmemelidir.

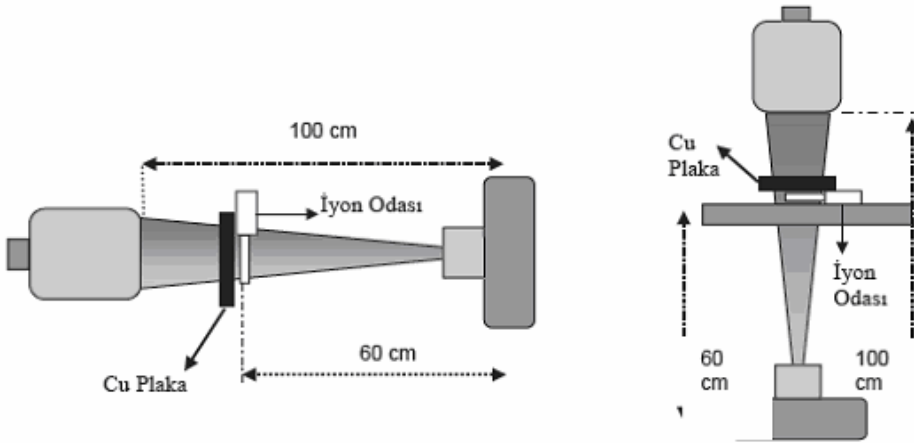
3.2.6. Hasta Giriş Dozlarının Ölçülmesi

Bu testin amacı makul olan en düşük seviyedeki ışınlama hızının belirlenmesi ve optimum görüntü kalitesinde en düşük hasta dozunu elde etmek için uygun ışınlama hızı değerinin saptanmasıdır. Testin yapılabilmesi için iyon odası ve çeşitli kalınlıklarda bakır soğuruculara ihtiyaç vardır.

Ölçüm için aşağıdaki adımlar izlenmelidir:

- İyon odası, fantomun pozisyonu, kVp ve mA değerleri ve kolimasyon kontrolleri gerektiğinde testin aynı şartlarda tekrarlanabilmesi için dikkatli bir şekilde ayarlanmalı ve şartlar not edilmelidir.
- X-ışın demeti iyon odası boyutuna kolime edilir.
- Odak-masa mesafesi 60 cm ve odak-görüntü güçlendirici mesafesi 100 cm olacak şekilde ayarlanır. Test geometrisi aşağıdaki şekilde görülmektedir.

- Elektrometre, ışınlama hızı (rate) modunda olmalıdır.
- İyon odası üzerine bakır plakalar 1, 2, 3 ve 4 mm soğurucu kalınlığı oluşturacak şekilde yerleştirilerek ışınlama yapılır ve her bir soğurucu kalınlığı için ışınlama hızı okunarak ölçüm çizelgesine kaydedilir. Her bir soğurucu kalınlığı için görüntü güçlendiricinin tüm büyütme modlarında ölçümler alınır. Ölçümler sırasında elektrometreden okunan değer, dengeye ulaşıncaya kadar ışınlamaya devam edilir.
- Işınlama sırasında kVp ve mA değerlerinin kaydedilmesi, standart ışınlama hızında daha sonra meydana gelecek değişikliklerin değerlendirilmesi açısından önemlidir.
- Ölçümler, tüm sürekli ve puls tipi ışınlama modlarında alınır.
- Aynı geometri kullanılarak ölçümler radyografi modunda tüm doz modları kullanılarak ve tüm görüntü güçlendirici büyütme modlarında tekrarlanır.
- Alınan ölçümler, ölçüm çizelgesine kaydedilir.



Resim 3.18. Hasta giriş dozu ölçümü test geometrisi

Odak-GG mesafesi:								
Odak-İyon odası mesafesi:								
Grid:								
Ölçüm geometrisi:								
Alınan görüntü sayısı:								
Işınlama hızı:görüntü/sn								
Soğurucu Kalınlığı	GG Büyütme Modu	Doz	ms	mA	mAs	kVp	(mGy)	(mGy/görüntü)
	Normal							
	Mag 1 ()							
	Mag 2 ()							
	Mag 3 ()							

Resim 3.19. Hasta giriş dozu ölçümü ölçüm çizelgesi

Floroskopi sistemi 80 kVp’de çalıştırıldığı zaman ışınlama hızı havada ve hastaya giriş noktasında hiç bir şekilde 3.2 R/mA.dk.’dan (27.95 mGy/mA.dk.) fazla olmamalıdır. Genelde 2.1 R/mA.dk. (18.33 mGy/mA.dk.) üzerinde olmamasına çalışılmalıdır.

