



**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
ADLİ TIP ANABİLİM DALI**

**ANTALYA'DA 2011-2020 YILLARI ARASINDA
OTOPSİSİ YAPILAN KARBONMONOKSİT
ZEHİRLENMESİNE BAĞLI ÖLÜMLERİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

UZMANLIK TEZİ

Dr. Mehmet Ali YILDIZ

Antalya, 2022



T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
ADLİ TIP ANABİLİM DALI

**ANTALYA’DA 2011-2020 YILLARI ARASINDA
OTOPSİSİ YAPILAN KARBONMONOKSİT
ZEHİRLENMESİNE BAĞLI ÖLÜMLERİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

UZMANLIK TEZİ

Dr. Mehmet Ali YILDIZ

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet ATILGAN

“Kaynak gösterilerek tezinden yararlanılabilir”

Antalya, 2022

TEŞEKKÜR

Adli Tıp uzmanlık eğitimim süresince bilgi, tutum ve becerilerimin gelişmesinde emeği geçen, tez çalışmasının planlanması, yürütülmesi ve yazımı aşamasında her kademedede vermiş olduğu desteklerinden dolayı değerli hocalarım Prof. Dr. Sema DEMİRÇİN'e, Dr. Öğr. Üyesi Mehmet ATILGAN'a ve Dr. Öğr. Üyesi Y. Mustafa KARAGÖZ'e,

Asistanlık süreci boyunca iyi günde kötü günde yanımda olan, elinden gelen desteği ve sabrı gösteren sevgili eşim Dr. Betül ALPER YILDIZ'a, canım kızım Defne'me,

Bugünlere gelmemi sağlayan, hayatımın her döneminde anlayış gösterip destek veren, gerek tıp eğitimim, gerekse uzmanlık eğitimim süresince yaşadığım her sıkıntıda arkamda duran, haklarını hiçbir zaman ödeyemeyeceğim sevgili annem Zübeyde YILDIZ, babam Hüseyin YILDIZ ile ablam Emine Aylin YILDIZ ve Fatma YILDIRIM'a,

Tez araştırmasının ve uzmanlık eğitimimin her kademesinde yardımlarını esirgemeyen birlikte çalıştığım Adli Tıp araştırma görevlisi arkadaşlarım ve Adli Tıp Anabilim Dalı personellerine,

Rotasyon yaptığım kliniklerdeki tüm hocalarıma ve asistan arkadaşlarıma,

En içten teşekkürlerimi sunarım ...

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
Simgeler ve Kısaltmalar Dizini	v
Çizelgeler Dizini	vi
Şekiller Dizini	vii
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	2
2.1. Otopsi	2
2.1.1. Otopsi Tanımı ve Tarihçesi	2
2.1.2. Otopsinin Amacı	2
2.1.3. Otopsi Tipleri	3
2.2. Asfiksi	4
2.2.1. Asfiksi Belirtileri	5
2.2.2. Asfiksinin Etyolojik Sınıflandırması	7
2.3. Karbonmonoksit Zehirlenmesi	8
2.3.1. Karbonmonoksit Zehirlenmesinin Tarihçesi	9
2.3.2. Karbonmonoksit Kaynakları	10
2.3.3. Epidemiyoloji	11
2.3.4. Karbonmonoksitin Etki Mekanizması	14
2.3.5. Karbonmonoksit Zehirlenmesinin Klinik Bulguları	17
2.3.6. Tanı	20
2.3.7. Tedavi	23
2.3.8. Dış Muayene ve Otopsi Bulguları	25
3. GEREÇ VE YÖNTEM	30
4. BULGULAR	31
5. TARTIŞMA	53
6. SONUÇ	65
7. ÖZET	67

8. ABSTRACT	71
9. KAYNAKLAR	75



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
C	Karbon
CO	Karbonmonoksit
CO₂	Karbondioksit
COHb	Karboksihemoglobin
Fe	Demir
GC	Gaz kromatografik
HBO₂	Hiperbarik oksijen
HbO₂	Oksihemoglobin
mmHg	Milimetre civa
MÖ	Milattan önce
MS	Milattan sonra
NBO₂	Normobarik oksijen
pCO₂	Parsiyel karbondioksit basıncı
pO₂	Parsiyel oksijen basıncı
RMV	Solunum dakika hacmi
SD	Standart sapma

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Türkiye’de 2010 yılında görülen CO zehirlenmesi olgu sayılarının illere göre dağılımı (Olgu sayısına göre ilk 10 il)	14
2.2. COHb seviyesine göre klinik bulgular	18
2.3. CO zehirlenmesi sonrasında en sık rastlanan bulgular	19
4.1. CO zehirlenmesi sonrası otopsi yapılan olguların yıllara göre dağılımı	31
4.2. Yaş gruplarının cinsiyete göre dağılımı	33
4.3. Olguların geldiği ilçelere göre dağılımı	38
4.4. Olguların meydana geldiği yerler	39
4.5. Olguların orijinlerine göre dağılımı	39
4.6. Olayın orijinine göre CO kaynağının dağılımı	41
4.7. Olayın meydana geldiği mevsime göre CO kaynağının dağılımı	42
4.8. Cinsiyete göre COHb değerleri	43
4.9. Olguların yaş gruplarına göre COHb değerleri	44
4.10 Otopside açık kırmızı-pembe renk değişikliği	49
4.11 Cilt yanığı durumunun ölüm sebeplerine göre dağılımı	50
4.12 Kronik hastalık durumuna göre COHb değerleri	52

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Endojen CO üretimi	11
2.2. Oksijen-hemoglobin disosiasyon eğrisi	16
2.3. Terapötik tedaviler altında COHb saturasyonunun değişimi	24
2.4. Kiraz kırmızısı ölü lekeleri	27
2.5. Dumandan etkilenmiş bir kişinin otopsi esnasında trakeda görülen duman isi ve kurum	28
2.6. Dumandan etkilenmiş bir kişinin dış muayenede ağız ve burun çevresinde görülen duman isi ve kurum	28
4.1. Olguların cinsiyete göre dağılımı	32
4.2. CO Zehirlenmesi sonucu ölen olguların yaş gruplarının dağılımı	33
4.3. Olguların uyruklarına göre dağılımı	34
4.4. CO zehirlenmesi sonucu ölen olguların aylara göre dağılımı	35
4.5. CO zehirlenmesi sonucu ölen olguların mevsimlere göre dağılımı	35
4.6. Olguların haftanın günlerine göre dağılımı	36
4.7. CO zehirlenmesi sonucu meydana gelen ölümlerin gönderildikleri yerlere göre dağılımı	37
4.8. Olgularda tespit edilen CO kaynaklarının dağılımı	40
4.9. Olgularda tespit edilen COHb değeri aralıklarının dağılımı	45
4.10. Olguların ölüm yerine göre dağılımı	45
4.11. Olguların ölüm sebebine göre dağılımı	46
4.12. Olguların ölü ve ısı katılığı durumuna göre dağılımı	47
4.13. Olguların ölü lekeleri olup olmadığına göre dağılımı	47

4.14.	Olguların ölü lekelerinin rengine göre dağılımı	48
4.15.	Toksikolojik analizlerde saptanan maddeler	49
4.16.	Solunum yolunda tespit edilen özelliklere göre dağılım	50
4.17.	Özefagusta tespit edilen özelliklere göre dağılım	51
4.18.	Olguların kronik hastalık durumuna göre dağılımı	51



1. GİRİŞ VE AMAÇ

Karbonmonoksit (CO) üçlü bir bağ ile bağlanan bir karbon (C) atomu ve bir oksijen atomundan oluşan, renksiz, kokusuz, tatsız ve tahriş edici olmayan bir gazdır (1,2). Karbon içeren maddelerin eksik yanması sonucu meydana gelir (3). CO zehirlenmesi, tarihin başından beri insanlığı etkilemiştir ve genellikle ölümcül zehirlenmelere neden olur (1,4).

CO'in toksisitesi, eritrositlere yayılma ve hemoglobine bağlanma kabiliyetine bağlıdır. CO hemoglobine karşı oksijenden yaklaşık 300 kat daha yüksek afiniteye sahiptir (5,6). Doku hipoksisi, karboksihemoglobin (COHb) oluşumundan kaynaklanan akut CO zehirlenmesinin ana toksik etkisidir. Oksijen taşıma kapasitesini düşürerek doku düzeyinde yetersiz oksijenasyona neden olur (7).

Ulusal ve yerel gazetelerin çoğundan haber toplayan bir haber ajansının kayıtlarını kullanarak Türkiye'nin tüm illerinde CO maruziyetine bağlı ölümlerdeki eğilimi 10 yıllık bir dönemde değerlendiren 2019 yılında yapılan bir çalışmada; 10 yıllık dönemde CO zehirlenmesinden 2667 ölüm meydana geldiği tespit edilmiş ve ölümlerin %78'inde CO kaynağının soba olduğu anlaşılmıştır (8).

Çalışmamızda Antalya'da 2011-2020 yılları arasında otopsi yapılan CO zehirlenmesine bağlı ölümlerle ilgili veriler (olguların sosyo-demografik özellikleri, ay ve mevsime göre dağılımları), ölümün orijini (kaza, intihar, cinayet), otopsi bulguları, otopsi yapılma sıklığı, histopatolojik inceleme ve toksikolojik analiz sonuçları gibi veriler değerlendirilerek; daha önce yapılan çalışmalarla karşılaştırmak, adli tıp uzmanları açısından üzerinde durulması gereken noktalar, CO zehirlenmesi sonucu meydana gelen ölümleri azaltmak için alınabilecek önlemler ve yapılabilecek hukuki ve toplumsal düzenlemelere dikkat çekmek amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Otopsi

2.1.1. Otopsi Tanımı ve Tarihçesi

Otopsi kelimesi “auto” ve “opsis” kelimelerinin birleşmesinden oluşur ve “kendi kendini görme” anlamına gelmektedir. “Nekropsi” ise ölmüş bir bedenin inceleme amaçlı diseksiyonu anlamını taşımaktadır. İlkel kabile toplumlarında dahi ölümün sebebi hep merak konusu olmuştur. Özellikle ani, beklenmeyen ve tanığı olmayan ölümlerde dışardan gelen bir tehlike belirtisi olarak düşünülmüştür (9,10).

Tarihçiler ölüm araştırmalarının eski Mısır uygarlığına kadar dayandığını, bazı olaylarda soruşturmalar ve ölümler üzerinde incelemeler yapıldığını, hekimlerin ölüm nedeni konusunda yöneticilere bilgi verdiklerini ileri sürmüşlerdir. Antik Çin’de ise cesetlerin dış muayenesi hakkındaki en eski resmi talimatlar MÖ 2000’lerde yaşamış Ching Hanedanına kadar uzanır. MÖ 44 yılında Roma’da bir suikast sonucu ölen Julius Caesar’ın cesedi üzerinde hekim Antistius kapsamlı bir inceleme yapıp kişinin 23 bıçak darbesi aldığını ve bunlardan birinin göğüs boşluğuna girdiğini ve ölümüne neden olduğunu belirlemiştir. Çin’de MS 995’te çıkarılan bir kararname ile şüpheli ya da şiddet kaynaklı ölümlerin 4 saat içinde incelenmesi, aksi takdirde ceza uygulanacağı bildirilmiştir (10–12).

Bilinen en eski otopsi 13. yüzyılın ortalarında İtalya’da Bologna Üniversitesi’nde yapılmış ve rapor edilmiştir. Ülkemizdeki ilk otopsi ise 1843 yılında Avusturya Hastanesinde Dr. Bernard tarafından, direğe çarparak hayatını kaybeden bir inşaat işçisine yapılmış ve işlem sırasında tıp öğrencileri de hazır bulunmuştur (9,12).

2.1.2. Otopsinin Amacı

Otopsinin amaçları aşağıdaki şekilde özetlenebilir;

- Ölüm nedeni, ölüm şekli ve ölüm zamanını belirlemek,
- Ölü bedenin ölçülerini, fiziksel özelliklerini ve beslenme durumunu içeren bir kimliklendirme yapmak,

- Yenidoğanda canlı doğum gerçekleşip gerçekleşmediği, yaşam bulgularının olup olmadığı, olağan sürede doğup doğmadığı, gelişimi, genetik ve tıbbi durumu tespit etmek,
- İç ve dış tüm yaralanmaları, travmatik lezyonları tespit etmek, tanımlamak ve özelliklerini belirlemek,
- İç ve dış tüm anormallikleri, malformasyonları ve hastalıkları göstermek,
- Kimyasal, toksikolojik, genetik analiz, mikrobiyolojik ve histolojik inceleme ve diğer gerekli incelemeler için örnekler elde etmek,
- Delil elde etmek amacı ile ilgili organ ya da doku örneklerini almak, fotoğraf ve video görüntüleri almak,
- Otopside elde edilen tüm bulguları içeren ve bulguların uzmanınca yorumlandığı bir otopsi raporu hazırlamak,
- Ölen bedeni yakınlarına vermeden önce mümkün olan en iyi kozmetik duruma getirmek (13).

2.1.3. Otopsi Tipleri

Otopsi türleri genellikle 2 temel başlık altında incelenir.

a. Tıbbi Otopsi: Özel otopsi, hastane otopsisi, medikal otopsi, klinik otopsi ve akademik otopsi olarak da adlandırılmaktadır. Ölen kişinin vasiyeti ya da ölümüne sebep olan hastalığın boyutunu öğrenmek için ölenin yakınları tarafından istenir. Ayrıca hekimler tarafından hastalığa yönelik uygulanacak tedavinin etkinliği, sonraki süreçte yapılacak tıbbi uygulamaları geliştirmek üzere bilimsel amaçla da otopsi yapılması istenebilir. Tıbbi otopsi yapabilmek için ölenin yakınlarınca imzalanmış aydınlatılmış onam formu gereklidir, savcılık talebi gerekmez (9,10,14).

b. Adli Otopsi: Şüpheli ölümlerde ölüm sebebini belirleyebilmek için adli makamların talimatlarına göre yapılan otopsi tipidir. Adli makamlar ülkeden ülkeye değişiklik gösterebilir. Ülkemizde Cumhuriyet Savcılığı talimatı ile adli otopsiler yapılmaktadır. Ölenin yakınları da kişinin ölümünden sorumlu olabileceğinden

dolayı bir çok ülkede olduğu gibi ülkemizde de adli otopsiler için ölenin yakınlarının iznine gerek yoktur (9,10,14).

2.2. Asfiksi

Asfiksi kelimesi Yunanca kökenli olup, “nabızın alınamaması, nabızın yokluğu” anlamına gelir. Atmosfer havasında oksijen %18-21 arasındadır. Bu oranın %12-16’ya düşmesi ciddi tehlike oluşturur. Yüzde beşe inmesi ani bilinç kaybı ve ölüme yol açar. Asfikside temel problem, dokulardaki ani ve derin oksijen yetmezliğidir (15,16). Yetişkin bir insanda arter kanında pO_2 ortalama 80-98 mmHg, pCO_2 ise 40 mmHg’dır. Altmış yaş üstü kişilerde ise pO_2 60-85 mmHg’dır. Genel olarak pO_2 ’nin 60 mmHg’dan düşük, pCO_2 ’nin ise 50 mmHg dan fazla değerde olması “hipoksi” olarak kabul edilir ve solunum yetmezliğine yol açar (16).

Solunum sürecinde, fizyolojik olarak dört büyük mekanizma yer alır.

Bunlar:

- Havanın atmosferle akciğer alveolleri arasında girip çıkışından ibaret olan pulmoner ventilasyon,
- Oksijen ve karbondioksitin (CO_2) alveollerle kan arasındaki difüzyonu,
- Kan ve vücut sıvıları ile oksijenin hücrelere ulaşması ve hücrelerde oluşan CO_2 ’nin uzaklaştırılması (perfüzyon),
- Ventilasyon ve solunum ile ilgili diğer faaliyetlerin regülasyonudur (17).

Bu mekanizmalar temel alınarak asfiksi ölümleri şöyle sınıflandırılabilir:

I. Kanın akciğerde yeterince oksijenlenemediği ya da total oksijensizlik sonucu meydana gelen ölümler

A) Solunan havanın bileşim bozukluğu

a. Oksijenin azaldığı, yerine diğer gazların arttığı durumlar (yangın, duman, kuyu ve sarnıç gibi ortamlarda bulunma, havada (uçak) ya da denizde ani yer değiştirmeler vb)

b. Havanın normal bileşimde olmasına rağmen diğer gazların arttığı durumlar (havagazı, bütan gazı vb)

B) Mekanik olarak solunum pasajının kapandığı durumlar

- a. Eksternal orifislerin kapanması (ağız ve burun deliklerinin kapanması)
- b. Hava yollarının kapanması (suda boğulma, yabancı cisim aspirasyonu, elle-bağla boğma, ası, boyun kilidi, boyun hiperfleksiyonu)

C) Toraks ve karnın eksternal kompresyonu (karın-göğüs basısı, diri gömülme)

D) Solunum hareketlerinin durması (elektrik çarpması, süksinil kolin, kürar, organik fosfat, botulizm gibi zehirlenmeler, yüksek oranda metan, propan, CO₂, barbitürat, opium alımı)

II. Kanın oksijen taşıma kapasitesinin azalmasına bağlı ölümler: Anemik tip (akut masif hemorajiler, akut **karbonmonoksit**, hidrojen sülfid, nitrit intoksikasyonlarında olduğu gibi).

III. Dokulara birim zamanda ulaşan oksijen miktarının akut olarak azalmasına bağlı ölümler: Stagnant, staz tipi (şoklarda olduğu gibi).

IV. Dokuların oksijeni almaması ya da oksidatif süreçlerin deprese edilmesi (histotoksik hipoksi ve histotoksik anoksi): Kan dolaşımında yeterli miktarda oksijen bulunmasına karşın, bunun dokular tarafından kullanımı bozulmuştur.

a. Ekstrasellüler tip: Enzim sistemleri inhibe olur. Siyanür zehirlenmesinde, sitokrom oksidaz enzim sistemi inhibe olur.

b. Perisellüler tip: Hücrenin membran permeabilitesindeki azalma nedeni ile oksijen hücreye geçemez. Kloroform, halotan gibi halojenli hidrokarbon içeren, lipidlerde eriyen anestezi maddeleri bu tip hipoksiye yol açar.

c. Substrat madde eksikliğine bağlı tip: Hücrelerde etkili ve metabolizma için gerekli maddelerde eksiklik vardır. Örnek: Serebral iskemi.

d. Metabolit maddelerin birikmesinin etkili olduğu tip: Hücre solunumundan açığa çıkan ürünlerin atılamaması nedeniyle metabolizmanın engellenmesi. Örnek: Üremi, CO₂ zehirlenmesi (6,16).

2.2.1. Asfiksi Belirtileri

I. Genel Belirtiler: Asfiksi dışında diğer ölüm olaylarında da görülebilen, asfiksiye spesifik olmayan bulgulardır.

a) Dış Bulgular

- **Siyanoz:** Latince bir terim olan siyanoz ‘koyu mavi’ anlamına gelir. Kanın rengi, kandaki oksihemoglobin (HbO₂) oranı ve eritrositlerdeki hemoglobin miktarı ile ilgilidir. İyi oksijenlenme sonucunda derinin normalde pembe olan rengi, oksijenin azalması sonucu mor ya da mavi renge döner (siyanoz). Siyanozun gözle görülebilmesi için 100 ml kanda 5 miligramın üzerinde redükte hemoglobin olmalıdır (18).

- **Peteşi:** Venöz basıncın artması ile venüllerin yırtılması sonucu cilt ve diğer dokularda meydana gelen kanamalardır. Özellikle ince duvarlı venülleri olan yapılar, göz kapağı, plevra ve epikardiyumda görülür. Hemorajik hastalıklar hariç, paryetal plevra ve peritonda peteşi nadir görülür. Cilt ve diğer dokulardaki kanamanın büyüklüğü 2 mm’nin altında ise peteşi, 2-10 mm arasında ise purpura, 10 mm’nin üzerinde ise ekimoz adı verilmektedir. Peteşiler genellikle “Tardieu lekeleri” olarak bilinir. 1866 yılında Prof. Tardieu tarafından visseral plevradaki küçük kanamalar için kullanılmış ve o yıllarda asfiksini patognomonik bir belirtisi olduğu düşünülmüştür. Ancak, peteşiler asfiksi dışı birçok nedene bağlı olarak oluşabilir (16,18).

- **Konjesyon ve ödem:** Venöz kanın dokulardan uzaklaştırılmasındaki eksikliğe bağlı ortaya çıkan pasif bir durumdur. Kanda artan CO₂ seviyesi sonucunda kapiller ve venöz dilatasyona bağlı kanın dokularda göllenmesi ile konjesyon, artan hidrostatik basınç sonucunda doku içinde sıvı transudasyonu sonucu ödem gelişir. Vasküler endotel hipoksisi transudasyona zemin hazırlar. Konjesyonla ödem sıklıkla birlikte görülür (18,19). Asfiksili ölümlerde (özellikle boyun ve göğüse bası uygulandığında), kanın kalbe dönüşünün engellenmesi sonucu konjesyon ve artan venöz basınç sonucu yüzde ödem meydana gelir. Ancak, bu bulgular asfiksiler açısından spesifik anlam taşımazlar (20,21).

c. İç Bulgular

- **İç Organlarda Ödem:** Özellikle akciğer ve beyin ödemi asfiksilerde sık rastlanılan bir bulgu olmakla birlikte kesin bir asfiksi bulgusu değeri taşımaz. Asfiksi dışı pek çok nedene bağlı olarak meydana gelmektedir.

- **Hiperemi:** Tüm organlarda venöz staza bağlı olarak hiperemi meydana gelir.

- **Peteşiler:** Plevra, perikard gibi göğüs boşluğundaki seröz zarlarda, özellikle plevra, epikard gibi desteksiz bölgelerde sıklıkla görülür. Asfiksiye

spesifik bir bulgu değildir (22). Ölümcül kalp hastalığı, bazı yanık olguları ve koagülopati bozuklukları gibi asfiksi dışı ölüm olgularında da görülebilir (23,24).

- **Kanın Akıcılığı:** Asfiksili ölümlerde sık rastlanılan bir bulgudur. Kanın ölümden sonra pıhtılaşmadan akıcı bir nitelik kazanması fibrinolizin varlığına bağlı olup, asfiksiye spesifik bir bulgu değildir (16,20).

- **Seröz Boşluklarda Sıvı Birikimi:** Şoka neden olan olaylarda olduğu gibi asfiktik ölümlerde de kapiller endotelinde hasar meydana gelir. Buna bağlı olarak kapillerlerde dilatasyon, kapiller permeabilitesinde artış, kan stazı ve seröz boşluklarda sıvı birikmesi meydana gelir. Bu tür ölümlerde şoka neden olan etkenler, kapiller endotelinde hasar meydana getirmekte, buna bağlı olarak ortaya çıkan patolojik değişiklikler; kapiller dilatasyon, konjesyon, staz, kapiller permeabilite artışı, peteşiler, ödem, seröz efüzyonlar meydana gelmektedir. Bu tür ölümler için bu belirtiler spesifik olmayıp, doğal nedenlerle meydana gelen ölümlerde, şok tablosuna bağlı olarak da görülebilmektedir (25).

- **Biyokimyasal ve Yapısal Değişiklikler:** Parankimatöz organlarda ışık mikroskobu düzeyinde fark edilebilen, nonspesifik dejeneratif değişiklikler meydana gelir. Hücre ve dokularda analitik biyokimyasal yöntemlerle saptanabilen ya da elektron mikroskobu ile fark edilen bazı değişiklikler meydana gelir. Bunların bazılarının spesifik olduğu iddia edilmektedir. Ancak, bu değişikliklerin postmortem otolitik değişikliklerden ayırt edilmesi çok zordur. Bu olgularda kandaki pO_2 , pCO_2 , pH ve diğer biyokimyasal değerler post-mortem dönemde hızla değişmesi nedeni ile anlamsızdır (6,16,25).

II. Özel belirtiler: Asfiksinin türüne bağlı olarak meydana gelen, asfiksinin etyolojisini gösteren belirtilerdir. Örneğin asıda, altı ekimozlu ip izi (telem), elle boğmalarda boyunda tırnakların oluşturduğu yarım ay tarzındaki şekilli sıyrık ve ekimozlar bu olgu türlerine ait spesifik bulgulardır (26).

2.2.2. Asfiksinin Etyolojik Sınıflandırması

I. Ası

II. Boğma

- Elle boğma
- Bağla boğma

- Boyun kilidi (Boyun kısılacı)

III. Tıkanma-Tıkama

- Ağız ve burnun kapanması
- Ağız ve solunum yollarının yabancı cisim ile tıkanması
- Karın-göğüs basısı
- Diri gömülme
- Pozisyonel (postüral) asfiksiler
- Boğucu gazlarla tıkanma
- Havasız yerde kapalı kalma

IV. Kimyasal Asfiksiler

- Karbonmonoksit zehirlenmesi
- Siyanür zehirlenmesi
- Hidrojen sülfür zehirlenmesi

V. Suda Boğulma (26).

2.3. Karbonmonoksit Zehirlenmesi

Kimyasal asfiksilerin temelinde oksijenin yerine geçen ya da oksijenin dokular tarafından kullanılmasını engelleyen bir gaz vardır. Kimyasal asfiksiler deyince karşımıza sıklıkla CO zehirlenmesi, bunun yanında da nadiren siyanür, hidrojen sülfür ve sülfür dioksit çıkmaktadır (27).

CO, hidrokarbonlu bileşiklerin tam olarak yanmamasıyla ortaya çıkan kokusu, rengi ve tadı olmayan bir gazdır. Kapalı ortamlarda ısınma, ısıtma ve pişirme amacıyla kullanılan LPG, doğalgaz, odun ve kömür yanması, yangınlarda oluşan CO ya da egzoz gazının solunması sonucu CO zehirlenmesine bağlı ölümler meydana gelir (27,28).

CO zehirlenmesi, en yaygın zehirlenme türlerinden biridir ve Amerika Birleşik Devletleri'nde zehirlenmeye bağlı ölümlerin önde gelen nedenidir. CO tatsız, kokusuz, tahriş edici olmaması ancak oldukça zehirli bir gaz olmasından

ötürü ve zehirlenmesinde spesifik klinik bir semptomu olmaması nedeniyle saptanması zordur ve diğer yaygın bozuklukları taklit edebilir. Bu nedenle, CO zehirlenmesinin gerçek insidansı bilinmemektedir ve birçok olgu muhtemelen tanınmamaktadır. CO, “21. yüzyılın fark edilmeyen zehri” olarak adlandırılmıştır (29).

CO zehirlenmelerinde orijin çoğunlukla kazadır. İntihar olguları daha azdır. Nadir olarak da cinayet görülebilir (27).

2.3.1. Karbonmonoksit Zehirlenmesinin Tarihçesi

CO ile ilgili en eski belgelerin, Aristoteles'in MÖ 350 dolaylarında "kömür dumanı ağır kafa ve ölüme yol açar" dediği döneme dayandığı düşünülmektedir. Benzer şekilde, Erasistratus, MÖ 275 yıllarında kömür dumanlarının normal solunumu etkilediğini öne sürmüştür (30).

Eski Yunanlar ve Romalıların CO'ı suçluları infaz etmek için kullanmış olması bu gazın öldürücü bir gaz olduğunun bilindiğini göstermektedir. İki Bizans imparatorunun ölümünün de, o dönemde iç mekan ısıtma yöntemi olarak kullanılan mangallarda kömür yakılmasıyla üretilen CO ile ilgili olduğu, bildirilmiştir (31).

Yüksek COHb seviyesinin göstergesi olan ölüm sonrası cilt renginin canlı kırmızı tonu ilk olarak Marcellus Donato tarafından İtalya Mantua'da 1570 yılında mahkumların otopsisinde bildirilmiştir (30).

1776'da Fransız kimyager de Lassone, çinko oksitin ısıtılması yoluyla CO'ı izole etmiş, ancak mavi alevle yandığı için gazı yanlışlıkla hidrojen olarak tanımladığı bildirilmiştir (32). 1880'de William Cruikshank CO'ı karbon (C) ve oksijen (O) içeren bir bileşik olarak tanımladı. 19. yüzyılın ortalarında Claude Bernard, CO'nin hemoglobin ile etkileşime girerek hipoksiye neden olduğunu tespit etmiştir. Gazla zehirlenen köpeklerin kanlarının kırmızı görüntüsünü fark etmiştir. 19. yüzyılın sonuna doğru, Haldane yüksek parsiyel oksijen basıncının bu etkileşim için yüksek afiniteye rağmen hemoglobin ve CO arasındaki etkileşimi etkisiz hale getirdiğini göstermiştir. II. Dünya Savaşı'nda yakıt olarak odun yaygın olarak kullanılmış ve birçok akut veya kronik CO zehirlenmesine neden olduğu bildirilmiştir (33,34).

