

Elektronik Sigara Kullanımının Toksikolojik Açıdan Değerlendirilmesi

Toxicological Evaluation of Electronic Cigarette Use

Hatice ŞEN 

Gizem YILDIZTEKİN 

Department of Pharmaceutical Toxicology,
Erzincan Binali Yıldırım University, Faculty of
Pharmacy, Erzincan, Türkiye



ÖZ

Elektronik sigaralar (e-sigaralar), geleneksel tütün ürünlerine göre daha az zararlı olduğu iddiasıyla geliştirilmiş nikotin iletim sistemleri olup, özellikle adolesan bireyler arasında hızla yayılmaktadır. Ancak, e-sigaraların içerdiği kimyasallar ve aerosol bileşenlerinin toksikolojik profili hakkındaki bilgiler hala sınırlı düzeydedir. Bu çalışma, e-sigaralarda bulunan maddeleri toksikolojik açıdan değerlendirmeyi ve insan sağlığı üzerindeki potansiyel etkilerini literatür temelli olarak ortaya koymayı amaçlamaktadır. Araştırmada, e-sigaralarda yer alan nikotin, propilen glikol, gliserol, aroma maddeleri, ağır metaller ve aldehytlerin toksiste potansiyeli incelenmiştir. Elde edilen bulgular, e-sigaraların yalnızca nikotin bağımlılığını sürdürmekle kalmayıp; solunum, kardiyovasküler, ağız-diş sağlığı ve sinir sistemi üzerinde zararlı etkilere neden olabileceğini göstermektedir. Ayrıca, propilen glikol ve gliserolün ısı bozunumu sonucu ortaya çıkan aldehytlerin, oksidatif stres ve hücresel hasar süreçlerine katkıda bulunduğu bildirilmektedir. E-sigara kullanımının yaygın hale gelmesinin ruh sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yaratabileceği ve halk sağlığı açısından yeni tehditler oluşturabileceği sonucuna varılmıştır. Bu bağlamda, e-sigaraların bireysel ve toplumsal düzeyde sağlık riskleri taşıdığı ve düzenleyici politikaların geliştirilmesinin gerekliliği önemle vurgulanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Bağımlılık, elektronik sigara, halk sağlığı, nikotin, toksikoloji

ABSTRACT

Electronic cigarettes (e-cigarettes) are nicotine delivery systems developed with the claim that they are less harmful than traditional tobacco products and are rapidly spreading, especially among adolescents. However, knowledge about the toxicological profiles of the chemicals and aerosol constituents in e-cigarettes remains limited. This study aims to evaluate the substances present in e-cigarettes from a toxicological perspective and to identify their potential health effects based on the available literature. Specifically, the toxicological potential of nicotine, propylene glycol, glycerol, flavorings, heavy metals, and aldehydes was examined. The findings indicate that e-cigarettes not only sustain nicotine addiction but may also exert harmful effects on the respiratory, cardiovascular, oral and dental, and nervous systems. Furthermore, aldehydes generated through the thermal degradation of propylene glycol and glycerol are emphasized as contributors to oxidative stress and cellular damage. It has been concluded that widespread use of e-cigarettes may have negative effects on mental health and pose new threats to public health. Accordingly, the results highlight the need for the development of regulatory policies addressing e-cigarette use.

Keywords: Addiction, electronic cigarette, nicotine, public health, toxicology

Geliş Tarihi/Received 03.09.2025
Kabul Tarihi/Accepted 31.10.2025
Yayın Tarihi/Publication Date 02.11.2025

Sorumlu Yazar/Corresponding author:

Gizem Yıldıztekin

E-mail: gyildiztekin@erzincan.edu.tr

Cite this article: Şen, H., & Yıldıztekin, G. (2025). Toxicological Evaluation of Electronic Cigarette Use. *Current Research in Health Sciences*, 2(3), 148-156.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

Giriş

Tütün kullanımı, Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) verilerine göre her yıl milyonlarca kişinin erken ölümüne yol açan, önlenabilir önemli bir halk sağlığı sorunudur. Elektronik sigara (e-sigara) kullanımı son yıllarda hızla yaygınlaşmıştır. E-sigaralar, nikotin, propilen glikol, gliserol ve aroma maddeleri içeren sıvıların elektronik cihazlarla ısıtılarak aerosol formunda solunmasına dayanan nikotin iletim sistemleridir. Başlangıçta sigara bırakmaya yardımcı araçlar olarak sunulmalarına karşın, günümüzde birçok birey için nikotinle ilk tanışma aracı hâline gelmişlerdir. Bu durum, nikotin bağımlılığının erken yaşlara kaymasına ve geleneksel sigara kullanımına geçiş riskinin artmasına yol açmaktadır. Ayrıca, e-sigara bileşenleriyle ilgili uzun vadeli güvenlik verileri sınırlıdır; bu nedenle toksikolojik açıdan değerlendirilmesi ve insan sağlığı üzerindeki olası etkilerinin incelenmesi önem taşımaktadır.

Bu çalışmanın amacı, elektronik sigaralarda bulunan yukarıda bahsi geçen bileşenlerin toksikolojik profillerini incelemek ve bu maddelerin insan sağlığı üzerindeki potansiyel etkilerini literatür temelli olarak değerlendirmektir. Araştırmada özellikle aşağıdaki sorulara yanıt aranmıştır:

1. E-sigara içerdikleri başlıca bileşenlerin toksisite potansiyeli nedir?
 2. Bu bileşenlerin solunum, kardiyovasküler, ağız-diş ve sinir sistemi üzerindeki olası etkileri nelerdir?
 3. Adolesan bireyler arasında yaygın e-sigara kullanımının ruh sağlığı ve bağımlılık üzerindeki etkileri nelerdir?
 4. E-sigara halk sağlığı açısından taşıdığı riskler nelerdir?
- Bu çerçevede çalışma, literatürdeki mevcut bilgileri sistematik olarak derleyerek e-sigara toksikolojik değerlendirmesini ve potansiyel sağlık risklerini ortaya koymayı hedeflemektedir.

Elektronik Sigara Tarihçesi

E-sigara, 1963'te Herbert A. Gilbert tarafından "tütün içermeyen sigara" olarak bulunmuş, ancak günümüzde kullanılan modelin patenti 2003'te Çinli Hon Lik tarafından alınmış ve 2004'te piyasaya sürülmüştür. Başlangıçta sigarayı bırakmaya yardımcı bir yöntem olarak pazarlanan e-sigaralar, 2005–2006'dan itibaren Çin'den uluslararası pazarlara ihraç edilmeye başlanmıştır. Türkiye'de ise 2007–2008 yıllarında medya ve doğrudan pazarlama yoluyla geniş kitlelere ulaşmıştır (Borekci vd., 2015).

Elektronik Sigaranın Kullanımı ve Sınıflandırılması

E-sigaralar, nikotin, propilen glikol, gliserol ve aroma maddeleri içeren sıvıların elektronik cihazla ısıtılarak aerosol hâlinde solunmasına dayanır. Teknolojik gelişmelere paralel olarak farklı nesillerde sınıflandırılır: birinci nesil "cigalike", ikinci nesil "tank sistemi", üçüncü nesil "mod sistemi" ve dördüncü nesil "pod sistemler" dir (Şekil 1) (Stratton vd., 2018). Özellikle 2015'te piyasaya çıkan JUUL, yüksek nikotin içeriği ve kullanım kolaylığıyla dünya genelinde hızla yaygınlaşmıştır (Abdel-Sater, 2021; Gordon vd., 2022).

