

# Polivinil Klorüre Bağlı Akciğer Hastalıkları

Osman ELBEK,<sup>1</sup> Şermin BÖREKÇİ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Adnan Menderes Üniversitesi Tıp Fakültesi Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı, Aydın

<sup>2</sup>İstanbul Üniversitesi, Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı

## Giriş

Dünyada polietilenden sonra en sık kullanılan plastik material polivinil klorür (PVC)'dür. 1830'da Victor Regnault tarafından keşfedilen PVC'nin endüstriyel üretim prensipleri Fritz Klatte tarafından geliştirmiş ve 1938'de üretim büyük ölçekli olarak hayata geçirilmiştir.<sup>1</sup>

PVC, klorin ve etylenenden oluşan vinil klorürün polimerizasyonu ile elde edilir.<sup>1</sup> Üretim sürecinin başlangıcında klor üretmek amacıyla civa kullanılmaktadır. Üretilen klor daha sonra etilen diklorür ve ardından vinil klorür (VC) haline dönüştürülmekte ve VC'nin 40-70 derece ısıda, uygun basınç altında polimerizasyonu ile de PVC elde edilmektedir (Şekil 1).<sup>2</sup>

## Bir PVC Fabrikasında Üretim Süreci<sup>2</sup>

PVC ile son ürün imalatı yapılan fabrikalara PVC genellikle fabrika dışı bir üniteden gelir. Ancak gelen PVC fabrikalarda diğer plastikleştirici (örneğin di-oksifalat), sabitleyici (örneğin kurşun sülfat), dolgu malzemesi (kalsiyum karbonat) ve pigmentler ile karıştırılır (Resim 1-2).

Karışımın %80-85'inden fazlasını PVC tozu oluşturur. Meydana gelen karışım 120 dereceye kadar ısıtılıp ardından 50 dereceye kadar soğutulup, oda şartlarında 24 saat süreyle silolarda bekletilir (Resim 3).

Silolarda yirmidört saat bekletilmenin ardından materyal ekstruder tarafından profile dönüştürülür (Resim 4).

Oluşan profil kalite kontrol onayı almışsa paketlenerek (Resim 5) ürünü tüketiciye sunacak ara bayilere iletilir.

Ancak ürün doğrudan tüketiciye iletilecekse profil malzemesi önce kesim-doğrama bölümüne iletilir ve tüketicinin taleplerine uygun büyüklüklere indirgenerek tüketiciye ulaştırılır (Resim 6).

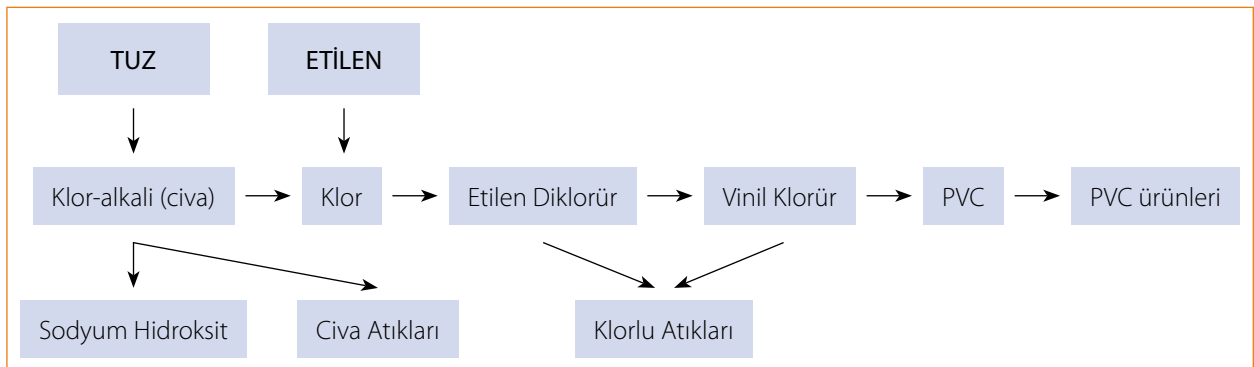
Eğer tüketici, profili renkli olarak talep etmişse üretilen renkli profil laminasyon bölümünde kaplanır (Resim 7).

Ancak ekstruder tarafından oluşturulan profil fabrikada yapılan kalite kontrol değerlendirilmesinde uygun olmadığı saptanmışsa paketlenme veya kesim-doğrama bölümüne iletilmeden üretim sürecine yeniden katılmak için kırım bölümüne gönderilir (Resim 8).

## Ulusal ve Küresel Katma Değer

Türkiye'de 1985-95 yılları arasında PVC'nin yıllık üretim artışı ortalama %9.9'dur.<sup>3,4</sup> 1980'li yılların ilk yarısında Türk ekonomisinin liberalleştirilmesi sonucunda plastik tüketiminde hızlı bir artış yaşandı. Bugün itibarıyla PVC en fazla tüketilen plastiklerden birisidir. Özellikle son yıllarda inşaat sektöründeki ve dış ticaretteki gelişmeler PVC pazarının genişlemesine neden olmuştur.