Adolf Hitler liderliğindeki Nazi Almanyasında (1933-1945) zihinsel rahatsızlıkları ya da fiziksel engelleri bulunan kişilerin öldürülmesi amacıyla zehirli gazlar toplu cinayet maksadıyla kullanılmaya başlandı. Nazilerin zihinsel rahatsızlıkları ya da fiziksel engelleri nedeniyle “yaşamaya değer” bulmadığı Almanların sistematik olarak öldürülmesi için planlanan program kapsamında 6 adet gaz odası tesisi kurulmuştur: Bernburg, Brandenburg, Grafeneck, Hadamar, Hartheim ve Sonnenstein tesisleri. Bu ölüm merkezlerinde saf ya da kimyasal olarak işlenmiş CO gazı kullanıldığı bildirilmektedir. Nazilerin II. Dünya Savaşı döneminde Polonya'da toplama, zorunlu çalışma, sistematik katliam ve imha kampı olarak kurulan Auschwitz kampında, Zyklon B (hidrosiyanik asit) ve karbonmonoksit gazıyla 600 savaş esiri ve 250 hasta esiri öldürdüğü, sürgünler en yüksek noktaya ulaştığında ise Auschwitz'de her gün 6.000 Yahudinin bu yöntemle öldürüldüğü belirtilmektedir (35,36).

2.3.2. Karbonmonoksit Kaynakları

➤ **Isınma ve ısıtma aletleri;** soba, mangal, maltız, şofben, ocak vb araçlar bu amaçla evlerde ve işyerlerinde sıklıkla kullanılmaktadır. Bu aletlerin CO üretmesinin temelinde çeşitli faktörler rol oynar. Bunlar;

- a. Alet bozuk olduğu için iyi yakmıyordur ya da kaçak vardır.
- b. Ortamın havalanması iyi olmadığı için alet ortamdaki oksijeni tüketmiştir.
- c. Aletin yanma ürünlerini attığı boru ve bacalar yeterince çalışmıyordur.
- d. Yakıt olarak CO içeren maddeler kullanılmaktadır, Su gazı gibi.

➤ **Yangınlar;** kapalı ortamlarda meydana geldiğinde ortamdaki oksijeni süratle tüketerek CO zehirlenmesine bağlı ölümlere neden olmaktadır. Yanan maddelerin özelliğine göre başka toksik gazlar da ölüme sebep olabilir ya da katkı sağlayabilir.

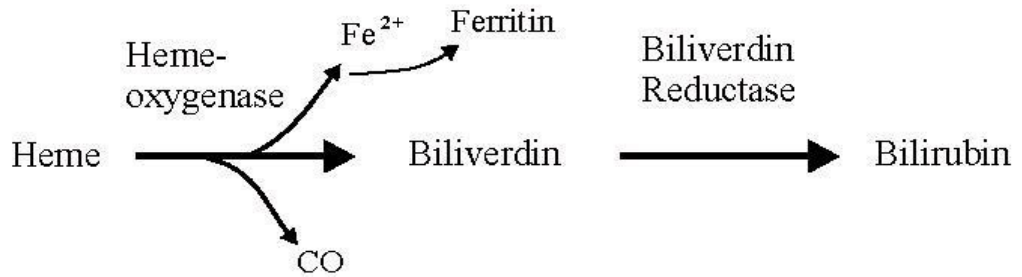
➤ **Taşıtlar;** organik yakıtların kullanılması sonucu CO oluşturur ve bu da diğer egzoz gazları ile birlikte çevreye atılır. Benzinli arabalarda katalitik konvertör yok ise ortalama %4-8 oranında CO egzoz gazı ile atılacaktır, katalitik konvertör varsa bu oran %1'in altında kalmaktadır.

➤ **Yüksek fırınlar;** sanayide bazı maddelerin ısıtılması veya eritilmesi için yüksek ısıya ihtiyaç vardır. Bu sırada ortamdaki oksijenin kullanılmasına bağlı olarak CO açığa çıkar.

➤ Kirecin söndürülmesi sırasında ve alevin soğuk bir yüzeye teması sonucunda da CO açığa çıkar (27).

➤ Maden ocaklarındaki patlamalarda CO açığa çıkar. Sağlığa etkileri ve patlama sırasında üretilen yüksek hacmi nedeniyle en önemli gazlardan birisi CO'tir, aynı zamanda yeraltı madenlerinde maden yangını ölümlerinin önde gelen nedenidir. Taş ocağı işletmeciliğinde zehirlenmeler nedeniyle yapılan ölçümlere göre, patlamadan 8 gün sonra bile CO tespit edilmiştir. Taş ocağına yakın mahzenlerde biriken CO'in zehirlenmelere yol açtığı bildirilmektedir (27,37,38).

Ekzojen CO dışında ayrıca; hem'in hem oksijenazlar tarafından katalize edilen reaksiyonlarla safra pigmentlerine yıkımı sırasında da, endojen CO üretimi vardır. Endojen olarak üretilen CO, inflamasyon, proliferasyon ve apoptoz gibi çoklu hücrel fonksiyonlarda yer alan bir sinyal molekülü olarak hizmet eder. CO, nitrik oksit gibi, merkezi sinir sisteminde yakın zamanda tanımlanmış bir nörotransmitterdir (39). Endojen CO üretimini gösteren reaksiyonlar şekil 2.1.'de gösterilmiştir (40).



Şekil 2.1. Endojen CO üretimi

2.3.3. Epidemiyoloji

CO zehirlenmesi tüm dünyada önemli bir halk sağlığı sorunudur. Zehirlenmeye bağlı ölüm ve sekellerin en sık nedenleri arasında yer almaktadır. Tüm dünyada ölüm ile sonuçlanan zehirlenme olgularının yarısından fazlasından CO zehirlenmesinin sorumlu olduğu gösterilmiştir (41).

2000 yılında İngiltere ve Galler'de 521 ölümün, CO zehirlenmesinden kaynaklandığı bildirilmiştir, yine 1985 yılında da Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) kaydedilen 1363 ölüm CO zehirlenmesi ile ilişkilendirilmiştir. ABD'de yapılan araştırmalar, kaza sonucu oluşan CO zehirlenmesi insidansının kış aylarında zirve yaptığını göstermiştir, bunun sebebi olarak da iç mekan ısıtma ve benzinle çalışan jeneratörlerin artan kullanımı ve azaltılmış dış havalandırma olduğu gösterilmiştir (42).

ABD'de yapılan başka bir çalışmada 2001-2002 yılları arasında, yangınla ilgili olmayan CO zehirlenmesinden yılda ortalama 480 kişinin öldüğü bildirilmiştir. Erkeklerin ve kadınların CO maruziyeti için acil servise gitme olasılıkları eşit olsa da, erkeklerin CO zehirlenmesinden ölme olasılığının 2,3 kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Ölümcül olmayan CO maruziyetlerinin çoğunun (%64) evlerde meydana geldiği belirtilmiştir (43).

ABD Florida eyaletinde yapılan bir çalışmada, 1999'dan 2007'ye kadar 493 kişinin hastaneye kaldırıldığı ve 230 kişinin de yangınla ilgili olmayan CO zehirlenmesi sonucu öldüğü bildirilmiştir. 2005'ten 2007'ye kadar 781 kişinin yangınla ilgili olmayan CO zehirlenmesi sonucu acil servisleri ziyaret ettiği belirtilmiştir. Hastaneye yatış veya ölümle sonuçlanan ciddi zehirlenme oranları en yüksek yaşlılar arasında tespit edilmiştir (44).

Danimarka'da yapılan bir çalışmada 1995-2015 yılları arasında toplam 22.930 CO zehirlenmesi vakası olduğu ve bunlardan 2102'sinin (%9,2) hayatını kaybettiği bildirilmiştir. Bunlardan 1792 (%85,3) hastanın olay yerinde, kalan 310'unun (%1,5) yatarak tedavi gördükleri sırada 30 gün içinde öldüğü tespit edilmiştir (45).

Adli Tıp Kurumu Ankara Grup Başkanlığı'nda 2002-2006 yılları arasında otopsiyi yapılan toplam 4539 olgunun 175'inin (%3,85) CO zehirlenmesi sonucu öldüğü belirlenmiştir. Olguların yaş dağılımı 1-95 arasında değişmekte olup yaş ortalaması 40,29 (SD:21,801) bulunmuştur. Olguların 65'inin kadın (%37,1), 110'unun (%62,9) erkek olduğu bildirilmiştir (46).

2017 yılında Eskişehir'de yapılan bir çalışmada, 1997-2016 yıllarını kapsayan 20 yıllık dönemde Eskişehir ilinde 7512 adli nitelikli ölüm meydana geldiği, 107 olgunun (%1,42) CO zehirlenmesine bağlı öldüğü belirlenmiştir. En

küçük olgu 7, en büyük olgu 81 yaşında olup, yaş ortalamasının 35,7 olduğu tespit edilmiştir. Olguların 41'inin (%38,3) kadın, 66'sının (%61,7) erkek olduğu belirlenmiştir. Olayın orijinine bakıldığında ise olguların tümünün kaza sonucu öldüğü, cinayet ve intihar olgusuna rastlanılmadığı bildirilmiştir (47).

1990-1994 yılları arasında İzmir'de adli otopsilerde saptanan zehirlenmelere bağlı ölümleri değerlendiren bir çalışmada, yapılan 2740 otopside 253'ünün (%9,2) zehirlenme sonucu ölüm olgusu olduğu, bunlar arasında da 67'sinin (%26,4) CO zehirlenmesi olduğu bildirilmiştir. Çalışmada CO zehirlenmesine bağlı ölümlerin tüm otopsiler içinde %2,6'lık bir oranda olduğu saptanmıştır. Olgular orijinlerine göre değerlendirildiğinde CO zehirlenmesi olgularının genellikle kaza, ilaç ve insektisid zehirlenmesi olgularının ise intihar orijinli olduğu tespit edilmiştir (48).

Sağlık Bakanlığı Tedavi Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nün 2010 yılına ait CO zehirlenmesi olgularına yönelik kayıtların kullanıldığı bir çalışmada 2010 yılında ülkemizde toplam 10.154 CO zehirlenmesi olgusu kayıtlara geçtiği tespit edilmiştir. Bu olguların 39'u ölümle sonuçlanmıştır. CO zehirlenmesi olgularının sıklığı %0,0137 (yaklaşık yüz binde 14), ölüm oranı ise yaklaşık 10 milyonda 5 kişi olarak saptanmıştır. İllere göre dağılım incelendiğinde en sık İstanbul'da olmak üzere Bursa ve Ankara'da diğer illere oranla yüksek sayıda CO zehirlenmesi olgusu görülmüştür. Ölüm oranları incelendiğinde en yüksek sayıda ölümlü olgu Bursa'da tespit edilmiştir (49). Türkiye'de 2010 yılında Sağlık Bakanlığı kayıtlarına giren CO zehirlenmesi olgu sayılarının illere göre dağılımı çizelge 2.1.'de gösterilmiştir (49).

Çizelge 2.1. Türkiye’de 2010 yılında Sağlık Bakanlığı kayıtlarına giren CO zehirlenmesi olgu sayılarının illere göre dağılımı (Olgu sayısına göre ilk 10 il)

Sıra	İl	Olgu Sayısı	Ölüm Sayısı
1	İstanbul	1500	1
2	Bursa	1134	18
3	Ankara	894	2
4	İzmir	495	0
5	Eskişehir	466	0
6	Kocaeli	462	3
7	Kayseri	359	0
8	Denizli	295	1
9	Sivas	279	0
10	Kilis	246	3

2.3.4. Karbonmonoksitin Etki Mekanizması

Solunum havasında CO bulunursa, eritrositlerdeki hemoglobin ile birleşerek COHb oluşur. CO’in hemoglobine afinitesi oksijenden 300 kat kadar fazladır. Ancak buna karşın COHb’nin dissosiasyon yeteneği HbO₂’den daha fazladır. Bunun en büyük önemi kişi açık havaya çıkarıldığında hızla iyileşebilmesidir (6)

CO akciğerler yoluyla alındıktan sonra kan dolaşımına geçer ve vücutta farklı sistemleri etkiler. Bu sistemler içinde yüksek metabolik aktiviteleri ve oksijen gereksinimleri nedeniyle kalp ve sinir sistemi özellikle etkilenir (50).

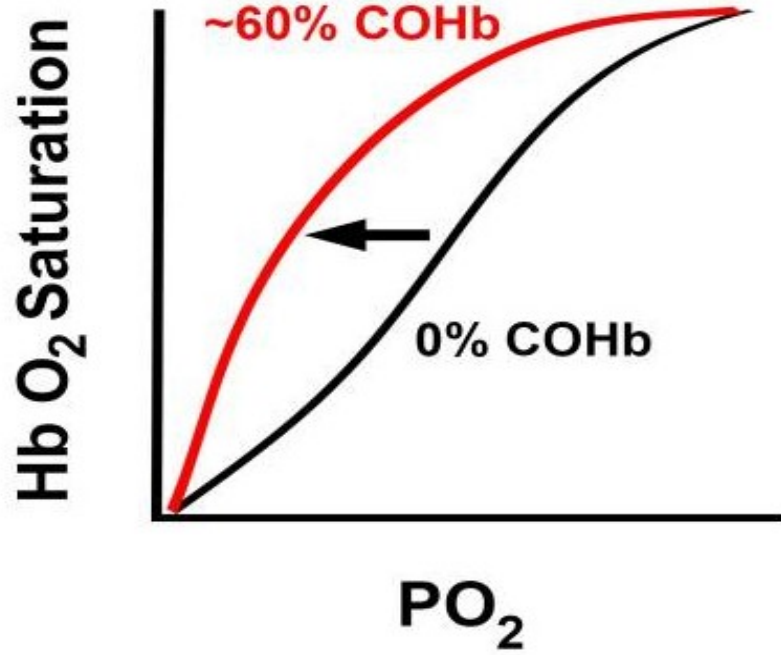
CO, yüksek afinite gösterdiği hemoglobine bağlanıp dokulara oksijen taşınmasını engellemesi, sitokrom C oksidaz ve sitokrom p-450 enzim sistemleri üzerindeki oksijenle kompetatif inhibisyona girmesi ve hücrelere direkt toksik etkisi ile asfiksiye neden olmaktadır (51). Dokulara O₂ taşınmasına engel olmasından ötürü anemik tipte bir asfiksiye yol açtığı kabul edilmektedir (16).

CO çözünmüş halde doğrudan elektron taşıma sisteminin son enzimi olan sitokrom-a₃ (Kompleks IV), sitokrom oksidaz gibi enzimlerle etkileşime girer (52). CO sitokrom C oksidaza bağlanarak hücresel solunumu inhibe eder ve oksidatif adenozin trifosfat (ATP) üretimini bozar. Doku hasarının oluşması esas olarak

CO'in hücresel düzeyde solunumu bozmasından kaynaklanmaktadır. COHb seviyesi düşse bile sitokrom C oksidazın aktivitesinin normale dönmesi zaman alır. Sitokrom C oksidazın bu özelliği COHb'in hücresel solunum inhibisyonunu uzun süre devam ettirmesine ve geç nörolojik hasara neden olur (53).

CO'in toksik etkisi; COHb formuna dönüşerek doku hipoksisi yapması ve mitokondriyal solunum zincirini etkileyerek hücresel düzeyde doku hasarı ile gerçekleşir. CO, hemoglobine bağlı oksijen molekülünün dokulara geçişini zorlaştırır. Böylece dokulara oksijen sunulamaz; göreceli anemi ve doku hipoksisi meydana gelir (54,55).

Hemoglobin molekülü, her biri bir hem kofaktörü içeren dört globin proteininden oluşur. Hem moleküllerinin her biri, bir molekül oksijen(O_2) bağlayarak hemoglobin molekülünün ana görevini gerçekleştirmesine aracılık eder (56). Hemoglobinin dört oksijen bağlanma bölgesinden herhangi biri üzerindeki CO hemoglobin ligandı, kompleksin kalan bağlanma bölgelerinde oksijen için daha büyük bir afiniteye sahip olmasına neden olur. COHb, periferik vücut doku bölgelerine oksijen vermeyen bir kompleks meydana getirir. COHb kompleksi tarafından artan oksijen afinitesi Haldane etkisi olarak bilinir. Haldane etkisi, oksijen hemoglobin disosiasyon eğrisinin sola kaymasına neden olur. Oksijen-hemoglobin disosiasyon eğrisi sadece sola kaymakla kalmaz, aynı zamanda eğri sigmoidal bir şekilden hiperbolik bir şekle dönüşür (53). Oksijen-hemoglobin disosiasyon eğrisi şekil 2.2'de gösterilmiştir (57).



Şekil 2.2. Oksijen-hemoglobin disosiasyon eğrisi

CO, kalp ve iskelet kası myoglobinine bağlanıp kas içi oksijen depolarının kullanılmasını önler. İskelet kası myoglobinine bağlanarak karboksimyoglobin oluşuma bağlı kas güçsüzlüğü yaptığı kabul edilmektedir. Kardiyak myoglobine de, hemoglobine göre daha güçlü şekilde bağlanan CO, myoglobine bağlandığında hipotansiyon, miyokardiyal depresyon oluşturarak mevcut hipoksik tabloyu artırır. CO molekülü, karboksimyoglobinden, COHb'ye göre daha geç ayrılmaktadır. Bu sebeple CO myoglobinden ayrılıp bu kez hemoglobine bağlanarak gecikmiş tipte COHb yüksekliğine sebep olabilir (27,58).

Boya sökücü, tiner ve diğer solvent karışımlarının bir bileşeni olan metilen klorürün ciltten ya da inhalasyon yoluyla maruziyeti invivo CO oluşumuna neden olabilir. Metilen klorür metabolize edilirken CO oluşur ve dolayısıyla COHb'e neden olabileceği de akılda tutulmalıdır. Metilen klorür maruziyetini takiben klinik ve hücresel CO etkileri, inhale CO maruziyeti ile aynıdır (59,60).

2.3.5. Karbonmonoksit Zehirlenmesinin Klinik Bulguları

CO zehirlenmesi beyin, kalp, böbrek, iskelet kası, deri, periferik sinir gibi hemen hemen bütün organları etkiler. CO zehirlenmesinde meydana gelen semptom ve bulgular erken dönemde ortaya çıkabileceği gibi haftalar sonra da görülebilir. Beyin ve kalp yüksek oksijen tüketimi olan organlar olduğundan dolayı başlıca semptomlar kardiyovasküler ve nöropsikiyatrik semptomlardır (40,61).

Sigara içmeyen sağlıklı bir kişide kan COHb seviyesi %1-3 arasındadır. Sigara içenlerde ise bu oran %10'un altındadır. Yangına müdahale eden itfaiyecilerde ve tünel gibi kapalı yerlerde çalışanlarda kan COHb seviyesi %10-15 arasında olabilir (27).

COHb'nin total hemoglobine oranı %10'u geçmediği sürece dikkate değer bir semptom çoğu kez ortaya çıkmaz (62). CO zehirlenmesinin belirtileri nonspesifiktir. Koma gelişene kadar baş ağrısından başka bir bulgu bulunmayabilir. %30 COHb saturasyon oranında baş ağrısı, hafif bulantı, konsantrasyon kaybı ve hafif sarhoşluk hissi olabilir. Özellikle bu durumu alkol sarhoşluğu ile karıştırmamak gerekir. %30-40 düzeyinde bulantı, kusma, halsizlik, görme ve işitme kaybı, uykuya eğilim, kaslarda güçsüzlük, %40-50 düzeyinde yorgunluk, koordinasyon kaybı, konvülsiyon, koma, kardiyorespiratuar yetersizlik ve ölüm görülebilecektir. CO intoksikasyon bulgularının COHb seviyesine göre gösterdiği değişim çizelge 2.2'de gösterilmiştir (7).

Çizelge 2.2. COHb seviyesine göre klinik bulgular

COHb Seviyesi(%)	Klinik Bulgular
<1	Normal aralık(endojen üretim nedeniyle)
<10	Semptom yok/Sigara içen kişiler
10-20	baş ağrısı, yorgunluk, kulak çınlaması
20-30	baş ağrısı, halsizlik, bulantı, kusma
30-40	şiddetli baş ağrısı, baş dönmesi, mide bulantısı, kusma
40-50	senkop, konfüzyon, artmış solunum ve kalp hızı
50-60	koma, konvülsiyonlar, depresif solunum
60-70	koma, konvülsiyonlar, kardiyopulmoner depresyon, genellikle ölümcül
>70	solunum yetmezliği, ölüm

Teşhisi daha zor olmasına rağmen, kronik düşük seviyeli CO maruziyeti, azalmış bilişsel işlev ve nörolojik sorunlara neden olmaktadır. Kronik CO maruziyetinin diğer bazı semptomları arasında kronik yorgunluk, baş dönmesi, parestezi, polisitemi, karın ağrısı, ishal ve tekrarlayan enfeksiyonlar bulunmaktadır (63–65). CO zehirlenmesi sonrasında en sık rastlanan bulgular çizelge 2.3.’te gösterilmiştir (66).

Çizelge 2.3. CO zehirlenmesi sonrasında en sık rastlanan bulgular

Semptom	Sıklık(%)
Baş ağrısı	91
Baş dönmesi	77
Halsizlik	53
Bulantı	47
Konfüzyon	43
Nefes darlığı	40
Vizüel bozukluklar	25
Göğüs ağrısı	9
Bilinç kaybı	6
Karın ağrısı	5
Kas krampları	5

CO zehirlenmelerinde ölüm meydana getiren COHb oranı %30 ile %80 arasında değişmekle birlikte en sık %50-60 arasındadır. Genel olarak %80 civarındaki COHb seviyelerinde ölümün meydana gelmesi kaçınılmaz olduğu için daha yüksek değerler pek görülmez (6,62). Solunum ve dolaşım sistemi ile ilgili hastalığı olanlar ile yaşlılarda ölüm daha kısa sürede ve daha düşük COHb seviyelerinde görülebilmektedir. Bu, genç bireylerin daha az komorbiditeye sahip olma eğiliminde olduğu ve doku hipoksisini daha iyi tolere edebildiklerini düşündürmektedir (7,67).

Klinik bulgular koma ve ölüm meydana gelinceye kadar ilerler. Tüm bu belirtilerin derecesi ve öldürücü düzey değeri kişinin sağlık durumu, yaş ve duyarlılığına bağlı olarak büyük ölçüde değişkenlik göstermektedir. Aynı odada ölü bulunan kişilerde farklı COHb seviyeleri tespit edilmesi bu durumu açıklamaktadır (27).

CO zehirlenmelerinde başlangıçta halsizlik, baş ağrısı, baş dönmesi, gözlerde yaşarma, bulantı, kusma gibi spesifik olmayan bulgular görüldüğünden; gribal enfeksiyon, besin zehirlenmesi, gastroenterit gibi yanlış tanıları konulabilmektedir (68). CO zehirlenmelerinde mortaliteden büyük ölçüde

ventriküler disritmiler ve nörolojik sekeller sorumlu tutulmaktadır. En sık ölüm nedeni ventriküler disritmiye bağlı kardiyak arrest olarak bilinmektedir (40).

CO'e en duyarlı organ beyindir. Globus pallidus, CO zehirlenmesinde en yaygın tutulum yeridir, globus pallidusta bilateral nekroz en karakteristik bulgudur, ancak spesifik değildir. Globus pallidus lezyonları yüksek doz ilaç alanlarda da görülebilir. Tomografide genellikle simetrik hipodansite gösterir. MRG'de, globus pallidusun medial kısımları, T1 ağırlıklı görüntülerde düşük sinyal yoğunluklu, T2 ağırlıklı ve FLAIR görüntülerde yüksek sinyal yoğunluklu iki taraflı alanlar olarak görünür (27,69).

CO sadece hemoglobin için değil, aynı zamanda myoglobine ve sitokrom C oksidaz gibi diğer hem proteinleri için de yüksek afinite gösterir. CO'in myoglobine olan afinitesi oksijene göre yaklaşık 17 kat fazladır (27). Myoglobine olan yüksek afinite nedeniyle CO zehirlenmesinde motor fonksiyonların etkilenmesi, bilinç bulanıklığından önce meydana gelmektedir. Bu durum, bir mağdurun CO zehirlenmesine maruz kaldığını anlayacağı, ancak bu durumdan kurtulmak için bulunduğu yerden uzaklaşma ya da oda havalandırmasını iyileştirme gibi motor faaliyet gerektiren işleri yapamayacağı anlamına gelmektedir (7).

Yangın ortamındaki kişinin, alevler ulaştığında canlı olup olmadığını değerlendirirken, %10'un üzerindeki COHb oranı kişinin canlı olduğunu gösteren önemli bir bulgu olarak kabul edilir. Düşük COHb değerlerinde ölüm meydana gelmişse; larinks spazmı, ağrı şoku, yangın ortamında oluşan siyanür, azot oksit, fosgen vb toksik gazların etkisi, patlama yanıkları ya da kişinin zehirlenmeden sonra bir süre yaşamış olabileceği akla gelmelidir (27,70).

2.3.6. Tanı

CO zehirlenmesinin teşhisi klinik bir teşhistir, yakın zamanda CO maruziyeti öyküsü, CO zehirlenmesi ile uyumlu semptomların varlığı ve yüksek COHb seviyesinin gösterilmesi gereklidir. Tanı için semptomlar gereklidir, ancak CO zehirlenmesinde tek bir semptom duyarlı ve spesifik değildir. ABD'de yapılan bir çalışmada; CO zehirlenmesi tedavisi için sevk edilen 1323 hastadan oluşan bir seride en yaygın semptomların baş ağrısı, baş dönmesi, bulantı, kusma, konfüzyon, yorgunluk, göğüs ağrısı, nefes darlığı ve bilinç kaybı olduğu bildirilmiştir (71). CO

zehirlenmesi tanısını doğrulayan veya dışlayan hiç bir semptom kombinasyonu yoktur. Baş ağrısı en yaygın semptom olmasına rağmen, CO zehirlenmesine özgü karakteristik bir baş ağrısı paterni de yoktur (72).

COHb, HbO₂'den daha parlak bir kırmızı tonu oluşturduğundan ve kılcal kanın rengi cilt rengine katkıda bulunduğundan, dolaşımında belli bir miktarda COHb bulunan bir hastanın görünümü değişebilmektedir. Bir insanın derisinin ve mukoza zarlarının “kiraz kırmızısı” görünmesi için öldürücü bir COHb seviyesi gereklidir. CO zehirlenmesinden ölen bireylerin ten rengini tespit etmek için yansıma spektrofotometrisi kullanılsa bile, yarısından azında “kiraz kırmızısı” cilt olduğu bildirilmektedir (73).

CO zehirlenmesinin toksikolojik değerlendirmesi, otopsi bulgularına ve kandaki COHb satürasyonuna dayanmaktadır. Deri, organ ve kandaki “kiraz kırmızısı” renk değişiklikleri dışında çoğu otopsi bulgusu CO zehirlenmesine özgü olmadığından, adli tıpta temel değerlendirme noktası COHb satürasyonudur (74).

CO maruziyeti için mevcut biyobelirteç COHb'dir. CO kan dolaşımına girdiğinde hemoglobine oksijene rekabetçi bir şekilde bağlanır (75). Akut CO zehirlenmesinin klinik tanısı, yüksek bir COHb seviyesi gösterilerek doğrulanmalıdır. Sigara içmeyenlerde en az %3-4 ve sigara içenlerde en az %10 COHb düzeyleri beklenen fizyolojik aralığın dışında kabul edilmektedir (71).

Mevcut COHb ölçüm yöntemleri, spektrofotometrik yöntemler, gaz kromatografisi, saptama tüpleri ve oksimetridir (74,76). Kan COHb seviyesi sıklıkla otomatik sistemler(CO-oksometreler) dahil olmak üzere spektrofotometrik yöntemler kullanılarak belirlenir. Spektrofotometrik yöntem en yaygın kullanılan yöntemdir, bu yöntem farklı dalga boylarında her bir hemoglobinin türevinin spesifik ışık absorpsiyon özelliklerine dayanır (77). CO-oksometreler, klinik kullanım için çok uygun otomatik fotometrik araçlardır (78).

CO-oksimetre, esas olarak adli toksikoloji laboratuvarlarında en yaygın kullanılan yöntem olmuştur. Tam otomatik CO-oksimetrik sistemler kullanım kolaylığı açısından en uygun koşulları sunmaktadır. CO-oksimetre üreticileri tarafından iddia edilen spektrofotometrik COHb hesaplamaları büyük olasılıkla ve çoğu adli numunenin tanısal belirlemeleri için ihtiyaçları karşılamaktadır (77).