Şekil 1.

Sigara türleri



Ürünlerin tasarım ve mühendislikteki farklılıkları, aerosol partiküllerinin boyutu, dağılımı ve miktarında önemli bir rol oynamaktadır. E-likit/aerosolde bulunan kimyasalların ve nikotin seviyelerindeki değişkenlik, kullanıcıya iletilen aerosolün bileşiminde belirleyici rol oynamaktadır (Stratton vd., 2018).

Elektronik Sigaranın Tercih Nedenleri ve Risk Faktörleri

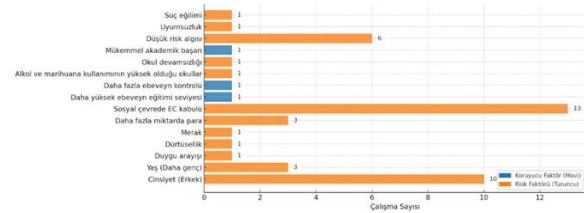
E-sigara kullanım oranlarının en yüksek olduğu yaş grubu, 15-25 yaş arası adolesan bireylerden oluşmaktadır. Adolesanların nikotine maruz kalması, beyin gelişimini olumsuz yönde etkileyebilir, dikkat ve öğrenme kapasitesinde düşüşe yol açabilir ve nikotin ya da kokain gibi diğer bağımlılık yapıcı maddelere karşı duyarlılığı artırabilir (Abdel-Sater, 2021).

E-sigaralar, düşük maliyetleri, çeşitli aroma seçenekleri, sosyal medyanın etkisiyle oluşan "daha sağlıklı alternatif" algısı ve hem kolay erişilebilir olmaları hem de tütün kokusu bırakmamaları nedeniyle gençler arasında yaygınlaşmaktadır (Sapru vd., 2020).

Villanueva-Blasco vd. (2025), adolesanlarda e-sigara kullanımının risk faktörlerini belirlemiş ve sosyal çevrenin kullanım üzerindeki güçlü etkisini ortaya koymuştur (Şekil 2) (Villanueva-Blasco vd., 2025). Araştırmalara göre, düşük risk algısı ve tatlandırıcı içerikli sıvıların çekiciliği, adolesanlarda e-sigara kullanımını teşvik eden faktörler arasındadır (Villanueva-Blasco vd., 2025).

Şekil 2.

E-sigara kullanımıyla ilişkili koruyucu ve risk faktörleri



Bircan vd., (2021), daha önce sigara kullanmamış bireylerde e-sigara kullanımının astım, KOAH ve astım-KOAH örtüşme sendromu (ACOS) ile ilişkili olabileceğini bildirmiştir. E-sigara kullanıcılarında bu solunum yolu hastalıklarının görülme sıklığının anlamlı derecede yüksek olduğu saptanmıştır. Ayrıca, nikotin ve e-sigara aerosollerinde bulunan toksik bileşenlerin endotel disfonksiyonuna yol açabileceği öne sürülmektedir (Bircan vd., 2021). Endotel disfonksiyonu; nitrik oksit (NO) biyoyararlanımında azalma, damar genişleme kapasitesinde

bozulma ve inflamatuvar süreçlerin tetiklenmesi gibi mekanizmalar aracılığıyla kardiyovasküler sistemi olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Alzahrani vd., 2018). Bu bulgular, e-sigara kullanımının hem solunum hem de kardiyovasküler sistem üzerinde kronik hastalık gelişimine zemin hazırlayabilecek bir risk faktörü olarak değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Elektronik Sigarada Bulunan Toksik Maddeler

Nikotin

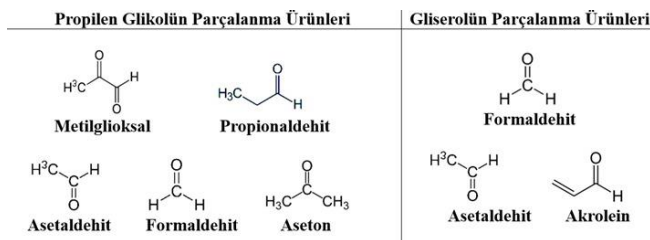
Nikotin, yüksek bağımlılık potansiyeli olan bir alkaloiddir ve ABD’de en sık kötüye kullanılan maddeler arasında yer almaktadır. Bu nedenle FDA, nikotin içeren tüm tütün ürünlerinde nikotin varlığına dair uyarı mesajlarının ve nikotin konsantrasyonunun açıkça belirtilmesini zorunlu kılmaktadır. Ancak bazı e-likit üreticileri, ürünlerini “nikotinsiz” olarak pazarlayarak tüketicileri yanıltabilmektedir. Malezya’da yapılan bir çalışmada, 35 nikotinsiz e-likitten 9’unda nikotin tespit edilmiş ve diğerlerinde beyan edilenden daha yüksek konsantrasyon bulunmuştur (Naeem vd., 2020). Bu durum, e-sigara likitlerinin üretim standartları ve kalite kontrol süreçlerinin sıkı denetlenmesi gerekliliğini ve sağlık açısından potansiyel riskleri göstermektedir (Bennani vd., 2020).

Diğer Maddeler

E-sigara aerosollerinde polisiklik aromatik hidrokarbonlar, tütüne özgü nitrozaminler (TSNA’lar), uçucu organik bileşikler (VOC), aldehytler ve ağır metaller tespit edilmiştir. Özellikle formaldehit ve akrolein, oksidatif stres ve inflamasyon üzerinden toksisiteye yol açmaktadır. Propilen glikol ve gliserolün yüksek sıcaklıklarda parçalanmasıyla toksik yan ürünler oluşurken, aroma maddelerinin ısı bozunması da yeni ve potansiyel olarak zararlı bileşikler ortaya çıkarmaktadır (Şekil 3) (Gordon vd., 2022; Kuntic vd., 2023).

Şekil 3.

Propilen glikol ve gliserinin ısı bozunma ürünleri



E-sigara buharında karbonil bileşikler, VOC, TSNA ve ağır metaller dahil olmak üzere çeşitli toksik maddeler saptanmıştır. Formaldehit, asetaldehit, akrolein, toluen ve nitrozaminler belirlenmiş; ayrıca kadmiyum (Cd), nikel (Ni) ve kurşun (Pb) izlerine rastlanmıştır (Tablo 1) (Borecki vd., 2015). Bu maddelerin seviyeleri geleneksel sigara dumanına göre 9–450 kat daha düşük

bulunmakla birlikte, bazı toksik bileşiklerin yalnızca e-sigara buharına özgü olduğu bildirilmiştir (Goniewicz vd., 2014).

Tablo 1.