PVC Türkiye'de ağırlıklı Petkim Aliğa Petrokimya Kompleksi'nde üretilmektedir. PVC'in büyük bir dirence sahip olması birçok kimyevi maddeden, asit ve alkallerden etkilenmemesi nedeniyle sanayi kesiminde yaygın kullanım olanağına kavuşmuştur. Sert PVC'ler genellikle



Şekil 1: PVC Üretimi Akım Şeması



**Resim 1:** Mikser (Karıştırma) Bölümü



**Resim 5:** Paketleme Bölümü



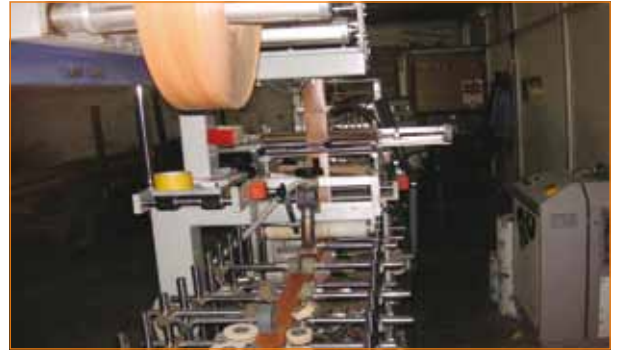
**Resim 2:** Mikser (Karıştırma) Bölümü



**Resim 6:** Kesim-Doğrama Bölümü



**Resim 3:** Materyalin Silolara Transferi ve Bekletilmesi



**Resim 7:** Laminasyon (Kaplama) Bölümü



**Resim 4:** Ekstruder Bölümü



**Resim 8:** Kırım Bölümü

boru ve profil yapımında, yumuşaklar ise film ve folyo gibi mamüllerin üretiminde kullanılmaktadır (Tablo 1).

Türkiye’de Petkim Aliğa Petrokimya Kompleksi’nin yıllık üretim kapasitesi 200.000 tondur. Ancak bu kapasite Türkiye’deki talebin ancak %25’ini karşılamaktadır.<sup>5</sup> Yıllar içerisinde artan ihtiyaç Çin başta olmak üzere kimi

ülkelerden yapılan ithalatla karşılanmaktadır. 2005 yılında 503.000 tonluk ithalat düzeyi 2006 yılının ilk iki ayında yılında 729.000’a ulaşmıştır. Çin’in PVC ürünlerinin toplam PVC ithalatındaki payı 2005’te %1 iken, bu değer 2006’da %12’ye, 2007’de %20’ye ve 2008’de %36’ya yükselmiştir.<sup>6</sup>

Türkiye ile benzer biçimde yaygın kullanım olanağı bulması nedeniyle tüm dünyada PVC'nin katma değeri yükselmektedir. Bugün itibariyle dünyada bir yılda 90 milyon kg PVC atmosfere salınmaktadır.<sup>7</sup> Benzer biçimde Avrupa'da da PVC üretimi yıllar içerisinde artmıştır. Avrupa'da 1999'da 5.5 milyon ton olan üretim 2001'de 5.7 milyon tona yükselmiştir.<sup>8</sup> Artan üretime paralel olacak biçimde PVC sektöründe çalışan istihdamında da artış sözkonusudur. Sadece İspanya'da PVC üreten 1750 şirket bulunmaktadır. Avrupa'nın genelinde ise 542.000 kişi PVC sektöründe çalışmaktadır.<sup>1</sup>

## Polivinil Klorür'ün Genel Sağlık Etkileri

Dünyada yaygın olarak kullanılan VC ve PVC insan sağlığı açısından pek çok farklı sistemleri etkileyen patolojilere neden olmaktadır. VC ve PVC'nin insan sağlığı üzerine olan genel etkileri Tablo 2'de gösterilmiştir.

## Polivinil Klorür'ün Pulmoner Sistem Üzerine Etkileri

1970'li yıllarda özellikle plastik sektöründeki gelişmeler sonucunda VC ve PVC maruziyeti ile oluşan hastalıklar

tanımlanmaya başlanmıştır. Ancak PVC maruziyetinin pulmoner sistem üzerine etkileri hakkında dünya genelinde çok kısıtlı bilgi mevcuttur. Türkiye'de ise konu hakkında yapılmış bir araştırma mevcuttur. Biz yazımızın bu bölümünde Türkçe ve İngilizce literatürde ulaştığımız araştırmaların sonuçlarını özetlemeye çalışacağız.

