



Derleme Makalesi

Türkiye’de Hava Kirliliğinden Kaynaklanan Sağlık Sorunları

Özlem CAVKAYTAR, Özge Uysal SOYER, Bülent Enis ŞEKEREL✉

Hacettepe Üniversitesi, Tıp Fakültesi Çocuk Allerji Bölümü Sıhhiye 06100 ANKARA

Sunuluş tarihi: 14 Şubat 2013, Kabul edilme tarihi: 17 Kasım 2013

ÖZET

Hava kirliliği doğal olarak havada bulunmayan maddelerin ortaya çıkmasından ya da normalde zararlı olmayan miktarlarda bulunan maddelerin havadaki miktarının artmasından kaynaklanır. Bu maddeler insan, bitki ve hayvanların yaşamını olumsuz etkiler, fiziksel zararlara ve ekonomik kayıplara yol açar. Dünya genelinde milyonlarca insan yasal olarak güvenli standart konsantrasyonların üzerinde hava kirleticisine maruz kalmaktadır. Trafik, ulaşım, ısınma ve endüstriden kaynaklanan kirleticiler hava kirleticilerinin başlıcalarıdır. Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde fosil yakıtların kontrolsüz tüketimi sonucu kükürt dioksit ve partikül maddeler (PM₁₀) insan sağlığına zarar veren kirleticilerin önde gelen kısmını oluştururken bunlara ek olarak ozon (O₃), nitrojen oksitlerinden (NO_x) kaynaklanan hava kirliliği ise bütün dünyada sorun olmayı sürdürmektedir. Bu yazıda dış ortam hava kirliliğine neden olan maddeler ve insan sağlığına etkileri üzerinde durulacak, Türkiye’den konuyla ilgili yapılmış çalışmalara yer verilecek ve alınabilecek önlemlerden bahsedilecektir.

Anahtar Kelimeler: Hava kirliliği, hava kirleticileri, solunum sistemi, kardiyovasküler sistem, nörolojik sistem

© Tüm yayın hakları Hava Kirliliği Araştırmaları ve Denetimi Türk Milli Komitesi’ne aittir.

1. Türkiye’de Hava Kirliliğinden Kaynaklanan Sağlık Sorunları

Hava oksijen, azot, karbondioksit gibi gazlardan, su buharından ve toz, polen, tüy gibi partiküllerden oluşur. Oksijen havada %20,9, azot %78,8, argon %0,9 ve karbondioksit %0,03 oranında bulunur. Neon, helyum, metan, hidrojen, ksenon, ozon gibi diğer gazlar çok daha düşük oranlarda bulunur (Kardeşoğlu vd., 2011). Amerika Çevre Koruma Ajansı (EPA, Environmental Protection Agency) tarafından hava kirliliği “kirletici maddelerin insan sağlığına ve refahına zarar verecek veya başka çevresel etkiler oluşturacak şekilde havada bulunması” olarak tanımlanmıştır. Kirleticilerin havada artmasıyla canlılar için önemli olan oksijen oranı düşer. Hava kirliliği doğal olarak havada bulunmayan maddelerin ortaya çıkmasından ya da normalde zararlı olmayan miktarlarda bulunan maddelerin havadaki miktarının artmasından kaynaklanır. Bu maddeler insan, bitki ve hayvanların yaşamını olumsuz etkiler, fiziksel zararlara ve ekonomik kayıplara yol açar.

İç ve dış ortam hava kirliliği olmak üzere iki çeşit hava kirliliği vardır. Dış ortam hava kirliliğinde, kaynak doğal (örn: volkanik patlamalar ve orman yangınları) ya da insanların neden olduğu (örn: fabrika ve ev bacalarından

çıkan dumanlar, yakılan ateşler, araçların egzoz gazları) durumlar olabilir.

Dünya genelinde milyonlarca insan, yasal olarak güvenli standart konsantrasyonların üzerinde hava kirleticisine maruz kalmaktadır (Block ve Calder’ın-Garciduenas., 2009). Mortalite risk faktörleri arasında hava kirliliği sekizinci sıradadır ve gelişmekte olan ülkelerdeki ölümlerin %2,5’inden sorumludur (Narayan, 2010). Dünya Sağlık Örgütü hava kirliliğinin yılda üç milyondan fazla beklenmeyen ölüme yol açtığını tahmin etmektedir (Mills vd., 2009). Teknolojinin gelişmesi ve dolayısıyla enerji tüketiminin fazlaşması, nüfusun ve ısınma gereksiniminin artması, kentlerin büyümesi, motorlu araç kullanımının yaygınlaşması ve endüstriyel sanayide genişleme hava kirliliğinin esas sebepleridir (Kardeşoğlu vd., 2011). Hava kirliliğinin ortaya çıkmasında, kalorifer kazanlarından ve sobalardan kaynaklanan dumanlar, şehirlerde yeşil alanların azalması, motorlu taşıtların egzozlarının ve sanayinin neden olduğu atık gazların arıtılmadan atmosfere verilmesi de etkili olmaktadır. Son yıllarda gelişmiş ülkelerde petrol ve doğal gaz kullanımının artması sonucu hidrokarbonlar, nitrojen oksitleri, ozon (O₃) ve 10 µm’den küçük partikül maddelerden kaynaklanan yeni tipte bir hava kirliliği ortaya çıkmıştır (Bayram ve Dikensoy, 2006). Gelişmekte olan ülkelerde ise

sülfür dioksit (SO₂) ve dumanın neden olduğu geleneksel hava kirliliği özellikle kış aylarında tehlikeli seviyelere çıkmaktadır (Bayram, 2005).

