

T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI



MEGEP

(MESLEKİ EĞİTİM VE ÖĞRETİM SİSTEMİNİN
GÜÇLENDİRİLMESİ PROJESİ)

BİYOMEDİKAL CİHAZ TEKNOLOJİLERİ

TIBBİ CİHAZLARDA GÜVENLİ ÇALIŞMA

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 | v |
| GİRİŞ | 1 |
| ÖĞRENME FAALİYETİ -1 | 3 |
| 1. TIBBİ CİHAZLARIN GÜVENLİ ÇALIŞMASINI SAĞLAYACAK TEDBİRLERİ ALMA | 3 |
| 1.1. Müdahale Yetkisi Olan Elemanlar | 3 |
| 1.1.1. Servis Elemanlarının Klinik Mühendislik Birimlerindeki Rollerini | 4 |
| 1.1.2. Müdahale Yetkileri | 4 |
| 1.2. Şartnameler | 5 |
| 1.2.1. Teknik Şartname | 5 |
| 1.2.2. İdari Şartnameler | 6 |
| 1.2.3. Yönetmelikler | 7 |
| 1.2.4. Yönergeler | 8 |
| 1.3. Koruyucu ve Teknik Bakım | 8 |
| 1.3.1. Önemi | 8 |
| 1.3.2. Çeşitleri | 9 |
| 1.4. Parça Değişimi ve Yedek Parça | 12 |
| 1.4.1. Yedek Parça | 12 |
| 1.4.2. Sarf Malzemeleri | 12 |
| 1.4.3. Orijinal Malzemenin Önemi | 12 |
| 1.5. Kalibrasyon | 13 |
| 1.5.1. Kalibrasyonun Gerekliliği | 13 |
| 1.5.2. Kalibrasyonun Önemi | 13 |
| 1.6. Kayıt Altına Alınan Müdahale ve İşlemler | 14 |
| 1.6.1. Belgeler | 14 |
| 1.6.2. Envanter Oluşturma | 14 |
| 1.7. Cihazların Tehlike Statüleri | 15 |
| 1.7.1. Cihaz Tehlikelerinin Sınıflandırılması | 15 |
| 1.7.2. Cihazların Çalışması Sırasındaki Uyarı ve İkaz İşaretleri | 17 |
| 1.7.3. Korunma Yöntemleri ve Koruyucular | 27 |
| 1.7.4. Cihaz Enerji ve Çalışma Modları | 28 |
| UYGULAMA FAALİYETİ | 29 |
| ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME | 31 |
| ÖĞRENME FAALİYETİ -2 | 33 |
| 2. TIBBİ CİHAZLARIN MEYDANA GETİREBİLECEĞİ TEHLİKELERİ ÖNLEME | 33 |
| 2.1. Tıbbi Cihazların Satın Alınması | 33 |
| 2.1.1. Tıbbi Cihazların Seçimi ve Şartnamelerin Hazırlanması | 33 |
| 2.1.2. Tekliflerin Değerlendirilmesi | 34 |
| 2.2. Tıbbi Cihazların Kabulü | 35 |
| 2.3. Tehlike Statüleri | 35 |

| | |
|--|-----------|
| 2.3.1. Mekanik Tehlikeleri Önleme | 35 |
| 2.3.2. Elektriksel Tehlikeleri Önleme | 36 |
| 2.4. Cihazların Montaj, Depolama, Nakliye ve Kullanım Esnasındaki Fiziki Kuralları | 41 |
| 2.4.1. Montaj | 41 |
| 2.4.2. Depolama ve Nakliye | 42 |
| 2.5. Yazılı Talimatlar Doğrultusunda Müdahale..... | 43 |
| 2.6. Arıza Arama | 44 |
| UYGULAMA FAALİYETİ..... | 45 |
| ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME..... | 47 |
| ÖĞRENME FAALİYETİ-3..... | 48 |
| 3. RADYOAKTİF RİSKLERE KARŞI VÜCUDU KORUYUCU TEDBİRLER ALMAK | 48 |
| 3.1. Radyoaktivite | 48 |
| 3.2. Radyoaktivite ile İlgili Yasal Zorunluluklar | 49 |
| 3.3. Radyoaktif Kaynaklı Cihazlar | 49 |
| 3.4. Radyoaktivitenin İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri..... | 50 |
| 3.4.1. Tanısal Radyoloji | 50 |
| 3.4.2. Nükleer Tıp | 50 |
| 3.4.3. Radyoterapi | 50 |
| 3.5. Radyoaktivite Zararları | 51 |
| 3.5.1. Deterministik Etkiler | 52 |
| 3.5.2. Stokastik Etkiler | 53 |
| 3.6. Radyoaktiviteden Korunma Yolları ve Koruyucular | 54 |
| 3.6.1. Önlük..... | 54 |
| 3.6.2. Panço Önlük | 55 |
| 3.6.3. Parçalı Önlük..... | 55 |
| 3.6.4. Bel Yükü Azaltılmış Önlük..... | 55 |
| 3.6.5. Kırık Tabakalı Önlük | 55 |
| 3.6.6. Tiroit Koruyucular..... | 56 |
| 3.6.7. Kurşun Önlük Saklama Askısı | 56 |
| 3.6.8. Kurşun Saçaklar | 56 |
| 3.6.9. Kurşun Cam ve Paravanlar..... | 57 |
| 3.6.10. Gonard ve Ovaryen Koruyucular | 57 |
| 3.6.11. Gözlük ve Eldivenler..... | 57 |
| 3.6.12. Mesleki Işınlanmalarda Doz Sınırı ve İzlenmesi | 58 |
| 3.6.13. Uyarı İşaretleri..... | 59 |
| 3.7. Radyoaktivite Ölçülmesi | 59 |
| 3.8. Yalıtım..... | 61 |
| UYGULAMA FAALİYETİ..... | 64 |
| ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME..... | 66 |
| ÖĞRENME FAALİYETİ-4 | 67 |

| | |
|--|-----|
| 4. RADYOAKTİF RİSKLERE KARŞI ÇEVREYİ KORUYUCU TEDBİRLERİ | |
| ALMAK | 67 |
| 4.1. Radyoaktif Risklere Karşı Çevreyi Korumanın Önemi ve Yolları | 67 |
| 4.1.1. Radyasyon Güvenliği El-Kitabı Formatı..... | 70 |
| 4.2. Acil Durumlara Hazırlıklı Olma ve Uzmanlardan Yardım İsteme | 73 |
| 4.3. Radyoaktivite Zararları | 74 |
| 4.4. Radyasyondan Korunma Yöntemleri | 74 |
| 4.4.1. Radyoaktif Atıkların Depolanması..... | 75 |
| 4.4.2. Radyoaktif Maddelerin Taşınması | 76 |
| 4.4.3. Radyoaktif Madde Taşıyan Paketlerin Sınıflandırılması | 76 |
| 4.4.4. Radyoaktif Madde Taşıyan Paketlerle İlgili Talimatlar | 77 |
| 4.4.5. Plakalama | 77 |
| UYGULAMA FAALİYETİ..... | 78 |
| ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME..... | 80 |
| ÖĞRENME FAALİYETİ – 5 | 81 |
| 5. ELEKTROMANYETİK ALAN ETKİLERİNE KARŞI ÇALIŞMA | |
| ORTAMINDA TEDBİR ALMAK | 81 |
| 5.1. Elektromanyetik Alan | 81 |
| 5.2. Elektromanyetik Alan Oluşturan Cihazlar | 82 |
| 5.3. İnsan Sağlığına Etkileri | 83 |
| 5.4. Güvenli Çalışma..... | 85 |
| 5.5. Manyetik Rezonans Cihazının Tehlikeleri..... | 87 |
| UYGULAMA FAALİYETİ..... | 89 |
| ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME..... | 91 |
| ÖĞRENME FAALİYETİ-6 | 92 |
| 6. OLASI DİĞER MESLEKİ TEHLİKELERİ TANIMAK VE TEDBİR ALMAK | 92 |
| 6.1. Cihazların Isı Oluşturan ve Yayan Birimleri..... | 92 |
| 6.2. Isıya Karşı Alınan Önlemler | 92 |
| 6.3. Mor Ötesi ve Kızıl Ötesi Işınlara Bulunduğu Ortamlar..... | 93 |
| 6.4. Korunma..... | 94 |
| 6.5. Lazer Işığı Üreten Cihazlar | 94 |
| 6.6. Lazer Işınlara Karşı Önlem Alma | 95 |
| 6.6.1. Lazer Işığında Kaynaklanabilecek Tehlikeler..... | 97 |
| 6.6.2. Lazer Emniyet Gözlüğü | 98 |
| 6.6.3. Elektriksel Tehlikeler | 99 |
| 6.6.4. Kimyasal Tehlikeler | 99 |
| 6.6.5. Radyasyon | 99 |
| 6.7. Tıbbi Gazlar..... | 100 |
| 6.8. Tıbbi Gaz Risk Etmenleri..... | 101 |
| 6.8.1. Oksijen | 103 |
| 6.8.2. Azotprotoksit..... | 103 |
| 6.8.3. Etilen Oksit..... | 104 |
| 6.9. Tıbbi Gazların İnsan Sağlığı ve Çevre Güvenliği Üzerindeki Etkileri | 106 |

| | |
|---|-----|
| 6.10. Tıbbi Gaz Risklerinden Korunma Yolları ve Koruyucuları..... | 106 |
| 6.11. Kişisel Koruyucular..... | 107 |
| 6.11.1. Göz Koruyucuları..... | 107 |
| 6.11.2. Solunum Koruyucular | 108 |
| 6.11.3. Deri Koruyucuları | 109 |
| UYGULAMA FAALİYETİ..... | 110 |
| ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME..... | 112 |
| ÖĞRENME FAALİYETİ-7 | 113 |
| 7. ORTAM KOŞULLARINI TESPİT ETMEK VE GÜVENLİ YAKLAŞIM | 113 |
| 7.1. Hastane ve Kliniklerdeki Ortamlar | 113 |
| 7.2. Kaza ve Arıza Durumlarında Ortam Koşullarının Tespiti | 113 |
| 7.3. Radyasyon Kazaları..... | 114 |
| 7.3.1. Yangın, Deprem ve Patlama gibi Acil Durumlar | 114 |
| 7.3.2. Az Miktarda Radyasyon Dökülmesi | 114 |
| 7.3.3. Fazla Miktarda Radyoaktif Madde Dökülmesi | 115 |
| 7.3.4. Kaza Durumunda İzlenecek Yöntemler | 116 |
| 7.4. Tehlikeli Madde Kazaları..... | 116 |
| 7.4.1. Koruyucu Giysi Çeşitleri..... | 118 |
| 7.4.2. Dekontaminasyon..... | 120 |
| 7.4.3. Zehirli Maddelere Maruz Kalma..... | 122 |
| 7.4.4. Tehlikeli Maddelerin Sınıflandırılması | 122 |
| UYGULAMA FAALİYETİ..... | 125 |
| ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME..... | 127 |
| MODÜL DEĞERLENDİRME | 128 |
| CEVAP ANAHTARLARI..... | 133 |
| ÖNERİLEN KAYNAKLAR..... | 139 |
| KAYNAKÇA | 140 |

AÇIKLAMALAR

| | |
|--|---|
| KOD | 523E00196 |
| ALAN | Biyomedikal Cihaz Teknolojileri |
| DAL/MESLEK | Alan Ortak |
| MODÜLÜN ADI | Tıbbi Cihazlarla Güvenli Çalışma |
| MODÜLÜN TANIMI | Tıbbi cihazlarla güvenli çalışma için gerekli tedbirleri alarak olası tehlikeleri önleyebileceğiniz bilgi ve becerilerin kazandırıldığı öğrenme materyalidir. |
| SÜRE | 40/24 |
| ÖN KOŞUL | |
| YETERLİK | Biyomedikal cihazlarla güvenli çalışmak |
| MODÜLÜN AMACI | <p>Genel Amaç Bu modül sonrasında standartlara uygun olarak (TS EN 60601-1, TS EN 60601-1-4, TS 2127 EN 60065) tıbbi cihazlarla çalışma için gerekli tedbirleri alarak güvenli çalışabileceksiniz.</p> <p>Amaçlar</p> <ol style="list-style-type: none">1. Tıbbi cihazların güvenli çalışmasını sağlayacak tedbirleri alabileceksiniz.2. Tıbbi cihazların meydana getirebileceği diğer tehlikeleri önleyebileceksiniz.3. Radyoaktif risklere karşı vücudu koruyucu tedbirleri alabileceksiniz.4. Radyoaktif risklere karşı çevreyi koruyucu tedbirleri alabileceksiniz.5. Elektromanyetik alan etkilerine karşı çalışma ortamlarında tedbir alabileceksiniz.6. Olası diğer mesleki tehlikeleri tanıyarak tedbir alabileceksiniz.7. Ortam koşullarını tespit ederek güvenli yaklaşabileceksiniz. |
| EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI | <p>Ortam: Dal atölyeleri, tıbbi görüntüleme sistemleri dal atölyesi, hastanelerin biyomedikal teknik servisleri.</p> <p>Donanım: Biyomedikal cihazlara ait servis el kitapları, kalibrasyon belge örnekleri, teknik dokümanlar, bakım ve arıza formları, cihaz üzerine ve ortama asılan uyarı işaretleri, radyoaktif tehlikelere karşı koruyucu önlük eldiven, tiroid koruyucu, dozimetre, elektromanyetik etkilere karşı koruyucular, tıbbi gazlara karşı kişisel koruyucular</p> |

**ÖLÇME VE
DEĞERLENDİRME**

Modülün içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra, verilen ölçme araçlarıyla kazandığınız bilgileri ölçerek kendinizi değerlendireceksiniz.

Öğretmen, modül sonunda size ölçme aracı (test, çoktan seçmeli, doğru yanlış vb.) uygulayarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgileri değerlendirecektir.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Tıp alanında tanı ve tedavi amaçlı olmak üzere farklı yapılarda tıbbi cihazlar kullanılmaktadır. Bu cihazlar kullanıldıkları yerlere ve çalışma prensiplerine göre çeşitlilik göstermektedir. Son yıllarda teknolojideki hızlı gelişim tıp alanında kullanılan cihazlarda da önemli gelişmelerin olmasına neden olmuştur. Bu gelişme ile birlikte hastalıkların tanı ve tedavisinde önemli gelişmeler yaşanmaktadır.

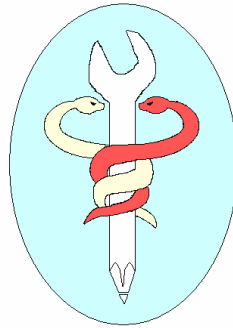
Tıbbi cihazlar hastalıkların tanı ve tedavisinde önemli bir yer tutmakla birlikte hastalar, çalışanlar ve çevre için de önemli riskleri içermektedir. Bu riskler insan sağlığı ve çevre açısından ciddi boyutlarda tehlikeleri de taşımaktadır. Bu nedenle tıbbi cihaz ve sistemlerin risklerini azaltmak, insan sağlığı ve çevre için gerekli güvenlik önlemlerini almak önem arz etmektedir.

Tıbbi cihazlarla sürekli karşı karşıya kalacağınız düşünüldüğünde, bu cihazların tehlikelerine karşı alınması gereken önlemler hem kendi sağlığınız hem de sizin dışınızdaki çalışan ve hastaların sağlığı açısından önemlidir.

Bu modül ile tıbbi cihazların taşıdıkları riskleri tanıyacak bu riskleri azaltmak ya da ortadan kaldırmak için gerekli yöntemleri uygulayabileceksiniz. Tehlike sınıflarına göre uygun koruyucuları seçebileceksiniz. Güvenlik prosedürlerinin oluşturulmasına katkıda bulunabilecek çevre ile ilgili güvenlik önlemlerini alabileceksiniz.

Bu modülde tıbbi cihazların tehlike statülerini, tehlike statülerine karşı alınması gereken güvenlik önlemlerini, uyarı ve ikaz işaretlerini, koruyucuları ve acil durumlarda yapılması gerekenleri bulabileceksiniz.

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 doğurabileceğini unutmayınız. Başarılar dileriz.



ÖĞRENME FAALİYETİ-1

AMAÇ

Bu öğrenme faaliyetini başarıyla tamamladığınızda, hastanelerde bulunan tıbbi cihazların güvenli çalışmasını sağlayacak tedbirleri alabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Herhangi bir cihaza ait teknik ve idari şartname örnekleri bulup inceleyerek arkadaşlarınızla tartışınız.
- Tıbbi Cihazlar Yönetmeliği'ni inceleyerek arkadaşlarınızla tartışınız.

1. TIBBİ CİHAZLARIN GÜVENLİ ÇALIŞMASINI SAĞLAYACAK TEDBİRLERİ ALMA

1.1. Müdahale Yetkisi Olan Elemanlar

Tıbbi teknolojideki ilerlemenin sonucunda bulunup geliştirilen ve rutin olarak kullanılan çok sayıda tanı ve tedaviye yönelik cihaz belirli hastalıkların tedavisinde önemli rol üstlenmiştir. Teknolojinin tıbbi tedaviyi şekillendirmedeki rolünün sonucu olarak profesyonel mühendisler bu alanda da istihdam edilmeye başlamıştır. Mühendislik ile tıp bilimleri arasında biyomedikal mühendisliği adında yeni bir bilim dalı doğmuştur. Buna ilave olarak, hastane içerisinde tıbbi cihazların kullanımının idaresi ile ilgili olarak klinik mühendisliği birimleri oluşturulmaya başlanmıştır.

Doğrudan insan sağlığını ilgilendiren ve yüksek teknoloji ürünü tıbbi cihazların uluslararası standartlara uygun güvenilir ve etkin çalışması, hastaneler için önemli bir konudur. Bu ve benzeri cihazların arızalı kalma sürelerinin en aza indirilmesi, yedek parça ve sarf malzemelerinin zamanında ve etkin bir şekilde yapılması, ayrıca normal kullanım esnasında meydana gelebilecek arızalara kısa sürede müdahâle edilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu nedenle günümüzde hasta bakımı, tanı ve tedavi için gerekli olan sistem ve cihazların etkin bir şekilde kullanılması, cihazlardan dolayı oluşabilecek kazalarda hasta, sağlık personeli ve çevrenin güvenliğine yönelik prosedürlerin oluşturulması amacıyla klinik mühendislik birimlerinin kurulması zorunlu hâle gelmiştir.

Tıbbi cihazların özellikle son yıllarda ileri teknoloji ürünü karmaşık yapıda cihazlar olması, bu cihazlara montaj, bakım, onarım ve güvenlik önlemlerinin alınması gibi müdahâlelerin yetkili ve cihazla ilgili eğitimden geçmiş kişiler tarafından yapılmasını gerekli kılmıştır. Bu nedenle cihazların insan ve çevre sağlığı konusunda çok önemli tehlikeler içermesi de göz önünde bulundurularak cihazlara müdahâle önemli ölçüde sınırlandırılmıştır. Bütün müdahâleler biyomedikal mühendislik ve biyomedikal teknisyenliği alanında eğitim görmüş, cihazla ilgili eğitim kurs ve seminerlerine katılmış sertifikalı kişiler tarafından yapılması zorunluluğu ortaya çıkmıştır.

1.1.1. Servis Elemanlarının Klinik Mühendislik Birimlerindeki Roller

Klinik mühendislik biriminde çalışan teknik personel, klinik mühendisinin yönetim ve denetiminde, genel olarak klinikte çalışan doktor, hemşire, hastane yönetimi, tıbbi cihaz satan ve kiralayan firmalarla, araştırma ve planlama birimleriyle ve hastalarla diyalog içerisinde tıbbi cihazlarla ilgili sorunlara hızlı ve doğru çözüm üretme çabası içerisinde bulunmalıdır. Sağlık alanında kullanılan sistemler ve cihazlar; üretimi, kullanımı ve içerdiği tehlikeler açısından farklılıklar göstermektedir. Servis elemanları ilgili oldukları birim ve cihazlarla ilgili eğitim almış ve yetkilendirilmiş olmalıdır. Yetkilendirilmedikleri ve eğitimini almadıkları birim veya cihazlara müdahâlede bulunmamalıdır. Servis elemanları tıbbi cihaz ve sistemlerden dolayı oluşabilecek tehlikelerin oluşumunu engellemede ve güvenli çalışma ortamlarının oluşturulmasında da önemli bir rol üstlenirler. Servis elemanları gerek bakım-onarım gerekse kullanım esnasında oluşabilecek tehlikelere meydan vermemek için yetkilendirildiği cihaz ya da sistemlerle ilgili güvenlik önlemlerini oluşturulmuş prosedürler ve talimatlar doğrultusunda yapmalıdır.

1.1.2. Müdahale Yetkileri

Biyomedikal teknisyenlerin klinik mühendisliği birimindeki sorumluluklarını ve müdahâle yetkilerini aşağıdaki şekilde sıralamak mümkündür.

- Yeni tıbbi teknolojiyle ilgili planlamalara ve satın alma öncesi tıbbi cihazlarla ilgili değerlendirmelere katkıda bulunmak
- Tıbbi cihazlara modifikasyon, bakım ve onarım yapmak
- Tıbbi cihazların bakım-onarım hizmetlerinin maliyet analizini yaparak verimliliklerini kontrol etmek
- Tıbbi cihazların emniyet ve verimlilik testlerini periyodik olarak yapmak
- Yeni alınan ya da onarımdan gelen tıbbi cihazların uygunluklarını incelemek
- Satıcı ve yetkili firmalarla, cihazlarla ilgili bakım-onarım ve yedek parça ihtiyacına yönelik koordinasyonda bulunmak
- Tıbbi cihazların envanterini güncelleştirmek ve sayım kontrolünü yapmak
- Tıbbi cihazların ve sistemlerin etkin ve emniyetli bir şekilde kullanılabilmesi için ilgili klinik personelini eğitmek
- Bakım, onarım ve kullanım esnasında gerekli emniyet tedbirlerini almak
- Hastanede mevcut tıbbi cihazlara ait teknik şema ve dokümanları arşivlemek
- Yeni üretilen tıbbi cihazlara ait doküman arşivi oluşturmak
- Bakım-onarım ve kalibrasyon hizmetine esas olacak şekilde yıllık bazda yedek parça ihtiyacını tespit ve tedarik etmek
- Gerek mevcut tıbbi cihazların verimliliklerini artırmaya, gerekse yeni tıbbi cihaz tasarımına esas teşkil edecek araştırma ve geliştirme faaliyetlerine katkıda bulunmak

1.2. Şartnameler

Satın alınacak malzeme veya hizmet için firmalarca verilecek tekliflere ya da yapılacak görüşmelere esas teşkil eden ve alımın tanımı ile idari, hukuki, mali ve teknik konuları ayrıntılı biçimde belirleyen belgelere **şartname** denir. Kullanılan cihazların güvenli çalışması, cihazların üretim aşaması ve daha sonrasındaki bakım ve onarım etkinlikleri ile doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle cihazlar satın alım aşamasında ulusal ve uluslararası çalışma ve güvenlik standartlarını ve üretici firmanın bakım onarım garantilerinin satın alım aşamasında şartnamelerle belirlenmesi oldukça önemlidir. Şartnameler satın alımlarda satın alan ve ürün veya hizmeti veren firma arasında satın alımdan sonra ortaya çıkabilecek hukuki ve teknik problemlerin önlenmesi açısından oldukça önemli bir belgedir. Şartnameler hazırlanırken olabildiğince titiz davranılıp daha sonradan oluşabilecek yanlış anlaşılmalara meydan vermemelidir. Bu yüzden şartnamelerde kullanılan ifadeler kesin ve anlaşılır olmalıdır. Kurumlar tarafından tıbbi cihaz ve hizmet alımlarında iki farklı şartname hazırlanmaktadır. Bunlar teknik ve idari şartnamelerdir.

1.2.1. Teknik Şartname

Satın alınacak cihaz ya da hizmetin teknik özelliklerinin belirtildiği şartnamelerdir. Teknik şartnamelerde satın alınacak cihaz ya da hizmetle ilgili teknik konular oldukça ayrıntılı bir şekilde yanlış anlamalara meydan vermeyecek şekilde açık ve kesin bir şekilde belirtilmelidir. Bilindiği gibi ileri teknoloji ürünü özel tasarlanmış, kullanımı uzmanlık isteyen cihaz ve sistemler, hasta, çalışan ve diğer ilgililerin sağlığı için önemli riskleri de içermektedir. Bu nedenle üretici firmalar Sağlık Bakanlığı tarafından yayımlanan Tıbbi Cihazlar Yönetmeliği'nin genel gerekler başlığı altında yayımlanan koruyucu tedbirleri almış ve TS EN 60601 tıbbi cihazlar güvenlik kuralları ile ilgili standartlara uygun cihazlar üretmek zorundadır. Bu nedenle teknik şartnamelerde konu ile ilgili yönetmelik ve standartlar açık bir şekilde belirtilmelidir. Ayrıca teknik şartnamelerde yer verilecek diğer konular Sağlık Bakanlığı'nın konu ile ilgili yönetmeliklerinde de aşağıdaki şekilde belirtilmiştir.

1.2.1.1. Teknik Şartnamede Yer Verilecek Hususlar

İdarelerce hazırlanacak teknik şartnamelerde aşağıdaki hususların bulunması zorunludur:

- Satın alınacak olan hizmetin genel nitelikleri ve hizmet sağlama koşulları
- Hizmetin özellikleri dikkate alınmak suretiyle, hizmetin devamı esnasında kullanılması zorunlu olan tıbbi cihaz, araç ve gereçlerin idare tarafından mı yoksa yüklenici tarafından mı temin edileceği
- Yüklenicinin temin edeceğinin öngörülmesi hâlinde, kullanılacak tıbbi cihaz, araç ve gereçlerin kapasite ve teknik özellikleri ile bu tıbbi cihaz, araç ve gereçlerin beş yaşından büyük olamayacağı, imal tarihinin, seri numaralarının ve teknik özellikleri ile kapasitelerinin belgelendirilmesinin zorunlu bulunduğu
- Tıbbi cihaz, araç ve gereçlerin kullanımı ve bakımı için istihdamı zorunlu çekirdek personelin sayısı ve nitelikleri

- Tıbbi cihaz, araç ve gereçlerin kurum içinde ya da hizmeti aksatmayacak şekilde kurum dışında kurulup kurulamayacağı
- Kurum içinde kurulması hâlinde, montaj yerinin hazırlanması ve tefrişi gibi hizmet sunabilir duruma getirilmesi için gerekli düzenlemelerin yüklenici tarafından yerine getirileceği
- Tıbbi cihaz, araç ve gereçlerin periyodik ve periyodik olmayan tüm bakım ve onarımlarının yüklenici tarafından yaptırılacağı ve bu işler için gerekli her türlü yedek parça ve sarf malzemelerinin yüklenici tarafından sağlanacağı
- Tıbbi cihaz, araç ve gereçlerin, teknik şartnamede öngörülen şekilde çalışmamasından kaynaklanabilecek hizmet aksamalarında uygulanacak müeyyide
- Cihazla ilgili CE, ISO, TUV gibi sertifikaların istenmesi ve gelen cihazın üzerinde de bu sertifika plaketa ya da etiketinin bulunması gerekmektedir.

Hizmet verecek isteklinin nitelikleri ile hizmet sunumu esnasında kullanılacak olan tıbbi cihaz, araç, gereç ve sarf malzemelerinin özellikleri konusunda idareler, işin özelliklerini de dikkate alarak, rekabeti önleyici nitelikte olmamak şartıyla ilave teknik şartların sağlanmasını isteyebilirler.

1.2.2. İdari Şartnameler

İdari şartnameler ürün ve hizmet alımı yapan kurumun söz konusu alımla ilgili idari, hukuki ve mali konuları belirttiği şartnamelerdir. İdari şartnameler satın alınan cihaz, sistem ya da hizmetten dolayı, hizmeti sağlayan firmanın hatası ya da ihmalden kaynaklanacak, kullanıcı, hasta ve diğer ilgili kişilerin görebileceği zararların hukuki olarak güvence altına alınması ve bağlayıcı olması açısından önemli belgelerdir. İdari şartnamelerin hazırlanış şekli ve içerikleri Sağlık Bakanlığı tarafından aşağıdaki maddelerin bulunması standart hâle getirilmiştir.

- İşin niteliği, nevi ve miktarı
- Taşınmaz malların satışı, kiraya verilmesi, trampa edilmesi ve üzerlerinde mülkiyetin gayri ayni hak tesisinde tapu kayıtlarına göre, yeri, sınırı, yüzölçümü, varsa pafta, ada ve parsel numarası ve durumu
- Tahmin edilen bedeli, geçici teminat miktarı ve kesin teminata ait şartlar
- İşin yapılma yeri, teslim etme ve teslim alma şekil ve şartları
- İşe başlama ve işi bitirme tarihi, gecikme hâlinde alınacak cezalar
- İsteklilerde aranılan şartlar ve belgeler
- İhâleyi yapıp yapmamakta ve uygun bedeli tespitinde kuruluşun serbest olduğu
- İhâle kararının karar tarihinden itibaren en geç 10 iş günü içinde ihâle yetkilisince onaylanacağı veya iptal edilebileceği
- Vergi, resim ve harçlarla sözleşme giderlerinin kimin tarafından ödeneceği
- Ödeme yeri ve şartlarıyla avans verilip verilmeyeceği, verilecekse şartları ve miktarı
- Sözleşme konusu işlerin malzeme veya birim fiyatlarındaki değişiklikler sebebiyle eğer ödenecekse fiyat farkının ne şekilde ödeneceği

- Süre uzatımı verilebilecek hâller ve şartları
- İşin süresinden önce bitirilmesinde fayda görülen yapım işlerinde erken bitirme primi verilecekse miktarı, şartları ve ödeme şekli
- İhtilafların çözüm şekli

1.2.3. Yönetmelikler

Yasa ve tüzüklerin uygulanmasını sağlamak amacıyla hazırlanan, düzenleyici kuralların yazılı olduğu resmi belgelere **yönetmelik** denir. Herhangi bir alan için düzenlenen yönetmelikte amaç, ilgili alandaki faaliyetlerin yasalarda belirtilen hükümler çerçevesinde yürütülmesini belirli kurallar altına almasıdır. Bütün yönetmeliklerin amacı, kapsamı ve hukuki dayanağı açık olarak belirtilmiştir.

Örnek bir yönetmelikte konuyu inceleyecek olursak; konumuzla ilgili olması açısından, Sağlık Bakanlığı tarafından çıkartılan 13.03.2002 tarih ve 24694 sayılı ile çıkarılan Tıbbi Cihazlar Yönetmeliği;

Amacı, insan sağlığında doğrudan veya dolaylı olarak kullanılan tıbbi cihaz ve aksesuarlarının taşınması gereken temel gereklerinin belirlenmesine, tasarımına, üretimine, dağıtımına, piyasa arzına, hizmete sunulmasına, kullanılmasına, sınıflandırılmasına, denetlenmesine ve tıbbi cihaz ve aksesuarların kullanımı sırasında hastaların, uygulayıcıların, kullanıcıların ve üçüncü kişilerin sağlık ve güvenliği açısından ortaya çıkabilecek tehlikelere karşı korunmalarını sağlayacak şekilde piyasaya sunulmasına ilişkin usul ve esasları düzenlemektir.

Kapsamı, bu yönetmelik; kamu kurum ve kuruluşları ile gerçek ve tüzel kişilerin, tıbbî cihaz ve aksesuarlarının tasarımı, üretimi, dağıtımı, piyasaya arzı, hizmete sunulması ve kullanımı ile ilgili bütün faaliyetlerini kapsar.

Hukuki Dayanağı, bu Yönetmelik; 29.6.2001 tarihli ve 4703 sayılı Ürünlerle İlişkin Teknik Mevzuatın Hazırlanması ve Uygulanmasına Dair Kanununun 4 üncü maddesine, 7.5.1987 tarihli ve 3359 sayılı Sağlık Hizmetleri Temel Kanununun 3'üncü maddesinin (k) bendi ile 9'uncu maddesinin (c) bendine 13.12.1983 tarihli ve 181 sayılı Sağlık Bakanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararnamenin 43'üncü maddesine dayanılarak hazırlanmıştır. İnsan sağlığını doğrudan veya dolaylı etkileyen tıbbi cihazların güvenli çalışması için gerekli yükümlülükler, yönetmeliklerde hem üretici firma açısından hem de cihazın kullanımından ve bakım-onarımından sorumlu kurum açısından açıkça belirtilmiştir. Bu yükümlülöklere örnek olarak, 13.03.2002 tarih ve 24694 sayılı Tıbbi Cihazlar Yönetmeliği'nin aşağıdaki maddelerini verebiliriz.

1) Cihazlar; beyan edilen amaç ve şartlara uygun olarak kullanıldığında, ortaya çıkabilecek tehlikeler, hastaya sağladığı faydaya göre makul ve kabul edilebilir nitelikte olmalı ve cihazlar, hastaların güvenliği, klinik şartları, kullanıcı ve üçüncü kişilerin sağlığını ve güvenliğini bozmayacak ve yüksek seviyede koruyacak şekilde tasarlanmalı ve üretilmelidir.

2) Üretici, cihazların tasarım ve üretiminde, genel olarak benimsenen teknik yöntemleri ve çözümleri göz önünde bulundurarak, güvenlik prensiplerine uymalı ve aşağıda belirtilen hususları uygulamalıdır:

- Tehlikeleri mümkün olduğu kadar azaltmak veya ortadan kaldırmak için güvenli tasarım ve üretim yapılmalıdır.
- Tehlikelerin önlenememesi hâlinde gerekli alarm ve ikaz önlemleri alınmalıdır.
- Kabul edilen koruma tedbirlerinin yetersizliğine bağlı olarak kalan tehlikeler kullanıcıya bildirilmelidir.

3) Cihaz, üretici tarafından öngörülen performansa ulaşmalı ve bu Yönetmeliğin 4'üncü maddesinin (i) bendinde belirtilen işlevlerin biri veya birden fazlasına uygun olabilecek bir tarzda tasarlanmalı, üretilmeli ve ambalajlanmalıdır.

4) Cihazın üretici tarafından belirtilen kullanım süresi boyunca, normal şartlar altında kullanımı sırasında ortaya çıkabilecek olumsuzluklar; cihazın bu Ek'in 1'inci, 2'nci ve 3'üncü şıkında belirtilen özellikleri, performansı ve klinik şartları değiştirecek, hastanın, kullanıcının ve üçüncü kişilerin sağlık ve güvenliğini bozacak nitelikte olmamalıdır.

5) Cihazlar, üreticiden temin edilen kullanım kılavuzunda verilen bilgilere uygun şekilde nakledildiğinde ve depolandığında, öngörülen kullanım süresince özellikleri ve performansı olumsuz yönde etkilenmeyecek şekilde tasarlanmış, üretilmiş ve paketlenmiş olmalıdır.

6) Cihazın istenmeyen yan etkileri, cihazdan beklenen performanslara nazaran değerlendirildiğinde kabul edilebilir bir risk teşkil etmelidir.

1.2.4. Yönergeler

Yönetmeliklerde değinilmeyen konulara açıklık getirmek için düzenlenen resmî belgelere **yönerge** denir. Yönergeler ilgili alandaki yönetmeliklerin günün koşullarında yetersiz kalan konularını ve yeteri kadar değinilmeyen konulara açıklık getirmek üzere ilgili kurum tarafından yayımlanan belgelerdir. Yönergelerde de yönetmeliklerde olduğu gibi amaç, kapsam ve hukuki dayanak belirtilir. Tıbbi cihazların güvenlik koşulları ile ilgili yönetmeliklerde bulunmayan konular yönergelerle açıklanmıştır.

1.3. Koruyucu ve Teknik Bakım

1.3.1. Önemi

Teknolojideki gelişmeler genel olarak tüm alanlarda özel olarak da tıp elektroniğinde üretim ve hizmetleri önemli ölçüde etkilemiştir. Tıbbi cihazların performansı, cihazdan alınacak hizmet ve verimi kullanıcı açısından çok etkilemektedir. Tıbbi cihazlarda insan/hasta sağlığı boyutu düşünüldüğünde bu durum daha bir önem arz etmektedir. Başarılı bir sağlık hizmetinin verilmesi, teknoloji ürünü olan tıbbi cihaz ve sistemlerin sağlık kuruluşlarında verimli ve güvenilir bir şekilde kullanılmaları ile mümkündür. Ülkemizde her yıl yüklü miktarlarla alınan tıbbi cihazlar ithâl edilmekte fakat bu cihazlar verimli bir şekilde kullanılamamakta hasta ve kullanıcılar açısından önemli riskler içermektedir.

Bunun başlıca sebebi bakım, onarım ve kalibrasyon hizmetlerinin yetersizliğidir. Bu nedenle tıbbi cihazların kullanım ömürlerinin uzatılması, yüksek maliyetli arızaların oluşmaması, kullanıcı ve hastalara zarar verebilecek kazaların en aza indirilebilmesi açısından cihaz bakımları oldukça önem kazanmaktadır. Tıbbi cihazlardaki arıza ve tehlikeler insan sağlığını doğrudan etkilediği gibi uzun süreler arızalı kalan cihazlar da, cihazı kullanan kurumları ekonomik olarak ciddi boyutlarda kayba uğratmaktadır. Bu sakıncaların giderilmesi planlı bir bakım organizasyonundan geçmektedir. Planlı bir bakım işlemi;

- Hasta, personel ve ziyaretçilere yönelik olarak oluşabilecek tehlike riskini azaltır.
- Cihazın arızalanmasını önlediğinden, hizmetin aksamadan sürekliliğini sağlar.
- Cihazın güvenilirliğini sağlar.
- Meydana gelebilecek arıza ve aksaklıkların önceden bilinmesini sağlar.
- Kaza ve hasarların neden olabileceği can ve mal kaybını önler.
- Onarım işini kolaylaştırır.
- Eksilen ve eskiyen yenilenerek cihazın kullanım ömrü uzatılır.

Tıbbi cihazlarda bakım iki şekilde gerçekleştirilmektedir.

1.3.2. Çeşitleri

1.3.2.1. Koruyucu Bakım

Koruyucu bakım, cihazların kullanımına yönelik parça ve sarf malzemelerinin belirli bir plan çerçevesinde, kullanım ve bakım talimatları doğrultusunda yapılan bakımdır. Koruyucu bakım aşağıdaki faaliyetleri içerir:

- Temizleme
- Yağlama
- Ayarlama
- Parça değişimi
- İşlev testi
- Verimlilik testi ve kalibrasyon
- Emniyete yönelik kontrol

Koruyucu bakımın amacı cihazların kullanım süreleri ve yoğunlukları da göz önüne alınarak gerekli değişim ve ayarların yapılarak cihazların arıza yapmalarını engellemek, kullanım ömürlerini uzatmak ve güvenli çalışmalarını sağlamaktır. Bu çerçevede koruyucu bakım cihazın özelliklerine ve kullanım alanlarına göre günlük, haftalık ya da aylık olarak yapılabilir. Koruyucu bakım yetkili biyomedikal cihaz teknisyeni tarafından yapılmalıdır. Kullanıcı tarafından yapılan işletme bakımı bu gruba dâhil edilmemelidir. Biyomedikal cihaz teknisyenlerinin planlı bakım programlarını başarı ile uygulayabilmeleri için uygun test ve kalibrasyon cihazlarına da sahip olmaları gerekir. Multimetre, EKG simülatörü, sızıntı akımı ölçüm cihazı, taşınabilir kompresör, çeşitli el aletlerini içeren bakım çantası her bakım teknisyeninde olması gereken aletlerdir. Tıbbi cihaz teknisyenleri bakımlarını yaparken gerekli bütün emniyet tedbirlerini aldıktan sonra bakım işlemine geçmelidir.

1.3.2.2. Teknik Bakım

Teknik bakım genel olarak koruyucu bakımın içinde de yer alabileceği gibi yetkili teknik servis elemanına ihtiyaç duymasından dolayı ayrı değerlendirilmektedir. Teknik bakımda servis elemanı cihazın kullanım ve bakım talimatlarına uygun bir şekilde davranmalı yetkisi çerçevesinde test, kontrol ve değişimleri gerçekleştirmelidir. Teknik bakımda koruyucu bakımda olduğu gibi cihaz özelliklerine göre haftalık, aylık, üç aylık, altı aylık ve yıllık periyotlarda gerçekleştirilmektedir. Aynı cihaza farklı periyotlarda bakım gerçekleştirilerek her periyotta cihazlar farklı açılardan bakıma alınabilirler. Periyodik bakımların tespit edilen sürelerde zamanında yapılması da cihazların arıza yapmasını önleyen ve kullanım ömrünü uzatan önemli bir konudur. Bu nedenle teknik bakımlar belirli bir plan dâhilinde yapılarak her bakımda gerçekleştirilen işlemler cihaz bakım formuna kaydedilmelidir. Aşağıda cihaz bakım formuna örnek verilmiştir.