E-sigara bulunan toksik maddeler ve geleneksel tütün sigarası ile karşılaştırılması

Toksik Madde	12 Farklı Marka E-Sigara 15 Nefes İçin Ortalama Düzeyler	Bir Sigaradaki Ana Akım Dumanındaki Ortalama Düzeyler
Formaldehit (µg)	0,2-5,61	1,6-52
Asetaldehit (µg)	0,11-1,36	52-140
Akrolein (µg)	0,07-4,19	2,4-62
o-metil-benzaldehit (µg)	0,13-0,71	
Toluen (µg)	0,0-0,63	8,3-70
p-m-ksilen (µg)	0,0-0,2	
NNN (ng)	0,0-0,0043	0,005-0,19
NNK (ng)	0,0-0,283	0,012-0,11
Kadmiyum (Cd) (ng)	0,0-0,022	
Nikel (Ni) (ng)	0,011-0,029	
Kurşun (Pb) (ng)	0,003-0,057	

* NNK: 4-(nitroso metil-amino)-1-(3-piridil)-bütanon; NNN: nitro-zonornikotin

Bu bulgular e-sigara kullanımının sigara bırakma veya zarar azaltma açısından potansiyel taşıya da, içerdiği toksik ve kimyasal maddeler nedeniyle tamamen güvenli değildir. Bu nedenle, e-sigara kronik maruziyet ile meydana gelebilecek etkilerinin kapsamlı ve kontrollü çalışmalarla daha fazla araştırılması gerekmektedir (Tablo 2) (Goniewicz vd., 2014).

Tablo 2.

Tütün dumanında belirlenen seçilmiş toksik bileşikler

Kimyasal Bileşikler	Toksik Etkiler
Karbonil bileşikler *Formaldehit *Asetaldehit *Akrolein	Sitotoksik, karsinojen, tahriş edici, pulmoner amfizem, dermatit
Uçucu organik bileşikler (VOC’ler) *Benzen *Toluen *Anilin	Kansorejen, hematotoksik, nörotoksik, tahriş edici
Nitrozaminler * NNN: nitro-zonornikotin *NNK: 4-(metilnitrosoamino)-1-(3-piridil)-1-bütanon *N’nitrosoetilometilamin	Karsinojen
Polisiklik aromatik bileşikler (PAH’lar) Benzo(a)piren, benzo(a)antrasen, dibenzo(a)antrasen	Karsinojen
Ağır metaller *Kadmiyum (Cd) *Kurşun (Pb) *Cıva (Hg)	Karsinojen, nefrotoksik, nörotoksik, hematotoksik

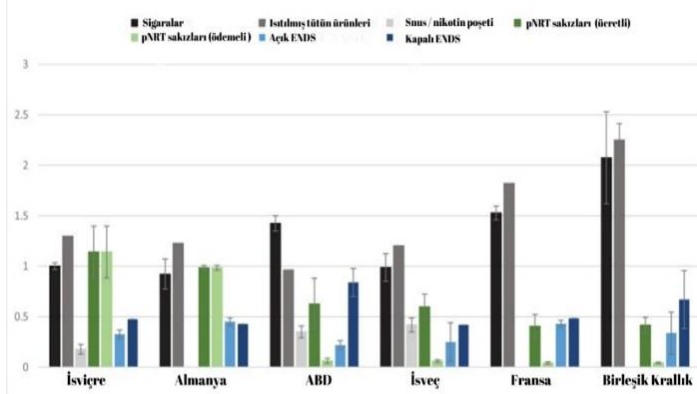
*Bu çalışmada analiz edilen bileşikler gösterir.

Elektronik Sigara Kullanımının Ekonomik Boyutu ve Sigara Bırakmadaki Rolü

Tütün ürünlerine uygulanan vergiler sigara kullanımını azaltmayı hedeflese de, nikotin bağımlısı bireyler daha güvenli ve ekonomik alternatifler arayışına yönelmektedir (Jakob vd., 2022).

Jakob vd. (2022) çalışması, İsviçre, Almanya, ABD, İsveç, Fransa ve Birleşik Krallık'ta sigara, ısıtılmış tütün ürünleri (HTP), farmasötik nikotin replasman terapileri (pNRT), snus/nikotin poşetleri ve elektronik nikotin iletim sistemleri (ENDS) maliyetlerini karşılaştırmış ve erişilebilirliklerini değerlendirmiştir (Şekil 4). Bulgular, sigara maliyetinin ülkeler arasında değiştiğini; açık sistem ENDS'lerin göreceli olarak düşük maliyetli, HTP'lerin ise geleneksel sigaralardan daha pahalı olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, devlet destekli pNRT uygulamalarının sigara bırakma çabalarında özellikle düşük gelirli bireyler için önemli bir rol oynayabileceği vurgulanmıştır (Jakob vd., 2022).

Şekil 4.
2019 yılında ülkeler arasında nikotin ürünlerinin göreceli maliyetleri



Not: * ENDS: elektronik nikotin taşıma sistemi, pNRT: farmasötik nikotin replasman tedavisi Paid = Eczane fiyatının %10'u kadar ödeme yapılır, çünkü maliyetlerin çoğu sağlık programları tarafından karşılanmaktadır. Kullanıcıya teslim edilen nikotinin eşdeğer miktarının maliyeti, ürünlerdeki nikotin yoğunluğuna ve nikotinin kana iletilme etkinliğine dayanmaktadır.

*Fiyat, satın alma gücü GSYİH'ye göre normalize edilmiştir. 1 değeri, İsviçre'deki bir sigara paketiyle karşılaştırıldığında göreceli maliyetin eşdeğer olduğunu gösterir. 1'den küçük değerler, verilen ürünle aynı nikotin alımının daha ucuz olduğunu; 1'den büyük değerler ise aynı nikotin alımının daha pahalı olduğunu gösterir. Maliyet aralıkları, Euromonitor Raporu 2019 ve snus/nikotin poşetleri için çevrimiçi satıcılardan alınmıştır.

Halk Sağlığı ve Politikalar

Halk sağlığı politikaları, sigara kullanımını azaltmayı hedeflerken hem geleneksel tütün ürünlerini hem de yeni nesil nikotin dağıtım sistemlerini kapsayacak şekilde tasarlanmalıdır. E-sigaralar, özellikle adolesan ve sigara kullanmamış bireylerde bağımlılık riski taşıdığından, politikaların koruyucu ve sigara bırakmayı destekleyecek şekilde çok boyutlu olması gerekmektedir (Bhalerao vd., 2019). Düzenlemeler ülkeden ülkeye farklılık göstermekte; FDA, nikotin içeren ürünlerde uyarı etiketi zorunluluğu getirirken, Türkiye'de 4207 sayılı Kanun kapsamında tütünü taklit eden ürünler de tütün ürünü sayılmakta

ve kapalı alanlarda kullanımı yasaklanmaktadır (Borekci vd., 2015).

Yurt dışından şahsi kullanım amacıyla e-sigara ve ilgili ürünlerin getirilmesine ilişkin 2020/7 Sayılı Genelge'ye göre, yolcular yalnızca kendi kullanımındaki elektronik cihazlarla belirli miktarlarda ürün getirebilmektedir: en fazla 200 ısıtılmış tütün ürünü, toplam 30 ml'yi aşmayan e-sigara kartuşu/solüsyonu ve en fazla 3 tek kullanımlık e-sigara. Belirlenen sınırların üzerindeki ürünlere gümrükte el konulmakta ve yasal süre içinde teslim alınmazsa imha edilmektedir (Eke ve Yüce, 2022).

Elektronik Sigara Kullanımının Sosyal ve Psikolojik Etkileri

Yetişkin bireyler arasında da e-sigara kullanımındaki artışa paralel olarak, bu davranış biçiminin yalnızca fiziksel değil, aynı zamanda ruh sağlığı üzerindeki etkileri de araştırmalara konu olmuştur. 2017 yılına ait Davranışsal Risk Faktörü Gözetim Sistemi (BRFSS, Behavioral Risk Factor Surveillance System) verilerine dayanan bir çalışmada (n=11.918); mevcut e-sigara kullanıcılarının %32,4'ü depresyon yaşadığını bildirirken, bu oran geçmiş e-sigara kullanıcılar arasında %27,3, daha önce e-sigara kullanmayanlar arasında ise %16,0 olarak bulunmuştur (Saeed vd., 2020). Ayrıca, e-sigara kullanımı adolesan kadınlarda intihar girişimi riskini artırmaktadır (Lee ve Lee, 2019).