Hava kirliliğine maruziyet, artmış hospitalizasyon ve mortalite düzeylerine neden olur, özellikle miyokardiyal iskemisi, kalp yetmezliği, aritmi gibi kardiyovasküler hastalıklar ile astım ve akciğer kanseri gibi solunum sistemi hastalıklarından kaynaklanan ölümlerle ilişkilidir (Chen vd., 2008). Bu hastalıklara ek olarak Alzheimer ve Parkinson hastalığı ya da inme gibi nörolojik hastalıkların da hava kirliliği ile yakından ilişkili olduğunu gösteren çalışmalar vardır (Genc vd., 2012). Bu yazıda dış ortam hava kirliliğine neden olan maddeler ve insan sağlığına etkileri üzerinde durulacak, Türkiye’den konuyla ilgili yapılmış çalışmalara yer verilecek ve alınabilecek önlemlerden söz edilecektir.

2. Hava Kirleticilerinin Çeşitleri

Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı standartlarına göre hava kirliliği havadaki ozon (O₃), karbon monoksit (CO), sülfür dioksit (SO₂), nitrojen oksit (NO), likit ve partiküller gibi maddelerin miktarına göre belirlenir (Robert ve Lambach, 2010). Ülkemizde kentsel hava kirliliği genellikle atmosferde bulunan kükürt dioksit (SO₂) ve partikül madde derişimlerinin ölçülmesiyle saptanmaktadır.

Partikül maddeler egzoz gazı, orman yangını, sigara dumanı, volkanik gazlar veya deniz suyu gibi maddelerin buharlaşması ve katı ve sıvı bileşenlerin atmosfere karışması sonucu oluşur, “aerosol” olarak da bilinir. Havadaki partikül maddeler sülfat, amonyum, nitrat, klor, sodyum, karbonlu maddeler, klor, toprak elementlerini ve suyu içerir ve çoğunluğu insanlar tarafından oluşturulur. Partikül maddelerin çapları 0,5 µm’den küçük ya da 10 µm’den büyük olabilir ve çaplarına göre adlandırılırlar. Örneğin PM_{2,5} 2,5 µm’den küçük partiküllerin kütlelerini adlandırmak için kullanılmaktadır. Özellikle 10 µm’den küçük olanlar akciğerlerde alveollerden emilebildiği için vücut için zararlıdır (Kardeşoğlu vd., 2011). Avrupa Parlamentosu ve Konseyi 2008’de günlük ve yıllık sınır değerleri belirlemiş, bu günlük sınır değer PM₁₀ için 50 µg m⁻³ ve PM_{2,5} için 17 µg m⁻³ olarak saptanmıştır. Türkiye’de ise hava kalitesi yönetmeliğinde PM₁₀ standartları günlük ve yıllık olarak sırasıyla 40 ve 50 µg m⁻³ olarak belirlenmiştir. Özdemir vd.nin (2010), İstanbul’da beş ayrı bölgede ölçüm yaptıkları bir çalışmada, PM_{2,5} ve PM₁₀ konsantrasyonları yaz aylarında ve deniz kıyısında düşük saptanırken soğuk aylarda daha yüksek belirlenmiştir. Bunun nedeni yaz aylarında okullar kapandığı için trafik yoğunluğunun ve ısınma için fosil yakıt kullanımının azalmasıdır. Ayrıca yoğun trafiğe yakın yerlerde daha yüksek, orman içerisinde ise sınırın altında değerler saptanmıştır. Partikül maddelerin insan sağlığı üzerinde en dikkat edilmesi gereken en tehlikeli etkisi solunum sistemi üzerinedir.

Kömür ve petrol gibi kükürt içeren katı ve sıvı yakıtların enerji üreten santrallerde ve fabrikalarda kullanılması ve petrolden benzin ayrıştırılması sonucu kükürt dioksit (SO₂) açığa çıkmaktadır (Bayram ve Dikensoy, 2006). Özellikle yakıt olarak kömür kullanılan termik santrallerden SO₂ yayılır. SO₂’nin havada oksidasyonu sonucu bu üründen sülfürik asit oluşmaktadır. Bu madde asit yağmurlarının oluşmasına katkıda bulunur.

Ozon troposferde nitrik oksit (NO₂) ve hidrokarbonlar arasında güneş ışınlarının da etkisiyle meydana gelen bir dizi reaksiyon sonucunda oluşmaktadır ve güçlü oksidatif bir kirleticidir. Suda çözünmez ve solunum sisteminde akciğerlere ulaşarak burada olumsuz etkilerini gösterir (Bayram vd., 2006).

Fosil yakıtların enerji üretiminde kullanılması sonucu ise NO_x’ler (nitrojen oksit) oluşur. Nitrojen oksitlerin çoğu renksiz ve kokusuzdur, suda erimez. Bu yüzden alt solunum yollarına kadar inhale edilerek istenmeyen etkilerini gösterir. Termik santrallerden ve motorlu taşıtlardan önemli oranda NO_x yayılmaktadır. NO_x’lerin O₃ ile etkileşimi sonucu güçlü bir oksidan olan NO₂ (nitrojen dioksit) meydana gelir. Trafik yoğun olduğu bölgelerden uzaklaştıkça NO₂ seviyelerinde azalma olur (Kim vd, 2004). NO₂’e kısa dönem maruziyet hava yolu duyarlılığına ve akciğer hasarına neden olurken uzun dönem maruziyet bağışıklık sistemini baskılar ve solunum yolu enfeksiyonlarına yol açar (Han ve Naeher, 2006).