Tıbbi cihaz teknisyeni bakım esnasında güvenli çalışabilmesi için aşağıdaki kurallara dikkat etmelidir.

Önemli: Cihazların bakım-onarımları yetkili ve eğitim almış servis elemanlarınca yapılmalıdır.

- Cihazların koruyucu ve periyodik bakımı zamanında ve talimatlara uygun olarak yapılmalıdır.
- Uyarı ve ikaz işaretleri kullanılmalıdır.
- Cihazların emniyetleri iptal edilmemelidir.
- Cihazların toprak hatları kontrol edilmelidir.
- Elektrikli cihazların elektrik şebekesiyle olan bağlantıları öncelikle panodan kesilmelidir.
- Cihaz içinde çevreye zararlı olan, bu nedenle özel işlem yapılması gereken radyoaktif madde, zehirli kimyasal maddeler gibi özel işleme tabi malzeme ve maddeler usulüne uygun olarak ortadan kaldırılmalıdır.
- Cihazlar sökülürken yalnız çalışılmamalıdır. Acil durumlarda yardım edecek en az bir kişinin olması cihaz mahallinde çalışan personelin yararındadır.
- Tanınmayan ya da üzerinde bilgi sahibi olunmayan cihazlar sökülürken ekstra bilgi edinilmelidir. Demontaj için gerekli bilgiler cihazı kullanan personelden ve cihazın temsilciliğini yapan firmalardan soruşturulup toplanmalıdır. Bu gibi durumlarda cihazın parçalarını gösteren yedek parça listelerinden ve montaj kitapçıklarından yararlanılmalıdır.
- Söküm mahalli sürekli temiz ve tertipli bulundurulmalıdır. Etrafa saçılmış ya da atılmış parçalar ve yağlar kaymaya, düşmeye ve tehlikeli durumlarda kaçış için gerekli olan yolun tıkanmasına neden olur. Hareket serbestisini kısıtlayan büyük kapak ve hafif parçalar demontaj mahallinden başka bir yere istiflenmelidir.

- Öncelikle cihazın yan bağlantıları ve aksesuarları (örneğin; masalar, kabinler, yağ pompaları, monitörler, kablo bağlantıları, YG trafoları vb. gibi) sökülüp ayrılmalıdır ve bunlar cihaz mahallinden uzaklaştırılmalıdır. Genti, C-kol ve tavan veya yer statifi gibi taşıyıcı ana parçalar etrafındaki kapak, dişli, kablo ve aksesuarlardan tamamen arındırılmalıdır.
- Arızalanan ve yıpranan parçalar yerine orijinal ve tamamen eş değer yedek parçalar kullanılmalıdır.
- Uygun sarf malzemesi kullanılmalıdır.
- Cihaz ve yan aksamından akışkan nitelikteki gıda ve diğer tıbbi solüsyonları ve iğne gibi iletken, cihazın iç kısımlarına nüfus edebilen parçaları kullanırken dikkatli olunmalıdır.
- Ömürlü malzemeler zamanında değiştirilmelidir.



Resim 1.1: Manyetik rezonans cihazı bakım-onarım için sökülmüş hâli

1.4. Parça Değişimi ve Yedek Parça

Tıbbi cihazlarda güvenli çalışmanın önemli koşullarından biri de cihazda kullanılan parçaların işlevlerini istenilen düzeyde yapabilmeleri ile ilgilidir. Tıbbi cihazlar kullanım suresince periyodik sureler içerisinde parça ve malzemelere ihtiyaç duyarlar. Bunları genel olarak yedek parça ve sarf malzemeleri olarak iki sınıfta toplayabiliriz.

1.4.1. Yedek Parça

Tıbbi cihazların kullanım yoğunluğuna ve suresine gore yıpranma ya da arızalanma nedeni ile değişime ihtiyaç duyulan elektrik, elektronik ya da mekanik aksamlarıdır. Bu parçaların testler sonucu ngrülen kullanım ömürleri söz konusudur. Her ne kadar koruyucu bakım ile bu parçaların kullanım mru uzatılabilirse de cihazın güvenliğini ve güvenilirliğini etkilememesi açısından, cihazın katalog bilgilerinde yer alan sureler içinde değiştirilmesinde yarar vardır.

1.4.2. Sarf Malzemeleri

Tıbbi cihazlarda sarf malzemeleri, hastaların tanı ve tedavileri esnasında, cihazların uygun bölümlerine yerleştirilen tek kullanımlık ya da belirli bir sure zarfında tüketilen malzemelerdir. Bunlara EMG cihazlarında kullanılan kağıt, mürekkep ve elektrotları, film banyo cihazlarında kullanılan banyo solüsyonlarını örnek gösterebiliriz.

1.4.3. Orijinal Malzemenin nemi

Yüksek tıbbi teknoloji ürünü cihazlarda kullanılan malzemelerin kalitesi, genel olarak, cihaz ya da sistemin güvenli çalışmasını, hassasiyetini, güvenliğini ve çalışma ömrünü önemli ölçüde etkilemektedir. Cihaz ya da sistemin teknik özelliklerine uygun olmayan malzeme kullanımı veya belirli periyotlarda değiştirilmesi gereken malzemenin sözde tasarruf amacı ile normalden çok daha uzun sureler kullanılmaya çalışılması, sonuçta elde edilen çıktının kalitesinin istenenden çok düşük veya elde edilen sonucun yanlış olmasına yol açmaktadır. Ayrıca, bazı kritik malzemelerin yanlış kullanımı sonucunda cihaz ya da sistemde önemli arızalar ve kazalar meydana gelmektedir. Tasarruf amacı ile belli aralıklarla değiştirilmesi gereken malzemelerin uzun sureler kullanılmasına en çarpıcı örnek radyoloji bölümlerindeki film banyo cihazlarıdır. Uzun sure değiştirilmeden kullanılan, banyo solüsyonları cihazların özellikle merdane ve dişlilerinde büyük tahribatlar yaparak arızalara yol açmakta veya iyi çekilmiş olsa bile bir röntgen filminin işlem sonrasındaki kalitesini oldukça düşürebilmektedir. Ne yazık ki, genelde cihaz ya da sistem alımlarında gösterilen hassasiyet, daha sonra bunların çalışmasında veya mru üzerinde önemli rol oynayabilecek malzemelerin seçiminde gösterilmemektedir. Sonuç ise, gerek elde edilen çıktıların kalitesinde gerekse cihaz ya da sistemin çalışma ömründe ortaya çıkan azalmalardır. Bu nedenle cihazlarda kullanılan sarf malzemeleri ve yedek parçalar standartlarda belirtilen şartları taşıyan orijinal parçalar olmalıdır.

1.5. Kalibrasyon

Kalibrasyon, belirlenmiş koşullar altında, doğruluğu bilinen bir ölçüm standardını veya sistemini kullanarak diğer test ve ölçüm aletinin doğruluğunun ölçülmesi, sapmalarının belirlenmesi ve doküman hâline getirilmesi için kullanılan ölçümler dizisidir. Bir cihazın kalibrasyonunun sonucu; maddi ölçütün, ölçme sisteminin veya ölçme cihazının gösterge değeri hatasının veya rastgele bir ölçek üzerindeki işaretlere karşılık gelen değerlerin belirlenmesine olanak sağlar.

1.5.1. Kalibrasyonun Gerekliği

Tıbbi cihazların periyodik kalibrasyonları sayesinde, tüm üretim esnasında yapılan ölçümlerin doğruluğu güvence altına alınmış olur. Yapılan kalibrasyonların, ulusal ve/veya uluslararası teknik referans standartlarında izlenebilirliğinin sağlanması gereklidir. ISO 9000 kalite standartlarında, ölçme alet cihazlarının güvence altına alınması, yani kalibrasyon zorunluluğu vardır. ISO 9000 ya da benzeri belgeye sahip olmak isteyen kurumların karşısına, kalibrasyon, bir sorun olarak çıkmaktadır. Bunun çözümünde iki seçenek vardır. Kurumlar, kalibrasyonlarını ya kendi bünyelerinde kurdukları bir laboratuvarla gerçekleştirebilirler ya da kalibrasyon laboratuvarlarının, cihaz, yetişmiş personel ve uygun iklimli ortam gereksinimlerinin olması nedeniyle, bu hizmetin mevcut güvenilir laboratuvarlardan teminine gidebilirler.

1.5.2. Kalibrasyonun Önemi

Doğrudan insan sağlığını etkileyen tıbbi cihazların, hastalara doğru tanı ve tedavi yöntemlerinin uygulanmasında önemli katkıları vardır. Ancak bu doğru tanı ve tedaviler, cihazların güvenilirlikleri ile doğrudan ilgilidir. Tıbbi cihazlardan doğru ve güvenilir çıktılarının alınması da uluslararası standartlarda yapılan kalibrasyonlar sonucunda elde edilebilir. Cihazların imalatçı tarafından önerilen bir şekilde, belirlenen uluslararası ölçütlere uygun olarak çalışmasının sağlanması, tanı ve tedavi hizmetlerinin kalitesini artıracak bunu sonucunda da hasta memnuniyetinin artması sağlanmış olacaktır. Sağlık kuruluşlarının kendi alanlarında saygın bir konum kazanmaları da verdikleri tanı ve tedavi hizmetlerinin kalitesiyle doğru orantılıdır. Bu da kalibrasyonun önemini oldukça artırmaktadır. Bu da kalibrasyonun önemini oldukça artırmaktadır. Genel ve biyomedikal kalibrasyon ile ilgili konuları daha sonra “Biyomedikal Cihazlarda Kalibrasyon” modülünde göreceksiniz.



Resim 1.2: Defibrilatör test cihazı



Resim 1.3: Elektriksel güvenlik test cihazı



Resim 1.4: Ventilatör test cihazı

1.6. Kayıt Altına Alınan Müdahale ve İşlemler

1.6.1. Belgeler

Hastanelerde ve diğer sağlık birimlerinde kullanılan tıbbi cihazların güvenli çalışmalarını sağlamak ve cihazlardan kaynaklanacak tehlikeleri önlemek için cihaz ve sistemler üzerinde yapılan müdahâle ve işlemlerin kayıt altına alınması oldukça önemlidir. Bu da tüm tıbbi cihaz ve sistemlerin planlı ve etkin yönetimi çerçevesinde gerçekleşmektedir. Klinikte kullanılan tüm tıbbi cihazların dökümünün çıkarılması, kontrol numaralarını içeren etiketleme sistemi geliştirilmeli, servis ve kullanımla ilgili dokümanları içeren kayıt ve kütükler oluşturulmalıdır. Cihazlarla ilgili emniyet kuralları oluşturulmalı ve bir prosedür olarak belge hâline getirilmelidir. Kullanıcının cihazda yaşadığı sorunlar raporlaştırılmalıdır. Cihazlara yapılan bakım-onarım ve kalibrasyon kayıt altına alınmalıdır. Tutulan bu kayıtlar cihazlarla ilgili geçmiş durumların değerlendirilmesine olanak vermesinden, cihazlardan kaynaklanacak ölüm ya da ciddi yaralanmalara neden olan durumların tanımlanabilmesi ve daha etkin önlemlerin alınması açısından da oldukça önemlidir. Ayrıca bu kayıtların cihaza yönelik olarak ileride doğabilecek teknik ve hukuksal sorunlara esas teşkil etmek üzere saklanması da oldukça önemlidir.

1.6.2. Envanter Oluşturma

Hastanelerde ve diğer sağlık birimlerinde kullanılan tıbbi cihazların güvenli çalışmalarını sağlamak ve cihazlardan kaynaklanacak tehlikeleri önlemenin ve sağlık hizmetlerinin aksamadan devamını sağlamanın en önemli yolunun tıbbi cihaz ve sistemlerinin yönetimi olduğundan daha önce söz etmiştik. Hastanelerdeki tıbbi cihaz yönetiminin en önemli koşulu hastanede bulunan cihaz ve sistemlerin kayıt altına alınarak takibinin yapılmasıdır. Bu amaçla yapılan çalışmaya ve tutulan kayıtlara da **envanter** adı verilmektedir. Tıbbi cihaz envanteri kısaca hastane ya da klinikte bulunan tıbbi cihazların dökümü anlamına gelmekle birlikte aşağıda sıralanan bilgileri de içermektedir.

Bir tıbbi cihaz envanterinde bulunması gereken bilgiler şunlardır:

- Seri numarası
- Marka ve modeli
- Üretildiği ülke
- Ait olduğu klinik
- Çalışma voltajı ve gücü
- Üretici firma
- Alım şekli ve alım tarihi
- Garanti başlangıç tarihi ve garanti süresi
- Yurt içi temsilci firmanın adı
- Servis katalogları
- Dokümanları
- Aksesuarları

1.7. Cihazların Tehlike Statüleri

1.7.1. Cihaz Tehlikelerinin Sınıflandırılması

Tıbbi cihazlar insan sağlığı için tanı ve tedavide oldukça fayda sağlamasının yanında gerek kullanım gerekse bakım ve onarım esnasında bazı tehlikeleri de beraberinde getirmektedir. 14 Haziran 1993 tarihinde Avrupa Bakanlar Konseyi tarafından kabul edilen Tıbbi Cihazlar Direktifinde tıbbi cihazlar kullanımından, üretiminden, tasarımından kaynaklanan Tehlike Statülerine göre 4 grupta ele alınmış ve (Direktif 93/42/EEC)'de ayrıntılı olarak tanımlanmıştır.

Direktif, ilk yardım bandajlarından koltuk değneklerine, CT tarayıcılarına, inaktif implantlara kadar değişiklik gösteren geniş bir ürün yelpazesini kapsar. Bunların birçoğunun kullanımı herhangi bir tehlike arz etmezken diğerleri hasta veya kullanıcılar için önemli ölçüde risk teşkil etmektedir. Ancak, tüm ürünler için en sıkı kontrollerin uygulanması, üreticilerin bir kısmının ilave, masraflı ve gereksiz usuller belirlemesini gerektirecektir. Bu nedenle, kontrolün seviyesinin mümkün olduğunca cihazın taşıdığı riske göre ayarlanması önemlidir. Dolayısıyla fark edilen riskle ilgili kontrollerin olabildiğince esnek (bu sayede işin üzerindeki bürokratik ve mali yükler hafifletilir) ve gerektiğinde sıkı (bu sayede hasta ve kullanıcının sağlığı yeterince korunur) tutulması yönünde girişimlerde bulunulmuştur.

Sınıflar

Direktif kapsamındaki cihazlar tehlike statülerine göre 4 grupta sınıflandırılmıştır:

- Sınıf I - genellikle düşük risk olarak değerlendirilir.
- Sınıf IIa - genellikle orta risk olarak değerlendirilir.
- Sınıf IIb - genellikle orta risk olarak değerlendirilir.
- Sınıf III - genellikle yüksek risk olarak değerlendirilir.

Daha önce Medikal İletişim modülünde de değinildiği gibi tıbbi cihazların tehlike statülerine göre sınıflandırılmasına ilişkin olarak T.C. Sağlık Bakanlığı tarafından bazı kurallar belirlenmiştir. Kurallar, sürekli güncelleme gerektiren ürünlerin listesinden ziyade durumlara, fonksiyonlara, muamele gören vücudun bölümlerine, vs.ye ilişkin olan bir takım geniş beyandan ibaret olup daha esnek olmanın ve tıbbi teknolojiye yeni gelişmeleri karşılayacak şekilde belirlenmiştir.

- 1-4 arası kurallar -noninvaziv cihazlar
- 5-8 arası kurallar -invaziv cihazlar
- 9-12 arası kurallar -aktif cihazlara uygulanan ilave kurallar
- 13-18 arası kurallar -kapsamına alındıkları sınıflandırmadan daha yükseğini hak eden ürünlere ilişkin çeşitli kurallar.

Yukarıdaki kurallar tehlike statülerine göre sınıflandırmayı düzenlemekle birlikte üretici firmaların cihaz tasarımında ve üretiminde dikkate alması gereken kurallar Tıbbi Cihaz Yönetmeliği EK-I TEMEL GEREKLER bölümünde belirtilmiştir. Buna göre üreticiler cihazların hasta, kullanıcı veya üçüncü kişilerin güvenliğini sağlayacak tedbirleri almakla bunun sağlanamaması durumunda ise çeşitli görsel veya işitsel uyarıcı işaret sistemleri ve belgeleri sağlamakla yükümlü kılınmışlardır

Yukarıda belirtilen tehlike statülerine göre cihazların taşıdıkları tehlike risklerini aşağıda olduğu gibi sınıflandırabiliriz.

1.7.1.1. Mekaniksel Tehlikeler

Bu tür tehlikeler en çok karşılaşılan tehlikelerdir. Kullanıcı ya da servis veren elemanın yanlışlıkla elini kesmesi, kurallara uygun sabitlenmeyen veya hareketli cihazların hasta üzerine düşmesi bu tür tehlikelere örnek gösterilebilir.

1.7.1.2. Elektriksel Tehlikeler

Hastalar hastane ortamı içerisinde ya elektriksel cihazlara bağlanmış ya da elektriksel cihazlarla çevrelenmişlerdir. Bazı hastalar, fiziksel durumlarının gereği olarak düşük düzeyde elektriksel tehlikelere maruz kalabilirler. Bunun dışında oksijence zengin ortamlarda ya da yanıcı anestezi gazlarının bulunduğu ortamlarda elektrik enerjisi bir kıvılcım kaynağı olabilmektedir. Tıbbi cihaz teknisyenleri için elektriksel riskler daha da büyük oranda ortaya çıkmaktadır. Tıbbi cihaz teknisyenleri görevleri gereği cihazların sökülmesi, birleştirilmesi, elektriksel bağlantıların yapılması, fonksiyonel testlerin ve kalibrasyonlarının yapılması nedeniyle her zaman elektriksel şoklara maruz kalma tehlikesiyle karşı karşıyadır.

1.7.1.3. Kimyasal Tehlikeler

Çalışılan ortam ve kullanılan cihazlar itibarıyla kimyasal maddelerle karşılaşım zehirlenme ya da boğulma tehlikelerini kimyasal tehlike olarak nitelendirebiliriz. Örneğin manyetik rezonans cihazı içinde iken azot veya helyum taşıyan borulardan birinin sızıntı yapması veya patlaması sonucu, cihaz içindeki hava bu gazlardan biri ile yer değiştirebilir. Bunun sonucu olarak hasta veya bakım elemanı boğulma tehlikesi ile karşılaşabilir.

1.7.1.4. Biyolojik Tehlikeler

Hastaneler insanların karşı karşıya kaldıkları sağlık sorunlarına çözüm bulmak umuduyla geldikleri ortamlardır. Hastanelerde normal fonksiyonların yerine getirilmesi sırasında gerek hastalardan gerekse yapılan işlemlerden kaynaklanan enfeksiyon riskleri ortaya çıkmaktadır. Günümüzde hastanelerde enfeksiyonun kontrol altında tutulması en önemli konulardan birisi olmaktadır.

Enfeksiyonun kontrol altında tutulmasındaki esas unsurlar;

- İzolasyon,
- Sterilizasyon,
- Tek kullanımlık tıbbi malzemelerin kullanımı,
- Biyolojik ve tıbbi atıklar için gerekli tedbirlerin alınması

olarak sıralanabilir

Tıbbi cihazlar alanında çalışacak teknisyenlerin gerek hastane ortamlarından gerekse doğrudan cihazlardan kaynaklanan biyolojik risklerin farkında olmaları çok önemlidir. Zira üzerinde çalışmakta olduğunuz bir laboratuvar cihazındaki biyolojik kalıntılar, önemli hastalık bulaştırıcı risk taşımaktadır.

1.7.1.5. Optik Tehlikeler

Tıbbi cihazların bazılarında çıkan görünür ve görünmez ışık huzmelerinin insan sağlığı üzerindeki tehlikeleridir. Bu tehlikelerden çeşitli koruma gücüne sahip gözlükler kullanılarak korunmak mümkün olmakla birlikte özellikle görünmez ışığın (mor ötesi ve kızıl ötesi ışınlar) yarattığı tehlikenin fark edilmesi güç olduğundan daha da dikkatli olunmalıdır. Özellikle lazer ışığının meydana getirebileceği bu tehlike insan vücudunda yanmalara, kesilmelere ve çeşitli doku kayıplarına sebep olabilecek niteliktedir.

1.7.1.6. Isıl Tehlikeler

Cihazların çalışma prensibinden dolayı meydana gelen ısı da yanıklara neden olabileceğinden korunmalıdır.

1.7.1.7. Radyoaktif Tehlikeler

Gerek tedavi gerekse tanı amaçlı kullanılan ve radyasyon yayan cihazlar insan sağlığı açısından ciddi tehlikeler oluşturmaktadır. Radyasyonun genel olarak insan sağlığına zararlı etkileri bilinse de tamamen ortadan kaldırılamayan bu etki için insan vücudunun tolere edebileceği belirli sınırlar konarak gerek kullanıcı gerekse de hasta korunmaya çalışılmaktadır. Radyasyondan korunma konusu ileride daha ayrıntılı olarak incelenecektir.

1.7.2. Cihazların Çalışması Sırasındaki Uyarı ve İkaz İşaretleri

Tıp alanında kullanılan cihazlar kullanıldıkları yerlere kullanım amaçlarına göre farklılık gösteren tehlikeleri de içermektedir. Üretici firmalar tehlikeleri mümkün olduğu kadar azaltmak veya ortadan kaldırmak için güvenli tasarım ve üretim yapmak zorunluluğundadır. Bununla beraber tehlikelerin yeterince önlenememesi hâlinde gerekli alarm ve ikaz önlemleri alınmalıdır. Bu önlemlerdeki uyarı ve ikaz işaretleri cihazlara ve cihazlarla birlikte kullanılan maddelere ve materyallere göre farklılık göstermektedir. Bu uyarı ve ikaz işaretleri cihazların kullanımı esnasında olabilecek risklerin yanında cihazların bakım ve onarımında, cihazların ve cihazlarda kullanılan madde ve malzemelerin ambalaj, taşıma ve depolanmasını da kapsamaktadır.

Uyarı ve ikaz işaretleri işitsel ve görsel olabilmektedir. Cihazlar, kullanımları esnasında çıkabilecek riskleri kullanıcıya algılayıcılar aracılığı ile ses veya ışık ile ikaz edecek şekilde tasarlanır. Bazı cihazların ihtiyaç duyduğu sarf malzemelerinin kalitesi veya miktarı kontrol panelindeki ya da monitöründeki ikaz lambaları ya da uyarı komutları ile kullanıcı uyarılır. Bunun yanında cihazın uygun kalibrasyon değerlerinde olmaması ya da belirlenen limit değerlerinin dışında çalışıyor olması da benzer yöntemlerle kullanıcıya uyarı verir. Bu uyarı ve ikaz değerleri ve uyarı şekilleri üretici firma tarafından hazırlanan kataloglarda açıkça belirtilir.

Radyoloji cihazları ve gazla çalışan cihazların çalışma esnasında ortama tehlikeli olabilecek ışın ve gaz yaymaları nedeni ile bu tür ortamlarda haricen ortam güvenliğini sağlamak açısından sensörler, izleme monitörleri ve işitsel-görsel alarmlar kullanılmaktadır.

Yukarıda söz edilen işitsel ve görsel ikaz alarmlarının dışında, cihazlar ve cihazların buldukları ortamlarda güvenlik önlemleri açısından oldukça önemli olan, ortamda bulunan ve cihazla çalışan kişilerin dikkat etmesi, önlem alması gereken konularda uyarıcı ve sınırlandırıcı kuralları gösteren uyarı ve ikaz levhaları ya da sembolleri bulunmaktadır. Bu levha ya da semboller cihazların bulunduğu ortamda herkesin rahatlıkla görebileceği yerlere konulur. Yine cihazlarla çalışan, cihazların bakım ve onarımını gerçekleştiren kişiler için dikkat edilmesi gereken kurallar ve uyarılar sembollerle cihaz üzerine ya da cihaz içerisinde ilgili yerlere iliştilir.

Cihazların ve cihazlarda kullanılan maddelerin risk içermesinden dolayı bunların ambalajlarında da uyarıcı işaretlerin bulunması gerekmektedir.

Cihazların ve cihazların buldukları ortamlarla ilgili uyarı ve ikaz işaretleri ulusal ve uluslararası standartlarla belirlenmiştir. Bunlarla birlikte cihazların kataloglarında bu işaretler ve anlamları açık bir şekilde ifade edilmektedir.

Bu uyarı ve ikaz işaretleri, Güvenlik ve Sağlık İşaretleri Yönetmeliği'nde de aşağıdaki şekilde sınıflandırılmıştır.

- Yasak işareti: Tehlikeye neden olacak veya tehlikeye maruz bırakacak bir davranışı yasaklayan işaret
- Uyarı işareti: Bir tehlikeye neden olabilecek veya zarar verecek durum hakkında uyarıda bulunan işaret
- Emredici işaret: Uyulması zorunlu bir davranışı belirleyen işaret
- Acil çıkış ve ilkyardım işaretleri: Acil çıkış yolları, ilk yardım veya kurtarma ile ilgili bilgi veren işaretler
- Bilgilendirme işareti: Yukarıda belirtilenler dışında bilgi veren diğer işaretler
- Güvenlik rengi: Özel bir güvenlik anlamı verilen renk
- Işıklı işaret: Saydam veya yarı saydam malzemeden yapılmış, içeriden veya arkadan aydınlatılarak ışıklı bir yüzey görünümü verilmiş işaret düzeneği
- Sesli sinyal: İnsan sesi ya da yapay insan sesi kullanmaksızın, özel amaçla yapılmış bir düzeneğin çıkardığı ve yaydığı, belirli bir anlama gelen kodlanmış ses

1.7.2.1. Güvenlik Rengi

Güvenlik rengi uyarı ve ikaz işaretlerinin standart hâle getirilmesi amacıyla belirlenmiş renklendir. Bu renkler ışıklı ikazlar da dâhil olmak üzere bütün uyarı ve ikaz levhalarında kullanılmaktadır. Bu renkler ve anlamları aşağıdaki şekildedir.

| Renk | Anlamı veya Amacı | Talimat ve Bilgi |
|----------------|---|--|
| Kırmızı | Yasak işareti, tehlike alarmı, yangınla mücadele ekipmanı | Tehlikeli hareket veya davranış, dur kapat düzeneği, acil durdur, ekipmanların yerinin gösterilmesi ve ne olduğu |
| Sarı | Uyarı işareti | Dikkatli ol, önlem al, kontrol et |
| Mavi | Zorunluluk işareti | Özel bir davranış ya da eylem, kişisel koruyucu donanım kullan |
| Yeşil | Acil kaçış, ilk yardım işareti | Kapılar, çıkış yerleri ve yolları, ekipman, tesisler |

Tablo 1.1: Güvenlik renkleri

1.7.2.2. Yasaklayıcı İşaretler

Daire biçiminde, beyaz zemin üzerine siyah piktogram, kırmızı çerçeve ve diyagonal çizgiden oluşmaktadır.



Sigara içilmez



Sigara içmek ve açık alev kullanmak yasaktır



Suyla söndürmek yasaktır



Yetkisiz kimse giremez



Dokunma



İçilmez

Resim 1.5: Yasaklayıcı işaretler

1.7.2.3. Uyarı İşaretleri

Üçgen şeklinde, sarı zemin üzerine siyah piktogram ve siyah çerçeveden oluşmaktadır.



Parlayıcı madde veya yüksek ısı



Patlayıcı madde



Toksik (Zehirli)



Aşındırıcı madde



Radyoaktif madde



Tehlike



Lazer ışını radyasyon



Oksitleyici madde



İyonlayıcı olmayan



Kuvvetli manyetik alan



Engel



Düşme tehlikesi



Biyolojik risk



Düşük sıcaklık



Zararlı veya tahriş edici madde

Resim 1.6: Uyarı İşaretleri

1.7.2.4. Emredici İşaretler

Daire biçiminde, mavi zemin üzerine beyaz piktogramdan oluşmaktadır.



Gözlük kullan



Eldiven giy



İş ayakkabısı giy



Maske kullan



Koruyucu elbise giy



Yüz siperi kullan



Kulak koruyucu kullan



Genel emredici işaret



Emniyet kemeri kullan

Resim 1.7: Emredici işaretler

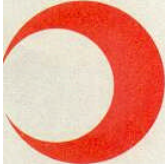
1.7.2.5. Acil Çıkış ve İlk Yardım İşaretleri

Dikdörtgen veya kare biçiminde, yeşil zemin üzerine beyaz piktogramdan oluşur.

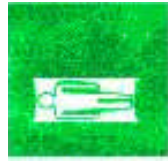


Acil çıkış ve kaçış yolu

Yönler (yardımcı bilgi işareti)



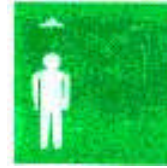
İlk yardım



Sedye



Göz duşu



Güvenlik duşu

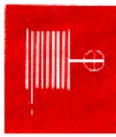


Acil yardım ve
ilkyardım
telefonu

Resim 1.8: Acil çıkış ve ilkyardım işaretleri

1.7.2.6. Yangınla Mücadele İşaretleri

Dikdörtgen veya kare biçiminde, kırmızı zemin üzerine beyaz piktogramdan oluşur.



Yangın Hortumu



Yangın Merdiveni



Yangın Söndürme
Cihazı



Acil Yangın
Telefonu



Yönler (Yardımcı Bilgi İşareti)

Resim 1.9: Yangınla mücadele işaretleri

1.7.2.7. Birleşmiş Milletler (UN) Komitesince Tehlikeli Maddelerin Taşınmasında Kullanılması Önerilen Semboller



Patlayıcılar için taşıma sembolü



Parlayıcı katılar için taşıma sembolü



Önemli bir tehlikesi olmayan 1.4 sınıf'ta patlayıcı maddeler için taşıma sembolü



Kütleli bir patlamaya neden olabilecek 1.5 sınıfında çok hassas maddeler için taşımacılık sembolü



Yanmayan gazlar için taşıma sembolü



Parlayıcı gazlar taşıma sembolü



Zehirli maddeler için taşımacılık sembolü (gazların sınıfı 2., diğer zehirli maddeler 6.1 sınıfında)



Parlayıcı gazlar (Sınıf 2) veya sıvılar (Sınıf 3) için taşımacılık sembolü



Kendiliğinden parlayıcı maddeler için Birleşmiş Milletler (UN) taşımacılık sembolü



Su ile temas ettiğinde parlayıcı gazlar oluşturan maddeler için Birleşmiş Milletler (UN) taşımacılık sembolü.



Oksitleyici maddeler ve organik peroksitler için Birleşmiş Milletler (UN) taşımacılık sembolü.



Bulaşıcı maddeler için Birleşmiş Milletler (UN) taşımacılık sembolü.



Radyoaktif maddeler için Birleşmiş Milletler (UN) taşımacılık sembolü, sınıf / kategori I.



Radyoaktif maddeler için Birleşmiş Milletler (UN) taşımacılık sembolü, sınıf / kategori II.







Radyoaktif maddeler için Birleşmiş Milletler (UN) taşımacılık sembolü, sınıf / kategori III.





Aşındırıcı maddeler için Birleşmiş Milletler (UN) taşımacılık sembolü.

Resim 1.10: Birleşmiş Milletler (UN) tehlikeli maddeler taşımacılık sembolleri

1.7.2.8. Tehlikeli Maddelerin Tanımlanması ve Uyarı İşaretleri

| İşaret | Uyarı Sembolü | Risk Tanımlaması |
|--|---|--|
| Zehirli (T) Çok zehirli (T+) Zararlı (Xn) |  | <ul style="list-style-type: none">➤ Öldürücü derecede zehirli maddelerdir.➤ Eğer yutulursa veya solunursa öldürücü olabilir veya kalıcı rahatsızlıklar bırakabilir. Cilde temas yoluyla da vücuda girebilir.➤ Temas ederse cildi veya gözleri yakabilir. |
| Parlayıcı (F) Çok hızlı parlayıcı (F+) |  | <ul style="list-style-type: none">➤ Yanıcıdır ve bu nedenle önemli ölçüde yangın tehlikesi taşırlar.➤ Düşük sıcaklıklarda bile yanabilirler. Parlayıcı Maddeler yanıcı maddelerden daha düşük sıcaklıklarda yanabilir.➤ Havada alevle aniden parlayabilirler veya su ile temas sonucu yanıcı gaz oluşturabilirler.➤ Sıcaklık / ısı, kıvılcım veya alev ile etkilendiğinde veya sürtünme sonucu olarak yangına neden olabilir.➤ F+ işaretli malzeme çok yanıcı olup 0oC altında bile kolaylıkla kıvılcımla, statik elektrikle tutuşabilen maddelerdir. Örneğin, solvent, tiner.➤ F işaretli maddeler parlama noktasını 21oC altında olan maddelerdir. Herhangi bir ısı kaynağı ile temasta kolayca tutuşabilirler. |
| Oksitleyici (O) |  | <ul style="list-style-type: none">➤ Parlayıcı ve patlayıcı maddelerin var olduğu yerde patlama tehlikesi ve/veya yangın tehlikesi taşır.➤ Odun gibi yanıcı maddelerle temas ettiği zaman patlamaya neden olabilir veya çok tehlikeli reaksiyonlar oluşturabilir.➤ Fuel-oil gibi yanıcı maddelerle temas ettiği zaman patlamaya neden olabilir veya çok tehlikeli reaksiyonlar oluşturabilir.➤ Göze veya cilde geldiğinde yakabilir. |
| Patlayıcı (E) |  | <ul style="list-style-type: none">➤ Patlama çok hızlı bir reaksiyondur. Ürünün özelliğine bağlı olarak ısı, kıvılcım, başka maddelerle temas veya sürtünme patlamaya neden olabilir. |

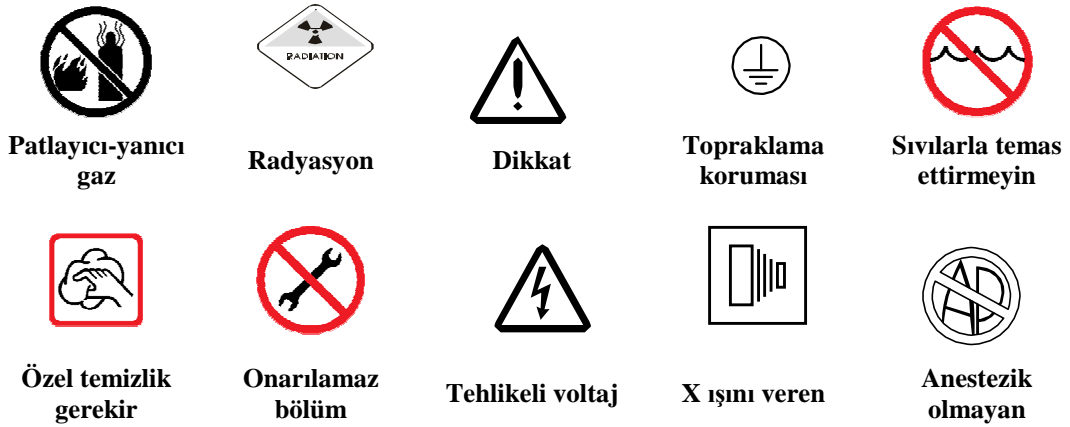
| | | |
|---|---|--|
| Aşındırıcı (C) Tahriş Edici (Xi) |  | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Temas ettiğinde ciddi göz ve deri tahrişine neden olur. ➤ Solunursa tehlikeli olabilir. ➤ Diğer maddelerle reaksiyona girebilir. ➤ Uzun süreli etkilenmelerde dokularda ciddi yaralanmalara neden olabilir. |
| Çevre Sağlığı İçin Tehlikeli (<<N) |  | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Suda yaşayan canlılar, bitki örtüsü için çok zehirli. ➤ Ozon tabakası için tehlikeli |

Resim 1.11: Tehlikeli Maddelerin Tanımlanması ve Uyarı İşaretleri

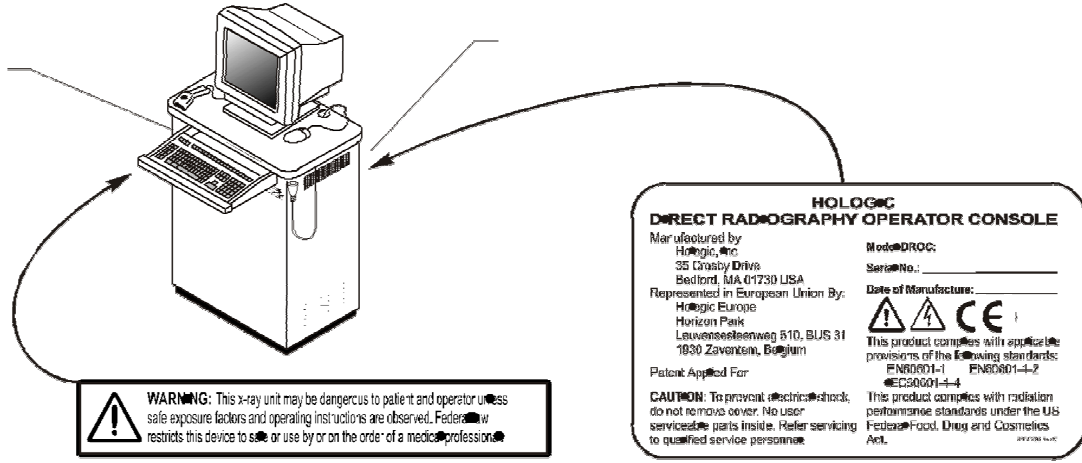
1.7.2.9. Cihazlarda Kullanılan Güvenlik Sembolleri ve Etiketler

Tıbbi cihazlarda üretici tarafından cihazlar üzerine güvenlik amaçlı bazı uyarılar ve kısıtlayıcı açıklamalar içeren sembol ve etiketler kullanılır. Bu sembol ve etiketler uluslararası standartlarla belirlenmesine rağmen anlamları kullanma ve servis kılavuzlarında açıklanmaktadır. Kullanıcıların ve servis elemanlarının bu uyarılara dikkat etmeleri gerekmektedir.

Etiketlerde cihaza ait CE sertifikası ve numarası da dikkate alınmalı ve satıcı firma tarafından ihâle dosyasında verilen sertifika ile aynı olduğu kontrol edilmelidir.



Resim 1.12: Cihazlarda bulunabilecek semboller



Resim 1.13: Cihazlarda kullanılan etiket örnekleri

1.7.3. Korunma Yöntemleri ve Koruyucular

Tıbbi cihazlar daha önce de sözünü ettiğimiz gibi insan sağlığı ve çevre için çalışma prensiplerine göre farklı tehlikeleri içermektedir. Bu tehlikelerden korunmak için farklı korunma yöntemleri ve koruyucular kullanılmaktadır. Bu korunma yöntemleri genel bazı başlıklar altında güvenlik prosedürlerini ve önlemlerini içermektedir. Bu amaçla hastanelerde veya kliniklerde olası tehlikelere karşı kişisel veya çevresel güvenlik önlemleri alma zorunluluğu vardır. Bu yöntemleri sınıflandıracak olursak aşağıdaki genel başlıklar altında toplayabiliriz.

- Elektriksel güvenlik önlemleri
- Kimyasal güvenlik önlemleri
- Biyolojik güvenlik önlemleri
- Radyoaktif güvenlik önlemleri
- Fiziksel risklere karşı güvenlik önlemleri

Yukarıda sözü edilen güvenlik önlemleri alınırken konu ile ilgili yönetmelikler ve standartlar dikkate alınarak bütün çalışanların uyması gereken kurallar belirlenir. Bu kurallar çerçevesinde gerekli olan uyarı ve ikaz işaretleri kullanılacağı gibi çalışanlar da yaptığı işin niteliğine uygun koruyucu ekipman ve malzemeleri kullanmak zorundadır. Daha önceki konularımızda uyarı ve ikaz işaretleri açıklanmıştır. Güvenlik önlemleri ve koruyucular ile ilgili konularda daha ayrıntılı olarak işlenecektir.

1.7.4. Cihaz Enerji ve Çalışma Modları

Tıbbi cihazlar çalışma prensipleri gereği elektrik enerjisine ihtiyaç duymaktadır. Cihazlar üretici firmalar tarafından uluslararası enerji standartlarına göre üretilmekle birlikte farklılık gösteren enerji ve çalışma modları bulunmaktadır. Tıbbi cihazların kullanımında, bakım ve onarımında cihazların üretici firma tarafından belirlenen modlara dikkat edilmesi, cihazların ve dolayısıyla kullanıcı ve servis elemanlarının güvenliği açısından önemlidir.