Mevcut çalışmaların büyük çoğunluğu kesitsel olduğundan, neden-sonuç ilişkileri net değildir; bu nedenle e-sigaranın uzun vadeli psikiyatrik etkilerini değerlendirmek için daha fazla boylamsal çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Elektronik Sigaraların Ağız ve Diş Sağlığı Üzerine Etkileri

Ağız boşluğu, kommensal ve patojenik bakterileri barındıran yoğun mikrobiyal bir ekosistemdir ve Streptococcus türleri oral homeostazda kritik rol oynar. E-sigara ve geleneksel sigara kullanımı, mikrobiyal dengeyi bozarak tükürükte ürik asit artışı ve total antioksidan kapasite azalmasına yol açmakta, periodontal dokularda oksidatif stres riskini artırmaktadır (Xu vd., 2022; Iruşu vd., 2020; Cichońska vd., 2021).

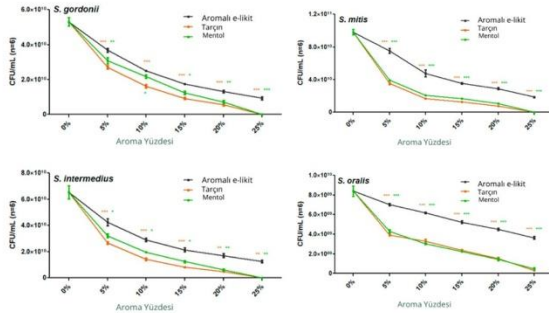
E-sigara kullanıcılarının tükürük mikrobiyomunda Porphyromonas ve Veillonella gibi Gram-negatif bakterilerin anlamlı düzeyde arttığı, mikrobiyal kompozisyonun sağlıklı bireylere kıyasla belirgin farklılık gösterdiği saptanmıştır (Pushalkar vd., 2020).

Nikotin, propilen glikol, gliserin ve aroma bileşenleri kısa süreli kullanımda bile gingival inflamasyonu artırmakta, gliserol biyofilm oluşumunu destekleyerek çürük riskini yükseltmekte ve nikotin açısından zengin buhar Candida albicans'ın patojenitesini artırmaktadır (Iruşu vd., 2020; Wadia vd., 2016; Alanazi vd., 2019).

Aroma katkı maddeleri, özellikle tarçın ve mentol, kommensal Streptococcus türlerinin biyofilm oluşumunu inhibe etmekte, diğer aromalar ise daha hafif etkiler göstermektedir (Şekil 5) (Xu vd., 2022) Ayrıca propilen glikol ve gliserolün biyofilm oluşumunu baskıladığı, aromaların ise bu etkiyi güçlendirdiği ortaya konmuştur (Xu vd., 2022).

Şekil 5.

E-sigara likitlerinde bulunan aroma katkı maddelerinin kommensal streptokok türlerinin biyofilm oluşumu üzerindeki inhibitör etkisi



Mevcut veriler, e-sigara kullanımının gingival, periodontal ve implant sağlığını olumsuz etkileyebileceğini göstermekte olup, bu etkilerin şiddeti nikotin konsantrasyonu, cihazın ısı çıkışı, kullanım sıklığı ve bireysel yanıt gibi faktörlere bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Irusa vd., 2020).

Elektronik Sigaraların Kardiyovasküler Sistem Üzerine Etkileri

Endotelial hücreler, vasküler tonus, inflamatuvar yanıt ve hemostazın düzenlenmesinde kritik rol oynarken, e-sigara aerosolündeki nikotin ve toksik bileşenler endotel disfonksiyonuna yol açmakta, nitrik oksit biyoyararlanımını azaltmakta ve inflamasyonu tetikleyerek kardiyovasküler bütünlüğü bozabilmektedir (Tablo 3) (Alzahrani vd., 2018; Khadka vd., 2021). Nikotin, sempatik sinir sistemi aktivasyonunu artırarak kalp hızı ve kardiyak debiyi yükseltmekte, ayrıca makrofaj aracılı sitokin salınımını uyarak ateroskleroz gelişimine katkıda bulunmaktadır. Trombosit aktivasyonu ve koagülasyon kaskadının uyarılması da nikotin pro-trombotik etkileri arasındadır (Espinoza-Derout vd., 2022).

Otonom sinir sistemi üzerine etkiler incelendiğinde, e-sigara kullanıcılarında kalp hızı değişkenliğinde (HRV) vagal tonusun azaldığı ve sempatik tonusun arttığı saptanmış olup, bu değişim kardiyak olay riskinde artışla ilişkilendirilmiştir (Şekil 6) (Moheimani vd., 2017). Ayrıca, günlük e-sigara kullanımının miyokard enfarktüsü riskini yaklaşık 1.8 kat artırdığı bildirilmiştir (Alzahrani vd., 2018). Nikotin içermeyen aerosollerin dahi C-reaktif protein ve ICAM-1 düzeylerinde artışa neden olarak vasküler inflamasyonu tetiklediği gösterilmiştir (Chatterjee vd., 2019).

Deneyisel çalışmalar, e-sigara bileşenlerinden akrolein, asetaldehit ve formaldehitin kardiyotoksik ve pro-aterojenik etkiler gösterebildiğini; aromatik katkı maddelerinin ise endotel disfonksiyonu ve kardiyomiyosit hasarına yol açabileceğini

göstermektedir (Espinoza-Derout vd., 2022; Takeshita vd., 2009). Ayrıca, e-sigara kullanımının oksidatif stresi artırarak LDL oksitlenebilirliğini yükselttiği ve trombosit aktivasyonunu teşvik ettiği bildirilmiştir (Moheimani vd., 2017).

E-sigara kullanımının sempatik aktivasyon, inflamasyon ve trombosit aktivasyonu yoluyla kardiyovasküler riskleri yükseltebileceğini ve halk sağlığı açısından yeniden değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Tablo 3.

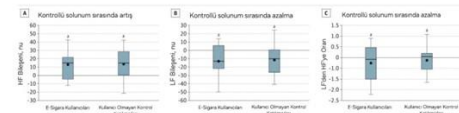
E-sigara bileşenleri ve kardiyovasküler etkileri

E-Sigaradaki Madde	Patolojik Mekanizmalar	Kardiyovasküler Etkiler
Nikotin	Sempatik aktivasyon	Periferik ve koroner ateroskleroz
	Endotel disfonksiyonu/iltihaplanması	İskemik kalp hastalığı/MI
	Anjiyogenez	Tromboz
	Kalp yeniden şekillenmesi	Hipertansiyon
Karbonil türevleri maddeler	Oksidatif stres ↑	Taşikardi/aritmi
	Trombosit aktivasyonu ↑	
	Antikoagülasyon aktiviteleri ↓	
	Endotel disfonksiyonu/iltihaplanması	Periferik ve koroner ateroskleroz
Partiküle maddeler	Oksidatif stres ↑	İskemik kalp hastalığı/MI
	Trombosit aktivasyonu ↑	Kardiyomiyopati
	Antikoagülasyon aktiviteleri ↓	Konjestif kalp yetmezliği
	Oksidatif stres ↑	Tromboz
Aroma verici maddeler	Trombosit aktivasyonu ↑	Hipertansiyon
	Antikoagülasyon aktiviteleri ↓	Tromboz
	Endotel disfonksiyonu/iltihaplanması	Kardiyomiyopati
		Konjestif kalp yetmezliği

*↑ artış; ↓ azalma

Şekil 6.