Karbon monoksit araç motorlarında doğal gaz, dizel veya benzin gibi karbon içeren bileşiklerin tam yanmamasından açığa çıkan renksiz, tatsız, kokusuz bir gazdır, trafiğin ve endüstrinin yoğun olduğu bölgelerde bulunur, geniş arazileri kaplayan orman yangınları sırasında çok miktarda açığa çıkar. Ankara’da yapılan bir çalışmada yoğun egzoz dumanına maruz kalan trafik polisleri, taksi şoförleri ve benzin dağıtıcılarının kan karboksihemoglobin düzeyi incelenmiş ve her grupta karboksihemoglobin düzeyi sağlıklı kontrollere göre yüksek saptanmıştır (Güvendik, 2003). Atımtay vd. tarafından yapılan başka bir çalışmada trafik polislerinin ekshale ettikleri havadaki karbon monoksit düzeyleri ile çalıştıkları yerdeki karbon monoksit konsantrasyonları ve gün içinde çalıştıkları süre boyunca soluk havalardaki karbon monoksit düzeylerindeki değişim birbiri ile orantılı bulunmuştur (Atımtay vd., 2000). Karbonmonoksit, inhale edildikten sonra kana geçer, eritrositlerde hemoglobine oksijen bağlanmasını engeller, dokulara oksijen taşınamaz ve hipoksi görülür. Diğer birçok hava kirleticisi gibi trafik yoğunluğundan ve meteorolojiden yüksek oranda etkilenen karbon monoksite maruziyet gelişmekte olan ülkelerde gelişmiş ülkelere daha yüksek düzeylerdir. Bu yoğunlukla kalitesiz araç temini ve taşıtların kirletici madde yayma sistemlerinden kaynaklanmaktadır (Han ve Naeher, 2006). Trafik tünelleri özellikle yoğun saatlerde yüksek oranda karbon monoksit içerir ve uygun ventilasyon sistemleri bu birikimi engelleyebilir (Chow ve Chan, 2003).

Çevresel Koruma Teşkilatı'nın güvenli karbon monoksit konsantrasyonu için diğer bir deyişle kan karboksihemoglobin düzeyini %2'nin altında tutmak için standart CO konsantrasyonu 1 saat için $35 \mu\text{L}^{-1}$ veya 8 saat için ortalama $9 \mu\text{L}^{-1}$ 'dir. Çevresel maruziyet olmadan endojen hem katabolizması sonucunda kan karboksihemoglobin düzeyi %0,5'tir. Yüzde 2-6 arasındaki değerler sigara kullanmayan koroner arter hastalığı olan kişilerde anjina gelişmesi için gerekli efor zamanını kısaltırken aritmi sıklığını arttırır (Marshall vd., 1995). Daha yüksek düzeylerde görsel algılamada, mental yeteneklerde, el becerilerinde ve kardiyovasküler durumda kötüleşme meydana gelir.

3. Hava Kirliliğinin Kardiyovasküler Sistem Üzerine Etkileri

Hava kirliliği mortalite için yüksek risk oluşturan iskemik kalp hastalıklarında artışa neden olur. Hava kirliliği inflamasyonda artış, oksidatif stres, fibrinolitik sistem aktivasyonu, plak destabilizasyonu, otonomik disfonksiyon ve endotel disfonksiyonu gibi patofizyolojik mekanizmalarla iskemik etki gösterir. Klinik olarak ise sistolik ve diyastolik kan basıncı yüksekliğine, EKG'de değişiklik ve aritmiye, kollajen depolanması ve kalpte hipertrofiye, damar duvarında kalınlaşma ve ateroskleroza bağlı olarak miyokardiyal enfarktüs oranlarında ve plazma vizkozitesinde ve trombüs formasyonunda artışa neden olduğu gösterilmiştir (Kardeşoğlu vd., 2011).

Hava kirliliği ile kardiyovasküler sistem hastalıklarına bağlı mortalite oranları arasındaki ilişkiyi inceleyen dünyanın farklı yerlerindeki çalışmalarda farklı sonuçlar elde edilmiştir. Örneğin Santa Clara'da bu mortalite oranı %8 (Fairley, 1990), Philadelphia'da %1,7 (Schwartz, 1992), Londra'da %2 (Poloniecki vd., 1997) olarak bulunmuştur. Özellikle partikül maddeler ile kardiyovasküler sistem ilişkili morbidite ve mortalite arasında ilişki vardır (Mills vd., 2009). Çapı $10 \mu\text{m}$ 'den küçük olan partikül maddelerin miyokard enfarktüsü (Zanobetti ve Schwartz, 2005), aritmi (Dockery vd., 2005), kalp yetmezliği ve inme ile daha ilgili olduğu gösterilmiştir.

