DERLEME REVIEW

DOI: 10.5336/healthsci.2022-94176

Hava Kirliliği ve Obezite İlişkisinin Değerlendirilmesi: Geleneksel Derleme

Evaluation of the Relationship Between Air Pollution and Obesity: Traditional Review

Merve YILDIRIM[a], Buse AKSOY[a], Aytekin İDİKUT[b], Zeynep Begüm KALYONCU ATASOY[a]

[a]İstanbul Aydın Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, İstanbul, Türkiye
[b]Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göğüs Hastalıkları Bölümü, Ankara, Türkiye

ÖZET Son yıllarda yapılan çalışmalar hava kirliliğine maruz kalmanın çeşitli yaş gruplarında farklı hastalıklara sebebiyet verdiğini göstermektedir. Hava kirliliği, kardiyovasküler hastalıklar, solunum yetersizliği, çeşitli kanserler ve obezite görülme sıklığı ile ilişkilendirilmektedir. Çeşitli hava kirletici partikül maddeler ($PM_{2,5}$, PM_{10}), azot dioksit ve kükürtdioksidin ayrı ayrı veya birlikte, popülasyonda artan obezite ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Dış ortam veya iç mekân hava kirliliğine maruz kalan bireylerin beden kitle indeksinde, bel çevresinde, vücut yağ miktarında artış bulunmuştur. Hava kirliliği oksidatif stresi, yağ doku inflamasyonunu ve karaciğerde yağ birikimini artırarak iskelet kaslarında glukoz kullanımını azaltmaktadır. Metabolik sendrom gelişimi ile yakın ilişkili olan bu mekanizmaya ek olarak hava kirliliğinin vücut ağırlığı üzerindeki etkilerinin kalp hastalıkları ve kanserler gibi çeşitli kronik hastalıkları artırarak obeziteye sebep olabileceği düşünülmektedir. Bunlara ek olarak, dış ortam hava kalitesinin kötü olması dışarıda egzersiz yapma isteğini azaltarak fiziksel aktivite sıklığının da azalmasına neden olmaktadır. Farklı ülkelerde yapılan boylamsal çalışmalar hamilelikten itibaren iç ve dış ortam hava kirliliğine maruziyetin ileri çocukluk yaşlarından itibaren adipositeyle ilişkilendirmekte olup; bu durumun ileri yaşlarda obezite riskini artırabileceğini göstermektedir. Hava kirliliği maruziyetinin hızla artmasına rağmen bu durumun obezite ile olan ilişkisinin incelendiği çalışmalar oldukça kısıtlıdır. Obezite gibi hava kirliliği de yaygın bir halk sağlığı sorunudur. Bu sebeple bu derlemenin amacı, artan hava kirliliğini ve buna maruziyetin obezite ile ilişkisini değerlendirmektir.

Anahtar Kelimeler: Hava kirliliği; obezite; çevre

ABSTRACT Studies conducted in recent years show that exposure to air pollution causes different diseases in various age groups. Air pollution is associated with the incidence of cardiovascular diseases, respiratory failure, various cancers and obesity. Various air pollutant particulate matter ($PM_{2.5}$, PM_{10}), nitrogen dioxide and sulfur dioxide, separately or together, are thought to be associated with increased obesity in the population. An increase in body mass index, waist circumference, and body fat were found in individuals exposed to outdoor or indoor air pollution. Air pollution decreases glucose utilization in skeletal muscles by increasing oxidative stress, adipose tissue inflammation and fat accumulation in the liver. In addition to this mechanism, which is closely related to the development of metabolic syndrome, it is thought that the effects of air pollution on body weight may cause obesity by increasing various chronic diseases such as heart diseases and cancers. Moreover, poor outdoor air quality reduces the desire to exercise outdoors, leading to a decrease in the frequency of physical activity. Longitudinal studies conducted in different countries associate exposure to indoor and outdoor air pollution throughout lifecourse, from pregnancy to later childhood, to adiposity, which may increase the risk of obesity in later life. Despite the rapid increase in air pollution exposure, studies examining the relationship between this condition and obesity have been limited. Like obesity, air pollution is a common public health problem. For this reason, the aim of this review is to evaluate the increasing air pollution and its relationship with obesity.

Keywords: Air pollution; obesity; environment

OBEZİTE

Obezite ve fazla kilo, sağlığı bozabilecek şekilde adipoz dokuda aşırı yağ birikimi olarak tanımlanmaktadır.[1] Dünya Sağlık Örgütüne (DSÖ) göre obezite 1975'ten 2016'ya kadar, 5-19 yaşları arasındaki aşırı kilolu veya obez çocuk ve ergenlerdeki yaygınlığı, dünya çapında %4'ten %18'e 4 kattan fazla artmıştır. 2016 yılında 5-19 yaş arası 340 milyon çocuk ve ergenin aşırı kilolu ve obez olduğu belirtilmiştir.

Correspondence: Zeynep Begüm KALYONCU ATASOY
İstanbul Aydın Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, İstanbul, Türkiye
E-mail: z.begum.kalyoncu@gmail.com

Peer review under responsibility of Turkiye Klinikleri Journal of Health Sciences.

Received: 04 Nov 2022 ***Accepted:*** 02 Jan 2023 ***Available online:*** 06 Jan 2023

2536-4391 / Copyright © 2023 by Türkiye Klinikleri. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

2020'de ise 5 yaşın altındaki 39 milyon çocuğun aşırı kilolu ve obez olduğu belirtilmiştir. 2016 yılında, 18 yaş ve üzeri 1,9 milyardan fazla erişkinin aşırı kilolu olduğu ve bunların da 650 milyondan fazlasının obez olduğu belirtilmiştir. Oran olarak ise 18 yaş ve üzeri erişkinlerin %39'u aşırı kilolu, %13'ü obezdir.[2]

Obezite; dünyada ve ülkemizde yaygın olarak görülen bulaşıcı olmayan ve tedavi edilebilir bir sağlık sorunu olmasına rağmen obeziteye bağlı olarak kardiyovasküler hastalık, diyabet, hipertansiyon, dislipidemi, solunum yetersizliği, uyku apnesi, safra kesesi hastalıkları, kas-iskelet hastalıkları ve bazı kanser türlerinin görülme riski artmaktadır.[1,2] Ayrıca toplumda en sık görülen havayolu hastalıklarından olan astımın riski, prognoz ve fenotipi üzerinde obezite önemli bir etkiye sahiptir.[3] Bu nedenle obezite tedavi edilmesi gereken ciddi bir halk sağlığı sorunudur. Genetik, çevresel, biyolojik, azalan aktivite, besin alımındaki değişiklikler, sosyokültürel ve davranışsal faktörlerin hastalığın oluşumuna neden olduğu bilinmektedir.[1]