Cihazların enerji ve çalışma modları üretici firma tarafından verilen kullanıcı ve servis kitapçıklarında ve cihaz üzerindeki spesifikasyon etiketlerinde ayrıntılı olarak belirtilmektedir. Aşağıda örnek olarak Helmer marka plazma thaw cihazının enerji modları verilmiştir.

Spesifikasyon

| Ağırlık | DH4=58 lbs | DH8=74 lbs |
|----------|---------------------|-----------------------|
| 115 volt | Amps=6 Watts=690 | Amps=10 Watts=1150 |
| 230 volt | Amps=3 Watts=690 | Amps=5 Watts=1150 |

Tablo 1.2: Bir cihaza ait spesifikasyon

UYGULAMA FAALİYETİ

Laboratuvarınızda veya çevrenizde bulunan 10 farklı biyomedikal cihaz için uygun bir tablo oluşturarak envanterlerini çıkarınız.

| İşlem Basamakları | Öneriler |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none">➤ Tıbbi cihaz envanteri çıkarmak için bir tablo oluşturunuz.➤ Envanterde bulunması gereken bilgileri oluşturduğunuz tabloya işleyiniz.➤ Cihazlarla ilgili dokümanları dosyalayınız.➤ Cihazlarla ilgili servis kataloglarını dosyalayınız.➤ Cihazlarla ilgili bakım ve onarım belgelerini dosyalayınız.➤ Cihazlarla ilgili kalibrasyon belgelerini dosyalayınız. | <ul style="list-style-type: none">➤ Envanter tablosu oluştururken tıbbi cihaz envanterinde bulunması gereken bilgileri dikkate alınız.➤ Cihaz ile ilgili bilgileri envantere kaydederken, cihaz üzerindeki etiketlerden ve cihaz kataloglarından faydalanınız.➤ Cihazla ilgili belgeleri dosyalarken tarih sırasına dikkat ediniz. |

PERFORMANS DEĞERLENDİRME

Aşağıda hazırlanan değerlendirme ölçeğine göre yaptığınız çalışmayı değerlendiriniz. Gerçekleşme düzeyine göre “Evet / Hayır“ seçeneklerinden uygun olan kutucuğu işaretleyiniz.

KONTROL LİSTESİ

| Değerlendirme Ölçütleri | | Evet | Hayır |
|-------------------------|--|------|-------|
| 1 | Tıbbi cihaz envanteri çıkarmak için tablo oluşturduğunuz mu? | | |
| 2 | Envanterde bulunması gerekenleri tabloya işlediniz mi? | | |
| 3 | Cihazlarla ilgili dokümanları dosyaladınız mı? | | |
| 4 | Cihazlarla ilgili servis kataloglarını dosyaladınız mı? | | |
| 5 | Cihazlarla ilgili bakım ve onarım belgelerini dosyaladınız mı? | | |
| 6 | Cihazlarla ilgili kalibrasyon belgelerini dosyaladınız mı? | | |

DEĞERLENDİRME

Uygulama faaliyetinde yapmış olduğunuz çalışmayı kontrol listesine göre değerlendiriniz.

Yapmış olduğunuz değerlendirme sonunda eksikleriniz varsa, faaliyete dönerek ilgili konuyu tekrarlayınız.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

1. Aşağıdakilerden hangisi biyomedikal teknisyenlerinin klinik mühendisliği birimindeki sorumluluk ve müdahâle yetkilerinden değildir?

- A) Tıbbi cihazlara modifikasyon, bakım ve onarım yapmak
- B) Tıbbi cihazların emniyet ve verimlilik testlerini periyodik olarak yapmak
- C) Tıbbi cihazların alımına karar vermek
- D) Tıbbi cihazların envanterini güncelleştirmek ve sayım kontrolünü yapmak

2. Aşağıdakilerden hangisi satın alınacak bir tıbbi cihaz için hazırlanan idari şartnamede yer almaz?

- A) İşin niteliği, nevi ve miktarı
- B) Tahmin edilen bedeli, geçici teminat miktarı ve kesin teminata ait şartlar
- C) İşe başlama ve işi bitirme tarihi, gecikme hâlinde alınacak cezalar
- D) Tıbbi cihaz, araç ve gereçlerin kullanımı ve bakımı için istihdamı zorunlu çekirdek personelin sayısı ve nitelikleri

Aşağıdaki paragraflarda boş bırakılan yerleri doldurunuz.

3., belirlenmiş koşullar altında, doğruluğu bilinen bir ölçüm standardını veya sistemini kullanarak diğer test ve ölçüm aletinin doğruluğunun ölçülmesi, sapmalarının belirlenmesi ve doküman hâline getirilmesi için kullanılan ölçümler dizisidir.

4. Tıbbi cihazlarda, hastaların tanı ve tedavileri esnasında, cihazların uygun bölümlerine yerleştirilen tek kullanımlık ya da belirli bir süre zarfında tüketilen malzemelerdir.

5., cihazların kullanıma yönelik parça ve sarf malzemelerinin belirli bir plan çerçevesinde, kullanım ve bakım talimatları doğrultusunda yapılan bakımdır.

6. Hastanelerdeki tıbbi cihaz yönetiminin en önemli koşulu hastanede bulunan cihaz ve sistemlerin kayıt altına alınarak takibinin yapılmasıdır. Bu amaçla yağılan çalışmaya ve tutulan kayıtlara da adı verilmektedir.

7. Kullanıcı ya da servis veren elemanın yanlışlıkla elini kesmesi, kurallara uygun sabitlenmeyen veya hareketli cihazların hasta üzerine düşmesi tehlikelere örnek gösterilebilir.

8. Tıbbi cihazların bazılarında çıkan görünür ve görünmez ışık huzmelerinin insan sağlığı üzerindeki tehlikeleri, tehlikelerdendir.

Aşağıda sembol ve resimleri verilen uyarı ve ikaz işaretlerinin ne anlama geldiğini sembollerin altındaki boşluklara yazınız.

9-



10-



11-



12-



13-



14-



15-



16-



17-



18-



19-



20-



DEĞERLENDİRME

Sorulara verdiğiniz cevaplar ile cevap anahtarını karşılaştırınız, cevaplarınız doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz. Yanlış cevap verdiyseniz öğrenme faaliyetinin ilgili bölümüne dönerek konuyu tekrar ediniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

AMAÇ

Bu öğrenme faaliyetini başarıyla tamamladığınızda, tıbbi cihazların meydana getirebileceği diğer tehlikeleri önlemek için gerekli tedbirleri alabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Farklı tip cihazlara ait doküman, kullanım ve servis kılavuzlarını araştırarak cihazların montaj, depolama ve nakliye kurallarını arkadaşlarınızla tartışınız.
- Tıbbi cihazlara yazılı talimatlar doğrultusunda müdahâle edebilmek için farklı cihazlara ait servis kılavuzlarını inceleyerek arkadaşlarınızla tartışınız.

2. TIBBİ CİHAZLARIN MEYDANA GETİREBİLECEĞİ TEHLİKELERİ ÖNLEME

2.1. Tıbbi Cihazların Satın Alınması

2.1.1. Tıbbi Cihazların Seçimi ve Şartnamelerin Hazırlanması

Bir tıbbi cihaz satın alınmadan önce, satın alınma öncesi yapılacak ön değerlendirmeler klinik mühendislik birimlerinin en önemli görevleri arasındadır. Bu işlem, basit cihazlar için birkaç saat ile sınırlı iken, daha kompleks sistemler için birkaç aylık bir süreyi kapsamaktadır. Fakat uygulanan prosedür cihazın yapısına ve tipine bağlı olarak değişmemektedir. Burada ilk üç safhada klinik mühendislik birimleri tarafından sırasıyla aşağıda belirtilen işlemlerin yapılması gerekmektedir.

- Klinik personelinden kliniğin ihtiyaçlarına yönelik bilgilerin toplanması
- Cihazla ilgili olarak emniyet, çalışma ortamı ve mevcut koşulların değerlendirilmesi
- Ticari olarak piyasada mevcut teknolojinin durumunun incelenmesi

Yukarıda belirtilen işlemlerin tamamlanmasının ardından, klinik personelinin ihtiyaçları klinik mühendislik birimleri tarafından teknik şartname hâline dönüştürülür. Teknik şartname hazırlanmasındaki esas amaç, istenen cihazın en uygun koşullarda satın alınmasının sağlanmasıdır.

Cihazın satın alınmasına karar verildikten sonra uygulanacak prosedürler şunlardır:

- Mevcut cihaz ya da sistemlerle ilgili olarak, kataloglar, literatür taramaları ve dokümanlardan yararlanarak gerekli bilgilerin toplanması
- Cihaz ya da sistemin teknik özelliklerinin belirlenmesi
- Teknik ve idari şartnamelerin hazırlanması
- Farklı firmalardan alınan tekliflerin incelenmesi
- Cihaz ya da sistemin alınacağı firmanın belirlenmesi
- Üretici firma tarafından teknik şartnamede belirtilen özelliklere uygun cihaz ya da sistemin üretimi
- Cihazın ya da sistemin ilgili kliniğe muayene edilmek üzere geçici olarak teslimi
- Kabul işlemlerinin başlatılması
- Cihazın ya da sistemin kesin kabulünün yapılması ve garanti sürecinin başlaması

2.1.2. Tekliflerin Değerlendirilmesi

Teklif veren firmaların teklifleri değerlendirilirken, hazırlanan teknik ve genel şartnameye göre firmaların sunduğu aşağıda belirtilen unsurların göz önüne alınmaları gerekmektedir. Bu unsurları şöyle sıralayabiliriz:

- Güvenilirlik
- Doğruluk
- Emniyet
- Bakım-onarım desteği
- Daha önceki sistemin işlevlerini karşılama
- Verimlilik
- Maliyet
- Sertifikaları

Üretici firmaların tıbbi cihaz üretiminde ilgili yönetmeliklerde belirtilen şartlar dâhilinde üretimlerini belirlenen standartlarda üretme zorunlulukları vardır. Cihazların güvenilirliğini, doğruluğunu ve emniyet tedbirlerini daha önce de sözünü ettiğimiz standartlara uygun olarak sağlamak zorundadırlar. Üreticiler söz konusu ürünlerin yönetmelik hükümlerine uygun olduğunu gösteren onaylanmış kuruluşlarca verilen uygunluk beyanını sunabilmeli ve bu uygunluk beyanının bir göstergesi olan CE işaretini taşımalıdır.

CE işareti, yeni kanunlar gereği cihazın üzerinde sertifika numaralı olarak yer almak zorundadır.

Üretici firmalar değerlendirilirken uygunluk beyanı değerlendirmesi en önemli ölçüt olarak karşımıza çıkmaktadır. Bununla birlikte üretici firmaların bakım ve onarımla ilgili sağladığı destek ve servis elemanlarının cihazla ilgili bakım-onarım eğitimi alıp almadığı da yine firmaların değerlendirilmesinde önemli bir konudur. Bir diğer önemli kriter tıbbi cihaz satıcılarının emniyet açısından önemli olan tüm konulara ne ölçüde açıklık getirdikleridir. Emniyet konusu üç yönlü olarak düşünülmelidir.

Hasta emniyeti, klinik personeli emniyeti ve diğer kişilerin (ziyaretçi vb) emniyeti açısından cihazların mekanik, elektriksel, ısı kaynaklı, kimyasal ve radyasyon kaynaklı tehlikelere karşı alınabilecek emniyet tedbirleri üretici tarafından açıklanmış olmalıdır. Bu saydıklarımız dışında verimlilik ve maliyet ölçütleri de cihaz satın alınacak firmanın seçiminde değerlendirilmesi gereken ölçütlerdir.

2.2. Tıbbi Cihazların Kabulü

Hastane tarafından satın alınan cihazların kabulü, cihazların teknik ve idari şartnamelerde belirtilen şartları taşıyıp taşımadığının kontrol ve muayenesinden sonra yapılması gereken bir işlemdir. Muayenenin amacı satın alınan cihazın hastane tarafından hazırlanan teknik şartnamenin tüm maddelerini sağlayıp sağlamadığının belirlenmesidir. Cihazların şartnamelerde belirtilen özellikleri taşıdığı belirlendikten sonra ayrıca, gözle ve mekanik olarak muayenenin yapılması ve gerekli emniyet testlerinin de uygulanması gerekmektedir.

Cihaz kabulünde dikkat edilmesi gereken diğer önemli hususlar şunlardır:

- Cihazla birlikte verilmesi gereken aksesuarların tam olarak teslim alınması
- Cihaza ait teknik şema ve dokümanların teslim alınması
- Noter tasdikli cihaz garanti belgesinin teslim alınması
- Biyomedikal teknisyenleri ve kullanıcıları için eğitim programlarının başlatılması

2.3. Tehlike Statüleri

Tıbbi cihazlardaki tehlike statülerini daha önce incelemiştik. Burada bu tehlikeleri önleme açısından yapılması gerekenleri daha ayrıntılı olarak inceleyeceğiz.

2.3.1. Mekanik Tehlikeleri Önleme

Hemen hemen tüm cihazlarda olduğu gibi tıbbi cihazlarda da insan sağlığını mekanik yönden tehdit edebilecek unsurlar mevcuttur. Bu unsurlar cihazın yapısına, kullanılan malzemelere ve yardımcı aparatlara göre farklılık göstermekle birlikte aşağıdaki şekillerde ortaya çıkar.

- Sıkıştırma
- Çarpma
- Sarma
- Makasa alma
- Düşme
- Püskürme
- Şişme

Bu unsurların uzuv ve dokulardaki etkileri ise şu şekilde sıralanabilir.

- Ezilme
- Sürtünme
- Kopma
- Parçalanma
- Yırtılma
- Saplanma
- Doku içine gömülme
- Batma
- Çökme

Yukarıda bahsedilen mekanik risklerin ve etkilerini önlemek için öncelikle üretici tarafından kullanıcıyı bu risklere karşı koruyacak şekilde tasarlanmalı ve üretilmelidir. Cihazlar, öngörülen çalışma şartlarında yeterince stabil olmalıdır. Öngörülen çalışma ortamındaki basınca dayanıklı olmalı ve bu dayanıklılık, cihazın kullanım ömrü boyunca, üretici tarafından belirtilen bakım ve gözetim şartlarına bağlı olarak devam etmelidir. Hareketli bölümlere, parçanın yerinden ayrılmasına yönelik uygun koruyucular eklenmelidir. Bu koruyucular güvenli olmalı, cihazın normal çalışmasını etkilememeli ve cihazın üretici tarafından belirlenen rutin bakımını engellememelidir.

Mekanik tehlikeleri önlemenin en önemli koşullarından biri de cihazın montajı ve çalışma ortamının uygun belirlenmesidir. Cihazlar servis elemanlarınca üretici firmanın belirlediği montaj ve güvenlik kuralları gereğince çalışma koşullarını sınırlayıcı olmayan uygun yerlere montaj edilmelidir. Hareketli cihazlarda denge unsuru göz önünde bulundurulmalı cihazın devrilerek tehlike yaratmaması için önlemlerin alınması gereklidir. Cihaz ve yan donanımları etrafından gereksiz malzemeler uzaklaştırılmalıdır. Periyodik bakımlarda cihazlarda mekanik tehlikelere yol açabilecek parçaları gözden geçirilmeli gevşeyen civata vida vs. sıkıştırılmalı aşınmış veya bozulmuş dişli çark vs. orijinal malzemeyle değiştirilmelidir. Bakım ve onarım esnasında servis elemanları bakım –onarım talimatlarına göre hareket ederek yetkisi olmayan yerlere müdahâle etmemelidir. Metal kıymıkların batmaması için uygun kuvvetlendirilmiş eldiven giymelidir.

2.3.2. Elektriksel Tehlikeleri Önleme

Hastanelerde kullanılan tanı ve tedaviye yönelik cihaz ve sistemlerin büyük bir çoğunluğu elektriksel cihaz ya da sistemlerdir. Elektrik enerjisinin tıp alanındaki gerekliliğinin yanı sıra içerdiği büyük tehlikeler de tartışılmaz bir gerçektir. Elektriksel tehlikeleri aşağıdaki şekilde genelleyebiliriz.

- Hastaların, çalışanların ve ziyaretçilerin elektrik kaçakları nedeni ile istenmeyen elektrik şokuna maruz kalmaları
- Elektriksel kontaklardan çıkan kıvılcımların patlayıcı gazlarla temasından oluşabilecek patlamalar
- Fazla yüklenmiş, yanlış bağlanmış veya yanlış kullanılan malzeme ve güç sistemlerinden meydana gelen yüksek ısıya bağlı yangınlar

Yukarıda sayılan elektriksel tehlikelerin hepsinin sonucunda hastanelerde hasta, çalışan ve ziyaretçiler için yaralanma ve ölümler meydana gelebilir. Bu nedenle hastanelerde elektriksel güvenlik belirli bir plan dâhilinde organize bir şekilde sağlanmalıdır. Hastanelerdeki elektriksel güvenlikten medikal görevliler, biyomedikal teknisyenler ve yöneticiler başta olmak üzere tüm personel sorumludur. Koruyucu bakımlar elektriksel tehlikeler karşı sık donanım gözetimi ve güvenlik kontrollerini de içermelidir.

2.3.2.1. Elektrik Akımının İnsan Üzerindeki Etkileri

İnsan vücudundan geçen elektrik akımının gerçek etkisi, akımın geçtiği yer ile geçen akımın miktarına bağlıdır.

- Vücut içerisinde elektrik akımının bir etki oluşturabilmesi için 1 saniyede 1mA'lık düşük bir akım seviyesi yeterli olmaktadır.
- 1 saniyedeki 100 mA'lık bir akım seviyesi kalpte karıncık fibrilasyonu, solunum felci, yorgunluk ve ağrı gibi oldukça tehlikeli sonuçlar doğurabilmektedir.
- 1 saniyedeki 3-10 A'lık akım seviyeleri ise yukarıda belirtilen etkilerinin yanında sürekli miyokardiyum kasılması yanık ve yaralanmalara neden olacaktır.

Vücut üzerinden akım geçtiğinde bu akımın büyüklüğü kaynağındaki voltaja bağlı olmakla birlikte biyolojik dokuların direnç değerleri ile de ilintilidir. İnsan vücudunu elektrik şoklarına karşı ilk koruyan unsur kendi koruyucu tabakası olan deridir. Vücudun homojen olmayan iletken yapısından dolayı akım dağılımı bölgesel dokuların direnç değerleri ile belirlenmektedir. Sonuç olarak vücuttan geçen akım, dokuların direnç değerlerine bağlı olarak değişik yollar izleyebilir. Bazı durumlarda oldukça büyük voltaj uygulamasına rağmen vücutta oluşan şok oldukça düşük düzeyde kalmaktadır. Buna karşılık kalp bölgesine direkt olarak oldukça düşük düzeyde voltaj uygulandığında bile kalpte aritmi ya da karıncık fibrilasyonu oluşabilmektedir. Eğer vücut oldukça yüksek bir elektrik akımına maruz kalırsa akımın geçtiği dokularda yanıklar oluşabilir. Elektrik akımı rezisif bir elemandan aktığında elektrik akımının bir kısmı ısıya dönüşür. Sonuç olarak, oluşan ısı dokuyu etkileyecek kadar yüksekse biyolojik dokuda yanık şeklinde bir deformasyon meydana gelir. Özellikle ilk temas noktasında akım yoğunluğu oldukça yüksekse ve akım yolu küçük bir alanla sınırlıysa yanıkların derecesi de artacaktır.

Elektrik şoklarından oluşan tehlikeleri mikro ya da makro şoklar olarak iki ana grupta değerlendirmek mümkündür. Makro şoklar deriye doğru akan yüksek akımlar olarak ifade edilebilir. Akım akışı koldan kola ya da dallar hâlinindedir. Bu tip şoklar yanıklara ya da büyük çaptaki fizyolojik deformasyonlara neden olabilir. Tanı ve tedavide hastalarda fibrilasyon tehlikesi yaratabilen fakat oldukça düşük düzeyde olan akımların hastalara uygulanması sonucu mikro şok tehlikesi oluşabilir. Özellikle invaziv yapıdaki tanı ya da tedavi amaçlı prosedürler bu tip tehlikeli durumlara neden olabilir.

2.3.2.2. Elektriksel Tehlikeleri Önleme Yolları

Elektriksel tehlikeleri önleme yolları genel olarak cihaz ve sistemlerdeki kaçak ve sızıntı akımlarını önleme üzerine kurulmuştur.

Kaçak akım, bir cihazın metal şasisine enstrüman veya aletin enerji içeren elektriksel kısmından doğal olarak sızan düşük değerli elektriksel akım olarak tanımlanır. Tüm elektriksel cihazlar bir kaçak akımına sahiptir. Bu akım arıza sonucunda oluşmaz, elektrik donanımının doğal bir sonucudur. Kaçak akımlar kapasitif ve rezisif özelliklere sahiptir. Bu kaçak akımlardan hastaları, kullanıcıları ve servis elemanlarını korumak için emniyet topraklaması yapılarak izole edilmektedir.

2.3.2.2.1. İzole Edilmiş Hasta Bağlantısı

EKG, hastabaşı monitörleri gibi birçok cihaz direkt olarak hastaya bağlandığından dolayı hasta giriş yalıtım devresine sahiptir. İzole edilmiş hasta bağlantısı, sadece hasta temas noktalarından daha düşük düzeylere doğru akan sızıntı akımlarını sınırlandırmakla kalmaz, hastanın bağlandığı diğer cihazlardan hasta bağlantı noktasına doğru akan akım miktarını da sınırlandırır.

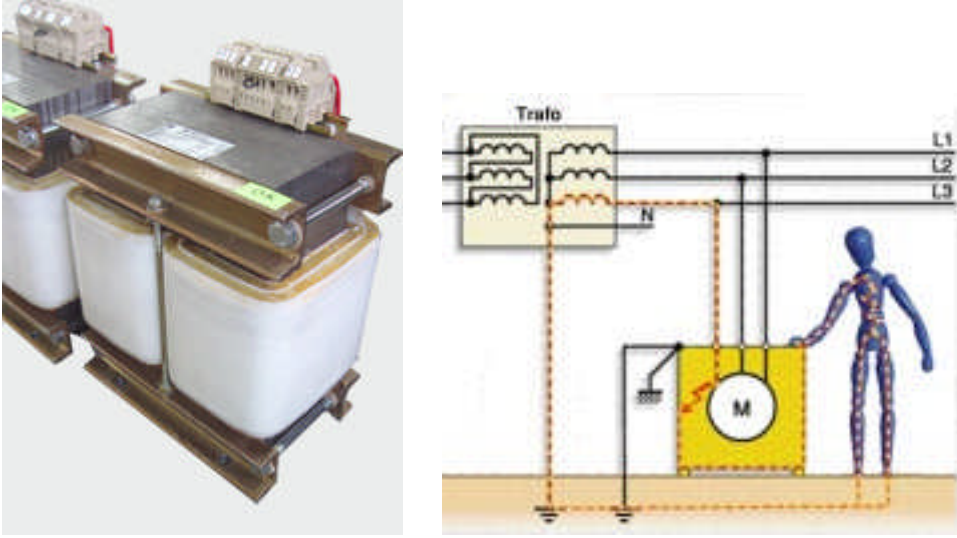
İzole edilmiş hasta bağlantısına sahip sistemler hastaya bağlanan elektrotlara yönelik yalıtım testini geçmek zorundadır.

2.3.2.2.2. Tıbbi IT Sistem

Tıbbi güvenlik standartları, hastanelerdeki elektriksel güvenlik önlemleri açısından intrakardiyak işlemlerinde, ameliyathanelerde ve hayati önem taşıyan tedaviler gibi uygulamalarda, hasta ile elektromedikal cihazların temasının kullanılmasının amaçlandığı, enerji kesintisinin yaşam tehlikesi yaratacağı tıbbi alanlarda, tıbbi IT sistem kullanılmasını ister. Bu sisteme izole edilmiş güç sistemleri adı verilmektedir. Bu tip yalıtım sistemlerinde güç yalıtım transformatörleri ve yalıtım direncini, transformatör yükünü ve sıcaklığını izleyen monitörler kullanılmaktadır. Güç yalıtım transformatörlerinin tasarımı cihaz şasesi/toprak ve kateter arasındaki diferansiyel voltajları 5mV'a düşürmeye ayarlanmıştır. Ayrıca, izole edilmiş faz ucu topraklanmış metal kutu gövdesine temas edecek olursa (kısa devre oluşumu) ısıyı ve kıvılcımı engelleyecek şekilde tasarlanmıştır. Bu sistem kıvılcımlardan dolayı anestezi gazlarının bulunduğu ortamlarda patlamayı önler.

İzole edilmiş güç sistemlerinde, özel transformatörlere ilave olarak sistemdeki izolasyonun derecesini kontrol etmek için hat izolasyon kontrol devreleri ve monitörleri kullanılmaktadır. Hat izolasyon kontrol devreleri yardımıyla hatlardan toprak hattına akabilecek akım miktarı önceden belirlenir.

Cihazlardan kaynaklanabilecek hatalardan dolayı akım miktarında değişiklik olursa görsel ve işitsel alarm sistemleri devreye girer. Bazı izolasyon hatalarında cihazın çalışmasını kesmek hasta sağlığı için risk arz edeceği için ilk izolasyon hatası olduğu zaman cihazlar fonksiyonlarını yerine getirmeye devam ederler. Hata akımları can güvenliği için kritik olmayan seviyelere düşürülür.



Resim 2.1: Güç yalıtım transformatörü ve devreye bağlantısı



Resim 2.2: Hat izolasyon kontrol devresi ve monitörü

2.3.2.2.3. Eş Potansiyel Topraklama Sistemi

Bu topraklama sistemi elektriksel şok tehlikelerini minimuma indirmek için kullanılan bir yöntemdir. Her bir cihaz şasisinin ayrı ayrı ortak topraklama terminaline bağlanmasından oluşmaktadır. Bu işlem, güç kablosundaki üçüncü kabloya paralel merkez noktadaki her bir şasiye ayrıca birer topraklama kablosu daha eklemekle olmaktadır.

2.3.2.2.4. Kaçak Akım Röleleri

Kaçak akım röleleri yüksek değerlerde kaçak akım olması ve kısa devre durumunda cihazların enerjisini kesen elemanlardır.



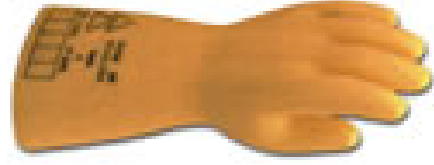
Resim 2.3: Kaçak akım röleleri

Yukarıda söz edilen elektriksel güvenlik önlemlerinin dışında cihaz kullanıcıları ve servis elemanları elektriksel tehlikelere karşı hazırlıklı olmalı ve aşağıdaki konulara dikkat etmelidir.

- Elektriksel tehlikelere karşı uyarı ve ikaz işaretleri kullanılmalıdır.
- Cihaz enerji kabloları ve topraklama hatları düzenli kontrol edilmelidir.
- Cihazlar uygun gerilim ve akımdaki hatlara bağlanmalıdır.
- Cihaz için uygun enerji ve çalışma modu seçilmelidir.
- Cihazlar yazılı talimatlar doğrultusunda kullanılmalı ve bakımı yapılmalıdır.
- Bakım ve onarım yapılırken cihaz enerjisinin kesilmiş olduğundan emin olunmalıdır. Hiçbir zaman enerji altında çalışılmamalıdır.
- Bakım ve arıza esnasında daima sağ el kullanılmalıdır. Sağ elin kalbe uzak olması herhangi bir elektrik şokuna maruz kalınmasında riski azaltacaktır.
- Cihazlarda en az iki kişinin çalışmasına dikkat edilmelidir.
- Elektrik çarpmalarına karşı yalıtıma özen gösterilmelidir.
- İşe uygun yalıtkan teçhizatlar kullanılmalıdır.
- Statik elektrikten dolayı oluşabilecek elektrik atlamalarına karşı anti-statik bileklikler ve bantlar kullanılmalıdır.
- Elektriksel tehlikelere karşı kullanıcılar ve klinik personeli bilgilendirilmelidir.



Resim 2.4: Elektrik izolasyon halısı



Resim 2.5: Yalıtkan elektrikçi eldiveni



Resim 2.6: Anti-statik bileklik



Resim 2.7: Anti-statik bantlar

2.4. Cihazların Montaj, Depolama, Nakliye ve Kullanım Esnasındaki Fiziki Kuralları

Tıbbi cihazların oluşturabilecekleri tehlikelerin önlenmesindeki önemli bir nokta da cihazların kullanımları esnasındaki fiziki kurallara uyulmasıdır.

2.4.1. Montaj

Tıbbi cihazların montajının üreticinin belirlediği kurallar çerçevesinde yapılması ilerde cihazlardan dolayı oluşabilecek tehlikelerin önlenmesinde oldukça önemlidir. Tıbbi alanda kullanılan röntgen ve manyetik rezonans cihazları gibi bir çok cihaz için özel montaj uygulamaları gerekmektedir. Bu nedenle standartlarda belirtilen kurallar dâhilinde uygun mekânların belirlenerek montajın yapılması gerekmektedir. Bu tür cihazlarla ilgili istenilen fiziki yer koşulları ilerleyen konularda ayrıntılı olarak işlenecektir.

Tıbbi cihazların montaj yapılacak ortam koşulları, montaj bilgileri ve çizimleri üretici tarafından hazırlanan kullanım kılavuzunda ve servis kılavuzunda belirtilmek zorundadır. Montaj yapacak olan servis elemanı bu kurallara uygun davranmak zorundadır. Bununla birlikte montaj esnasında dikkat edilmesi gereken kurallar aşağıya çıkarılmıştır.

- Cihazların montajı bu konuda eğitimli servis elemanlarınca yapılmalıdır.
- Cihazların montajı üreticinin belirttiği kurallar çerçevesinde yapılmalıdır.
- Cihazlar standartlara uygun yerlere montaj edilmelidir.
- Montaj esnasında gerekli güvenlik bariyerleri konulmalıdır.
- Montaj alanına yetkisiz kişilerin girmesine izin verilmemelidir.
- Cihazlarla ilgili bütün güvenlik önlemleri alınmalıdır.

2.4.2. Depolama ve Nakliye

Tıbbi cihazlar içerdikleri tehlikeler açısından, belirli koşullarda depolanmalı ve nakliye kurallarına uyulmalıdır. Bilindiği üzere gerek cihazlar, gerekse cihazlarda kullanılan aksesuar ve tıbbi malzemeler insan ve çevre sağlığı açısından önemli tehlikeleri de içermektedir. Bu nedenle üretici firmalar cihazların ve cihazlarda kullanılan aksesuar ve malzemelerin ambalajlanması, depolanması ve nakliyesi ile ilgili hususları mevcut yönetmelikler ve uluslararası standartlarda belirtilen kurallar çerçevesinde yapmak zorundadır. Her cihaz için riskler farklılık gösterdiğinden depolama ve nakliye koşulları da farklılık göstermektedir. Bu nedenle üretici firmalar uygun ambalajlama yaptıktan sonra bu cihazların tehlikelerini depolama ve nakliye koşullarını gösteren etiketleme yapmak zorunluluğundadır. Depolamada ve nakliyede etikette belirtilen ortam koşullarına ve kurallara uyulması gerekmektedir. Bu etikette bulunması gereken bilgiler “Tıbbi Cihaz Yönetmeliğinde” de açıkça ifade edilmiştir.

- Üreticinin adı ve adresi
- Steril cihazlar için “STERİL” ibaresi
- Seri numarası, batch code, lot numarası
- Gerektiğinde ay ve yıl olarak son kullanma tarihi
- Gerektiğinde bir kullanımlık olduğu ibaresi
- Cihaz sipariş üzerine yapılmış ise “İsmlendirilen üretilen cihazdır.” ibaresi
- Klinik araştırma amaçlı cihazlarda “Klinik araştırmaya mahsustur.” ibaresi
- Özel depolama ve kullanım şartları
- Özel kullanım kılavuzu
- İkazlar ve alınacak önlemler
- Cihaz üretim tarihi
- Gerektiğinde sterilizasyon metodu
- Radyoaktif madde içeren taşıyıcı kap ve cihazlar ile ilgili olarak Türkiye Atom Enerjisi Kurumu’ndan alınacak izin belgesi
- Cihazın insan kanı türevi ihtiva etmesi durumunda bunu belirtir ibare

Tıbbi cihaz ve malzemeler depolanırken uygun ortam koşullarında tutulmaları gerekmektedir. Bu koşullar düşünülürken aşağıdaki etkiler göz önünde bulundurulmalıdır.

- Sıcaklık
- Nem
- Toz
- Işık
- Hava akımı

Tıbbi cihaz ve malzemelerin depolanmasında ve nakliyesinde uygun ortam koşullarının yaratılması haricinde dış etkilere karşı da bazı önlemlerin alınması gerekmektedir. Başlıca alınacak önlemler şunlardır:

- Elektriksel deşarj (statik elektrik)
- Darbe (Çarpma)
- Ezilme ve sıkışma
- Düşme ve devrilme
- Kimyasal maddelerden etkilenme
- Su ve su baskını
- Çatı ve kanalizasyon akmaları ve sızıntılar
- Çökelme ve kimyasal bozulma
- Sarsıntı ve titreşim
- Depo yapım ve zemin özellikleri
- Radyoaktif yarılanma ömrü
- Sterilizasyon ömrü

Depolanan cihaz ve malzemeler çeşitli etkilere karşı zarar görüp görmedikleri periyodik testlerle takip edilmelidir.

2.5. Yazılı Talimatlar Doğrultusunda Müdahale

Daha önce de sözünü ettiğimiz gibi tıbbi cihazlar insan ve çevre açısından ciddi tehlikeler içermektedir. Bu nedenle tıbbi cihazlara, sistemlere ve malzemelere yapılacak herhangi bir müdahâle güvenlik açısından ciddi önem taşımaktadır. Tıbbi cihazlar üretilirken uluslararası standartlara uygunluğu ve güvenlik önlemleri konusunda en üst seviyede üretilmekle birlikte tehlikeler hiçbir zaman tamamen ortadan kaldırılamamaktadır. Bu nedenle cihazlara ve sistemlere doğru müdahâle oldukça önem kazanmaktadır. Tıbbi cihaz ve sistemlere aşağıdaki şekillerde müdahâle edilmektedir.

- Depolama
- Nakliye
- Montaj
- Kullanım
- Güvenlik önlemleri
- Kalibrasyon
- Bakım
- Onarım

Yukarıdaki müdahâlelerin hepsinde cihazla ilgili eğitim almış servis elemanları müdahâle etmelidir. Cihazla ilgili teknik müdahâlelerde üretici firma tarafından belirtilen kurallar ve uyarılar dikkate alınmalı ayrı uzmanlık gerektiren bölgelere müdahâle edilmemelidir. Radyasyon ve tıbbi gazların kullanıldığı yerlerde müdahâleler oluşturulmuş güvenlik prosedürleri çerçevesinde yetkili kişiler tarafından yapılmalıdır. Montaj, depolama ve nakliye işlemleri daha önce de söz edilen bilgiler dâhilinde cihazların kullanım kılavuzlarında belirtilen kurallarla yapılmalıdır. Tehlikeli kimyasallar içeren maddeler ilgili güvenlik yönetmelikleri çerçevesinde yapılmalıdır.

2.6. Arıza Arama

Tıbbi cihazlar da diğer cihazlar gibi çeşitli nedenlerden dolayı arıza yapabilmektedir. Bununla birlikte cihazların arıza yapmaları alınabilecek önlemler sayesinde önlenebilir ya da arıza yapma sayıları azaltılabilir.

Genel olarak alt yapısı iyi kurulmuş sistemlerde arıza yapma olasılığı azalır. Dış hava şartlarına karşı alınan tedbirler, cihaz montajının ve çevre emniyet tedbirlerinin iyi alınmış olması arıza oluşumunu engelleyen önlemlerdir.

Bir cihaz ya da sistemin arıza yapmasını önlemede, klima tesisatı, su arıtma, basınçlı gaz, elektrik tesisatı gibi yardımcı ve yan donanımların iyi kurulmuş olması da önemlidir.

Cihazların eğitim almış, cihazını seven, sakın yapılı, sorumluluk hissi olan kişiler tarafından kullanılması, kullanma hatalarının gözlenmesi ve düzeltilmesi, sorumluların bilgilendirilmesi, cihazların kesinti oluşturmayan uygun besleme hatlarına bağlanmış olması çıkabilecek arızaları önleyici unsurlardandır.

Cihazların koruyucu bakımlarının ve kalibrasyonlarının eğitimli kişiler tarafından aksatılmadan yapılması, uygun yedek parça ve sarf malzemelerinin kullanılması arızaların önlenmesinde önemlidir.

UYGULAMA FAALİYETİ

Bir önceki uygulama faaliyetinde envanterlerini çıkarttığınız cihazlara, tehlike statülerine uygun uyarı ve ikaz işaretlerini yerleştiriniz.

| İşlem Basamakları | Öneriler |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none">➤ Cihazları tehlike statülerine göre sınıflandırınız.➤ Cihazların tehlike statülerine uygun uyarı ve ikaz işaretleri bulunuz veya kendiniz oluşturunuz.➤ Cihaz üzerinde bulunması gereken uyarı ve ikaz işaretlerini etiket hâline getirerek cihazın üzerinde görülebilecek uygun bir yere yerleştiriniz.➤ Cihazların bulunduğu ortamla ilgili olan uyarı ve ikaz işaretlerini pano veya afiş şeklinde oluşturarak görülebilecek uygun yerlere yerleştiriniz. | <ul style="list-style-type: none">➤ Cihazları tehlike statülerine göre sınıflandırırken cihaz kataloglarından ve modülünüzdeki öğrenme faaliyetlerinden yararlanınız.➤ Cihaz ile ilgili uygun uyarı ve ikaz işaretleri oluşturabilmek için cihaz kataloglarından ve modülünüzdeki öğrenme faaliyetlerinden yararlanınız.➤ Cihazla ilgili uyarı ve ikaz işaretleri oluştururken hazır stikırlar kullanılabilir ya da boş stikırlar üzerine kendiniz çizerek oluşturabilirsiniz.➤ Oluşturduğunuz uyarı ve ikaz işaretlerini cihaz üzerlerine ve cihazların bulunduğu ortamlarda uygun yerlere yerleştirirken ortamda bulunan herkes tarafından rahatlıkla görülebilecek yerlerde olmalarına dikkat ediniz. |

PERFORMANS DEĞERLENDİRME

Aşağıda hazırlanan değerlendirme ölçeğine göre yaptığınız çalışmayı değerlendiriniz. Gerçekleşme düzeyine göre “Evet / Hayır“ seçeneklerinden uygun olan kutucuğu işaretleyiniz.

KONTROL LİSTESİ

| | Değerlendirme Ölçütleri | Evet | Hayır |
|---|--|------|-------|
| 1 | Cihazları tehlike statülerine göre sınıflandırdınız mı? | | |
| 2 | Cihazların tehlike statülerine uygun uyarı ve ikaz işaretleri buldunuz mu? | | |
| 3 | Cihaz üzerinde bulunması gereken uyarı ve ikaz işaretlerini etiket hâline getirdiniz mi? | | |
| 4 | İşaretleri cihazın üzerinde görülebilecek uygun bir yere yerleştirdiniz mi? | | |
| 5 | Cihazların bulunduğu ortamla ilgili olan uyarı ve ikaz işaretlerini pano veya afiş şeklinde oluşturarak görülebilecek uygun yerlere yerleştirdiniz mi? | | |
| 6 | Yaptığınız işlemleri rapor hâline getirdiniz mi? | | |

DEĞERLENDİRME

Uygulama faaliyetinde yapmış olduğunuz çalışmayı kontrol listesine göre değerlendiriniz.

Yapmış olduğunuz değerlendirme sonunda eksikler varsa, faaliyete dönerek ilgili konuyu tekrarlayınız.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

1. İzole edilmiş hasta bağlantısı tıbbi cihazlarda hangi tip tehlikelerin önlenmesinde kullanılır?

- A) Mekaniksel B) Elektriksel C) Radyoaktif D) Kimyasal

2. İnsan uzuv ve dokuları üzerinde ezilme, kopma ve batma gibi etkiler hangi tip tehlikeler sonucunda oluşabilmektedir.

- A) Mekaniksel B) Elektriksel C) Radyoaktif D) Kimyasal

Aşağıdaki paragraflarda boş bırakılan yerleri doldurunuz.