Dizel araç egzoz gazlarından salınan siyah karbon, nitrik oksit (NO_2) ve sülfür dioksit (SO_2) de kardiyovasküler sistem hastalıklarıyla ilişkili olduğu ortaya konmuştur. Türkiye'de Kocaeli'nden yapılan bir çalışmada SO_2 düzeylerindeki her $10 \mu\text{g m}^{-3}$ 'lük artışın kış mevsiminde akut miyokard enfarktüsü nedeni yatış riskini anlamlı olarak arttırdığı saptanmıştır (Günay ve Yavuz, 2009). Egzoz gazlarının daha yoğun olduğu otoyollara yakın bölgelerde yaşayanlarda kardiyovasküler hastalıklara bağlı acil servis başvurularının arttığı gösterilmiştir (Sarnat vd., 2008). Türkiye'den konuyla ilgili yapılan bir çalışmada otoyollarda gişe memuru olarak çalışan ve yüksek oranda egzoz dumanına maruz kalan kişilerde aterosklerozun indirekt bir ölçümü olan oftalmik arterde rezistivite indeksi kontrol grubuna göre daha yüksek bulunmuş ve aterosklerozun erken belirteci olan serum homosistein düzeylerinin bu

indeksle korele olduğu saptanmıştır (Memişoğulları vd., 2007). Ayrıca yine aynı grup tarafından otoyol gişe memurlarında serum homosistein düzeyi ve karotid arterdeki intima media kalınlığına bakılmış ve yine her iki parametre arasında pozitif korelasyon bulunmuştur (Memişoğulları vd., 2008). Çok miktarda partikül madde içeren tezek dumanına maruz kalan kişilerde karotid arterde daha düşük akım ilişkili dilatasyon ve endotel bağımlı olmayan dilatasyon saptanmış ve bu durumun endotel disfonksiyonunu arttırdığı belirtilmiştir (Buturak vd., 2011).

4. Hava Kirliliğinin Solunum Sistemi Üzerine Etkileri

Hava kirliticileri solunum yolundaki epitel hücrelerine zarar vererek epitelde geçirgenliği arttırır ve inflamatuvar hücre göçü, sitokinlerin artışı gibi bir dizi inflamatuvar olaya yol açar (Bayram ve Dikensoy, 2006). Hava kirliliği akciğer gelişiminde gerileme, solunum fonksiyonlarında azalma, solunum sistemine ait semptomlarda artma, astım ve kronik obstruktif akciğer hastalığının alevlenmesine bağlı hastane başvurularında artma ile kardiyopulmoner ölüm hızında yükselmeye neden olmaktadır (Brunekreef ve Holgate., 2002). Hava kirliliğine maruziyet ile astımlı hastaların solunum fonksiyon testlerinde obstrüksiyon tetiklenir. Hem astımlı hastalarda hem de sağlıklı kontrollerde ozon ve SO_2 'e maruziyet nötrofilik inflamasyonda ve birçok inflamatuvar mediyatörün salınımına yol açar fakat bu durum sadece astımlı hastaların solunum fonksiyonlarında azalma ile ilişkilidir (Peden, 1997). Hava kirliticilerine birbiri ardına maruziyet astımlı hastalarda sinerjistik etki gösterir, ayrıca allerjik astımda hava kirliticileri inhale edilen allerjenin etkisini de potansiyalize eder (Peden, 1997).

Ülkemizde, hava kirliliğinin astım hastalığı üzerine etkisini inceleyen çalışmalar yapılmıştır. Kara vd. (2012), Niğde'de 2008-2010 yıllarında çevresel havada SO_2 'nin $30 \mu\text{g/m}^3$ ve daha yüksek miktarda bulunduğu durumlarda daha fazla sayıda astım tanısı alan vaka rapor edildiğini göstermişler, 2010 yılında 45-64 yaş arasındaki erkek hastalara koyulan astım tanısının çevresel SO_2 ile korele olduğunu saptamışlardır (Kara, vd., 2012). Zonguldak'ta yapılan başka bir çalışmada çocukluk çağında astım, allerjik rinit, üst ve alt solunum yolu enfeksiyonuna bağlı hastane başvuruları ile partikül madde konsantrasyonları arasındaki ilişki incelenmiş, $\text{PM}_{2,5-10}$ konsantrasyonundaki $10 \mu\text{g m}^{-3}$ 'lük artışın aynı gün astıma bağlı hastane başvurularını %18 oranında arttırdığı, maruz kalınan $\text{PM}_{2,5}$ konsantrasyonundaki $10 \mu\text{g m}^{-3}$ 'lük artışın astım için odds oranını 1,15 kat, astım ve allerjik rinit birlikteliği için odds oranını 1.21 kat arttırdığı saptanmıştır (Tecer vd., 2008). Ankara'da kış aylarında ve ilkbahar mevsiminin ilk aylarında hava kirlitici düzeyleri ile astıma bağlı acil servis başvuruları arasında uyum olduğu saptanmış, astıma bağlı haftalık ortalama acil servis başvuru sayısı ve bir önceki haftaya ait ortalama SO_2 ve PM_{10} düzeyleri arasında anlamlı ilişki bulunmuştur

(Berктаş ve Bircan., 2003). İstanbul'da çocuklarda hava kirliliği düzeylerinin atopi ve allerjik rinit üzerine etkisi incelenmiş, rinit semptomları hava kirliliğinin yüksek olduğu bölgede düşük olduğu bölgeye göre daha sık görülmesine rağmen atopi durumu ile ilgili iki bölge arasında fark saptanmamış, fakat atopik bireylerde allerjik rinite bağlı semptomu olanların sayısı hava kirliliği olan bölgede daha yüksek bulunmuştur (Keleş vd., 1999).