Hava kirliliği partiküller, kimyasal bileşenler ya da biyolojik maddeler gibi atmosferin yapısında bulunan ve insanlar ya da diğer yaşayan organizmaların sağlığını olumsuz etkileyen; çevreye zarar veren bileşenleri tanımlamak için kullanılan bir terimdir.[4] Hava kirliliği, insanların her zaman kirleticilere maruz kalması sebebiyle araştırılması güç bir konudur. Hava kirleticilerine maruziyetin olumsuz etkileri yaşamın hangi evresinde karşılaşıldığına göre değişiklik gösterebilir. Bununla beraber, hava kirliliğine ek olarak kişinin sağlıksız beslenme, stres ve hareketsiz yaşam gibi çevresel faktörlerden etkilenmesi sağlığın daha da olumsuz etkilenmesine neden olmaktadır.[5]

DSÖ verilerine göre açıklanan hava kalitesi konsantrasyonları, gelişmekte olan bazı ülkelerde belirlenen üst sınırları aşmakta ve hava kirliliği insanlar için büyük bir çevre sağlığı tehlikesi olarak etkisini devam ettirmektedir. Dış ortam hava kirliliğine bağlı olarak kardiyovasküler hastalıklar, çeşitli kanser türleri, astım ve riskli gebelikler görülme sıklığının arttığı kabul edilmiştir.[6]

Hava, atmosfer olarak adlandırılan bir gaz kütlesidir. İnsan ve diğer canlılar için su ve gıda kadar son derece önemlidir. Dünyanın etrafını sararak canlılar için koruyucu ve düzenleyici bir tabaka oluşturur. Havanın bileşenleri; %78 azot, %21 oksijen ve %1 oranında karbondioksit ve soy gazlardır.[7]

Hava kirleticiler farklı kaynaklardan gelebilirler ve hepsi farklı özelliklere sahiptirler. Sık olarak karşılaşılan hava kirleticileri arasında kükürtdioksitler (SO_2), nitrojen oksitler, reaktif hidro karbonlar ve karbonmonoksit (CO) gazları yer almaktadır. İnsan dokularına verdikleri zarar, gazların konsantrasyonları, çözünürlüklerine, dokuyu oksitleme seviyelerine ve maruz kalan kişinin gaza olan duyarlılığıyla değişkenlik göstermektedir. Öncelikle cilt, burun ve akciğerlerin maruz kaldığı hava kirliliğinin insan sağlığı üzerindeki etkileri oldukça komplekstir. Suda yüksek çözünürlüğe sahip SO_2ler üst solunum yollarında mukoza ile reaksiyona girerek ve ciltte epitel dokuyla temas sonucu harabiyete sebebiyet verirken nitrojen oksitler daha çok akciğer dokularının derinlerine inerek, akciğer hasarına sebep olur. CO gazı ise tahriş edici değildir fakat hızlı bir şekilde kan dolaşımına geçebilir. Toksik etkileri hemoglobine bağlanmada oksijen ile rekabeti sonucu oluşur ve zehirlenmelere sebep olmaktadır.[8]

Hava kirliliğinin obeziteyi etkileyen başlıca çevresel faktörlerden biri olduğu kabul edilmektedir.[9] Son zamanlarda yapılan çalışmalar bu ilişkiyi desteklemektedir. Yapılan çalışmalarda vücut ağırlığının değişkenliği ve hava kirliliği arasındaki ilişkiyi açıklayan bazı yolaklar üzerinde durulmaktadır.[10] Hava kirliliği oksidatif stresi, yağ doku inflamasyonunu ve karaciğerde yağ birikimini artırmakta, iskelet kaslarında glukoz kullanımını azaltmaktadır. Bu mekanizma metabolik sendrom gelişimi ile yakın ilişkilidir ve obeziteye zemin hazırlayabileceği düşünülmektedir.[10] Diğer bir yolak ise hava kirliliğinin, vücut ağırlığı üzerinde etkileri olan kalp hastalıkları, kanserler gibi çeşitli kronik hastalıkları artırarak dolaylı olarak obeziteye yol açabilmesidir.[11,12] Küçük hava yollarında hava kirliliğine neden olan partiküller, alveolar makrofajları ve gaz alışveriş bölgesindeki hücre tabakasını etkiler. Lokal inflamasyon gaz alışverişinde sorunlara yol açarken; kronik inflamasyon alveolokapiller membranda kalınlaşmaya neden olur. Salınan mediatörler ve otonom sinir sistemi etkileri sistemik yanıta neden olur. Bu durum da hava kirlili-

ğinde solunum sistemi yanı sıra kardiyovasküler sorunların gelişmesine nedenle olmaktadır.[11]

Hava kirliliği, insan ve diğer canlıların sağlığını ve ekolojik yaşamı bozacak şekilde havanın içerisindeki bileşenlerin değişmesidir. İnsan nüfusunun artışı, kentleşme, sanayi ve teknolojinin gelişmesi ile hava kirliliği oluşmuştur. XX. yüzyılın başında sanayinin gelişmesi ile hava kirliliği belirgin bir şekilde artmıştır. Küresel ısınma ve iklim değişiklikleri hava kirliliğini küresel boyuta taşımıştır. Ekosistemler arası etkileşimden dolayı, havası kirli olan bir yerin su kaynakları ve toprağının da kirli olma ihtimali yüksektir.[13]

Ortam hava kirliliği (dış mekân) ve kapalı ortam hava kirliliğine (iç mekân) maruz kalma sonucu genel nüfus üzerinde sağlık problemleri görülmektedir. Partikül maddeler (PM) ve uçucu organik bileşikler kardiyovasküler morbidite ve mortaliteye yol açan yüksek kan basıncı, azalmış kalp hızı değişkenliğine, artan sistemik inflamasyonla ve oksidatif stres ile ilişkilendirilmiştir.[14,15] Yapılan çalışmalar, oksidatif stres ve inflamasyonun da metabolik işlev bozukluğuna yol açtığını ve insülin direncinin gelişmesine sebep olduğunu dolayısıyla diyabete yatkınlığı artırdığını bildirmiştir. Ayrıca, dış ortam hava kalitesinin kötü olması, dışarıda egzersiz yapma isteğini azaltarak fiziksel aktivite sıklığını azalmasına sebep olabilmektedir.[14,16] Bu nedenle dış ortam hava kirliliğine maruz kalmanın artan obezite riski ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.[14]