COHb'yi ölçmek için kullanılan gaz kromatografisi(GC) yöntemleri, eritrositleri parçalamak için bir çözelti ile kan örneğini karıştırmaya ve ardından hemoglobine bağlı CO'nin kandan serbest bırakılması esasına dayanır (79). GC yöntemi birçok bilim insanı tarafından COHb analizi için referans yöntem olarak kabul edilmiştir. Tartışılan yöntemler arasında en hassas ve kesin olanıdır (80,81). Bununla birlikte, GC genellikle araştırma laboratuvarlarıyla sınırlıdır, çünkü nispeten karmaşık ve zaman alıcı olarak kabul edilmiştir ve doğru sonuç verebilmesi için özel beceriler gerektirir. Ek olarak, COHb'yi numunedeki toplam hemoglobinin bir yüzdesi olarak ifade etmek için, ayrı bir ölçüm ve hesaplama gereklidir (82,83).

Ayrıca kandaki COHb saturasyonunu tahmin etmek için farklı formüller de kullanılmıştır:

$$\text{COHb (\%)} = a \times \text{solunum havasındaki CO(\%)} \times \text{zaman(dk)},$$

Formülde kullanılan a, istirahatte 3, hafif aktivitede 5, hafif iş altında 8 ve ağır iş altında 11 olarak kullanılan sabit bir değerdir.

$$\text{COHb (\%)} = 0,33 \times \text{RMV} \times \text{solunan havadaki CO(\%)} \times \text{zaman(dk)},$$

Bu formülde kullanılan RMV(solunum dakika hacmi) ise, dinlenmede 8,5, hafif egzersizde 25 ve ağır egzersizde 50 olarak kabul edilmektedir (74).

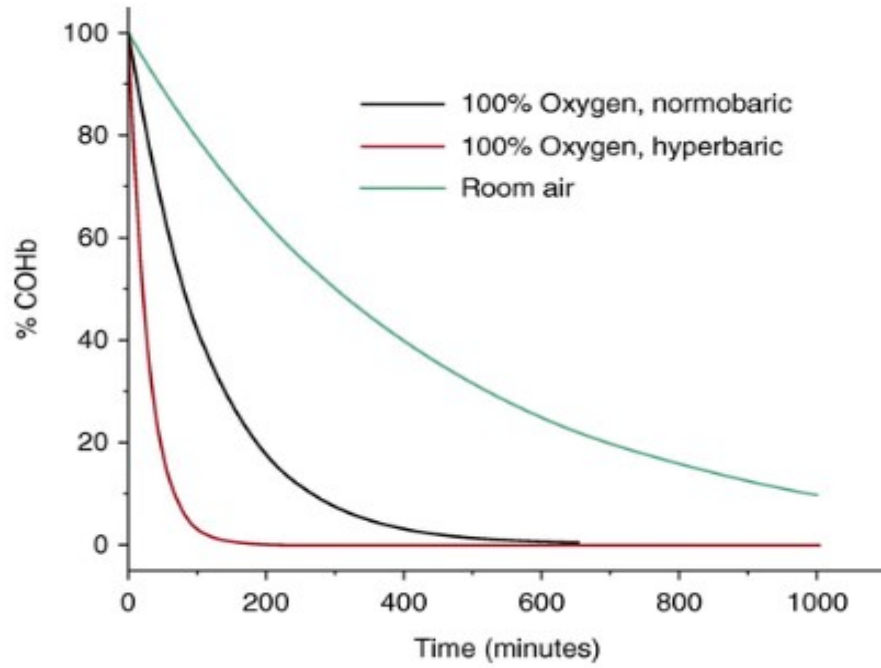
Tarihsel olarak, CO-oksimetre CO zehirlenmesi tanısının temel dayanağı olmuştur. CO-oksimetre, oksijenli ve oksijeni giderilmiş hemoglobinin yanı sıra COHb ve methemoglobinin nispi konsantrasyonlarını ölçer (84). Son yıllarda, kan CO konsantrasyonunu noninvaziv olarak ölçmek için bir nabız CO oksimetresi (Rad-57, Masimo, Inc., Irvine, California, ABD) geliştirildi ve hastane öncesi ve acil servis taramasında yararlı olduğu gösterildi. CO zehirlenme bölgesinde kişide non invaziv ölçülen CO-Hb konsantrasyonunun (SpCO), kırsal alanlarda CO zehirlenmesinde maruz kalma süresi ile ilişkili olduğu gösterilmiştir. Sahada SpCO ölçümü hızlı ve tekrarlanabilir bir yöntemdir ve tıbbi müdahalenin kritik erken anlarında maruziyetin kapsamının anlaşılmasında faydalı olabileceği düşünülmektedir. Bununla birlikte, şu anda halen hastanede ölçülen COHb seviyeleri ile korelasyonu sınırlıdır (85).

2.3.7. Tedavi

Tedavide en büyük amaç, akut ve uzun vadeli sekelleri önlemek için organizmadan CO'nin elimine edilmesidir (86). Doku hipoksisi CO intoksikasyonunun başlıca sonucudur, bu nedenle kimyasal ve patofizyolojik verilere göre O₂ “doğal panzehirdir” (33). CO toksisitesinin klinik belirti ve semptomları spesifik olmadığı için, tüm şüpheli olgular COHb içeriği için kan alındıktan hemen sonra O₂ inhalasyonu ile tedavi edilmelidir (87). CO zehirlenmesi için mevcut tedavi maske veya endotrakeal tüp ile %100 normobarik oksijen (NBO₂) veya hiperbarik oksijen (HBO₂)'dir (2,5-3 atmosfer) (65,88). Hava yolunun ve yeterli ventilasyonun sağlanmasından hemen sonra, NBO₂ uygulanması tedavinin temel taşıdır. HBO₂ ise genellikle 90 ila 120 dakika süreyle 2,5-3 atmosfer basıncında, senkop, koma veya nöbet ile başvuran ve fokal nörolojik defisit gelişen veya COHb > %25 (gebelikte %15) olan olgularda tercih edilen tedavi olarak kabul edilmektedir (89–91).

HBO₂ mevcut olmadığında, acil serviste COHb normal olana ($\leq$ %3) ve hastanın CO zehirlenmesi semptomları düzelene kadar, genellikle yaklaşık 6 saat boyunca %100 NBO₂ verilmesi önerilmektedir (71).

NBO₂ ve HBO₂, kısmi oksijen basıncını artırarak CO'ı kandan daha hızlı uzaklaştırır, bu da CO'nin hemoglobinden ayrılma hızını artırır. NBO₂, CO'nun eliminasyon yarı ömrünü oda havasında 320 dakikadan 74 dakikaya düşürür (71,92,93). HBO₂, CO'nin yarı ömrünü 20 dakikaya indirebilir (33). Terapötik tedaviler altında COHb saturasyonunun değişimi şekil 2.3.'te gösterilmiştir (65).



Şekil 2.3. Terapötik tedaviler altında COHb satürasyonunun değişimi. CO'nin yarı ömür değerleri; oda havasında (320 dk), %100 NBO₂ altında (74 dk) ve %100 HBO₂ altında (20 dk)'dır.

Tedavide sağlanan kısmi oksijen basıncı ne kadar yüksek olursa, eliminasyon periyodu o kadar kısa olur, bu da teorik olarak HBO₂ tedavisini destekler. Ancak pratikte HBO₂ tedavisinin ne kadar yararlı olduğu tartışma konusudur (94).

CO zehirlenmesini takiben nörolojik sekellerle ilgili olarak yetişkinlerde HBO₂'nin yararına ilişkin çalışma kanıtları yetersizdir. Akut CO zehirlenmesi olan 629 hastayı kapsayan bir çalışma, bir ay sonra HBO₂'nin faydalı olduğuna dair hiç bir kanıt ortaya koyamamıştır (95). Buna karşılık, Thom ve ark. (91) tarafından yapılan prospektif randomize bir çalışma, intoksikasyon düzeyinden ve klinik semptomlarından bağımsız olarak, HBO₂ sonrası daha az gecikmiş nörolojik semptom meydana geldiğini ortaya koymuştur. Nörolojik testler de bir ay sonra HBO₂ tedavisi alan grup için daha iyi sonuçlar vermiştir (91).

2011 yılında yayınlanan bir metaanaliz çalışmasında, CO zehirlenmesi için NBO₂ tedavisi ile HBO₂ tedavisinin etkinliğinin karşılaştırıldığı bu konuda yapılmış altı farklı çalışma toplu değerlendirmeye alınmıştır. Bu altı çalışmadan ikisi nörolojik sekelleri azaltmada HBO₂ tedavisinin NBO₂ tedavisine göre daha etkin

olduğunu gösterirken diğer dört çalışmada iki tedavi arasında fark bulunamamıştır. Bu altı çalışma toplu olarak değerlendirildiğinde istatistiksel olarak anlamlı farklılığa rastlanmamıştır (96).

HBO₂'nin olumsuz etkileri arasında geri dönüşümlü miyopi, katarakt, trakeobronşiyal semptomlar, kendi kendini sınırlayan nöbetler, orta kulakta barotravmalar, nadiren dişleri ve kraniyal sinüsleri etkileyen barotravmalar bulunur. Klostrofobi de, tek kişilik yüksek basınç odalarında sorun olabilmektedir (33).

Doku hipoksisi varlığında anaerobik metabolizma laktik asidoz oluşturduğundan, serum pH ve laktik asit düzeylerinin yakından izlenmesi gereklidir. pH 7,15'in altındaki asidoz, sodyum bikarbonat ile tedavi edilmelidir. Sodyum bikarbonat uygulaması sırasında dikkatli olunmalıdır, çünkü metabolizmasının bir yan ürünü olan CO₂ solunum asidozuna yol açabilmektedir (33).

2.3.8. Dış Muayene ve Otopsi Bulguları

Hemen her olguda olduğu gibi CO zehirlenmesinden ölümlerde de iyi alınan bir öykü ve detaylı olay yeri incelemesi ölüm sebebi konusunda çok yardımcı olabilir. Ancak her olguda öykü ve olay yeri koşulları bariz olmayacağı gibi, CO zehirlenmesi hiç düşünülmeyen durumlarda ancak otopsi yapıldıktan sonra ölüm sebebinin CO zehirlenmesi olarak tespit edilebildiği olgularla da karşılaşılabilir (70). Dolayısıyla özellikle kapalı ortamlarda meydana gelen ölümlerde CO zehirlenmesi akla gelmeli, adli nitelikte bir olgu şeklinde değerlendirilmeli ve dış muayene ile yetinilmeyip otopsi yapılmalıdır.

CO zehirlenmesinde otopsi bulguları nonspesifik olduğu için ölen kişiden elde edilecek COHb tespiti önemlidir. Laboratuvar incelemeleri için venöz kan tercih edilmeli, alınamazsa sağ kalpten kan alınmalıdır. Venöz ya da kardiyak kan alınamadığı durumlarda kan içeren akciğer, dalak, kas ya da kemik iliği dokuları alınarak inceleme yapılabilir (27). Kalitatif ve kantitatif olarak kullanılan çeşitli yöntemler vardır.

Otopsi salonunda kalitatif bir ön analiz olarak, %10'luk sodyum hidroksit solüsyonuna bir kaç damla kan eklenip çalkalandıktan sonra beyaz bir zemin

üzerinde bakıldığında normal kan kahverengi-yeşil renk alırken CO zehirlenmesi olan olguda kan pembe renk alır. Başka bir yöntem de tüp içerisindeki 1 cc kadar kanın ısıtılmasıdır. Bu işlem sonucunda CO zehirlenmelerinde kan açık kırmızı renk alırken normal kan koyu kahverengi-siyah renk alır (27).

Spektrofotometrik bir inceleme olan Stokes bandı yönteminde ise 1/10 oranında sulandırılan kan tüp içinde spektroskopa yerleştirilirse hem normal kanda hem CO içeren kanda spektrum D-E çizgileri arasında dikey ince siyah iki bant meydana gelir. Soldaki D çizgisine daha yakın olan ince, sağda E çizgisine yakın olanı daha kalındır. Bu iki band hem oksihemoglobin hem karboksihemoglobinin bandıdır. Sulandırılmış kana yarım gram kadar sodyum hidrosülfid katılırsa normal kanda iki band birleşir ve geniş bir band oluşur, buna Stokes bandı denir. Kanda CO varsa bu iki band birleşmez ve her ikisi de D ve E bandına doğru kayar (97,98).

Otopsi sırasında cesetten alınan kandan COHb düzeyi kantitatif olarak saptanmalıdır. Çünkü en kesin tanı "COHb'nin kantitatif tayini" ile olmaktadır. Tam otomatik CO-oksimetrik sistemler kullanım kolaylığı açısından en uygun koşulları sunmaktadır ve esas olarak adli toksikoloji laboratuvarlarında en yaygın kullanılan yöntemdir (77,99).

Yangın ortamında kalmış cesetlerden kan alma imkanı yoksa o zaman büyük kaslardan veya kemik iliğinden örnekler alınmalıdır. COHb çürümeye oldukça dayanıklı bir kompleks olduğu için, çürümüş cesetlerden de örnek almak (kan, kas, kemik iliği) ihmal edilmemelidir. Ölümde rolü olabilecek başka faktörleri ekarte etmek için histopatolojik incelemeler mutlaka yapılmalıdır (99).

CO zehirlenmesinden ölümlerde ölü lekelerinin açık kırmızı (kiraz kırmızısı) ya da parlak pembe renk alması spesifik olmasa da tanı için çok yararlı bir bulgudur. Ancak buna benzer renk değişikliği, hipotermi, siyanür zehirlenmesi, yakın zamanda ölen bir cesedin morgda soğutulması veya cesedin ıslak giysilerle örtülmesi durumunda da görülebilmektedir (26,100).

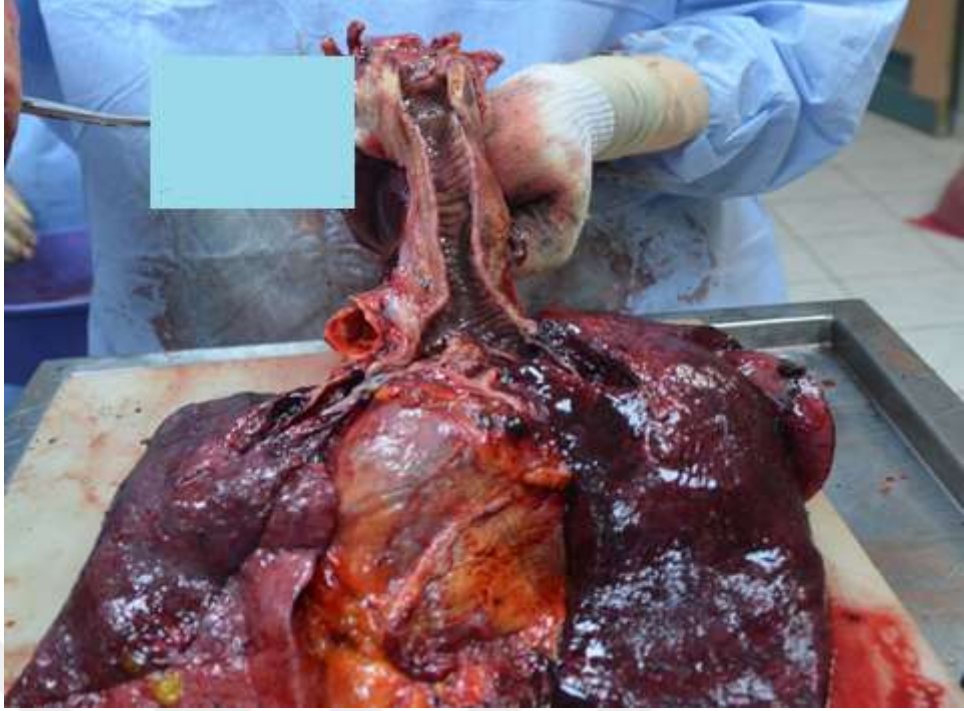
Kiraz kırmızısı ölü lekeleri genelde COHb saturasyonunun %30'u geçtiği durumlarda görülür, %20'nin altında ise genellikle görülmemektedir. Cesedin anemik olduğu durumlarda, rengi sergileyecek hemoglobin miktarının az olmasından dolayı renk değişikliği soluk olabilir ya da hiç olmayabilir (70). Yeniden canlandırma girişimleri sırasında COHb seviyeleri düşerse bu renk

değişikliği kaybolabilmektedir (100). CO zehirlenmesi sonucu ölmüş bir kişideki açık kırmızı renkli ölü lekeleri şekil 2.4.'te gösterilmektedir.



Şekil 2.4. Kiraz kırmızısı ölü lekeleri

Duman inhalasyonuna maruz kalan bireylerin muayenesinde genellikle, burun deliklerinde, ağızda ve ayrıca gırtlak, trakea ve bronşların duman isi ve kurum ile kaplandığı görülmektedir. Ancak kurumun olmaması, kişinin mutlaka yangının başlamasından önce öldüğü anlamına gelmez. Ayrıca, yüz, burun delikleri ve ağızdaki duman isi veya kurum CO zehirlenmesini düşündürse de, kişinin CO solunmasından öldüğünü değil, yalnızca dumanın bu yapıları etkilediğini kanıtlamaktadır (100). Dumandan etkilenmiş kişilerin ağız burun çevresi ve trakeadaki duman isi ve kurumla kaplı yapılar şekil 2.5. ve şekil 2.6.'da gösterilmektedir.



Şekil 2.5. Dumandan etkilenmiş bir kişinin otopsi esnasında trakeda görülen duman isi ve kurum



Şekil 2.6. Dumandan etkilenmiş bir kişinin dış muayenede ağız ve burun çevresinde görülen duman isi ve kurum

Olaydan hemen sonra COHb ölçümü için numune alınmazsa, evde çıkan yangında ölen bir mağdurun ölüm nedenini belirlemede zorluk yaşanabilir. CO zehirlenmesi kurbanı bir kaç saat hayatta kalırsa, ölüm sonrası kan örneklerinde

COHb konsantrasyonlarının ölçümü yoluyla zehirlenmeyi göstermek mümkün olmayabilir. Bu durumlarda, olay yeri incelemesi ve ölüm sonrası değişikliklerin yanı sıra hastaneye kabul sırasında alınan kanın tetkiki özellikle önem taşımaktadır (100).

CO zehirlenmesinde otopsi bulguları nonspesifiktir. Cesetlerin büyük kısmında pulmoner ödem görülmektedir. Akciğerler şiş, ödemli, açık kırmızı renkte olup iç muayenede iç organlar, mukozalar ve seröz yapılar, damar iç yüzeyleri açık pembe renkli görünümündedir. Kan akıcı nitelikte ve açık kırmızı-pembe renktedir. Bir tüp içerisinde sulandırılırsa karmen rengine döner. Kan dışarıda, örneğin otopsi masasına yayıldığında bir müddet beklenirse rengi açılır. Peteşiler, plevra dışında; perikard, saçlı deri altı, meninksler ve beyin dokusu içinde de görülür (27,70).

CO zehirlenmesi sonucu ölen cesetlerin otopsilerinde, beyin beyaz maddesinin sıradışı bir şekilde sıkı kaldığı, beyin tamamının kafatasından çıkarıldıktan sonra nispeten daha rijit olup şeklini daha iyi koruduğu belirtilmiştir. Bu durumun ödemle veya beyin dokusunda meydana gelen minimal bir fiksasyon değişiminden kaynaklanabileceği ileri sürülmüştür (70).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

T.C. Adalet Bakanlığı Adli Tıp Kurumu'ndan alınan izin ile Adli Tıp Kurumu Antalya Grup Başkanlığı Morg İhtisas Dairesi'nde 01.01.2011-31.12.2020 tarihleri arasındaki 10 yıllık süreçte yapılan 8649 otopsinin kayıtları incelenmiş olup CO zehirlenmesi sonucu öldüğü belirlenen 105 olgu tespit edilmiştir. Olgular; yaş, cinsiyet, boy, kilo, meslek, uyruk, ölümün meydana geldiği zaman (yıl, mevsim, ay ve gün), olayın orijini, olayın meydana geldiği şehir ve yer, COHb değeri, hastalık öyküsü, otopsi bulguları, toksikolojik analiz sonuçları, travmatik bulgu varlığı yönlerinden incelenmiştir. Olguların otopsi raporlarında eksik olduğu veya yeterli veri bulunamadığı durumlarda yerel haber kaynaklarının olduğu internet sitelerinden olayın oluş şekli ve olguların diğer özelliklerine ilişkin bilgiler elde edilmiştir.

Olgulara ait veriler sayısal olarak kodlanarak istatistiksel analiz için SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versiyon 23.0 programına kaydedilmiştir. İstatistiksel analizde Fisher's Exact testi, Mann Whitney U testi ve Spearman korelasyon analizi kullanılmış ve alfa anlamlılık değerinin 0,05'ten küçük olması istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

4. BULGULAR

Antalya Adli Tıp Grup Başkanlığı Morg İhtisas Dairesi'nde 1 Ocak 2011-31 Aralık 2020 tarihleri arasındaki 10 yıllık sürede otopsi yapılan toplam 8649 olgunun 105'inin (%1,2) CO zehirlenmesi sonucu meydana gelen ölüm olduğu tespit edilmiştir. CO zehirlenmesi sonucu ölümlerin en fazla 2018 yılında meydana geldiği (n:14), oransal olarak en yüksek olduğu yılın ise 2012 olduğu ve 2012 yılındaki olgular içerisinde %1,9 olduğu saptanmıştır. CO zehirlenmesi sonucu meydana gelen ölüm olgularının yıllara göre dağılımı çizelge 4.1.'de gösterilmiştir.

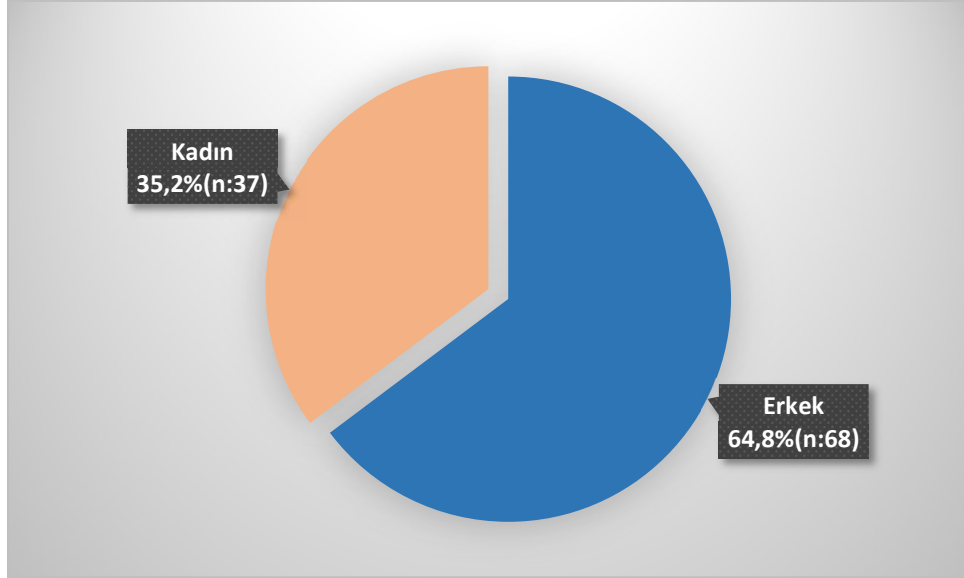
Çizelge 4.1. CO zehirlenmesi sonucu meydana gelen ölümlerin yıllara göre dağılımı

Yıl	Toplam otopsi sayısı(n:8649)	CO zehirlenmesi sonucu meydana gelen ölümler	Yüzde (%)*	Yüzde (%)**
2011	661	8	1,2	7,6
2012	698	13	1,9	12,4
2013	954	10	1	9,5
2014	772	10	1,3	9,5
2015	802	12	1,5	11,5
2016	834	7	0,8	6,7
2017	934	11	1,2	10,5
2018	1000	14	1,4	13,3
2019	1118	10	0,9	9,5
2020	876	10	1,1	9,5
Toplam	8649	105	1,2	100

* CO zehirlenmesi sonucu meydana gelen ölümlerin, aynı yıldaki toplam otopsi sayısına oranı

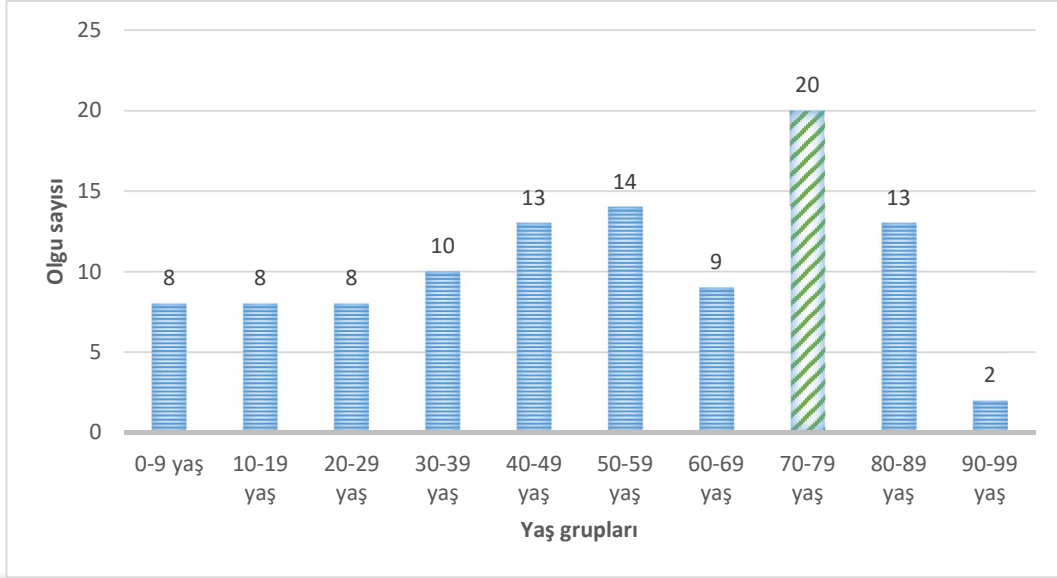
**CO zehirlenmesi sonucu meydana gelen toplam 105 olgu içerisindeki oranı

Çalışmamızda 105 olgunun 37 (%35,2)'sinin kadın, 68 (%64,8)'inin erkek olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.1). Erkek/kadın oranının 1,83 olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.1. CO zehirlenmesi sonucu meydana gelen ölümlerin cinsiyete göre dağılımı(n=105)

Olguların yaş ortalamasının 51,8 olduğu (min:1, max:95, SD:25,4), erkek olgularda yaş ortalamasının 51,6 (min:2, max:91, SD:23,7) ve kadın olgularda yaş ortalamasının 52,2 (min:1, max:95, SD:28,6) olduğu tespit edilmiştir. Olguların yaş aralıklarına göre dağılımına bakıldığında; en fazla olgunun 70-79 yaş (n:20, %19,1) yaş aralığında olduğu bunu sırası ile 50-59 yaş grubu (n:14, %13,3) ve 40-49 (n:13, %12,4) ve 80-89 yaş gruplarının (n:13, %12,4) izlediği hesaplanmıştır. Cinsiyete göre yaş dağılımlarında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır. Yaş gruplarının dağılımı Şekil 4.2’de, yaş gruplarının cinsiyete göre dağılımı ise Çizelge 4.2’de gösterilmektedir.