Yakıt olarak hayvan gübresi, tahta ve bazı çevresel atıkların karışımından oluşan tezek Türkiye'de kırsal bölgelerde ısınma amaçlı sık kullanılmaktadır ve dumanının inhalasyonu akciğerler için tehlikelidir. Ekici vd. tarafından Kırıkkale'de yakıt olarak tezek kullanılan bölgelerde yaşayan sigara kullanmayan kadınların oluşturduğu popülasyonda LPG yakıt kullanan topluluğa göre kronik havayolu hastalığı anlamı olarak daha yüksek bulunmuş, ve tezek dumanına maruziyetin kronik havayolu hastalığına yakalanma riskini %23.1 oranında arttırdığı saptanmıştır (Ekici vd., 2005). Bu popülasyonda, yüksek rezolüsyonlu bilgisayarlı tomografide buzlu cam ve fibrotik bant görünümü katılımcının semptomu olsa da olmasa da tezek yakıt kullanmayan gruba göre anlamı olarak daha yüksek bulunmuştur (Kara vd., 2003).

5. Hava Kirliliğinin Nörolojik Sistem Üzerine Etkileri

Hava kirliliği, nörolojik sistemlerde hücrel, moleküler ve inflamatuvar yollara etki ederek direkt hasar verir veya santral sinir sistemi ilişkili hastalıklara yatkınlığı artırır. Çevresel hava kirliliği ve inme, multiple skleroz, Parkinson hastalığı arasında kuvvetli ilişki olduğu gösterilmiştir fakat başka nörolojik hastalıklarla da benzer ilişkili olabileceği konusunda şüpheler vardır. Meksika'da hava kirliliğinin yüksek olduğu bölgede yaşayan çocukların kirli olmayan bölgede yaşayan çocuklara göre bilişsel gelişimde yaşitlarına göre geri kaldıkları, beyin manyetik rezonans görüntülemelerinde daha yüksek oranda hiperintens beyaz cevher lezyonları olduğu saptanmıştır. Bu çalışmada hava kirliliğinin yüksek olduğu bölgede bulunan köpeklerin beyin biyopsilerinde artmış inflamasyon, gliosis ve çok ince partikül birikimi olduğu ortaya konmuştur (Calderón-Garcidueñas vd., 2008). Diğer bir deyişle kronik hava kirliliği maruziyeti nörodejeneratif hastalık gelişimine katkıda bulunmaktadır (MohanKumar vd., 2008). Hava kirliliğinin beyne inflamasyonda artış, oksidatif stres, glial aktivasyon ve serebrovasküler hasar yoluyla zarar verdiği düşünülmektedir (Genç vd., 2012).

İnme hava kirliliği nedeniyle meydana gelebilen en sık santral sinir sistemi hastalığıdır. İnmeyle ilgili mortalite oranları ve hastane başvuruları ile hava kirliliği arasında pozitif korelasyon farklı bölgelerde yapılan çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir. Hava kirliliğine bağlı iskemik inme riski hemorajik inme riskinden yüksektir (Genç vd., 2012). Yaşlı insanlar ve kadınlarda hava kirliliği ilişkili iskemik inme riski daha yüksektir (Hong vd., 2002).

Siçanlarda yapılan bir deneyde kronik olarak SO₂ inhalasyonunun beyinde serebral iskemideki benzer şekilde etki yarattığı anlaşılmıştır (Sang vd., 2010). Dış ortamda ölçülen partikül madde (PM₁₀) düzeyleriyle aynı dönemdeki başağrısına bağlı acil servis başvuru sayısının korele olduğu bulunmuştur (Özaraç vd., 2009).

Alzheimer ve Parkinson hastalığının ortaya çıkmasında yaşın ilerlemesi önemli bir faktör olsa da bu hastalıkların etiolojisinde çevresel faktörler ve genetik yatkınlık da rol oynar. Metaller, hava kirliliğine, böcek ilaçlarına maruziyet ve beslenme alışkanlıkları nörodejeneratif hastalıklarda ortak risk faktörleridir. Meksika'da yapılan başka bir çalışmada yaşamları boyunca kognitif ve nörolojik fonksiyonlarında herhangi bir bozukluk saptanmamış bireylerin beyin dokularına otopsi uygulanmış, hava kirliliği olan bölgelerde yaşamış olan grup, hava kirliliği olmayan bölgede yaşamış ve yaş, cinsiyet ve eğitim durumu benzer kişilerden oluşan kontrol grubuyla karşılaştırılmıştır. Hava kirliliği olan bölgede yaşamış olan bireylerin beyin otopsi-lerinde daha yüksek oranda, Alzheimer hastalığında sık görülen nörofibriler kümeleşme ve plak oluşumunun bir önceki basamağı olan ve nöronal disfonksiyona neden olan bulgular elde edilmiştir. Bu bulgular, kronik inflamasyonu gösteren hipokampus ve frontal kortekste artmış siklooksijenaz-2 ekspresyonu ve astrositlerde amiloid öncül proteininin nörotoksik bir parçası olan Abeta42 depolanmasıdır (Calderón-Garcidueñas vd., 2004). Ayrıca, hava kirliliğinin çocukluk çağından başlayarak nöroinflamasyona neden olduğu, beyinde alfa synüklein ve Abeta42 gibi maddelerin depolanmasına yol açtığı ve bireyde doğal immün sistem cevabını değiştirdiği ortaya konmuştur (Calderón-Garcidueñas vd., 2008a).