Kabul sınırları dışında kalan durumlarda, optimum görüntü kalitesinin oluşması için gereken minimum ışınlama hızı için gerekli kalibrasyonlar yapılmalıdır.

Yukarıda örneklerle açıklanan kalibrasyon testleri yapılırken daha önceki modüllerde ayrıntılı olarak açıklanmış olan radyasyon önlemlerine dikkat edilmeli ve kişisel koruyucular kullanılmalıdır.

Yine testler yapılırken sistemlerin ve cihazların servis el kitaplarında belirtilen kalibrasyon talimatlarına dikkat edilmeli ve ölçülen değerlerin servis el kitaplarında verilen değerlere uygunluğu karşılaştırılmalıdır. Ölçümler sonucu istenilen değerlerden kabul edilebilir sınırlar dışında sapma tespit edilirse, yine servis el kitaplarında belirtilen yöntemlerle kalibrasyon ayarları yapılmalıdır. Ayar yapılamayan cihazlar, bakım ve onarım için kullanımdan çıkarılmalıdır.

3.3. Kalibrasyon Test Cihazları

Röntgen cihazlarında yapılacak testin özelliğine göre farklı test cihazları kullanılmakla birlikte son yıllardaki teknolojik gelişmeler birden fazla cihazın yaptığı ölçümü tek bir cihazda toplamıştır. Bununla birlikte röntgen cihazları için kalibrasyon kitleri geliştirilmiştir.

kVp metre: Jeneratör ve tüp çıkış değerlerinin doğruluğunu ve tekrarlanabilirliğini kontrol etmek için kullanılır. Non-invasive kVp değerini ölçmekte kullanılır.

mAs metre : Jeneratör çıkışındaki mAs değerini ölçmek için kullanılır.

Dozimetre : Hastanın aldığı ve cihazdan çıkan dozu ölçmekte kullanılır.

Zaman metre : Exposure süresini ölçer.



Resim 3.20: kVp metre



Resim 3.21: mAs metre



Resim 3.22: Dozimetre



Resim 3.23: Zaman metre

Yukarıda tek başlarına kullanılan test aletleri dışında birden fazla ölçümü bir arada yapan cihazlar da geliştirilmiştir. Bunlara örnek verecek olursak;

PMX-I: Radyografi, mamografi, CT ve dental röntgen cihazlarının kVp ve zaman ölçümleri için tasarlanmıştır. Cihazın açma kapama düğmesine basıldıktan sonra cihaz ölçüme hazırdır. Şutlama yapıldıktan sonra ekranda kVp ve zaman değerleri görülür.



Resim 3.24: PMX-I kVp ve zaman ölçüm cihazı



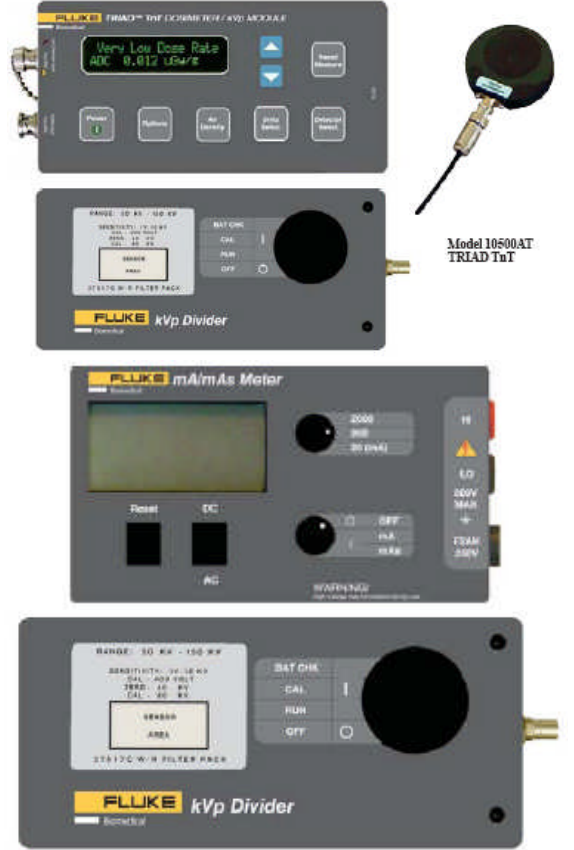
Resim 3.25: PMX-I cihazının mamografide kullanımı

Doz ölçerler: Röntgen cihazlarının doz ve doz oranı (dose rate) ölçümlerinde kullanılır. Elde edilen sonuçların depolanması için bilgisayara bağlanma özelliğine sahiptir. Hem iyon odaları ile (ion chambers) hem de katı hal (solid state) dedektörleri ile kullanılabilir. Ayrıca ışık dedektörleri bağlanarak aydınlık ölçümleri ve MAS dedektörleri bağlanarak da mAs ölçümleri gerçekleştirilebilir.