E-sigara kullanıcıları ve kullanmayan bireylerde otonom sinir sistemi aktivitesine ilişkin HRV parametreleri (HF, LF ve LF/HF oranı)



Not: *Vagal aktivitenin bir göstergesi olan yüksek frekans (HF) bileşeni, e-sigara kullanıcılarında, e-sigara kullanmayan bireylere kıyasla anlamlı düzeyde azalmıştır (ortalama [standart hata], 46,5 [3,7] birim vs 57,8 [3,6] birim; $p = .04$). Buna karşılık, düşük frekans (LF) bileşeni (ortalama [standart hata], 52,7 [4,0] birim vs 39,9 [3,8] birim; $p = .03$) ve LF/HF oranı (1,37 [0,19] vs 0,85 [0,18]; $p = .05$), e-sigara kullanıcılarında anlamlı şekilde yüksek bulunmuş ve bu durum, artmış sempatik aktiviteyi (sempatik baskınlığı) göstermektedir. Bu etkiler, plazmada nikotin tespit edilmemesine rağmen gözlemlenmiştir, yani bireyler son zamanlarda e-sigara kullanmamış olsalar da bu otonomik değişiklikler devam etmektedir.

Elektronik Sigaraların Akciğer Fonksiyonları ve Solunum Sistemi Üzerine Etkileri

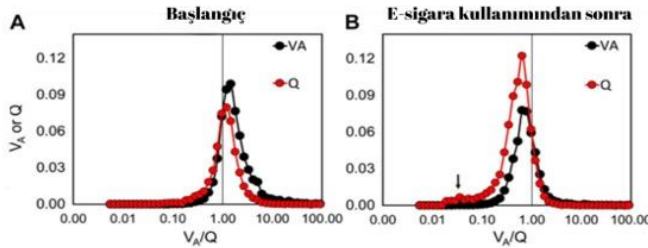
Son yıllarda yapılan çalışmalar, e-sigara kullanımının solunum sistemi üzerinde ciddi riskler taşıdığını göstermektedir. Aerosollerdeki toksik kimyasallar ve metaller inflamatuvar ve oksidatif süreçleri

tetikleyerek akciğer fonksiyonlarını bozmakta; akrolein astım, KOAH ve akciğer kanseri riskini artırırken, nikel, krom, kurşun, mangan ve kalay da çeşitli toksik etkilere yol açmaktadır. Ayrıca, diasetil içeren aromalar bronşiolitis obliterans ("popcorn lung") ile ilişkilendirilmiş ve 2019'da ABD'de görülen EVALI vakalarında bronkoalveolar örneklerde yüksek E vitamini asetatı tespit edilmiştir (Almeida-da-Silva vd., 2021; Alshareef ve Omaye, 2021; Irua vd., 2020).

Kısa vadeli etkiler incelendiğinde, nikotin içermeyen e-sigara solunum fonksiyonlarında sınırlı değişikliklere yol açtığını, ancak nikotinli ürünlerin ve tütün sigaralarının daha belirgin düşüşlere neden olduğu göstermektedir (Ferrari vd., 2015). Kizhakke Puliyakote vd. (2021) tarafından proton manyetik rezonans görüntüleme (MRI) ile yürütülen çalışmada, e-sigara kullanımının genç ve asemptomatik bireylerde dahi ventilasyon-perfüzyon ($\dot{V}_A/\dot{Q}$) uyumunu akut olarak bozduğu gösterilmiştir (Şekil 7) (Kizhakke Puliyakote vd., 2021).

Şekil 7.

E-sigara sonrası ventilasyon-perfüzyon ($\dot{V}_A/\dot{Q}$) değişimi



Not: *A: başlangıçtaki ventilasyon ve perfüzyon histogramları. B: vaping sonrası ilgili grafiklere karşılık gelir. Dağılımlarda daha düşük $\dot{V}_A/\dot{Q}$ oranlarına doğru bir kayma ve elektronik sigara sonrası dağılımların genişliğinde bir artış vardır. B'deki ok, düşük $\dot{V}_A/\dot{Q}$ oranı bölgelerine artan perfüzyon modunu göstermektedir.

Polosa ve arkadaşları (2017) tarafından yapılan prospektif çalışmada, daha önce sigara kullanmamış genç erişkinlerde 3,5 yıllık e-sigara kullanımının solunum parametrelerinde anlamlı değişikliğe yol açmadığı bildirilmiş; ancak örneklem büyüklüğü ve takip süresi sınırlılık olarak belirtilmiştir (Polosa vd., 2017).

Sonuç olarak, e-sigara aerosollerindeki toksinler ve aromatik katkılar kısa ve uzun vadede solunum sistemi üzerinde riskler barındırmakta; EVALI gibi ciddi tablolar, diasetil ilişkili bronşiolitis obliterans ve ventilasyon-perfüzyon uyumsuzluğu bu risklerin somut örnekleri olarak öne çıkmaktadır. Ancak, kronik maruziyet durumunda görülebilecek etkiler konusunda belirsizlikler devam etmektedir.

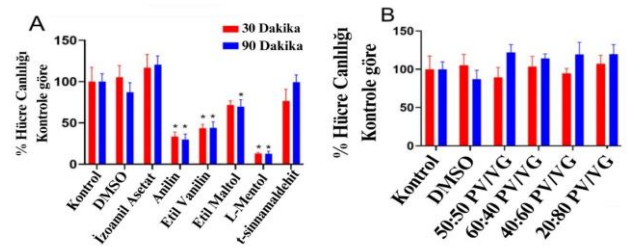
Elektronik Sigaraların Karaciğer Üzerine Etkileri

E-sigara solunum fonksiyonları üzerindeki toksik etkileri yalnızca nikotine bağlı olmayıp, aldehytlar, ağır metaller ve özellikle aroma katkıları da hepatik toksite açısından önemli bir risk oluşturmaktadır. Nitekim Rickard vd. (2021) insan hepatoma hücre hattı (HepG2) üzerinde yürüttükleri in vitro çalışmada, vanilin, etil vanilin, etil maltol ve trans-sinamaldehit gibi aroma bileşenlerinin hücre canlılığını anlamlı düzeyde azalttığı, bu

etkinin tekrarlayan maruziyetlerle daha da belirgin hâle geldiği bildirilmiştir (Şekil 8). Ayrıca, PG/VG bazlı aroma karışımlarının da hepatosit canlılığı üzerinde baskılayıcı etkilere yol açtığı belirtilmiştir. Bu bulgular, e-sigara kullanımına bağlı karaciğer toksisitesinin yalnızca nikotin maruziyeti ile açıklanamayacağını, aroma bileşenlerinin de bağımsız bir toksik etkiye sahip olduğunu göstermektedir (Rickard vd., 2021).

Şekil 8.