DSÖ, yılda 3,8 milyon insanın ev hava kirliliğinden kaynaklı hastalıklardan dolayı erken ölmekte olduğunu bildirmiştir. Bu 3,8 milyonun %27'si pnömoni, %18'i felç, %27'si iskemik kalp hastalığından, %20'sinin kronik obstrüktif akciğer hastalığından ve %8'inin akciğer kanserinden öldüğü bildirilmiştir.[17]

Dış ortam hava kirliliğinin kaynaklarının çoğu insanların kontrolünün dışındadır. Ulaşım, kentsel planlama, enerji, atık yönetimi ve tarım gibi sektörlerde çalışan yerel, bölgesel ve ulusal politika yapıcıların birlikte hareket etmesini gerektirir.[18] Hava kirliliğini azaltmak için yapılan bazı politikalar; endüstriyel baca emisyonlarını azaltmak için temiz teknolojiler, kentsel ve tarımsal atıkların daha iyi yönetimi; uygun fiyatlı temiz ev enerjisi (yemek, ısınma ve aydınlatma) çözümlerine erişim sağlanması; kentlerde ulaşım, yürüyüş, bisiklet, demiryoluna öncelik verilmesi, düşük emisyonlu araçlara ve kükürt içeriği azaltılmış yakıtlara geçiş; binaların enerji verimliliğinin artırılması ve şehirlerin daha yeşil hâle getirilmesi; enerji üretimi için düşük emisyonlu yakıtlar ve rüzgâr, güneş ve hidroelektrik gibi yenilenebilir yanmaz kaynakların kullanımı; atık azaltma, ayırma, geri dönüştürme, yeniden kullanma, atıkları yeniden işleme belediyeler ve tarımsal atık yönetiminde kullanılan yöntemlerdir.[18]

Amerikan Toraks Derneği ve Avrupa Solunum Derneğinin 2017'de yayımladığı hava kirliliğinin sağlık üzerindeki olumsuz etkilerinin paylaşıldığı ortak politika beyanında, çevresel hava kirleticilerinin çocukluk çağında obeziteyi artırabileceğini ortaya koyan prospektif kohort çalışmalarına dikkat çekilmiştir. Metabolik disfonksiyon üzerindeki hava kirliliği etkilerinin yapılacak çalışmalar ile desteklenmesi gerektiği vurgulanmıştır.[19]

Atmosfer kirlenmesi, açık alanlardaki havanın kirlenmesi ile oluşan kirliliktir. Kapalı ortam alan kirliliği, kapalı ortamlardaki havanın kirlenmesi ile oluşan kirliliktir.[7]

ATMOSFER KİRLİLİĞİ

Oluşma biçimlerine göre hava kirliliğinin kaynakları doğal hava kirletici ve antropojenik hava kirletici kaynaklar olarak 2'ye ayrılır.[13]

Doğal hava kirletici kaynaklar: Orman yangınları, volkanik olaylar, biyojenik olaylar (CO, CO_2, CH_4 ve organik bileşikler), bitki ve hayvan artıklarının ayrışması sonucu atmosfere gaz ve partikül salınır.[13]

Antropojenik hava kirleticileri: Isıtma amacıyla ev-iş yerlerinde yakıt kullanımı, ulaşım/taşıt trafiği ve sanayi faaliyetleri sonucu atmosfere gaz ve partikül salınımı gerçekleşir. Isınmak için kullanılan kömür, fueloil ve doğal gaz yanması sonucu SO_2 ve kükürt trioksit (SO_3) gibi kükürtlü bileşikler oluşur. Yanma sırasında oluşan kükürt oksitler büyük şehirlerde hava kirliliğinin temelini oluşturmaktadır. Ulaşım ve taşıt trafiğinden kaynaklı kirleticilerse PM'ler (is, toz, tanecik gibi), CO ve hidrokarbonlar trafikteki araçlardan atmosfere karışan hava kirleticileridir.[7,13,20]

Sanayi faaliyetleri sonucu oluşan kirleticiler şunlardır:

I. Petrol kimya ve diğer sanayi tesislerinde uçucu organik bileşikler,

II. Termik santraller ve gübre sanayi tesislerinde azotlu bileşikler,

III. Katı-sıvı yakıt kullanan enerji santralleri ve diğer tesisler de yanma sonucu SO_2 ve CO oluşur,

IV. Demir çelik, madencilik, çimento sanayilerinde ve termik santrallerden önemli miktarda PM salınımı gerçekleşir.[13,20]

CO, SO_2, ozon (O_3), azot dioksit (NO_2), kurşun (Pb) ve PM insan sağlığını etkileyen ve atmosferde yaygın olarak bulunan kirleticilerdir. PM, aerodinamik çaplarına göre 2,5 µm'den daha büyük çaplı olanlar kaba partikül, 2,5 µm'den daha küçük çaplı olanlar ince partikül ve 100 nm'den daha küçük çaplı olanlar ise çok ince partikül olarak bilinmektedir.[7]

KAPALI ORTAM KİRLETİCİLERİ

İnce PM'ler, biyoaerosoller, ağır metaller, uçucu organik bileşikler, pestisitler, formaldehit, kirletici gazlar [CO, CO_2, azot oksitler (NO×), kükürt oksitler], asbest ve radondur.[7]

İnsanlar zamanlarının çoğunu evlerde geçirdikleri için iç mekân hava kalitesi dış ortam hava kirleticilerinden ve ortam kaynaklarından etkilenmektedirler. CO, CO_2, formaldehit ve uçucu organik bileşikler iç mekân hava kirleticileridir. CO, doğal gaz ve kerosen gibi biyoyakıtların yanması nedeniyle yemek pişirme sırasında oluşur. Evlerdeki uçucu organik bileşiklerin emisyonları, mobilya boya ve yapıştırıcılarından, çamaşır deterjanı gibi bakım ürünlerinin kullanımından veya yemek pişirme faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır.[14]

ÇOCUKLARDA HAVA KİRLİLİĞİNİN OBEZİTEYLE İLİŞKİSİ

Çocukluk çağlarında görülen obezite, alınan ve harcanan kalori arasındaki dengesizlik sebebiyle ortaya çıkmaktadır. Bu dengesizlik değişik faktörlere bağlı olarak gelişebilmektedir. Çevresel kimyasallara maruziyetin obezojen niteliğinde davranabileceği çalışmalar ile doğrulanmıştır.[21]

Erişkinlikte obezite, diyabet, kardiyovasküler hastalıklar ve kanser türlerinin gelişimi; çocukluk çağında gelişen aşırı kilo alımı prevalansındaki artışla ilişkilendirilmiştir.[22,23] Çocuk ve ergen bireylerde aşırı kilo artışından sorumlu obezojenik çevre, toplumda obezite hastalığına yakalanma riskinin artması veya obezite hastalığına sebep olma da çevre ve yaşam koşullarının tamamını içeren bir faktör olarak tanımlanmaktadır. Farklılık gösteren veya değişebilen çevresel etkenler, bireyin yeme etkinliği ve günlük fiziksel aktivitesi üzerinde indirekt bir mekanizma ile kendini ön plana çıkarmaktadır.[22]