Şekil 4.2. CO zehirlenmesi sonucu ölen olguların yaş gruplarına göre dağılımı(n=105)

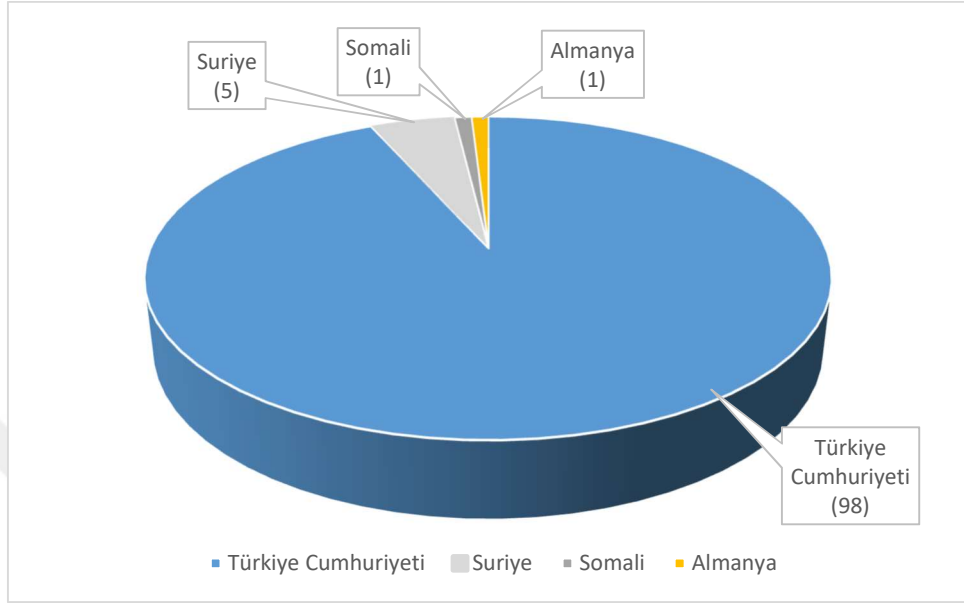
Çizelge 4.2. Yaş gruplarının cinsiyete göre dağılımı(n=105)

Yaş Aralıkları	Cinsiyet				Toplam	
	Kadın		Erkek			
	Sayı (n:37)	Yüzde (%)*	Sayı (n:68)	Yüzde (%)*	Sayı (n:105)	Yüzde (%)**
0-9 yaş	5	13,5	3	4,4	8	7,6
10-19 yaş	3	8,1	5	7,5	8	7,6
20-29 yaş	2	5,4	6	8,8	8	7,6
30-39 yaş	1	2,7	9	13,2	10	9,5
40-49 yaş	4	10,8	9	13,2	13	12,4
50-59 yaş	4	10,8	10	14,7	14	13,3
60-69 yaş	3	8,1	6	8,8	9	8,6
70-79 yaş	10	27,1	10	14,7	20	19,1
80-89 yaş	4	10,8	9	13,2	13	12,4
90 yaş üstü	1	2,7	1	1,5	2	1,9
Toplam	37	100,0	68	100,0	105	100,0

*Cinsiyet grubu içerisindeki oranı

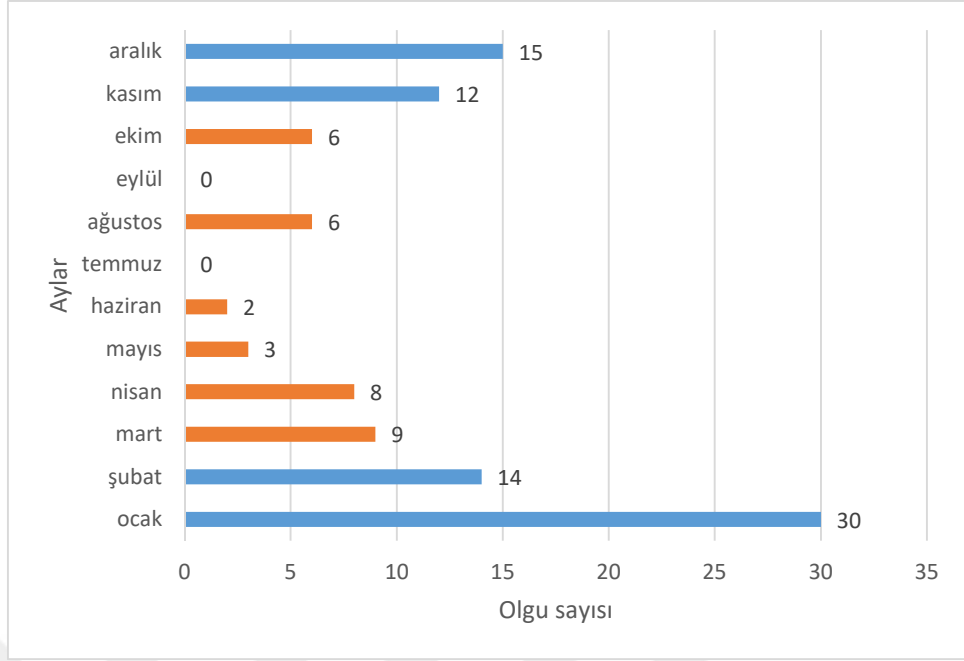
**Tüm olgular içerisindeki oranı

105 olgudan 98 olgu (%93,3) Türkiye Cumhuriyeti vatandaşı iken, 5 olgunun (%4,8) Suriye vatandaşı, 1'er olgunun da (%0,95) Almanya ve Somali vatandaşı olduğu tespit edilmiştir. Olguların uyruklarına göre dağılımı Şekil 4.3'te gösterilmiştir.



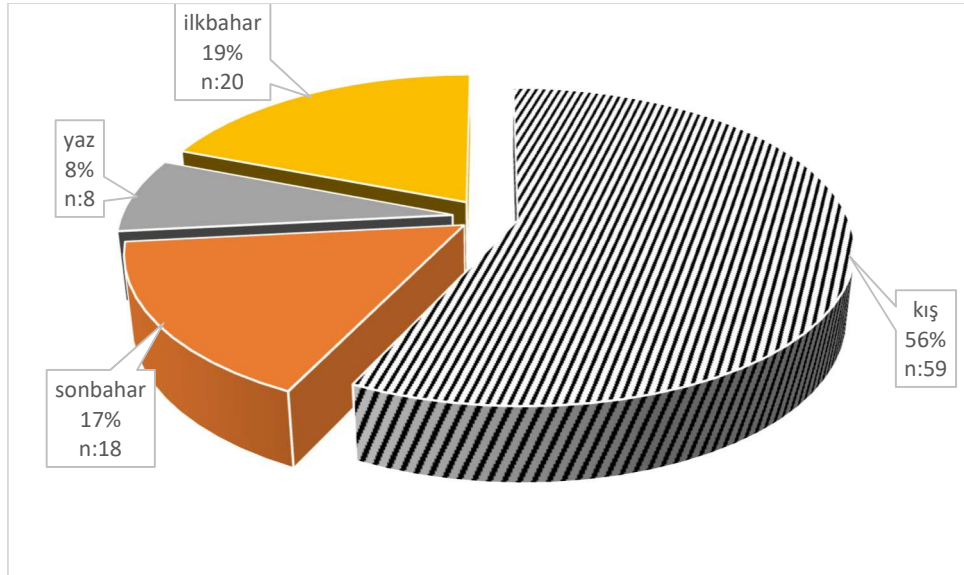
Şekil 4.3. Olguların uyruklarına göre dağılımı(n=105)

CO zehirlenmesi sonucu meydana gelen ölümlerin aylara göre dağılımı Şekil 4.4'te verilmiş olup, CO zehirlenmesi sonucu meydana gelen ölümlerin en fazla Ocak (n:30, %28,6), Aralık (n:15, %14,3) ve Şubat (n:14, %13,3) ile kış aylarında saptandığı, Temmuz ve Eylül aylarında olgu saptanmadığı, Haziran ayında 2 (%1,9) olgu, Mayıs ayında 3 (%2,9) olgu saptandığı, belirlenmiştir.



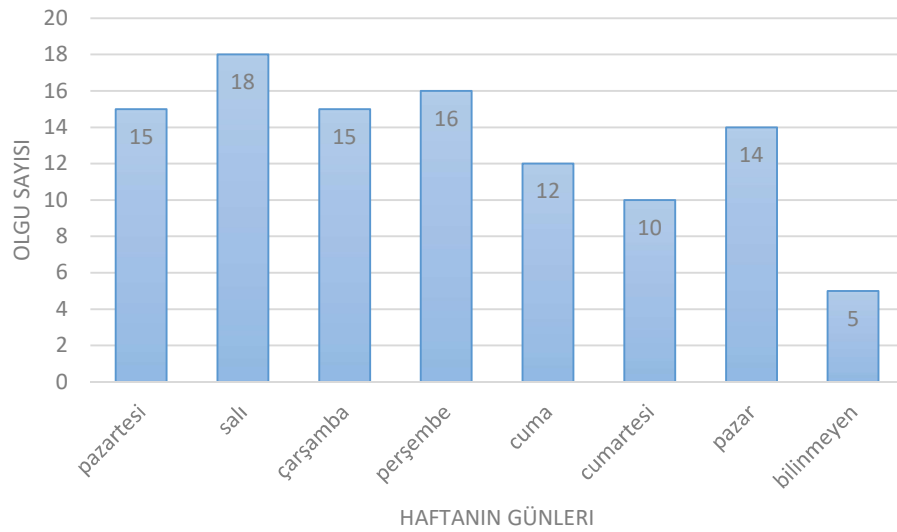
Şekil 4.4. Olguların aylara göre dağılımı(n=105)

Olguların mevsimsel dağılımına bakıldığında en fazla olgunun kış (n:59, %56,2), en az olgunun ise yaz (n:8, %7,6) mevsiminde görüldüğü, ilkbahar mevsiminde 20 (%19,1), sonbaharda ise 18 olgu (%17,1) görüldüğü, sonbaharda saptanan olguların 2/3'ünün kasım ayında (n:12, %11,4) gerçekleştiği, saptanmıştır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Olguların mevsimlere göre dağılımı(n=105)

CO zehirlenmesinden ölen olgularda, olayın meydana geldiği günlere bakıldığında, ölümlerin en sık salı günlerinde (n:18, %17,2) gerçekleştiği, bunu sırasıyla perşembe (n:16, %15,2), pazartesi (n:15, %14,3) ve çarşamba (n:15, %14,3) günlerinin takip ettiği, en az ise cumartesi günlerinde (n:10, %9,5) gerçekleştiği saptanmıştır. Olgulardan 5'inde (%4,8) ise ileri düzeyde çürüme nedeni ile olayın meydana geldiği gün bilgisine ulaşılamamıştır. Günlere göre dağılımda, günler arası ve hafta içi hafta sonu günleri arasında istatistiksel farklılık tespit edilmemiştir. CO zehirlenmesi sonucu ölen olguların haftanın günlerine göre dağılımı şekil 4.6'da gösterilmektedir.

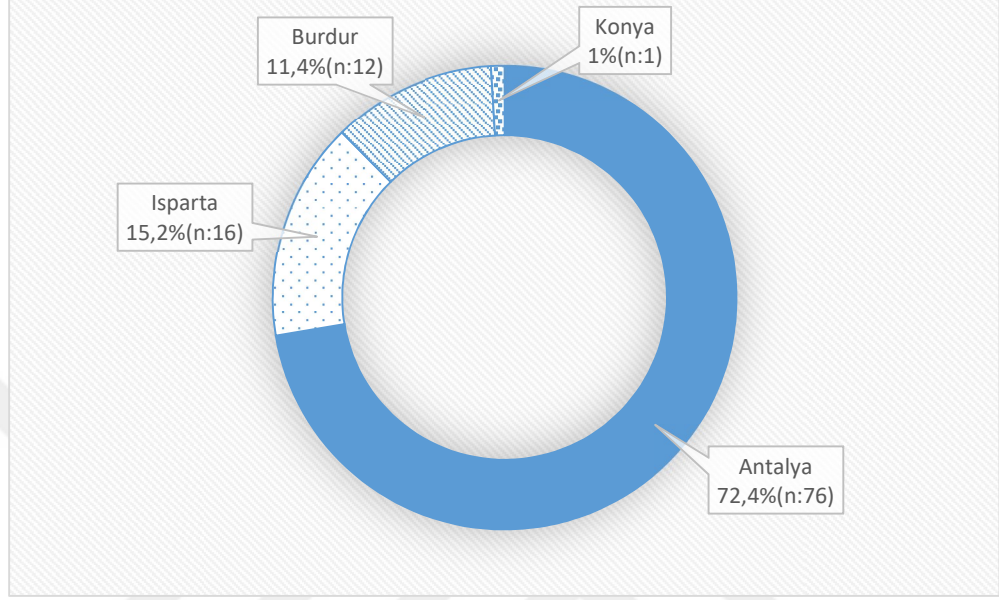


Şekil 4.6. CO zehirlenmesi sonucu ölen olguların haftanın günlerine göre dağılımı(n=105)

İl ve ilçe bazında olayların gerçekleştiği yerlere bakıldığında; 76 olgu (%72,4) Antalya ili içinden, 29 olgu (%27,6) Antalya çevresindeki illerden Antalya Adli Tıp Grup Başkanlığı Morg İhtisas Dairesi'ne otopsileri yapılmak üzere gönderilmiştir. Antalya çevresindeki illerden en fazla olgunun Isparta'dan (n:16, %15,2) geldiği, 12 olgunun (%11,4) Burdur'dan ve 1 (%1) olgunun da Konya'dan gönderilmiş olduğu görülmektedir. CO zehirlenmesi sonucu meydana gelen ölümlerin gönderildikleri yerlere göre dağılımı şekil 4.7'de gösterilmektedir.

Antalya ilinde meydana gelen 76 olgu içerisinde, CO zehirlenmesi sonucu meydana gelen ölüm olgularının geldikleri ilçelere bakıldığında en fazla olgunun Merkez ilçeleri (Muratpaşa, Konyaaltı, Kepez, Döşemealtı ve Aksu) (n:25, %32,9) ve takiben Korkuteli'nden (n:17, %22,4) geldiği, en az sayıda olgunun ise Akseki

(n:1, %1,3) ve Gazipaşa (n:1, %1,3) ilçelerinden gönderildiği görülmüştür. Demre, Finike, Gündoğmuş ve İbradı ilçelerinden gönderildiği bildirilen herhangi bir olguya rastlanmamıştır. Olguların geldiği ilçelere göre dağılımı çizelge 4.3'te gösterilmiştir.



Şekil 4.7. CO zehirlenmesi sonucu meydana gelen ölümlerin gönderildikleri yerlere göre dağılımı(n=105)

Çizelge 4.3. Antalya ilinden gelen olguların ilçelere göre dağılımı(n=76)

İlçeler	Sayı (n:76)	Yüzde (%)*	Yüzde (%)**	İlçeler	Sayı (n:76)	Yüzde (%)*	Yüzde (%)**
Akseki	1	1,3	0,9	Kaş	7	9,2	6,7
Alanya	2	2,7	1,9	Kemer	4	5,3	3,8
Demre	0	0,00	0,0	Korkuteli	17	22,4	16,2
Elmalı	3	3,9	2,9	Kumluca	3	3,9	2,9
Finike	0	0,00	0,00	Manavgat	6	7,9	5,7
Gazipaşa	1	1,3	0,9	Merkez	25	32,9	23,8
Gündoğmuş	0	0,00	0,00	Serik	7	9,2	6,7
İbradı	0	0,00	0,00	TOPLAM	76	100,0	72,4

*Antalya içinden gönderilen olgulara oranı

**CO zehirlenmesi sonucu meydana gelen tüm ölümlere (n:105) oranı

Buradan itibaren rakam kontrolü yapılacak

CO zehirlenmesi olgularının meydana geldiği yerlere bakıldığında; en sık evlerde (n:75, %71,4) olduğu saptanmıştır. CO zehirlenmelerinin sıklıkla gerçekleştiği diğer yerler içerisinde ise sırasıyla işyeri (n:5, %4,8), çadır (n:5, %4,8) ve otomobil içi (n:4, %3,8) bulunmakta olup CO zehirlenmelerinin meydana geldiği yerlerin dağılımı Çizelge 4.4'te gösterilmektedir.

Çizelge 4.4. CO zehirlenmesi sonucu ölümlerin meydana geldiği yerler

Olayın meydana geldiği yer	Sayı (n:105)	Yüzde (%)	Olayın meydana geldiği yer	Sayı (n:105)	Yüzde (%)
Ev	75	71,4	Müştemilat ev/oda	1	1
İşyeri	5	4,8	Konteynır	1	1
Çadır	5	4,8	Bağ evi	1	1
Otomobil içi	4	3,8	İş makinesi içi	1	1
Baraka	3	2,8	Dinlenme tesisi/pansiyon	1	1
Maden ocağı	2	1,8	Samanlık	1	1
Su kuyusu	2	1,8	Bilinmeyen	2	1,8
Açık alan	1	1	TOPLAM	105	100,00

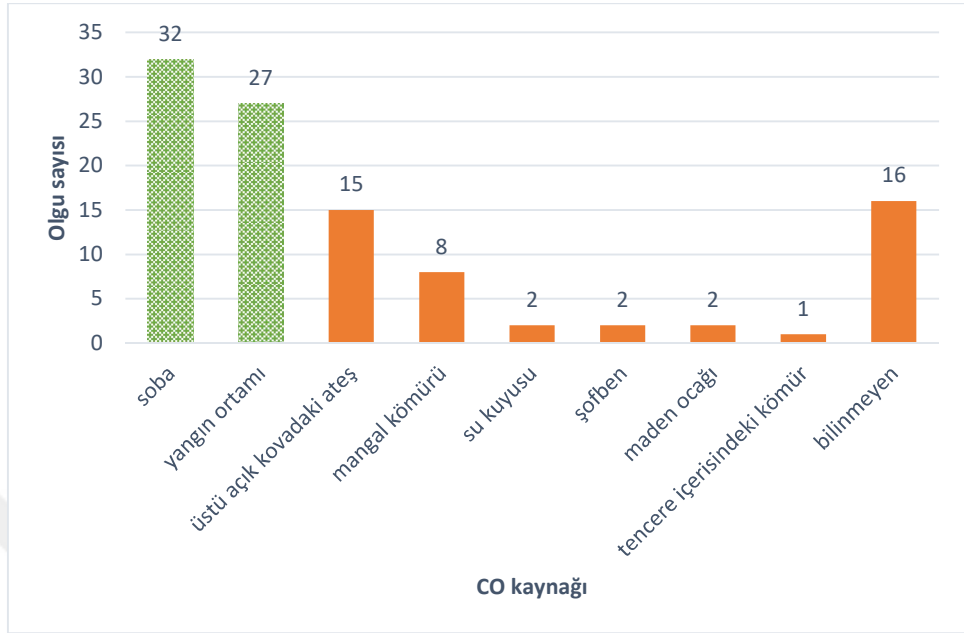
Olguların orijine göre dağılımı incelendiğinde; orijinin 85 (%80,9) olguda kaza, 3 olguda (%2,9) intihar olduğu tespit edilmiştir. Çalışmamızda CO zehirlenmesi sonucu ölen olgulardan cinayet orijinli olgu saptanmamış olup 17 (%16,2) olguda ise orijin ile ilgili herhangi bir bilgiye ulaşılamamıştır (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. Olguların orijinlerine göre dağılımı

Olayın orijini	Sayı (n:105)	Yüzde (%)
Kaza	85	80,9
İntihar	3	2,9
Cinayet	0	0,00
Bilinmeyen	17	16,2
Toplam	105	100,00

Olgular CO kaynağı bakımından değerlendirildiğinde; en sık kaynağın soba (n:32, %30,5) olduğu saptanmıştır. En sık karşılaşılan diğer CO kaynakları ise sırasıyla yangın ortamı (n:27, %25,7), üstü açık kovadaki ateş (n:15, %14,3) ve

mangal kömürü (n:8, %7,6) olup tüm CO kaynaklarının dağılımı Şekil 4.8’de gösterilmektedir.



Şekil 4.8. Olgularda tespit edilen CO kaynaklarının dağılımı(n=105)

Olayın orijinine göre olgularda tespit edilen CO kaynağına bakıldığında; tespit edilen 3 intihar olgusunun hepsinde CO kaynağının mangal kömürü olduğu, 85 kaza olgusunun 4’ünde (%4,7) CO kaynağının mangal kömürü olduğu, kaza olgularından 79’unda (%92,9) ise mangal kömürü dışında bir CO kaynağı olduğu tespit edilmiştir. Orijin belirlenemeyen 17 olgudan 14’ünde (%82,4) ise CO kaynağı ile ilgili de herhangi bir veriye ulaşılammıştır. CO kaynağı ve orijin ile ilgili veriye ulaşılammayan olgular dışlandığında ve CO kaynakları mangal kömürü ve diğerkleri şeklinde gruplandırıldığında olguların orijine göre CO kaynağının dağılımı istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (p:0,000).

Çizelge 4.6. Olayın orijinine göre CO kaynağının dağılımı

Olayın orijini	CO kaynağı			Toplam
	Bilinmeyen	Diğer	Mangal kömürü	
Bilinmeyen	n:14 (%82,4)* (%87,5)** (%13,3)***	n:2 (%11,8)* (%2,5)** (%1,9)***	n:1 (%5,9)* (%12,5)** (%1,0)***	n:17 (%100,0)* (%16,2)** (%16,2)***
Kaza	n:2 (%2,4)* (%12,5)** (%1,9)***	n:79 (%92,9)* (%97,5)** (%75,2)***	n:4 (%4,7)* (%50,0)** (%3,8)***	n:85 (%100,0)* (%81,0)** (%81,0)***
İntihar	0 (%0,0)* (%0,0)** (%0,0)***	0 (%0,0)* (%0,0)** (%0,0)***	3 (%100,0)* (%37,5)** (%2,9)***	3 (%100,0)* (%2,9)** (%2,9)***
Cinayet	0 (%0,0)* (%0,0)** (%0,0)***	0 (%0,0)* (%0,0)** (%0,0)***	0 (%0,0)* (%0,0)** (%0,0)***	0 (%0,0)* (%0,0)** (%0,0)***
Toplam	16 (%15,2)* (%100,0)** (%15,2)***	81 (%77,1)* (%100,0)** (%77,1)***	8 (%7,6)* (%100,0)** (%7,6)***	105 (%100,0)* (%100,0)** (%100,0)***

Fisher's Exact testi uygulanmıştır (p:0,000).

*Orijin içerisindeki yüzdesi

**CO kaynağı içerisindeki yüzdesi

***Tüm olgular içerisindeki yüzdesi

Olayın meydana geldiği mevsime göre CO kaynağı incelendiğinde; kış mevsiminde meydana gelen toplam 59 olgudan 23'ünde (%38,9) CO kaynağının soba olduğu, 26 olguda (%44,2) soba dışında bir CO kaynağının kayıtlı olduğu saptanmıştır, 10 olguda (%16,9) ise CO kaynağı ile ilgili herhangi bir bilgiye ulaşılamamıştır. Kış mevsimi dışında diğer mevsimlerde meydana gelen toplam 46

olgudan ise sadece 9 tanesinde CO kaynağının soba olduğu, 31 olguda soba dışında başka bir CO kaynağı tespit edilmiş olduğu, 6 olguda ise CO kaynağı ile ilgili herhangi bir veri elde edilemediği belirlenmiştir. CO kaynağı bilinmeyen toplam 16 olgu dışındaki diğer olgular, CO kaynağı için soba ve diğerleri; mevsim için kış ve diğerleri şeklinde gruplandırıldığında meydana gelen farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (p:0,028).Mevsime göre CO kaynağının değişimi çizelge 4.7’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.7. Olayın meydana geldiği mevsime göre CO kaynağının dağılımı

Olayın meydana geldiği mevsim	CO kaynağı			Toplam
	Bilinmeyen	Soba	Diğer	
Kış	n:10 (%16,9)* (%62,5)** (%9,5)***	n:23 (%38,9)* (%71,9)** (%21,9)***	n:26 (%44,2)* (%45,6)** (%24,7)***	n:59 (%100,0)* (%57,1)** (%57,1)***
	n:6 (%13,2)* (%37,5)** (%5,7)***	n:9 (%19,5)* (%28,1)** (%8,6)***	n:31 (%67,3)* (%54,4)** (%29,6)***	n:46 (%100,0)* (%42,9)** (%42,9)***
	n:16 (%15,2)* (%100,0)** (%15,2)***	n:32 (%30,5)* (%100,0)** (%30,5)***	n:57 (%54,3)* (%100,0)** (%54,3)***	n:105 (%100,0)* (%100,0)** (%100,0)***

Fisher’s Exact testi uygulanmıştır (p:0,028).

*Mevsim içerisindeki yüzdesi

**CO kaynağı içerisindeki yüzdesi

***Tüm olgular içerisindeki yüzdesi

Olgularda tespit edilen COHb değerleri incelendiğinde; 1 olguda COHb testinin teknik nedenlerden dolayı yapılamadığı, olguda COHb çalışılmamış olsa da otopsi raporunda ölüm nedeni karbonmonoksit zehirlenmesi olarak belirtildiğinden, retrospektif çalışmamızda karbonmonoksit zehirlenmesi sonucu öldüğü kabul edilen bu olgu dışındaki, diğer 104 olgu içerisinde, minimum değer

%15,4, maksimum değer %84,3 olup ortalama COHb değeri %56,5 (SD:16,07) olarak saptanmıştır.

Cinsiyete göre COHb değerlerine bakıldığında ise kadınlarda %17,4-%76,4 arasında değişmekte olup ortalama COHb değeri %52,6 (SD:15,60) olarak saptanmış, erkeklerde %15,4-%84,3 değerleri arasında tespit edilmiş ve erkeklerdeki ortalama COHb değeri de %58,6 (SD:16,04) bulunmuştur. Ortalama COHb değerlerinde cinsiyete göre tespit edilen fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (p:0,040). Cinsiyete göre COHb değerleri çizelge 4.8’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.8. Cinsiyete göre COHb değerleri*

<i>Cinsiyet</i>	<i>COHb değeri (%)</i>	
<i>Kadın</i> <i>(n:36)</i>	Ortalama	52,6
	Standart sapma değeri	15,60
	Minimum	17,4
	Maksimum	76,4
<i>Erkek</i> <i>(n:68)</i>	Ortalama	58,6
	Standart sapma değeri	16,04
	Minimum	15,4
	Maksimum	84,3

*Mann Whitney U testi uygulanmıştır (p:0,040).

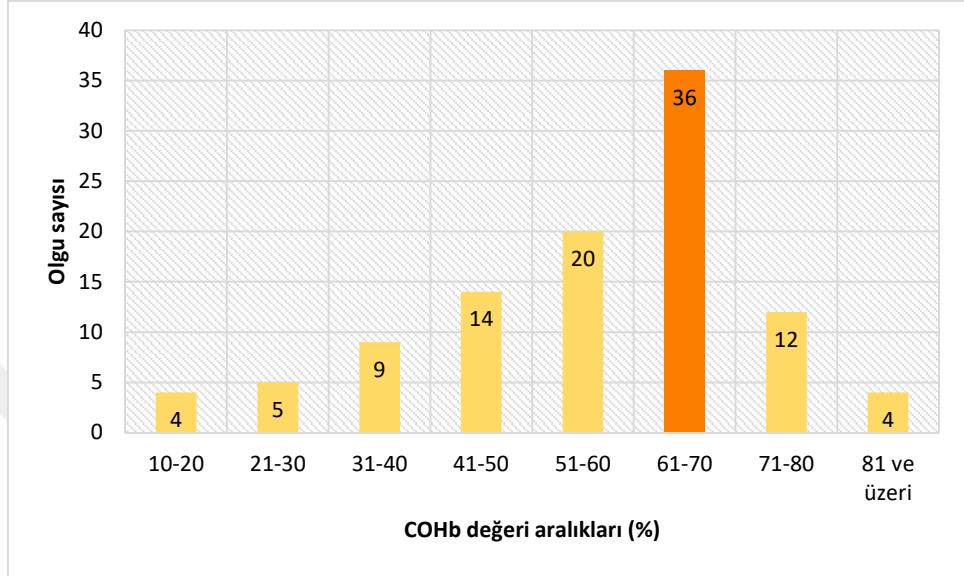
Olguların yaş gruplarına göre COHb değerlerini karşılaştırdığımızda en yüksek ortalama COHb değerinin %68,4 ile 20-29 yaş grubunda, en düşük ortalama COHb değerinin ise %42,4 ile 90 yaş üzeri grupta olduğu tespit edilmiştir. Olguların yaşı ile COHb değeri arasında istatistiksel olarak ters orantı tespit edilmiş olup yaş arttıkça COHb değerinin azaldığı, yaş azaldıkça da COHb değerinin arttığı saptanmıştır (Spearman’s korelasyon analizi-p:0,026). Teknik nedenlerle COHb değeri tespit edilemeyen 1 (bir) olguda COHb çalışılmamış olsa da otopsi raporunda ölüm nedeni karbonmonoksit zehirlenmesi olarak belirtildiğinden, retrospektif çalışmamızda karbonmonoksit zehirlenmesi sonucu öldüğü kabul edilen bu olgu dışındaki tüm yaş gruplarının COHb değerleri çizelge 4.9’da aktarılmıştır.