E-sigara likitlerinde bulunan aroma bileşiklerinin insan hepatoma hücre hattı (HepG2) üzerindeki sitotoksik etkileri



Elektronik Sigara Patlamalarına Bağlı Yanıklar ve Yaralanmalar

E-sigara, lityum iyon pil, atomizör ve nikotin içeren kartuşlardan oluşmakta olup; özellikle 18650 tipi korunmasız lityum iyon piller aşırı ısınma, kısa devre veya aşırı şarj durumunda patlayarak ciddi termal yaralanmalara yol açabilmektedir (Gibson vd., 2019).

E-sigara kaynaklı yaralanmalar 2015 sonrası artmış, çoğunlukla erkeklerde ve uyluk ile ellerde görülmüş; genellikle ikinci derece yanıklar olmakla birlikte, bazı vakalarda üçüncü derece yanık ve cerrahi müdahale gerekmektedir (Şekil 9) (Freystätter vd., 2025; Gibson vd., 2019).

Şekil 9.

E-sigara bağlı yanık yaralar



Not: *Başvuru anında: Her iki üst uyluk ve mons pubis (a), sol el volar yüzeyi (b). Ameliyat sırasında: Nekrozektomi ve split-thickness deri grefti sonrasında sağ üst uyluk ve mons pubis (c). Ameliyattan 13 gün sonra: Her iki üst uyluk ve mons pubis iyileşmiş durumda (d).

2018'de e-sigara patlamasına bağlı ilk ölüm bildirilmiş (Seitz ve Kabir, 2018), ayrıca göz yaralanmaları (Paley vd., 2016), ağız içi doku kayıpları ve diş travmaları da rapor edilmiştir (Şekil 10) (Rogér vd., 2016). ABD verilerine göre, 2015–2017 arasında 2.035

kişi e-sigara patlamalarına bağlı yanık nedeniyle acil servise başvurmuş olup, 2010–2019 döneminde toplam 19.306 maruziyet vakası kaydedilmiş ve bunlardan 69'u yanık olgusu olarak bildirilmiştir (Rogér et al., 2016). Bu bulgular, patlamaların sanıldan daha yaygın olabileceğini düşündürmektedir. Hasarlı pillerin kullanılmaması, pillerin metal nesnelerden izole edilmiş özel kutularda saklanması ve cihazın giysi dışında tutulması önerilmektedir. Ayrıca, yanık olgularının sistematik olarak kaydedilmesi, risk faktörlerinin daha doğru belirlenmesine katkı sağlayacaktır (Freystätter vd., 2025; Gibson vd., 2019).

Şekil 10.

Dış kayıpları ve ağız dokularında travma



Elektronik Sigara ile İlişkili Maruziyetler

E-sigara siviları yüksek oranda nikotin içerdiğinden, küçük miktarlarda bile ciddi toksisite riski taşımaktadır. İnsanlar için potansiyel olarak ölümcül nikotin dozu, pek çok kaynaktan 1 mg/kg olarak bildirilmektedir (Howard, 2016). Özellikle çocuklarda uygun ambalajlama eksikliği ve ürünlerin ev içinde kolay erişilebilir biçimde saklanması, kazara maruziyetleri artıran en önemli faktörler arasında yer almaktadır (Normandin & Benotti, 2015). Nikotin toksisitesi, erken dönemde bulantı, kusma ve taşikardi gibi semptomlarla başlarken, ileri dönemde bradikardi, hipotansiyon ve solunum depresyonu gibi ciddi tablolar gelişebilmektedir (Howard, 2016). ABD ve CDC verileri, 2010–2014 yılları arasında e-sigara likitlerine bağlı maruziyet vakalarının belirgin bir artış gösterdiğini ve özellikle 5 yaş altı çocukların risk altında olduğunu ortaya koymaktadır (Normandin ve Benotti, 2015; Vakkalanka vd., 2014).

Elektronik Sigaraların Kanseri Gelişimi ile İlişkisi

E-sigara buharına uzun süreli maruziyetin biyolojik etkilerini inceleyen deneysel araştırmalar, bu ürünlerin potansiyel sağlık risklerini göstermektedir. Tang ve arkadaşları (2019), nikotin içeren e-sigara aerosolüne maruz kalan farelerde kontrol grubuna kıyasla akciğer tümörleri ve prekanseröz değişiklikler gözlemlerken, Alshareef ve Omaye (2021) yalnızca 12 haftalık maruziyetin mesane, akciğer ve kalp dokularında DNA hasarına yol açtığını bildirmiştir (Alshareef ve Omaye, 2021; Tang vd., 2019).

Gen ekspresyonu analizleri, e-sigara kullanıcılarında özellikle kanser ile ilişkili yolların etkilenebileceğini göstermektedir (Tommasi vd., 2019). Anderson vd. (2016) ise e-sigara aerosolünün reaktif oksijen türlerinin (ROS) üretimini artırdığını, DNA hasarına yol açtığını ve hücre canlılığını azalttığını saptamış; antioksidan müdahalelerle bu etkiler kısmen azaltılmıştır (Anderson vd., 2016).

E-sigaranın içerdiği toksik bileşenler, farklı organ sistemleri üzerinde çok yönlü olumsuz etkilere neden olabilmektedir. Bu etkiler Şekil 11'de özetlenmiştir.

Şekil 11.

Elektronik sigaranın olası olumsuz etkileri



Sonuç olarak tüm bu bulgular, e-sigara kullanımının hem kısa hem de uzun vadede sağlık açısından risk oluşturduğunu ve özellikle kanser gelişimiyle ilişkili moleküler mekanizmaları tetikleyebileceğini göstermektedir.

Sonuç

Geleneksel tütün ürünlerinin yol açtığı sağlık sorunları, dünya genelinde her yıl milyonlarca insanın yaşamını etkilemekte ve tütün kontrolü politikalarının öncelikli bir halk sağlığı meselesi haline gelmesine neden olmaktadır. Bu bağlamda e-sigara, özellikle son on yılda sigara bırakma amacıyla kullanılan bir alternatif olarak öne çıkmış; daha az toksik madde içerdikleri ve duman yerine aerosol üretmeleri nedeniyle “zarar azaltıcı” bir araç olarak değerlendirilmiştir. Ancak deneysel ve epidemiyolojik bulgular, e-sigara kısa ve uzun vadeli sağlık riskleri taşıdığını ve potansiyel olarak kanser gelişimi gibi ciddi sonuçlara neden olabileceğini göstermektedir. Ayrıca fiziksel riskler (ör. pil patlamaları) ve kazara maruziyetler, ciddi yanıklar ve toksik tablolar ile sonuçlanabilmektedir.

Sonuç olarak e-sigara halk sağlığı açısından net bir konumlandırması bulunmamakta, bireysel ve toplumsal düzeyde sağlık riskleri taşımaktadır. Bu nedenle, kamu politikalarının gençleri koruyacak, sigara bırakmayı destekleyecek ve ürün güvenliğini artıracak çok boyutlu stratejiler içermesi büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, uzun vadeli etkilerin anlaşılması ve toksikolojik risklerin daha iyi değerlendirilmesi amacıyla ileriye dönük kapsamlı çalışmaların yapılması gerekmektedir (Bhalerao et al., 2019; Köseoğlu et al., 2014).

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Yazar Katkıları: Konsept – G.Y.; Tasarım – G.Y.; Denetim – G.Y.; Literatür Taraması – H.S.; El Yazımı – G.Y., H.S.; Eleştirel İnceleme – G.Y.