3. Her bir cihaz şasisinin ayrı ayrı ortak topraklama terminaline bağlanmasından oluşan sistemesistem denir.

4. Statik elektrikten dolayı oluşabilecek elektrik atlamalarına karşı kullanılmaktadır.

5. Tıbbi cihazların sıcaklık, nem, toz, ışık gibi etkiler göz önünde tutulmalıdır.

Tıbbi cihazların depolama ve nakliyesinde cihaz üzerinde bulunan etikette aşağıda belirtilen ibarelerden bulunması gerekenleri doğru olması gerekmeyenleri yanlış olarak işaretleyiniz.

| | D | Y |
|--|----------|----------|
| 6. Seri numarası, batch code, lot numarası | 0 | 0 |
| 7. Özel depolama ve kullanım şartları | 0 | 0 |
| 8. İkazlar ve alınacak önlemler | 0 | 0 |
| 9. Kurulacak yerin adresi | 0 | 0 |
| 10. Cihaz üretim tarihi | 0 | 0 |

DEĞERLENDİRME

Sorulara verdiğiniz cevaplar ile cevap anahtarını karşılaştırmış, cevaplarınız doğru ise uygulama faaliyetine geçiniz. Yanlış cevap verdiyseniz öğrenme faaliyetinin ilgili bölümüne dönerek konuyu tekrar ediniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-3

AMAÇ

Bu öğrenme faaliyetini başarıyla tamamladığınızda, radyoaktif risklere karşı vücudu koruyucu tedbirleri alabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Radyoaktivite ile ilgili yasal zorunlulukları TAEK'ten (Türkiye Atom Enerjisi Kurumu) edinerek arkadaşlarınızla tartışınız.
- Radyoaktivitenin zararlarından korunmak için kullanılan kişisel koruyucu ekipmanların kullanım kılavuzlarını arkadaşlarınızla birlikte inceleyiniz.

3. RADYOAKTİF RİSKLERE KARŞI VÜCUDU KORUYUCU TEDBİRLER ALMAK

3.1. Radyoaktivite

İnsanlar var oluşundan bu yana sürekli olarak radyasyonla iç içe yaşamak zorunda kalmıştır. Dünya ve üzerindeki canlılar radyasyon (ışınım) seli ile yıkanmaktadır. İnsanoğlu, varlığını keşfettiği 1800'lerin sonlarından bu yana radyasyon ve radyoaktivite (ışın etkinlik) üzerine birçok kullanım alanı geliştirmiştir. Tıp bilimi radyasyonun nüfuz edici özelliklerinden yararlanan ilk bilim dallarındandır. Radyasyonun kullanımı insan sağlığına yönelik tanı ve tedavilerde devrim yaratmıştır. Bununla birlikte faydaların risklerle bir arada bulunduğu ve dolayısıyla insanların radyasyona karşı korunması gerektiği daha ilk yıllardan itibaren anlaşılmıştır. O zamandan beri fayda ve risklerin dengelenmesi, radyasyon kullanımının ayrılmaz bir parçası olmuştur.

Radyasyon (ışınım); “atomların yapı taşlarını oluşturan parçacıklar” veya “elektromanyetik dalgalar” hâlinde uzayda veya maddede yol alan enerjidir.

Radyoaktivite (ışın etkinlik); kararsız bir atomun çekirdeğinde meydana gelen ve radyasyon salınımına yol açan kendiliğinden değişimdir. Bu değişim sürecine genellikle atomların bozunması adı verilmektedir.

Radyasyon etkileştiği atomların elektronlarını yerinden çıkarmaya yetecek enerjiye sahip olduğunda, atomların yüklü hâle gelmesine (iyonize olmasına) yol açmaktadır. Bu nedenle bu tür ışınım iyonize edici radyasyon adı verilmektedir. Bu etkileşimden kaynaklanan iyonlar, insan hücrelerinde hasara neden olan kimyasal değişimlere yol açabilmektedir.

Radyasyon, atomları iyonize etmeye yetecek enerjiye sahip değilse, iyonize edici olmayan radyasyon olarak isimlendirilmektedir.

3.2. Radyoaktivite ile İlgili Yasal Zorunluluklar

Tıbbi alandaki radyasyon uygulamaları, radyasyonla görüntü elde edebilme ve radyasyonun hücre veya tümörleri yok edebilme yeteneğine sahip olması temeline dayanır. Bu iki özelliğinden dolayı radyasyon, hastalıkların teşhis ve tedavisinde önemli rol oynar.

Radyoaktivite tıp alanındaki katkılarının yanında insan sağlığına karşı oldukça önemli tehlikeleri de içermektedir. Bu nedenle radyoaktif madde ve radyasyon yayan cihazların kullanımı yasal düzenlemelerle denetim altına alınmıştır. Türkiye’de radyoaktif madde kullanımı ve güvenliğin sağlanması denetimi, yasal düzenlemelerle Türkiye Atom Enerjisi Kurumu’na verilmiştir. Bu çerçevede radyasyon kaynaklarının bulundurulması, kullanılması, imal, ithâl ve ihraç edilmesi, alınması, satılması, taşınması, depolanması ve radyasyon kaynaklarıyla çalışılabilmesi, kurumca verilecek lisansa bağlıdır. Bu işler, diğer bakanlık ve kuruluşlardan da izin, ruhsat veya belge alınmasını gerektiriyorsa, bunların verilmesi, Kurumca lisans verilmesi ön koşuluna bağlıdır.

3.3. Radyoaktif Kaynaklı Cihazlar

Tıbbi cihazlar içinde yüksek uygulama dozu sayısı nedeni ile insan sağlığına zarar verebilecek radyasyon yayan cihazlar şunlardır.

- Seyyar röntgen cihazları
- Sabit veya mide masalı röntgen cihazları
- C kollu görüntülü seyyar röntgen cihazları
- Mamografi cihazı
- Mikrofilm cihazları
- Toraks cihazı
- X – ışınli cilt tedavi cihazları
- Anjiyografi sistemleri
- Kemik densitometre cihazı
- Radyoaktif kaynaklı ölçüm cihazları
- Radyoaktif kaynağı referans olarak kullanılan cihazlar
- Lineer akseleratör cihazı
- Tomo opsiyonlu röntgen cihazları
- Ürolojik maksatlı röntgen cihazları
- Taş kırma (ESWL) sistemi
- Kan ışınlama cihazları
- Brakiterapi cihazı
- Radyoterapi planlama simülatörü
- Gama ışınli tedavi cihazları
- Tomografi cihazları
- Panoromik diş röntgeni
- Diş röntgenleri
- X ışınli laboratuvar tipi eğitim araçları



Resim 3.1: Röntgen cihazı

3.4. Radyoaktivitenin İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri

Radyoaktivite insan sağlığı ile ilgili olarak tanı ve tedavi amaçlı olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Tıbbi alandaki radyasyon uygulamaları, radyasyonla görüntü elde edebilme ve radyasyonun hücre veya tümörleri yok edebilme yeteneğine sahip olması temeline dayanır. Bu iki özelliğinden dolayı radyasyon, hastalıkların teşhis ve tedavisinde önemli rol oynar. Radyasyonun tıp alanındaki kullanımını üç ana grupta toplanabilir.

3.4.1. Tanısal Radyoloji

Radyasyonun tıbbi alanda yaygın kullanılmakta olan ve gün geçtikçe geliştirilen en eski çeşidi X ışınlarıdır. Genellikle hastalıkların teşhisi amacıyla kullanılan X ışınları, hastadan geçirilerek hastalıklı bölgenin görüntüsü röntgen filmi olarak da adlandırılan radyografi filmi şeklinde elde edilir.

3.4.2. Nükleer Tıp

Vücuttaki organ veya dokuların işlevleriyle ilgili çalışmalar yapmak üzere bazı radyoaktif maddeler kullanılır. Bu tür çalışmalarda radyoaktif madde, vücuda, radyoaktif maddenin incelenecek dokuda toplanmasını ve geçici bir süre buraya yerleşmesini sağlayacak bir kimyasal madde ile birleştirilerek verilir. Radyoaktif maddenin vücuttaki dağılımı veya akışı, vücuda verilen radyoaktif maddeden salınan gama ışınlarını algılayacak özelliklere sahip cihazlarla elde edilir.

3.4.3. Radyoterapi

Kanser hastalıklarının %50'sinin tedavisinde etkin olarak kullanılır. Yaygın olarak yüksek enerjili elektron hızlandırıcılar ve Co-60 radyoaktif kaynaklı cihazlar kullanılır. Tedavinin amacına ulaşması tedavi edilecek bölgeye tedavi için gerekli doz verilirken sağlam doku ve organların dozunun minimum düzeyde tutulmasıyla mümkündür.

Uzun vadeli etkilere yol açan üçüncü madde, hasar hücrenin kanserleşmesine yol açabilir. Hasar gören hücre insan üreme hücresi (yumurta veya sperm hücresi) ise, DNA'nın gördüğü hasar genetik bir mutasyona yol açabilmekte ve gelecek kuşaklara taşıyabilmektedir.

İnsanların iyonize edici radyasyona maruz kalmaları hâlinde iki çeşit etkiden söz edilebilir.

- Hemen ortaya çıkan deterministik etkiler olarak adlandırılan kesin etkiler
- Kendisini ancak yıllar sonra ortaya çıkaran stokastik etkiler olarak adlandırılan olası etkiler

3.5.1. Deterministik Etkiler

Radyasyon dozunun vücudun herhangi bir doku veya organına hasar vermesi veya önemli reaksiyonlara neden olacak miktarda hücre ölümünü meydana getirmesi sonucunda ortaya çıkan etkilerdir. Bu etkinin ortaya çıkması küçük dozlarda sıfır olabileceği gibi bir eşik değerin üzerinde doz alınması durumunda klinik etkilerin görülme olasılığı %100'e ulaşacaktır. Bu değerin üzerindeki hasarın şiddeti doza bağımlı olarak artacaktır.

Bir anda alınan çok yüksek bir doz birkaç hafta içinde ölüme neden olabilir. Örneğin; 5 Gy veya daha fazla dozun aniden alınması uygun tedavi yapılmadığı takdirde kemik iliği ve sindirim sistemi hasarları nedeni ile ölüme sonuçlanabilir. 5 Gy'e kadar olan dozlarda uygun tedavi yapıldığı takdirde kişilerin hayatı kurtarılabilir. Ancak 50 Gy'lik doz alınması hâlinde medikal tedavi yapılsa bile kesinlikle ölüm gerçekleşir. Tüm vücudun değil de, vücudun belirli bir bölgesinin çok yüksek bir doz alması hâlinde ölüm olmasa da ışınlanan bölgede erken etkiler görülecektir. Örneğin cildin 5 Gy'lik dozu aniden alınması hâlinde ciltte bir hafta içinde eritem (kızarıklık) ortaya çıkar. Benzer dozun üreme organları tarafından alınması hâlinde kısırlık meydana gelir. Bu tip etkiler radyasyonun deterministik etkileri olarak isimlendirilir. Bu tür etkiler ancak doz ve doz hızı bir eşik değeri geçtiği takdirde meydana gelir. Etkilerin şiddeti doz ve doz hızına bağlı olarak artar. Deterministik etkilerin diğer bir tipi ışınlanmadan uzun bir süre sonra ortaya çıkar. Bunlar genellikle öldürücü değildir. Fakat vücudun belirli parçalarının fonksiyon kaybına veya habis (kötü) olmayan değişikliklere neden olabilir. En iyi bilinen örnekleri gözde katarakt meydana gelmesi ve cilt hasarlarıdır.

- Erkeklerde bir defada 3.5- 6 Gy (3 500 - 6000 mGy) dozun,
 - Kadınlarda bir defada 2.5 - 6 Gy (2 500 - 6000 mGy) dozun kısırlık yapması,
 - Bir defada alınan 5 Gy (5000 mGy) dozun gözde katarakt yapması
- radyasyonun deterministik etkilerine örnektir.

Aşağıdaki resimlerde 5 Ci'lik Ir-192 radyoaktif kaynağını iş önlüğünün cebinde 2 saat taşıyan bir işçinin göğsünün ön ve sağ tarafında ışınlanmadan oluşan kızarıklıklar görülmektedir.



Resim 3.3: 5 Gün sonra



Resim 3.4: 11 Gün sonra



**Resim 3.5: Işınlanmadan 21 gün sonra
ışınlanan bölgede meydana gelen deri
dökülmesi**



**Resim 3.6: 20 ila 30 Gy arasında bir doza
maruz kalmış bir işçinin ellerinde meydana
gelen yanık ve su kabarcıkları**

3.5.2. Stokastik Etkiler

Düşük dozlarda ortaya çıkması olası etkilerdir. Etkinin ortaya çıkması için bir eşik değer söz konusu değildir. Stokastik etkiler nedeniyle kanser olma olasılığının saptanmasında belirsizlikler vardır. Düşük dozlara maruz kalmış kişilerde kanser ortaya çıkması hâlinde, bunun radyasyon nedeni ile olup olmadığını belirlemek mümkün değildir. Bunu ortaya koyacak somut veriler yoktur. Düşük dozlar için stokastik etkilerin ortaya çıkma olasılığı yüksek doz almış kişiler ve hayvan deneylerinin sonuçlarına dayanılarak tahmin edilmektedir.

Stokastik etkilerle ilgili belirsizliklere bir yaklaşım getirmek için etkin doz birimi başına ölüm ihtimali kat sayısı belirlenmiştir.

Radyasyon dozları belirlenmiş limitlerin altında tutularak, kişilerde erken olumsuz etkilerin meydana gelmesini veya ilerde ortaya çıkabilecek gecikmiş olumsuz etkilerin görülmesini en aza indirmek için bütün önlemler alınmalıdır.

3.6. Radyoaktiviteden Korunma Yolları ve Koruyucular

İyonize edici ışınım çeşitli şekillerde bulunmaktadır.

- Alfa parçacıkları ışınımı
- Beta parçacıkları ışınımı
- Elektromanyetik ışınım (gama ve X-ışınları)
- Nötron ışınımı

Her iyonize edici ışınım, madde ile ki buna insan vücudu da dâhil farklı bir şekilde etkileşmekte ve her biri şekilde görüldüğü gibi farklı materyaller tarafından etkin bir şekilde durdurulabilmektedir.



İnsanların iyonize radyasyondan korunması, insan sağlığı açısından önemli bir konudur. Bu nedenle özellikle çalışma alanında sürekli olarak mesleki ışınlanmalara maruz kalabilecek çalışanlar için korunma ve güvenlik kuralları belirlenmelidir. Uyulması gereken yazılı yerel kurallar ve prosedürler oluşturulmalıdır. Tüm çalışanların bilgilendirilmesi ve prosedürlere uyması sağlanmalıdır.

Şekil 3.2: İyonize edici ışınım engelleyiciler

Mesleki ışınlanmalardan korunmanın genel yöntemi zırhlama olarak adlandırılabilir. Zırhlama hasta ve çalışanların korunması ya da tesis yapısına yönelik olarak hazırlanabilir. Kişisel korunmanın sağlanabilmesi için genellikle kurşun içeren önlükler kullanılması gerekir. Bu önlükler, kurşun tozu içeren plastik malzemelerden ve genellikle 0.3 ile 0.5 mm arasında değişen kalınlıklardaki kurşun eş değerinde yapılırlar. Bu önlükler aşağıda tanımlanan değişik şekillerde olabilir:

3.6.1. Önlük

En çok kullanılan ve en güvenli önlük çeşidi olup bedeni tamamen sarmak üzere tasarlanır. Genellikle velcro şeritleriyle ya da ayarlanabilir tokalı kemerlerle bedenin ön tarafında tutturulurlar.

3.6.2. Panço Önlük

Başın üzerinden geçirilerek giyildikten sonra iki bağlama noktası ile yanlardan tutturulur. Velcro kayışları zamanla bozulduğundan panço önlükler tercih edilir.

3.6.3. Parçalı Önlük

Belin taşıdığı ağırlığı mümkün olduğu kadar azaltmak için, genellikle ön tarafta bağlanan bir üst bölüm ve kalçaya giyilip belde tutturulan bir alt bölümden oluşur. Bu giysi, etek-bluz olarak adlandırılır.



Resim 3.7: Önlük çeşitleri

3.6.4. Bel Yüğü Azaltılmış Önlük

Önlüğün bir miktar yükünü bel yerine kalçaya taşıtan bir kemere sahip olan şeklidir.

3.6.5. Kırık Tabakalı Önlük

Kardiyolojide anjiyografi uygulamalarında olduğu gibi, saçılan radyasyon düzeyinin yüksek olduğu alanlarda, 0,5 mm kalınlığında kurşun eş değerli önlük kullanılması gerekir. 0,5 mm kurşun eş değerli önlüğün ağırlığı sorun yaratacağından, bu önlükler genellikle arkasında ya bir açıklık olacak ya da daha az bir kurşun eş değeri (0,25 mm) sağlanacak biçimde tasarlanır. Normal uygulamalarda, ışınlama esnasında çalışanların yüzü radyasyon kaynağına dönük olacağından, arkalarında daha az zırhlanma olması hem çalışanların hareketlerini kısıtlamayacak hem de gerekli korunmayı sağlayacaktır.

3.6.6. Tiroit Koruyucular



Saçılan radyasyon düzeyinin yüksek olduğu alanlarda tiroitleri korumak için, boyun etrafına sarılarak tutturulan ve kurşun içeren plastik koruyucular kullanılmalıdır.

Resim 3.8: Tiroit koruyucular

3.6.7. Kurşun Önlük Saklama Askısı

Kurşun önlüklerin çalışma sonrası saklanma şekli önemlidir. Önlük, içindeki kurşun tabakaların kırılmasını önlemek için ya katlanmadan düzgün bir şekilde ya da özel tasarlanmış askılarda muhafaza altına alınmalıdır. Şekilde önlüğün doğru biçimde saklanma şekli gösterilmektedir.



Resim 3.9: Kurşun önlük ve saklama askısı



Resim 3.10: Kurşun paravan

3.6.8. Kurşun Saçaklar

Kurşun içeren koruyucu malzemeler floroskopi masası zırhlanmasında da kullanılır. Floroskopi çalışmaları sırasında, çalışanın vücudunun alt tarafını korumak için X-ışını masasının yan tarafına kurşun saçak adı verilen bu koruyuculardan yerleştirilir. Kurşun saçaklar aynı zamanda hastadan saçılan radyasyonun azaltılmasını da sağlar.

3.6.9. Kurşun Cam ve Paravanlar

Diğer bir zırhlanma yöntemi de, kurşun eş değerli cam veya akrilik kullanmaktır. Genellikle floroskopide kullanılır. Tavana tutturulan ve çalışma esnasında aşağıya çekilerek göz ve troidin korunmasını sağlamak üzere operatörün yüzü ile kaynak arasına yerleştirilen 35x35 cm boyutlarında kurşun eş değerli akrilik plakalardır. Kurşun eş değerli cam ya da akrilik gözetleme penceresi bulunan hareketli paravanlar da korunma için kullanılan diğer bir yöntemdir.

3.6.10. Gonard ve Ovaryen Koruyucular

Alt karın ve pelvis incelenmesi dışındaki uygulamalarda hastaların özellikle üreme organlarının korunması gerekir. Çalışanlar da yaptıkları işin niteliğine göre Gonard ve ovaryen koruyucular kullanmalıdır.



Resim 3.11: Gonard koruyucular



Resim 3.12: Ovaryen koruyucu



Resim 3.13: Kurşun eldiven

3.6.11. Gözlük ve Eldivenler

Çalışanlar yaptıkları işin niteliğine uygun kurşun eldiven, koruyucu, kurşun gözlük gibi koruyucu giysiler de kullanmalıdır.



Resim 3.14: Kurşun gözlükler

Radyasyondan etkilenebilecek film ve hassas cihazların da uygun şekilde zırhlanmaları gerekir.

Radyoloji bölümlerinin inşaatları gerekli korunmayı sağlamak üzere yapılmış olan zırhlanma hesaplarına uyularak yapılmalıdır. Uzmanlar tarafından gerekli inşaat tekniklerine uyulduğunun, doğru malzeme kullanıldığının ve zırhlanmanın projeye uygun olarak yapıldığının ve kullanımın güvenli olduğunun onaylanması gerekir.

Bunlara ilave olarak radyasyon ve kontaminasyon ölçüm cihazları ve radyoaktif atıklar için kurşunlu atık kapları bulundurulmalıdır.

3.6.12. Mesleki Işınlanmalarda Doz Sınırı ve İzlenmesi

Mesleki ışınlanmalar için etkin doz ardışık beş yılın ortalaması 20 mSv'i, herhangi bir yılda ise 50 mSv'i geçemez. El ve ayak veya cilt için yıllık eş değer doz sınırı 500 mSv, göz merceği için 150 mSv'dir.

Mesleki ışınlanmalarda, kişisel dozlar için kaynak ve uygulamalara bağlı olarak yapılacak optimizasyon sonucu doz kısıtlama değerleri belirlenir ve uygulanır.

Denetimli alanlarda çalışanlar için kişisel doz izlemesi yapılır. Radyoaktif bulaşma olasılığı olan yerlerde çalışanların tüm vücut sayımları belli aralıklarla yapılarak kayıtları tutulur. Kişilerin maruz kaldığı ışınlanma miktarını belirlemek için film dozimetreler, TLD dozimetreler, optik (laserle okunan AIO 3) dozimetreler, cep iyonizasyon odacıkları ve diğer küçük radyasyon dedektörleri gibi kişisel ölçüm cihazları kullanılır. Bu cihazların çoğu kullanım boyunca alınan integral etkin doz eş değerini verir. Dozimetreler kurşun önlüğün dışına yakaya takıldığı takdirde baş ve boynun aldığı dozları verir. Genellikle 0.1-0.2 mSv'in üzerindeki dozları ölçer.

Tüm personel için dozimetre değerlerinin kayıtları düzenli bir şekilde saklanmalı ve takip edilmelidir. Yapılan ölçümler sonucu tutulan kayıtlar düzenli olarak kontrole gönderilmelidir.

Radyasyon alanlarının düzenli aralıklarla radyasyon ölçümleri yapılır ve radyoaktif bulaşma olasılığı olan yerlerde silme testleri uygulanır.

Radyasyon ölçümlerinde saatte 1 m Sv ölçüm hassasiyetine sahip ve kalibrasyonlu dedektörler kullanılmalıdır.

GM dedektörleri sayısal değerler açısından güvenilir olmamakla birlikte çevre radyasyon seviyesinin değerlendirilmesi için kullanılır.

Taşınabilir sintilasyon dedektörleri düşük enerjili fotonları dedekte etmede çok hassastırlar.

Radyasyon dedektörlerinin uygun enerjiye sahip radyasyon kaynaklarıyla düzenli olarak kontrol edilmesi gereklidir.

3.6.13. Uyarı İşaretleri

Radyasyon alanlarının girişlerinde ve bu alanlarda temel radyasyon simgeleri ve uyarı levhaları bulunması zorunludur! Radyasyon üreten cihazların veya radyoaktif madde bulundurulmuş, kullanılan veya depolanan laboratuvar ve yerlerde bu uyarı işaretleri herkesin görebileceği şekilde asılmalıdır. Yüksek radyasyon seviyesinin olabileceği alanlarda ayrıca ışıklı ve sesli uyarıcıların olması ve interlock sistemlerinin de bulunması gereklidir.



Resim 3.15: Radyasyon uyarı işaretleri

3.7. Radyoaktivite Ölçülmesi

İyonlaştırıcı radyasyon görülmez, hissedilmez ya da vücut tarafından herhangi bir yolla algılanmaz. Daha önce bahsedildiği gibi, iyonlaşmanın sonucu olarak doku tarafından soğurulan enerjiye bağlı olarak insan dokusuna hasar verir. İnsan vücudunun kısım ya da kısımlarında enerji soğurulmasını ifade etmek için kullanılan terim "DOZ" dur.

Dozun yeni birimi Gray (Gy) dir. Fakat, radyasyon korunması uygulamalarında biyolojik etkileri de dikkate almak için kullanılan birim ise Sievert (Sv)'dir. X-ışını, gama ve beta radyasyonu için 1 sievert, 1 Gray'e karşılık gelir. Radyasyon görevlileri için en önemli donanım, radyasyon ölçüm cihazıdır. Kişilerin maruz kaldığı radyasyon dozlarının ölçümünde film badge veya termoluminisans dozimetre gibi, film ya da katı hal dedektörleri hâlen kullanılmaktadır.

Bu amaç için iki tip alet kullanılabilir; bunlar **doz şiddeti** ölçüm cihazları ve **dozimetre**lerdir.

Yeni üretilen doz şiddeti ölçüm cihazları, genellikle mikrosievert/saat ($\mu\text{Sv.h}^{-1}$) okuyacak şekilde kalibre edilir. Fakat, daha önceleri üretilmiş olan pek çok alet hâlen eski birim olan milirem/saat (mrem.h^{-1}) okuyacak şekilde kalibre edilmiştir. Aralarındaki bağıntı ise $10\mu\text{Sv.h}^{-1} = 1\text{mrem.h}^{-1}$ 'dir.

Nötron radyasyonu, sadece özel olarak yapılmış cihazlar kullanılarak ölçülebilir.

Radyasyon doz şiddeti ölçüm cihazlarının çoğu pil ile çalışır ve bazılarında pilin durumunu göstermek üzere test anahtarı vardır. Kullanıcılara, uzun süre anahtarı pil kontrol durumunda bırakılmaması ve cihazın kullanılmadığı zaman kapatılması tavsiye edilmelidir. Aksi takdirde, piller gereksiz kullanılmış olacaktır.

Cihaz, çalışıp çalışmadığının kontrolü için uygun şekilde zırhlanmış düşük aktiviteli bir kaynağa yaklaştırılarak tutulmalıdır. Ayrıca bazı cihazların içinde söz konusu test için küçük sabit bir kalibrasyon kaynağı bulunur. Çalışanlar test kaynaklarını kullanmaları için bilgilendirilmelidir. Çünkü bu kontroller hem onların deneyimlerini artırır hem de güven vererek olası bir hatanın erken fark edilmesini sağlar. Önemli olan, hatalı bir alet ile yapılan ölçümlere güvenmenin büyük bir tehlike doğurabileceğinin bilinmesidir.

Dozimetre, zamanın bir periyodu boyunca dedektör tarafından toplanmış toplam dozu ölçer. Örneğin, dedektör $10 \mu\text{Sv.h}^{-1}$ ile iki saat süre ile ışınlanmışsa, okunan toplam doz 20 Sv dir. Bazı dozimetreler dozun doğrudan okumasını verirler. Film badge ve termoluminesans dozimetreler (TLD) gibi diğer bazı dozimetrelerin belirledikleri doz değerleri ise sadece laboratuvarlarda işleminden geçirildikten sonra belirlenebilir.



Resim 3.16: Dozimetreler

Açık radyasyon kaynakları ile çalışırken, yüzey bulaşma (kontaminasyon) ölçüm cihazı olarak isimlendirilen üçüncü tip cihaza gereksinim duyulur. Bu cihaz, genellikle yüzeylerdeki radyoaktif bulaşmanın izlenmesi için kullanılan daha duyarlı bir dedektördür. Dedektör bulaşmış yüzeye yakın bir şekilde tutulursa, normal olarak saniyede sayım (cps veya s-1) olarak okuma yapar. Bazı cihazlar ise dakikada sayım (cpm veya min-1) olarak okuma yapar. Kullanılan radyoizotop için ayar (kalibrasyon) yapılması hâlinde birim alan başına bulaşan radyoaktif maddenin miktarı (Bq.cm^{-2}) cinsinden okunabilir. Farklı duyarlılıkta pekçok tip yüzey bulaşma ölçüm cihazı mevcuttur. Daha duyarlı cihazlar, kullanımda çok yüksek sayım hızı verirler, örneğin iyot-131 için 1000 Bq.cm^{-2} , fakat aynı yüzey bulaşmasını ölçen az duyarlı dedektörler daha küçük okuma ya da hiçbir yanıt vermeyecektir. Dedektör seçerken, kullanılan radyoizotop için iyi dedeksiyon verimine sahip olan ve sesli ikazı bulunan dedektörler seçilmelidir. Küçük dökülme ve bulaşmaların yaratabileceği iç hasar böylelikle önceden belirlenebilir ve güvenli bir çalışma alanı sağlanır.



Resim 3.17: Yüzey Bulaşma Ölçüm Cihazı



Resim 3.18: Radyasyon izleme monitörü

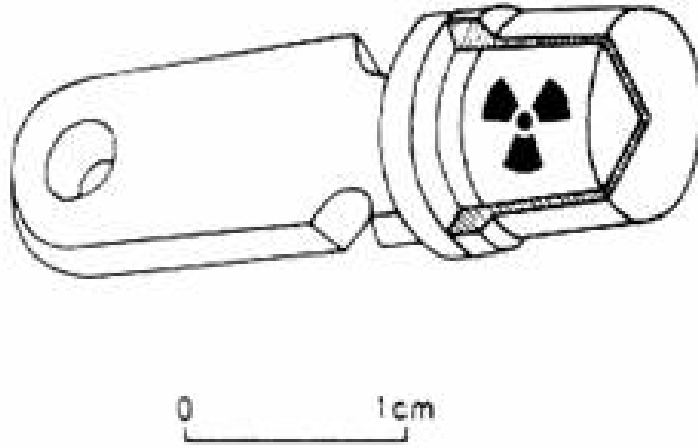
3.8. Yalıtım

Tıp alanında radyoaktif madde kullanımı çok az olmakla birlikte çalışma şekilleri farklılık gösteren radyoaktif ışın yayan cihazlar oldukça sık kullanılmaktadır. Bu ışınlardan kişisel korunma yöntemlerini yukarıda açıklamıştık. Radyoaktif ışınların hastanın yararlı radyasyon oranından fazla bir radyasyona maruz kalmasını önlemek, klinik personeline ve personel dışındaki kişilerin radyasyon ışınlarına maruz kalmasını önlemek için radyasyon yayan cihazların bulunduğu ortamların yalıtılması gerekmektedir. Aşağıda bir röntgen odasının yalıtımı için yapılması gerekenler sıralanmıştır.

- Alt, üst ve bitişik alanları daimi mesken olarak kullanılmayan alanlar tercih edilmelidir.
- Oda boyutu X-ışını cihazının özelliğine göre değişmekle birlikte 15 m²'den küçük olmamalıdır.
- Duvar kalınlıkları en az 29 cm dolu tuğla veya 15 cm beton olmalıdır. Duvar malzeme yapısının farklı olması veya kalınlığının bu değerlerin altında kalması durumunda eş değer korunmayı sağlayacak kalınlıkta kurşun plaka ile kaplanmalıdır.
- Birden fazla X-ışını cihazı aynı odaya kurulamaz. Kumanda ünitesi aynı olan cihazlar araya paravan (kurşun veya duvar) konularak kurulabilir.
- Odanın tercihan tek giriş kapısı olmalı ve bu kapı radyasyon sızıntısına izin vermeyecek şekilde 2.0 mm kalınlığında kurşun plaka ile kaplanmalıdır.
- Oda tetkik dışında başka hiçbir amaçla kullanılmamalıdır.
- Oda kapısı tetkik sırasında mutlaka kapalı tutulmalıdır.
- Cihazın X-ışını tüpü kapıya mümkün olan en uzak bölgeye yerleştirilmelidir. Kumanda ünitesi de tüpten mümkün olan en uzağa konulmalı ve önüne üzerinde hasta gözetlemesini sağlayacak uygun kalınlıkta kurşun eş değerli cam bulunan, kullanıcının saçılan radyasyona karşı korunmasını sağlayacak boyut ve tasarımda uygun kalınlıkta kurşun plaka ile kaplanmış paravan bulundurulmalıdır.
- Cihazın x-ışını tüpü direkt kapıya, kumanda ünitesine ve arkası sürekli kullanılan alanlara yönelmeyecek şekilde yerleştirilmelidir. Saçılan radyasyon için gerekli görülen yerler (masa altı ve akciğer statif arkası gibi) uygun kalınlıkta kurşun plaka ile kaplanmalıdır.
- Odanın havalandırılması aspiratör, vasistas tipi pencere veya merkezi havalandırma sistemi ile sağlanmalıdır.
- Hasta soyunma kabinleri 2.0 mm kalınlığında kurşun plaka ile kaplanmalıdır.
- Hastaların ve refakatçilerin bekleme yeri oda dışında ayrı bir yerde olmalıdır.
- Odanın bitişik alanı film banyo odasına açılıyor ise duvara açılacak kaset alış veriş penceresi her iki yönden 2.0 mm kalınlığında kurşun plaka ile kaplanmalıdır.
- Laboratuvar kapılarında ve gerekli görülen yerlerde radyasyon ikaz işaretleri bulundurulmalıdır.
- Işıklı ikaz uyarı sistemi konulmalıdır.

- Odanın radyasyon güvenliği yönünden gerekli koşulları sağlayıp sağlamadığı nihai olarak yerinde yapılacak radyasyon kontrol ve denetimi sırasında tespit edilir.

İyonize radyasyon dışında radyoaktif maddeler katı, sıvı ve gaz gibi herhangi bir fiziksel formda üretilebilir. Tıbbi uygulamaların çoğunda ve endüstriyel uygulamaların hemen hepsinde kullanılan kaynaklar metal bir kapsül ile yalıtılmış veya radyoaktif olmayan malzeme katmanları arasına kapatılmış radyoaktif maddelerdir. Genellikle bu tip kaynaklar, sıvı içerisine daldırma, belirli derecelerde sıcaklığa maruz bırakılma, belirli kuvvetle sıkışma ve çarpma gibi ciddi testlere dayanacak ve herhangi bir radyoaktif sızıntıya olanak vermeyecek şekilde tasarlanmış ve üretilmiş "Özel Şekil "lerdendir.



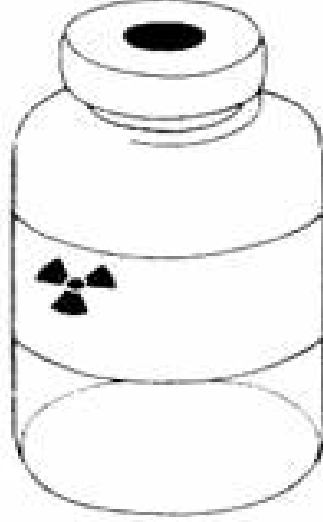
Şekil 3.3: Koruma altına alınmış (kapsüllenmiş) radyoaktif maddeyi gösteren kapalı kaynak

Kapalı kaynakların hepsi üretildikten sonra sızıntı testinden geçirilmeli ve kir testi olarak da isimlendirilen bu testler, kaynağın kullanımı süresince periyodik olarak tekrar edilmelidir. Sert koşullarda ya da kaynakların zarar görmesine neden olabilecek uygulamalarda kullanılan kapalı kaynaklar için bu testler daha sık tekrarlanmalıdır. Birçok kapalı kaynak, uzun yıllar boyunca güvenilir ve sızıntı yapmadan kullanılabilir. Fakat aktivitelerinin, radyoaktif bozunma nedeniyle kullanılabilir düzeylerin altına düşmesi nedeni ile güvenilir bir şekilde değiştirilmeli ve ortadan kaldırılarak son depolama yerlerine gönderilmelidir.

Kapalı kaynakların, sızıntı yapmadıkları sürece; ağız ve solunum yolu ile vücuda alınma riskleri yoktur. Sadece dış ışınlamaya neden olurlar.

Sıvı, toz ve gaz formundaki açık radyoaktif kaynaklar, benzer şekilde, kullanılıncaya kadar bir şişe veya silindir içinde muhafaza edilir ve kullanılacakları zaman kabından çıkartılır.

Bazı açık kaynaklar koruyucu kaplarında kullanılır. Bunların koruyucu kapları, radyasyonun dışarıya çıkmasına izin vermek üzere maksatlı olarak zayıf bir pencere bulundurur. Açık kaynaklar iç ve dış ışınlama yoluyla hasara neden olur.



Şekil 3.4: Bir şişe radyoaktif sıvı (Sıvıyı almak için şişeyi yalıtan kauçuk başlık delinir veya çıkarılır.)

UYGULAMA FAALİYETİ

Radyoaktif risk taşıyan cihaz ya da sistemlere müdahale esnasında oluşabilecek tehlikelere karşı maksimum güvenlik için gerekli kişisel koruyucuları kullanmak.

| İşlem Basamakları | Öneriler |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none">➤ Radyasyon ölçüm monitöründen ortamın radyasyon değerlerini gözlemleyiniz.➤ Radyasyondan koruyucu uygun kurşun eldiven giyiniz.➤ Radyasyondan koruyucu uygun kurşun gözlük takınız.➤ Radyasyondan koruyucu uygun önlük giyiniz.➤ Tiroit koruyucu takınız.➤ Radyasyondan koruyucu gonard ya da ovarven koruyucu takınız.➤ Üzerinizde taşıyabileceğiniz uygun dozimetre kullanınız. | <ul style="list-style-type: none">➤ Radyasyon ölçüm monitöründe gözlemlediğiniz değerlerin risk değerlerini aşmamasına dikkat ediniz.➤ Koruyucu ekipmanları seçerken standartlara uygunluğunu kontrol ediniz.➤ Koruyucu ekipmanları kullanmadan önce kataloglarını inceleyerek, kullanma talimatlarına uyunuz.➤ Uygun koruyucuları seçtiğinizden emin olunuz.➤ Çalışırken üzerinizde taşıdığınız dozimetre değerlerini kontrol ediniz. |

PERFORMANS DEĞERLENDİRME

Aşağıda hazırlanan değerlendirme ölçeğine göre yaptığınız çalışmayı değerlendiriniz. Gerçekleşme düzeyine göre “Evet / Hayır“ seçeneklerinden uygun olan kutucuğu işaretleyiniz.

KONTROL LİSTESİ

| | Değerlendirme Ölçütleri | Evet | Hayır |
|---|--|------|-------|
| 1 | Radyasyon ölçüm monitöründen ortamın radyasyon değerlerini gözlemlediniz mi? | | |
| 2 | Radyasyondan koruyucu uygun kurşun eldiven giydiniz mi? | | |
| 3 | Radyasyondan koruyucu uygun kurşun gözlük taktınız mı? | | |
| 4 | Radyasyondan koruyucu uygun önlük giydiniz mi? | | |
| 5 | Tiroit koruyucu taktınız mı? | | |
| 6 | Radyasyondan koruyucu gonard ya da ovaryen koruyucu taktınız mı? | | |
| 7 | Üzerinizde uygun dozimetre taşıdınız mı? | | |

DEĞERLENDİRME

Uygulama faaliyetinde yapmış olduğunuz çalışmayı kontrol listesine göre değerlendiriniz.

Yapmış olduğunuz değerlendirme sonunda eksikleriniz varsa, faaliyete dönerek ilgili konuyu tekrarlayınız.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

1. Türkiye’de radyoaktif madde kullanımı ve güvenliğin sağlanması denetimi, yasal düzenlemelerle’na verilmiştir.
2. Radyasyon dozunun vücudun herhangi bir doku veya organına hasar vermesi veya önemli reaksiyonlara neden olacak miktarda hücre ölümünü meydana getirmesi sonucunda ortaya çıkan etkilere etkiler denir.
3. Radyasyonun düşük dozlarda alınması ile ortaya çıkması olası etkilerine etkiler denir.
4. Gama ve X –ışınları materyaller tarafından durdurulabilmektedir.
5. Alt karın ve pelvis incelenmesi dışındaki uygulamalarda hastaların özellikle üreme organlarının korunması gerekir. Çalışanlar da yaptıkları işin niteliğine göreve koruyucular kullanmalıdır.
6. Mesleki ışınlanmalardan korunmanın genel yöntemi olarak adlandırılabilir.
7. İnsan vücudunun kısım ya da kısımlarında enerji soğurulmasını ifade etmek için kullanılan terime denir.
8. Radyasyon doz miktarının yeni birimi..... dir.
9. Radyasyon doz miktarını ölçen cihazlara denir.
10. Mesleki ışınlanmalar için etkin doz ardışık beş yılın ortalaması..... herhangi bir yılda ise geçemez.

DEĞERLENDİRME

Sorulara verdiğiniz cevaplar ile cevap anahtarını karşılaştırınız, cevaplarınız doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz. Yanlış cevap verdiyseniz öğrenme faaliyetinin ilgili bölümüne dönerek konuyu tekrar ediniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-4

AMAÇ

Bu öğrenme faaliyetini başarıyla tamamladığınızda, radyoaktif risklere karşı çevreyi koruyucu tedbirleri alabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği'ni TAEK'ten (Türkiye Atom Enerjisi Kurumu) edinerek arkadaşlarınızla tartışınız.
- Radyoaktivitenin zararlarından korunmak için hazırlanmış güvenlik protokollerini edininip arkadaşlarınızla inceleyerek tartışınız.