## Diffüz Parankimal Akciğer Hastalığı

İlk kez 1978 yılında Arnaud ve arkadaşları tarafından PVC polimerizasyon fabrikasında çalışan ve pnömokonyoz gelişen bir vaka tanımlanmıştır.<sup>9</sup> Bildirilen bu hastada ağır dispne, pulmoner fonksiyon değişiklikleri ve akciğer grafisinde anormalliklerin olduğu görülmektedir. Olgudan alınan biyopsinin elektron mikroskopik incelemesinde makrofajlar içinde PVC tozu ile uyumlu yabancı partiküller gözlenmiştir. Arnaud ve arkadaşlarının saptadığı bu bulgular, ilginç olarak 1970 yılında Szende ve arkadaşlarının yayınladıkları pnömokonyoz olgusu ile tamamen uyumludur.<sup>10</sup> 1980 yılında Cordasco ve arkadaşları ise PVC maruziyetine bağlı granümatöz reaksiyonla ilişkili bir pulmoner fibrozis olgusu yayınlamışlardır.<sup>7</sup> Bu olgunun biyopsi örneğinin elektronmikroskopik incelemesinde de multinükleer dev hücreler içerisinde stoplazmada nonhomojen materyal; bronş lavajında

**Tablo 1: PVC Kullanım Alanları**

Pencere Çerçevesi	Parantral Kullanılan Sıvıların Torbaları
Su Boruları	Kan ve Kan Ürünlerinin Torbaları
Elektrik Tel ve Kabloları	Transfüzyon Setleri
Ambalaj Malzemesi	Kateter, Kanül ve Drenler
Zemin Döşeme	Stoma Ürünleri
Duvar Kaplaması	Serum Tüpleri
Şişe ve Torba Yapımı	Enjektörler
Mobilya Sanayi	Oyuncak ve Sportif Malzeme Yapımı
Otomotiv Parçaları	Suni Deri ve Ayakkabı Sektörü
İnşaat Sanayii	Kredi Kartı İmalatı

**Tablo 2: VC ve PVC'nin İnsan Sağlığı Üzerine Olan Genel Etkileri<sup>2</sup>**

Sistem	Etki
Kardiyovasküler Sistem	Dolaşım sisteminde yüksek hastalık yükü Artmış Reynaud hastalığı insidansı Hipertansiyon ve koroner arter hastalığı prevalansında yükseklik Artmış kardiyovasküler hastalık prevalansı
Sindirim Sistemi	Artmış gastrointestinal kanser riski
Hepatobilyer Sistem	Karaciğer portal sistem ve sinüzoidlerde fibrozis artışı Hafif derecede karaciğer kolestazi
Hematopoetik Sistem	İnflamatuar mediatör salınım indüksiyonu İn vitro sitotoksik etki Hemolenfopoetik sistem tümörleri, lösemi ve lenfoma prevalansında artış
Ürogenital Sistem	Erkeklerde artmış infertilite, konjenital malformasyon ve testis kanseri riski
Nörolojik Sistem	Piramidal ve serebellar değişiklikler ve trigeminal nöropatide artmış risk
Malign Etkiler	Farelerde artmış deri, akciğer ve kemik kanseri riski Farelerde artmış anjiosarkom riski İnsanda artmış karaciğer anjiosarkom riski İnsanda artmış karaciğer, akciğer ve beyin kanseri riski Farelerde artmış karaciğer anjiosarkomu, akciğer adenomu ve adenokarsinomu, beyin nöroblastomu ve lenfoma riski

makrofajlar ve stoplazmada ise ince lizozomal materyal saptanmıştır.

Studnicka ve arkadaşları ise 1995 yılında PVC tozuna on yıllık maruziyeti takiben gelişen bir pnömokonyoz ve sistemik skleroz olgusu yayınlamışlardır.<sup>11</sup> Bu olgunun transbronşiyal biyopsi incelemesinde, ultrastrüktürel olarak PVC tozunu andıran inklüzyonlarla beraber yüklü makrofajlar ve granülomlar gösterilmiştir. Benzer biçimde White ve arkadaşları, dispne ve restriktif solunum fonksiyon bozukluğu ile seyreden ağır PVC maruziyeti olan 35 yaşında bir erkek hasta bildirmişlerdir.<sup>12</sup> PVC'ye sekonder gelişmiş pnömokonyoz tanısı alan bu olgunun, tanı sonrası maruziyetten uzaklaşmasının ardından klinik ve radyolojik bulgularının düzeldiği gözlenmiştir.

Öte yandan yukarıda paylaşılan olgu bildirimlerini destekleyecek biçimde Mastrangelo ve arkadaşlarının<sup>13</sup> yaptıkları epidemiyolojik çalışmanın sonuçları da PVC tozunun, pnömokonyoz etyolojisinde yer aldığı yönündedir. Ayrıca Barnes<sup>14</sup> ve Soutar<sup>15</sup> tarafından yapılan iki ayrı çalışmada da çalışanların akciğer grafilerinde sırasıyla %13.3 ve %6.1 oranında opasiteler tespit edilmiştir.