Çocukluk çağında görülen obezite; yüksek gelirli ve hızlı gelişen ülkelerde olduğu kadar düşük ve orta hızda gelişmekte olan ülkelerde de önemli bir halk sağlığını tehdit eden problemlerden birisidir. Beş yaş altı çocuklarda görülen obezitenin, özellikle 1990 yılından sonra önemli bir şekilde arttığı, herhangi bir müdahale olmazsa hastalığın ergenlik ve erişkinlikte daha ciddi metabolik ve kronik hastalıklara sebebiyet vereceği görülmüştür. Bu durum fiziksel sağlık sorunlarından ziyade ileri yaşta bireylerde psikolojik tabanlı rahatsızlıkları tehdit edeceği ihtimali ile obezite hastalığına sebep olan çevresel faktörlerde derin bir incelemeye alınmıştır.[24]

Çocuk bireylerde, çevresel ve biyolojik etkenlere bağlı olarak hava kirliliği maruziyeti sonrası zarar görme oranı daha yüksektir; çünkü çocuklar birim vücut ağırlığı başına daha fazla hava solumaktadırlar. Henüz olgunlaşmamış vücuda sahip oldukları için biyolojik açıdan hava kirliliğine daha duyarlı bir yapıya sahiptirler.[8,21] Embriyogenez ile başlayıp doğumdan sonra uzun yıllar devam eden bağışıklık sistemi ve akciğer gelişimi erişkinlik döneminde tamamlanır. Enfeksiyona daha duyarlı bir yapıya sahip olan yenidoğanlar da hava kirliliği maruziyeti, ikinci darbe olarak adlandırılabilir.[8]

Çocuk yaşta hava kirleticilerine maruz kalmak ise gelişmekte olan organ sistemlerine daha büyük etkide zarar verebilmektedir. Çalışmalarda, PM ve trafik kaynaklı hava kirliliğine maruziyetin, gelişimi devam eden bireylerde, daha kötü akciğer fonksiyonuyla ilişkili olduğu bulunmuştur. Küçük yaşlarda artan maruziyet, erişkinlikte solunum yolu hastalıklarında artış ve inflamatuar tepkilerde artışa sebep olmaktadır.[25]

Çin'de yapılan kesitsel çalışmalarda, O_3e maruz kalan bireylerde obezite veya aşırı kilo alma durumu arasında korelasyon gözlenmiştir. Çalışmalarda PM_{10}a (aerodinamik çapı <10 µm olan PM) maruz kalan çocuklarda yüksek kilo alımı ve obezite görülme riskinin pozitif ilişkide olduğu belirtilmiştir. Postnatal dönemde $PM_{2,5}$e maruz kalımda ise ilerleyen dönemlerde daha yüksek seyreden beden kitle indeksinin (BKİ) görüldüğü belirtilmiştir. Çalışmalar okul çağındaki çocuklarda yapılmıştır ve ortam hava kirliliği ile çocukluk çağı obezitesi pozitif ilişkilendirilmiştir. Çalışmalarda ortam kaynaklı hava kirliliği ve obezite ile cinsiyet farklılıkları arasında da ilişkilerin olduğu öne sürülmüştür.[26,27] Bu durum, vücut tarafından çevresel faktörlere verilen yanıtların cinsiyetler arası fizyolojik ve hormonal farklılıklar göstermesi ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

Çevresel faktörlerden hava kirliliğinin, çocukluk çağı obezitesi ile ilişkisi, insanlar üzerinde yapılan çalışmalarda farklı sonuçlar vermiştir. Hamile iken hava kirliliğine maruz kalan bireylerin bebeklerinde; bebeklik dönemi, erken veya orta çocukluk döneminde kilo alımı, yüksek BKİ ve adiposite gözlenmemiştir.[21,28] Ancak bu durum ileri çocukluk yaşlarında değişerek; obezite ve adiposite ile pozitif ilişkilendirilmiştir. Ortamın hava kirliliğine doğum sonrası maruz kalan bebeklerde; ileri yaşlarda obez olma riski daha yüksek seyretmiştir.[21]

Amerika'da yapılan boylamsal kohort çalışmalarında, yaşanılan çevrenin etrafındaki 150 m'lik alanda daha yüksek trafik yoğunluğunun, erken çocukluk döneminde görülen obezite ile negatif ilişkide olduğu; 18 yaşında olan bireylerde ise yüksek BKİ ile pozitif korelasyon içinde olduğu raporlanmıştır.[29]

Büyüme çağındaki bireylere bakıldığında, obezite; genetik, beslenme düzeni ve yaşamsal aktivitelerin farklılığı sebepleriyle birçok değişkene bağlı bir hastalık olarak görülmektedir. Artan çevresel kimyasal maddelerin, prevalansı her geçen gün artan obezite hastalığını da artırdığı düşündürmektedir.[16] Şehirde hava kirliliğinin sonucu oluşan nitrojen oksitle (NO), NOx'ler ve farklı kimyasal maddeler obezite ile ilişkilendirilmiştir. ABD'de yapılan bir çalışma; NOx'lere sürekli maruz bırakılmanın anormal veya bodur boyda olan çocuklarla pozitif ilişki içerisinde olduğunu göstermiştir.[30] Ayrıca, Çin ve ABD'de yaşayan çocuklarda 2009-2012 yılları arasında yürütülen çalışma, yaş ortalaması 10,3±3,6 yıl olan 59.754 çocuğun katılımı ile inceleme yapılmıştır. Çalışmaya katılan çocuklar, evlerine bir km mesafede bulunan hava izleme istasyonu aracılığıyla PM_{10}, NO_2, SO_2, O_3 ve CO seviyelerine gün içinde ne kadar maruz kaldıklarına bakılarak incelenmiştir. Elde edilen veriler, katılımcıların uzun vadede hava kirleticilere maruziyetini ve sonuçlarını tahmin etmek için kullanılmıştır. Tüm kirletici maddeler için günde 8 saat kaydedilen verilerin ortalaması alınarak 4 senelik genel bir ortalama hesaplanmıştır. Veriler ışığında hava kirleticilerine maruz kalan çocukların uyku bozukluğu yaşadığı görülmüştür. Ayrıca kilo alma eğilimi, pasif içici olma durumunun artması, ilerleyen yaşlarda erken doğum yapma oranları ve düşük emzirme yüzdesine sahip olduğu sonuçlarına varılmıştır.[31] Bu durumun, uykusuzluk sonucu oluşan hormonal değişiklikler ve buna bağlı farklılaşan metabolik yanıtlarla ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