Hava kirliliğine prenatal dönemde maruziyetin nörolojik fonksiyonlarda kayba yol açtığını gösteren hayvan çalışmaları mevcuttur. Ozon maruziyeti serebellumda kalıcı hasar yaratırken, solunum sistemini kontrol eden merkezde de hasara yol açmaktadır. Dizel egzoz partiküllerinin doğumdan sonra canlıda lokomotor aktiviteyi bozduğu gösterilmiştir (Genç vd., 2012). Çocuklarda polisiklik aromatik hidrokarbona prenatal dönemde maruziyetin üç yaşında iken mental gelişim geriliği için risk yarattığı bulunmuştur (Perera vd., 2006). Fetal dolaşıma giren hava kirleticileri bebeğin büyüme ve gelişimini etkiler. Prenatal dönemde çevresel SO₂'e ve partikül maddeye maruz kalan annelerde preterm eylem ve bebeklerde düşük doğum ağırlığı riski artmaktadır (Salvi, 2007). Ayrıca şizofreni ve otizm gelişiminde de hava kirliliğini suçlayan çalışmalar bulunmaktadır (Genç vd., 2012).

6. Hava Kirliliğinin Sağlık Üzerine Etkileri İçin Alınabilecek Önlemler

Hava kirliliğinin sağlık üzerine olumsuz etkilerini sadece iklim bilimciler, doktorlar ya da çevre mühendisleri değil, diğer sağlık personeli ve çeşitli sektörlerde çalışanlar bilmeli, halk sağlığı sorunu olduğu için ve bu etkileri

ortadan kaldırabilmek amacıyla mümkün olan her durumda halk bilgilendirilmelidir.

Türkiye’de Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından günlük olarak her bir kirletici için 0 ile 500 arasında hava kalitesi indeksi yayınlanmakta ve sürekli güncellenmektedir. Herhangi bir kirletici için en yüksek olan değer o günkü indeksi belirlemektedir. Bu indekse göre 0-50 arasındaki değerler ‘iyi’, 51-100 arasındaki değerler ‘orta’, 101-150 arasındaki değerler ‘hassas gruplar için sağlıklı’, ‘151-200’ arasındaki değerler ‘sağlıksız’, 201-300 arasındaki değerler ‘çok sağlıksız’, 300-500 arasındaki değerler ise ‘tehlikeli’ olarak değerlendirilir (Kardeşoğlu vd., 2011). Tanımlanan bölgede yaşayanlar tarafından hava kalite indeksi dikkate alınmalıdır. Özellikle hasta kişilerin bu değerlere göre hareket etmesi gerekir.

Genel olarak hava kirliliğinin azalması için trafikte egzoz gazı, evlerde yakıt kullanımı, sanayideki fabrikaların atık gazları ve şehir yerleşim planlarının ve yeşil alanların düzenlenmesi ile ilgili önlemlerin alınması gereklidir (Can ve Eryener, 1997). Sağlık Bakanlığının hava kirliliğinin zararlı etkilerini azaltmak ve önlemek için belirlediği kısa, orta ve uzun dönemde uygulanacak eylem planları mevcuttur. Bu önlemler arasında ısınma için düşük kükürt düzeyli yakıt kullanımını yaygınlaştırma, ısınma gereksinimini azaltmak için binaların termal izolasyonunu sağlama, kentlerde kalorifer yakma saatlerinin düzenlenmesi, insanların enerji tasarrufu ve yakıt kullanımı ile ilgili eğitimi, yakıtların kirlilik düzeylerinin azaltılması, yakma sistemlerinin iyileştirilmesi, merkezi ısıtma ve doğal gaz kullanımının yaygınlaştırılması, büyük binaların baca filtre sistemleri kullanmaları, yeşil alanların artırılması, kurşunsuz benzin kullanımının yaygınlaştırılması, egzoz yayılımını azaltan katalitik konvektör kullanımı bulunmaktadır.

Sonuç olarak hava kirliliğinin insan sağlığına değişik derecelerde ve farklı organ sistemlerini etkileyerek zarar verdiği çok çeşitli çalışmalarla kanıtlanmıştır. Toplumun çocukluktan itibaren bu konuda aydınlatılması ve buna yönelik önlemlerin hep birlikte alınması gerekmektedir.

Kaynaklar

Atımtay A.T., Emri S., Bağcı T., Demir A. U., 2000. Urban CO Exposure and Its Health Effects on Trafic Policemen in Ankara. *Environmental Research* 82, 222-230.

Bayram H., 2005. Türkiye’de hava kirliliği sorunu: Nedenleri, alınan önlemler ve mevcut durum. *Toraks Dergisi* 6, 159-165.

Bayram H., Dikensoy Ö., 2006. Hava Kirliliği ve Solunum Sağlığına Etkileri. *Tuberküloz Toraks* 54, 80-89.

Bayram H., Dörtbudak Z., Fişekçi F.E., Kargın M., Bülbül B., 2006. “Hava Kirliliğinin İnsan Sağlığına Etkileri, Dünyada, Ülkemizde ve Bölgemizde Hava Kirliliği Sorunu” Paneli Ardından. *Dicle Tıp Dergisi* 33, 105-112.

Berктаş B.M., Bircan A., 2003. Effects of atmospheric sulphur dioxide and particulate matter concentrations on emergency room admissions due to asthma in Ankara. *Tuberküloz ve Toraks* 51, 231-238.

Block M.L., Calder’on-Garciduenas L., 2009. Air pollution: mechanisms of neuroinflammation and CNS disease. *Trends in Neurosciences* 32, 506-516.

Brunekreef B., Holgate S.T., 2002. Air pollution and health. *Lancet* 19, 360, 1233-1242.

Buturak A., Genç A., Ulus O.S., Duygu E., Okmen A.S., Uyarel H., 2011. Evaluation of the effects of chronic biomass fuel smoke exposure on peripheral endothelial functions: an observational study. *Anadolu Kardiyol Dergi* 11, 492-497.