4. RADYOAKTİF RİSKLERE KARŞI ÇEVREYİ KORUYUCU TEDBİRLERİ ALMAK

4.1. Radyoaktif Risklere Karşı Çevreyi Korumanın Önemi ve Yolları

Radyasyonun insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerini daha önce incelemiştik. Radyasyon tıp alanının dışında birçok alanda da kullanılmaktadır. Kullanılan radyoaktif kaynaklar beraberinde de çevresel riskleri getirmektedir. Radyoaktif kaynakların doğru kullanılmaması ve oluşabilecek kazalar çevre açısından radyoaktif kirlenme yaratmakta, toprakta ve suda oluşacak radyoaktif kirlenme insan sağlığı açısından olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. Bu olumsuz sonuçları ortadan kaldırmak için radyoaktif kaynakların kullanımı, taşınması ve atıkların kontrolü gibi faaliyetlerin uluslararası radyasyon güvenlik standartlarında yapılması oldukça önemlidir. Daha önce bahsettiğimiz gibi Türkiye'de Türkiye Atom Enerjisi Kurumu bu faaliyetlerle ilgili uygulamaların denetiminden ve bilgilendirilmesinden sorumlu kılınmıştır.

Halkın doğal radyasyondan ve mesleki ışınlamalar ile tıbbi ışınlamalar nedeniyle aldığı dozlar dışında normal koşullarda yapay radyasyon kaynaklarından alacakları etkin dozlar için 1 mSv/yıllık sınır getirilmiştir. Özel durumlarda; ardışık beş yılın ortalaması 1 mSv olmak üzere yılda 5 mSv'e kadar izin verilir. Cilt için yıllık eş değer doz sınırı 50 mSv, göz merceği için 15 mSv'dir.

İyonlaştırıcı radyasyona maruz kalınmasını içeren herhangi bir faaliyet nedeniyle toplumun radyasyondan korunmasını sağlamak için gerekli düzenlemeler yapılmalı ve bunların yürütülmesi için prosedürler belirlenmelidir.

Bu çerçevede:

- Radyoaktif kaynakların kullanılması, taşınması, depolanması ve bertaraf edilmesiyle ilgili korunma ve güvenlik politikaları, prosedürler belirlenmeli ve gerekli idari düzenlemeler yapılmalıdır.
- İlişkili görevlerde çalışan personele toplumun korunması konusunda uygun koruma ve güvenlik eğitimi verilmeli, eğitim güncellenerek tekrarlanmalıdır.
- Sıvı atıkların kanalizasyon sistemine, katı atıkların tıbbi atık bertaraf tesislerine verilmesi için Kurumun radyoaktif maddeler için belirlediği ve ilgili yönetmeliklerde verilen doz kısıtlamalarına uyulmasını sağlamak için gerekli düzenlemeler yapılmalıdır.
- Olağan dışı ve acil durumlar için Kurumunun belirlediği şekilde planlar ve prosedürler hazırlanmalı ve uygulanabilirliği sağlanmalıdır.

Tıp alanında kullanılan radyasyondan kişileri ve çevreyi korumanın en önemli ve birinci aşaması radyasyon güvenliğinin, tanımlanmış prosedürler çerçevesinde sistemli hâlde yönetiminden geçmektedir. İyonlaştırıcı radyasyonun uygulamalarının yapıldığı, nükleer tıp, radyasyon onkolojisi, ve radyoloji gibi en az 2 tanesinin yapıldığı devlet hastaneleri, askeri hastaneler, üniversite hastaneleri ve özel hastanelerde çalışanların, hastaların ve çevrenin radyasyondan korunma ve güvenliğini sağlamak amacıyla "Radyasyon Güvenliği Komitesi" kurulmalıdır. Türkiye Atom Enerjisi Kurumunun ilgili komitenin yerine getirmesi gereken konuları ile ilgili maddeleri aşağıda verilmiştir. Her komite bu idari gereklilikleri yerine getirmelidir:

- Komite üyeleri; lisans sahibi/sahipleri, radyasyon korunması görevlisi/görevlileri, medikal fizikçiler, hemşire temsilcisi, hastane yönetimi temsilcisi (başhekim, başhekim yardımcısı, başmüdür, başmüdür yardımcısı gibi) en az 4 kişiden oluşması tavsiye edilir. Radyasyon kaynağı kullanan her bir birimin (radyasyon onkolojisi, nükleer tıp, genel radyoloji, kardiyoloji, oral diağnoz vb.) temsilcisi bu komitede yer almalıdır.
- Komite yılda en az 2 kere toplanmalıdır.
- Komitenin kimlerden oluştuğu her yıl hastane yönetimi tarafından yayınlanarak, görevi gereği radyasyon kaynağı ile çalışan kişiler ve diğer ilgililere tebliğ edilmelidir.
- Komite başkanının seçimle göreve gelmesi tavsiye edilir.
- Toplantıların radyasyon korunması görevlisi ve hastane yönetim temsilcisi mutlaka olmak kaydıyla çoğunluk sağlandığı takdirde yapılması tavsiye edilir.
- Her komite toplantısı rapor edilmelidir. Bu raporun aşağıdaki hususları içermesi tavsiye edilir.
 - Toplantı tarihi
 - Toplantıya katılan ve bulunamayan üyeler
 - Tartışılan ve karara varılan hususlar
 - Yapılması kararlaştırılan işler ve tavsiyeler
 - Optimizasyon (ALARA) prensibinin uygulanış ve yürütülmesi çerçevesinde yapılan plan ve programların gözden geçirilerek varılan sonuçlara ilişkin kararlar,

- Komite toplantı raporu tüm üyelere ve diğer ilgili kurum (TAEK, Sağlık Bakanlığı, YÖK, vb.) ve kişilere dağıtılmalı ve bir kopyası da ayrı dosyada saklanmalıdır.
- Komite, Türkiye Atom Enerji Kurumu'nun ve diğer ilgili kuruluşların (Sağlık Bakanlığı gibi) yayınlamış oldukları radyasyondan korunma ve güvenliği mevzuatını inceleyip, yerine getirmekle yükümlü olduğu tüm hususları yürürlüğe koymak üzere ayrıntısıyla planlayıp; tanı, tedavi ve araştırma amaçlarıyla radyasyonla çalışılan her bölüm için bir organizasyon şeması oluşturup uygulanmasını sağlamalıdır.
- Komite, radyasyon uygulamalarının yapıldığı bölümlerde çalışanların, halkın ve hastaların radyasyon güvenliğini sağlamak ve kişisel veya kollektif dozları az seviyede tutabilmek için tüm radyasyonla çalışılan bölümlerde günlük çalışma imkânlarını ve şartlarını belirleyerek ve tehlike durumunda yapılacak işlemleri ve alınacak önlemleri de içerecek şekilde ekteki formata uygun ayrıntılı bir "Radyasyon Güvenliği El-Kitabı" hazırlanmasını sağlamalı, onaylamalı, tüm radyasyon görevlilerinin ulaşabileceği şekilde ilgili bölümlere dağıtılmalı, gerekli görüldüğünde ve her yıl bunu yenilemelidir.
- Her toplantıda tesiste bulunan tüm radyasyon kaynaklarının dökümünü tutmak ve bunları belirlenen dönemlerde güncellemektir.
- Komite kullanılan radyasyon kaynaklarına ilişkin güvenlik analizlerinin yapılarak gerekli güvenlik analiz raporlarının hazırlanmasını sağlar.
- Komite, her toplantıda yürürlükteki radyasyondan korunma ve güvenliği programları dâhilinde alınan kişisel ve kolektif dozları değerlendirmesi ve personelin bu değerlendirmeler hakkında bilgi sahibi olmasının sağlanması, iyileştirme gerektiren uygulamalara dönük tavsiyeleri belirlemelidir.
- Komite, radyasyonla çalışan kişilerin eğitim ve deneyimi ile ilgili olarak yeterlik değerlendirmeleri yaparak gereken bilgi aktarımını sağlamak üzere eğitim programlarını oluşturmalı ve gereksinimlere göre yenilemelidir.
- Komite, üç ayda bir radyasyon korunması görevlisi/görevlilerinin tuttıkları kayıtlar ve hazırladıkları raporlara göre; personel radyasyon dozlarını, radyasyon ölçüm taramaları sonuçlarını, kontaminasyon olaylarını, radyoaktif atık kayıtlarını, kalite kontrol kayıtlarını, bakım onarım kayıtlarını, eğitim programlarını incelemeli ve değerlendirmelidir.
- Komite, üç ayda bir radyasyon korunması görevlisi/görevlilerinin yardımıyla tüm olağan dışı durumları gözden geçirmeli, sebepleri, gelişimi, alınan önlemleri ve tekrarlanmaması için yapılan düzenlemeleri değerlendirmelidir.
- Komite, "Etik Komite" ile iş birliği kurarak, araştırma amacıyla yapılacak her türlü radyasyon içeren uygulamalara dönük önerileri inceleyip, radyasyon güvenliği açısından değerlendirmeli ve "gerekçelendirme" prensibine uygun olarak karar almalıdır. Komiteden onay almadan radyasyon içeren hiçbir çalışma başlatılmamalıdır.
- Komite, her yıl radyasyon güvenliği programlarını yeniden gözden geçirmeli, aksayan yönleri saptamalı, yenilemelidir.
- Komite, her yıl hazırlanan radyasyon güvenliği programlarının ve "Radyasyon Güvenliği El-Kitabı"nın bir kopyasını Kuruma göndermelidir.

4.1.1. Radyasyon Güvenliği El-Kitabı Formatı

4.1.1.1. Genel

- Amaç (Kuruluş içinde radyasyon uygulamalarının yapıldığı alanlarda radyasyondan korunma ve güvenliği sağlamak üzere politika, organizasyon, işlemler ve gerekliliklerin belirlenmesi)
- İçerik (tanı, tedavi ve araştırma amaçlarıyla radyasyon onkolojisi, nükleer tıp, genel radyoloji, kardiyoloji, oral diagnoz gibi alanlarda çalışan kişilerin, görev ve sorumluluklarının saptanması ve bu sorumlulukların yürütülmesinde etkinliğin sağlanması)
- Radyasyon Güvenliği Politikası (Radyasyondan korunmada temel güvenlik standartlarına (gerekçelendirme, optimizasyon, doz sınırları) uygun çalışma ortamlarının oluşturulmasına dönük politikanın belirlenmesi)
- Uygulama (TAEK ve diğer ilgili kurum ve kuruluşların mevzuatına uygun kuruluş içi düzenlemelerin yapılması)

4.1.1.2. Radyasyon Güvenliği Yönetimi

- Radyasyon Güvenliği Komitesi (Kuruluşunuza ait, aşağıda örneği verilen yönetim şemasına benzer, idari yapılanmanın oluşturulması, yetki ve sorumlulukların belirlenmesi)
- Araştırma amacıyla yapılacak radyasyon kaynaklarını içeren faaliyetler için komiteden izin alma gerekliliği

4.1.1.3. Rutin Uygulamalar ve Gereklilikler

- Kullanıcının bilgi ve deneyimi (Radyasyon ile çalışan kişilerin radyasyondan korunma konuları ile ilgili eğitimlerinin sağlanması için yapılacak gerekli düzenlemeler)
- Radyasyon kullanımının onaylanması (Tesiste bulunan ve kullanılan tüm radyasyon kaynaklarının TAEK tarafından lisanlı olmasının sağlanması ve lisans koşullarına uygun faaliyet gösterilmesinin sağlanmasına yönelik tedbirlerin belirlenmesi ve belirtilmesi)
- Özel durumlara bağlı geçici izinlerin alınması
- Radyasyon Taramaları (surveys) (Radyasyon kaynaklarının kullanıldıkları laboratuvarlarda ve çevre alanlarda kaynağın cinsi ve potansiyel tehlikeler göz önüne alınarak yapılacak radyasyon taramalarının (doz hızı, kontaminasyon ve sızıntı testi) sıklığı belirlenir ve bunlara ilişkin ölçüm kayıtları tutulur. Her bir alan için belirlenmiş olan ve Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği'nde - www.taek.gov.tr web adresinden temin edilebilir- tanımlanmış olan referans seviyeler saptanarak ve bunların aşılması durumunda yapılacak olan işlemler belirlenir.)
- Optimizasyonun uygulanması (Bakınız RGY)

- Radyoaktif madde kullanılan alanların emniyetinin sağlanması (radyasyon kaynaklarının kaybolmasını ve çalınmasını engelleyecek güvenlik sisteminin kurulması, bu durumlarla karşılaşıldığı takdirde yapılacak işlemlerin belirlenmesi)
- Radyoaktif kaynakların teslim alınması, kuruluş içinde taşınması, kullanılması, depolanma ve hastane içi taşınmaları için kurallar (radyasyon kaynaklarının siparişi, çalışma saatlerinde ya da çalışma dışı saatlerde teslim alınışı , taşınması, depolanması, uygulanması, kullanılmış kapalı kaynakların yurt dışı edilmesi, radyoaktif atıkların bekletilmesi ve bertaraf edilmesine ilişkin hususların ayrıntısı ile belirlenmesi)
- Doz limitleri (Bakınız RGY, denetimli ve gözetimli alanların belirlenmesi)
- Personel doz ölçümleri (kategori A ve Kategori B personel listesinin belirlenmesi, kategori A çalışanlarına dozimetre temin edilmesi ve doz kayıtlarının düzenli olarak tutulmasının sağlanması)
- Radyasyon uyarı işaretleri (Bakınız RGY)
- Kapalı kaynakların sızıntı testi (kapalı radyoaktif kaynaklarına yapılacak sızıntı testlerini metotlarının belirlenmesi, kayıtlarının tutulmasının sağlanması, limit değerlerin aşılması durumunda yapılacak işlemlerin belirlenmesi)
- Cihaz bakım ve onarımı kayıtları (teşhis ve tedavide kullanılan tüm radyasyon kaynaklarının bakım ve onarım kayıtlarının tutulmasının sağlanması ve bakım-onarım sonrası yapılması gerekli olan kalibrasyon ve kalite kontrol işlemlerinin belirlenmesi)
- Cihaz kalibrasyonları (radyasyon ölçüm cihazlarının kalibrasyonlarının sıklıklarının belirlenmesi ve yapılmasının sağlanması)
- Radyoaktif atık yönetimi (radyoaktif kaynaklarının kullanımından oluşan katı, sıvı ve gaz atıkların yönetimi RGY madde 34, 35 ve 36 ya uygun olarak yapılmasını sağlayacak düzenlemelerin yapılması ve kayıtların tutulması)
- Radyofarmasotiklerin kalite kontrolü

4.1.1.3. Radyoaktif Madde ile Tedavi Dozu Alan Hastalar için Kurallar

- Genel Güvenlik Önlemleri
- İmplant Uygulamaları için Güvenlik Önlemleri
- Radyoaktif Madde ile Tedavi Dozu Alan Hastaların İzlenmesi
- Radyoaktif Madde ile Tedavi Dozu Alan Hastaların Ameliyatı veya Otopsisini

4.1.1.4. Tanı Amaçlı Kullanılan X-Işınlara İlişkin Güvenlik Önlemleri

- Kayıt (cihazların kayıtlarının tutulması)
- Genel güvenlik önlemleri (uygulama öncesi, sırası ve sonrasında uyulması gerekli hususların belirlenerek uygulanmasının sağlanması)
- Cihazların kullanımına ait esaslar (cihazların yetkili personel tarafından kullanılması sırasında çalışanların, hastanın radyasyondan korunma prensipleri çerçevesinde alınması gerekli tüm önlemlerin belirlenmesi ve cihazların kalite kontrollerinin yapılmasının sağlanarak bunlara ilişkin kayıtların tutulması)

- Mobil cihazlar ve özel uygulamalar
- Diş röntgen cihazları
- Radyoterapi simülatör sistemleri
- Böbrek taşı kırma cihazları
- CT sistemleri
- Film banyo kalitesi

4.1.1.5. Radyoterapi Güvenlik Önlemleri

- Kayıt (tüm cihaz ve kaynaklara ilişkin ithalat, ihracat, tesis tarafından teslim tutanağı, kabul testi, vb. kayıtların RGY’de belirtildiği şekilde tutulması)
- Genel güvenlik önlemleri (uygulama öncesi, sırası ve sonrasında uyulması gerekli hususların belirlenerek uygulanmasının sağlanması)
- Bölümde bulunan teleterapi, brakiterapi ve lineer hızlandırıcı gibi cihazların kullanımına ve güvenliğine ait esaslar (Her cihaz için yazılı kurallar hazırlanıp personelin görebileceği yerlere asılmalıdır.)
- Cihazların günlük, aylık, üç aylık ve yıllık kalite kontrolleri ve değerlendirmelerinin yapılmasının sağlanması ve kayıtlarının tutulması
- Teleterapi ünitelerinin ve kapalı kaynakların sızıntı testlerinin yapılmasının sağlanması ve kayıtlarının tutulması
- Teleterapi cihazlarında kaynak değişiminde izlenecek yöntemlerin kurum tarafından belirlenen kurallara uygun olarak yapılmasının sağlanması
- Radyoaktif kaynakların takibinin ve kayıtlarının tutulmasının sağlanması

4.1.1.6. Tehlike Durumu

Kurum tarafından gönderilen tehlike durum planının hazırlanmasının ve Uygulanmasının sağlanması

- Genel bilgiler
- Radyoaktif madde kontaminasyonu
- Personel dekontaminasyonu
- Radyasyon kaynaklarının kaybı veya çalınması
- Radyasyon alanlarında yangın
- Kazanın bildirimi
- Radyasyona maruz kalan hastaların ve personelin bakımı ve takibi
- Dekontaminasyon işlemleri (ortam ve kişi için)
- Radyoaktif maddelerin yanlış hastaya uygulanması durumunda yapılacak işlemler

4.1.1.7. Eğitim

Kullanılan radyasyon kaynağının özellikleri ve uygulamanın tipi göz önüne alınarak gerekli sayıda ve nitelikte personelin istihdamını sağlamak, bu alanlarda çalışan diğer yardımcı personelin (hemşire, temizlik görevlisi, güvenlik görevlisi, vb.) radyasyonun zararları ve alınması gerekli önlemler hakkında eğitilmesinin sağlanması için gerekli düzenlemelerin yapılması.

Personel eğitimine ilişkin örnek bir program aşağıda verilmiştir.

- Personel
 - İşe başlamadan önce
 - Düzenli olarak her yıl
 - Çalıştığı iş koşullarında, mevzuatta veya lisans koşullarında herhangi bir değişiklik olduğu zaman
- Aşağıdaki durumlarda da
 - Uygulanılan mevzuat ve lisans yükümlülükleri
 - Radyoaktif maddelerin kullanıldığı ve depolandığı alanlar
 - Radyoaktif madde ile çalışılan her bir alanda çalışan işçilerin maruz kalacakları potansiyel tehlikeler
 - Uygun radyasyon güvenlik işlemleri
 - Yerel kurallar
 - Herkesin tehlike durumunda radyasyon korunma sorumlusuna bilgi verme zorunluluğu
 - Tehlike durumunda uyulması ve yapılması gereken işlemler
 - Radyasyon işçilerinin kişisel dozimetre ve medikal değerlendirme sonuçlarından haberdar olma haklarının olduğunu ve bilgilendirilmelerini gerektiği konusunda
 - Lisans ve lisanslama koşullarının birer örneklerinin, mevzuatın ve gerekli diğer dokümanın buldukları yer hakkında bilgilendirilmeleri

4.2. Acil Durumlara Hazırlıklı Olma ve Uzmanlardan Yardım İsteme

Hastanelerin radyoterapi ve nükleer tıp birimlerinde normal uygulama koşullarında beklenmeyen ancak cihaz veya kullanıcı hatasından, deprem, yangın ya da patlama gibi olayların neden olabileceği radyasyon kazaları meydana gelebilir. Bu kazaların sonuçlarında çok ciddi yaralanmalar ve ölümler meydana gelebilir. Bu gibi kazaların oluşumunu engellemek ve olası kazalara hazırlıklı olmak kaza sonucu hasarların en aza indirilmesinde oldukça önemlidir. Bu nedenle acil durumlar için yukarıda da sözünü ettiğimiz gibi prosedürler oluşturulmalı, acil müdahalede bulunacak görevliler belirlenmeli ve kaza ya da olağan dışı durumlar yetkililere bildirilmelidir. Aşağıda verilen durumlar bir hastanedeki nükleer tıp birimi için TAEK tarafından acil durum veya olağan dışı durumlar olarak değerlendirilir.

- Yangın, deprem, patlama ve benzeri acil durumlar
- Siparişi verilen radyoaktif maddenin zamanında merkeze ulaşmaması

- Kullanılan radyoaktif maddenin çalışma alanı dışında bulaşmaya sebep olacak şekilde dökülüp saçılması
- Kullanılan radyoaktif maddenin çalışanların vücuduna bulaşması
- Radyoaktif maddenin çalınması veya kaybolması
- Hastalara yanlış radyofarmasötik veya yanlış doz uygulanması
- Radyoaktif iyot tedavisi görmüş hastalara acil müdahale gerekmesi veya ölmesi durumu

Radyasyon kaynaklarıyla faaliyetlerde bulunacak özel, tüzel kurum veya kuruluşlar, ilgili yönetmeliklerde belirtildiği şekilde acil durum planlarını hazırlamak, yerel kuralları oluşturmak ve uygulamak, hazırlanan planlar ve yerel kurallar ile ilgili gerekli eğitim ve tatbikatları yapmak ve olası bir kaza, olay veya tehlike durumunda hazırladıkları bu planı uygulamaya koyarak Kuruma ivedilikle haber vermekle yükümlüdür. Hazırlanan acil durum planları çerçevesinde sorumlu kişilerin telefon ve adresleri, görevleri ve acil durumlardaki müdahale yetkileri belirlenip çalışanların ve ortamda bulunabileceklerin kolaylıkla ulaşabilecekleri ilgili yerlere asılmalıdır.

Tehlike durumu ve olağan dışı durumlarda aranacak TAEK telefonları

TAEK Acil Durum Bildirim Hattı: 172

RSGD Daire Başkanı veya Nükleer Tıp ve RIA Şb. Md.:

Tel: 0312-287 1529 veya 287 2071

Fax: 0312 285 4284 veya 287 8761

4.3. Radyoaktivite Zararları

Daha önceki konularda radyasyonun tıbbi ışınlanmalarda ve mesleki ışınlanmalarda insan sağlığı üzerindeki zararlarını açıklamıştık. Radyasyonun kontrollü kullanımı esnasındaki zararlarının dışında herhangi bir nedenden meydana gelen kazalarda oluşabilecek radyasyon sızıntıları insan üzerinde çok daha etkili ve kalıcı hasarlara neden olabilmekte, hatta aşırı radyasyona maruz kalanlarda ölüme sebebiyet verebilmektedir. Bununla birlikte toprak ve suya karışan radyasyon, yoğunluğu ölçüsünde uzun yıllar etkisini sürdürmektedir. Çevre kirlenmesine yol açıp radyasyon yoğunluğu belirli değerlerin üzerinde olan çevresel faktörleri kullanan kişiler üzerinde radyasyona bağlı hastalıkların oluşmasına neden olmaktadır.

4.4. Radyasyondan Korunma Yöntemleri

Radyasyon içeren ortamlarda bulunanlar için gerekli kişisel koruma önlemlerinden yukarıda söz etmiştik. Radyasyondan kişisel korunmanın dışında çevre ve güvenli ortamda bulunduğunu düşünen korumasız kişilerin de korunması için bir dizi önlemlerin alınması gerekmektedir.

Bu önlemlerin başında radyoaktif madde içeren ya da radyoaktif ışın yayan cihaz ya da sistemlerin yalıtılmasıdır. Bu konu ile ilgili tıp alanındaki uygulamadan yukarıda söz etmiştik. Kullanılan bölgenin yalıtımı dışında radyoaktif maddelerin taşınması ve radyoaktif atıkların saklanması ve imha edilmesi de radyasyondan korunma açısından önemli konulardır. Bu konu ile ilgili olarak TAEK'in yönetmelikleri dâhilinde işlem yapılmalı, taşıma ve atıkların depolanması TAEK bilgisi dâhilinde olmalıdır.

4.4.1. Radyoaktif Atıkların Depolanması

Radyoaktif atıklar tıp, endüstri, araştırma gibi değişik uygulama alanlarında değişik aktivite, fiziksel ve kimyasal durumlarda ortaya çıkmaktadır.

Radyoaktif atıklar değişik ölçütler çerçevesinde sınıflandırılmaktadır. Bir çok ülke, uygulanacak atık yönetiminin gerektirdiği özelliklere bağlı olarak değişik atık sınıflandırma sistemi geliştirmiştir. Atıklar sınıflarının gerektirdiği şekilde işlenmekte ve bertaraf edilmektedir.

Radyoaktif atıkların uzun süreli depolanması amacıyla yapılan tesislerdeki yaklaşım radyoaktif atıkların konsantre edilmesi ve matris olarak tanımlanan beton, asfalt, cam gibi kapalı ortamlarda saklanmasıdır. Radyoaktif atıklar içlerindeki radyonüklitlerin yarı ömrüne ve diğer özelliklerine bağlı olarak değişik sürelerde depolanmaları gerekir.

Radyoaktif atıklar için yapılan depolama tesisleri kabaca iki grupta toplanabilir; yakın yüzey depolama tesisleri ve derin depolama tesisleri.

Radyoaktif atıkların çevre ve insan sağlığını etkilememesi, insanların ve çevrenin en etkin şekilde korunması amacı ile bütün dünyada çalışmalar sürdürülmektedir. Bu amaçla, radyoaktif atıklar ve atık nihai bertaraf tesislerinin envanterleri, gelecek nesillerin de açık şekilde bilgilendirilmesi ve atık kayıtlarına kolaylıkla ulaşmalarını sağlayacak koşullarda düzenlenir ve saklanır.



Resim 4.1: Yüzeysel depolama tesisi



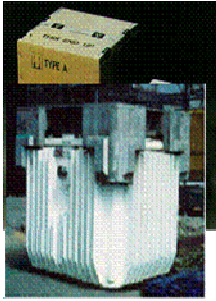
Resim 4.2: ÇNAEM atık tesisi çöktürme tankı

Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) tarafından hazırlanmış olan Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management isimli anlaşma ile (Kullanılmış Yakıt ve Radyoaktif Atık Yönetimi Güvenliği Birleşik Sözleşmesi) temel güvenlik ölçütleri; teknik ve yönetsel açılardan belirlenerek atık güvenliği uluslararası ölçekte güvence altına alınmıştır.

Ülkemizde Radyoaktif Atık Yönetimi ve Depolama tesisleri hususundaki yasal düzenleme 2690 sayılı Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Kanunu'nun 4.maddesinin (f) bendinde ve "Radyasyon Güvenliği Tüzüğü'nün" 8. Maddesinin (c) bendinde yer almaktadır. Belirtilen yasal yetkiler çerçevesinde TAEK Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi bünyesinde Düşük ve Orta Seviyeli Radyoaktif Atık (LILW) işleme ve geçici depolama tesisi kurulmuş olup, bu tesis faaliyetlerine devam etmektedir.

4.4.2. Radyoaktif Maddelerin Taşınması

Radyoaktif maddelerin taşınması uluslararası standartlarda belirtilen ve TAEK tarafından yayınlanan ve radyasyonun kullanım ve yoğunluğuna göre sınıflandırılmış özel paketlerde taşınmalıdır.



Resim 4.3: Radyoaktif madde taşıma paketleri

4.4.3. Radyoaktif Madde Taşıyan Paketlerin Sınıflandırılması

Radyoaktif madde paket ve kolileri taşıma indisi (TI) ve yüzey radyasyon seviyelerine göre;

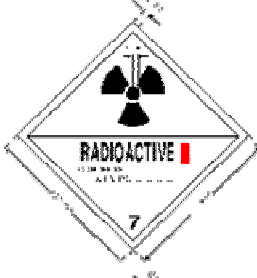
- BEYAZ Sınıf - I
- SARI Sınıf - II
- SARI Sınıf - III olmak üzere 3 gruba ayrılır.

Taşıma İndisi (TI): Radyoaktif madde taşıyan paketin veya paketlenmemiş LSA - I madde veya SCO - I ' in yüzeyindeki radyasyon seviyesi kontrolünün bir ölçüsüdür.

Taşıma indisi (TI); yüzeyden 1 m mesafede mrem / h olarak ölçülen radyasyon seviyesinin birimsiz değeridir.

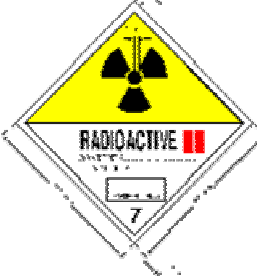
4.4.4. Radyoaktif Madde Taşıyan Paketlerle İlgili Talimatlar

Radyoaktif maddeleri içeren paketler, paketin yüzeyindeki ve paketten 1 m mesafedeki radyasyon seviyesine göre 3 gruba ayrılmaktadır. Bunlar sırasıyla şöyledir:



Beyaz - I ile etiketlenmiş paketler için, paket yüzeyindeki maksimum radyasyon seviyesi ; 0.5 mrem / h 'i aşmamalıdır.

Sarı - II ile etiketlenmiş paketler için, paket yüzeyindeki radyasyon seviyesi; 0.5 mrem / h ' den büyük, 50 mrem / h ' den küçük olmalıdır.



Bunların paket yüzeyinden 1 m mesafedeki radyasyon seviyesi; 1 mrem / h ' i aşmamalıdır.

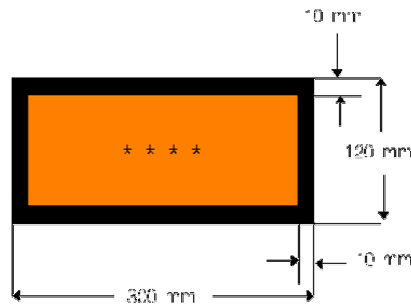
Sarı -III ile etiketlenmiş paketler için paket yüzeyindeki radyasyon seviyesi; 50 mrem / h ' den büyük, 200 mrem / h ' den küçük olmalıdır.



Paket yüzeyinden 1 m mesafedeki radyasyon seviyesi ise; 10 mrem / h ' i geçmemelidir.

4.4.5. Plakalama

Adi paket dışında radyoaktif paket taşıyan büyük taşıma kabı ve tankların görünür yüzlerine model ve boyutları aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi olan plakalar yapıştırılır.



Şekil 4.2: Birleşmiş Milletler radyoaktif madde plakası

UYGULAMA FAALİYETİ

Radyoaktif risk taşıyan cihazların bulunduğu bölgelerde radyoaktif risklere karşı çevreyi uyarıcı işaretleri yerleştirmek ve olası acil durumlar için canlandırma yapmak.

| İşlem Basamakları | Öneriler |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none">➤ Radyoaktif risklere karşı gerekli fiziki koşulların sağlanıp sağlanmadığını kontrol ediniz.➤ Radyoaktif risklere karşı gerekli uyarı ve ikaz işaretlerini yerleştiriniz.➤ Radyasyon güvenlik protokollerini uygun yerlere asınız.➤ Acil durumlarda haber verilecek yetkili kişi ve kuruluşların telefonlarını uygun yerlere asınız.➤ Radyoaktif sızıntı ya da ortama radyasyon yayılımı olduğunu düşünerek acil durum uygulaması yapınız.➤ Radyasyondan koruyucu giysiler giyiniz.➤ Radyoaktivitenin bulunduğu ortamdan insanları uzaklaştırarak kendiniz de mümkün olduğu kadar uzaklaşınız.➤ Bölgeye yetkisiz kişilerin girmesini önleyici bariyerler yerleştiriniz.➤ Acil durumlarla ilgili yetkili kişilere ve TAEK'e durumla ilgili bilgi veriniz. | <ul style="list-style-type: none">➤ Radyoaktif risklere karşı fiziki koşullardaki yetersizlikleri ilgili kişilere ileterek tamamlanmasını sağlayınız.➤ Radyoaktif risklere karşı gerekli uyarı ve ikaz işaretlerini belirlemek için radyasyon güvenliği yönetmeliğinden ve modülünüzdeki öğrenme faaliyetlerinden yararlanınız.➤ Radyasyon güvenliği protokollerini inceleyerek herkesin rahatça görebileceği yerlere asınız.➤ Uyarı ve ikaz işaretlerini yerleştirirken herkesin rahatlıkla görebileceği yerler olmasına dikkat ediniz.➤ Uygun koruyucuları seçtiğinizden emin olunuz.➤ Çalışırken üzerinizde taşıdığımız dozimetre değerlerini kontrol ediniz.➤ TAEK telefonlarını modülünüzün ilgili bölümünden edinebilirsiniz. |

PERFORMANS DEĞERLENDİRME

Aşağıda hazırlanan değerlendirme ölçeğine göre yaptığınız çalışmayı değerlendiriniz. Gerçekleşme düzeyine göre “Evet / Hayır“ seçeneklerinden uygun olan kutucuğu işaretleyiniz.

KONTROL LİSTESİ

| | Değerlendirme Ölçütleri | Evet | Hayır |
|---|---|------|-------|
| 1 | Radyoaktif risklere karşı gerekli fiziki koşulların sağlanıp sağlanmadığını kontrol ettiniz mi? | | |
| 2 | Radyoaktif risklere karşı gerekli uyarı ve ikaz işaretlerini yerleştirdiniz mi? | | |
| 3 | Radyasyon güvenlik protokollerini uygun yerlere astınız mı? | | |
| 4 | Acil durumlarda haber verilecek yetkili kişi ve kuruluşların telefonlarını uygun yerlere astınız mı? | | |
| 5 | Radyasyon sızıntısı ya da ortama radyasyon yayılımı olduğunu düşünerek acil durum uygulaması yaptınız mı? | | |
| 6 | Radyasyondan koruyucu giysiler giydiniz mi? | | |
| 7 | Radyoaktivitenin bulunduğu ortamdan insanları uzaklaştırarak kendiniz de mümkün olduğu kadar uzaklaştınız mı? | | |
| 8 | Bölgeye yetkisiz kişilerin girmesini önleyici bariyerler yerleştirdiniz mi? | | |
| 9 | Acil durumla ilgili yetkili kişilere ve TAEK'e durumla ilgili bilgi verdiniz mi? | | |

DEĞERLENDİRME

Uygulama faaliyetinde yapmış olduğunuz çalışmayı kontrol listesine göre değerlendiriniz.

Yapmış olduğunuz değerlendirme sonunda eksikliğiniz varsa, faaliyete dönerek ilgili konuyu tekrarlayınız.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıda verilen paragraflarda boş bırakılan yerleri uygun şekilde doldurunuz.

1. Halkın doğal radyasyondan ve mesleki ışınlanmalar ile tıbbi ışınlanmalar nedeniyle aldığı dozlar dışında normal koşullarda yapay radyasyon kaynaklarından alacakları etkin dozlar için sınır getirilmiştir.
2. İyonlaştırıcı radyasyon uygulamalarının yapıldığı, nükleer tıp, radyasyon onkolojisi, ve radyoloji gibi en az 2 tanesinin yapıldığı devlet hastaneleri, askeri hastaneler, üniversite hastaneleri ve özel hastanelerde çalışanların, hastaların ve çevrenin radyasyondan korunma ve güvenliğini sağlamak amacıyla kurulmalıdır.
3. Beyaz - I ile etiketlenmiş paketler için, paket yüzeyindeki maksimum radyasyon seviyesi ; mrem / h'i aşmamalıdır.
4. Sarı - II ile etiketlenmiş paketler için, paket yüzeyindeki radyasyon seviyesi;..... mrem / h ' den büyük, mrem / h ' den küçük olmalıdır.
5. Radyoaktif atıklar içlerindeki radyonüklitlerin ve diğer özelliklerine bağlı olarak değişik sürelerde depolanmaları gerekir.

Aşağıda belirtilen durumları acil durum nitelendirmesi açısından doğru veya yanlış olarak işaretleyiniz.

| | D | Y |
|--|---|---|
| 6.Yangın, deprem, patlama ve benzeri durumlar | 0 | 0 |
| 7.Röntgen cihazlarının arıza durumları | 0 | 0 |
| 8.Siparişi verilen radyoaktif maddenin zamanında merkeze ulaşmaması | 0 | 0 |
| 9.Röntgen teknisyeninin habersiz işe gelmemesi | 0 | 0 |
| 10.Kullanılan radyoaktif maddenin çalışma alanı dışında bulaşmaya sebep olacak şekilde dökülüp saçılması | 0 | 0 |
| 11.Kullanılan radyoaktif maddenin çalışanların vücuduna bulaşması | 0 | 0 |
| 12.Radyoaktif maddenin çalınması veya kaybolması | 0 | 0 |

DEĞERLENDİRME

Sorulara verdiğiniz cevaplar ile cevap anahtarını karşılaştırınız, cevaplarınız doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz. Yanlış cevap verdiyseniz öğrenme faaliyetinin ilgili bölümüne dönerek konuyu tekrar ediniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-5

AMAÇ

Bu öğrenme faaliyetini başarıyla tamamladığınızda, elektromanyetik alan etkilerine karşı çalışma ortamında gerekli tedbirleri alabileceksiniz.

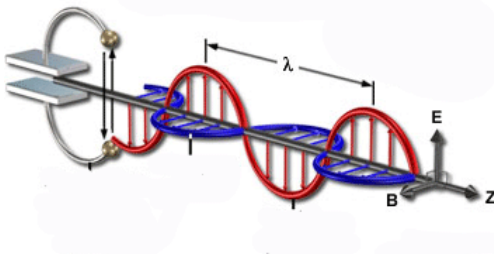
ARAŞTIRMA

- Çevrenizde elektromanyetik alan oluşturan cihazları araştırarak yaydıkları elektromanyetik alanların etkilerini arkadaşlarınızla tartışınız.
- Elektromanyetik alan etkilerine karşı kişisel koruyucuların kataloglarını arkadaşlarınızla inceleyerek tartışınız.

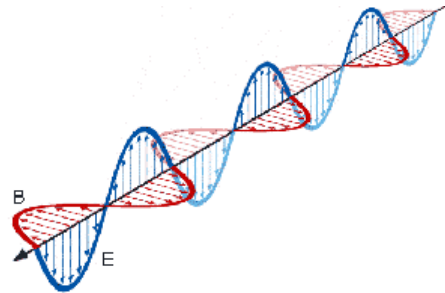
5. ELEKTROMANYETİK ALAN ETKİLERİNE KARŞI ÇALIŞMA ORTAMINDA TEDBİR ALMAK

5.1. Elektromanyetik Alan

Genel olarak elektrikli cihazların ve içinden elektrik akımı geçen iletkenlerin etrafında bir manyetik alan oluşur. Bu manyetik alana elektromanyetik alan adı verilir. Çeşitli ortamlardan kaynaklanan elektromanyetik alanlar elektromanyetik dalgalar olarak ortama yayılır. Elektromanyetik dalgalar birlikte değişen ve birbirine dik düzlemdeki elektrik ve manyetik alanlardan oluşur. Uzayda değişen elektrik alanlar manyetik alanları oluşturur. Bu değişim sinüzoidal (sinüs fonksiyonunun şekli) bir eğri şeklindedir. Bir ortamda elektrik alanı değiştirmek için yüklü cisimleri ivmeli hareket ettirmek gerekir. Dolayısıyla ivmeli hareket eden yükler elektromanyetik dalga yayar. Aşağıdaki şekilde iki kondansatörün uçlarındaki elektrik alan değiştirilerek etrafa elektromanyetik dalga yayması görülüyor.

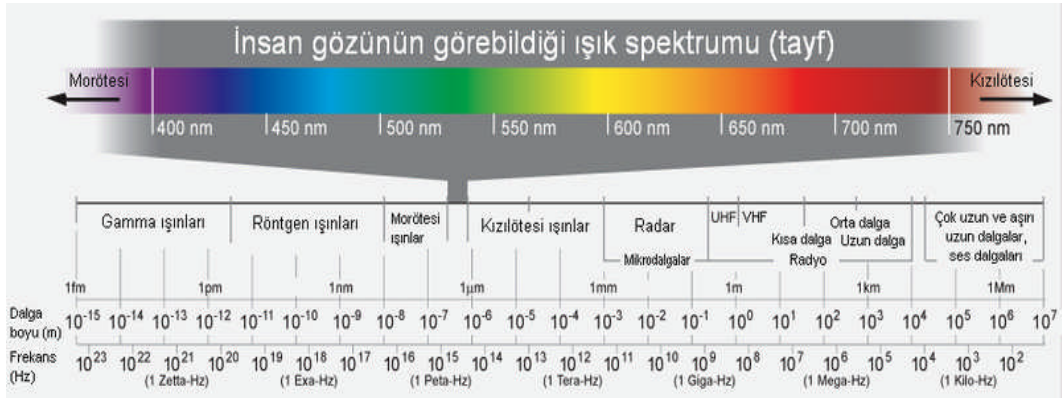


Resim 5.1: Kondansatörün yaydığı elektromanyetik alan



Resim 5.2: Elektromanyetik alanın oluşturduğu dalga şekli

Elektromanyetik alanların oluşturduğu dalgaları elektromanyetik spektrum içinde değerlendirmek gerekmektedir. Elektromanyetik dalgalar dalga boylarına ve frekanslarına göre farklı ışınım yaymaktadır. Işınım enerjinin dalga biçiminde uzayda yayılması olarak tanımlanır. Elektromanyetik ışımaya da elektrik ve manyetik alan dalgalarının uzayda birlikte ilerlemesidir. Elektromanyetik ışımada iki dalga tepesi arasındaki uzaklığa dalga boyu denir ve metreyle ölçülür. Belli bir noktadan geçen dalga sayısı da o ışımın frekansdır ve hertz (Hz) ile gösterilir. Elektromanyetik ışımın birçok biçimi vardır. Aşağıda elektromanyetik alanların oluşturduğu ışınım görülmektedir.