Çalışmalarda, hava kirliliği ile yaşamın ilk yıllarında karşılaşmanın çocukluk ya da erişkinlikte aşırı kilo alımı ve obezite ihtimalini artırdığı öngörülse de belirsizlikler hâlâ mevcuttur. Yapılan bir çalışmanın sonuçlarına göre; obezite ve hava kirliliği arasındaki pozitif ilişki %44 çıkarken; veri sonuçlarının %44'ünün ilişkisel açıdan değersiz çıktığı, %12'sinin istatistiksel analizlerinin konudan bağımsız çıktığı sonucuna varılmıştır.[32]

Güney Afrika'da yapılan bu çalışmada, çocuklar üzerinde mevsimsel olarak iç mekândaki PM'lerin obezite ve kan basıncı ilişkisi incelenmiştir. Çalışmaya devlet okullarında 11, kentsel ve 12 kırsal sınıfta eğitim gören 10-14 yaş aralığında 411 çocuk katılmıştır. Çocukların antropometrik ve kan basıncı ölçümleri ilk olarak kış 2016 yılında; sonraki ölçümleri 6 ay sonra yaz 2017'de yapılmıştır. Çalışma sonucunda PM sayıları (PM_5 ve PM_{10}) hem yaz hem de kış aylarında kırsal sınıflarda daha yüksek bulunmuş, kışın kırsal sınıflarda yüksek olan $PM_{2,5}$, yazın kentsel sınıflarda daha yüksek bulunmuştur. Çocuklarda obezite prevalansı kentsel alanlarda yüksek iken, yüksek tansiyon kırsal alanlarda yüksek bulunmuştur. Obezitenin PM'lerinin çeyrekler arası aralığı [inter quantile range (IQR)] ile pozitif ilişkide olduğu,

kışın değil yaz aylarında PM'ler (PM_5 ve PM_{10}) ile sadece yaş, cinsiyet ve konum için ayarlama yapıldıktan sonra ilişkili olduğu bulunmuştur. Yaz aylarında kırsal kesimlerdeki çocuklarda obezite ve PM arasında pozitif bir ilişki bulunmuştur. Hem kış hem de yaz aylarında çocuklarda PM ile yüksek tansiyon arasında bir ilişki olmadığı bulunmuştur. Çalışmada çocukların sonuçlarını etkileyebilecek olan fiziksel aktivitenin izlenmediği belirtilmiştir ve daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğu belirtilmiştir.[33]

ERİŞKİNLERDE HAVA KİRLİLİĞİNİN OBEZİTEYLE İLİŞKİSİ

Metabolik hastalık geçirme riski taşıyan otuz aşırı kilolu/obez genç erişkin (18-26 yaş) üzerinde yapılan çalışmada, kara yoluna yakın hava kirleticilerine maruz kalma ve kandaki ve adipoz dokudaki adipokin konsantrasyonu arasındaki ilişki incelenmiş ve bu ilişkilerin kandaki ve adipoz dokudaki makrofaj ve T lenfosit hücre sayılarına etkisi incelenmiştir. Kara yoluna yakın hava kirleticilerinin genç erişkinlerde serum leptin seviyelerini artırabileceği ve kan ve adipoz dokuda proinflamatuar etki oluşturduğu belirtilmiştir. Kandaki T düzenleyici, T efektör, M1 (inflamatuar), M2 (antiinflamatuar) hücrelerinin medyan sayıları adipoz dokuya göre daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bölgesel hava kirleticileri ile adipokin arasında ilişki bulunamadığı belirtilmiştir.[34]

Bir başka çalışmada, Koreli 5.114 erişkin katılımcının olduğu bir çalışmada PM (PM_{10}) ve NO_2 gibi ortam hava kirleticilerine maruz kalmanın obezite ile ilişkisi incelenmiştir. Katılımcıların BKİ, bel çevresi (BÇ), vücut yağ yüzdesi (VYY) ve bilgisayarlı tomografi ile ölçülen abdominal yağ kütlesi gibi çeşitli parametreler kullanılmıştır. Nüfusun yaş ortalaması 53,5 olup, %70,9'u erkek ve %29,1'i kadındır. Katılımcıların ortalama yıllık PM_{10} ve NO_2 konsantrasyonları sırayla 49,4 µg/m³ ve 30,3 ppb ve her birinin IQR'leri sırayla 10 µg/m³ ve 14 ppb hesaplanmıştır. BKİ, BÇ ve VYY için ortalama değerler sırasıyla 24,2 kg/m², 86,7 cm ve %24,8 bulunmuştur. Sonuçlar, PM_{10} ve NO_2 içeren ortam hava kirliliğinin yağ dağılımı dâhil obeziteyi doğrudan etkilemediğini göstermektedir.[35]

Çin'de 47.204 erişkinin katılımıyla gerçekleşen çalışmada, ortam $PM_{2,5}$ ve güneş ışığına uzun süre maruz kalmanın, obezite üzerine etkisi incelenmiştir. Katılımcıların obezite veya abdominal obezite sırasıyla BKİ ve BÇ ölçümleri kullanılarak belirlenmiş ve 5 yıllık $PM_{2,5}$ ve güneş ışığına maruziyet verileri incelenmiştir. Katılımcıların 5.940'ında (%12,6) obezite ve 12.629'unda (%26,8) abdominal obezite bulunmuştur. Katılımcıların %55'inin kadın ve yaş ortalamasının 49,6±15,2 yıl olduğu belirtilmiştir. Obezitesi olanlar ile olmayanlar karşılaştırıldığında obezitesi olanların daha yaşlı, daha düşük eğitim seviyesinde olduğu, sigara içme ve sıklıkla alkol kullanımı gibi özellikleri olduğu görülmüştür. Beş yıllık maruz kalınan $PM_{2,5}$ seviyeleri 13,20 µg/m³ ile 73,13 µg/m³ arasında değişmektedir ve çalışan popülasyonun $PM_{2,5}$ seviyesi ise 46,62 µg/m³tür. Beş yıllık ortalama güneşlenme süresi günde 6,93 saat (1,61 saatlik SD) bulunmuş ve her şehrin farklı $PM_{2,5}$ ve güneşlenme süresi olduğu belirtilmiştir. Beş yıllık ortalama 10 µg/m³lük bir $PM_{2,5}$ seviye artışının obezite riski ile pozitif ilişkili olduğu ve abdominal obezite ile de pozitif anlamlı ilişkide olduğu belirtilmiştir. Güneşlenme süresi arttıkça, $PM_{2,5}$in obezite ve abdominal obezite riski arasında ters bir ilişki gözlenmiştir. En düşük risk orta güneşlenme süresi grubunda (7,18-8,37 saat/gün) ve en yüksek risk alt çeyrekte görülmüştür (3,21-5,34 saat/gün).[9]