Çıkar Çatışması: Yazarlar, çıkar çatışması olmadığını beyan etmiştir.
Finansal Destek: Yazarlar, bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.
Yapay Zeka Kullanımı: Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde herhangi bir yapay zeka aracı kullanılmamıştır.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Author Contributions: Concept – G.Y.; Design – G.Y.; Supervision – G.Y.; Literature Search – H.S.; Writing Manuscript – G.Y., H.S.; Critical Review – G.Y.

Conflict of Interest: The authors have no conflicts of interest to declare.

Financial Disclosure: The authors declared that this study has received no financial support.

Use of Artificial Intelligence: No artificial intelligence tools were used in the preparation of this manuscript.

Kaynaklar

- Abdel-Sater, K. A. (2021). Impact of electronic cigarettes on the liver. *Novel Techniques in Nutrition & Food Science*, 6(2). <https://doi.org/10.31031/NTNF.2021.06.000633>
- Alanazi, H., Semlali, A., Chmielewski, W., & Rouabhia, M. (2019). E-Cigarettes Increase Candida albicans Growth and Modulate its Interaction with Gingival Epithelial Cells. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(2), 294. <https://doi.org/10.3390/ijerph16020294>
- Almeida-da-Silva, C. L. C., Matshik Dakafay, H., O'Brien, K., Montierth, D., Xiao, N., & Ojcius, D. M. (2021). Effects of electronic cigarette aerosol exposure on oral and systemic health. *Biomedical Journal*, 44(3), 252–259. <https://doi.org/10.1016/j.bj.2020.07.003>
- Alshareef, H., & Omaye, S. (2021) Toxicology of commonly found ingredients in e-cigarettes: a brief review. *Health*, 13, 1396-1409. <https://doi.org/10.4236/health.2021.1311100>
- Alzahrani, T., Pena, I., Temesgen, N., & Glantz, S. A. (2018). Association between electronic cigarette use and myocardial infarction. *American Journal of Preventive Medicine*, 55, 455–461. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2018.05.004>
- Anderson, C., Majeste, A., Hanus, J., & Wang, S. (2016). E-cigarette aerosol exposure induces reactive oxygen species, DNA damage, and cell death in vascular endothelial cells. *Toxicological Sciences*, 154, 332–340. <https://doi.org/10.1093/TOXSCI/KFW166>
- Bennani, I., Alami Chentoufi, M., El Karbane, M., Cheikh, A., & Bouatia, M. (2020). E-cigarette quality control: impurity and nicotine level analysis in electronic cigarette refill liquids. *The Scientific World Journal*, 2020, 1–7. <https://doi.org/10.1155/2020/3050189>
- Bhalerao, A., Sivandzade, F., Archie, S. R., & Cucullo, L. (2019). Public health policies on e-cigarettes. *Current Cardiology Reports*, 21(10), 111. <https://doi.org/10.1007/s11886-019-1204-y>
- Bircan, E., Bezirhan, U., Porter, A., Fagan, P., & Orloff, M. S. (2021). Electronic cigarette use and its association with asthma, chronic obstructive pulmonary disease (COPD) and asthma-COPD overlap syndrome among never cigarette smokers. *Tobacco Induced Diseases*, 19, 23. <https://doi.org/10.18332/tid/132833>
- Borekci, S., Bilir, N., Karlikaya, C., & Tobacco Working Group, T. (2015). A new area to fight: electronic cigarette. *Eurasian Journal of Pulmonology*, 17(2), 80–84. <https://doi.org/10.5152/ejp.2015.65375>
- Chatterjee, S., Tao, J. Q., Johncola, A., Guo, W., Caporale, A., Langham, M. C., & Wehrli, F. W. (2019). Acute exposure to e-cigarettes causes inflammation and pulmonary endothelial oxidative stress in nonsmoking, healthy young subjects. *American Journal of Physiology - Lung Cellular and Molecular Physiology*, 317, L155–L166. <https://doi.org/10.1152/ajplung.00110.2019>
- Cichońska, D., Król, O., Słomińska, E. M., Kochańska, B., Świetlik, D., Ochocińska, J., & Kusiak, A. (2021). Influence of electronic cigarettes on antioxidant capacity and nucleotide metabolites in saliva. *Toxics*, 9. <https://doi.org/10.3390/toxics9100263>
- Eke, B. C., & Yüce, Y. (2022). Legal regulations regarding new and developing nicotine and tobacco products in Turkey. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 79, 567–578. <https://doi.org/10.5505/TurkHijyen.2022.36974>
- Espinoza-Derout, J., Shao, X. M., Lao, C. J., Hasan, K. M., Rivera, J. C., Jordan, M. C., Echeverria, V., Roos, K. P., Sinha-Hikim, A. P., & Friedman, T. C. (2022). Electronic cigarette use and the risk of cardiovascular diseases. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, 9, 879726. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.879726>
- Ferrari, M., Zanasi, A., Nardi, E., Morselli Labate, A. M., Ceriana, P., Balestrino, A., Pisani, L., Corcione, N., & Nava, S. (2015). Short-term effects of a nicotine-free e-cigarette compared to a traditional cigarette in smokers and non-smokers. *BMC Pulmonary Medicine*, 15. <https://doi.org/10.1186/s12890-015-0106-z>
- Freystätter, C., Staud, C., Fast, A., Tratnig-Frankl, P., Ihra, G., & Radtke, C. (2025). Fake smoke, real fire: a retrospective single-center analysis of the underestimated risk of e-cigarette explosions and the typical burn patterns. *Wiener Klinische Wochenschrift*. <https://doi.org/10.1007/s00508-025-02520-y>
- Gibson, C. J. S., Eshraghi, N., Kemalyan, N. A., & Mueller, C. (2019). Electronic cigarette burns: a case series. *Trauma (United Kingdom)*, 21, 103–106. <https://doi.org/10.1177/1460408617738812>
- Goniewicz, M. L., Knysak, J., Gawron, M., Kosmider, L., Sobczak, A., Kurek, J., Prokopowicz, A., Jablonska-Czapla, M., Rosik-Dulewska, C., Havel, C., Jacob, P., & Benowitz, N. (2014). Levels of selected carcinogens and toxicants in vapour from electronic cigarettes. *Tobacco Control*, 23(2), 133–139. <https://doi.org/10.1136/tobaccocontrol-2012-050859>
- Gordon, T., Karey, E., Rebuli, M. E., Escobar, Y.-N. H., Jaspers, I., & Chen, L. C. (2022). E-cigarette toxicology. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*, 62(1), 301–322. <https://doi.org/10.1146/annurev-pharmtox-042921-084202>
- Howard, C. (2016). A new source for nicotine exposures in pediatric patients: electronic cigarettes. *Journal of Emergency Nursing*, 42, 451–453. <https://doi.org/10.1016/j.jen.2016.03.008>
- Irusa, K. F., Vence, B., & Donovan, T. (2020). Potential oral health effects of e-cigarettes and vaping: A review and case reports. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 32, 260–264. <https://doi.org/10.1111/jerd.12583>
- Jakob, J., Joss, S., Meier, A., Tal, K., Schoeni, A., Marti, J., Diethelm, P., & Auer, R. (2022). The price of nicotine dependence: A comparison of the cost of nicotine across products in Switzerland, Germany, USA, Sweden, France and the UK, in 2019. *Tobacco Prevention & Cessation*, 8, 1–5. <https://doi.org/10.18332/tpc/156052>
- Khadka, S., Awasthi, M., Lamichhane, R. R., Ojha, C., Mamudu, H. M., Lavie, C. J., Daggubati, R., & Paul, T. K. (2021). The cardiovascular effects of electronic cigarettes. *Current Cardiology Reports*, 23. <https://doi.org/10.1007/s11886-021-01469-4>
- Kizhakke Puliyakote, A. S., Elliott, A. R., Sá, R. C., Anderson, K. M., Crotty Alexander, L. E., & Hopkins, S. R. (2021). Vaping disrupts ventilation-perfusion matching in asymptomatic users. *Journal of Applied Physiology*, 130, 308–317. <https://doi.org/10.1152/JAPPLPHYSIOL.00709.2020>