Resim 5.3: Elektromanyetik spektrum

Ultraviyole, infrared, lazer, mikrodalga, radyofrekans ve ultrasound elektromanyetik alanlar olarak sayılır ve çeşitli kaynaklardan iyonlaştırıcı olmayan radyasyon (NIR- Non Ionizing Radiation) yayarlar.

5.2. Elektromanyetik Alan Oluşturan Cihazlar

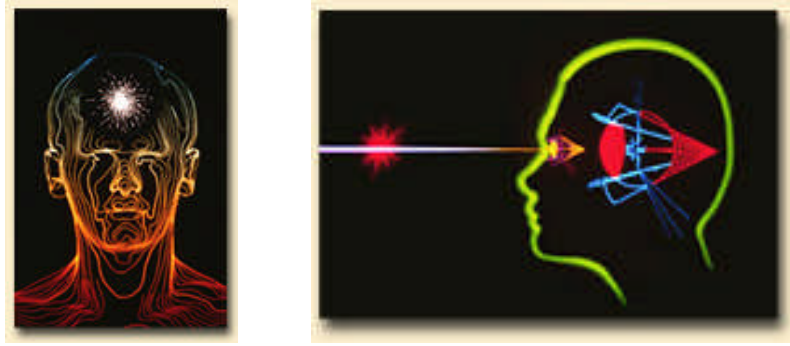
Teknolojinin hızlı gelişimi günümüzde elektromanyetik dalga oluşturan cihazların da hızla artmasına neden olmuştur. Bu cihazlar;

- Radyo
- Televizyon
- Cep telefonları
- Telsiz
- Radar ve uydu istasyonları
- Verici ve aktarıcılar
- Antenler
- Baz istasyonları
- Yüksek ve orta gerilim hatları
- Trafo istasyonları
- Çeşitli alet, cihaz, ekipman ve sistemler
- Evlerde kullanılan alet ve cihazlar
- Tıbbi tanı ve tedavide kullanılan cihazlardır.

Tıbbi cihazların içerisinde elektrikle çalışanların belirli oranlarda elektromanyetik alan oluşturmalarına rağmen çalışma prensiplerine göre bazı cihazların oluşturdukları elektromanyetik dalgalar oldukça dikkat edilmesi ve önlem alınması gereken cihazlardır. Bu cihazların içerisinde vücut dokularındaki iltihapların tedavisinde kullanılan tıbbi diatermi cihazları, ameliyatlarda dokuların kesilmesi ve kaynatılmasına yarayan elektro cerrahi cihazları ve görüntüleme de kullanılan manyetik rezonans cihazlarıdır.

5.3. İnsan Sağlığına Etkileri

Teknolojinin gelişimi ile birlikte, insanların kullandığı cihazlar nedeni ile doğada var olan normal ışınım ortamının dengesi bozulmuştur. Teknolojik cihazlardan kaynaklı ışınım insan sağlığı üzerinde önemli etkilere neden olmaya başlamıştır. Işınım bir diğer ismi ile radyasyon iki şekilde oluşmaktadır. Bunlar iyonlaştıran ve iyonlaştırmayan radyasyondur. İyonlaştırıcı radyasyonu daha önce açıklamıştık. Elektromanyetik alan dalgaları iyonlaştırıcı olmayan radyasyon özelliğine sahiptir. 12 eV dan düşük enerjili ($>100\text{nm}$) elektromanyetik dalgalar bu sınıfa girer.



Resim 5.4: Elektromanyetik dalgaların yayılımı

İnsan sinir sistemi 500.000 km uzunluğu 25 milyar sinir hücresi ile dev bir elektriksel donanıma sahip muazzam bir elektronik sistemdir. Beden fonksiyonlarının hepsi 1-250mV arası çok küçük gerilimli elektrik uyarıları ile devam eder. Elektromanyetik alanın dışarıdan bu sisteme etki etmesi durumunda doğal olan sistem etkilenir. Bu etkilerin araştırılması iki şekilde yürütülmektedir.

Epidemik araştırmalar; belirli bir hastalık ile muhtemel sebebi arasındaki ilişkiyi istatistiksel olarak araştırır.

Deneysel araştırmalar; laboratuvarlarda hayvanlar üzerinde doku hücrelerinin alanlara karşı gösterdikleri etkiler test edilir.

Bunların dışında günümüzde teknolojinin gelişimi ile birlikte bilgisayarlı simülasyon yöntemleri de kullanılmaktadır.

İyonlaştırıcı olmayan radyasyon, iyonlaştırıcı radyasyon kadar yüksek ve kalıcı etkiye sahip olmamakla birlikte, etki süresi ve şiddetine göre vücutta istenmeyen etkilere neden olabilir. Bu etkilerde en genel parametreler, elektrik alan, manyetik alan, güç yoğunluğu ve özgül soğrulma oranı (SAR, Specific Absorption Rate) değerleridir.

Elektrik alan (V/m), elektrik yüklerini var olduğu bir ortamda yüklerin birbirine uyguladığı kuvvet şeklinde tanımlanabilir.

Manyetik alan (A/m) akım taşıyan telin civarındaki yüklere kuvvet uygulaması olayı ile tanımlanır. Akım şiddetindeki artış manyetik alanı artırır. Manyetik alan sınır değerleri için manyetik akı yoğunluğu B (Tesla) kullanılır.

Mesafenin artması ile her iki alan şiddeti de azalmaktadır.

Güç yoğunluğu (W/m²), dalga yayılım yönüne dik, birim alandan geçen elektromanyetik güçtür.

Özgül soğurma oranı (SAR) (W/kg) vücut dokularının birim kütlesi tarafından soğrulan enerjinin soğrulma hızıdır.

Yapılan deneylerde elektromanyetik alanlarda 30 dakikalık bir süre içinde yaklaşık 4 W/kg lık SAR değerine maruz kalmanın vücut sıcaklığını 1 derece arttırdığı gözlenmiştir. Bu değer dikkate alınarak elektromanyetik ortamlarda çalışan insanlar için mesleki etkilenme sınırı $4/10=0,4$ W/kg SAR, genel sınır $4/50=0,08$ W/kg SAR olarak belirlenmiştir. Ayrıca genel halk üzerindeki etkilerinin sınırlandırılması için uluslararası standartlar uygulanmaktadır.

Elektromanyetik dalgalar frekanslara bağlı olarak değişik oranlarda insan vücuduna nüfuz ederler.

Araştırmalar, günlük hayatımızda kullandığımız cihazlardan kaynaklanan düşük frekanslı alanların, baş ağrısının, uykusuzluğun ve işitme zorluğunun tetikleyici unsurları olduğunu göstermektedir.

Radyo frekanslı alanlar insan vücudu üzerinde en büyük etkiyi vücudun dış yüzeylerinde olmaları nedeni ile göz ve üreme organları üzerinde yaparlar. Biyolojik maddelerde RF enerji soğrulmasının en iyi bilinene etkisi ısınmaya yol açmasıdır. En fazla ısı artışı vücudun dış yüzeyi olan deri üzerinde ortaya çıkar ve yerel yanmalar oluşur.

5.4. Güvenli Çalışma

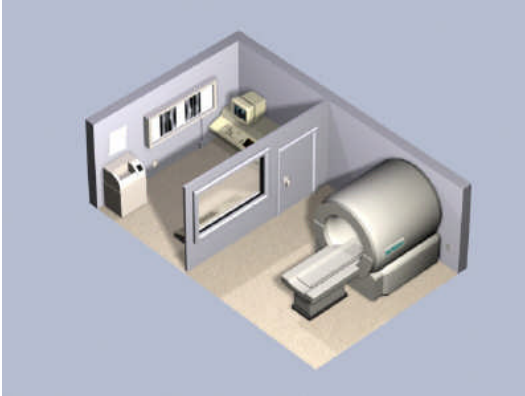
Tıbbi ortamlarda çok yoğun bir şekilde elektrik-elektronik temelli tıbbi cihazlar kullanılmaktadır. Bu cihazların bazıları çalışma prensipleri gereği düşük ya da yüksek frekanslı elektromanyetik dalga yaymaktadır. Bu dalgaların insan sağlığına yukarıda sözü edilen zararlarının dışında diğer cihazları da etkileme ve çalışmalarını engelleme riskleri de mevcuttur. İnsan sağlığı açısından önemli riskler içeren tıbbi cihazların elektromanyetik dalgalardan etkilenmeleri ciddi sorunlara neden olabilecek kazalara neden olabilir. Bu nedenle cihazlarda oluşan elektromanyetik alanların yalıtılması ve başka cihazın elektromanyetik alanlarından etkilenmemesi önem taşımaktadır. Bu nedenle cihazların da elektromanyetik etkilere karşı korunmaları gerekmektedir. Bu nedenle tıbbi cihazlar üretilirken uluslararası elektromanyetik uyumluluk standartlarına uyulması gerekmektedir. Elektromanyetik uyumluluk üç kısımda özetlenebilir:

- Bir elektronik cihaz başka bir elektronik cihazı onun fonksiyonlarını değiştirecek derecede etkilememelidir.
- Bir elektronik cihaz çevredeki elektromanyetik parazitlerden etkilenmeyecek şekilde dizayn edilmiş bir yerde bütün fonksiyonları ile çalışmaya uygun olmalıdır. Buna elektromanyetik bağışıklık denmektedir.
- Bir elektronik cihazın herhangi bir parçası bazı işlemleri gerçekleştiremeyecek derecede diğer bir parçasını etkilememelidir.

Elektromanyetik uyumluluk (EMU) testleri özel laboratuvarlarda uygulamalı olarak yapılır. Boyutları itibarıyla laboratuvar koşullarında test edilemeyen büyük cihazlar için üretim ya da kullanım yerlerinde EMC testleri yapılabilmektedir.

Elektromanyetik alanlardan etkilenmemenin en önemli yolu kaynaktan uzakta bulunmaktır. Bu nedenle çalışanlar için maruziyet sınırları dâhilinde çalışma koşulları oluşturulmalıdır.

Tıbbi cihazlar içerisinde yüksek miktarda radyo frekansları oluşturması ve çok yüksek manyetik alan oluşturması nedeni ile manyetik rezonans cihazları ayrı bir yer

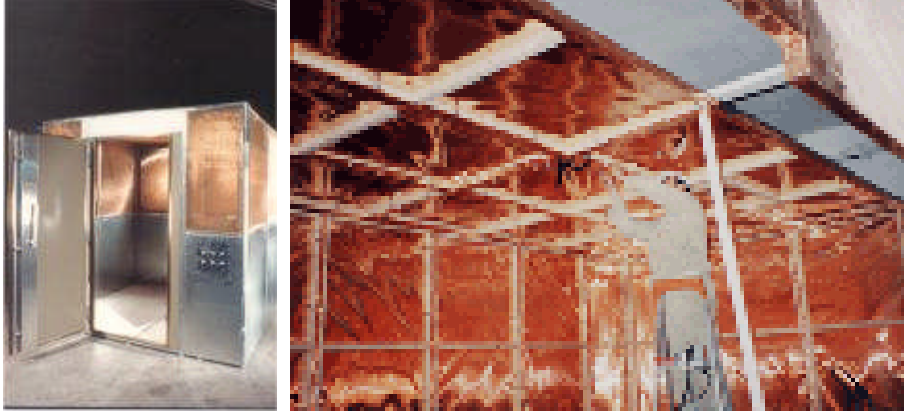


Resim 5.5: Manyetik rezonans oda dizaynı

oluşturmaktadır. Bu cihazlar ile çalışanların yüksek miktarda elektromanyetik enerji soğurma riski taşımalarından dolayı bu cihazlar ile çalışma koşulları ayrı olarak düzenlenmiş ve cihazlar özel yalıtımlara tabi tutulmuşlardır.

Manyetik rezonans cihazlarının oluşturdukları elektromanyetik alanlar, alanlardan diğer cihaz ve sistemlerin etkilenmemesi için özel odalarda muhafaza edilir.

Manyetik rezonans sistemlerinde elektromanyetik parazitlerin engellenmesi önemli bir konudur. Bu da RF odaları ile sağlanmaktadır. RF odaları kurulacak merkezin bina fiziksel yapılarına uygun olarak tasarlanır. Kullanım koşullarının temel nitelikleri uzun yıllar gerekli performansı sağlayacak bakır yüzeylerin modüler bir yapı üzerine uygulanması ile sağlanır.



Resim 5.7: RF odaları

Manyetik rezonans odalarında çalışanların yüksek manyetik alanlardan etkilenmelerini önlemek için kontrol odaları ayrılarak buralarda radyo frekanslarını geçirmeyen özel yapım camlar ve kapılar kullanılmaktadır. Ayrıca gerekli alanların kaplanması için alüminyum folyolar kullanılır.



Resim 5.8: Manyetik rezonans odaları



Resim 5.9: RF cam



Resim 5.10: RF kapı



Resim 5.11: RF alüminyum folyo

Yüksek değerdeki manyetik alanlardan etkilenmemek için gerektiğinde koruyucu elbiseler kullanılmalıdır.



Resim 5.12: Koruyucu giysiler

5.5. Manyetik Rezonans Cihazının Tehlikeleri

Tıbbi cihazlar içinde önemli bir yer tutan manyetik rezonans cihazı, tıbbi görüntülemede kullanılan ve en karmaşık, aynı zamanda insan sağlığını en fazla tehdit eden cihazlardandır. Manyetik rezonans cihazı genelde hastanelerin radyoloji bölümlerinde kullanılmaktadır. Manyetik rezonans cihazlarının yarattığı tehlikeler aşağıda sıralanmıştır:

- Mekanik tehlike
- Elektriksel tehlike
- Radyo frekans enerjisinin oluşturduğu tehlike
- Kimyasal tehlike
- Patlama tehlikesi
- Yüksek manyetik alanın yarattığı tehlike
- Isıl tehlike
- Yüksek gürültünün getirebileceği tehlike

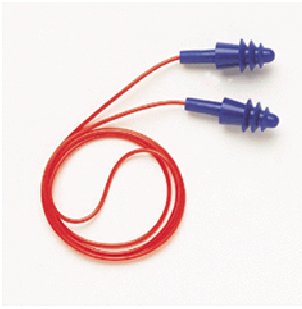
Yukarıda sıralanan tehlikelerin oluşum nedenleri farklılık gösterebilir.

Yüksek manyetik çekim kuvveti nedeni ile etrafta bulunabilecek metal parçalar batma ve çarpmalara neden olabilir.

Radyo frekans tüplerindeki yüksek gerilim nedeni ile oluşabilecek elektriksel şok ölüm ve yanıklara neden olabilir.

Manyetik rezonans cihazının yaratabileceği bu gibi tehlikelere karşı aşağıdaki hususlara dikkat edilmesi gereklidir.

- Manyetik alana manyetik cisimlerle girilmemelidir.
- Manyetik olmayan el aletleri ve manyetik alan uyumlu cihazlar kullanılmalıdır.
- Yetkisiz kişilerin magnet odasına girişi engellenmelidir.
- Hastalar çekim öncesi uyarılmalıdır.
- Basınçlı gaz taşıyan tüpler duvara bağlanmalıdır.
- Cihazda en az iki kişinin çalışmasına dikkat edilmelidir.
- Yüksek gerilim deşarjı yapılmalı ya da belirlenen süre kadar beklenmelidir.
- SAR devrelerinin fonksiyonel olmasına dikkat edilmelidir.
- Helyum dolumu esnasında oksijen monitörü ve kaçak Helyum dedektörü kullanılmalıdır.
- RF tüpünün kabin kapakları açık çalıştırılmamalıdır.
- RF iletim hatlarının açıkta kalan kısımlarına dokunulmamalıdır.
- RF tüpü soğumadan ellenmemelidir.
- Kulaklar için yüksek gürültüye karşı koruyucu tıpa ya da kulaklık kullanılmalıdır.
- Güvenlik kontrolleri zamanında ve kurallara uygun yapılmalıdır.
- Emniyet ile ilgili uyarı ve ikaz işaretleri kullanılmalıdır.
- Güvenlik aletlerinin ve dedektörlerinin faal olmaları sağlanmalıdır.
- Havalandırma sistemleri faal durumda tutulmalıdır.



Resim 5.13: Kulak tıkaçları



Resim 5.14: Kulaklıklar



Resim 5.15: Yer işaret bandı

UYGULAMA FAALİYETİ

Yüksek değerde elektromanyetik alanların bulunduğu ortamlarda çalışmak için kendinizi uygun şekilde hazırlayınız.

| İşlem Basamakları | Öneriler |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none">➤ Elektromanyetik alan etkilerine karşı uygun koruyucu giysiler giyiniz.➤ Gürültüden etkilenmemek için uygun kulaklık takınız.➤ Yanınıza manyetik alanlardan etkilenmeyen el aletleri alınız.➤ Üzerinizdeki manyetik alanlardan etkilenebilecek eşyalarınızı çıkarınız.➤ Çalışma yapacağınız ortamdaki güvenlik önlemlerini kontrol ediniz.➤ Çalışma yapacağınız ortamdaki uyarıları gözden geçiriniz.➤ Üzerinizdeki metal takı ve aksesuarları çalışma alanına girmeden çıkarınız.➤ Üzerinizdeki manyetik kart, cep telefonu gibi eşyaları çalışma alanına girmeden çıkarınız. | <ul style="list-style-type: none">➤ Kullandığınız koruyucu giysilerin standartlara uygun olduğundan emin olunuz.➤ Koruyucu giysilerin kullanım kılavuzunu inceleyerek uygun şekilde kullanınız.➤ Kullanacağınız el aletleri ve cihazların manyetik alanlardan etkilenmeyeceğine emin olunuz.➤ Çalışma ortamındaki güvenlik önlemlerinin yeterli olduğundan emin olunuz.➤ Çalışma alanına girmeden önce üzerinizde manyetik alandan etkilenebilecek materyal kalmadığından emin olunuz.➤ Elektromanyetik alanların bulunduğu ortamlarda en az iki kişi çalışmaya dikkat ediniz.➤ Elektromanyetik etkiye neden olan cihazlarla çalışmalarınızı kısa tutmaya özen gösteriniz. |

PERFORMANS DEĞERLENDİRME

Aşağıda hazırlanan değerlendirme ölçeğine göre yaptığınız çalışmayı değerlendiriniz. Gerçekleşme düzeyine göre “Evet / Hayır“ seçeneklerinden uygun olan kutucuğu işaretleyiniz

KONTROL LİSTESİ

| | Değerlendirme Ölçütleri | Evet | Hayır |
|---|--|------|-------|
| 1 | Elektromanyetik alan etkilerine karşı uygun koruyucu giysiler giydiniz mi? | | |
| 2 | Gürültüden etkilenmemek için uygun kulaklık taktınız mı? | | |
| 3 | Yanınıza aldığınız el aletlerinin manyetik alanlardan etkilenmeyen aletler olmasına dikkat ettiniz mi? | | |
| 4 | Üzerinizdeki manyetik alanlardan etkilenebilecek eşyalarınızı çıkarttınız mı? | | |
| 5 | Çalışma yapacağınız ortamdaki güvenlik önlemlerini kontrol ettiniz mi? | | |
| 6 | Çalışma yapacağınız ortamdaki uyarıları gözden geçirdiniz mi? | | |
| 7 | Üzerinizdeki metal takı ve aksesuarları çıkardınız mı? | | |
| 8 | Üzerinizdeki manyetik kart, cep telefonu gibi eşyaları çalışma alanına girmeden çıkardınız mı? | | |
| 9 | Yapmış olduğunuz işlemleri raporladınız mı? | | |

DEĞERLENDİRME

Uygulama faaliyetinde yapmış olduğunuz çalışmayı kontrol listesine göre değerlendiriniz.

Yapmış olduğunuz değerlendirme sonunda eksikler varsa, faaliyete dönerek ilgili konuyu tekrarlayınız.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıda verilen paragraflarda boş bırakılan yerleri uygun şekilde doldurunuz.

1. Yapılan deneylerde elektromanyetik alanlarda 30 dakikalık bir süre içinde yaklaşık 4 W/kg'lık SAR değerine maruz kalmanın gözlenmiştir.
2. vücut dokularının birim kütlesi tarafından soğrulan enerjinin soğrulma hızıdır.
3. Manyetik rezonans sistemlerinde elektromanyetik parazitlerin engellenmesi önemli bir konudur. Bu da ile sağlanmaktadır.
4. Manyetik rezonans odalarında çalışanların yüksek manyetik alanlardan etkilenmelerini önlemek için kontrol odaları ayrılarak buralara kullanılmaktadır.

Aşağıda belirtilen ifadeleri doğru yanlış olarak işaretleyiniz.

- | | D | Y |
|---|-----|-----|
| 5. Bir elektronik cihaz başka bir elektronik cihazı onun fonksiyonlarını değiştirecek derecede etkilememelidir. | () | () |
| 6. Manyetik alana manyetik cisimlerle girilmemelidir. | () | () |
| 7. Manyetik alanlarda basınçlı gaz taşıyan tüpler gerektiğinde taşınabilmesi için sabitlenmemelidir. | () | () |
| 8. RF tüpünün kabin kapakları açık çalıştırılmamalıdır. | () | () |
| 9. Cihazda bir kişiden fazla kişi çalışmamasına dikkat edilmelidir. | () | () |
| 10. RF iletim hatlarının açıkta kalan kısımlarına dokunulmamalıdır. | () | () |
| 11. Havalandırma sistemleri kapalı durumda tutulmalıdır. | () | () |
| 12. SAR devrelerinin fonksiyonel olmasına dikkat edilmelidir. | () | () |

DEĞERLENDİRME

Sorulara verdiğiniz cevaplar ile cevap anahtarını karşılaştırınız, cevaplarınız doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz. Yanlış cevap verdiyseniz öğrenme faaliyetinin ilgili bölümüne dönerek konuyu tekrar ediniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-6

AMAÇ

Bu öğrenme faaliyetini başarıyla tamamladığınızda, olası diğer mesleki tehlikeleri tanıyarak gerekli tedbirleri alabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Lazer ışını etkilerine karşı kişisel koruyucuların kataloglarını arkadaşlarınızla inceleyerek tartışınız.
- Tıbbi gaz risklerine karşı kişisel koruyucuların kataloglarını arkadaşlarınızla inceleyerek tartışınız.

6. OLASI DİĞER MESLEKİ TEHLİKELERİ TANIMAK VE TEDBİR ALMAK

6.1. Cihazların Isı Oluşturan ve Yayan Birimleri

Tıbbi cihazlar çalışma prensiplerinden dolayı ısı oluşturur. Cihazların oluşturduğu bu ısılar kontrol altında tutulmadığı zaman tehlike meydana getirir. Tıbbi cihazlar mekanik aksamları dışında ağırlıklı olarak elektrik ve elektronik devre elemanlarından oluşmaktadır. Cihazlarda kullanılan bu elemanlar, üzerlerinden geçen elektrik akımının etkisi ile ısı meydana getirir.

Cihazların hareketli mekanik aksamaları da sürtünme etkisi ile ısı oluşturan birimleridir.

Yine bazı cihazlarda çalışma prensiplerine göre cihazda kullanılan bazı malzeme ve materyallerin belirli bir ısı değerine ulaşması istendiğinden bu gibi cihazlarda ısıtıcılar kullanılmaktadır.

Yine bazı cihazlarda kullanılan radyo frekans (RF) tüpleri de aşırı ısı oluşturan birimleridir.

6.2. Isıya Karşı Alınan Önlemler

Cihazlarda elektrik ve elektronik elemanlardan kaynaklanan ısının önlenmesi için devre elemanlarına bağlanan metal soğutucularla birlikte sistemin genel soğutmasını yapmak üzere ısı algılayıcılar yardımıyla devreye giren fanlar kullanılır. Cihazların limit değerlerinin üzerinde uzun süreler çalıştırılması bu fanların yetersiz kalmasına neden olabilir. Bu nedenle cihazlara herhangi bir nedenle müdahale etmek zorunluluğu var ise cihazların soğuması beklenmeli ya da koruyucu eldiven kullanılmalıdır.

Üreticiler, cihazların ısı sağlama veya belirli ısılara erişme amaçlı parçalar ve alanlar hariç olmak üzere, cihazların el değen kısımları ve bunların çevreleri normal kullanım şartlarında tehlike yaratacak ısı seviyelerine ulaşmasını önleyecek şekilde yapmak zorundadırlar. Bu nedenle cihazlara müdahalelerde cihazların kullanım ve servis kitapçıklarında belirtilen uyarılara uyulmalıdır.

Bazı cihazların ısıya ihtiyaç duyan bölümlerinin ısıtılmasında kullanılan ısıtıcılar öngörülen limit değerlerinde çalışması için termostatlarla kontrol edilmektedir. Isıtıcıların tehlike oluşturmaması için termostat bakımlarının yapılması ve gerekli ısı yalıtımının sağlanması gerekmektedir.

Manyetik rezonans ve röntgen gibi bazı cihazlarda kullanılan radyo frekans tüplerinde enerjinin büyük bir kısmı çarpma sonucunda ısıya dönüşmektedir. RF tüplerinde anodun ısınması ve katodun ısıtılması sonucunda oluşan ısı, soğutma yoluyla atılmaktadır. Soğutma, hava akımı, kendiliğinden su ve yağ soğutması şeklinde gerçekleşmektedir. Bu nedenle tüpler sıcakken asla yağ vanaları ve hatları açılmamalıdır. Bu durumda kaynamış su ve yağın yakıcı etkisine maruz kalınabilir. Su ve yağın tehlikeli sıcaklık sınırlarından iyice aşağıya kadar indiğinden emin olunmalıdır. Su ve yağın devridaim edildiği cihazlarda soğutma sisteminin çalışır durumda olup olmadığı sıklıkla kontrol edilmelidir. Yüz ve eller sıcak su ve yağdan korunmalıdır. Röntgen tüplerinde aşırı ısınmadan dolayı sızacak yağın yerine havanın dolacağını ve yüksek gerilim atlamalarına neden olabileceği gözden kaçırılmamalıdır. Eksilen yağ ve su belirli aralıklarla kontrol edilmelidir. İç içe soğutmalı sistemlerde yağa su karışması önlenmelidir. Vakumlu tüp soğutma sistemleriyle uğraşırken özel koruyucu teçhizat kullanılmalıdır. Tüplerin metal aksamlarına soğumadan dokunulmamalı ve üzerlerinde işlem yapılmamalıdır. Kompresör soğutma suyu dikkatli boşaltılmalı ve kompresör çalışırken hortumlar çıkarılmamalıdır.

Cihazlara bulaşan tozlar, ısı transferini durdurarak aktif enerji harcayan elemanların sıcaklığının artmasına neden olur ve ayrıca ısı yalıtımı sağladığından soğutucuların görev yapmasını önler. Bu nedenle cihazların tozlardan arındırılması ısıdan kaynaklı tehlikelerin önlenmesinde önemlidir.

6.3. Mor Ötesi ve Kızıl Ötesi Işımların Bulunduğu Ortamlar

Tıbbi cihazlar, çalışma prensiplerinden dolayı mor ötesi ve kızıl ötesi ışınlar yaymaktadır. Çıplak gözle görülmesi mümkün olmayan ışınlar insan sağlığı açısından oldukça ciddi tehlikeler oluşturmaktadır. Tıp alanında kullanılan, mor ötesi ve kızıl ötesi ışın yayan cihazların bazıları aşağıda verilmiştir.

- UV lambalar
- Endoskoplara
- Sistoskoplara
- Kolonoskoplara
- Bronoskoplara
- Elektron mikroskoplara
- Rektoskoplara
- Foto terapi cihazları

6.4. Korunma

Yukarıda sayılan cihazların yaydığı mor ötesi ve kızıl ötesi ışınların fark edilmesi güç olduğundan bu tehlikeye çok dikkat edilmelidir. Bu tehlikeden korunabilmek için çeşitli koruma gücüne sahip gözlükler kullanılmalıdır. Ayrıca mor ötesi ve kızıl ötesi ışınların bulunduğu ortamlarda aşağıdaki hususlara dikkat edilmesi gerekmektedir:

- Işıksal tehlikeden korunabilmek için koruyucu gözlük kullanılmalıdır.
- Bu tür ışın yayan cihazlar tanınmalıdır.
- Uyarıcı işaret ve levhalar kullanılmalıdır.
- Karanlık ve loş yerlerde çalışılmamalıdır.
- Yüksel akım geçen terminal ve teller cihazı kapatmadan birbirlerine bağlanmamalıdır.
- Hemen her ortamda ışık yansımalarının olabileceği unutulmamalıdır.
- Işık kaynağı parlak ve yansıtıcı yüzeylere tutulup çıplak gözle bakılmamalıdır.
- Uzun süre yüksek foton enerjili ışınların gözlerde ve deride yanıklara neden olabileceği unutulmamalıdır.
- Işık kaynaklarının lambalarına ve taşıyıcı fiber kabloların uç kısımlarına doğrudan bakılmamalıdır.
- Işık kaynakları diğer çalışanlara yönlendirilmemelidir.

6.5. Lazer Işığı Üreten Cihazlar

Yüksek teknolojik ürünlerin gelişmesi ile birlikte lazer cihazları da tıp alanında oldukça yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Bu cihazlar göz hastalıklarının tedavisinde, estetik amaçlı operasyonlarda, ürolojide, jinekolojide ve genel cerrahide yaygın olarak kullanılmaktadır. Tüm tıbbi cihazlarda olduğu gibi lazer ışını yayan cihazlar da kendine özgü tehlikeleri içermektedir.

Lazer cihazları uluslararası normlara göre 4 ayrı tehlike sınıfına ayrılmıştır. Bu standartlarda lazerler sınıflandırılırken göze verebilecekleri potansiyel tehlikeler dikkate alınmıştır.

I. sınıf lazer: Direkt olarak bakılması önerilmeyen, güvenli görülebilir dalga boyunda ışık yayan 0,4 mW gücün altındaki düşük güçlü lazer cihazları (diyot lazer) bu sınıfa girer.

II. sınıf lazer: Yüksek sıklıkta tekrarlanabilir darbeli lazer (P.R.F) cihazları ve görülebilir dalga boyunda ışın yayan 1mW gücündeki lazerler (helyum-neon gibi) bu sınıfa girer. Çıplak gözle bu güçteki lazer cihazların ışığına sürekli olarak bakmanın engellenmesi gerekir. Ama bunlar göz tabakasındaki retina zarar verebilecek güçte değildir.

III. sınıf lazer: Ciltle temas ettiklerinde tehlike teşkil etmeyen, yangın tehlikesi yaratacak kadar gücü olmayan, ancak doğrudan veya yansıyan ışıklarına bakılmasında tedbir alınmasını gerektiren lazerlerdir.

Bu lazerler iki alt sınıfa ayrılır:

III. sınıf-a lazer: Normal şartlarda yaralanmalara sebep olmayan, göze zarar verebilen 1,0 – 5,0 mW güçleri arasındaki lazerleri içerir (helyum neon lazerler). Işığına korumasız doğrudan gözle bakılmaması gereken lazerler bu sınıfa girer.

III. sınıf-b lazer: Orta güç sınıflandırılmasında bulunan bu lazerlerde yangın tehlikesi görülebilir. Bu sınıfa giren lazerlerin yansımaları genellikle bir tehlike yaratmaz. 5 mW ile 500 mW güçleri arasındaki lazerler bu sınıfa girer. Işığına gözlüksüz bakılmaması gereken lazerlerdir.

IV. sınıf lazer: Yangın tehlikesi oluşturan, cilt ve çıplak gözler için tehlike teşkil eden lazer cihazları bu sınıfa girer. Söz konusu cihazların özellikleri ANSI Z49.1’de tanımlanmıştır. Bu sınıfa giren lazerlerin ürettiği ışınların yansıyan kısımları dahi göz için tehlikelidir. Yeterli düzeyde emniyet tedbirlerinin alınması gereklidir. Tedavi amaçlı kullanılan lazerlerinin birçoğu bu kategoriye girer. 4. sınıf lazer cihazlarının özel kapalı bir odada çalıştırılmasını önermektedir.



Resim 6.1: Lazer cihazları

6.6. Lazer Işınlara Karşı Önlem Alma

Üretilen bütün lazer cihazları standartlarda belirtilen koşulları taşımalıdır. Lazer cihazlarında kullanılan bütün elemanlar kalite sertifikasına sahip malzemelerden seçilmelidir.

Bütün lazer cihazları kullanıcıyı bilgilendirmek için dalga boyunu, gücünü, gözle görülüp görülemeyeceğini ve tipini belirten aşağıdaki şekilde gösterilen etikete benzer etiket taşır. Şekildeki etiket bir Helyum-Neon Kılavuz lazeri ihtiva eden oftalmik Nd: YAG lazer cihazına aittir.



Resim 6.2: Örnek lazer emniyet etiketi

Lazer cihazı kullanılırken uyulması gereken emniyet tedbirlerine gereken özeni göstermemek kullanıcıya ve çevresindekilere telafisi mümkün olmayan zararlar verebilir.

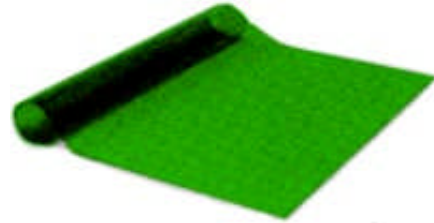
Lazer cihazını kapalı bir alanda çalıştırmak, oluşabilecek tehlikelerden habersiz olan kişilere zarar vermesini önler.

Lazer cihazı kapalı bir odada çalıştırılıyorsa, odanın kapısı kapalı tutulmalı ve kapı üzerine uyarıcı bir levha asılmalıdır. Yüksek güçlü lazerlerin bulunduğu ortamın kapısı, lazer cihazı çalışırken açılacak olursa, cihazın ürettiği lazer ışın demetinin kesilmesi emniyet açısından alınabilecek bir zorunlu tedbirdir. Bunu sağlamak amacıyla lazer kontrol ünitesinde dâhili bir kilit ilave edilmiştir.

Lazerin kullanıldığı odada ayna veya lazer cihazının ürettiği dalga boyunda yansıtıcı olabilecek bir yüzey bulunmamalıdır. Odaya girmeye yetkili olan kişiler lazer emniyeti konusunda temel bilgilere sahip olacak şekilde eğitilmelidir. Lazer ışınlarının yalıtımı için lazer cihazlarının bulunduğu odalarda akrilik paneller ya da camlarda lazer ışınlarının geçişini engelleyen filimler kullanılmalıdır.



Resim 6.3: Akrilik paneller



Resim 6.4: PVC film

Lazer çıkış gücüne bakılmaksızın dikkat edilecek hususlar aşağıda belirtilmiştir:

- Lazer ışın demetine ve yansımalarına direk bakmaktan kaçınmak gerekir.
- Çalışma alanındaki gereksiz bütün yansıtıcı yüzeylerin uzaklaştırılması gerekir.
- Lazerler iyi tasarlanmış kontrol sistemine kolayca ulaşabilecek bir alanda çalıştırılmalıdır. Bu ortama girecek herkes oluşabilecek potansiyel tehlikelere karşı uyarılmalıdır.
- Cihaz lazer eğitimi almış kişiler tarafından kullanılmalıdır. Cihazın kullanılmadığı durumlarda oluşabilecek potansiyel tehlikelerden habersiz kişiler tarafından çalıştırılması önlenecek şekilde tedbirler alınmalıdır.
- Herhangi bir kaza anında durum tıbbi otoritelere bildirilmelidir. Lazer ışın demetine kazara çıplak göz ile bakılacak olursa, mutlaka göz doktoruna gidilerek durumun araştırılması ihmal edilmemelidir.

Lazer cihazlarında ortaya çıkabilecek tehlikeli durumlar, aşağıda belirtilen şekilde dört gruba ayrılabilir.

- Işıktan kaynaklanabilecek tehlikeler
- Elektrikten kaynaklanabilecek tehlikeler
- Kimyasal maddelerden kaynaklanabilecek tehlikeler
- Radyasyondan kaynaklanabilecek tehlikeler

6.6.1. Lazer Işığında Kaynaklanabilecek Tehlikeler

İnsan derisine çarpan lazer ışınımı yanma hissi uyandıracığından (çok yüksek güçteki lazerler hariç) lazerin ciltle temas etmesi ufak tefek yanıklar hariç genelde çok önemli bir tehlike teşkil etmez. Işın demeti gözle görülmeyen lazer cihazları ile çalışırken (III-b ve IV. sınıf lazerler) bu tip lazerler için tasarlanan koruyucu elbiseler giyilmelidir. 4.sınıf lazer cihazı kullanılırken yanmayan elbiseler giymelidir. Lazer cihazı çalışırken ortamda yanabilecek malzemeler bulundurulmamalıdır.

Lazer ışın demetinin deride oluşturabileceği bir yanık zamanla vücut tarafından onarılabilir. Fakat göze verebileceği bir zarar zamanla vücut tarafından onarılamamaktadır. Söz konusu sebepten gözün lazer ışın demetinden korunması gerekir.

Lazer ışının göze verebileceği tahribatı önlemek için, daha çok dikkat etmek ve alınan tedbirleri kontrol etmek gerekir. III-b ve IV. sınıf lazer cihazlarının kullanıldığı ortamda bulunan herkesin lazer emniyet gözlüğünü kullanması zorunludur. Gözün korunması lazer cihazı tarafından üretilen dalga boyuna bağlıdır. Bir tip lazer için kullanılan gözlükler diğer bir tip lazer cihazı için kullanılamaz.

Oftalmolojide kullanılan argon lazere kısa süreli olarak yandan bakmak bile retinada ciddi yanıklara neden olabilir. Tıpta kullanılan tedavi lazerlerinin, hemen hemen hepsi göz için tehlike oluşturmaktadır. Tıpta kullanılan lazerlerin çoğu insan gözünün göremeyeceği dalga boyunda ışın demeti üretir. Lazerin görünmez oluşu ve dalga boyuyla bağlantılı olarak değişik yüzeylerden yansiyabilmesi tehlikesini daha da artırmaktadır. Özellikle karbondioksit lazerlerden çıkan ışın demetleri düz fakat mat bazı yüzeylerden, görünen ışığın aynadan yansıdığı gibi yansımaktadır. Göz hasarının yalnızca lazerden doğrudan gelen lazer ışının sonucu olmadığını bilmek de önemlidir. Bu yüzden lazer laboratuvarında tehlikeli ikincil yansımalara neden olabilecek hiçbir şey bırakılmamalıdır. Unutulmaması gereken şeylerden biri de darbeli lazerlerin sürekli dalga lazerlerinden çok daha tehlikeli olduklarıdır.

Lazer ışınına direkt maruz kalan insan gözünde oluşabilecek olumsuzlukların seviyesi, izin verilebilir maksimum ışın pozu seviyesi olarak adlandırılır. Bu süre ışının dalga boyuna ve maruz kalma süresine bağlı olarak değişir. Bu seviyeler bir güvenlik faktörü ilave edilerek hayvan gözünden alınan deneysel verilerle belirlenir.

6.6.2. Lazer Emniyet Gözlüğü

Çalışılacak lazer cihazına uygun emniyet gözlüğü seçilirken aşağıdaki faktörlere dikkat etmek gerekir:

- Lazer çıkışının dalga boyu
- Optik yoğunluk
- Lazerin kullanılacağı ortam şartları
- Yansıyabilecek ışın demetinden oluşabilecek en fazla güç yoğunluğu
- Rahat ve kullanışlı olması

Lazer emniyet gözlüğü veya mikroskop/endoskop koruyucu filtresi seçimi yapılırken, ilk olarak gözlük camının kullanılacağı lazer ışın demetinin dalga boyundaki ışınımı filtre edici özelliklere sahip olup olmadığı incelenir. Optik yoğunluk (OD) sayı değerinin bir artması geçen ışığın 10 dB (yani 10 kere) zayıflamasına tekabül etmektedir. Buna göre OD 3'e haiz olan bir gözlük camı lazer ışığının sadece binde birinin geçmesine izin vermektedir. OD 6'lık bir cam ise ancak milyonda biri geçirmektedir. Lazer cihazı ile çalışırken kullanılacak gözlük camının optik yoğunluğunun gerekenden fazla olması gerçekleştirilecek işlemi izlemeyi zorlaştırır.