Kentleşme, yeşil alan ve kirlilik artan kan basıncı ile güçlü bir şekilde ilişkilidir.[36,37] Hava kirliliği, orta ve düşük gelirli ülkelerin şehirlerinde 17 kat fazladır.[36,38] Kentli yoksullar sanayi tesislerine ve havayı kirleten diğer faktörlere yakın yaşadığından dolayı hava kirliliğinden orantısız bir şekilde daha çok etkilenmektedirler. Yeşil alanlar; hava, gürültü, ısı ve ışık gibi çevresel stres faktörlerinden etkilenmeyi azaltır. Yeşil alanlar fiziksel aktiviteyi, zihinsel sağlığın korunmasını ve sosyal etkileşimi artırır. Ağaçlık gölgelik alanların %1'lik artışı daha düşük hipertansiyonla ilişkilendirilmektedir. Kirli hava $PM_{2,5}$ gibi maddeleri içerir. PM akciğerlerde pulmoner oksidatif strese, sitokinlerin, aktive edilmiş bağışıklık hücrelerinin ve vazoaktif bileşenlerin salınımı ile başlayan iltihaplanmaya yol açmaktadır. Kirli havadaki çözünür bileşenler kan dolaşımına girerek alveolar membranı geçebilir, damar endotelini direkt etkileyerek vazokonstriksiyon ve damar sertliğine neden olabilir. Ayrıca PM otonom sinir sistemini uyararak sempatik

sinir sistemi aracılığıyla arteriyel vazokonstriksiyona neden olabilir. PM seviyesi önerilen miktarlara düşürülürse hipertansiyon görülme sıklığının azalabileceği belirtilmiştir.[36,37]

Hava kirliliği yoluyla vücuda alınan ağır metaller ve PM'ler akciğer kanseri gelişimi ve ilerlemesi, kardiyovasküler hastalıklar, testis kanseri, genetik değişiklikler, germ hücre genetik mutasyonları ile ilişkilendirilir. Hava kirliliği ile anormal sperm morfolojisi arasında bir bağlantı olduğu önceki yapılan çalışmalarda bulunmuştur. Sperm morfolojisinin erkek doğurganlık potansiyelini kesin olarak etkilediği gösterilmediği için bu bulgu şüpheli kabul edilmektedir.[39]

Çin'de 38.817 kişinin katıldığı bir çalışmada; sosyoekonomik durum, obezite ve hava kirliliği arasındaki ilişki incelenmiş. Bu çalışmada, yapısal denklem modellemesi uygulanarak sosyoekonomik durumla ilgili (eğitim seviyesi, medeni durum, ailenin yıllık geliri ve aile üyelerinin sayısı) hava kirliliği ile ilgili (PM≤1,0 μm, ≤2,5 μm veya ≤10 μm ve nitrojen dioksit) ve obezite ile ilgili (BKİ, BÇ, bel-kalça oranı, bel-boy oranı, VYY ve visseral yağ indeksi) alt değişkenler belirlenmiş. Doğrusal regresyon analizleri yapılarak değişkenler arasındaki ilişki araştırılmış. Sonuç olarak düşük sosyoekonomik durumun, hava kirliliğinin obezite üzerindeki olumsuz etkisini şiddetlendirdiğini göstermektedir. Böylece düşük sosyoekonomik durumdaki bireylerin, obezite riskinin artmasıyla ilişkili olarak hava kirliliğine daha fazla maruz kaldığı öne sürülmüştür.[40]

Altmış hane üzerinde iç mekân hava kirliliği ve obezite üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, 127 katılımcı BKİ'lerine göre gruplara ayrılmıştır. Katılımcıların 38'i aşırı kilolu veya obez, 89'u normal vücut ağırlığına sahiptir. Çalışmaya katılan aşırı kilolu veya obez olanların ortalama yaşları 41,84 ve normal kilolu olanların ortalama yaşları 43,92'dir. Çalışmaya katılan aşırı kilolu veya obez katılımcıların yarısından fazlası (%57,89) erkek olduğu belirtilmiştir. İç mekân hava toksinlerinin 12 ve 24 saatlik ortalama konsantrasyonları belirlenmiştir. $PM_{2,5}$, PM_{10} ve toplam uçucu organik maddelerin [total volatile organic compounds (TVOC)] konsantrasyonları sırayla $PM_{2,5}$ 27,61, PM_{10} 28,74 ve TVOC 112,48 μg/m^3 bulunmuştur ve sonuçlar 24 saatle karşılaştırılmıştır. On iki saatlik izlemeden sonra TVOC ve CO_2 ortalama ve 1/4'lük konsantrasyonları 24 saatlik izlemeden tutarlı bir şekilde daha yüksek bulunduğu belirtilmiştir. TVOC ve formaldehit konsantrasyonlarının CO_2 ile doğrusal olarak arttığı bulunmuştur. CO ve CO_2 arasında daha az güçlü ancak istatistiksel olarak anlamlı korelasyon gösterilmiştir. Sonuçlar, TVOC'nin obezite göstergeleri (BKİ, BÇ, VYY, viseral yağ ve yağ kütlesi) ile en güçlü korelasyonu gösterdiği ve bunu sırasıyla CO_2, CO ve formaldehit izlediği bulunmuştur. $PM_{2.5}$ ve PM_{10} konsantrasyonlarındaki IQR artışlarının, aşırı kiloluk, abdominal obezite veya yağ yüzdesindeki istatistiksel olarak anlamlı artışlarla ilişkisi olmadığı bulunmuştur. CO'ya maruz kalma konsantrasyonlarındaki her IQR artışı, aşırı kilo alma riskinin artması ile ilişkilendirilmiştir. CO_2ye IQR maruziyetin daha yüksek kiloluluk, abdominal obezite ve yüksek VYY ile ilişkilendirilmiştir. TVOC'lerdeki IQR artışı, yüksek BKİ, abdominal obezite olma, yüksek vücut yağ elde etmesi riski ile pozitif olarak ilişkilendirilmiştir. Formaldehit maruziyeti de aşırı kilolu olmakla ilişkilendirilmiştir.[14]

SONUÇ

Sonuç olarak, obezite halk sağlığını etkileyen ciddi bir sorundur. Obezitenin oluşmasına sebep olan faktörlerden birinin hava kirliliği olduğu yapılan bazı çalışmalarda kanıtlanmıştır. Bu çalışmalarda genel olarak hava kirliliğinin insanlarda abdominal obeziteyi, solunum yolu hastalıklarını, kalp-damar hastalılarını, yüksek tansiyon, diyabet ve kanser riskini artırdığı sonuçlarına ulaşılmıştır. Her ne kadar tam sonuç alınamasa da küçük yaşlarda hava kirliliği ile karşılaşan bireylerde de obezite riski artabilmektedir. Artan hava kirliliği ve buna maruziyetin artması olasılığı düşünüldüğünde; özellikle çocuklar hava kirliliğine bağlı gelişen obezite için risk altındadır. Çocukluk çağı obezitesinin, tüm yaşam kalitesini etkileyen uzun vadeli sağlık sorunlarına sebebiyet vermesi konuyu küresel bir halk sağlığı problemi hâline getirebilmektedir.