Türkiye'de PVC sektöründe pnömokonyoz prevalansını araştıran ise bir çalışma vardır. Bu çalışmada toz maruziyeti grubunda pnömokonyoz nokta prevalansının %21.2 olduğu saptanmıştır.<sup>2</sup> Dünyada benzer çalışmalarda pnömokonyoz saptanma prevalansı ise %1.2 ile %22.7 arasında değişmektedir.<sup>15,16</sup>

PVC sektörü üzerine Türkiye'de yapılan araştırmanın önemi dünyada ilk kez PVC tozunun pulmoner sistem üzerindeki etkilerinin yüksek çözünürlüklü bilgisayarlı tomografi (YÇBT) ile değerlendirilmiş olmasıdır. Gerçekten de bu araştırma PVC tozu maruziyetinin klinik bulgular oluşmadan önce akciğer parankiminde patolojilere neden olduğunu göstermiştir. Bu çalışmada toz maruziyeti bulunan işçilerin %48'inde YÇBT incelemesinde parankim patolojisi saptanmıştır.<sup>2</sup> Çalışmanın verileri PVC toz maruziyetinin YÇBT'de patoloji saptanma oranını 4.2 artırdığına işaret etmektedir. Öte yandan bu çalışmada YÇBT'de irregular/lineer opasite ve amfizem toz maruziyeti olan ve olmayan işçilerde saptanmasına karşılık; yuvarlak opasite (Resim 9, 10), inhomojen atelektasyon ve buzlu cam (Resim 11) sadece PVC maruziyeti olan grupta tespit edilmiştir.<sup>2</sup>

PVC patogenezinin açıklanmasına yönelik yapılan çalışmalarda ise PVC tozuna maruz bırakılan hayvanların akciğerlerinde PVC partikülü içeren alveolar makrofajların varlığı gösterilmiştir.<sup>17</sup> Öte yandan otopsi materyallerinin ışık mikroskopik incelenmesinde alveolde, alveolar kanalda, solunum bronşiolünde, ven duvarlarının etrafında ve trakeobronşial lenf nodlarında makrofaj agregasyonu saptanmıştır.<sup>17</sup> Ayrıca makrofaj agregasyonunun elektron mikroskopik incelemesinde makrofajlarda normalde olmayan birçok yuvarlak partikül belirlenmiş ve bu partiküllerin mikroskop altında incelenmesinde yüksek miktarda klorin saptanmıştır.<sup>17</sup> Partiküllerde klorin saptanmasının önemi bu partiküllerin PVC partikülü olduğuna işaret etmesidir.<sup>17</sup>

PVC maruziyetinin neden olduğu akciğer patolojilerine yönelik yapılan histopatolojik bir çalışmada PVC tozuna maruz kalan ve akciğer hastalığı gelişen bir hastanın brokoalveolar lavaj (BAL) sıvısında makrofaj hakimiyeti, yabancı dev hücrelerin varlığı ve bazı ferrojenöz yapılar saptanmıştır.<sup>18</sup> Bu çalışmada akciğer parankiminde elastik ve kollajen fibrillerde artış, alveolar hemoroji ve alveolar lümenin PVC tozunu fagosite etmiş makrofajlarla dolu olduğu tespit edilmiştir.<sup>18</sup> Xu ve arkadaşları ise intratrakeal PVC partikül emüsyonu instilasyonundan sonra sıçanlarda doza bağımlı akut ve geçici alveolit geliştiğini; BAL'da hücre sayısı, laktik dehidrogenaz düzeyi ve lenfosit ile CD4/CD8 oranının arttığını göstermişlerdir.<sup>19,20</sup>

## Akciğer Kanseri

Waxweiler ve arkadaşları ön sonuçlarını 1978'de bildirdikleri VC ve PVC fabrikasında yaptıkları bir vaka kontrol çalışmasının sonuçlarını 1981'de yayınlamışlardır.<sup>21</sup> Bu çalışmada adenokarsinom ve büyük hücreli



Resim 9: Yuvarlak Opasite



Resim 10: Yuvarlak Opasite



Resim 11: Buzlu cam

undiferansiye akciğer kanser oranının daha fazla olduğu ve PVC ile büyük hücreli undiferansiye akciğer kanseri mortalitesi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin varlığı saptanmıştır.<sup>21</sup> Doksanlı yıllarda 2031 PVC işçisi üzerinde sürdürülen bir başka araştırmada ise PVC işçilerinde respiratuar kanser oranlarında anlamlı bir artış olduğu gösterilmiştir.<sup>22</sup>

Ancak 2000'li yıllarda birisi ABD diğeri Arupa'da olmak üzere yapılan iki büyük kohort çalışmada PVC çalışanlarının akciğer kanseri mortalite oranı kohort grubuna yakın bulunmuştur.<sup>23,24</sup> Yine de literatürde bu iki çalışmanın sonuçları ile çelişen araştırma sayısı daha fazladır. Örneğin Mastrangelo ve arkadaşları 3.5 yıldan uzun süreli PVC paketleyicisi olarak çalışmanın akciğer kanseri riskini iki kat artırdığını göstermişlerdir.<sup>25</sup> Benzer biçimde çok yakın dönemde yayınlanmış başka bir çalışmada bu sonucu desteklemektedir.<sup>26</sup> Öte yandan bu araştırmaların sonuçlarını güçlendirecek biçimde çapı beş mikrondan küçük olan inhale edilebilen PVC tozlarının pulmoner interstisyumda yıllarca kalarak epitel hücrelerinde neoplastik transformasyona neden olduğu tespit edilmiştir.<sup>25</sup> Çalışmalar sitokrom P450-2E1'in VC monomerinin karsinojen etkisine karşı koruyucu bir rol oynadığını göstermektedir.<sup>25</sup> Tütün alışkanlığı ise malignite gelişiminde koruyucu rolü olan P450-2E1 enziminin eksikliğine yol açarak PVC işçilerinde kanser gelişme riskini artırmaktadır.<sup>25</sup> Ayrıca PVC maruziyeti, tütünden bağımsız olarak polipeptid büyüme faktörü uyarımını tetiklemekte ve bu sayede akciğer dokusunda oluşan mutasyonlu hücreleri çoğaltıp transformasyona uğratarak da karsinom riskini artırmaktadır.<sup>25</sup>