Oftalmolojide kullanılan argon lazerlerde OD 3 veya 4, cerrahi lazerlerde ise OD 6 kullanılmasında yarar vardır. Lazer emniyetine göre tasarlanmış gözlük camının yanı sıra çerçeve yapıları da yandan gelebilecek ışınımın girişini engelleyecek şekilde olmalıdır.



Resim 6.5: Lazer gözlükleri

Gözle görülmeyen lazer ışınları için uygun emniyet gözlükleri ve filtresi genellikle renksizdir ve sürekli kullanılmaları mümkündür. Buna karşılık argon lazerin mavi-yeşil dalga boyu için yapılan filtreler genellikle koyu sarıdır; sürekli kullanımları rahatsızlık verdiği gibi, bazı durumlarda da hastayı iyi görmeyi engellediğinden sürekli olarak operasyon esnasında kullanılması olanaksızdır. Söz konusu sorunun üstesinden gelmek için doktorun inceleme yaptığı durumlarda filtrelerin geri çekilmesini ve lazer ışığını aktif ettiği zaman devreye girmesini sağlayan sistemler geliştirilmiştir.

6.6.3. Elektriksel Tehlikeler

Lazerlerle ilgili elektriksel tehlikeler kullanıcıdan ziyade teknik servis personeli ile ilgilendirmekle birlikte, bazı hususların herkes tarafından bilinmesinde yarar vardır.

Lazer cihazlarının çoğu yüksek voltaj ile çalışır. Diyot lazerler gibi yüksek voltaj gerektirmeyen lazer cihazlarında bile şehir şebeke gerilimi mevcuttur. Bu nedenle lazer cihazlarının içi gerekli eğitimi almamış kişiler tarafından açılmamalıdır. Gaz lazerlerin ve oftalmolojide kullanılan Q-anahtarlamalı Nd: YAG lazerlerdeki flaş lambasının tetiklenmesi birkaç bin voltla gerçekleşir. Elde edilen akım değeri küçük olup hayati tehlike oluşturmaya da şiddetli bir elektrik çarpmasına neden olabilir.

Verimi oldukça düşük olan argon lazerinde önemli tehlikelerden biri de ısıya dönüşen fazla enerjidir. 1 W argon ışığı elde etmek için 1 kW elektrik gücüne ihtiyaç vardır. Argon'un yanı sıra cerrahi lazerlerin hemen hemen hepsinde harici veya dâhili devridaimli su soğutma sistemi kullanılmaktadır. Bu nedenle periyodik bakımlar sırasında cihazın içindeki su bağlantıları kontrol edilmelidir. Kullanım esnasında su sızıntısı fark edildiğinde; cihaz çalışıyorsa derhal durdurularak kablosu fişten çekilmeli ve teknik servise haber verilmelidir. Eğer harici su soğutma sistemi varsa, onun da periyodik bakımları muntazam bir şekilde yapılmalıdır.

6.6.4. Kimyasal Tehlikeler

Excimer ve karbondioksit lazerler gibi, harici gaz ihtiyacı olan lazerlerde gaz sızıntısı kontrol edilmeli ve kullanılmakta olan tehlikeli gazların depolanması, bağlanması ve atılması ile ilgili alınması gereken tüm emniyet tedbirleri yerine getirilmelidir. Normalde zararsız olan gazların dahi, bir sızıntı neticesinde odadaki havanın yerini alarak ölüme sebebiyet verebilecekleri unutulmamalıdır.

Lazer cihazlarında kullanılan kimyasalların çevreye verebileceği zararları önlemek için depolanması, doldurulması ve atılmasında uyulması gereken emniyet kuralları yerine getirilmelidir.

6.6.5. Radyasyon

Bazı model excimer lazerlerde iyonlaşma aşamasında cihazın X-ışını yayması mümkündür. Bu teknikte çalışan cihazlarda rutin bakım esnasında sızıntı kontrolü yapılması gerekmektedir. Bütün bu tehlike potansiyeline rağmen, cihazlar hastane ortamında profesyonel kişiler tarafından kullanıldığından, lazer kaynaklı kaza ve yaralanmalara sık rastlanmamaktadır.

6.7. Tıbbi Gazlar

Tıbbi gaz, tıbbi amaçla kullanılan bütün gazlara verilen genel bir addır ve çoğunlukla yakıcıdır.

Hastanelerde tedavi amacıyla ya da bazı cihazların çalışmasında da kullanılabilir. Yanlış kullanımları veya kaza durumunda zehirlenmelere, patlamaya veya yangınlara neden olabilir.

Tıbbi gazlar kullanım itibarıyla 2 ana gruba ayrılır:

- Hastaya direkt olarak uygulanan gazlar:
 - Oksijen
 - Azotprotoksit
 - Medikal basınçlı kuru hava
 - Medikal vakum
- Cihazlarda kullanılan tıbbi gazlar:
 - Etilen oksit (N₂O)
 - Saf asetilen gazı
 - Sıvı azot
 - Gaz azot
 - Helyum
 - Karbondioksit
 - Argon
 - Karışım gazları

Tıbbi gazların kullanıcıya ulaşması iki şekilde gerçekleşmektedir.

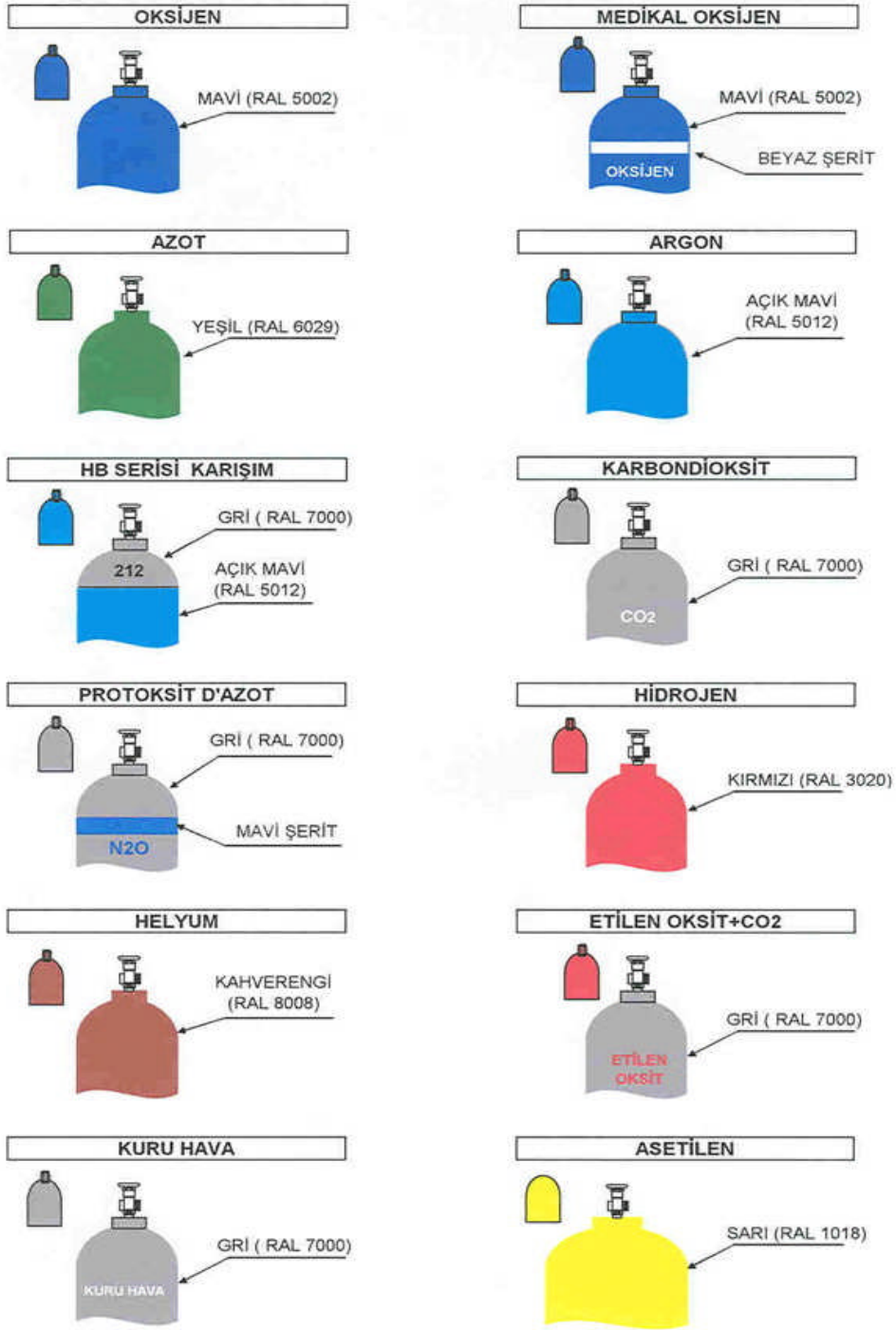
- Tüpler
- Merkezi sistemler (tanklar dâhil)

6.8. Tıbbi Gaz Risk Etmenleri

Tıbbi gazlar kullanımları esnasındaki kazalar ya da yanlış kullanım sonucunda bazı risklere maruz kalınabilir. Bu riskleri şu şekilde sınıflandırabiliriz:

- Yüksek basınçta patlama
- Yangın oluşturma
- Solunması durumunda zehirlenme veya boğulma
- Deri veya göz ile teması sonucu yanma

Her gaz kimyasal özellikleri açısından farklı riskleri içermektedir. Bu nedenle tıbbi gazların özelliklerinin iyi bilinmesi ve bu özelliklere göre güvenlik ekipmanları ve kişisel koruyucular kullanmak oldukça önemlidir. Daha önce de sözünü ettiğimiz gibi gaz üreticisi firmalar, ürettikleri gazlarla ilgili özellikleri, tehlikeleri, ilk yardım ve koruma kurallarının yer aldığı güvenlik bilgi formunu yayınlamak zorundadırlar. Tıbbi gazların bulunduğu ortamlarda çalışanlar bu güvenlik kurallarını bilmek ve uygulamak zorundadırlar. Konunun daha iyi anlaşılması için kullanılan bazı gazlarla ilgili örnek vermek faydalı olacaktır.



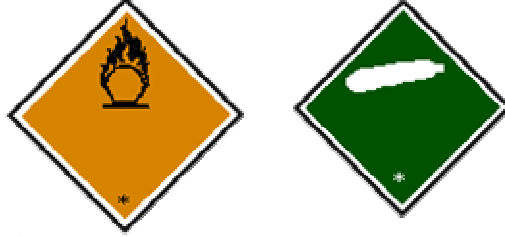
Resim 6.6: Tüp renkleri

6.8.1. Oksijen



Sıkıştırılmış gazdır. Oksitleyicidir. Yanmayı destekler, yanıcı malzemeler ile şiddetli reaksiyona girebilir. %75'ten yüksek konsantrasyonların devamlı solunması mide bulantısı, baş dönmesi, solunum zorluğu ve çırpınmaya neden olabilir.

Normal çalışma koşullarında oksijene aşırı maruz kalınması düşünülemez. Havada yüksek oksijen yoğunlukları yangın ve patlama tehlikesi içerir. Oksijenin basınç altında bulunduğu tüm vakalarda derhal tıbbi müdahalede bulunulması zorunludur. Medikal gazlar sadece medikal amaçlı kullanılmalıdır. Hiçbir zaman yağ ve gresle temas ettirilmemelidir. Basınç şokunu önlemek için tüp vanası yavaşça açılmalıdır. Bu gazla kullanılacak ekipman kullanım sıcaklığına, basıncına ve oksijene uyumlu olmalıdır.



Resim 6.7: Taşıma etiketleri

Oksijen, sadece iyice havalandırılmış yerlerde kullanılmalıdır. Kullanım dışındayken, tüplerin kapakları takılı kalmalıdır. Tüpler sürüklenmemeli, kaydırılmamalı veya yuvarlanmamalıdır. Tüplerin taşınmalarında tüp arabaları kullanılmalıdır. “Sigara içilmez ve açık alev kullanılmaz.” uyarıları depolama ve kullanım alanında asılı bulundurulmalıdır. Silindir üzerindeki silik işaretlerin üzeri yeniden boyanmamalı ve etiket çıkartılmamalıdır.

Havadaki oksijen seviyesinin %23.5'in üstüne çıkmasına neden olabilecek gaz birikimini önlemek için yeterli havalandırma sağlanmalıdır.

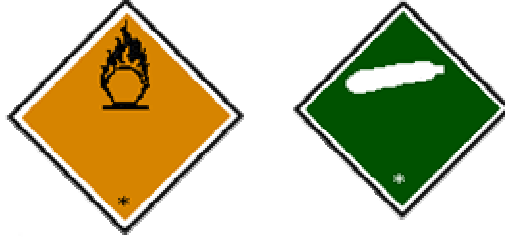
İşe uygun el, vücut ve yüzü koruyucu ekipman kullanılmalıdır.

6.8.2. Azotprotoksit



Renksizdir, alevlenmeyen hafif hoş kokulu sıvılaştırılmış oksitleyici bir gazdır. Yanmayı hızlandırıcı özelliği sonucu, yanıcı ve alevlenir malzemelerde yangın ve patlama riskini artırır. Yüksek miktarlarda maruz kalındığında anestezi etkisi yapar. Ürünün bilerek yanlış kullanımı zararlı veya öldürücü olabilir. Azot protoksitin tekrar tekrar kötüye kullanımı uzun vadede sağlık problemlerine neden olabilir. Azotprotoksit kaçağı havadaki oksijen oranını düşüreceğinden boğulmaya neden olabilir. Üreme ile ilgili tehlikeli etkileri vardır.

Yüksek konsantrasyonlarda maruz kalındığında derin nefes alma, baş dönmesi, mide bulantısı ve sonunda yetersiz oksijen nedeniyle bilinç kaybı meydana gelebilir. Boğulma etkisinin başlangıç evrelerinde havadaki oksijene ani maruz kalınması nedeniyle gülme etkisi görülür. Azot protoksit kaçağı havadaki oksijen oranını düşüreceğinden boğulma meydana gelebilir. Maruz kalan kişi boğulduğunun farkında olmayabilir. Azotprotoksite aşırı maruz kalan tüm vakalarda derhal tıbbi müdahale zorunludur. Kurtarma personeline solunum cihazı bulunmalıdır. Etkilenen kişiye yardım edilerek gazla kirlenmemiş bir alana götürülmeli ve temiz hava solmasına yardımcı olunmalıdır. Etkilenen kişi sıcak tutulmalı ve dinlenmesi sağlanmalıdır. Gazla kirlenmiş alandan çabuk uzaklaşmak çok önemlidir ve eğer nefes alma durursa suni solunum ve oksijen takviyesi uygulanmalıdır. Daha sonraki tedavi semptomatik ve destek tedavi olmalıdır.



Resim 6.8: Taşıma etiketleri

Havadaki azot protoksit oranını, maruz kalma sınırları içinde tutabilmek için kullanım yerinde uygun havalandırma yapılmalıdır.

İşe uygun el, vücut ve yüzü koruyucu ekipman kullanılmalıdır.

6.8.3. Etilen Oksit



Renksizdir, hoş kokulu, çok parlayıcı ve zehirli bir gazdır. Yangın ve patlama tehlikesi vardır. Bu yüzden ısı, kıvılcım ve alevlerden uzak tutulmalıdır. Etilenoksite maruz kalmak merkezi sinir sisteminde baskıya, kansere ve üreme sisteminde zehirlenmeye neden olur. Tehlikeli polimerleşme ve patlayıcı ayrışma meydana gelebilir. Gözlerde tahrişe neden olabilir. Gaz veya sıvı etilen oksit ile temas tahrişe veya kendine özgü bir yanığa neden olabilir. Kızarıklık, deri yangısı, su toplama, ödem, yanık ve doku zedelenmesi oluşabilir. Solunması durumunda gözleri, burnu, boğazı ve akciğerleri tahriş edebilir. Solunan düşük miktarlar, gecikmiş mide bulantısına neden olabilir. Yüksek miktarların solunması uyuşturucu etkisi gösterebilir ardından öksürük, kusma meydana gelebilir. İnsanlarda kronik zehirlenmeye neden olduğu bilinmektedir.

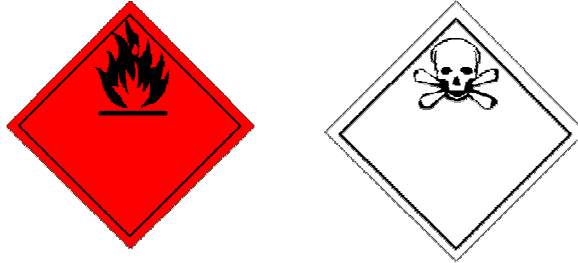
Gaza maruz kalan göz/gözler bol su ile yıkanmalıdır. Göz kapaklarını kaldırarak gözlerin bol suyla temizlendiğinden emin olunmalıdır. En az 15 dakika yıkamaya devam edilmelidir. Derhal tıbbi müdahale yapılması sağlanmalıdır.

Deriye teması esnasında kirlenmiş elbiseler çıkarılmalı ve etkilenen bölge bol miktarda ılık su ile yıkanmalıdır. Sonradan yanıklar oluşabilir, derhal tıbbi müdahale yapılması sağlanmalıdır.

Aşırı solumaya maruz kalınan tüm vakalarda derhal tıbbi müdahale zorunludur. Kurtarma personeline solunum cihazı bulunmalı ve personel kuvvetli yangın ve patlama tehlikesinin bilincinde olmalıdır. Bilinci yerinde olan etkilenmiş kişilere yardım edilerek gazla kirlenmemiş bir alana götürülmeli, uzanmaları sağlanmalı, sıcak tutulmalı ve yeterli miktarda ılık su verilerek midelerindeki etilen oksit yıkanmalıdır. Aşırı maruz kalınan durumlarda, yeterli bir kişi tarafından hastaya oksijen de verilmelidir. Doktor akciğer ödemi belirtisinin olup olmadığına bakmalıdır. Bilinci yerinde olmayan kişiler gazla kirlenmemiş alana taşınıp ağızdan suni solunum ve oksijen takviyesi de yapılmalıdır. Solunum tekrar başladığında, tedaviye yukarıda anlatıldığı gibi devam edilmelidir.

sırasında maruz kalmamak için bir davlumbazla havalandırma yapılmalıdır. Maruz kalma seviyesinin üzerinde birikimi önlemek için lokal havalandırma yapılmalıdır. Elektrik kodlarına uygun makine donanım kullanılmalıdır.

Gözlerin ve yüzün korunması için işe uygun koruyucu yüz siperi veya gözlük kullanılmalıdır.



Resim 6.9: Taşıma etiketleri

Derinin korunması için etilen oksite dayanıklı eldiven ve koruyucu elbiseler kullanılmalıdır.

Solunum korunması için tam yüz maskeli solunum koruma cihazı veya bağımsız solunum cihazı acil durumda kullanılmak üzere hazır olmalıdır. Günlük çalışmada hava beslemeli solunum cihazı kullanılmalıdır.

İşe uygun emniyet ayakkabıları, emniyet duşu, göz yıkama şişesi kullanılmalıdır.

6.9. Tıbbi Gazların İnsan Sağlığı ve Çevre Güvenliği Üzerindeki Etkileri

Tıbbi gazlar, çeşitlerine ve kimyasal özelliklerine göre insanlarda gözlerde tahrişe neden olabilir. Gaz ile temas tahrişe veya kendine özgü bir yanığa neden olabilir. Kızarıklık, deri yangısı, su toplama, ödem, yanık ve doku zedelenmesi oluşabilir. Solunması durumunda gözleri, burnu, boğazı ve akciğerleri tahriş edebilir. Solunan düşük miktarlar, gecikmiş mide bulantısına neden olabilir. Bazı gaz kaçakları havadaki oksijen oranını düşüreceğinden boğulmaya neden olabilir. Bazı gazların aşırı solunması akciğer rahatsızlıklarına neden olabileceği gibi bazı gazların kanserojen etkisi nedeni ile kanser vakaları ile karşılaşılabilir. Bu nedenle tıbbi gazların bulunduğu ortamlarda çalışanların gazların özelliklerini iyi bilmeleri ve gerekli güvenlik önlemlerini almaları ve kişisel koruyucu kullanmaları gerekmektedir.

Tıbbi gazlar insan sağlığı üzerindeki etkilerinin dışında çevre güvenliği açısından da önemli riskler içermektedir. Bu risklerin başında patlama riski gelmektedir. Tıbbi alanda kullanılan gazların genelde basınçlı ortamlarda depolanması ve kullanılması gerektiğinden yüksek basınç anında patlama riskleri bulunmaktadır. Bununla beraber gaz kaçakları da patlama riskini oluşturmaktadır. Patlama riskini en aza indirmek için gaz kullanımı ile ilgili donanımların yeterli olması ve tüplerin kullanımına ve bakımına yeterli özenin gösterilmesi gerekmektedir. Özellikle hastanelerde sıklıkla kullanılan oksijen gazı gibi bazı gazların yanmayı destekleme özelliklerinden dolayı yangın çıkma riski her zaman bulunmaktadır. Bu riski ortadan kaldırmak mümkün olmamakla birlikte en aza indirmek için ısı ile ve direk ateşle temasının ortadan kaldırılması için gerekli önlemler alınmalıdır. Bunun için gaz kaçaklarını önleyici cihazların ve alarm sistemlerinin kullanılması, çalışanların ve diğer kişilerin uyarılması için gerekli uyarı ve ikaz levhalarının kullanılması gerekmektedir.

6.10. Tıbbi Gaz Risklerinden Korunma Yolları ve Koruyucuları

Tıbbi gaz risklerinden korunmanın en önemli kuralı daha önce de söz ettiğimiz gibi kullanılan gazların özelliklerine göre yaklaşımları bilmek ve uygun koruyucuları kullanmaktır. Hastanelerde gazların depolanması ve tesisatı ilgili yönetmeliklerde belirtilen standartlara göre yapılmasına rağmen insan ve çevre sağlığı açısından riskleri kaçınılmazdır. Bu nedenle tıbbi gazların kullanıldığı ortamlarda çalışan kişiler gazlar konusunda eğitilmeli, acil durumlar ve ilk yardım konusunda bilgilendirilmelidir. Güvenlikle ilgili acil durum prosedürleri oluşturulmalı ve ilgili kişiler yetkilendirilmelidir. Bunlarla birlikte tıbbi gazların kullanıldığı ortamlarda çalışan kişiler şu önlemleri de almalıdırlar:

- Uyarı ve ikaz levhaları herkesin görebileceği yerlere asılmalıdır.
- Havadaki oksijen seviyesinin düşmesine neden olabilecek yüksek konsantrasyonda gaz birikimini engellemek için ortam havalandırılmalıdır.
- Gaz kaçaklarına karşı dikkatli olmalı ve mümkünse gaz kaynaklarını kapatmalıdır.

- Gaz ile çalışan cihazların bulunduğu ortama girerken maske, eldiven, gözlük gibi koruyucular kullanılmalıdır.
- Gaz ile çalışan cihazların bulunduğu ortama girerken çakmak, kibrit gibi yanıcı maddelerle girmemeli ve sigara içilmemelidir.
- Gaz kaçağı riski olan yerlere girerken gaz ölçüm cihazları bulundurulmalıdır.

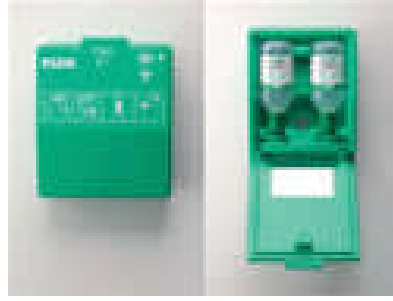
6.11. Kişisel Koruyucular

6.11.1. Göz Koruyucuları

Azot ve helyum gibi maddeler, göz ile temasında doku donmasına yol açarlarken etilen oksit gözde ciddi tahrişlere neden olmaktadır. Bu nedenle gazlarla çalışan cihazların bulunduğu ortamlara girerken koruyucu gözlük bulundurulmalıdır. Bunun yanı sıra etilen oksit gibi maddelerin göz ile teması hâlinde kullanılmak üzere göz duşu şişesi ve göz duşu solüsyonları bulundurulmalıdır.



Resim 6.10: Koruyucu gözlük



Resim 6.11: Göz duşu solüsyonu



Resim 6.12: Göz duşu şişesi

6.11.2. Solunum Koruyucular

Tıbbi alanda kullanılan gazların en önemli risklerinden biri de solunması durumunda ortaya çıkmaktadır. Genelde bütün gazlar aşırı solunması durumunda mide bulantısına, zehirlenmelere, boğulmalara, ciddi solunum rahatsızlıklarına ve boğulmalara neden olmaktadır. Bu nedenle gazlarla çalışan cihazların bulunduğu ortamlara girerken maske kullanılması güvenlik açısından önemlidir. Gaz kaçağının bulunduğu ortamlarda gazdan etkilenmemek ve ortamda ilk yardımda bulunmak ve ortamı tahliye etmek için de farklı maskeler kullanılmaktadır.



Resim 6.13: Tam yüz gaz maskesi



Resim 6.14: Yarım yüz gaz maskesi



Resim 6.15: Kaçış başlığı



Resim 6.16: Hava tüplü maske

6.11.3. Deri Koruyucuları

Gazlar deri ile temaslarında yanma veya soğuk yanmalarına deri üzerinde tahribata neden olabilmektedir. Bu nedenle gaz ile çalışan tıbbi cihazların bulunduğu ortamlara girerken uygun eldivenler ve vücut koruyucu giysiler giyilmelidir. Bu eldiven ve giysiler seçilirken kullanılan gazın özellikleri de bilinmelidir. Çünkü etilenoksit gibi bazı gazlar plastik dokuları yumuşatır ve üzerlerinde kabarcıklar meydana getirir. Bu nedenle plastik olmayan uygun eldiven ve giysiler seçilmelidir.



Resim 6.17: PVC eldiven



Resim 6.18: Nitril eldiven



Resim 6.19: Muflon eldiven



Resim 6.20: Soğuğa dayanıklı eldiven



Resim 6.21: Kimyasal tulumları

UYGULAMA FAALİYETİ

Tıbbi gaz sistemlerinin bulunduğu ortamlarda çalışırken gazlarla ilgili kazalarda kullanılan kişisel koruyucuları kullanmak ve ortam güvenliğini sağlamak

| İşlem Basamakları | Öneriler |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none">➤ Ortamda kullanılan gazları öğreniniz ve özelliklerine göre gerekli uyarı ve ikaz işaretlerini yerleştiriniz.➤ Gaz kaçaqlarına karşı ortamda gaz kokusu olup olmadığını kontrol ediniz.➤ Uygun gaz maskesi takınız.➤ Uygun gözlük takınız.➤ Yanınızda göz duşu solüsyonu bulundurunuz.➤ Uygun eldiven takınız.➤ Uygun çalışma tulumları giyiniz.➤ Bölgeye yetkisiz kişilerin girmesini önleyici bariyerler yerleştiriniz.➤ Çalışmadan sonra kullandığınız araç-gereç ve ekipmanları dezenfekte ediniz.➤ Çalışmadan sonra ellerinizi yıkayınız. | <ul style="list-style-type: none">➤ Ortamdaki gazın özelliğine göre uyarı ve ikaz işaretleri kullandığınızdan emin olunuz.➤ Oksijen gazının kokusuz olduğunu unutmayınız.➤ Kullanacağınız koruyucuların standartlara uygun olduğundan emin olunuz.➤ Kullandığınız maske, eldiven ve tulumların ortamdaki gaz için uygun koruyucu olduğundan emin olunuz.➤ Kullanacağınız koruyucuların kullanma kılavuzlarını inceleyip uygun şekilde kullanınız.➤ Gazların bulunduğu ortama kibrit, çakmak ve sigara gibi yanıcı maddelerle girilmemesi gerektiğini unutmayınız. |

PERFORMANS DEĞERLENDİRME

Aşağıda hazırlanan değerlendirme ölçeğine göre yaptığınız çalışmayı değerlendiriniz. Gerçekleşme düzeyine göre “Evet / Hayır“ seçeneklerinden uygun olan kutucuğu işaretleyiniz.

KONTROL LİSTESİ

| | Değerlendirme Ölçütleri | Evet | Hayır |
|----|--|------|-------|
| 1 | Ortamda kullanılan gazlara uygun gerekli uyarı ve ikaz işaretlerini yerleştirdiniz mi? | | |
| 2 | Ortamda gaz kokusu olup olmadığını kontrol ettiniz mi? | | |
| 3 | Uygun gaz maskesi taktınız mı? | | |
| 4 | Uygun gözlük taktınız mı? | | |
| 5 | Yanınıza göz duşu solüsyonu aldınız mı? | | |
| 6 | Uygun eldiven taktınız mı? | | |
| 7 | Uygun çalışma tulumları giydiniz mi? | | |
| 8 | Bölgeye yetkisiz kişilerin girmesini önleyici bariyerler yerleştirdiniz mi? | | |
| 9 | Çalışmadan sonra kullandığınız araç, gereç ve ekipmanları dezenfekte ettiniz mi? | | |
| 10 | Çalışmadan sonra ellerinizi yıkadınız mı? | | |

DEĞERLENDİRME

Uygulama faaliyetinde yapmış olduğunuz çalışmayı kontrol listesine göre değerlendiriniz.

Yapmış olduğunuz değerlendirme sonunda eksikliğiniz varsa, faaliyete dönerek ilgili konuyu tekrarlayınız.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıda belirtilen ifadeleri doğru yanlış olarak işaretleyiniz.

| | D | Y |
|--|-----|-----|
| 1. Işıksal tehlikeden korunabilmek için koruyucu gözlük kullanılmalıdır. | () | () |
| 2. Karanlık ve loş yerlerde çalışılmalıdır. | () | () |
| 3. Lazer cihazını kapalı bir alanda çalıştırmak, oluşabilecek tehlikelerden habersiz olan kişilere zarar vermesini önler. | () | () |
| 4. Lazer emniyet gözlüğü veya mikroskop/endoskop koruyucu filtresi seçimi yapılırken, ilk olarak gözlük camının kullanılacağı lazer ışın demetinin dalga boyundaki ışınımı filtre edici özelliklere sahip olup olmadığı incelenir. | () | () |
| 5. Gaz kaçaqlarına karşı dikkatli olmalı ve mümkünse gaz kaynakları kapatılmalıdır. | () | () |
| 6. Gaz ile çalışan cihazların bulunduğu ortama girerken maske, eldiven, gözlük gibi koruyucular kullanılmalıdır. | () | () |
| 7. Oksijen gazı kapalı ve hava almayan yerlerde kullanılmalıdır. | () | () |
| 8. Gaz ile çalışan cihazların bulunduğu ortama girerken çakmak, kibrit gibi yanıcı maddelerle girilmemeli ve sigara içilmemelidir. | () | () |
| 9. Gaz kaçağı olan ortamlarda gazın yayılmasını önlemek için kapı ve pencereler kapatılmalıdır. | () | () |
| 10. Gaz kaçağı riski olan yerlere girerken gaz ölçüm cihazları bulundurulmalıdır. | () | () |

Aşağıda verilen gaz tüplerinin renklerini karşılıklarına yazınız.

11. Oksijen tüpleri
12. Asetilen tüpleri
13. Azot tüpleri
14. Argon tüpleri
15. Yanıcı gazlara ait tüpler

DEĞERLENDİRME

Sorulara verdiğiniz cevaplar ile cevap anahtarını karşılaştırınız, cevaplarınız doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz. Yanlış cevap verdiyseniz öğrenme faaliyetinin ilgili bölümüne dönerek konuyu tekrar ediniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-7

AMAÇ

Bu öğrenme faaliyetini başarıyla tamamladığınızda, cihazın bulunduğu ortam koşullarını tespit edebilecek ve güvenle yaklaşabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Çevrenizde daha önce meydana gelmiş radyoaktif ve tehlikeli madde kazalarını araştırarak sonuçlarını arkadaşlarınızla tartışınız.

7. ORTAM KOŞULLARINI TESPİT ETMEK VE GÜVENLİ YAKLAŞIM

7.1. Hastane ve Kliniklerdeki Ortamlar

Hastane ve klinikler kullanılan tedavi ve teşhis yöntemleri bakımından farklı bölümlere ayrılır. Bu bölümleri genel olarak aşağıdaki şekilde sınıflandırabiliriz.

- Tedavi üniteleri
- Laboratuvarlar
- Görüntüleme ve teşhis üniteleri
- Ameliyathaneler
- Yaşam destek üniteleri
- Lojistik ve diğer hizmet alanları

Hastanelerde ve kliniklerde yukarıda belirttiğimiz bölümlerde hizmete yönelik farklı cihaz ve sistemler kullanılmaktadır. Bu cihaz ve sistemlerde farklı maddelere ihtiyaç duyulmaktadır.

7.2. Kaza ve Arıza Durumlarında Ortam Koşullarının Tespiti

Daha önce de belirttiğimiz gibi kullanılan bu cihaz ve sistemler gerek yapıları gerekse ihtiyaç duydukları maddeler açısından, insan ve çevre sağlığı açısından oldukça büyük riskler taşımaktadır. Bu cihaz ve sistemlerle normal çalışma ortamlarında alınması gereken kişisel ve çevre güvenlik önlemlerinden söz etmiştik. Burada normal kullanım dışında deprem, yangın, patlama ve benzeri acil durumlarda oluşabilecek kazalardan ve alınması gereken önlemlerden söz edilecektir. Bu gibi durumlarda kaza ortamına güvenli yaklaşabilmenin en önemli koşulu kaza yeri hakkında bilgi sahibi olmak ve ortamda kullanılan cihaz ve maddelerin risklerini iyi değerlendirmektir.

Yukarıda sözünü ettiğimiz kaza sonucunda ortamda;

- Radyoaktif madde dökülmesi
- Kimyasal madde dökülmesi
- Oksitleyici gaz yayılması
- Zehirli gaz yayılması meydana gelebilir.

Bunların sonucunda;

- Ortamda bulunan kişiler tehlikeli boyutlarda radyasyona maruz kalabilir.
- Kimyasal maddeler nedeniyle zehirlenme ve ciltte yanıklar meydana gelebilir.
- Gaz birikmesi sonucu patlama ve yangınlar meydana gelebilir.
- Ortamdaki gaz nedeni ile zehirlenmeler ve yanıklar meydana gelebilir.

Bu nedenle kaza ortamında bulunan servis elemanları buldukları ortam riskleri ile ilgili yeterli düzeyde bilgi sahibi olmalıdır.

7.3. Radyasyon Kazaları

Radyoaktif kazalara karşı daha önceki konularımızda sözünü ettiğimiz gibi kurum tarafından bir radyasyon güvenlik prosedürü oluşturulmalı ve bu prosedür bütün çalışanlar tarafından bilinmelidir. Kaza durumlarında da bu prosedür çerçevesinde hareket edilmelidir. Acil durum yönetimi oluşturulmalı, tehlike durumu ve olağan dışı durumlarda sorumlu kişiler ve bu gibi durumlarda gerekli acil önlemleri almak, radyasyon ölçümlerini yapmak, bulaşmayı temizlemek gibi işlerden sorumlu kişiler belirlenmelidir.

7.3.1. Yangın, Deprem ve Patlama gibi Acil Durumlar

Yangın, deprem ve patlama gibi acil durumlarda kurtarma işlemi yapacak olan personel, radyoaktif maddelerin bulunduğu alanlar ve acil durumlarda radyasyonun sebep olabileceği tehlikeler hakkında bilgilendirilmeli ve uyulması gereken kurallar önceden belirlenmelidir. Bu gibi durumlarda hastane yönetimi ve ilgili kurum derhal haberdar edilmeli ve daha önce de belirttiğimiz belirlenen önlemler derhal alınmalıdır. Radyoaktif maddeler koruyucu kapların içinde taşınmalıdır.

7.3.2. Az Miktarda Radyasyon Dökülmesi

Kaza ve çalışma esnasında az miktarda radyasyon dökülmesi durumunda;

- Dökülen sıvının üzerine hemen emici bez veya kâğıt konularak yayılması önlenir, çevresi işaretlenir ve üzerinden geçişler engellenir.
- Temizlik esnasında mutlaka eldiven giyilir ve bulaşmış malzemelerin ve ıslak kâğıtların içine konulabileceği, plastik bir torba bulundurulur.
- Dökülen maddenin üzerine konulmuş olan bez veya kâğıt alınır ve bir havlu ile, bulaşma alanı dıştan içe doğru olmak üzere kurulanır.

- Alan iyice kurulandıktan sonra temizleme malzemeleri (dekontaminasyon ilaçları) ve ıslatılmış kağıt havlu ile silinir.
- Havlunun radyoaktivitesi uygun ölçüm cihazı kullanılarak kontrol edilir. Ortam sayımının iki katını geçen sayımlar, bulaşma olduğunun göstergesidir. Bulaşma bulunuyorsa, kâğıt havlularla temizlemeye devam edilir. Yumuşak bir temizleyici sıvı kullanılabilir ancak aşındırıcı temizleyicilerden sakınmalıdır. Temizlik sonunda silme testi tekrarlanır.
- Temizleme ve silme testi, silme işlemi yapılan havludaki radyasyon düzeyi, ortam sayımının iki katından daha küçük bir değere ulaşıncaya kadar devam ettirilir.
- Radyasyon korunması görevlisi durumdan haberdar edilir.

7.3.3. Fazla Miktarda Radyoaktif Madde Dökülmesi

- Odadaki herkes kapıya gider, ayakkabılar ayaklar kullanılarak çıkarılır ve kapı dışına çıplak ayakla çıkarılır. DAHA FAZLA İLERLEMİYİN! Şayet dökülen maddeye değmişse eldivenler ve koruyucu giysiler çıkarılır ve bulaşma olasılığı olan diğer eşyalarla bir arada bırakılır. Kapı kapatılır.
- Yardım çağırılır, şayet duyan olmazsa, ancak yalnız bir kişi radyasyon korunması görevlisini çağırarak ve bir uygun ölçüm cihazı bulacak birisini bulabilmek için bir yere kadar yürüyebilir
- Uygun ölçüm cihazı kullanılarak, odada bulunan herkesin el ve ayaklarına özellikle dikkat edilerek, bütün vücutlar ölçülür.
- Bulaşmış giysiler hemen çıkarılır ve büyük plastik torbalara veya başka uygun kapların içine konularak radyoaktif atık işlemi uygulanır.
- Eğer cilt radyoaktif madde ile bulaşmış ise, yumuşak bir sabun ve bol su ile yıkanır, sert fırça ve tahriş edici sabun kullanılmaz. Yıkandıktan sonra tekrar uygun bir ölçüm cihazı ile vücut ölçümü yapılır. Ortam sayımının üzerinde olmayan değerler alınmaya kadar yıkanma ve ölçme işlemi tekrarlanmalı veya üç kez yıkandıktan sonra ölçüm değerleri değişmiyorsa yıkanmaya son verilmelidir. Mümkün olursa yıkanmalar arasında nemlendirici losyon kullanılmalıdır.
- Genel vücut bulaşmalarında, tüm vücut ölçülür ve yüksek bulaşma bölgeleri işaretlenir. Bulaşmamış tüylü bölgelerin bulaşmamasına ve vücut açıklıklarına dikkat edilerek hızlıca duşa girilir, bol su ve sabun ile yıkandıktan sonra tekrar ölçüm alınır.
- Radyoaktif madde göze sıçramış ise, bol su ile ve serum fizyolojik ile durulanır ve durulama suyu ölçülür. Temizlik sağlandıktan sonra göz tahrişi için önlem alınır.
- Saçlarda bulaşma varsa, yumuşak bir deterjanla en iyi şekilde temizlenir. Saçları yıkarken sabunlu suyun gözlere, kulaklara veya ağza girmemesine özen gösterilmelidir. Tıraş yapılmamalıdır.
- Olay mutlaka kayda geçirilmeli ve tekrarlanmaması veya yaygınlaşmaması için alınması gerekli ilave önlemler belirlenmelidir.
- Temizleme işlemi başarılıyorsa TAEK'e haber verilmelidir.

7.3.4. Kaza Durumunda İzlenecek Yöntemler

- Hasar sonucu sızıntı yaptığı tespit edilen kaynak en kısa sürede çevreden yalıtılacaktır.
- Kaynak ve kaynak yuvası ile direkt temastan kaçınılacaktır.
- Kişilerin iç veya dış ışınlama ile sonuçlanan olay neticesinde belli bir değerin üzerinde doz alınıp alınmadığının tayini ve vücudun herhangi bir bölümünün bölgesel doku hasarına neden olacak şekilde yüksek radyasyona maruz kalıp kalmadığının belirlenmesi amacıyla, derhal yetkili otoriteye bilgi verilecek, ışınlamaya maruz kaldığı belirlenen/sanılan kişi ivedilikle tıbbi kurumlara gönderilecektir.
- Yetkili otorite acilen kaynağın montaj ve bakımını yapan firma ile temasa geçerek bilgi verecektir.