Resim 3.26: Doz ölçerler ve doz dedektörleri

Kalibrasyon kiti: Kalibrasyon kitleri, röntgen cihazlarında kalibrasyon aşamasında yapılması gereken ölçümler için kullanılan cihazları içeren kitlerdir. Bu kitler aracılığı ile aşağıdaki ölçümler gerçekleştirilebilir.



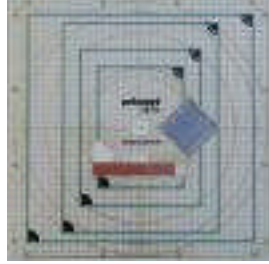
Resim 3.27: Kalibrasyon kiti

- Radyoloji, floroskopi, mamografi, CT ve dental cihazlar için kVp ölçümü
- Şutlama süresi, pulse (empulsiyon, atım) sayısı ölçümü
- Doz ölçümü (radyoloji ve mamografi cihazları için cilt dozu, görüntü güçlendiriciler için giriş dozu)
- Doz oranı ölçümü
- mAs doğrusallığı (linearity) ölçümleri
- Frame başına düşen dozun ölçülmesi
- HVL (half value layer) ölçümleri
- Tekrarlanabilirlik (reproducibility) testleri

Test fantomları: X-ışınlı cihazların testinde kullanılırlar. Bu fantomların yerleştirildiği fantom tutucular da mevcuttur.



Resim 3.28: Test fantomları



Resim 3.29: Fantom tutucular

Su fantomu: Hasta eş değeri fantomdur. İçindeki aşağı ve yukarı doğru 0,1 mm hassasiyetle hareket edebilen çelik mekanizmasına iyon odası bağlanarak hastanın farklı bölgelerde alacağı dozun miktarını belirlemede ve doz kontrolü yapmakta kullanılır.

Absorpsiyon filtresi: Kalibrasyon testlerinde kullanılan bir filtredir. 25 mm alüminyumdan yapılmıştır.



Resim 3.30: Su fantomu



Resim 3.31: Absorpsiyon filtresi

Densitometre: Film banyo kalite kontrol testlerinde kullanılır. Işınlamada kullanılacak filmi belirlemeye, filmin hızını, optik densiteyi ölçmeye yarar.



Resim 3.32: Densitometre

UYGULAMA FAALİYETİ

İşlem Basamakları	Öneriler																																																		
➤ Odak-masa mesafesini 60 cm ve odak-görüntü güçlendirici mesafesini 100 cm olacak şekilde ayarlayınız. ➤ kVp ölçüm cihazını masa üzerine yerleştiriniz. ➤ kVp ölçme aletinin üzerine, destek kullanarak 0.5 mm'lik bakır plaka yerleştiriniz. ➤ Işınlama yaparak sistem tarafından verilen kVp ile ölçülen kVp değerlerini ölçüm çizelgesine kaydediniz. ➤ Her seferinde bakır plaka kalınlığını 0.5 mm artırarak sistem tarafından verilen kVp ile ölçülen kVp değerlerini, diğer ışınlama parametreleri ile birlikte ölçüm çizelgesine kaydediniz. ➤ Testi floroskopik ve radyografik ışınlamalar için tekrarlayınız.	➤ Röntgen cihazı servis el kitabının kalibrasyon talimatlarını takip ediniz. ➤ Gerekli kişisel güvenlik önlemlerinizi alınız. ➤ Temel iş güvenliği tedbirlerini alınız. ➤ Ölçülen değerleri kaydedebilmek için aşağıdaki çizelgeyi kullanabilirsiniz. ➤ Ölçülen kVp, ayarlanan kVp'den $\pm\%3$ ile $\pm\%5$'i kadar farklı olabilir. <table><tr><th></th><th colspan="2">Ayarlanan</th><th>Ölçülen</th><th></th></tr><tr><th>mmCu</th><th>MA</th><th>kVp</th><th>kVp</th><th>% Sapma</th></tr><tr><td>0.5</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1.5</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>2.5</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>3.5</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>		Ayarlanan		Ölçülen		mmCu	MA	kVp	kVp	% Sapma	0.5					1					1.5					2					2.5					3					3.5					4				
	Ayarlanan		Ölçülen																																																
mmCu	MA	kVp	kVp	% Sapma																																															
0.5																																																			
1																																																			
1.5																																																			
2																																																			
2.5																																																			
3																																																			
3.5																																																			
4																																																			