Çizelge 4.9. Olguların yaş gruplarına göre COHb değerleri (n=104)

Yaş grubu	COHb değeri (%)		Yaş grubu	COHb değeri (%)	
0-9 yaş (n:8)	Ortalama	44,4	50-59 yaş (n:14)	Ortalama	60,3
	Standart sapma değeri	21,38		Standart sapma değeri	13,78
	Minimum	16,2		Minimum	27,7
	Maksimum	66,5		Maksimum	76,9
10-19 yaş (n:8)	Ortalama	54,3	60-69 yaş (n:8)	Ortalama	59,4
	Standart sapma değeri	15,50		Standart sapma değeri	14,59
	Minimum	20,9		Minimum	39,1
	Maksimum	72,5		Maksimum	81,2
20-29 yaş (n:8)	Ortalama	68,4	70-79 yaş (n:20)	Ortalama	51,1
	Standart sapma değeri	4,19		Standart sapma değeri	15,29
	Minimum	59,6		Minimum	17,9
	Maksimum	72,2		Maksimum	75,5
30-39 yaş (n:10)	Ortalama	59,7	80-89 yaş (n:13)	Ortalama	50,8
	Standart sapma değeri	17,92		Standart sapma değeri	14,89
	Minimum	15,4		Minimum	17,4
	Maksimum	76,4		Maksimum	67,4
40-49 yaş (n:13)	Ortalama	65,8	90 yaş üzeri (n:2)	Ortalama	42,4
	Standart sapma değeri	14,15		Standart sapma değeri	1,76
	Minimum	33,3		Minimum	41,1
	Maksimum	84,3		Maksimum	43,6

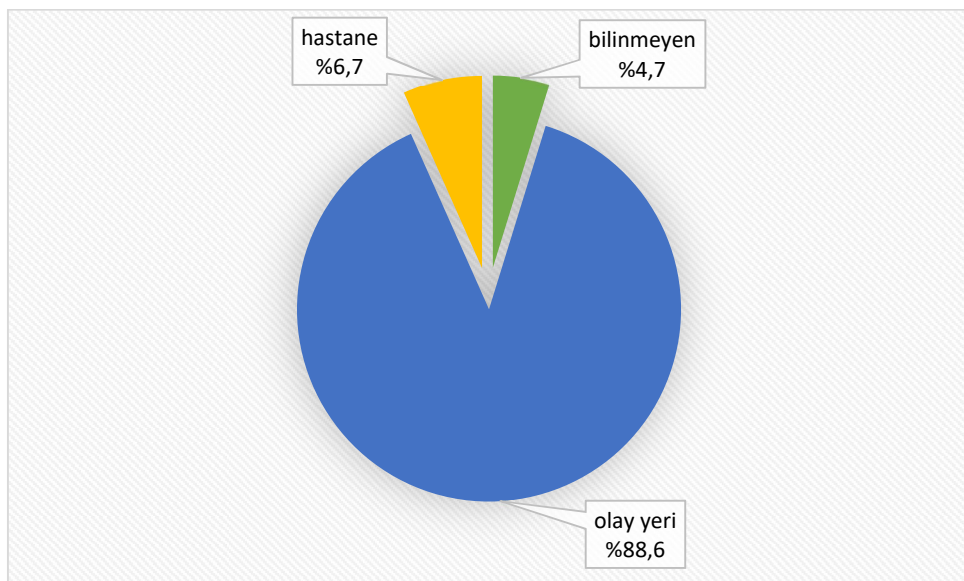
Olgularda tespit edilen COHb değerleri belirli aralıklara ayrılıp gruplandırıldığında olgu sayısının en fazla (n:36) %61-70 COHb değeri aralığında olduğu, en az olgunun da 4'er olgu ile %10-20 ve %81 ve üzeri COHb değeri

aralığında olduğu dikkat çekmekte olup; teknik nedenlerle COHb değeri tespit edilemeyen 1 (bir) olguda COHb çalışılmamış olsa da otopsi raporunda ölüm nedeni karbonmonoksit zehirlenmesi olarak belirtildiğinden, retrospektif çalışmamızda karbonmonoksit zehirlenmesi sonucu öldüğü kabul edilen bu olgu dışındaki COHb değeri aralıklarının dağılımı şekil 4.9’da gösterilmektedir.



Şekil 4.9. Olgularda tespit edilen COHb değeri aralıklarının dağılımı (n=104)

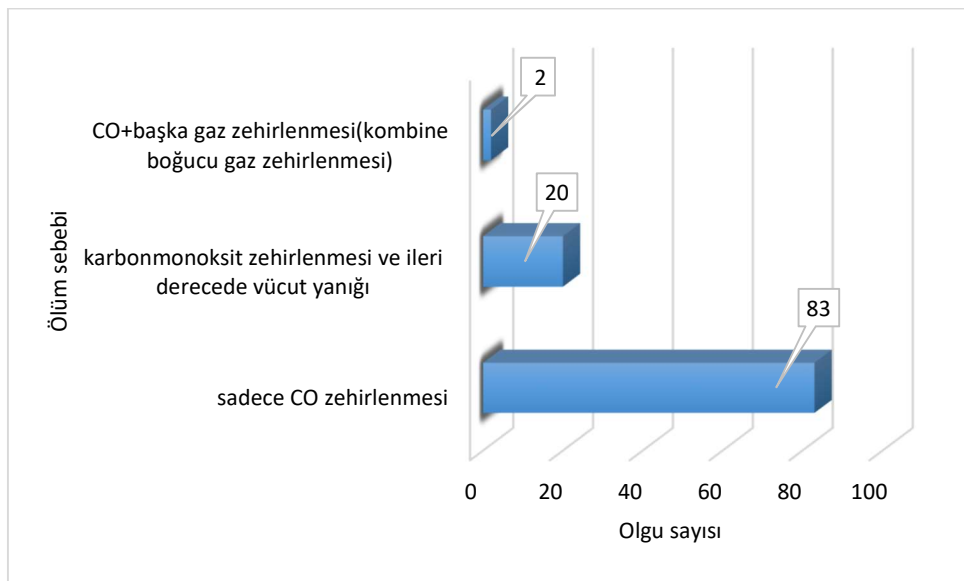
CO zehirlenmesi sonucu ölen olgularda, olguların ölüm yerine göre dağılımı incelendiğinde en yüksek ölüm yeri oranının 93 (%88,6) olgu ile olay yeri olduğu, 7 (%6,7) olgunun hastanede öldüğü tespit edilmiş olup 5 (%4,7) olgunun ölüm yeri ile ilgili herhangi bir bilgiye ulaşılamamıştır (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Olguların ölüm yerine göre dağılımı(n=105)

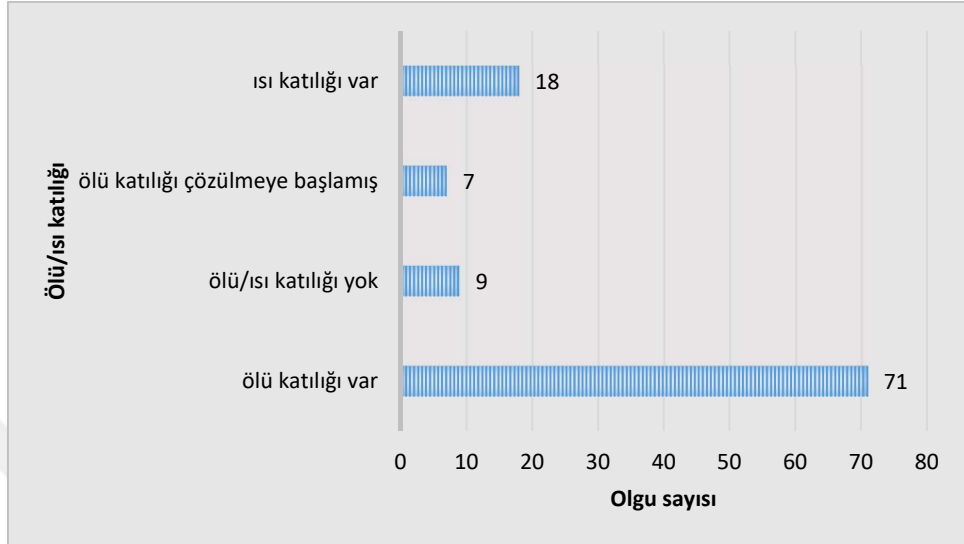
Çalışmamızda otopsi raporlarından elde edilen verilere göre 13 olayda 2’şer kişi, 2 olayda 3’er kişi, 1 olayda ise 4 kişinin birden, toplamda ise 16 olayda 36 kişinin çoklu ölüm şeklinde hayatını kaybettikleri belirlenmiştir. Bu 16 olaydan 9’unda CO kaynağının soba, 4’ünde üstü açık kovanadaki ateş, 1 olayda sobadan çıkan yangın, 1 olayda maden ocağındaki patlama olduğu, 1 olayda ise su kuyusu olduğu tespit edilmiştir.

Olguların ölüm sebeplerinde CO zehirlenmesine ek olarak müşterek başka bir sebep olup olmadığı değerlendirildiğinde, 83 (%79,1) olgunun ölüm sebebinin sadece CO zehirlenmesi olduğu, 20 (%19,1) olguda CO zehirlenmesine ek olarak ileri derecede vücut yanığı olduğu, 2 (%1,8) olguda da CO zehirlenmesine ek olarak başka gaz zehirlenmesi olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.11). Ölüm sebebine göre COHb değerleri, teknik nedenlerle COHb değeri tespit edilemeyen 1 (bir) olguda COHb çalışılmamış olsa da otopsi raporunda ölüm nedeni karbonmonoksit zehirlenmesi olarak belirtildiğinden, retrospektif çalışmamızda karbonmonoksit zehirlenmesi sonucu öldüğü kabul edilen bu olgu dışındaki olgular incelendiğinde; ölüm sebebi sadece CO zehirlenmesi olan 82 olgunun ortalama COHb değerinin %60,1 (SD:12,25), ölüm sebebi kombine gaz zehirlenmesi (CO+başka gaz) olan 2 olgunun ortalama COHb değerinin %69,2 (SD:1,97), ölüm sebebi CO zehirlenmesi ve ileri derecede vücut yanığı olan 20 olgunun ortalama COHb değerinin de %40,5 (SD:20,42) olduğu tespit edilmiştir.



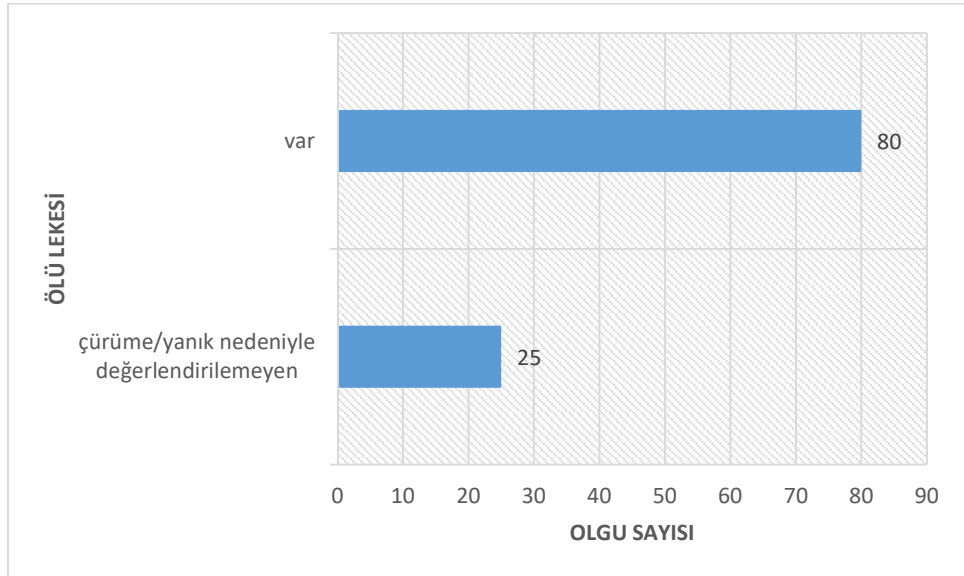
Şekil 4.11. Olguların ölüm sebebine göre dağılımı (n=105)

Olguların ölü ve ısı katılığına göre dağılımına bakıldığında 71 (%67,6) olgunun ölü katılığı halinde olduğu, 9 (%8,6) olguda ölü ve ısı katılığı bulunmadığı, 7 (%6,7) olguda ölü katılığının çözülmeye başladığı, 18 (%17,1) olguda ise ileri derecede vücut yanığından dolayı ısı katılığı olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.12).



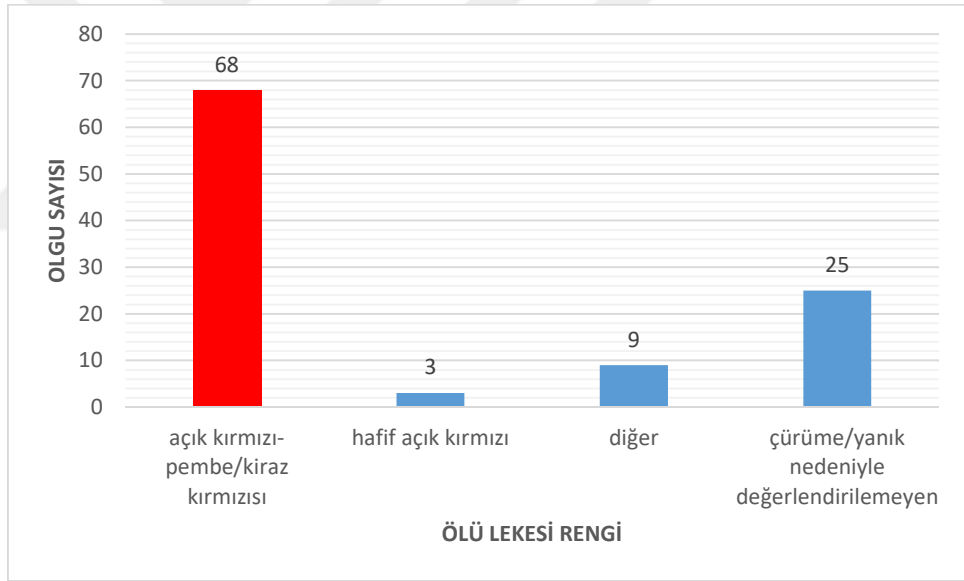
Şekil 4.12. Olguların ölü ve ısı katılığı durumuna göre dağılımı (n=105)

Olguların ölü lekelerine göre dağılımı incelendiğinde ise 80 (%76,2) olguda ölü lekelerinin olduğu 19 olguda ileri derecede vücut yanığından, 6 olguda çürümeden dolayı olmak üzere toplam 25(%23,8) olguda ise ölü lekesi durumunun değerlendirilemediği saptanmıştır (Şekil 4.13).



Şekil 4.13. Olguların ölü lekeleri olup olmadığına göre dağılımı(n=105)

Olguların ölü lekelerinin rengine göre dağılımında; ölü lekelerinin en fazla oranda açık kırmızı-pembe/kiraz kırmızısı (n:68, %64,8) renkte olduğu, hafif açık kırmızı renkte 3 (%2,9) olgunun, diğer renklerde de(açık mor, koyu mor, soluk) 9 (%8,5) olgunun tespit edildiği, 25 (%23,8) olguda ölü lekelerinin değerlendirilemediği saptanmıştır (Şekil 4.14). Ölü lekesinin rengine göre COHb değerleri incelendiğinde; açık kırmızı-pembe/kiraz kırmızısı ölü lekesi olan 68 olgunun ortalama COHb değerinin %61, hafif açık kırmızı ölü lekesi olan 3 olgunun ortalama COHb değerinin %40,9, diğer renklerde(açık mor, koyu mor, soluk) ölü lekesi olan 9 olguda ise teknik nedenlerle COHb değeri tespit edilemeyen 1(bir) olguda COHb çalışılmamış olsa da otopsi raporunda ölüm nedeni karbonmonoksit zehirlenmesi olarak belirtildiğinden, retrospektif çalışmamızda karbonmonoksit zehirlenmesi sonucu öldüğü kabul edilen bu olgu dışındaki 8 olgunun ortalama COHb değerinin %51,9 olduğu belirlenmiştir.



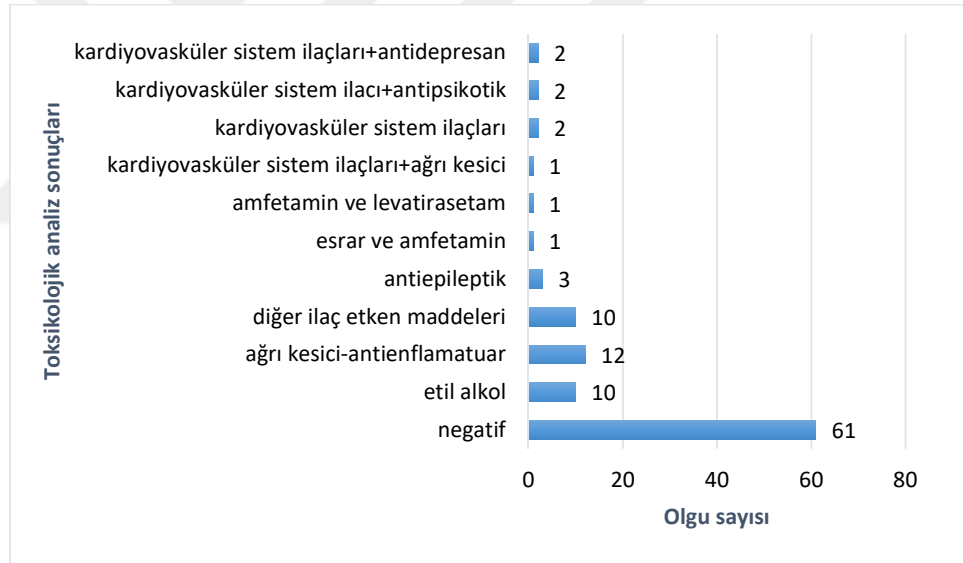
Şekil 4.14. Olguların ölü lekelerinin rengine göre dağılımı(n=105)

Olgularımızda otopsi bulgularında kanda, kaslarda ve iç organlarda açık kırmızı-pembe renk değişikliği olup olmadığının dağılımı çizelge 4.10'da belirtilmektedir.

Çizelge 4.10. Otopside açık kırmızı-pembe renk değişikliği

	Kanda açık kırmızı-pembe renk (%)	Kaslarda açık kırmızı-pembe renk (%)	İç organlarda açık kırmızı-pembe renk (%)
Var	86 (%81,9)	72 (%68,5)	82 (%78,1)
Yok	19 (%18,1)	33 (%31,5)	23 (%21,9)
Toplam	105	105	105

Olguların toksikolojik analizlerine bakıldığında; 61 olguda (%58,1) herhangi bir uyutucu uyuşturucu, alkol veya ilaç etken maddeleri tespit edilmezken 44 olguda (%41,9) uyutucu uyuşturucu, alkol veya ilaç etken maddelerine rastlanmıştır. Kanında uyutucu-uyuşturucu madde saptanan 1 olguda esrar ve amfetamin, 1 olguda ise amfetamin saptanmıştır. Toksikolojik analizlerde saptanan maddelerin dağılımı Şekil 4.15'te gösterilmektedir.



Şekil 4.15. Toksikolojik analizlerde saptanan maddeler(n=105)

Olgular cilt yanığı durumuna göre incelendiğinde; 72 (%68,6) olguda cilt yanığı bulunmadığı, 33 (%31,4) olguda cilt yanığı bulunduğu tespit edilmiştir. Cilt yanığı olan olgular içerisinde 25'inin yaygın, 8'inin sınırlı alanda olduğu saptanmıştır. Olguların cilt yanığı durumunun ölüm sebeplerine göre dağılımı ise çizelge 4.11'de gösterilmektedir.

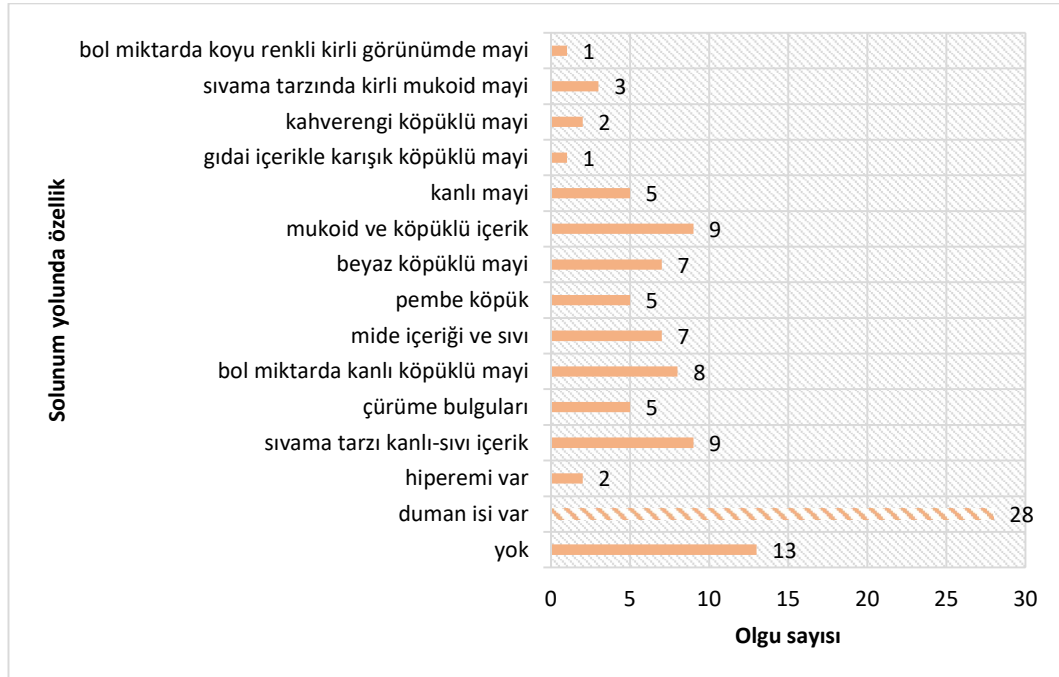
Çizelge 4.11. Cilt yanığı durumunun ölüm sebeplerine göre dağılımı

Ölüm sebebi	Cilt yanığı	Olgu sayısı	Yüzde(%) *	Yüzde(%) **	Toplam (n:105)
Sadece CO zehirlenmesi	Yok	70	84,3	66,7	83 (%79)
	Sınırlı alanda	8	9,7	7,6	
	Yaygın	5	6	4,7	
CO+başka gaz(Kombine boğucu gaz zehirlenmesi)	Yok	2	100,0	1,9	2 (%1,9)
	Sınırlı alanda	0	0,00	0,00	
	Yaygın	0	0,00	0,00	
CO zehirlenmesi+ileri derecede vücut yanığı	Yok	0	0,00	0,00	20 (%19,1)
	Sınırlı alanda	0	0,00	0,00	
	Yaygın	20	100,0	19,1	

*Ölüm sebebi aynı olan grup içerisindeki yüzdesi

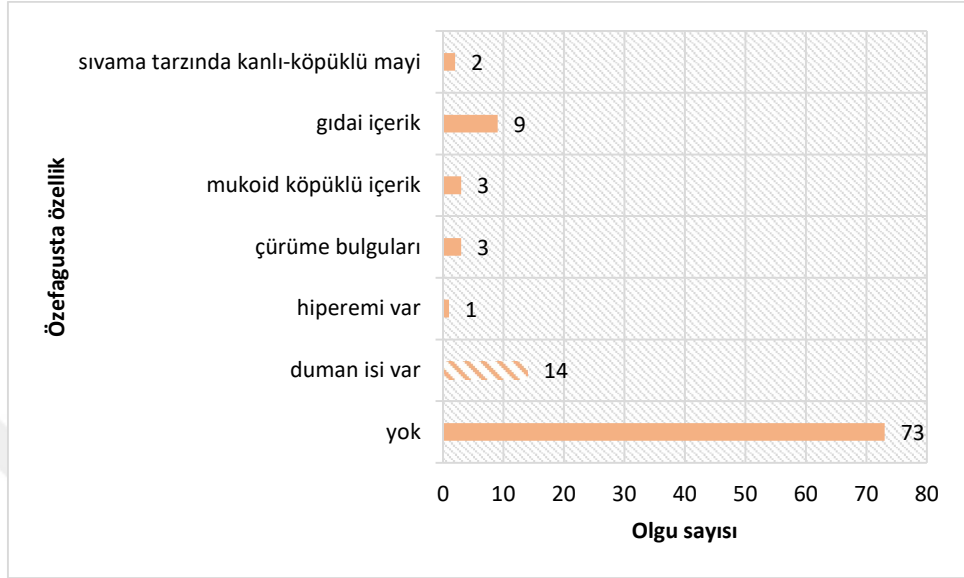
**Tüm olgular (105) içerisindeki yüzdesi

Olgular otopsi sırasında solunum yolunda tespit edilen özelliklere göre incelendiğinde; en yüksek oranda (n:28, %26,7) duman isisi tespit edilmiş olup, 13 (%12,4) olguda solunum yolunda herhangi bir özellik saptanmamıştır. Olguların solunum yolunda tespit edilen özelliklere göre dağılımı şekil 4.16'da gösterilmektedir.



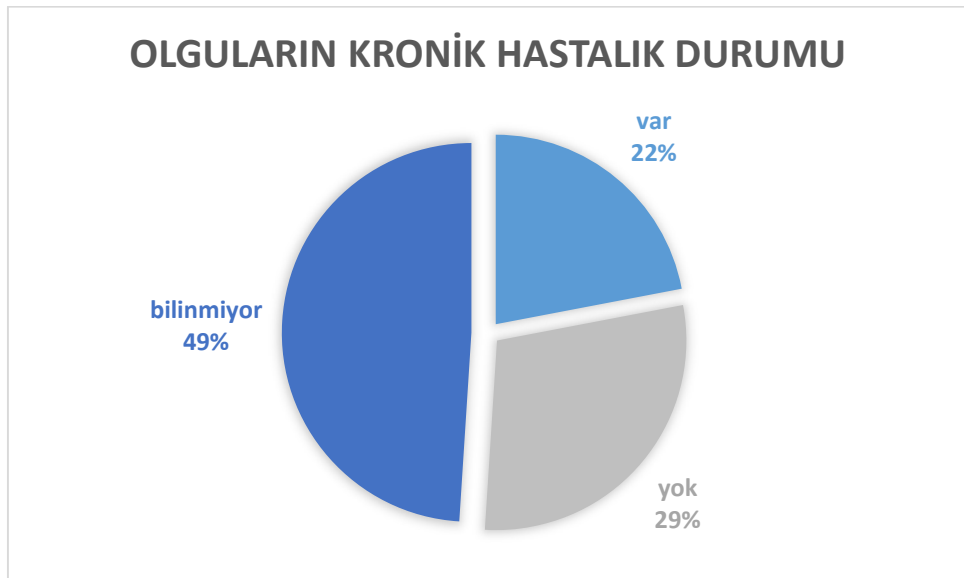
Şekil 4.16. Solunum yolunda tespit edilen özelliklere göre dağılım(n=105)

Olgular otopsi sırasında özefagusta tespit edilen özelliklere göre incelendiğinde; en yüksek oranda (n:14, %13,3) duman isisi tespit edilmiş olup, 73 (%69,5) olguda özefagusta herhangi bir özellik saptanmamıştır. Olguların özefagusta tespit edilen özelliklerine göre dağılımı şekil 4.17’de gösterilmektedir.



Şekil 4.17. Özefagusta tespit edilen özelliklere göre dağılım(n=105)

Olgular kronik hastalık(kalp-damar hastalığı, akciğer hastalığı, diyabet, hipertansiyon, kanser vs) durumuna göre değerlendirildiğinde 51 (%48,6) olguda kronik hastalık durumu ile ilgili herhangi bir veriye ulaşılamamış olup, 31 (%29,5) olguda kronik hastalık olmadığı, 23 (%21,9) olguda ise kronik hastalık bulunduğu saptanmıştır (Şekil 4.18).



Şekil 4.18. Olguların kronik hastalık durumuna göre dağılımı(n=105)

Kronik hastalık durumu ile ilgili herhangi bir veriye ulaşılamayan 51 olgu değerlendirme dışı bırakılarak, olgulardan kronik hastalık durumları bilinenler COHb düzeylerine göre incelendiğinde; herhangi bir kronik hastalığı olmayan 31 olgunun ortalama COHb değeri %60,1 saptanmışken, kronik hastalığı bulunan 23 olgunun ortalama COHb değeri ise %50,6 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.12). Kronik hastalık durumuna göre ortalama COHb değerlerinde tespit edilen farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu saptanmıştır (p:0,009).

Çizelge 4.12. Kronik hastalık durumuna göre COHb değerleri*

<i>Kronik hastalık durumu</i>	<i>COHb değeri (%)</i>	
<i>Var (n:23)</i>	Ortalama	50,6
	Standart sapma değeri	15,20
	Minimum	17,9
	Maksimum	72,5
<i>Yok (n:31)</i>	Ortalama	60,1
	Standart sapma değeri	15,86
	Minimum	16,2
	Maksimum	84,3

*Mann Whitney U testi uygulanmıştır (p:0,009).