Calderón-Garcidueñas L., Reed W., Maronpot R.R., Henríquez-Roldán C., Delgado-Chavez R., Calderón-Garcidueñas A., Dragustinovis I., Franco-Lira M., Aragón-Flores M., Solt A.C., Altenburg M., Torres-Jardón R., Swenberg J.A., 2004. Brain inflammation and Alzheimer’s-like pathology in individuals exposed to severe air pollution. *Toxicologic Pathology* 32, 650-658.

Calderón-Garcidueñas L., Mora-Tiscareño A., Ontiveros E., Gómez-Garza G., Barragán-Mejía G., Broadway J., Chapman S., Valencia-Salazar G., Jewells V., Maronpot R.R., Henríquez-Roldán C., Pérez-Guillé B., Torres-Jardón R., Herritt L., Brooks D., Osnaya-Brizuela N., Monroy M.E., González-Maciel A., Reynoso-Robles R., Villarreal-Calderon R., Solt A.C., Engle R.W., 2008. Air pollution, cognitive deficits and brain abnormalities: a pilot study with children and dogs. *Brain and Cognition* 68, 117-127.

Calderón-Garcidueñas L., Solt A. C., Henríquez-Roldán C., Torres-Jardón R., Nuse B., Herritt L., Villarreal-Calderón R., Osnaya N., Stone I., García R., Brooks D.M., González-Maciel A., Reynoso-Robles R., Delgado-Chávez R., Reed W., 2008a. Long-term air pollution exposure is associated with neuroinflammation, an altered innate immune response, disruption of the blood-brain barrier, ultrafine particulate deposition, and accumulation of amyloid beta-42 and alpha-synuclein in children and young adults. *Toxicologic Pathology* 36, 289-310.

Can A., Eryener D., 1997. Sanayi ve şehir kaynaklı hava kirliliği ve önlemleri. *Ekoloji* 24, 6-12.

Chen H., Goldberg M.S., Viileneuve P.J., 2008. A systematic review of the relation between long-term exposure to ambient air pollution and chronic diseases. *Reviews on Environmental Health* 23, 243-297.

Chow W.K., Chan M.Y., 2003. Field measurement on transient carbon monoxide levels in vehicular tunnels. *Building and Environment* 38, 227- 236.

Dockery DW, Luttmann-Gibson H, Rich DQ, Link MS, Mittleman MA, Gold DR, Koutrakis P, Schwartz JD, Verrier RL., 2005. Association of air pollution with increased incidence of ventricular tachyarrhythmias recorded by implanted cardioverter defibrillators. *Environ Health Perspect* 113, 670-674.

Ekici A., Ekici M., Kurtipek E., Akin A., Arslan M., Kara T., Apaydin Z., Demir S., 2005. Obstructive airway diseases in women exposed to biomass smoke. *Environmental Research* 99, 93-98.

Fairley D., 1990. The Relationship of Daily Mortality to Suspended Particulates in Santa Clara County, 1980-1986. *Environmental Health Perspectives* 89, 159-168.

Genç S., Zadeoglulari Z., Fuss S.H., Genc K., 2012 The adverse effects of air pollution on the nervous system. *Journal of Toxicology* 2012, 1-23.