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

OBJEKTİF TEST (ÖLÇME SORULARI)

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan alanlara uygun ifadeleri yazınız.

1. Cihazların taşıma esnasında zarar görmemeleri ve iş kazalarına neden olmamaları için uygun şekildeolmalıdır.
2. Küçük ebatlı parçalar için kutular kullanılırken büyük ebatlı ve ağır parçalar için kullanılmaktadır.
3. Parçalar, ambalaj kutularının içerisine sarılarak yerleştirilir.
4. Parçalar, darbelerden etkilenmelerini önlemek için yardımıyla desteklenir.
5. Ağır parçaların taşınmasında en az kişi gerekmektedir.
6. Ağır cihazların ambalajları, taşımada kolaylık sağlaması açısından üzerine bağlanır.
7. Taşımada çalışacak kişilerin kullanması gerekmektedir.
8. Ağır parçaların taşınmasında vekullanılmaktadır.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarı ile karşılaştırınız. Doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt yaşadığınız sorularla ilgili konulara geri dönerek tekrar inceleyiniz. Tüm sorulara doğru cevap verdiyseniz diğer öğrenme faaliyetine geçiniz.

PERFORMANS TESTİ (YETERLİK ÖLÇME)

DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	Evet	Hayır
1. Odak-masa mesafesini 60 cm ve odak-görüntü güçlendirici mesafesini 100 cm olacak şekilde ayarladınız mı?		
2. kVp ölçüm cihazını masa üzerine yerleştirdiniz mi?		
3. kVp ölçme aletinin üzerine destek kullanarak 0.5 mm'lik bakır plaka yerleştirdiniz mi?		
4. Işınlama yaparak sistem tarafından verilen kVp ile ölçülen kVp değerlerini ölçüm çizelgesine kaydettiniz mi?		
5. Her seferinde bakır plaka kalınlığını 0.5 mm artırarak sistem tarafından verilen kVp ile ölçülen kVp değerlerini, diğer ışınlama parametreleri ile birlikte ölçüm çizelgesine kaydettiniz mi?		
6. Testi floroskopik ve radyografik ışınlamalar için tekrarladınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Yaptığınız değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Eksikliklerinizi araştırarak ya da öğretmeninizden yardım alarak tamamlayabilirsiniz. Cevaplarınızın tamamı “Evet” ise bir sonraki faaliyete geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

OBJEKTİF TEST (ÖLÇME SORULARI)

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan alanlara uygun ifadeleri yazınız.

1. Cihazların taşınması, depolanması, kurulumu ve kullanımı sırasındadikkat edilmelidir.
2. Görüntüleme odalarının statik hesaplamaları kurulacak cihazın ve sistemin yükünü durağan ve çalışır durumdaki yükünü taşıyabilecek şekilde yapılmalıdır. Bu hesaplamalar yapılırken cihazın bilgilerinden faydalanılmalıdır.
3. X ışınli cihaz ve sistemlerin kurumlarda kurulması ve kullanılması tarafından verilecek lisana tabidir.
4. Kurulum lisans sahibi yetkili kişiler tarafından cihazın talimatları doğrultusunda yapılır.
5. Kurulum yapılırken işlem sırasının takibini kolaylaştırmak ve arada işlem atlamamak için sistemkullanılmaktadır.
6. Röntgen filmleri üzerindeki kararına derecesi, görüntü kalitesi için önemli bir etkidir. Film üzerindeki bu kararına derecesine adı verilmektedir.
7. X-ışınıözellikleri nedeni ile görünen ışığın geçemediği yerlerden geçer.
8. X-ışınında floresans özellikleri vardır ve bu özellik sayesinde geliştirilmiştir.
9. Radyasyonun içinden geçtiği ortama verdiği ısının ölçülmesi esasına dayanan radyasyon ölçümü yönteminedenir.
10. İyonlayıcı radyasyonların, gaz ortamlarda yaptığı iyonizasyonun ölçülmesinde kullanılan dozimetreleredenir.
11. Radyasyonun etkisiyle sıvıda meydana gelen kimyasal değişiklikleri ölçerek radyasyon miktarını belirleyen dozimetreleredenir.
12. Cihazların taşıma esnasında zarar görmemeleri ve iş kazalarına neden olmamaları için uygun şekildeolmalıdır.
13. Küçük ebatlı parçalar için kutular kullanılırken büyük ebatlı ve ağır parçalar için kullanılmaktadır.