## Havayolu Hastalıkları

### Spirometrik Ölçümler Üzerine Etkisi

Poliyeten ve PVC'nin termal degradasyon nedeniyle mesleki astuma yol açtığı ilk kez 1960'larda iddia edilmiştir. 1973'te Sokol ve arkadaşları PVC'nin ısıtılması sonrası astum semptomları tanımlayan üç kadın hastayı "Et Paketleyicisi Astum" adı altında rapor etmişlerdir.<sup>27</sup> Benzer biçimde 2003 yılında Muñoz ve arkadaşları da balık paketleme işinde çalışan bir kadında spesifik bronkoprovokasyon testiyle tanı koydukları bir mesleki astum olgusu yayınlamışlardır.<sup>28</sup> Ancak mesleki astum tanısı alan işçilerden hiçbirisinde spesifik immünoglobulin E yüksekliği saptanmamıştır.<sup>29</sup> Konu hakkında yapılan araştırmalar ısıtılmamış PVC tozunun mesleki astuma neden olduğunu göstermiştir.<sup>30</sup>

PVC veya polietilene bağlı mesleksel astımdan şüphelenildiğinde, diğer düşük molekül ağırlıklı maddelerde olduğu gibi spesifik bronkoprovokasyon testi oluşturmak kolay değildir. Bu nedenle işyerinde kontrollü maruziyet testi yapılmalıdır. Andrasch ve arkadaşları PVC dumanına üç saatlik maruziyet sonrasında 11 işçinin 7'sinde birinci saniyede zorlu ekspiratuar volüm düzeyinde (FEV<sub>1</sub>) %25 düşüş ve arteriyel oksijen parsiyel basıncında 13 mmHg azalmanın olduğunu göstermişlerdir.<sup>31</sup>

Öte yandan konu hakkında yapılan araştırmalar PVC toz maruziyetinin hem obstrüktif hem de restriktif solunum

fonksiyon bozukluğuna yol açtığına işaret etmektedir.<sup>16</sup> Çalışmalarda 6-12 yıllık uzamış maruziyetin veya yirmi yıldan daha uzun süreli maruziyetin tütün alışkanlığından bağımsız olarak FEV<sub>1</sub>'in zorlu vital kapasiteye (FVC) oranını azalttığı<sup>32</sup> ve bu oranı %70'in altına düşürdüğü yönündedir.<sup>33</sup>

PVC'nin küçük havayolu üzerine etkisinin irdelendiği bir çalışmada ise PVC maruziyeti olan ve olmayan hastaların hiçbirinde metakolin inhalasyonu öncesi ve sonrasında küçük havayolu testlerinde değişiklik görülmemiştir.<sup>34</sup> Bu durum PVC termal yıkım ürünleri ve fitalik asit esterlerinin küçük havayoluna etkisinin olmadığını öncelikle düşündürmektedir.<sup>34</sup>

### Peak Flow Metre Değişkenliğine Etkisi

Literatürde PVC maruziyetinin peak flow metre (PEF) değişkenliği üzerindeki etkilerini araştıran çok az sayıda çalışma vardır. Bu çalışmalardan birisinde yüksek doz PVC maruziyeti olan hastaların PEF değerlerinin kontrol grubuna kıyasla daha düşük olduğu ve bu hastalarda akut hava yolu daralmasının daha yüksek olduğu saptanmıştır.<sup>35</sup>

PVC tozu ile yapılan deneysel bir çalışma sonuçları ise PVC tozunun PEF değeri üzerine etkisiz olduğu yönündedir.<sup>36</sup> Hatta bu çalışmada PVC uyarısı sırasında ve sonrasında ekshale ve nazal nitrik oksit düzeylerinde de anlamlı bir değişiklik saptanmamıştır.<sup>36</sup> Fakat konu hakkındaki az sayıdaki saha çalışmaları bu deneysel çalışmanın sonuçları ile çelişmektedir. Örneğin 24 mikser karıştırıcısı, 24 non-mikser karıştırıcı ve 24 kontrol hasta üzerinde yapılan bir çalışmada mikser karıştırıcılarında gözlenen günlük PEF değişkenliği ortalamasının diğer iki gruba kıyasla anlamlı oranda yüksek olduğu gösterilmiştir.<sup>35</sup> Benzer biçimde Süyür ve arkadaşları da PVC toz maruziyeti olan grupta PEF değişkenliğinin çalışma günlerinde tatil günlerine kıyasla anlamlı oranda daha yüksek olduğunu saptamışlardır.<sup>2</sup>