5. TARTIŞMA

Zehirlenme dünya çapında önlenebilir sağlık sorunlarından biridir. Zehirlenmeye neden olan önemli örneklerden biri de çevremizde birçok yerde bulunan kirleticilerden biri olan CO'tir. CO'in her yıl dünya çapında bildirilen kaza sonucu zehirlenmelerin ve ölümlerin büyük bir kısmından sorumlu olduğu düşünülmektedir (101). ABD'de acil servislere CO zehirlenmesi nedeniyle yılda yaklaşık 50.000 hastanın başvurduğu bildirilmektedir (102). Türkiye'de CO zehirlenmesinin sıklığına yönelik ülke genelini kapsayan çalışmaların eksikliği dikkat çekmektedir. 2010 yılında Türkiye genelinde 10.154 CO zehirlenmesi olgusu görülmüş olup bunların 39'u ölümle sonuçlanmıştır (49).

Ülkemizde ve yurt dışında CO zehirlenmeleri ile ilgili yapılan çalışmalarda tüm adli otopsiler içinde CO zehirlenmesi için farklı ölüm oranları bildirilmiştir. Ankara'da Uysal ve ark. (103) tarafından yapılan bir çalışmada 2001-2011 yılları arasında yapılan tüm otopsilerde CO zehirlenmesi sıklığının %3,5 olduğu bildirilmiştir. Elazığ'da Türkoğlu ve ark. (51) tarafından yapılan çalışmada Fırat Üniversitesi Hastanesi Adli Tıp Anabilim Dalı'nda 2006-2012 yılları arasında otopsisı yapılan toplam 1964 olgudan 29'unun (%1,47) CO zehirlenmesi sonucu öldüğü tespit edilmiştir. Eskişehir'de Yetiş ve ark. (47) tarafından yapılan çalışmada, 1997-2016 yıllarını kapsayan 20 yıllık dönemde 7512 adli nitelikli ölüm meydana geldiği, 107 olgunun (%1,42) CO zehirlenmesine bağlı öldüğü, Dirlik ve ark.'nın (104) çalışmasında, 2002-2012 yılları arasında Aydın'da otopsisı yapılan adli olguların %1,28'inin ölüm nedeninin CO zehirlenmesi olduğu saptanmıştır. Bursa'da Türkmen ve ark.'nın (105) yaptığı çalışmada ise 3065 otopside 99'unun (%3,23) CO zehirlenmesi kaynaklı olduğu bildirilmiştir. Trabzonda yapılan bir çalışmada bu oran %3,01 olarak bulunmuştur (106). Karapirli ve ark. (107) tarafından yapılan, 1984 ile 2011 yılları arasında (27 yıl) Türkiye'de CO zehirlenmesine bağlı ölümleri ele alan çalışmada toplam 47.523 otopsi olgusundan 980'inin (%2,06) ölüm nedeninin CO zehirlenmesi olduğu belirlenmiştir. Wang ve ark.'nın (108) Çin'in Liaoning eyaletinde yaptıkları çalışmada inceledikleri toplam 1968 otopsi olgusundan 21'inin ölümünün (%1,06) CO zehirlenmesinden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Janik ve ark.'nın (109) Çek Cumhuriyetinde 1947-2006 yıllarını kapsayan 60 yıllık dönemi retrospektif olarak değerlendiren

çalışmasında, toplam 36.189 otopsi olgusundan 1233'ünün (%3,40) ölüm nedeninin CO zehirlenmesi olduğu belirtilmiştir. Çalışmamızda ise 2011-2020 yılları arasında yapılan 8649 otopsinin 105'inde ölüm nedeni CO zehirlenmesi olup; CO zehirlenmesi sonucu meydana gelen ölüm olgularının tüm otopsilere oranı %1,2 olarak bulunmuştur. Bu oranın ülkemizde Aydın ili hariç diğer illerde yapılan çalışmalarda ve yurt dışındaki benzer çalışmalarda tespit edilen oranlardan daha düşük olduğu, Aydın ili ile Antalya'da saptanan sonuçların benzer olduğu görülmektedir. Bu durumun nedeninin Antalya ve Aydın illerinin ılıman iklim koşulları ve dolayısı ile ısınma amaçlı kullanılan soba ve şofben gibi CO kaynağı olabilecek eşyaların nispeten daha az kullanılması olabileceği düşünülmektedir.

ABD'de yapılan bir çalışmada 1979'dan 1988'e kadar olan dönemde incelenen toplam 11.547 CO zehirlenmesinden ölüm olgularından 8546'sının (%74,01) erkek, 3001'inin (%25,99) kadın olduğu belirlenmiştir (110). Li ve ark.'nın (111) Çin'in Wuhan kentinde yaptığı çalışmada, CO zehirlenmesi sonucu ölen 156 olgudan cinsiyeti belirlenemeyen 1 olgu dışında 83 (%53,55) olgunun erkek, 72 (%46,45) olgunun kadın olduğu tespit edilmiştir. Çin'de yapılan 2008-2016 yılları arasında CO zehirlenmesinden ölümleri değerlendiren diğer bir çalışmada ise, Sichuan'da olguların %53,6'sının erkek, %46,4'ünün kadın olduğu, Wuhan'da %51,8'inin erkek, %48,2'sinin kadın olduğu, Şanghai'da %52,9'unun erkek, %47,1'inin kadın olduğu belirlenmiştir (112). Bursa'da Türkmen ve ark. (105) tarafından yapılan çalışmada olguların 61'inin (%61,62) erkek, 38'inin (%38,38) kadın olduğu, Trabzon'da Ketenci ve ark.'nın (106) çalışmasında olguların 124'ünün (%57,7) erkek, 91'inin (%42,3) kadın olduğu, Cantürk ve ark. (46) tarafından Ankara'da yapılan çalışmada ise 175 olgudan 110'unun (%62,9) erkek, 65'inin (%37,1) kadın olduğu tespit edilmiştir. Aydın'da yapılan CO zehirlenmesine bağlı ölümleri değerlendiren başka bir çalışmada da 33 olgudan 8'inin (%24,2) kadın, 25'inin (%75,8) erkek olduğu bulunmuştur (104). Bizim çalışmamızda ise 105 olgudan 68'inin (%64,8) erkek, 37'sinin (%35,2) kadın olduğu belirlenmiştir. Çalışmamızda da erkeklerin kadınlardan daha yüksek oranda olduğu saptanmış olup diğer çalışmalarla uyumlu olduğu görülmektedir. Bu durumun, CO zehirlenmesinden ölüm olgularının sadece konutlarda değil çeşitli iş

kollarındaki işyerlerinde de meydana geldiği ve bu iş kollarında da çoğunlukla erkeklerin çalışmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çalışmamızda tüm olguların yaş ortalamasının 51,8 olduğu (min:1, max:95, SD:25,4), erkek olgularda yaş ortalamasının 51,6 (min:2, max:91, SD:23,7) ve kadın olgularda yaş ortalamasının 52,2 (min:1, max:95, SD:28,6) olduğu tespit edilmiştir. Olguların yaş aralıklarına göre dağılımına bakıldığında; en fazla olgunun 70-79 yaş (n:20, %19) ve 50-59 yaş (n:14, %13,3) aralıklarında olduğu görülmüştür. Elazığ'da 29 olgunun incelendiği bir çalışmada; olguların yaş ortalamasının 31,56 (SD:19,54), en küçük olgunun 3 aylık en büyük olgunun 76 yaşında olduğu tespit edilmiş olup yaş aralıklarına göre olguların en yüksek oranda (%24,13) 21-30 yaş grubunda olduğu saptanmıştır (51). Bursa'da yapılan 99 olgunun değerlendirildiği bir çalışmada ise olguların yaş ortalamasının 37,73 (SD:21,78) olduğu, en genç olgunun 7 aylık, en yaşlı olgunun 85 yaşında olduğu, olguların %62,62'sinin (n:61) 11-50 yaş aralığında olduğu belirtilmiştir (105). Ankara'da yapılan bir çalışmada olguların yaş gruplarının dağılımına bakıldığında, en yüksek oranda 21-30 (%15,8) yaş grubunda olduğu, bunu 51-60 (%13,9) ve 71-80 (%13,2) yaş gruplarının izlediği belirlenmiştir (103). Eskişehir'de CO zehirlenmesinden ölümlerin 20 yıllık analizinin yapıldığı bir çalışmada da olguların yaş ortalamasının 35,7 (SD:11,25), en küçük olgunun 7 yaşında, en büyük olgunun ise 81 yaşında olduğu, olguların en sık (%27,1) 21-30 yaş aralığında olduğu belirlenmiştir (47). Trabzon'da Ketenci ve ark. (106) tarafından yapılan çalışmada olguların yaş ortalamasının 48,8 (SD:27,1), en genç ve en yaşlı olguların sırasıyla 1 ve 98 yaşında olduğu, olguların en yüksek oranda (%27,44) 70 üstü yaş grubunda olduğu tespit edilmiştir. Costa ve ark. (113) Portekiz'de yaptıkları çalışmada 117 olgudan en küçüğünün 7 en büyüğünün 91 yaşında olduğunu, 73 erkek olgunun %43,8'inin (n:32) 41-50 ve 51-60 yaş grubunda, 44 kadın olgunun %47,7'sinin (n:23) 61 yaş üstünde olduğunu tespit etmişlerdir. Olguların yaş gruplarına göre dağılımına bakıldığında, çalışmalar arasında yaş grubunun en sık rastlanan grupların değişkenlik gösterdiği anlaşılmaktadır, bu durumun çalışmanın yapıldığı toplumun sosyodemografik yapılarının birbirinden farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

CO zehirlenmesi olgularının en sık özellikle kış aylarında meydana geldiği dikkat çekmektedir. Kocakaya ve ark.'nın (114) 2004 yılında Ondokuz Mayıs Üniversitesi Tıp Fakültesi Sağlık Uygulama ve Araştırma Merkezine gelen CO zehirlenmesi olgularını incelediği çalışmada en fazla olgunun Aralık ayında (%40,6) ve kış mevsiminde (%56,2) görüldüğü bildirilmiştir. Can ve ark. (8) tarafından, 2008-2017 arasındaki 10 yıllık dönemde haber ajansı kayıtlarına göre Türkiye'de CO'ye bağlı ölüm riskinin haritalandırılması ile ilgili yapılan çalışmada olguların %61,6'sının kış aylarında, en sık da %26,1 ile Ocak ayında meydana geldiği bildirilmiştir. 2010 yılında Türkiye'de CO zehirlenmesinin sıklığı konusunda yapılan bir çalışmada olguların en sık sırasıyla Şubat (%25,2), Ocak (%21,3), Aralık (%16,2) ve Mart (%15,3) aylarında, mevsim olarak ise en sık kış mevsiminde (%62,7) meydana geldiği tespit edilmiştir (49). İran'da 10 çalışmanın dahil edildiği Hosseinienejad ve ark. (115) tarafından yapılan bir meta-analiz çalışmasında, CO zehirlenmesi olgularının Eylül ayında artmaya başladığı, Aralık ayında zirveye ulaştığı ve Mart ayı sonunda tekrar düşmeye başladığı, CO zehirlenmesi olgularının çoğunun da kış mevsiminde meydana geldiği bildirilmiştir. Eskişehir'de CO zehirlenmesine bağlı öldüğü belirlenen 107 olgunun değerlendirildiği bir çalışmada, olguların 54'ünün (%50,47) kış, 29'unun (%27,10) sonbahar, 23'ünün (%21,50) ilkbahar, 1 (%0,93) olgunun da yaz mevsiminde meydana geldiği bildirilmiştir (47). Çalışmamızda olguların meydana geldiği ay ve mevsim değerlendirildiğinde beklendiği gibi diğer çalışmalarla uyumlu olduğu, en sık (%56,2) kış mevsiminde ve kış aylarında (Aralık, Ocak, Şubat) meydana geldiği görülmektedir. Ortaya çıkan bu durum, kış aylarında CO kaynağı olan soba, şofben gibi ısınma ve ısıtma araçlarının kullanımının artmasına bağlanmıştır.

Çalışmamızda 18 (%17,2) olgunun Salı, 16 (%15,2) olgunun Perşembe, 15 (%14,3) olgunun pazartesi, 15 (%14,3) olgunun Çarşamba, 14 (%13,3) olgunun Pazar, 12 (%11,4) olgunun Cuma, 10 (%9,5) olgunun Cumartesi günü meydana geldiği tespit edilmiş, olgulardan 5'inde (%4,8) ise ileri düzeyde çürüme nedeni ile olayın meydana geldiği gün bilgisine ulaşılamamıştır. Kocakaya ve ark.'nın (114) Samsun'da yaptıkları çalışmada 14 (%21,9) olgunun Cumartesi, 13 (%20,3) olgunun Pazar, 12 (%18,8) olgunun Cuma, 8 (%12,5) olgunun Perşembe, 8 (%12,5) olgunun Salı, 5 (%7,8) olgunun Pazartesi, 4 (%6,3) olgunun Çarşamba günü

meydana geldiği bildirilmiş ve söz konusu çalışmada bu durum hafta sonlarında insanların zamanlarını daha fazla evde geçirmeleri ve yıkanma alışkanlıklarının da bu günlerde daha fazla olması ile açıklanmıştır. Çalışmamızda olguların hafta içi günlerinde daha fazla olduğu görülmektedir.

CO zehirlenmesi sonucu meydana gelen ölümlerin çoğunlukla evlerde meydana geldiği dikkat çekmektedir. Bursa'da yapılan bir çalışmada 99 olgudan 79'unun (%79,08) evinde ölü bulunduğu, 7'sinin (%7,07) iş yerinde ölü bulunduğu, 4'ünün (%4,04) hastanede öldüğü, 3'ünün (%3,03) araç içinde ölü bulunduğu, 3'ünün (%3,03) otele, 2'sinin (%2,02) kuyuda ölü bulunduğu, 1 (%1,01) olgunun ölüm yerinin belirtilmediği tespit edilmiştir (105). Eskişehir'de yapılan başka bir çalışmada 107 olgudan 84'ünün (%78,5) ev ve eklentilerinde, 23'ünün (%21,5) iş yeri ve eklentilerinde öldüğü bildirilmiştir (47). Ankara'da yapılan bir çalışmada olay yeri incelendiğinde 159 (%90,8) kişinin konutunda öldüğü bulunmuştur (46). Çin, Sichuan'da yapılan bir çalışmada 237 olgunun CO maruziyet yerlerine bakıldığında %51,5'inin pansiyon/günlük kiralık odada, %43'ünün evde, %3,4'ünün araçta, %2,1'inin iş yerinde olduğu belirlenmiştir (112). Bizim çalışmamızda ise 105 CO zehirlenmesi olgusundan 75'inin (%71,4) evde, 5'inin (%4,8) iş yerinde, 5'inin (%4,8) çadırda meydana geldiği, diğer 20 olgunun ise araç içi, baraka, maden ocağı, su kuyusu, açık alan, evin yanına sonradan eklenmiş oda, konteynır, bağ evi, iş makinesi içerisi, pansiyon ve samanlıkta meydana geldiği tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalarda sonuçların olayın meydana geldiği yerler açısından benzerlik gösterdiği görülmektedir. CO maruziyetinin yaşandığı ve ölümün meydana geldiği yerlerin çoğunlukla ev ya da ev eklentileri, çadır, baraka, konteynır gibi konaklama/ikamet amaçlı kullanılan ve kapalı olan ortamlar olduğu gözlemlenmektedir. Genelde soba ve şofben gibi CO kaynaklarının zehirlenmeye yol açtığı ve CO'nin kapalı ve dışarıyla bağlantısı az olan ortamlarda etkisini daha kolay gösterdiği göz önüne alındığında bu sonucun beklenen bir durum olduğu söylenebilir.

Elazığ'da Fırat Üniversitesi Hastanesi Adli Tıp Anabilim Dalı tarafından 2006-2012 yılları arasında otopsiyi yapılan CO zehirlenmesi sonucu ölen 29 olgunun değerlendirildiği bir çalışmada 28 (%96,6) olgunun orijininin kaza, 1 (%3,4) olgunun orijininin intihar olduğu belirlenmiştir (51). Cantürk ve ark.'nın

(46) Ankara’da yaptıkları çalışmada ise olguların 172’sinin (%98,29) orijininin kaza, 3’ünün (%1,71) orijininin de intihar olduğu belirtilmiştir. Çin, Sichuan’da CO zehirlenmesi sonucu ölen 237 olgunun değerlendirildiği bir çalışmada olguların %87,8’inin kaza, %10,5’inin intihar, %1,7’sinin cinayet orijinli olduğu saptanmıştır (112). Bizim çalışmamızda olguların 85’inin (%80,9) kaza, 3’ünün (%2,9) intihar orijinli olduğu, cinayet orijinli olgu bulunmadığı tespit edilmiş, 17 (%16,2) olgunun orijini ile ilgili veriye ulaşılammıştır. Çalışmamızda da kaynaklarla uyumlu olarak CO zehirlenmesi olgularında orijinin en sık kaza olduğu saptanmıştır.

Çalışmamızda 3 intihar olgusunda CO kaynağının yanmış mangal kömürü olduğu belirlenmiştir. Olgulardan birinde evinin salonunda kapı ve pencereleri kapattıktan sonra mangal yakarak intihar ettiği, birbirinden farklı olay olan diğer iki olgunun da evin banyosunda mangal yakmak suretiyle intihar ettiği belirlenmiştir. Çin’de yapılan bir çalışmada intihar olgularında CO kaynağının Sichuan’da olguların %68’inde, Wuhan’da %70,8’inde, Şanghai’da ise %97,3’ünde yanmış kömür olduğu bildirilmiştir (112). CO maruziyeti ile intihar eden olgularda CO kaynağı olarak sıklıkla kömür kullanıldığı dikkat çekmektedir. Bu durumun, kömürün ısınma amaçlı sık kullanılan bir yakıt olması ve dolayısıyla kömüre ulaşımın kolay olması yanında hem mangal hem de sobada kullanılabilmesinden dolayı tercih edilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Elazığ’da Türkoğlu ve ark.’nın (51) yaptığı, Fırat Üniversitesi Hastanesi Adli Tıp Anabilim Dalı tarafından 2006-2012 yılları arasında otopsisı yapılan CO zehirlenmesi sonucu ölen 29 olgunun değerlendirildiği çalışmada 12 olguda (%41,4) CO kaynağının soba, 10 (%34,5) olguda yangın dumanı, 6 (%20,7) olguda şofben, 1 (%3,4) olguda ise kapalı ortamda su motorundan çıkan gaz olduğu saptanmıştır. Can ve ark.’nın (8) haber ajansı kayıtlarına dayalı olarak ülkemizde yaptıkları çalışmada olguların 2096’sında (%78,6) CO kaynağının soba, 206’sında (%7,7) gazlı su ısıtıcısı, 91’inde (%3,4) gazlı ısıtıcı, 163’ünde (%6,1) mangal, 32’sinde (%1,2) makineler, 79’unda (%3,0) ise bunların dışında başka bir kaynak olduğu tespit edilmiştir. Kocakaya ve ark.’nın (114) Samsun’da yaptıkları bir çalışmada CO zehirlenmesine maruz kalan olguların %37,5’unun CO kaynağının soba, %37,5’unun şofben, %7,8’inin mangal, %7,8’inin yangın ortamı, %4,7’sinin ev tüpü, %3,1’inin katalitik soba ve %1,6’sının kanalizasyon olduğu bildirilmiştir.

Bursa’da yapılan CO zehirlenmesi sonucu ölen 99 olgunun değerlendirildiği çalışmada olgulardan 48’inin CO kaynağının soba, 28’inin şofben, 6’sının tüp gaz, 2’sinin egzoz, 2’sinin kuyu, 1’inin tavuk dışkısı havuzu olduğu belirtilmiş, 12 olguda kaynağın ne olduğu ile ilgili veriye ulaşılamadığı bildirilmiştir. Çalışmamızda ise olguların 32’sinde (%30,5) CO kaynağının soba olduğu, 27 (%25,7) olguda yangın ortamı, 15 (%14,3) olguda üstü açık kovada yakılan ateş, 8 (%7,6) olguda mangal, 2 (%1,9) olguda su kuyusu, 2 (%1,9) olguda şofben, 2 (%1,9) olguda maden ocağı, 1 (%1) olguda tencere içerisinde yakılan kömür olduğu tespit edilmiş, 16 (%15,2) olguda CO kaynağının ne olduğu ile ilgili bilgiye ulaşılamamıştır. Kömürün kış aylarında yaygın kullanılan bir yakıt, sobanın ise ülkemizde yaygın kullanılan bir ısınma aracı olduğu göz önüne alındığında, kaynaklarda ve çalışmamızda olduğu gibi en sık rastlanan CO kaynağının kömür sobası olması beklenen bir durumdur.

Bursa’da yapılan bir çalışmada CO zehirlenmesi sonucu ölen 99 olgudan 41’inin COHb değerinin %31-40, 22’sinin %41-50, 16’sının %51-60, 15’inin %20-30, 3’ünün %71-80, 2’sinin %61-70 aralığında olduğu saptanmıştır, aynı çalışmada COHb değeri ile cinsiyet arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmadığı belirtilmiştir (105). Yetiş ve ark. (47) tarafından Eskişehir’de yapılan bir çalışmada CO zehirlenmesi sonucu ölen 107 olgudan 38’inin COHb değerinin %51-60, 27’sinin %61-70, 13’ünün %71-80, 13’ünün %41-50, 11’inin %31-40 aralığında, 5’inin de %80’in üzerinde olduğu belirtilmiştir. Elazığ’da CO zehirlenmesi sonucu ölen 29 olgunun incelendiği bir çalışmada 7 olguda COHb düzeyinin %51-60, 6 olguda %61-70, 6 olguda %41-50, 4 olguda %31-40 aralığında olduğu, %10-20, %21-30 ve %71-80 aralıklarında da 2’şer olgu olduğu bildirilmiştir (51). Danimarka’da kömür kaynaklı CO maruziyetinden ölen 19 olgunun incelendiği bir çalışmada 16 olguda COHb değerinin %50’nin üzerinde olduğu, 1 olguda %37 olduğu, 2 olguda ise ileri derecede çürüme nedeni ile tespit edilemediği bildirilmiştir (116). Çalışmamızda teknik nedenlerden dolayı COHb çalışılamayan 1 (bir) olgu COHb çalışılamamış olsa da otopsi raporunda ölüm nedeni karbonmonoksit zehirlenmesi olarak belirtildiğinden, retrospektif çalışmamızda karbonmonoksit zehirlenmesi sonucu öldüğü kabul edilen bu olgu dışındaki COHb değerleri incelendiğinde, 104 olgudan en fazla sayıda rastlanan COHb değerinin 36

olgu ile %61-70 aralığında olduğu, 20'sinin %51-60, 14'ünün %41-50, 12'sinin %71-80, 9'unun %31-40, 5'inin %21-30, 4'er olgunun da %10-20 ve %81 ve üzeri COHb değeri aralıklarında olduğu tespit edilmiştir. Klinik ve adli toksikolojide ölçülen ilaç ve toksik madde düzeylerini değerlendiren bir çalışmada CO'nin letal dozunun %50-60 arasında olduğu belirtilmektedir (117). CO zehirlenmesi sonucu ölen olgularda farklı çalışmalarda farklı COHb değerleri tespit edilmiştir, ancak çoğunlukla %40 ile %70 arasında COHb değeri tespit edildiği görülmektedir. Kaynaklarda; %40-70 aralığı dışındaki COHb seviyelerinde de ölümlerin görüldüğünün bildirilmesi nedeniyle, kişiden kişiye değişen CO duyarlılığı, bazı olgularda CO zehirlenmesi dışında da ölüme katkıda bulunan başka sebeplerin olması ve farklı laboratuvarlardaki COHb seviyesi ölçümü yapan cihazların standardizasyon eksikliği/farklılığının, bu ölenlerde saptanan COHB değeri farklılıklarını yaratabileceği düşünülmektedir.

Çalışmamızda kronik hastalık durumu ile ilgili herhangi bir veriye ulaşamayan 51 olgu değerlendirme dışı bırakılarak olgulardan kronik hastalık durumları bilinenler COHb düzeylerine göre incelendiğinde; herhangi bir kronik hastalığı olmayan 31 olgunun ortalama COHb değeri kronik hastalığı bulunan 23 olguya göre daha yüksek bulunmuş olup, kronik hastalık durumuna göre COHB değerlerinde tespit edilen farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu saptanmıştır.

Çalışmamızda yaşa göre COHb değeri incelendiğinde istatistiksel olarak yaş ile COHb değerinin ters orantı gösterdiği tespit edilmiştir yani biri artarken diğerinin azaldığı görülmektedir. Eskişehir'de yapılan bir çalışmada yaş grubu ile COHb düzeyi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmuş, COHb düzeyi %50'nin altında olan olgulardan %58,3'ünün ise 60 yaşın üzerindeki kişiler olduğu, tespit edilmiştir (47).

Yaşlı bireyler ve önemli tıbbi hastalıkları (özellikle kardiyovasküler hastalık, solunum yetmezliği ve anemi gibi) olan kişilerin, dokulara oksijen iletimini tehlikeye atacak ve %20'ye kadar düşük COHb seviyelerine yenik düşebilecekleri bildirilmiştir (116). CO zehirlenmesi sonucu ölen kişilerde tespit edilen COHb değerinin yaş arttıkça düşük, yaş azaldıkça yüksek tespit edilmesi ileri yaşta artan kronik hastalıklar ile ortalama COHb değerinin gençlere göre daha düşük olabilmesi ve CO'e olan duyarlılığın artmasına bağlanmaktadır.

Çalışmamızda ölüm sebebine göre COHb değerleri incelendiğinde; ölüm sebebi sadece CO zehirlenmesi olan 82 olgunun ortalama COHb değerinin %60,1; ölüm sebebi kombine gaz zehirlenmesi (CO+başka gaz) olan 2 olgunun ortalama COHb değerinin %69,2; ölüm sebebi CO zehirlenmesi ve ileri derecede vücut yanığı olan 20 olgunun ortalama COHb değerinin de %40,5 olduğu tespit edilmiştir. Ölüm sebebinin CO zehirlenmesi ve vücut yanığı olduğu olgularda ölümün yanığın da katkısıyla daha erken gerçekleşmiş olabileceği, COHb değerlerinin bu yüzden ölüm gerçekleştikten sonra daha da yükselmeyeceği için bu olgularda biraz daha düşük olabileceği düşünülmektedir.

Çalışmamızda olguların ölüm yerine göre dağılımı incelendiğinde en yüksek ölüm yeri oranının 93 (%88,6) olgu ile olay yeri olduğu, 7 (%6,7) olgunun hastanede öldüğü tespit edilmiş olup 5 (%4,7) olgunun ölüm yeri ile ilgili herhangi bir bilgiye ulaşılamamıştır. Bursa’da yapılan bir çalışmada 99 olgudan 94’ünün (%94,95) olay yerinde ölü bulunduğu, 4 (%4,04) olgunun hastanede öldüğü, 1 (%1,01) olgunun ölüm yeri bilgisine ulaşılamadığı belirtilmiştir (105). ABD’de yapılan bir çalışmada ise CO zehirlenmesi sonucu ölen 6136 olgudan 3341’inin (%54) evinde ölü bulunduğu, 1104’ünün (%18) sağlık merkezinde öldüğü, 1691 (%28) olgunun ölüm yerinin diğer/bilinmeyen grupta olduğu belirtilmiştir (118). CO zehirlenmesi sonucu hayatını kaybeden kişilerin büyük bir kısmının ölüm yerinin olayın gerçekleştiği yer olduğu görülmektedir. Bu durumun CO’nin renksiz, kokusuz, tatsız, iritan olmayan bir gaz olması ve dolayısıyla fark edilemeden maruz kalınması ya da CO zehirlenmesi semptomlarının nonspesifik olmasından dolayı CO maruziyetinden şüphe duyulmamasına, kişilerin CO maruziyeti sırasında yalnız olması ve ancak öldükten sonra kendilerine ulaşılabilmesine de bağlı olabileceği düşünülmektedir.