Hava kirliliği ciddi bir sorundur ve tüm ekosistem canlılarını bir şekilde etkilemektedir. Devletlerin bu konular ile ilgili çalışmalar yapıp, havadaki PM ve diğer kirleticilerin salınım miktarını azaltmak için yasa ve denetim yapmalıdır. Devlet ve yetkili organlar hava kirliliğini azaltmak için sanayide, ula-

şımda, enerji üretmede, kentsel planlamada, atık yönetiminde uygulanabilecek doğaya karşı zararlı etkisi olmayacak şekilde politikalar üretmeli ve uygulanmasını sağlamalıdır. Halk, ev içinde oluşabilecek hava kirliliğini hakkında bilgilendirilmelidir. Örneğin ev içi hava kirliliğini artıran pişirme yöntemleri azaltılmalı, temizlik maddeleri bilinçli kullanılmalı ve kapalı ortamlarda sigara içilmemesi önerilebilmektedir. Dış hava kalitesinin kötü olması ve yeşil alanların az olması insanları fiziksel, psikolojik ve sosyal olarak olumsuz etkilemektedir. Bu yüzden ağaçlık alanlar, parklar ve bisiklet yolları artırılarak hem hava kirliliği azaltılabilecek hem de insanların fiziksel olarak daha aktif olması sağlanarak birbirleri ile olan iletişimleri kolaylaşabilecektir.

Finansal Kaynak

Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı bulunan herhangi bir ilaç firmasından, tıbbi alet, gereç ve malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya herhangi bir ticari firmadan, çalışmanın değerlendirme sürecinde, çalışma ile ilgili verilecek kararı olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.

Çıkar Çatışması

Bu çalışma ile ilgili olarak yazarların ve/veya aile bireylerinin çıkar çatışması potansiyeli olabilecek bilimsel ve tıbbi komite üyeliği veya üyeleri ile ilişkisi, danışmanlık, bilirkişilik, herhangi bir firmada çalışma durumu, hissedarlık ve benzer durumları yoktur.

Yazar Katkıları

Fikir/Kavram: *Merve Yıldırım, Buse Aksoy, Aytekin İdikut, Zeynep Begüm Kalyoncu Atasoy;* ***Denetleme/Danışmanlık:*** *Zeynep Begüm Kalyoncu Atasoy;* ***Kaynak Taraması:*** *Merve Yıldırım, Buse Aksoy, Aytekin İdikut, Zeynep Begüm Kalyoncu Atasoy;* ***Makalenin Yazımı:*** *Merve Yıldırım, Buse Aksoy, Aytekin İdikut, Zeynep Begüm Kalyoncu Atasoy;* ***Eleştirel İnceleme:*** *Merve Yıldırım, Buse Aksoy, Aytekin İdikut, Zeynep Begüm Kalyoncu Atasoy.*

KAYNAKLAR

1. Baş M, Sağlam D. Yetişkinlerde ağırlık yönetimi. Alphan ME, ed. Hastalıklarda Beslenme Tedavisi. 2. Baskı. Ankara: Hatiboğlu Yayınları; 2013. p.135-276.
2. World Health Organization [Internet]. © 2022 WHO [Cited: June 9, 2021]. Obesity and overweight. Available from: [Link]
3. Toskala E, Kennedy DW. Asthma risk factors. Int Forum Allergy Rhinol. 2015;5 Suppl 1(Suppl 1):S11-6. [Crossref] [PubMed] [PMC]
4. Künzli N, Perez L, Rapp R. Air Quality and Health. Lausanne: European Respiratory Society; 2010. [Link]
5. Guarnieri M, Balmes JR. Outdoor air pollution and asthma. Lancet. 2014;383(9928):1581-92. [Crossref] [PubMed] [PMC]
6. Ha S, Sundaram R, Buck Louis GM, Nobles C, Seeni I, Sherman S, et al. Ambient air pollution and the risk of pregnancy loss: a prospective cohort study. Fertil Steril. 2018;109(1):148-53. [Crossref] [PubMed] [PMC]
7. Akbulut Zencirci S, Işıklı B. Hava kirliliği [Air pollution]. ESTÜDAM Halk Sağlığı Dergisi. 2017,2(2):24-36. [Link]
8. Schraufnagel DE, Balmes JR, Cowl CT, De Matteis S, Jung SH, Mortimer K, et al. Air pollution and noncommunicable diseases: a review by the forum of international respiratory societies' environmental committee, Part 2: air pollution and organ systems. Chest. 2019;155(2):417-26. [Crossref] [PubMed] [PMC]
9. Chen R, Yang C, Li P, Wang J, Liang Z, Wang W, et al. Long-term exposure to ambient PM2.5, sunlight, and obesity: a nationwide study in China. Front Endocrinol (Lausanne). 2022;12:790294. [Crossref] [PubMed] [PMC]
10. Wallwork RS, Colicino E, Zhong J, Kloog I, Coull BA, Vokonas P, et al. Ambient fine particulate matter, outdoor temperature, and risk of metabolic syndrome. Am J Epidemiol. 2017;185(1):30-9. [Crossref] [PubMed] [PMC]
11. Kim E, Park H, Park EA, Hong YC, Ha M, Kim HC, et al. Particulate matter and early childhood body weight. Environ Int. 2016;94:591-9. [Crossref] [PubMed]
12. Farhat T. Stigma, obesity and adolescent risk behaviors: current research and future directions. Curr Opin Psychol. 2015;5:56-66. [Crossref] [PubMed] [PMC]
13. Tacer LH. Hava kirliliği ve sağlığımız [Air pollution and our health]. Bilim ve Aklın Aydınlığında Eğitim. 2011;135:15-29. [Link]
14. Chen JK, Wu C, Su TC. Positive association between indoor gaseous air pollution and obesity: an observational study in 60 households. Int J Environ Res Public Health. 2021;18(21):11447. [Crossref] [PubMed] [PMC]
15. Sun J, Wang J, Yang J, Shi X, Li S, Cheng J, et al. Association between maternal exposure to indoor air pollution and offspring congenital heart disease: a case-control study in East China. BMC Public Health. 2022;22(1):767. [Crossref] [PubMed] [PMC]
16. Parasin N, Amnuaylojaroen T, Saokaew S. Effect of air pollution on obesity in children: a systematic review and meta-analysis. Children (Basel). 2021;8(5):327. [Crossref] [PubMed] [PMC]
17. World Health Organization [Internet]. © 2022 WHO [Cited: September 22, 2021]. Household air pollution and health. Available from: [Link]
18. World Health Organization [Internet]. © 2022 WHO [Cited: September 22, 2021]. Ambient (outdoor) air pollution. Available from: [Link]
19. Thurston GD, Kipen H, Annesi-Maesano I, Balmes J, Brook RD, Cromar K, et al. A joint ERS/ATS policy statement: what constitutes an adverse health effect of air pollution? An analytical framework. Eur Respir J. 2017;49(1):1600419. [Crossref] [PubMed] [PMC]