- Köseoğlu, E., Uğur, F., Saraymen, R., Canatan, H., Coşkun, A., & Bilgen, M. (2014). Elektronik sigara kullanimina objektif bakış. *Cukurova Medical Journal*, 39(3). <https://doi.org/10.17826/cutf.86547>
- Kuntic, I., Kuntic, M., Oelze, M., Stamm, P., Karpi, A., Kleinert, H., Hahad, O., Münzel, T., & Daiber, A. (2023). The role of acrolein for E-cigarette vapour condensate mediated activation of NADPH oxidase in cultured endothelial cells and macrophages. *Pflugers Archiv European Journal of Physiology*, 475(7), 807–821. <https://doi.org/10.1007/S00424-023-02825-9/FIGURES/6>
- Lee, Y., & Lee, K. S. (2019). Association of depression and suicidality with electronic and conventional cigarette use in south korean adolescents. *Substance Use and Misuse*, 54, 934–943. <https://doi.org/10.1080/10826084.2018.1552301>
- Moheimani, R. S., Bhetraratana, M., Yin, F., Peters, K. M., Gornbein, J., Araujo, J. A., & Middlekauff, H. R. (2017). Increased cardiac sympathetic activity and oxidative stress in habitual electronic cigarette users: Implications for cardiovascular risk. *JAMA Cardiology*, 2, 278–285. <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2016.5303>
- Naeem, M. N. M., Zain, S. M. S. M., Ng, C., & Noh, M. F. Md. (2020). Chemical constituents in e-cigarette liquids and aerosols. *Journal of Environmental Protection*, 11(09), 664–681. <https://doi.org/10.4236/jep.2020.119040>
- Normandin, P. A., & Benotti, S. A. (2015). Pediatric Emergency Update: Lethality of liquid nicotine in e-cigarettes. *Journal of Emergency Nursing*, 41, 357–359. <https://doi.org/10.1016/j.jen.2015.04.001>
- Paley, G. L., Echalié, E., Eck, T. W., Hong, A. R., Farooq, A. V., Gregory, D. G., & Lubniewski, A. J. (2016). Corneoscleral laceration and ocular burns caused by electronic cigarette explosions. *Cornea*, 35, 1015–1018. <https://doi.org/10.1097/ICO.0000000000000881>
- Polosa, R., Cibella, F., Caponnetto, P., Maglia, M., Prosperini, U., Russo, C., & Tashkin, D. (2017). Health impact of E-cigarettes: A prospective 3.5-year study of regular daily users who have never smoked. *Scientific Reports*, 7. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-14043-2>
- Pushalkar, S., Paul, B., Li, Q., Yang, J., Vasconcelos, R., Makwana, S., González, J. M., Shah, S., Xie, C., Janal, M. N., Queiroz, E., Bederoff, M., Leinwand, J., Solarewicz, J., Xu, F., Aboseria, E., Guo, Y., Aguallo, D., Gomez, C., ... Saxena, D. (2020). Electronic cigarette aerosol modulates the oral microbiome and increases risk of infection. *IScience*, 23, 100884. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2020.100884>
- Rickard, B. P., Ho, H., Tiley, J. B., Jaspers, I., & Brouwer, K. L. R. (2021). E-Cigarette flavoring chemicals induce cytotoxicity in HepG2 Cells. *ACS Omega*, 6, 6708–6713. <https://doi.org/10.1021/acsomega.0c05639>
- Rogér, J. M., Abayon, M., Elad, S., & Kolokythas, A. (2016). Oral trauma and tooth avulsion following explosion of E-cigarette. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 74, 1181–1185. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2015.12.017>
- Saeed, O. B., Chavan, B., & Haile, Z. T. (2020). Association between e-cigarette use and depression in US adults. *Journal of Addiction Medicine*, 14, 393–400. <https://doi.org/10.1097/ADM.0000000000000604>
- Sapru, S., Vardhan, M., Li, Q., Guo, Y., Li, X., & Saxena, D. (2020). E-cigarettes use in the United States: reasons for use, perceptions, and effects on health. *BMC Public Health*, 20(1), 1518. <https://doi.org/10.1186/s12889-020-09572-x>
- Seitz, C. M., & Kabir, Z. (2018). Burn injuries caused by e-cigarette explosions: A systematic review of published cases. *Tobacco Prevention & Cessation*, 4, 32. <https://doi.org/10.18332/tpc/94664>
- Stratton, K., Kwan, L. Y., & Eaton, D. L. (Eds.). (2018). Public health consequences of e-cigarettes. National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/24952>
- Takeshita, D., Nakajima-Takenaka, C., Shimizu, J., Hattori, H., Nakashima, T., Kikuta, A., Matsuyoshi, H., & Takaki, M. (2009). Effects of formaldehyde on cardiovascular system in situ rat hearts. *Basic and Clinical Pharmacology and Toxicology*, 105, 271–280. <https://doi.org/10.1111/j.1742-7843.2009.00442.x>
- Tang, M. Shong, Wu, X. R., Lee, H. W., Xia, Y., Deng, F. M., Moreira, A. L., Chen, L. C., Huang, W. C., & Lepor, H. (2019). Electronic-cigarette smoke induces lung adenocarcinoma and bladder urothelial hyperplasia in mice. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 116, 21727–21731. <https://doi.org/10.1073/pnas.1911321116>
- Tommasi, S., Caliri, A. W., Caceres, A., Moreno, D. E., Li, M., Chen, Y., Siegmund, K. D., & Besaratinia, A. (2019). Deregulation of biologically significant genes and associated molecular pathways in the oral epithelium of electronic cigarette users. *International Journal of Molecular Sciences*, 20. <https://doi.org/10.3390/ijms20030738>
- Vakkalanka, J. P., Hardison, L. S., & Holstege, C. P. (2014). Epidemiological trends in electronic cigarette exposures reported to U.S. Poison Centers. *Clinical Toxicology*, 52, 542–548. <https://doi.org/10.3109/15563650.2014.913176>
- Villanueva-Blasco, V. J., Belda-Ferri, L., & Vázquez-Martínez, A. (2025). A systematic review on risk factors and reasons for e-cigarette use in adolescents. *Tobacco Induced Diseases*, 23, 1–25. <https://doi.org/10.18332/tid/196679>
- Wadia, R., Booth, V., Yap, H. F., & Moyes, D. L. (2016). A pilot study of the gingival response when smokers switch from smoking to vaping. *British Dental Journal*, 221, 722–726. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2016.914>
- Xu, C. P., Palazzolo, D. L., & Cuadra, G. A. (2022). Mechanistic effects of e-liquids on biofilm formation and growth of oral commensal streptococcal communities: effect of flavoring agents. *Dentistry Journal*, 10. <https://doi.org/10.3390/dj10050085>