CO zehirlenmeleri sıklıkla çoklu ölümlere neden olabilmektedir. Çalışmamızda 13 olayda 2’şer kişi, 2 olayda 3’er kişi, 1 olayda ise 4 kişinin birden, toplamda ise 36 kişinin çoklu ölüm sonucunda hayatını kaybettikleri belirlenmiştir. Çoklu ölüm olan 16 olaydan 9’unda CO kaynağının soba olması dikkat çekicidir, kalan olayların 4’ünde CO kaynağı üstü açık kovanadaki ateş, 1 olayda sobadan çıkan yangın, 1 olayda maden ocağındaki patlama olduğu, 1 olayda ise su kuyusunda CO zehirlenmesi meydana geldiği, kayıtlıdır. Dört kişinin birden öldüğü olayda; 4

kardeşin aynı odada kaldığı ve üstü açık soba kovanın ısınmak için odaya konulduğu, belirlenmiştir. Üç kişinin birden öldüğü olayların birinde çadırda ısınma amacıyla yakılan mangal kömüründen, diğer olayda ise evde ısınma amaçlı kullanılan kovadaki kömürden zehirlenme meydana geldiği saptanmıştır. Elazığ'da yapılan bir çalışmada, 3 çoklu ölüm olayının yaşandığı, toplam 8 kişinin öldüğü, bu 8 olgunun 5'inde (%62.5) CO kaynağının kömür sobası, 3 olguda (%37.5) ise yangın dumanı olduğu bildirilmiştir (51). Eskişehir'de yapılan çalışmada 23 olgunun çoklu ölüm sonucunda öldüğü, 5 olguda 2 kişinin, 3 olguda 3 kişinin ve 1 olguda da 4 kişinin öldüğü belirtilmiştir (47). Bursa'da yapılan başka bir çalışmada ise 7 olayda 2 kişi birden, 2 olayda 3 kişinin birden öldüğü tespit edilmiştir (105). Çoklu ölüm olaylarında CO kaynağının sıklıkla kömür sobası ya da ısınma amaçlı kullanılan üstü açık kovadaki kömür ateşi olduğu görülmektedir. CO zehirlenmelerinde çoklu ölüm olaylarının görülebilmesinin; barınma amaçlı kullanılan ev, çadır gibi kapalı ortamlarda birden fazla kişinin bulunabilmesi, CO'nin renksiz, kokusuz ve iritan olmayan bir gaz olması da göz önüne alındığında, maruziyetin özellikle uyku sırasında fark edilmeden ve daha fazla olabileceği gibi nedenlerle beklenen bir durum olduğu, düşünülmektedir.

Çalışmamızda olguların ölü lekelerine göre dağılımı incelendiğinde 80 (%76,2) olguda ölü lekelerinin olduğu, 19 olguda ileri derecede vücut yanığından, 6 olguda çürümeden dolayı olmak üzere toplam 25(%23,8) olguda ise ölü lekesi durumunun değerlendirilemediği saptanmıştır. Olguların ölü lekelerinin rengine göre dağılımında; ölü lekelerinin en fazla oranda açık kırmızı-pembe/kiraz kırmızısı (n:68, %64,8) renkte olduğu, hafif açık kırmızı renkte 3 (%2,9) olgunun, diğer renklerde de(açık mor, koyu mor, soluk) 9 (%8,5) olgunun tespit edildiği, 25 (%23,8) olguda ölü lekelerinin değerlendirilemediği saptanmıştır. Ölü lekesinin rengine göre COHb değerleri incelendiğinde; açık kırmızı-pembe/kiraz kırmızısı ölü lekesi olan 68 olgunun ortalama COHb değerinin %61, hafif açık kırmızı ölü lekesi olan 3 olgunun ortalama COHb değerinin %40,9, diğer renklerde(açık mor, koyu mor, soluk) ölü lekesi olan 9 olgudan ise teknik nedenlerle COHb değeri tespit edilemeyen COHb çalışılmamış olsa da otopsi raporunda ölüm nedeni karbonmonoksit zehirlenmesi olarak belirtildiğinden, retrospektif çalışmamızda karbonmonoksit zehirlenmesi sonucu öldüğü kabul edilen bu olgu dışındaki 8

olgunun ortalama COHb değerinin %51,9 olduğu belirlenmiştir. Kanda, kaslarda ve iç organlarda açık kırmızı-pembe renk değişikliği bulunup bulunmadığı incelendiğinde ise 86 (%81,9) olguda kanda açık kırmızı-pembe renk değişimi olduğu, 19 (%18,1) olguda olmadığı, 72 (%68,5) olguda kaslarda açık kırmızı-pembe renk değişimi olduğu, 33 (%31,5) olguda olmadığı, 82 (%78,1) olguda iç organlarda açık kırmızı-pembe renk değişimi olduğu, 23 (%21,9) olguda olmadığı tespit edilmiştir. Olgular otopsi sırasında solunum yolunda tespit edilen özelliklere göre incelendiğinde; 28 (%26,7) olguda duman isi tespit edilmiş olup 13 (%12,4) olguda solunum yolunda herhangi bir özellik saptanmamıştır, geri kalan 64 (%60,9) olguda farklı nonspesifik özellikler olduğu görülmüştür. Olgular otopsi sırasında özefagusta tespit edilen özelliklere göre incelendiğinde; 14 (%13,3) olguda duman isi tespit edilmiş olup, 73 (%69,5) olguda özefagusta herhangi bir özellik saptanmamıştır, diğer 18 (%17,2) olguda da farklı nonspesifik bulgular tespit edilmiştir.

Danimarka’da Nielsen ve ark. (116) tarafından yapılan bir çalışmada kömür yakma yoluyla CO zehirlenmesi sonucu ölen 19 olgudan 14’nde (%73,6) kiraz kırmızısı l lekesi olduğu, 7’sinde (%36,8) iç organlarda kiraz kırmızısı renk değişikliği olduğu, kiraz kırmızısı l lekesi tespit edilen olgularda ortalama COHb değerinin %67, kiraz kırmızısı l lekesi olmayan olgularda ortalama COHb değerinin %61 olduğu bildirilmiştir.

Trabzon’da yapılan CO zehirlenmesi sonucu ölen 215 olgunun incelendiği çalışmada, olguların 167’sinde (%77,7) açık kırmızı-pembe l lekelerinin olduğu, 173’nde (%80,5) iç organlarda yoğun hiperemi olduğu, 36 (%16,7) olguda st ve alt solunum yollarında duman isi bulaşı olduğu tespit edilmiştir (106).

CO zehirlenmesinde otopsi bulguları nonspesifiktir (70). CO zehirlenmesinden ölümlerde, l lekelerinin açık kırmızı-pembe/kiraz kırmızısı ya da parlak pembe renk alması spesifik olmasa da tanı için çok yararlı bir bulgudur. Ancak kaynaklarda buna benzer renk değişikliği, hipotermi, siyanür zehirlenmesi, yakın zamanda ölen bir cesedin morgda soğutulması veya cesedin ıslak giysilerle örtülmesi durumunda da görülebildiği bildirilmiştir(26,100). Çalışmamızda ve diğer çalışmalarda da tespit edildiği üzere kiraz kırmızısı l lekelerinin bazı olgularda görüldüğü ancak l lekelerinin kiraz kırmızısı renk olmadığı olgularla

da karşılaşılabildiği anlaşılmaktadır. Bu yüzden CO zehirlenmesinden şüphelenilen her olguda COHb tayini mutlaka yapılmalıdır, çünkü hem renk kırmızı-pembe/kiraz kırmızısı olmayabilmekte hem de başka nedenlerle kırmızı renkte ölü lekesi olabilmektedir, sonuçta en kesin tanı "COHb'nin kantitatif tayini" ile konmaktadır (77).

Duman inhalasyonuna maruz kalan bireylerin muayenesinde genellikle, burun deliklerinde, ağızda ve ayrıca gırtlak, trakea ve bronşların duman isı ve kurum ile kaplandığı görülmektedir. Ancak duman isı ve kurum tespit edilememesi, kişinin mutlaka yangının başlamasından önce öldüğü anlamına gelmemektedir. Ayrıca, yüz, burun delikleri ve ağızdaki duman isı veya kurum CO zehirlenmesini düşündürse de, kişinin CO zehirlenmesinden öldüğünü değil, yalnızca dumanın bu yapıları etkilediğini, kanıtlamaktadır (100).

Postmortem toksikolojik incelemeler alkol, ilaç veya diğer toksik maddelerin ölüme sebep olup olmadığının ya da ölüme katkıda bulunup bulunmadığının saptanmasında kullanılmaktadır (119). Çalışmamızda olguların toksikolojik analizlerine bakıldığında; 61 olguda (%58,1) herhangi bir uyutucu uyuşturucu, alkol veya ilaç etken maddeleri tespit edilmezken 44 olguda (%41,9) uyutucu uyuşturucu, alkol veya ilaç etken maddelerine rastlanmıştır. Kanında uyutucu-uyuşturucu madde saptanan 2 (%1,9) olgudan 1'inde idrarda esrar metaboliti olan tetrahidrokannabinoidik asit ve kanında 164 ng/ml metilendioksimetamfetamin, 25 ng/ml metilendioksiamfetamin, 23 ng/ml amfetamin tespit edilmiştir, 1 olguda ise kanda 5 ng/ml amfetamin saptanmıştır. Etil alkol tespit edilmiş olan 10 (%9,5) olgudan 2'sinde 0-50 mg/dl, 3'ünde 51-100 mg/dl, 3'ünde 101-200 mg/dl, 2'sinde 250 mg/dl arasında etil alkol değeri, saptanmıştır. Çeşitli ilaç etken maddelerine rastlan 32 (%30,5) olgu mevcuttur. Eskişehir'de yapılan bir çalışmada 107 CO zehirlenmesi olgusundan 27'sinde 27-107 mg/dl arasında değişen etil alkol tespit edildiği bildirilmiştir (47). Cantürk ve ark.'nın (46) yaptığı çalışmada 128 (%73,14) kişinin kanında etanol saptanmadığı, 33 (%18,86) kişinin kanında 1-50 mg/dl, 8 (%4,58) kişinin kanında 51-100 mg/dl, 3 (%1,71) kişinin kanında 101-150 mg/dl etanol bulunduğu, 3 (%1,71) kişinin kanında ise 151 mg/dl ve üstü seviyede etanol bulunduğu belirlenmiştir.

6. SONUÇ

Çalışmamızda, Antalya’da CO zehirlenmesi sonucu ölen olguların özellikleri, internet sitelerindeki haber kaynakları, otopsi bulguları, toksikoloji ve histopatoloji raporları, kaynaklar ışığında değerlendirilerek, CO zehirlenmesinden ölümlerin sıklığı ve nedenleri ortaya konmaya çalışılmıştır.

CO zehirlenmesi çoğu ülkede olduğu gibi ülkemizde de ölümcül zehirlenmelerin önde gelen nedenlerinden biri ve önemli bir halk sağlığı sorunudur.

Çalışmamızda CO zehirlenmesi sonucu meydana gelen 105 ölüm olgusunun 17’sinde (%16,2) orijin belirlenememiş olup, kalan 88 olgunun 85’inde (%80,9) orijinin önlenebilir nitelikte kazalar olması dikkat çekicidir. Ayrıca ölüme neden olan CO kaynaklarına bakıldığında çalışmamızda da kaynaklarla uyumlu olarak büyük bir kısmının kömür sobaları olduğu belirlenmiştir. CO kaynağı olabilecek ısıtma ve ısıtma aletlerinin düzenli kontrolü ve bakımı yapılarak, bacaların, kullanılan yakıtların, havalandırma sisteminin standartlara uygunluğu ve toplumun bu konudaki farkındalığı ve eğitimi sağlanarak CO zehirlenmelerinin azaltılabilmesi mümkündür. Ayrıca CO sensörleri, CO’ın erken tespiti için önemli olsa da, ikincil bir önleme yöntemi olarak düşünülebilir (120). Konutlarda ve kamusal alanlarda CO maruziyetini önlemek için CO sensörleri kullanılabileceği, bunun da yasal mevzuatlarla zorunlu hale getirilerek mevcut kazaların en aza indirebileceği düşünülmektedir. Ancak çadır veya geçici kullanılan bağ evi gibi yerlerde CO maruziyetinden korunmanın en önemli anahtarı kişisel bilincin artması ve eğitimidir, hem okullarda bu konuda her yaş grubuna verilecek tekrarlayan eğitimler hem de yazılı ve görsel medyada yapılacak toplumun tüm kesimlerine yönelik, sık ve düzenli eğitimler ve uyarılar son derece önemlidir.

Adli tıbbi açıdan kapalı ortamlardaki şüpheli ölümlerde, özellikle de soğuk havada ve kış aylarında CO zehirlenmesi akla getirilmeli, olay yeri özellikle CO kaynağı olabilecek aletlerin durumu (yanar halde/sönmüş soba, şofben, mangal, ocak vb) açısından incelenmelidir. Oteller ve pansiyonlarda da meydana gelebileceğinden, bu gibi yerlerdeki ölümlerde de CO zehirlenmesi açısından kandaki COHb düzeyine bakılmalıdır. Otopside CO zehirlenmesini düşündürecek termal lezyonlar, solunum yolunda tespit edilen duman isi ve kurum, kiraz kırmızısı ölü lekeleri gibi bulguların varlığı; kesin CO zehirlenmesi olduğunu göstermediği

gibi bu bulguların yokluğu da CO zehirlenmesini dışlamamaktadır, bu yüzden CO zehirlenmesinden şüphelenilen olgularda toksikolojik tetkiklerde mutlaka CO analizi de rutin olarak istenmelidir.



7. ÖZET

Çalışmamızda Antalya’da 2011-2020 yılları arasında otopsi yapılan CO zehirlenmesine bağlı ölümlerle ilgili veriler (olguların sosyo-demografik özellikleri, ay ve mevsime göre dağılımları), ölümün orijini (kaza, intihar, cinayet), otopsi bulguları, otopsi yapılma sıklığı, histopatolojik inceleme ve toksikolojik analiz sonuçları gibi veriler değerlendirilerek; daha önce yapılan çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Çalışmamızda adli tıp uzmanları açısından üzerinde durulması gereken noktalar, CO zehirlenmesi sonucu meydana gelen ölümleri azaltmak için alınabilecek önlemler ve yapılabilecek hukuki ve toplumsal düzenlemelere dikkat çekmek amaçlanmıştır.

Adli Tıp Kurumu Antalya Grup Başkanlığı Morg İhtisas Dairesi’nde 01.01.2011- 31.12.2020 tarihleri arasındaki 10 yıllık süreçte yapılan 8649 otopsi olgusu incelenmiş olup CO zehirlenmesi sonucu ölen 105 olgu tespit edilmiştir. Olgular; yaş, cinsiyet, boy, kilo, meslek, uyruk, ölümün meydana geldiği zaman (yıl, mevsim, ay ve gün), olayın orijini, olayın meydana geldiği şehir ve yer, COHb değeri, hastalık öyküsü, otopsi bulguları, toksikolojik analiz sonuçları, başka travmatik bulgu varlığı yönlerinden incelenmiştir.

Çalışmamızda elde edilen verilere göre; CO zehirlenmesi nedeniyle ölüm sonrası Antalya’da otopsi yapılan 105 olguda erkek/kadın oranı 1,83 (E/K:68/37), olguların yaş ortalamasının 51,8 olduğu (min:1, max:95, SD:25,4), erkek olgularda yaş ortalamasının 51,6 (min:2, max:91, SD:23,7) ve kadın olgularda yaş ortalamasının 52,2 (min:1, max:95, SD:28,6) olduğu tespit edilmiştir. Olguların yaş aralıklarına göre dağılımına bakıldığında; en fazla olgunun 70-79 yaş (n:20, %19) ve 50-59 yaş (n:14, %13,3) aralıklarında olduğu görülmüştür. Olguların çoğunluğu Türkiye Cumhuriyeti vatandaşı (n:98, %93,3) olup, yabancı uyruklu 7 olgu içerisinde 5 olgunun Suriyeli olduğu (%4,8) saptanmıştır. CO zehirlenmesi nedeniyle otopsi yapılan olgulardan Ocak (n:30, %28,6), Aralık (n:15, %14,3) ve Şubat (n:14, %13,3) ile kış aylarında en fazla olgu gözlenirken, Temmuz ve Eylül aylarında olgu saptanmadığı, 2 (%1,9) olgu Haziranda ve 3 (%2,9) olgu ise Mayıs aylarında görülmüştür. CO zehirlenmesinden ölen olgularda, olayın meydana geldiği günlere bakıldığında, ölümlerin en sık salı günlerinde (n:18, %17,2) gerçekleştiği, bunu sırasıyla perşembe (n:16, %15,2), pazartesi (n:15, %14,3) ve

çarşamba (n:15, %14,3) günlerinin takip ettiği, en az ise cumartesi günlerinde (n:10, %9,5) gerçekleştiği saptanmıştır. Olgulardan 5'inde (%4,8) ise ileri düzeyde çürüme nedeni ile olayın meydana geldiği gün bilgisine ulaşılamamıştır. Günlere göre dağılımda, günler arası ve hafta içi hafta sonu günleri arasında istatistiksel farklılık tespit edilmemiştir. CO zehirlenmesi olgularının meydana geldiği yerlere bakıldığında; en sık evlerde (n:75, %71,4) olduğu saptanmıştır. Olguların orijine göre dağılımı incelendiğinde; orijinin 85 (%80,9) olguda kaza, 3 olguda (%2,9) intihar olduğu tespit edilmiştir. Çalışmamızda CO zehirlenmesi sonucu ölen olgulardan cinayet orijinli olgu saptanmamış olup 17 (%16,2) olguda ise orijin ile ilgili herhangi bir bilgiye ulaşılamamıştır. Olgular CO kaynağı bakımından değerlendirildiğinde; en sık kaynağın soba (n:32, %30,5) olduğu saptanmıştır.

Olayın orijinine göre olgularda tespit edilen CO kaynağına bakıldığında; tespit edilen 3 intihar olgusunun hepsinde CO kaynağının mangal kömürü olduğu saptanmıştır. CO kaynağı ve orijin ile ilgili veriye ulaşılamayan olgular dışlandığında ve CO kaynakları mangal kömürü ve diğerleri şeklinde gruplandırıldığında olguların orijine göre CO kaynağının dağılımı istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (p:0,000).

Olayın meydana geldiği mevsime göre CO kaynağı incelendiğinde; kış mevsiminde meydana gelen toplam 59 olgudan 23'ünde CO kaynağının soba olduğu, 26 olguda soba dışında bir CO kaynağı saptanmıştır, 10 olguda ise CO kaynağı ile ilgili herhangi bir bilgiye ulaşılamamıştır. Kış mevsimi dışında diğer mevsimlerde meydana gelen toplam 46 olgudan ise sadece 9'unda CO kaynağının soba olduğu, 31 olguda soba dışında başka bir CO kaynağı tespit edildiği, 6 olguda ise CO kaynağı ile ilgili herhangi bir veri kayıtlı olmadığı saptanmıştır.

Olgularda tespit edilen COHb değerleri incelendiğinde; 1(bir) olguda COHb testinin teknik nedenlerden dolayı yapılamadığı, olguda COHb çalışılmamış olsa da otopsi raporunda ölüm nedeni karbonmonoksit zehirlenmesi olarak belirtildiğinden, retrospektif çalışmamızda karbonmonoksit zehirlenmesi sonucu öldüğü kabul edilen bu olgu dışındaki diğer 104 olgu içerisinde, minimum değer %15,4, maksimum değer %84,3 olup ortalama COHb değeri %56,5 (SD:16,07) olarak saptanmıştır. Cinsiyete göre COHb değerleri değerlendirildiğinde; kadınlarda %17,4-%76,4 arasında değişmekte olup ortalama COHb değeri %52,6

(SD:15,60) olarak saptanmıştır. Erkeklerde COHb değerleri %15,4-%84,3 arasında tespit edilmiş ve erkeklerdeki ortalama COHb değeri de %58,6 (SD:16,04) bulunmuştur. Olgularda tespit edilen COHb değerleri belirli aralıklara ayrılıp gruplandırıldığında en yüksek olgu sayısının 36 olgu ile %61-70 COHb değeri aralığında, en düşük olgu sayısının ise 4'er olgu ile %10-20 ve %81 ve üzeri COHb değeri aralığında olduğu dikkat çekmektedir. CO zehirlenmesi sonucu ölen olgularda, olguların ölüm yerine göre dağılımı incelendiğinde en yüksek ölüm yeri oranının 93 (%88,6) olgu ile olay yeri olduğu, 7 (%6,7) olgunun hastanede öldüğü tespit edilmiş olup 5 (%4,7) olgunun ölüm yeri ile ilgili herhangi bir bilgiye ulaşamamıştır.

Çalışmamızda olguların ölü lekelerine göre dağılımı incelendiğinde 80 (%76,2) olguda ölü lekelerinin olduğu, 19 olguda ileri derecede vücut yanığından, 6 olguda çürümeden dolayı olmak üzere toplam 25(%23,8) olguda ise ölü lekesi durumunun değerlendirilemediği, saptanmıştır. Olguların ölü lekelerinin rengine göre dağılımında; ölü lekelerinin en fazla oranda açık kırmızı-pembe/kiraz kırmızısı (n:68, %64,8) renkte olduğu, hafif açık kırmızı renkte 3 (%2,9) olgunun, diğer renklerde de(açık mor, koyu mor, soluk) 9 (%8,5) olgunun tespit edildiği saptanmıştır.

Otopsi sırasında olguların %26,7'sinin (n:28) solunum yolunda, %13,3'ünün (n:14) özefagusunda duman isisi tespit edilmiştir.

Olgular kronik hastalık (kalp-damar hastalığı, akciğer hastalığı diyabet, hipertansiyon, kanser vs) durumuna göre değerlendirildiğinde 23 (%21,9) olguda ise kronik hastalık olduğu tespit edilmiş, hastalık bilgisine ulaşamayan 51 olgu değerlendirme dışı bırakıldığında; herhangi bir kronik hastalığı olmayan 31 olgunun ortalama COHb değerinin %60,1, kronik hastalığı bulunan 23 olgunun ortalama COHb değerinin ise %50,6 olduğu, tespit edilmiştir. Kronik hastalık durumuna göre ortalama COHb değerlerinde tespit edilen farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu, saptanmıştır.

Olguların yaş gruplarına göre COHb değerlerini karşılaştırdığımızda en yüksek ortalama COHb değerinin %68,4 ile 20-29 yaş grubunda, en düşük ortalama COHb değerinin ise %42,4 ile 90 yaş üzeri grupta olduğu tespit edilmiştir. Olguların yaşı ile COHb değeri arasında istatistiksel olarak ters orantı tespit edilmiş

olup yaşı arttıkça COHb değeri azaldığı, yaşı azaldıkça da COHb değeri arttığı saptanmıştır. İleri yaşta artan kronik hastalıklar ile ortalama COHb değeri gençlere göre daha düşük olabilmesi ve CO'ya olan duyarlılığın artmasına bağlanmıştır.

Çalışmamızda toplam 36 kişinin, çoklu ölüm şeklinde hayatını kaybettiği belirlenmiştir. Çoklu ölümler, olayın vahametini daha da artıran bazen tüm ailenin kaybı ile sonuçlanan olaylar olup; barınma amaçlı kullanılan ev, çadır gibi kapalı ortamlarda birden fazla kişinin bulunması, CO'nun renksiz, kokusuz olması ve iritan olmaması nedeniyle fark edilmemesi ve özellikle maruziyetin uyku sırasında daha fazla oluşmasından kaynaklanabilmektedir. Uyku alanında CO kaynağı olabilecek ısıtma araçlarının bulundurulmaması gerektiği unutulmamalıdır.

Kiraz kırmızısı ölü lekelerinin bazı olgularda görüldüğü, bazı olgularda görülmediği, ayrıca kırmızı ölü lekelerinin başka ölüm sebebine sahip olgularda da karşılaşılabileceği unutulmamalı, CO zehirlenmesinden şüphelenilen her olguda COHb tayini mutlaka yapılmalıdır.

CO zehirlenmesi olgularının büyük bir kısmında orijinin önlenabilir nitelikte kazalar olduğu, ölüme neden olan CO kaynaklarının büyük bir kısmının kömür sobaları olduğu, anlaşılmaktadır. CO kaynağı olabilecek ısıtma aletlerinin düzenli kontrolü ve bakımı yapılarak, bacaların, kullanılan yakıtların, havalandırma sisteminin standartlara uygunluğunun sağlanması ve toplumun bu konudaki farkındalığının eğitimlerle artırılması ile bu önemli sağlık sorununun azaltılabileceği düşünülmektedir. Konutlarda ve kamusal alanlarda CO maruziyetini önlemek için CO sensörleri kullanılabileceği, bunun da yasal mevzuatlarla zorunlu hale getirilerek mevcut kazaların en aza indirebileceği kanaatindeyiz.

Anahtar Kelimeler: Adli tıp, karbonmonoksit zehirlenmesi, otopsi

8. ABSTRACT

In our study, autopsy reports, evidence response team reports and preliminary investigation documents of death cases due to CO poisoning on which autopsies were performed between 2011 and 2020 in Antalya was evaluated retrospectively and compared with previous literature. It was aimed to emphasize the important points for forensic practitioners, to draw attention to the measures that can be taken to reduce deaths caused by CO poisoning and to draw attention to the legal and social regulations that can be made in Turkish Republic.

A total of 8649 autopsies were performed in the 10-year period between 01.01.2011 and 31.12.2020 in the Council of Forensic Medicine, Antalya Group Administration were examined and 105 cases who died as a result of CO poisoning were identified. Sociodemographic characteristics such as age, gender, height, weight, occupation, nationality, time of death (year, season, month, day and time), manner of death, city and place of the incident, COHb value, disease history, autopsy findings, toxicology test results and histopathological findings of the cases were examined.

According to the data obtained in our study, the male/female ratio was 1.83 (M/F: 68/37) in 105 cases, the mean age was 51.8 (min:1, max:95, SD:25.4) (51.6 (min:2, max:91, SD:23.7) in males and 52.2 (min:1, max:95, SD:28.6) in females). It was observed that the highest number of cases were in the age group 70-79 (n:20, 19%) and it was followed by 50-59 age group (n:14, 13.3%). Most of the cases were citizens of the Turkish Republic (n:98, 93.3%), and 5 cases (4.8%) were found to be Syrians out of 7 cases of foreign nationals. While the highest number of cases were observed in January (n:30, 28.6%), December (n:15, 14.3%) and February (n:14, 13.3%), respectively, there was no cases in July and September. Number of cases was 2 (1.9%) in June, and 3 (2.9%) in May. Deaths occurred most frequently on Tuesdays (n:18, 17.2%), followed by Thursday (n:16, 15.2%), Monday (n:15, 14.3%) and Wednesday (n:15, 14.3%), and the least frequently on Saturdays (n:10, 9.5%). In 5 cases (4.8%), the date of the event could not be identified due to advanced decay. There was no statistical difference between the frequency of day of deaths. The most common place where CO poisoning had occurred was houses

(n:75, 71.4%). The distribution of the cases, according to the manner of deaths, revealed that accident was the most frequent manner with 80.9% (n:85) of the cases. There was only 3 suicide cases (2.9%). In our study, among the cases who died as a result of CO poisoning, no cases of homicide were encountered, and in 17 (16.2%) cases there was no information could be obtained about the manner. It was determined that the most common CO source was coal stove with 30.5% (n:32). The source of CO in all 3 suicide cases was charcoal. The data were grouped as charcoal and other sources and the distribution of the CO source according to the manner of the cases was found to be statistically significant ($p:0.000$), (the cases with no data on the CO source and origin were excluded).

In 23 of the 59 cases that occurred in the winter season, the source of CO was found to be a stove, and a source of CO other than the stove was found in 26 cases, in 10 cases, no information could be obtained about the source of CO. The CO source was the stove in only 9 of the 46 cases that occurred in other than winter season. In 31 cases, a source of CO other than the stove was detected and in 6 cases, no data could be obtained about the CO source.

In one case, the COHb could not be tested because of severe putrefaction of the corpse. However, as the cause of death was reported as CO poisoning in autopsy report, this case was also included in the study. Except this particular case, among the remaining 104 cases, the minimum COHb value was 15.4%, the maximum COHb value was 84.3%, and the average COHb value was 56.5% (SD: 16.07). The COHb values in women varied between 17.4% and 76.4%, and the average COHb value was found to be 52.6% (SD: 15.60). Moreover, the COHb values was found between 15.4% and 84.3% in men, and the mean COHb value in men was 58.6% (SD:16.04). When the COHb values detected in the cases are divided into certain intervals and grouped, it is noteworthy that the highest number of cases was in the range of 61-70% COHb value with 36 cases, the lowest number of cases was between 10-20% with 4 cases and COHb values were 81% and above in 4 cases. It was determined that 93 (88.6%) of the cases were found dead at the scene of incident, 7 (6.7%) died in the hospital, and no information could be obtained about the place of death in 5 (4.7%) cases.

While there was evident postmortem lividity in 80 (76.2%) cases, postmortem lividity could not be evaluated in a total of 25 (23.8%) cases, which includes severe body burns in 19 cases and advanced decay in 6 cases. The postmortem lividity was mostly light red-pink/cherry red (n:68, 64.8%), in remainder of cases 3 (2.9%) had light red postmortem lividity and 9 (8.5%) had postmortem lividity in other colors (light purple, dark purple, pale).