- Günay O., Yavuz C.I., 2009. Bir case crossover (çapraz vaka kontrol) çalışması: bir yıllık miyokard enfarktüsü nedenli yatışlar ve hava kirliliği ilişkisinin incelenmesi. Kocaeli örneği. *Taff Preventive Medicine Bulletin* 8(5), 381-388.
- Güvendik G., Yılmaz A., 2003. Egzos kirliliğine maruz kalan kişilerde kan karboksihemoglobin düzeyi. *Ankara Eczacılık Fakültesi Dergisi* 32, 213-219.
- Han X., Naeher L.P., 2006. A review of traffic-related air pollution exposure assessment studies in the developing world. *Environment International* 32, 106-120.
- Hong Y.C., Lee J.T., Kim H., Kwon H.J., 2002. Air pollution: a new risk factor in ischemic stroke mortality. *Stroke* 33, 2165-2169.
- Kara E., Özdilek H.G., Kara E.E., 2012. Ambient air quality and asthma cases in Niğde, Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*.
- Kara M., Bulut S., Tas F., Akkurt I., Seyfikli Z., 2003. Evaluation of pulmonary changes due to biomass fuels using high-resolution computed tomography. *European Journal of Radiology* 13, 2372-2377.
- Kardeşoğlu E., Yalçın M., Işılak Z., 2011. Hava kirliliği ve kardiyovasküler sistem. *TAF Preventive Medicine Bulletin* 10, 97-106.
- Keleş N., İlicali C., Değer K., 1999. The effects of different levels of air pollution on atopy and symptoms of allergic rhinitis. *American Journal of Rhinology* 13, 185-190.
- Kim J.J., Smorodinsky S., Lipsett M., Singer B.C., Hodgson A.T., Ostro B., 2004. Traffic-related air pollution near busy roads: the East Bay Children's Respiratory Health Study. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 170, 520-526.
- Marshall M.D., Kales S.N., Christiani D.C., Goldman R.H., 1995. Are reference intervals for carboxyhemoglobin appropriate? A survey of Boston area laboratories. *Clinical Chemistry* 41, 1434-1438.
- Memişoğulları R., Yüksel H., Coskun A., Yüksel H.K., Yazgan O., Bilgin C., 2007. High serum homocysteine levels correlate with a decrease in the blood flow velocity of the ophthalmic artery in highway toll collectors. *Tohoku Journal of Experimental Medicine* 212, 247-252.
- Memişoğulları R., Erdoğan B., Alp H.H., Bilgin C., Arbak P.M., Yavuz Ö., 2008. Serum homocysteine levels in highway toll collectors and the relationship with intima media thickness of the carotid artery. *Turkish Journal of Medical Sciences* 38, 133-137.
- Mills N.L., Donaldson K., Hadoke P.W., Boon NA, MacNee W, Cassee FR, Sandström T, Blomberg A, Newby D.E., 2009. Adverse cardiovascular effects of air pollution. *Nature Clinical Practice Cardiovascular Medicine* 6, 36-44.
- MohanKumar S.M., Campbell A., Block M., Veronesi B., 2008. Particulate matter, oxidative stress and neurotoxicity. *Neurotoxicology* 29, 479-488.
- Narayan K.M., Ali M.K., Koplan J.P., 2010. Global noncommunicable diseases—where worlds meet. *The New England Journal of Medicine* 363, 1196-1198.
- Özsaraç M., Uluer H., Ersel M., Kıran S., Yürüktümen A., Ersan H., 2009. Effects of particulate air pollution on emergency department visits for headache as chief complaint. *Turk Journal of Emergency* 9, 105-108.
- Özdemir H., Borucu G., Demir G., Yiğit S., Namık A.K., 2010. İstanbul'daki Çocuk Oyun Parklarında Partikül Madde (PM_{2.5} ve PM₁₀) Kirliliğinin İncelenmesi. *Ekoloji* 20, 72-79.
- Peden D.B., 1997. Mechanisms of pollution-induced airway disease: in vivo studies. *Allergy* 52, 37-44.
- Perera F.P., Rauh V., Whyatt R.M., Tsai W.Y., Tang D., Diaz D., Hoepner L., Barr D., Tu Y.H., Camann D., Kinney P., 2006. Effect of prenatal exposure to airborne polycyclic aromatic hydrocarbons on neurodevelopment in the first 3 years of life among inner-city children. *Environmental Health Perspectives* 114, 1287-1292.
- Poloniecki J.D., Atkinson R.W., de Leon A.P., Anderson H.R., 1997. Daily time series for cardiovascular hospital admissions and previous day's air pollution in London, UK. *Occupational Environmental Medicine* 54, 535-540.
- Robert J. Lambach M.D., 2010. Outdoor Air Pollutants and Patient Health. *American Family Physician* 81, 175-180.
- Salvi S., 2007. Health effects of ambient air pollution in children. *Paediatric Respiratory Reviews* 8, 275-280.
- Sang N., Yun Y., Li H., Hou L., Han M., Li G, 2010. SO₂ inhalation contributes to the development and progression of ischemic stroke in the brain. *Toxicological Sciences* 114, 226-236.
- Sarnat J.A., Marmur A., Klein M., Kim E., Russell A.G., Sarnat S.E., Mulholland J.A., Hopke P.K., Tolbert P.E., 2008. Fine particle sources and cardiorespiratory morbidity: an application of chemical mass balance and factor analytical source-apportionment methods. *Environmental Health Perspective* 116, 459-466.
- Schwartz J., Dockery D.W., 1992. Increased Mortality in Philadelphia Associated with Daily Air Pollution Concentrations. *The American Review of Respiratory Disease* 145, 600-604.
- Tecer L.H., Alagha O., Karaca F., Tuncel G., Eldes N., 2008. Particulate matter (PM_{2.5}, PM_{10-2.5}, and PM₁₀) and children's hospital admissions for asthma and respiratory diseases: a bidirectional case-crossover study. *Journal of Toxicology and Environmental Health* 71, 512-520.
- Zanobetti Schwartz J., 2005. The effect of particulate air pollution on emergency admissions for myocardial infarction: a multicity case-crossover analysis. *Environ Health Perspect* 113, 978-982.



Review Article

The Effects of Air Pollution on Health in Turkey

Özlem CAVKAYTAR, Özge Uysal SOYER, Bülent Enis ŞEKEREL✉
Hacettepe University, Faculty of Medicine, Pediatric Allergy Unit, Sıhhiye 06100 Ankara

Received: February 14, 2013; Accepted: November 17, 2013

ABSTRACT

Air pollution results from existence of foreign and harmful pollutants those naturally can not be found in the air or increase in the amount of naturally occurring substances to dangerous levels for human beings and other organisms. Ambient air pollutants give harm to all living organisms such as humans, plants and animals, ending up with huge amount of physical injuries and economical losses. Millions of people are exposed to air pollutants at above safe levels worldwide. Majority of air pollutants originate from traffic, transport, industry and warming of buildings. The predominant portion of air pollution comes from combustion of organic fossil compounds which gives rise to high levels of sulphur dioxide and particulate matter in the air in developing countries. On the other hand ozone (O₃) and nitrogen oxides (NO_x) compose the majority in the other parts of the world. Air pollution has several negative effects such as blood pressure changes, atherosclerosis, endothelial dysfunction, autonomic dysfunction, inflammation, oxidative stress. The original articles from Turkey about harmful effects of air pollutants on respiratory, cardiovascular and neurovascular system are emphasized in this article with the review of the precautions.

Keywords: Air pollution, air pollutants, respiratory system, cardiovascular system, neurological system

© Turkish National Committee of Air Pollution Research and Control.