20. Aydınlar BA, Güven H, Kırksekiz S. Hava kirliliği nedir, ölçüm ve hava kalite modelleme yöntemleri nelerdir [What is air pollution, measurement and air what are quality modeling methods]. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Bölümü. 2009;1-19. [Link]
21. Heo YJ, Kim HS. Ambient air pollution and endocrinologic disorders in childhood. Ann Pediatr Endocrinol Metab. 2021;26(3):158-70. [Crossref] [PubMed] [PMC]
22. Sarni ROS, Kochi C, Suano-Souza FI. Childhood obesity: an ecological perspective. J Pediatr (Rio J). 2022;98 Suppl 1(Suppl 1):S38-S46. [Crossref] [PubMed] [PMC]
23. Jia P. Obesogenic environment and childhood obesity. Obes Rev. 2021;22 Suppl 1:e13158. [Crossref] [PubMed]
24. Wang Z, Zhao L, Huang Q, Hong A, Yu C, Xiao Q, et al. Traffic-related environmental factors and childhood obesity: a systematic review and meta-analysis. Obes Rev. 2021;22 Suppl 1(Suppl 1):e12995. [Crossref] [PubMed] [PMC]
25. Rice MB, Rifas-Shiman SL, Litonjua AA, Oken E, Gillman MW, Kloog I, et al. Lifetime exposure to ambient pollution and lung function in children. Am J Respir Crit Care Med. 2016;193(8):881-8. [Crossref] [PubMed] [PMC]
26. Zheng H, Xu Z, Wang Q, Ding Z, Zhou L, Xu Y, et al. Long-term exposure to ambient air pollution and obesity in school-aged children and adolescents in Jiangsu province of China. Environ Res. 2021;195:110804. [Crossref] [PubMed]
27. Zhang Z, Dong B, Chen G, Song Y, Li S, Yang Z, et al. Ambient air pollution and obesity in school-aged children and adolescents: a multicenter study in China. Sci Total Environ. 2021;771:144583. [Crossref] [PubMed]
28. Ng M, Fleming T, Robinson M, Thomson B, Graetz N, Margono C, et al. Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980-2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. Lancet. 2014;384(9945):766-81. Erratum in: Lancet. 2014;384(9945):746. [PubMed] [PMC]
29. Jerrett M, McConnell R, Chang CC, Wolch J, Reynolds K, Lurmann F, et al. Automobile traffic around the home and attained body mass index: a longitudinal cohort study of children aged 10-18 years. Prev Med. 2010;50 Suppl 1(0 1):S50-8. [Crossref] [PubMed] [PMC]
30. Alderete TL, Habre R, Toledo-Corral CM, Berhane K, Chen Z, Lurmann FW, et al. Longitudinal associations between ambient air pollution with insulin sensitivity, β-Cell function, and adiposity in Los Angeles latino children. Diabetes. 2017;66(7):1789-96. [Crossref] [PubMed] [PMC]
31. Lawrence WR, Yang M, Zhang C, Liu RQ, Lin S, Wang SQ, et al. Association between long-term exposure to air pollution and sleep disorder in Chinese children: the Seven Northeastern Cities study. Sleep. 2018;41(9). Erratum in: Sleep. 2018;41(9). [Crossref] [PubMed]
32. An R, Ji M, Yan H, Guan C. Impact of ambient air pollution on obesity: a systematic review. Int J Obes (Lond). 2018;42(6):1112-26. [Crossref] [PubMed]
33. Chungag A, Engwa GA, Sewani-Rusike CR, Nkeh-Chungag BN. Effect of seasonal variation on the relationship of indoor air particulate matter with measures of obesity and blood pressure in children. J Health Pollut. 2021;11(30):210610. [Crossref] [PubMed] [PMC]
34. Rahman MM, Liu FF, Eckel SP, Sankaranarayanan I, Shafiei-Jahani P, Howard E, et al. Near-roadway air pollution, immune cells and adipokines among obese young adults. Environ Health. 2022;21(1):36. [Crossref] [PubMed] [PMC]
35. Hwang SE, Kwon H, Jeong SM, Kim HJ, Park JH. Ambient air pollution exposure and obesity-related traits in Korean adults. Diabetes Metab Syndr Obes. 2019;12:1365-77. [Crossref] [PubMed] [PMC]
36. Schutte AE, Srinivasapura Venkateshmurthy N, Mohan S, Prabhakaran D. Hypertension in low- and middle-income countries. Circ Res. 2021;128(7):808-26. [Crossref] [PubMed] [PMC]
37. Astell-Burt T, Feng X. Urban green space, tree canopy and prevention of cardiometabolic diseases: a multilevel longitudinal study of 46 786 Australians. Int J Epidemiol. 2020;49(3):926-33. [Crossref] [PubMed] [PMC]
38. Anenberg SC, Achakulwisut P, Brauer M, Moran D, Apte JS, Henze DK. Particulate matter-attributable mortality and relationships with carbon dioxide in 250 urban areas worldwide. Sci Rep. 2019;9(1):11552. [Crossref] [PubMed] [PMC]
39. Krzastek SC, Farhi J, Gray M, Smith RP. Impact of environmental toxin exposure on male fertility potential. Transl Androl Urol. 2020;9(6):2797-813. [Crossref] [PubMed] [PMC]
40. Tu R, Hou J, Liu X, Li R, Dong X, Pan M, et al. Low socioeconomic status aggravated associations of exposure to mixture of air pollutants with obesity in rural Chinese adults: a cross-sectional study. Environ Res. 2021;194:110632. [Crossref] [PubMed]