### Transfer Faktör (Difüzyon) Üzerine Etkisi

Literatürde PVC toz maruziyeti ile transfer faktör (difüzyon) arasındaki ilişki olduğunu gösteren dört çalışma vardır. Bu çalışmaların dördünde de PVC tozuna maruz kalmanın transfer faktörün (difüzyon) düşüklüğüne yol açtığı gösterilmiştir.<sup>2,37</sup> İlginç bir bulgu olarak Lloyd ve arkadaşları, transfer faktörü (difüzyon) düşük olan çalışanların büyük oranda 1975 yılından önceki bir zaman diliminde ve vinil klorid monomerlerinin en yüksek yoğunlukta olan bölgelerinde çalışanlar olduğunu göstermişlerdir.<sup>37</sup> Ancak Süyür ve arkadaşları ise yakın tarihli çalışmalarında, günümüz PVC işletmelerinde de transfer faktörün (difüzyon) çalışma süresi arttıkça azaldığını saptamışlardır.<sup>2</sup>

### Plevral Hastalık

Yakın zamana kadar PVC toz maruziyetinin plevral patolojiye neden olduğu yönünde literatürde herhangi bir bilgi mevcut değildi. Ancak PVC toz maruziyetinin etkilerinin hassas bir tanı metodu olan YÇBT ile incelenmesi

PVC toz maruziyetinin plevral patolojilere de neden olabileceği kuşkusunu doğurmuştur.<sup>2</sup> Gerçekten de Süyür ve arkadaşları yaptıkları araştırmada PVC toz maruziyeti olan işçilerde anlamlı oranda plevral patolojinin varlığını göstermişlerdir<sup>2</sup> (Resim 12).

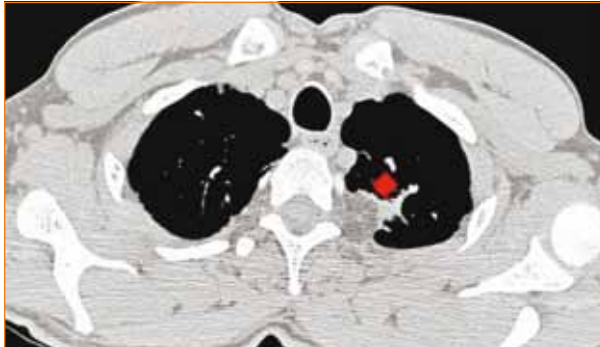
Bu çalışmada saptanan plevral kalınlaşmaların hemen tamamının göğüs duvarı tutulumlu ve sıklıkla bilateral ve visseral plevra kaynaklı olduğu tespit edilmiştir. Öte yandan bu araştırmada mediastinal plevral kalınlaşmanın ve/veya plevral kalsifikasyonun hiç saptanmaması dikkat çekicidir.<sup>2</sup>

## Toz Sınır Değerleri

İlk kez 1975 yılında Amerikan Ulusal İşçi Sağlığı ve Güvenliği Merkezi (NIOSH), PVC ürünlerinin paketlenmesi, taşınması ve kullanılmasında PVC tozuna karşı önlemler alınmasının gerektiğine işaret etmiştir.<sup>38</sup>

Bilindiği gibi ABD’de bulunan Mesleki Sağlık ve Güvenlik İdaresi (Occupational Safety and Health Administration -OSHA-) kuartz oranının %1’den düşük olduğu ve asbest tozunun bulunmadığı ortamlarda, sekiz saatlik çalışma sürecinde total toz miktarınının 15 mg/m<sup>3</sup>, solunabilir toz konsantrasyonunun ise 5 mg/m<sup>3</sup>’den düşük olması gerektiğini belirtmektedir.<sup>39</sup> Ancak tozlar için saptanmış bulunan limit düzeyler ülkeden ülkeye farklılık göstermektedir. Örneğin Avusturya’da total toz oranı için Eşik Sınır Değer (ESD; TWA) 10, Danimarka’da 5, Polonya’da 4 ve Avustralya’da 2 mg/m<sup>3</sup>’tür.<sup>39</sup> Türkiye’de ise söz konusu Eşik Sınır Değer’i belirleyen yasal hüküm Maden ve Taşocakları İşletmelerinde ve Tünel Yapımında Tozla Mücadeleyle İlgili Yönetmeliğin 16. maddesidir. Sözü edilen yönetmeliğe göre Türkiye’de “uzun süre ve olağan çalışma saatlerinde sağlık açısından herhangi bir sorun oluşturmamayan günlük aşılması gereken” Eşik Sınır Değer; ortamda kristal yapıda SiO<sub>2</sub> içeriğinin %5’den az olması halinde 5 mg/m<sup>3</sup>’tür.<sup>40</sup>