7.4. Tehlikeli Madde Kazaları

Herhangi bir maddenin elde edilmesi, işlenmesi, saklanması, paketlenmesi, kullanılması, atılması ve taşınması sırasında gerekli/uygun önlemler alınmadığında; çevrenin, halkın, kullananların ya da sağlık personelinin sağlığını ve güvenliğini fazlasıyla tehdit ediyorsa bu tehlikeli maddedir.

Tehlikeli maddeler :

- Kimyasal
- Radyoaktif
- Zehir etkili olabilirler ve bu maddeler
 - Katı hâlde
 - Sıvı hâlde
 - Gaz hâlinde bulunabilirler.

Tehlikeli madde kazalarında;

- Kazayı değerlendirmek
- Komuta zincirini oluşturmak
- Zehirlenme olasılıklarını değerlendirmek
- Dekontaminasyon (temizleme) yöntemlerini gözden geçirmek
- Acil bakım vermek, hastaneye nakletmek
- Tıbbi gözlem, rehabilitasyon ekibini desteklemek kaza sonucu oluşabilecek daha büyük tehlikeleri ve can kaybını önlemede önemlidir.

Bu nedenle kazanın değerlendirilmesi yapılırken;

- Tehlikeli maddeyle karşılaşma ve bulaşma olasılığı
- Tehlikeli maddenin sonradan görülen etkileri
- Olay yerinin fiziki yapısı
- Rüzgârın yönü
- Dekontaminasyon koridorları
- Kaza sonrası yerleşim planı göz önünde bulundurularak, nelerin nasıl yapılacağı saptanır.

Tehlikeli madde kazaları (örnek: zehirli gaz) her zaman çıplak gözle görülmediklerinden daha fazla tehlike oluştururlar. Bu nedenle aşağıdaki ipuçlarının değerlendirilmesi önemlidir.

- Ne görüyorsun, duyuyorsun, kokluyorsun?
- Buhar/gaz bulutu var mı?
- Yangın / alev var mı?
- Basınç altındaki ürünlerde rastlanılan kaçak sesi duyuluyor mu? (örnek: evdeki mutfak tüpü kaçağı gibi)
- Olağan dışı herhangi bir koku var mı?
- Gözlerinizde sulanma ya da yanma var mı?

Tehlikeli maddeler, hem kurtarıcılar hem de kazazedeler için tehlike oluşturduğundan öncelikle emniyet sağlanmalıdır.

Olay yerine ilk ulaşan kişi(ler), öncelikle, nasıl bir tehlikeli madde ile karşı karşıya olduklarını, olay yerinin stabil mi değişken mi olduğunu tespit etmelidir. Ardından ilgili birimleri (polis, itfaiye, kurtarma ekipleri vs.) haberdar etmelidir.

Stabil olmayan (değişken) olay yeri: yangın olan, zehirli gaz veya tehlikeli madde, kopmuş gerilim hattı kabloları / elektrik telleri bulunan yerlerdir.

Gazların bulunduğu ortamlarda müdahaleden önce gaz kaçağı ölçümleri yapılmalıdır.



Resim 7.1: Gaz kaçağ dedektörü



Resim 7.2: Karbonmonoksit uyarı cihazı

Olay yeri tespit edildikten sonra ortamda gaz kaçağı var ise mümkün olan durumlar için;

- Gaz kaynağı kapatılmalıdır.
- Ortam havalandırılmalıdır.
- Ortamda bulunan kişiler acilen uzaklaştırılmalıdır.
- Yangın ve patlama risklerine karşı önlem alınmalıdır.
- Ortamdaki gazın özelliklerine karşı maksimum koruyucular kullanılmalıdır.
- Ortamdan mümkün olduğunca kısa sürede uzaklaşılmalıdır.

Kaza yeri saptandıktan sonra, kaza yerinden bulunduğunuz yere kadar olan alan, daire biçiminde üç bölgeye ayrılır. Bu bölgelere içten dışa sıcak, ılıman ve soğuk bölgeler denir. Sıcak bölge tehlike bölgesi olan kaza alanıdır. Buraya sadece görevli uzman kurtarıcıların girmesi doğrudur. Bölgelerin özellikleri;

Sıcak bölge;

- Bulaşma (kontaminasyon) alanıdır.
- Uygun koruyucu giysi ile girilmelidir.
- Sınırlı sayıda insanın girmesinde yarar vardır.
- Bu alandaki her şey kontamine kabul edilir.

İlman bölge;

- Kontaminasyonun denetim altına alındığı alandır.
- Uygun koruyucu giysi ile girilmelidir.
- Dekontaminasyon (bulaştan arındırma) koridorunun oluşturulduğu alandır.
- Temel yaşam desteğinin verileceği alandır.

Dekontaminasyon koridoru;

İlman bölgede yer alan bulaşmış kişilerin bu bulaşlardan arındırıldığı geçiş alanıdır.

Soğuk bölge; bu bölgede,

- Kumanda merkezi
- Acil bakım ve nakletme alanı
- Tıbbi gözlem ve rehabilitasyon alanı oluşturulur.

7.4.1. Koruyucu Giysi Çeşitleri

- Kimyasal maddenin özelliğine göre seçilmelidir.
- Bütün kimyasal maddelere uygun tek bir giysi YOKTUR
- Uygun giysilerin sızdırmazlık süreleri daima kontrol edilmelidir
- Lateks eldivenler kimyasal maddelere karşı dayanıklı DEĞİLDİR
- Nitrile eldivenler çoğu kimyasallara karşı yüksek düzeyde koruyucudur.
- Deri botlar, kimyasal maddeleri sürekli emer.

A Sınıfı Koruyucu Giysi

- Solunum ve deri, en üst düzeyde korunur.
- Giysi kurtarıcıyı tamamen içine alır(kapsül gibidir).
- Bilinmeyen madde ya da solunumla veya deri yoluyla emildiğinde zarar veren maddelerin bulunduğu sıcak bölge giysisidir.



Resim 7.3: Kimyasal koruyucu eldiven



Resim 7.4: Nitril çizme



Resim 7.5: Kimyasal koruyucu bot

B Sınıfı Koruyucu Giysi

- Solunum güvenliği en üst düzeydedir.
- Deri koruması zayıftır.
- Giysi tamamen sarmalamaz ancak kimyasal maddelere dayanıklıdır.
- Genellikle ılıman bölgedeki dekontaminasyon ekibinin giysisidir.

C Sınıfı Koruyucu Giysi

- Sızdırmaz giysi, botlar, eldiven ve göz koruyucusundan oluşur.
- Değişik maddelere göre havayı temizleyebilen maskesi vardır.
- Kontaminasyon (bulaştırma) olasılığı olan hastaların taşınması esnasında giyilir.



Resim 7.6: A sınıfı koruyucu giysi



Resim 7.7: B sınıfı koruyucu giysi



Resim 7.8: C sınıfı koruyucu giysi

D Sınıfı Koruyucu Giysi

İtfaiyeci giysisidir, tehlikeli madde kazalarında koruyucu değildir.

7.4.2. Dekontaminasyon

Zararlı maddenin kişiden ve ortamdan temizlenmesi işlemine dekontaminasyon denir.

Amacı;

- Kazazedenin maruz kaldığı tehlikeli maddenin etkisini azaltmak
- İkinci bir bulaşma tehlikesini bertaraf etmek
- Çeşitleri;
- Fiziksel dekontaminasyon
- Kimyasal dekontaminasyon

Dekontaminasyon yöntemleri;

- Sulandırma (dilüsyon, yoğunluğunu azaltma)
- Emilim yolu (absorbsiyon)
- Etkisizleştirme (nötralizasyon)
- Ayırma (izolasyon)



Resim 7.9: Yüzey dekontaminasyon ekipmanları

Sulandırma;

- Kişi bol miktardaki su ile yıkanır, böylece maddenin yoğunluğu azaltılarak vereceği zarar önlenir.
- Kişinin vücudu iki kere bol akan su ile iyice yıkanmalıdır (saçlar, kıvrımlar, koltuk altları, kasıklar gibi içte kalan bölgeler atlanmadan)
- Sabun ve süngerle ovarak yıkamak işinizi daha kolaylaştırır.

- Kişi yıkama sonrası hemen çarşaf ve battaniyelerle sarmalanmalıdır (özellikle soğuk havalarda daha özenle).
- Bazı kimyasal maddelerde SU KULLANILMAZ, o nedenle yıkama öncesi maddenin özelliği öğrenilmelidir.
- Emilim yolu;
- Maddeyi emmesi için havlu ve benzeri emici kumaş kullanılabilir.
- Genellikle yıkama sonrasında kullanılmalıdır.
- Tek başına bir dekontaminasyon yöntemi değildir.
- Genellikle, etkilenen bölgenin temizlenmesi olayıdır.

Etkisizleştirme;

- Kimyasal yöntemdir.
- Tehlikeli maddenin başka madde ile reaksiyonu sonucu etkisini yitirmesi olayıdır.
- Acil bakımda nadiren kullanılır, çünkü;
 - Alanda uygun nötralizan maddeyi bulmak zordur.
 - Doğru miktarı ayarlamak zordur.
 - Reaksiyon sonucu genellikle ısı açığa çıkar.

İzolasyon

- Etkilenen kişi ve malzemeleri tehlikeli maddeden uzaklaştırma anlamındadır.
- Kişinin madde bulaşmış giysilerini ve takılarını çıkarmak da izolasyona girer.

Tehlikeli madde ile temas etmiş,

- Kazazede
- Çamaşırlar (giysi, çarşaf vb.)
- Acil müdahale esnasında kullanılan malzemeler
- Kontamine çamaşırların özel torba veya kaplara konarak ağızları kapatılmalı ve bunlar ilgili görevliye verilmelidir.



Resim 7.1.0: Kimyasal emici kit



Resim 7.11: Göz yüz vücut duşu



Resim 7.12: Göz ve yüz duşu

7.4.3. Zehirli Maddelere Maruz Kalma

Zehirli /tehlikeli maddeye iki şekilde maruz kalınır:

- Doğrudan temas
- Dolaylı temas, bulaşmış kişi veya nesne aracılığıyla

Zehirli maddelerin vücuda giriş yolları:

- Solunum yoluyla (inhalasyonla) (En sık karşılaşılır.)
- Emilim yoluyla (absorbsiyonla), açık yaralarla
- Enjeksiyonla
- Sindirim yoluyla (En az karşılaşılır.)

Belirtilerin ortaya çıkış zamanına göre etkileri:

- Hemen ortaya çıkan etkiler, maddeye maruz kalıdıktan hemen sonra görülür.
- Geç ortaya çıkan etkiler, maddeye maruz kaldıktan saatler, günler, aylar veya yıllar sonra görülür.
- Zehirler vücuda iki şekilde etkiler:
- Bölgesel etki, sadece temas eden yerde ortaya çıkan belirti ve bulguların olmasıdır.
- Sistemik etki, maddenin kana karışmasıyla etkilenen sistemlere göre ortaya çıkan belirti ve bulguların olmasıdır.

7.4.4. Tehlikeli Maddelerin Sınıflandırılması

- Patlayıcılar
- Gazlar
- Sıvı maddeler
- Katı maddeler
- Oksitleyiciler
- Tahriş edici maddeler (korozyif maddeler)

| NUMARASI | OLUŞTURDUĞU TEHLİKE |
|----------|--|
| 1 | PATLAYICILAR (Explosives) |
| 2 | GAZLAR (Gases) |
| 3 | SIVI MADDELER (Liquids) |
| 4 | KATI MADDELER (Solids) |
| 5 | OKSİTLEYİCİLER, ORGANİK PEROKSİTLER (Oxidizers, organic peroxides) |
| 6 | ZEHİR (Poisons, etiologic agents) |
| 7 | RADYOAKTİF MADDELER (Radioactive materials) |
| 8 | TAHRİŞ EDİCİ MADDELER (Corrosives) |
| 9 | BUNLARIN DIŞINDA (Miscellaneous; ORMs) |

Tablo 7.1: Uluslararası sınıflandırma numaraları

Patlayıcılar: Etken madde ile reaksiyona girdiklerinde zehirli gaz ve ısı yayar.

Gazlar: A Sınıfı zehir kapsamındaki gazlar ve sıvılar insan sağlığı için çok tehlikeli olan buhar oluşturur. Amonyak, alevlenmeyen gaz olarak sınıflandırılrsa da, alevlenen, çok zehirli bir gazdır. Klor, zehirli, tahriş edici ve oksitleyici olduğundan kendi plakasını taşır.

Sıvılar: Parlayıcı sıvılar(flammable: alevlenen), parlama noktası : 38°C (100 °F) derecenin altında alevlenir. Kolay tutuşabilen sıvılar (combustible) parlama noktası : 38 °C (100 °F) derecenin üzerinde alevlenir.

Katı maddeler: Alevlenen katı maddelerin diğer patlayıcılardan farkı, sürtünme sonucu tutuşması ve ıslığı çok uzun süre muhafaza etmesi ve sürekli içinden yanmasıdır.

Oksitleyiciler: Sıvı oksijen, oksitleyici bir maddedir. Oksitleyiciler, hemen oksijenini verip tutuşmayı teşvik eder. Organik oksitleyiciler de hemen oksijenini verip tutuşmayı teşvik eder ve yanarlar.

Korozif (tahriş eden) maddeler: Canlı dokuyu tahrip eden ya da demiri aşındıran/paslandıran maddelerdir. Genellikle zehirli ve reaktiftir.

7.4.4.1. Tehlike İşaretleri ve Numaraları

Sağlık Açısından Tehlike Uyarısı (Koyu Mavi Zeminli Levha)



Resim 7.13.Tehlike Renkleri

4 = İçeri girmek çok tehlikelidir.

3 = Çok fazla tehlikeli—Tam koruyucu giysi ile gir.

2 = Tehlikeli—Solunum cihazı kullan.

1 = Hafif Tehlikeli

0 = Tehlike Yok

Yangın Tehlikesi Uyarısı (Kırmızı Zeminli Levha)

4 = Çok kolay tutuşur.

3 = Normal ısıda tutuşur.

2 = Hafif ısıda tutuşur.

1 = Yanması için önceden ısıtılmalıdır.

0 = Yanmaz

Reaktivite (Sarı Zeminli Levha)

4 = Patlayabilir—Ateş varsa orayı hemen boşalt

3 = Şok, ısı patlamaya neden olabilir.—Muhafaza et.

2 = Ani kimyasal değişiklik oluşabilir.

1 = Isıtıldığında değişebilir.

0 = Normalde stabildir (değişken değildir).

Özel Tehlikeli Maddeler (Koyu Yeşil Zeminli Levha)

OX = Oksitleyici ACID = Asit ALK = Alkali (Baz) COR = Korozyif W = Su
Kullanma

UYGULAMA FAALİYETİ

Tıbbi gaz sistemlerinin ve tehlikeli kimyasalların bulunduğu ortamlarda oluşan bir kaza durumunda kullanılan kişisel koruyucuları kullanmak ve ortam güvenliğini sağlamak

| İşlem Basamakları | Öneriler |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none">➤ Ortamda kullanılan gazları öğreniniz ve özelliklerine göre gerekli uyarı ve ikaz işaretlerine dikkat ediniz.➤ Ortamda buhar ya da gaz bulutu var mı? Kontrol ediniz.➤ Ortamda yangın ya da alev var mı? Kontrol ediniz.➤ Gaz kaçak sesi duyuluyor mu? kontrol ediniz.➤ Ortamda olağan dışı bir koku var mı? Kontrol ediniz.➤ Gözlerinizde sulanma ya da yanma var mı? Dikkat ediniz.➤ Uygun maske, eldiven, ve koruyucu giysileri giyiniz.➤ Bölgeye yetkisiz kişilerin girmesini önleyici bariyerler yerleştiriniz.➤ Tehlikeli maddelerden etkilenenleri kaza ortamından uzaklaştırınız.➤ Gaz kaçağı var ise gaz kaynağını kapatınız.➤ Yangın ve patlama ihtimaline karşı ortamı havalandırınız.➤ Çalışmadan sonra kullandığınız araç-gereç ve ekipmanları dezenfekte ediniz.➤ Çalışmadan sonra ellerinizi yıkayınız.➤ Durumu yetkili kişilere haber veriniz. | <ul style="list-style-type: none">➤ Ortamdaki gazın özelliğine göre uyarı ve ikaz işaretleri kullandığınızdan emin olunuz.➤ Oksijen gazının kokusuz olduğu unutmayınız.➤ Kullanacağınız koruyucuların standartlara uygun olduğundan emin olunuz.➤ Kullandığınız maske, eldiven ve tulumların ortamdaki gaz için uygun koruyucu olduğundan emin olunuz.➤ Kullanacağınız koruyucuların kullanma kılavuzlarını inceleyip uygun şekilde kullanınız.➤ Gazların bulunduğu ortama kibrit, çakmak ve sigara gibi yanıcı maddelerle girilmemesi gerektiği unutulmamalıdır.➤ Can güvenliğinizi riske atacak hareketlerden kaçınınız.➤ Yangın ve patlama durumunda yetkililerden ve uzman kişilerden yardım isteyiniz.➤ Uygun dekontaminasyon malzemelerinin bulunmasına dikkat ediniz. |

KONTROL LİSTESİ

| | Değerlendirme Ölçütleri | Evet | Hayır |
|----|---|------|-------|
| 1 | Ortamda bulunan gazları öğrenip uyarı ve ikaz işaretlerine dikkat ettiniz mi? | | |
| 2 | Ortamda gaz bulutu olup olmadığını kontrol ettiniz mi? | | |
| 3 | Ortamda yangın ya da alev olup olmadığını kontrol ettiniz mi? | | |
| 4 | Gaz kaçak sesi olup olmadığını kontrol ettiniz mi? | | |
| 5 | Ortamda olağan dışı bir koku olup olmadığını kontrol ettiniz mi? | | |
| 6 | Gözlerinizde sulanma ve yanma olup olmadığını kontrol ettiniz mi? | | |
| 7 | Uygun maske, eldiven ve koruyucu giysiler giydiniz mi? | | |
| 8 | Bölgeye yetkisiz kişilerin girmesini önleyici bariyerler yerleştirdiniz mi? | | |
| 9 | Tehlikeli maddelerden etkilenenleri kaza ortamından uzaklaştırdınız mı? | | |
| 10 | Gaz kaçağına karşı gaz kaynağını kapattınız mı? | | |
| 11 | Yangın ve patlama ihtimaline karşı ortamı havalandırdınız mı? | | |
| 12 | Çalışmadan sonra kullandığınız araç gereç ve ekipmanları dezenfekte ettiniz mi? | | |
| 13 | Çalışmadan sonra ellerinizi yıkadınız mı? | | |
| 14 | Durumu yetkili kişilere haber verdiniz mi? | | |

DEĞERLENDİRME

Uygulama faaliyetinde yapmış olduğunuz çalışmayı kontrol listesine göre değerlendiriniz.

Yapmış olduğunuz değerlendirme sonunda eksikliğiniz varsa, faaliyete dönerek ilgili konuyu tekrarlayınız.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıda belirtilen ifadeleri doğru yanlış olarak işaretleyiniz.

| Az miktarda radyasyon dökülmesi durumunda; | D | Y |
|--|----------|----------|
| 1. Temizlik esnasında mutlaka eldiven giyilir ve bulaşmış malzemelerin ve ıslak kâğıtların içine konulabileceği plastik bir torba bulundurulur. | () | () |
| 2. Alan iyice kurulandıktan sonra kullanılır. | () | () |
| Fazla miktarda radyoaktif madde dökülmesi durumunda; | | |
| 3. Odadaki herkes kapıya gider, ayakkabılar ayaklar kullanılarak çıkarılır ve kapı dışına çıplak ayakla çıkarılır. Şayet dökülen maddeye değmişse eldivenler ve koruyucu giysiler çıkarılır ve bulaşma olasılığı olan diğer eşyalarla bir arada bırakılır. Kapı kapatılır. | () | () |
| 4. Radyoaktif madde bulaşmış giysiler daha sonra tekrar kullanılmak üzere temizlikçiye gönderilir. | () | () |
| 5. Gazların bulunduğu ortamlarda müdahaleden önce gaz kaçağı ölçümleri yapılmalıdır. | () | () |
| 6. Lateks eldivenler kimyasal maddelere karşı dayanıklıdır. | () | () |
| 7. Nitrile eldivenler çoğu kimyasallara karşı yüksek düzeyde koruyucudur. | () | () |

Aşağıda verilen paragraflardaki boşlukları doldurunuz.

8. Zararlı maddenin kişiden ve ortamdaki temizlenmesi işlemine denir.
9. Kaza yeri saptandıktan sonra, kaza yerinden bulunduğunuz yere kadar olan alan daire biçiminde üç bölgeye ayrılır. Bu bölgelere içten dışa bölgeler denir.
10. Ilıman bölgede yer alan bulaşmış kişilerin bu bulaşlardan arındırıldığı geçiş alanına denir.

Aşağıda verilen kısaltmaların anlamlarını karşılıklarına yazınız.

11. OX = 12. ACID = 13. ALK =
14. COR = 15. W =

MODÜL DEĞERLENDİRME

1. Aşağıdakilerden hangisi biyomedikal teknisyenlerinin klinik mühendisliği birimindeki sorumluluk ve müdahale yetkilerinden değildir?

- A) Tıbbi cihazlara modifikasyon, bakım ve onarım yapmak
- B) Tıbbi cihazların emniyet ve verimlilik testlerini periyodik olarak yapmak
- C) Tıbbi cihazların alımına karar vermek
- D) Tıbbi cihazların envanterini güncelleştirmek ve sayım kontrolünü yapmak

2. Aşağıdakilerden hangisi satın alınacak bir tıbbi cihaz için hazırlanan idari şartnamede yer almaz?

- A) İşin niteliği, nevi ve miktarı
- B) Tahmin edilen bedeli, geçici teminat miktarı ve kesin teminata ait şartlar
- C) İşe başlama ve işi bitirme tarihi, gecikme hâlinde alınacak cezalar
- D) Tıbbi cihaz, araç ve gereçlerin kullanımı ve bakımı için istihdamı zorunlu çekirdek personelin sayısı ve nitelikleri

3. İzole edilmiş hasta bağlantısı tıbbi cihazlarda hangi tip tehlikelerin önlenmesinde kullanılır?

- A) Mekaniksel
- B) Elektriksel
- C) Radyoaktif
- D) Kimyasal

Aşağıdaki paragraflarda boş bırakılan yerleri doldurunuz.

4., belirlenmiş koşullar altında, doğruluğu bilinen bir ölçüm standardını veya sistemini kullanarak diğer test ve ölçüm aletinin doğruluğunun ölçülmesi, sapmalarının belirlenmesi ve doküman hâline getirilmesi için kullanılan ölçümler dizisidir.

5. Hastanelerdeki tıbbi cihaz yönetiminin en önemli koşulu hastanede bulunan cihaz ve sistemlerin kayıt altına alınarak takibinin yapılmasıdır. Bu amaçla yapılan çalışmaya ve tutulan kayıtlara da adı verilmektedir.

6. Tıbbi cihazların bazılarında çıkan görünür ve görünmez ışık huzmelerinin insan sağlığı üzerindeki tehlikeleri, tehlikelerdendir.

7. Her bir cihaz şasisinin ayrı ayrı ortak topraklama terminaline bağlanmasından oluşan sistemesistem denir.

8. Statik elektrikten dolayı oluşabilecek elektrik atlamalarına karşı
..... kullanılmalıdır.
9. Türkiye’de radyoaktif madde kullanımı ve güvenliğin sağlanması denetimi, yasal düzenlemelerle’na verilmiştir.
10. Radyasyon dozunun vücudun herhangi bir doku veya organına hasar vermesi veya önemli reaksiyonlara neden olacak miktarda hücre ölümünü meydana getirmesi sonucunda ortaya çıkan etkilere etkiler denir.
11. Alt karın ve pelvis incelenmesi dışındaki uygulamalarda hastaların özellikle üreme organlarının korunması gerekir. Çalışanlar da yaptıkları işin niteliğine göreve koruyucular kullanılmalıdır.
12. İnsan vücudunun kısım ya da kısımlarında enerji soğurulmasını ifade etmek için kullanılan terime denir.
13. Radyasyon doz miktarının yeni birimi..... dir.
14. Radyasyon doz miktarını ölçen cihazlara denir.
15. vücut dokularının birim kütlesi tarafından soğrulan enerjinin soğrulma hızıdır.
16. Manyetik rezonans odalarında çalışanların yüksek manyetik alanlardan etkilenmelerini önlemek için kontrol odaları ayrılarak buralara
..... kullanılmaktadır.
17. Zararlı maddenin kişiden ve ortamdan temizlenmesi işlemine
denir.

Aşağıda verilen güvenlik renklerinin ne anlama geldiğini karşısındaki boşluklara yazınız.

| | Renk | Anlamı veya Amacı |
|-----|----------------|--------------------------|
| 18. | Kırmızı | |
| 19. | Sarı | |
| 20. | Mavi | |
| 21. | Yeşil | |

Aşağıda verilen kısaltmaların anlamlarını karşınıza yazınız.

22. OX = 23. ACID = 24. ALK =
25. COR = 26. W =

Aşağıda belirtilen ifadeleri doğru yanlış olarak işaretleyiniz.

| | D | Y |
|---|--------------------------|--------------------------|
| 27. İşksal tehlikeden korunabilmek için koruyucu gözlük kullanılmalıdır. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 28. Karanlık ve loş yerlerde çalışılmalıdır. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 29. Bir elektronik cihaz, başka bir elektronik cihazı fonksiyonlarını değiştirecek derecede etkilememelidir. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 30. Lazer emniyet gözlüğü veya mikroskop/endoskop koruyucu filtresi seçimi yapılırken, ilk olarak gözlük camının kullanılacağı lazer ışın demetinin dalga boyundaki ışınımı filtre edici özelliklere sahip olup olmadığı incelenir. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 31. Gaz ile çalışan cihazların bulunduğu ortama girerken maske, eldiven, gözlük gibi koruyucu kullanmalıdır. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 32. Manyetik alana manyetik cisimlerle girilmemelidir. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 33. Gaz kaçağı olan ortamlarda gazın yayılmasını önlemek için kapı ve pencereler kapatılmalıdır. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 34. Gaz kaçağı riski olan yerlere girerken gaz ölçüm cihazları bulundurulmalıdır. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 35. SAR devrelerinin fonksiyonel olmasına dikkat edilmelidir. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Aşağıda sembol ve resimleri verilen uyarı ve ikaz işaretlerinin ne anlama geldiğini sembollerin altındaki boşluklara yazınız.

36.



37.



38.



39.



40.



41.



42.



43.



44.



45.



46.



47.



48.



49.



50.



YETERLİK TESTİ

| Değerlendirme Ölçütleri | Evet | Hayır |
|--|------|-------|
| 1. Servis elemanlarının tıbbi cihazlara müdahale yetkilerinin ayrımını yapabiliyor musunuz? | | |
| 2. Tıbbi cihazlarda güvenli çalışma için satın alma aşamasında teknik ve idari şartnamelerin önemini açıklayabiliyor musunuz? | | |
| 3. Tıbbi cihazlarda güvenli çalışma için bakım ve kalibrasyon işlemlerinin gerekliliğini açıklayabiliyor musunuz? | | |
| 4. Tıbbi cihazları tehlike statülerine göre sınıflandırabiliyor musunuz? | | |
| 5. Tıbbi cihazların envanterlerini çıkarabiliyor musunuz? | | |
| 6. Tıbbi cihazların tehlike statülerine göre uygun uyarı ve ikaz işaretlerini yerleştirebiliyor musunuz? | | |
| 7. Tıbbi cihaz üzerindeki uyarı ve ikaz etiketlerini açıklayabiliyor musunuz? | | |
| 8. Tıbbi cihazların meydana getirebileceği tehlikeler açısından montaj, depolama, nakliye ve kullanım esnasındaki kurallara uymanın gerekliliğini açıklayabiliyor musunuz? | | |
| 9. Tıbbi cihazların tehlike statülerine göre çalışma alanının düzenlenmesini yapabiliyor musunuz? | | |
| 10. Radyoaktif risklere karşı vücudu koruyucu tedbirleri alabiliyor musunuz? | | |
| 11. Radyoaktif risklere karşı çevreyi koruyucu tedbirleri alabiliyor musunuz? | | |
| 12. Elektromanyetik alan etkilerine karşı çalışma ortamında tedbirler alabiliyor musunuz? | | |
| 13. Elektromanyetik alan etkilerine karşı kişisel koruyucu tedbirleri alabiliyor musunuz? | | |
| 14. Tıbbi cihazların ısı oluşturan ve yayan birimleri için koruyucu tedbirler alabiliyor musunuz? | | |
| 15. Lazer tehlikelerine karşı kişisel koruyucu tedbirleri alabiliyor musunuz? | | |
| 16. Tıbbi gaz risklerine karşı çalışma ortamında koruyucu tedbirleri alabiliyor musunuz? | | |
| 17. Tıbbi gaz risklerine karşı kişisel koruyucu tedbirleri alabiliyor musunuz? | | |
| 18. Kaza ve arıza durumlarında ortam koşullarını tespit edebiliyor musunuz? | | |
| 19. Kaza ve arıza durumunda alınması gereken tedbirleri alabiliyor musunuz? | | |

DEĞERLENDİRME

Modül çalışmaları ve araştırmalar sonucunda kazandığınız bilgi ve becerilerin ölçülmesi için öğretmeniniz size ölçme araçları uygulayacaktır. Ölçme sonuçlarına göre sizin modül ile ilgili durumunuz öğretmeniniz tarafından değerlendirilecektir. Bu değerlendirme için öğretmenimize başvurunuz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ – 1 CEVAP ANAHTARI

| | |
|----|----------------------------|
| 1 | C |
| 2 | D |
| 3 | Kalibrasyon |
| 4 | Sarf Malzemeleri |
| 5 | Koruyucu bakım |
| 6 | Envanter |
| 7 | Mekaniksel |
| 8 | Optik |
| 9 | Suyla söndürmek yasaktır |
| 10 | Yetkisiz kimse giremez |
| 11 | Radyoaktif madde |
| 12 | Kuvvetli manyetik alan |
| 13 | Gözlük tak |
| 14 | Eldiven giy |
| 15 | Maske tak |
| 16 | Koruyucu elbise giy |
| 17 | Patlayıcı yanıcı gaz |
| 18 | Onarılamaz bölüm |
| 19 | Özel temizlik gerekir |
| 20 | Sıvılarla temas ettirmeyin |

ÖĞRENME FAALİYETİ – 2 CEVAP ANAHTARI

| | |
|----|-----------------------------------|
| 1 | B |
| 2 | A |
| 3 | Eş potansiyel topraklama sistemi |
| 4 | Antistatik bileklikler ve bantlar |
| 5 | Depolanmasında |
| 6 | Doğru |
| 7 | Doğru |
| 8 | Doğru |
| 9 | Yanlış |
| 10 | Doğru |

ÖĞRENME FAALİYETİ – 3 CEVAP ANAHTARI

| | |
|----|-------------------|
| 1 | TAEK |
| 2 | Deterministik |
| 3 | Stokastik |
| 4 | Kurşun |
| 5 | Gınard ve ovaryen |
| 6 | Zırhlanma |
| 7 | Doz |
| 8 | Gray (Gy) |
| 9 | Dozimetre |
| 10 | 20mSv – 50 mSv |

ÖĞRENME FAALİYETİ – 4 CEVAP ANAHTARI

| | |
|----|---------------------------------|
| 1 | 1 mSv/yıl |
| 2 | Radyasyon Güvenliği Komitesi |
| 3 | 0,5 mrem/h |
| 4 | 0,5 mrem/h - 50 mrem/h |
| 5 | Yarı ömrü |
| 6 | Doğru |
| 7 | Yanlış |
| 8 | Doğru |
| 9 | Yanlış |
| 10 | Doğru |
| 11 | Doğru |
| 12 | Doğru |

ÖĞRENME FAALİYETİ – 5 CEVAP ANAHTARI

| | |
|----|--------------------------------------|
| 1 | Vücut ısısını 1 derece artırdığı |
| 2 | Özgül soğurma oranı (SAR) |
| 3 | RF odaları |
| 4 | RF geçirmeyen özel camlar ve kapılar |
| 5 | Doğru |
| 6 | Doğru |
| 7 | Yanlış |
| 8 | Doğru |
| 9 | Yanlış |
| 10 | Doğru |
| 11 | Yanlış |
| 12 | Doğru |

ÖĞRENME FAALİYETİ – 6 CEVAP ANAHTARI

| | |
|----|------------|
| 1 | Doğru |
| 2 | Yanlış |
| 3 | Doğru |
| 4 | Doğru |
| 5 | Yanlış |
| 6 | Doğru |
| 7 | Yanlış |
| 8 | Doğru |
| 9 | Yanlış |
| 10 | Doğru |
| 11 | Mavi |
| 12 | Sarı |
| 13 | Yeşil |
| 14 | Kahverengi |
| 15 | Kırmızı |

ÖĞRENME FAALİYETİ – 7 CEVAP ANAHTARI

| | |
|----|--------------------------|
| 1 | Doğru |
| 2 | Yanlış |
| 3 | Doğru |
| 4 | Yanlış |
| 5 | Doğru |
| 6 | Yanlış |
| 7 | Doğru |
| 8 | Dekontaminasyon |
| 9 | Sıcak, ılıman, soğuk |
| 10 | Dekontaminasyon koridoru |
| 11 | Oksijen |
| 12 | Asit |
| 13 | Alkali |
| 14 | Korozif |
| 15 | Su kullanma |

MODÜL DEĞERLENDİRME CEVAP ANAHTARI

| | |
|----|--------------------------------------|
| 1 | C |
| 2 | D |
| 3 | B |
| 4 | Kalibrasyon |
| 5 | Envanter |
| 6 | Optik |
| 7 | Eş potansiyel topraklama sistemi |
| 8 | Antistatik bileklikler ve bantlar |
| 9 | TAEK |
| 10 | Deterministik |
| 11 | Gonard ve Ovaryen |
| 12 | Doz |
| 13 | Gray (Gy) |
| 14 | Dozimetre |
| 15 | Özgül soğurma oranı (SAR) |
| 16 | RF geçirmeyen özel camlar ve kapılar |
| 17 | Dekontaminasyon |
| 18 | Yasak işareti |
| 19 | Uyarı işareti |
| 20 | Zorunluluk işareti |
| 21 | Acil kaçış-ilk yardım işareti |
| 22 | Oksijen |
| 23 | Asit |
| 24 | Alkali |
| 25 | Korozif |
| 26 | Su kullanma |
| 27 | Doğru |
| 28 | Yanlış |
| 29 | Doğru |
| 30 | Doğru |
| 31 | Doğru |
| 32 | Doğru |

| | |
|----|-----------------------|
| 33 | Yanlış |
| 34 | Doğru |
| 35 | Doğru |
| 36 | Sigara içilmez |
| 37 | Dokunma |
| 38 | Parlayıcı madde |
| 39 | Tehlike |
| 40 | Toksik (Zehirli) |
| 41 | Lazer ışını radyasyon |
| 42 | Biyolojik risk |
| 43 | İyonlayıcı olmayan |
| 44 | Gözlük kullan |
| 45 | Eldiven giy |
| 46 | Maske kullan |
| 47 | Koruyucu elbise giy |
| 48 | Patlayıcı yanıcı gaz |
| 49 | Onarılamaz bölüm |
| 50 | Özel temizlik gerekir |

ÖNERİLEN KAYNAKLAR

- Güvenlik ve Sağlık İşaretleri Yönetmeliği, Resmi Gazete, 25325, 23 Aralık 2003.
- Kişisel Koruyucu Donanım Yönetmeliği, Resmi Gazete, 25368, 09 Şubat 2004.
- Tıbbi Cihaz Yönetmeliği, Resmi Gazete, 24694, 13 Mart 2002.
- Vücut Dışında Kullanılan Tıbbi Tanı Cihazları Yönetmeliği, Resmi Gazete, 25259, 14 Ekim 2003.
- Vücuda Yerleştirilebilir Aktif Tıbbi Cihazlar Yönetmeliği, Resmi Gazete, 24693, 12 Mart 2002.
- Zararlı Kimyasal Madde ve Ürünlerin Kontrolü Yönetmeliği, Resmi Gazete, 21634, 11 Temmuz 1993.
- www.tse.org.tr
- www.taek.gov.tr
- www.calisma.gov.tr

KAYNAKÇA

- CE Uygunluk İşaretinin Ürüne İliştirilmesine ve Kullanılmasına Dair Yönetmelik, Resmi Gazete, 24643, 17 Ocak 2002.
- Del Medical, Direct Ray Epex Omniflex IV System Service Manual
- Del Medical Rad View Tomo Elevating Table Service Manual
- Elektromanyetik Dalgalar ve İnsan Sağlığı, Sıkça Sorulan Sorular, TÜBİTAK-BİLTEN, Ankara, 2001.
- GÜLER, İnan, **Biyomedikal Enstürmantasyon**, Ders Notları, Ankara, 2003.
- Güvenlik Bilgi Formlarının Düzenlenmesine İlişkin Usul ve Esaslar Tebliği, Resmi Gazete, 24692, 11 Mart 2002.
- Güvenlik ve Sağlık İşaretleri Yönetmeliği, Resmi Gazete, 25325, 23 Aralık 2003.
- HALAÇ, Ertan, **Biyomedikal Mühendislik**, Yayımlanmamış Ders Notları, Ankara, 2006.
- İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyon-Elektromanyetik Kirlilik Hakkında Genelge, T.C. Sağlık Bakanlığı, 7384, 29 Mayıs 2000.
- KARAGÖZ, Dr.İrfan, **Tıbbi Teknoloji Yönetimi**, Haberal Eğitim Vakfı, Ankara, 1998.
- Kişisel Koruyucu Donanım Yönetmeliği, Resmi Gazete, 25368, 09 Şubat 2004.
- ÖZCAN, Ali, Osman ÖZKAN, Mustafa YAĞCI, **Lazer Cihazlarının İnsan Sağlığı Açısından Değerlendirilmesi ve Zararlı Etkilerinin Giderilmesi**, Teknik-Online Dergi, Cilt 4, Sayı 3, 2005.
- ÖZGÜNER, Fehmi, **Manyetik Alanın Organizma Üzerindeki Biyolojik Etkileri**, SDÜ Tıp Fakültesi Dergisi, Sayı 13, 2006.
- Safety Guidelines for conducting magnetic resonance imaging experiments involving human subjects, Center for Functional MIR – University of California, San Diego, July 2004.
- SAKMAN, Bülent, Eğitim Kurumlarında Tıbbi Hizmet Satın Alımları slayt, Numune Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Ankara.
- ŞEKER, Ş.Selim, **Çevremizdeki Radyasyon ve Korunma Yöntemleri**, Boğaziçi Üniversitesi Yayınları, İstanbul, 1997.
- ŞİMŞEK, Dr. Muhittin, **Bakım Yönetimi**, gazianteppmmo.org.tr/eski/bakim%2043.htm
- Tehlikeli Kimyasallar Yönetmeliği, Resmi Gazete, 21634, 11 Temmuz 1993.
- Tıbbi Cihaz Satın Alma İşlemleri Genelgesi, T.C. Sağlık Bakanlığı, 7091, 2006.
- Tıbbi Cihaz Yönetmeliği, Resmi Gazete, 24694, 13 Mart 2002.
- Vücut Dışında Kullanılan Tıbbi Tanı Cihazları Yönetmeliği, Resmi Gazete, 25259, 14 Ekim 2003.
- Vücuda Yerleştirilebilir Aktif Tıbbi Cihazlar Yönetmeliği, Resmi Gazete, 24693, 12 Mart 2002.
- Zararlı Kimyasal Madde ve Ürünlerin Kontrolü Yönetmeliği, Resmi Gazete, 21634, 11 Temmuz 1993.

- www.mesmedikal.com.tr
- www.bender.org
- www.isgm.calisma.gov.tr
- www.ikev.org
- www.sabem.saglik.gov.tr
- www.lisefizik.com/lise3/em.htm
- www.andromed.com.tr/mgenellazer.asp
- www.nukleer.web.tr
- www.target-ltd.com
- www.taek.gov.tr
- www.bacou-dalloz.com
- www.bos.com.tr
- www.saglik.gov.tr
- www.asm.gov.tr
- www.istanbulsaglik.gov.tr
- www.calisma.gov.tr
- www.biyomedikal.org
- www.gazi.edu.tr
- www.hacettepe.edu.tr
- www.gencbilim.com
- www.iges.com.tr
- www.ads.com.tr
- www.eratas.com.tr
- www.siemens.com.tr
- www.tse.org.tr
- www.medibim.com.tr
- www.aref.com.tr