14. Parçalar, ambalaj kutularının içerisinde sarılarak yerleştirilir.
15. Parçalar, darbelerden etkilenmelerini önlemek için yardımıyla desteklenir.

PERFORMANS TESTİ (YETERLİK ÖLÇME)

Modül ile kazandığınız yeterlik, aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	Evet	Hayır
1. X- ışınlı görüntüleyicileri ayırt edebiliyormusunuz?		
2. Kurulum özelliklerine göre cihaz için yer kontrollerini yapabiliyor musunuz?		
3. Cihaz özelliklerine göre tesisat kontrollerini yapabiliyormusunuz?		
4. Kurulum yapılacak yerin yalıtım kontrolünü yapabiliyormusunuz?		
5. Kurulum yapılacak yerin fiziki özelliklerinin kontrolünü yapabiliyormusunuz?		
6. Cihazların güvenli kurulumu için tedbirleri alabiliyor musunuz?		
7. Radyoaktif güvenlik standartlarına göre emniyet tedbirlerini alabiliyor musunuz?		
8. Cihazların taşınmasında gerekli güvenlik önlemlerini alabiliyor musunuz?		
9. Cihazların taşınması için uygun araçları seçebiliyor musunuz?		

DEĞERLENDİRME

Yaptığınız değerlendirme sonucunda eksikleriniz varsa öğrenme faaliyetlerini tekrarlayınız.

Modülü tamamladınız, tebrik ederiz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

SORU	CEVAP
1	C
2	D
3	B
4	Yüksek voltaj üniteleri
5	Kumanda masası
6	Tüp ve tüp tutucular
7	Hasta masası
8	Statifler

ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

SORU	CEVAP
1	DUT
2	ON
3	Kendi kendini kontrol
4	IEC 601-1
5	Sınıf ve tipi
6	Manual
7	Current A
8	Insulation MOHM
9	Protective eart ohm
10	Eart leakage mikroamper

ÖĞRENME FAALİYETİ-3 CEVAP ANAHTARI

SORU	CEVAP
1	Ambalajlanmış
2	Mukavva – tahta sandık
3	Hava kabarcıklı naylon
4	Strafor
5	İki
6	Paletler
7	Kişisel koruyucular
8	El arabaları ve forkliftler

MODÜL DEĞERLENDİRME CEVAP ANAHTARI

SORU	CEVAP
1	Ortamin fiziksel etkilerine
2	Spesifikasyon
3	TAEK
4	Servis kılavuzu
5	Checklist
6	Dansite
7	Penetrasyon
8	Radyaskopi
9	Kalorimetrik yöntem
10	Gazlı dozimetreler
11	Sıvılı dozimetreler
12	Ambalajlanmış
13	Mukavva – tahta sandık
14	Hava kabarcıklı naylon
15	Strafor

KAYNAKÇA

- BOR Doğan, Gönül BUYAN, Radyasyondan Korunma, Radyoloji Gündemi.
- Edwin L. Dove , Physics of Medical Imaging – An Introduction , 2003.
- KARAGÖZ Dr. İrfan, Dr. Osman EROĞUL, **Tıbbi Görüntüleme Sistemleri**, Haberal Eğitim Vakfı Yayını, Ankara 1998.
- KAYA T, B ADAPINAR, R. ÖZKAN **Temel Radyoloji Tekniği**, Güneş & Nobel Yayınları, Bursa 1997.
- KAYA Prof Dr Tamer, Tıp Öğrencileri için Temel Radyoloji Fiziği Ders Notları.
- KUMAŞ Ahmet, Radyoloji, Tamer Matbaacılık, Ankara, 1996.
- www.delmedical.com
- www.taek.gov.tr
- www.usx-ray.com
- www.kanit.com.tr