Literatürde PVC sektöründe yapılan çalışmalarda veya PVC maruziyetine bağlı pnömokonyoz olgu sunumlarında işletmelerde farklı düzeylerde PVC toz miktarının saptandığı görülmektedir. Örneğin Lee ve arkadaşları yaptıkları çalışmada solunabilir toz konsantrasyonunun mikser bölümünde 0.2-2.9 mg/m<sup>3</sup> (ortalama 1.6 mg/m<sup>3</sup>), mikser dışı bölümde ise 0.1-1.0 mg/m<sup>3</sup> (ortalama 0.4 mg/m<sup>3</sup>) olduğunu bildirmektedirler.<sup>35</sup> Hayvanlarda



**Resim 12:** Plevral Kalınlaşma

yapılan bir deneysel çalışma ise 13 mg/m<sup>3</sup> PVC toz oranı ile gerçekleştirilmiş ve bu dozda hayvan akciğerlerinde PVC partikülü içeren agrege alveolar makrofajların geliştiği saptanmıştır.<sup>17</sup> Öte yandan Chivers ve arkadaşları 1975’te kötü ventile edilen karışım odasında toz oranının 5.9 mg/m<sup>3</sup> olduğunu ve bu miktarın 1978’de 0.4 mg/m<sup>3</sup>’e düşürüldüğünü göstermişlerdir.<sup>33</sup> Son olarak torakotomi ile alınan akciğer materyalinde alveolar makrofajlar tarafından fagosite edilmiş PVC tozu saptanan bir olgunun çalıştığı işletmede total toz konsantrasyonunun 0.3-42 mg/m<sup>3</sup> (ortalama 2 mg/m<sup>3</sup>) olduğu saptanmıştır.<sup>18</sup> Süyür ve arkadaşları ise yaptıkları çalışmada bir fabrikanın mikser bölümünde solunabilir toz konsantrasyonunun 11.262, diğer fabrikanın aynı bölümündeki toz konsantrasyonu 1.628 ve ekstruder hammadde besleme bölümündeki solunabilir toz miktarının ise 1.83 mg/m<sup>3</sup> olduğunu tespit etmişlerdir.<sup>2</sup> Bu çalışmada bir fabrikanın hammadde hazırlanan mikser bölümü dışında fabrikalarda saptanan toz konsantrasyonlarının izin verilen yasal sınırlar içerisinde olması dikkat çekicidir.

## Kaynaklar

1. Fernandez-Nieto M, Quirce S, Sastre J. Occupational asthma in industry. Allergol et Immunopathol 2006; 34 (5): 212-223.
2. Süyür H. Polivinil Klorür maruziyetinin pulmoner sisteme etkileri (Tez). Gaziantep Üniversitesi Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı. Uzmanlık Tezi; 2009.
3. Greenpeace. Aliağanın Karanlık Yüzü. <http://www.greenpeace.org/turkey/campaigns/toksik-maddeler/pvc>. Erişim Tarihi: 06.08.2010
4. Petkim Petrokimya Holding A.Ş. Toplantı Tutanakları, Eylül 1997.
5. Petkim Petrokimya Holding A.Ş. [www.petkim.com.tr](http://www.petkim.com.tr), Erişim Tarihi: 06.08.2010.
6. Dış Ticaret Müsteşarlığı. [www.dtm.gov.tr](http://www.dtm.gov.tr), Erişim Tarihi: 1 Eylül 2010.
7. Cordasco EM, Demeter SL, Kerkay J, et al. Pulmonary manifestations of vinyl and polyvinyl chloride (interstitial lung disease). Newer Aspects. Chest 1980; 78: 828-834.
8. Anonymous. PVC status report. Focus on polyvinyl chloride 2002; 12: 1-2.
9. Arnaud A, Pommier de Santi P, Garbe L, et al. Polyvinyl chloride pneumoconiosis. Thorax 1978; 33: 19-25.
10. Szende B, Lapis K, Nemes A, Pinter A. Pneumoconiosis caused by the inhalation of polyvinyl chloride dust. Med Lav 1970; 61: 433-436.
11. Studnicka MJ, Menzinger G, Drlicek M, et al. Pneumoconiosis and systemic sclerosis following 10 years of exposure to polyvinyl chloride dust. Thorax 1995; 50: 583-585.
12. White NW, Ehrlich RI. Regression of polyvinylchloride polymer pneumoconiosis. Thorax 1997; 52: 748-749.
13. Mastroangelo G, Manno M, Marier G, et al. Polyvinyl chloride pneumoconiosis: epidemiological study of exposed workers. J Occup Med 1979; 21: 540-545.
14. Barnes AW. Vinyl chloride and the production of PVC. Proc B Soc Med 1978; 69: 277-281.
15. Soutar CA, Gauld S. Clinical studies of workers exposed to polyvinylchloride dust. Thorax 1983; 38: 834-839.
16. Lillis R, Anderson H, Miller A, Selikoff IJ. Pulmonary changes among vinyl chloride polymerization workers. Chest 1976; 69: 299-303.
17. Groth DH, Lynch DW, Moorman WJ, et al. Pneumoconiosis in animals exposed to poly(vinyl chloride) dust. Environ Health Perspect 1981; 41: 73-81.

18. Antti-Poika M, Nordman H, Nickels J, et al. Lung disease after exposure to polyvinyl chloride dust. *Thorax* 1986; 41: 566-567.
19. Xu H, Dinsdale D, Nemery B, Hoet PHM. Role of residual additives in the cytotoxicity of cytokine release caused by polyvinyl chloride particles in pulmonary cell cultures. *Toxicol Sci* 2003; 72: 92-102.
20. Xu H, Vanhooren HM, Verbeken E, et al. Pulmonary toxicity of polyvinyl chloride particles after repeated intratracheal instillations in rats. Elevated CD4/CD8 lymphocyte ratio in bronchoalveolar lavage. *Toxicol Appl Pharmacol* 2004; 194: 122-131.
21. Waxweiler RJ, Smith AH, Tyroler HA, Falk H. An epidemiologic investigation of an excess lung cancer risk in synthetic chemicals plant. *Environ Health Perspect* 1981; 41: 159-165.
22. Hagmar L, Akesson B, Nielson J, et al. Mortality and cancer morbidity in workers exposed to low levels of vinyl chloride monomer at a polyvinyl chloride processing plant. *Am J Ind Med* 1990; 17 (5): 533-565.
23. Mundt KA, Dell LD, Austin PA, et al. Historical cohort study of 10109 men in the North American vinyl chloride industry, 1942-72: Update of cancer mortality to 31 December 1995. *Occup Environ Med* 2000; 57: 774-781.
24. Ward E, Boffetta P, Andersen A, et al. Update of the follow-up of mortality and cancer incidence among European workers employed in the vinyl chloride industry. *Epidemiology* 2001; 12: 710-718.
25. Mastrangelo G, Fedeli U, Fudda E, et al. Lung Cancer risk in workers exposed to poly(vinyl chloride) dust: a nested case-referent study. *Occup Environ Med* 2003; 60: 423-428.
26. Gennaro V, Ceppi M, Crosignani P, Montanaro F. Reanalysis of updated mortality among vinyl and polyvinyl chloride workers: confirmation of historical evidence and new findings. *BMC Public Health* 2008, 8: 21.
27. Sokol WN, Aeoly Y, Beall GN. Meat-wrapper's asthma. a new syndrome? *JAMA* 1973; 226: 639-641.
28. Muñoz X, Cruz MJ, Albanell M, Morell F. Occupational asthma in food packers. *Arch Bronconeumol* 2003; 39: 324-326.
29. Vondervort R, Brooks SM. Polyvinyl chloride film thermal decomposition products as an occupational illness. 1. environmental exposures and toxicology. *J Occup Med* 1977; 19: 188-191.
30. Lee HS, Yap J, Wang YT, et al. Occupational asthma due to unheated polyvinylchloride resin dust. *Br J Ind Med* 1989; 46: 820-822.
31. Andrasch RH, Bardana EJ Jr, Koster F, Pirofsky B. Clinical and bronchial provocation studies in patients with Meatwrappers' asthma. *J Allergy Clin Immunol* 1976; 58 (2): 291-298.
32. Miller A. Pulmonary function defects in nonsmoking vinyl chloride workers *Environ Health Perspect* 1975; 11: 247-250.
33. Chivers CP, Lawrence-Jones C, Paddle GM. Lung function in workers exposed to polyvinyl chloride dust. *Br J Ind Med* 1980; 37: 147-151.
34. Nielsen J, Fahraeus C, Bensryd I, et al. Small airways function in workers processing polyvinylchloride. *Int Arch Occup Environ Health* 1989; 61 (7): 427-430.
35. Lee HS, Ng TP, Ng YL, Phoon WH. Diurnal variation in peak expiratory flow rate among polyvinylchloride compounding workers. *Br J Ind Med* 1991; 48: 275-278.
36. Tuomainen A, Stark H, Seuri M, Hirvonen MR, et al. Experimental PVC material challenge in subjects with occupational PVC exposure. *Environ Health Perspect* 2006; 114 (9): 1409-1413.
37. Lloyd MH, Gauld S, Copland L, Soutar CA. Epidemiological study of the lung function of workers at a factory manufacturing polyvinylchloride. *Br J Ind Med* 1984; 41: 328-333.
38. Wagoner JK. Toxicology of vinyl chloride and poly(vinyl chloride): a critical review. *Environ Health Perspect* 1983; 52: 61-66.
39. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Existing standard and recommendations. [www.cdc.gov/niosh/docs/2006-123/pdfs/2006-123Ch7.pdf](http://www.cdc.gov/niosh/docs/2006-123/pdfs/2006-123Ch7.pdf), Erişim Tarihi: 12 Eylül 2010.
40. Maden ve taşocakları işletmelerinde ve tünel yapımında tozla mücadeleyle ilgili yönetmelik. Resmi Gazete Tarihi: 14 Eylül 1990, Resmi Gazete Sayısı: 20635.