Presence of soot particles in trachea was detected in 26.7% (n:28) and in esophagus 12.4% (n:13).

While no data could be obtained regarding the chronic disease status in 51 (48.6%) cases, 23 (21.9%) cases had chronic diseases and 31 (29.5%) cases did not have any chronic disease. The mean COHb value of 31 cases without any chronic disease was 60.1%, and the average COHb value of 23 cases with chronic disease was 50.6%. The difference in mean COHb values according to chronic disease status was found to be statistically significant.

The group with the highest mean COHb value was the 20-29 age group with 68.4%, and the group with the lowest average COHb value was the group over 90 years old with 42.4%. A statistically inverse correlation was found between the age of the cases and the COHb value, and it was determined that the COHb value decreased as the age increased, and the COHb value increased as the age decreased. The fact that the COHb value detected in people who died as a result of CO poisoning is relatively low as the age increases, and higher as the age decreases, is attributed to the increased sensitivity to CO with increasing chronic diseases in advanced ages.

A total of 36 cases were part of multiple death events. Given that CO is a colorless, odorless and non-irritating gas and exposure is greater, especially during sleep, and considering that more than one person can be found in closed environments such as houses and tents which are used for shelter, this result is considered to be expected.

It is understood that cherry red colored postmortem lividity are seen in some cases, but it should be kept in mind that cases with other colored (light purple, dark purple, pale etc.) postmortem lividity can also be encountered. Therefore, blood (if

it is impossible, muscle samples) should be analyzed for COHb in every case even with little suspects of CO poisoning.

In most of the CO poisoning cases, it was seen that the manner was preventable accidents, and the most CO sources that caused the deaths, were coal stoves. This issue can be reduced by regularly checking and maintaining heating appliances that may be a source of CO, ensuring compliance of chimneys, fuels used, and ventilation system with the standards, and increasing awareness and education of the community about this issue. We suggest that, CO sensors can be used to prevent CO exposure in residences and public spaces, and this can be made mandatory by legal regulations to minimize accidents.

Key words: Forensic medicine, carbonmonoxide poisoning, autopsy

9. KAYNAKLAR

1. Hartzell GE. Overview of combustion toxicology. *Toxicology*. 1996 Dec 31;115(1–3):7–23.
2. Hess DR. Inhaled Carbon Monoxide: From Toxin to Therapy. *Respir Care*. 2017 Oct;62(10):1333–42.
3. Chiew AL, Buckley NA. Carbon monoxide poisoning in the 21st century. *Crit Care*. 2014;18(2):221.
4. Olson KR. Carbon monoxide poisoning: Mechanisms, presentation, and controversies in management. *J Emerg Med*. 1984 Jan 1;1(3):233–43.
5. Mattiuzzi C, Lippi G. Worldwide epidemiology of carbon monoxide poisoning. *Hum Exp Toxicol*. 2020 Apr 1;39(4):387–92.
6. TTB-ATUD Birinci Basamak İçin Adli Tıp El Kitabı. Ankara: Polat Matbaası; 1999.
7. Kinoshita H, Türkan H, Vucinic S, Naqvi S, Bedair R, Rezaee R, et al. Carbon monoxide poisoning. Vol. 7, *Toxicology Reports*. Elsevier Inc.; 2020. p. 169–73.
8. Can G, Sayılı U, Aksu Sayman Ö, Kuyumcu ÖF, Yılmaz D, Esen E, et al. Mapping of carbon monoxide related death risk in Turkey: a ten-year analysis based on news agency records. *BMC Public Health*. 2019 Dec 3;19(1):9.
9. Saukko P, Knight B. Knight's Forensic Pathology [Internet]. Fourth Edi. CRC Press; 2016. Available from:
https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=aWbdCgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=saukko+p+knight&ots=OMXZ1anrjy&sig=gSt81cnWbG8ZxK3jjtZhZNgJ3ws&redir_esc=y#v=onepage&q=saukko+p+knight&f=false
10. Finkbeiner W, Ursell P, Davis R. *Autopsy Pathology: A Manual and Atlas*

E-Book [Internet]. Secod. 2009. Available from:

https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=fJ_zQ8rC4tAC&oi=fnd&pg=PP1&dq=Finkbeiner+WE,+Ursell+PC,+Davis+RL&ots=CSvEky45dc&sig=KJKTe7hcNfJuN1E3hGoPePOcPF4&redir_esc=y#v=onepage&q=Fi nkbeiner WE%2C Ursell PC%2C Davis RL&f=false

11. Koç S, Biçer Ü. Adli Tıbbın Tarihsel Gelişimi, Türkiye'deki Yapılanması ve Sorunları. Klin Gelişim, Adli Tıp Özel Sayısı [Internet]. 2009; Available from: http://www.klinikgelisim.org.tr/eskisayi/klinik_2009_22/01.pdf
12. Çağdır S, Celbis O, Engin Aydın N, Soysal Z. Evolution of Forensic Autopsy and Current Legal Procedures in Turkey. Am J Forensic Med Pathol. 2004 Mar;25(1):49–51.
13. Dokgöz H. No Title. In: Dokgöz H, editor. Adli Tıp&Adli Bilimler. 2. Baskı. Ankara; 2020. p. 220–1.
14. DiMaio V, DiMaio D. Forensic Pathology [Internet]. Second. 2001. Available from: https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=k_zKBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=dimaio+forensic+pathology&ots=n0q-Wm63O_&sig=u2S1XbuzAyXSC6NrsPgKGC2RvSY&redir_esc=y#v=onepage&q=dimaio forensic pathology&f=false
15. Koç S, Can M. No Title. 2nd ed. İstanbul: İstanbul Tabip Odası; 2011.
16. Koç S, Özaslan A. Genel Olarak Asfiksiler, Ası, Boğma, Tıkama-Tıkanma, Kimyasal Asfiksiler. In: Soysal Z, Çakalır C, editors. Adli Tıp, Cilt 1. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Yayınları; 1999. p. 405–57.
17. Guyton AC. No Title. 7th ed. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevi; 1986.
18. Knight B. Forensic Pathology. 2nd ed. London; 1996.
19. Cotran R, Kumar V, Robbins S. Temel Patoloji. 7th ed. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevi; 2003.

20. DiMaio VJ. Asphyxia. In: Forensic Pathology. 2nd ed. CRC Press; 2001. p. 231–4.
21. Dolinak D, Matshes E. Principles and Practice. In: Dolinak D, Matshes E, Lew M, editors. Forensic Pathology. Boston; 2005. p. 201–26.
22. Ely S, Hirsch C. Asphyxial deaths and petechiae. Forensic Sci. 2000;45(6):1274–7.
23. Maxeiner H. Congestion bleedings of the face and cardiopulmonary resuscitation--an attempt to evaluate their relationship. Forensic Sci Int. 2001;117(3):191–8.
24. Rao V, Wetli C. The forensic significance of conjunctival petechiae. Am J Forensic Med Pathol. 1988;9(1):32–4.
25. Salaçin S. Adli Tıp Ders Notu. Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Yayınları. 1995;
26. Koç S, Can M. Asfiksi Türleri ve Asfiksi Olgularında Ölü Muayenesi. In: Birinci Basamakta Adli Tıp. 2nd ed. 2011. p. 38–56.
27. Özaslan A. Kimyasal Asfiksiler. In: Adli Tıp Ders Kitabı. İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Yayınları; 2011. p. 206–11.
28. Kaya H. Karbonmonoksit Zehirlenmesi. Türkiye Klin J Emerg Med-Special Top. 2018;4(2):149–57.
29. Crépat G, Fritsch R. Satellite meeting of IUTOX VIIIth International Congress of Toxicology Carbon Monoxide: the unnoticed poison of the 21st century. Hum Exp Toxicol [Internet]. 1998 Nov 1;17(11):643–4. Available from:
<http://openurl.ingenta.com/content/xref?genre=article&issn=0960-3271&volume=17&issue=11&spage=643>
30. Hopper CP, Zambrana PN, Goebel U, Wollborn J. A brief history of carbon monoxide and its therapeutic origins. Nitric Oxide [Internet]. 2021 Jun;111–112:45–63. Available from:

<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1089860321000367>

31. Lascaratos JG, Marketos SG. The Carbon Monoxide Poisoning of Two Byzantine Emperors. *J Toxicol Clin Toxicol* [Internet]. 1998 Jan 29;36(1–2):103–7. Available from:
<http://www.tandfonline.com/doi/full/10.3109/15563659809162596>
32. Huzar TF, George T, Cross JM. Carbon monoxide and cyanide toxicity: etiology, pathophysiology and treatment in inhalation injury. *Expert Rev Respir Med* [Internet]. 2013 Apr 9;7(2):159–70. Available from:
<http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1586/ers.13.9>
33. Prockop LD, Chichkova RI. Carbon monoxide intoxication: An updated review. *J Neurol Sci* [Internet]. 2007 Nov;262(1–2):122–30. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022510X0700456X>
34. Tvedt B, Kjuus H. [Chronic CO poisoning. Use of generator gas during the second world war and recent research]. *Tidsskr Nor Laegeforen* [Internet]. 1997 Jun 30;117(17):2454–7. Available from:
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9265304>
35. Gaz Odası İşlemleri [Internet]. United States Holocaust Memorial Museum. Available from: <https://encyclopedia.ushmm.org/content/tr/article/gassing-operations>
36. Mattogno C. AUSCHWITZ: THE FIRST GASSING RUMOR & REALITY. *BARNES Rev* [Internet]. 2011;20. Available from:
<http://barnesreview.org/pdf/20-atfg-intro.pdf>
37. Yuan L, Zhou L, Smith AC. Modeling carbon monoxide spread in underground mine fires. *Appl Therm Eng* [Internet]. 2016 May;100:1319–26. Available from:
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1359431116302988>
38. Mária H, Lóránd K. Risk of Carbon Monoxide Intoxication in Explosions. *Mil Eng / Hadmérnök* [Internet]. 2012;7(2):56–64. Available from:
<https://eds.s.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=67b2d5e>

3-c7b3-4877-a26f-b3204f23322b%40redis

39. Ryter SW, Alam J, Choi AMK. Heme Oxygenase-1/Carbon Monoxide: From Basic Science to Therapeutic Applications. *Physiol Rev* [Internet]. 2006 Apr;86(2):583–650. Available from: <https://www.physiology.org/doi/10.1152/physrev.00011.2005>
40. KANDİŞ H, KATIRCI Y, KARAPOLAT BS. Karbonmonoksit Zehirlenmesi. *Düzce Üniversitesi Tıp Fakültesi Derg.* 2009;11(3):54–60.
41. Raub JA, Mathieu-Nolf M, Hampson NB, Thom SR. Carbon monoxide poisoning — a public health perspective. *Toxicology* [Internet]. 2000 Apr;145(1):1–14. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0300483X99002176>
42. Smollin C, Olson K. Carbon monoxide poisoning (acute). *BMJ Clin Evid* [Internet]. 2010 Oct 12;2010. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21418677>
43. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Unintentional non-fire-related carbon monoxide exposures--United States, 2001-2003. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* [Internet]. 2005 Jan 21;54(2):36–9. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15660017>
44. Harduar-Morano L, Watkins S. Review of Unintentional Non-Fire-Related Carbon Monoxide Poisoning Morbidity and Mortality in Florida, 1999–2007. *Public Health Rep* [Internet]. 2011 Mar 1;126(2):240–50. Available from: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/003335491112600215>
45. Simonsen C, Thorsteinsson K, Mortensen R, Torp-Pedersen C, Kjærgaard B, Andreasen J. Carbon monoxide poisoning in Denmark with focus on mortality and factors contributing to mortality. *PLoS One* [Internet]. 2019;14. Available from: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0210767>
46. Cantürk N, Başbulut A, Cantürk G, Dağalp R. Ankara’da 2002-2006 yılları arasında karbon monoksit zehirlenmeleri otopsi olgularının

- değerlendirilmesi. Adli Tıp Derg. 2008;22(1):25–30.
47. Yetiş Y, Karbeyaz K, Güneş A. Eskişehir’de Karbonmonoksit Zehirlenmesine Bağlı Ölümlerin 20 Yıllık Analizi. Adıyaman Üniversitesi Sağlık Bilim Derg. 2017;3(1):396–406.
 48. Ertürk S, Hancı H, Koçak A, Aktaş EÖ. 1990-1994 Yılları Arasında İzmir’de Adli Otopsilerde Saptanan Zehirlenmelere Bağlı Ölümler. Ege Tıp Derg. 2001;40(2):117–9.
 49. Metin S, Yıldız S, Cakmak T, Demirbas S. Frequency of Carbon Monoxide Poisoning in Turkey in 2010. TAF Prev Med Bull [Internet]. 2011;10(5):587. Available from: <http://www.scopemed.org/fulltextpdf.php?mno=6729>
 50. Jain K. Carbon monoxide and other tissue poisons. In: Textbook of Hyperbaric Medicine. 4th ed. Göttingen; 2004. p. 111–33.
 51. Türkoğlu A, Tokdemir M, Şen M, Börk T, Tunçez FT, Yaprak B. Elazığ’da 2006-2012 Yılları Arasında Otopsi Yapılan Karbonmonoksit Zehirlenmesine Bağlı Ölümlerin Değerlendirilmesi. Bull Leg Med [Internet]. 2014 Apr 24;17(1):21–6. Available from: http://cms.galenos.com.tr/Uploads/Article_44375/TBLM-17-21-En.pdf
 52. Tritapepe L, Macchiarelli G, Rocco M, Scopinaro F, Schillaci O, Martuscelli E, et al. Functional and ultrastructural evidence of myocardial stunning after acute carbon monoxide poisoning. Crit Care Med [Internet]. 1998 Apr;26(4):797–801. Available from: <http://journals.lww.com/00003246-199804000-00034>
 53. Omaye ST. Metabolic modulation of carbon monoxide toxicity. Toxicology [Internet]. 2002 Nov;180(2):139–50. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0300483X02003876>
 54. Ernst A, Zibrak JD. Carbon Monoxide Poisoning. N Engl J Med [Internet]. 1998 Nov 26;339(22):1603–8. Available from: <http://www.nejm.org/doi/abs/10.1056/NEJM199811263392206>

55. Hardy KR, Thom SR. Pathophysiology and Treatment of Carbon Monoxide Poisoning. *J Toxicol Clin Toxicol* [Internet]. 1994 Jan 25;32(6):613–29. Available from: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.3109/15563659409017973>
56. İnal G, Arpacı A. Orak Hücre Anemisinin Moleküler ve Hücresel Patofizyolojisi. *Türk Klin Biyokim Derg.* 2021;19(1):89–98.
57. Levy RJ. Anesthesia-Related Carbon Monoxide Exposure. *Anesth Analg* [Internet]. 2016 Sep;123(3):670–81. Available from: <http://journals.lww.com/00000539-201609000-00019>
58. Brown SD, Piantadosi CA. In vivo binding of carbon monoxide to cytochrome c oxidase in rat brain. *J Appl Physiol* [Internet]. 1990 Feb;68(2):604–10. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2156793>
59. Miller K, Chang A. Acute inhalation injury. *Emerg Med Clin North Am* [Internet]. 2003 May;21(2):533–57. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0733862703000117>
60. Özçiftçi S, Biberoğlu S. Karbon Monoksit Zehirlenmelerine Yaklaşım. *Ortadoğu Tıp Derg.* 2014;6(2):86–9.
61. Choi SA, Choi IS. No Title. *J Korean Neurol Assoc.* 1998;16(4):500–5.
62. Diltor MW, Colle IO, Hubloue I, Ramet J, Spapen HD, Nguyen N, et al. Reversible cardiac failure in an adolescent after prolonged exposure to carbon monoxide. *Eur J Emerg Med* [Internet]. 1995 Dec;2(4):231–5. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9422213>
63. Penney D, Benignus V, Kephelopoulous S, Kotzias D, Kleinman M, Verrier A. Carbon monoxide. In: WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. [Internet]. 2010. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK138710/>
64. Townsend C, Maynard R. Effects on health of prolonged exposure to low concentrations of carbon monoxide. *Occup Env Med.* 2022;59(10):708–11.

65. Rose JJ, Wang L, Xu Q, McTiernan CF, Shiva S, Tejero J, et al. Carbon Monoxide Poisoning: Pathogenesis, Management, and Future Directions of Therapy. *Am J Respir Crit Care Med* [Internet]. 2017 Mar;195(5):596–606. Available from: <http://www.atsjournals.org/doi/10.1164/rccm.201606-1275CI>
66. İnal V. Karbonmonoksit Zehirlenmesi ve Tedavisi. *Dirim*. :32–42.
67. Yoshida M, Adachi J, Watabiki T, Tatsuno Y, Ishida N. A study on house fire victims: Age, carboxyhemoglobin, hydrogen cyanide and hemolysis. *Forensic Sci Int* [Internet]. 1991 Dec;52(1):13–20. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/037907389190091V>
68. Deniz T, Kandiş H, Saygun M, Büyükköçak Ü, Ülger H, Karakuş A. Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi Acil Servisine Başvuran Zehirlenme Olgularının Analizi. *Düzce Tıp Fakültesi Derg*. 2009;11(2):15–20.
69. Lo C-P, Chen S-Y, Lee K-W, Chen W-L, Chen C-Y, Hsueh C-J, et al. Brain Injury After Acute Carbon Monoxide Poisoning: Early and Late Complications. *Am J Roentgenol* [Internet]. 2007 Oct;189(4):W205–11. Available from: <http://www.ajronline.org/doi/10.2214/AJR.07.2425>
70. Dokgöz H. Karbonmonoksit Zehirlenmesi. In: *Adli Tıp&Adli Bilimler*. 2020. p. 215–7.
71. Hampson NB, Piantadosi CA, Thom SR, Weaver LK. Practice Recommendations in the Diagnosis, Management, and Prevention of Carbon Monoxide Poisoning. *Am J Respir Crit Care Med* [Internet]. 2012 Dec;186(11):1095–101. Available from: <http://www.atsjournals.org/doi/abs/10.1164/rccm.201207-1284CI>
72. Hampson NB, Hampson LA. Characteristics of Headache Associated With Acute Carbon Monoxide Poisoning. *Headache J Head Face Pain* [Internet]. 2002 Mar 20;42(3):220–3. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1046/j.1526-4610.2002.02055.x>
73. FINDLAY GH. Carbon monoxide poisoning: Optics and histology of skin

- and blood. *Br J Dermatol* [Internet]. 1988 Jul;119(1):45–51. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2133.1988.tb07099.x>
74. Kinoshita H, Türkan H, Vucinic S, Naqvi S, Bedair R, Rezaee R, et al. Carbon monoxide poisoning. *Toxicol Reports* [Internet]. 2020;7:169–73. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2214750019305864>
 75. Case DA, Huynh BH, Karplus M. Binding of oxygen and carbon monoxide to hemoglobin. An analysis of the ground and excited states. *J Am Chem Soc* [Internet]. 1979 Aug 1;101(16):4433–53. Available from: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ja00510a001>
 76. Oliverio S, Varlet V. Total Blood Carbon Monoxide: Alternative to Carboxyhemoglobin as Biological Marker for Carbon Monoxide Poisoning Determination. *J Anal Toxicol* [Internet]. 2019 Mar 1;43(2):79–87. Available from: <https://academic.oup.com/jat/article/43/2/79/5146172>
 77. Boumba VA, Vougiouklakis T. Evaluation of the Methods Used for Carboxyhemoglobin Analysis in Postmortem Blood. *Int J Toxicol* [Internet]. 2005 Jul 30;24(4):275–81. Available from: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1080/10915810591007256>
 78. Oritani S, Zhu B-L, Ishida K, Shimotouge K, Quan L, Fujita MQ, et al. Automated determination of carboxyhemoglobin contents in autopsy materials using head-space gas chromatography/mass spectrometry. *Forensic Sci Int* [Internet]. 2000 Sep;113(1–3):375–9. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0379073800002279>
 79. Vreman HJ, Kwong LK, Stevenson DK. Carbon monoxide in blood: an improved microliter blood-sample collection system, with rapid analysis by gas chromatography. *Clin Chem* [Internet]. 1984 Aug;30(8):1382–6. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6744592>
 80. Levine B, D’Nicuola J, Kunsman G, Smith M, Stahl C. Methodologic considerations in the interpretation of postmortem carboxyhemoglobin

- concentrations. *Toxicology* [Internet]. 1996 Dec;115(1–3):129–34.
Available from:
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0300483X96035019>
81. Johansson MB, Wollmer P. Measurement of carboxyhaemoglobin by spectrophotometry and gas chromatography. *Clin Physiol* [Internet]. 1989 Dec;9(6):581–6. Available from:
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1475-097X.1989.tb01011.x>
 82. Costantino AG, Park J, Caplan YH. Carbon Monoxide Analysis: A Comparison of Two Co-Oximeters and Headspace Gas Chromatography. *J Anal Toxicol* [Internet]. 1986 Sep 1;10(5):190–3. Available from:
<http://academic.oup.com/jat/article/10/5/190/693146/Carbon-Monoxide-Analysis-A-Comparison-of-Two>
 83. Guillot JG, Weber JP, Savoie JY. Quantitative Determination of Carbon Monoxide in Blood by Head-Space Gas Chromatography. *J Anal Toxicol* [Internet]. 1981 Nov 1;5(6):264–6. Available from:
<http://academic.oup.com/jat/article/5/6/264/826092/Quantitative-Determination-of-Carbon-Monoxide-in>
 84. Plante T, Harris D, Savitt J, Akhlaghi F, Monti J, Jay GD. Carboxyhemoglobin Monitored by Bedside Continuous CO-Oximetry. *J Trauma Inj Infect Crit Care* [Internet]. 2007 Nov;63(5):1187–90. Available from: <https://journals.lww.com/00005373-200711000-00042>
 85. Onodera M, Fujino Y, Kikuchi S, Sato M, Mori K, Beppu T, et al. Utility of the Measurement of Carboxyhemoglobin Level at the Site of Acute Carbon Monoxide Poisoning in Rural Areas. *Scientifica (Cairo)* [Internet]. 2016;2016:1–4. Available from:
<http://www.hindawi.com/journals/scientifica/2016/6192369/>
 86. Eichhorn L, Thudium M, Jüttner B. The Diagnosis and Treatment of Carbon Monoxide Poisoning. *Dtsch Aerzteblatt Online* [Internet]. 2018 Dec 24;115(51–52):863–70. Available from:
<https://www.aerzteblatt.de/10.3238/arztebl.2018.0863>

87. Prockop LD. Carbon Monoxide Brain Toxicity: Clinical, Magnetic Resonance Imaging, Magnetic Resonance Spectroscopy, and Neuropsychological Effects in 9 People. *J Neuroimaging* [Internet]. 2005 Apr;15(2):144–9. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1552-6569.2005.tb00299.x>
88. Weaver LK. Carbon Monoxide Poisoning. *N Engl J Med* [Internet]. 2009 Mar 19;360(12):1217–25. Available from: <http://www.nejm.org/doi/abs/10.1056/NEJMcp0808891>
89. Tibbles PM, Perrotta PL. Treatment of Carbon Monoxide Poisoning: A Critical Review of Human Outcome Studies Comparing Normobaric Oxygen With Hyperbaric Oxygen. *Ann Emerg Med* [Internet]. 1994 Aug;24(2):269–76. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0196064494701415>
90. Scheinkestel CD, Myles PS, Cooper DJ, Millar IL, Tuxen D V, Bailey M, et al. Hyperbaric or normobaric oxygen for acute carbon monoxide poisoning: a randomised controlled clinical trial. *Med J Aust* [Internet]. 1999 Mar;170(5):203–10. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.5694/j.1326-5377.1999.tb140318.x>
91. Thom SR, Taber RL, Mendiguren II, Clark JM, Hardy KR, Fisher AB. Delayed Neuropsychologic Sequelae After Carbon Monoxide Poisoning: Prevention by Treatment With Hyperbaric Oxygen. *Ann Emerg Med* [Internet]. 1995 Apr;25(4):474–80. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S019606449570261X>
92. Weaver LK. Hyperbaric oxygen therapy for carbon monoxide poisoning. *Undersea Hyperb Med* [Internet]. 2014;41(4):339–54. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25109087>
93. Weaver LK, Howe S, Hopkins R, Chan KJ. Carboxyhemoglobin Half-life in Carbon Monoxide-Poisoned Patients Treated With 100% Oxygen at Atmospheric Pressure. *Chest* [Internet]. 2000 Mar;117(3):801–8. Available

from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0012369215327422>

94. Wolf SJ, Maloney GE, Shih RD, Shy BD, Brown MD, Brown MD, et al. Clinical Policy: Critical Issues in the Evaluation and Management of Adult Patients Presenting to the Emergency Department With Acute Carbon Monoxide Poisoning. *Ann Emerg Med* [Internet]. 2017 Jan;69(1):98-107.e6. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0196064416313452>
95. Raphael J-C, Elkharrat D, Jars-Guinestre M-C, Chastang C, Vercken J-B, Chasles V, et al. TRIAL OF NORMOBARIC AND HYPERBARIC OXYGEN FOR ACUTE CARBON MONOXIDE INTOXICATION. *Lancet* [Internet]. 1989 Aug;334(8660):414–9. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140673689905928>
96. Buckley NA, Juurlink DN, Isbister G, Bennett MH, Lavonas EJ. Hyperbaric oxygen for carbon monoxide poisoning. *Cochrane Database Syst Rev* [Internet]. 2011 Apr 13;4. Available from: <https://doi.wiley.com/10.1002/14651858.CD002041.pub3>
97. Tıraşçı Y. Asfiksiler [Internet]. Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesi Adli Tıp Anabilim Dalı; Available from: https://www.academia.edu/10241999/ASFİKSİLER_Doç_Dr_Yaşar_TIRAŞÇI?auto=download
98. Muresan C-O, Zavoi R, Ciocan V. Carboxyhemoglobin Detection in the Periorificial Tissues as an Accurate Method for Identifying the Gunshot Entrance Wound. *Rev Chim*. 2019;70(4):1239–41.
99. Alper B, Azmak D, Çekin N, Gülmen MK, Koç S, Salaçin S. ADLİ OTOPSİLER VE ADLİ PATOLOJİ [Internet]. Available from: <https://www.ttb.org.tr/eweb/adli/3.html>
100. Dinis-Oliveira RJ, Carvalho Fél. Postmortem changes in carbon monoxide poisoning. *Clin Toxicol*. 2010;48(7):762–3.
101. Khadem-Rezaiyan M, Afshari R. Carbon monoxide poisoning in Northeast

- of Iran. *J Forensic Leg Med* [Internet]. 2016 Jul;41:1–4. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1752928X1630004X>
102. Hampson NB, Weaver LK. Carbon monoxide poisoning: a new incidence for an old disease. *Undersea Hyperb Med* [Internet]. 2007;34(3):163–8. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17672172>
 103. Uysal C, Celik S, Duzgun Altuntas A, Kandemir E, Kaya M, Karapirli M, et al. Carbon monoxide-related deaths in Ankara between 2001 and 2011. *Inhal Toxicol* [Internet]. 2013 Feb;25(2):102–6. Available from: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.3109/08958378.2012.760020>
 104. Dirlik M, Bostancıoğlu B. Deaths due to carbon monoxide poisoning in Aydın, western Turkey. *Death Stud* [Internet]. 2017 Apr 21;41(4):246–50. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/07481187.2016.1259693>
 105. Türkmen N, Akgöz S. Bursada otopsisi yapılan karbonmonoksit zehirlenmesine bağlı ölümler. *J Forensic Med*. 2005;19(2):20–5.
 106. Ketenci HÇ, Karadeniz H, Boz H, Beyhun NE. Trabzon’da 2009-2016 Yılları Arasında Otopsisi Yapılan Karbon Monoksit Zehirlenmelerinin Değerlendirilmesi. *Bull Leg Med*. 2018;23(3):174–9.
 107. Karapirli M, Kandemir E, Akyol S, Kantarci MN, Kaya M, Akyol O. Forensic and clinical carbon monoxide (CO) poisonings in Turkey: A detailed analysis. *J Forensic Leg Med* [Internet]. 2013 Feb;20(2):95–101. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1752928X12001047>
 108. Wang L-L, Zhang M, Zhang W, Li B-X, Li R-B, Zhu B-L, et al. A retrospective study of poisoning deaths from forensic autopsy cases in northeast China (Liaoning). *J Forensic Leg Med* [Internet]. 2019 Apr;63(Nisan):7–10. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1752928X18304748>
 109. Janík M, Ublová M, Kučerová Š, Hejna P. Carbon monoxide-related

- fatalities: A 60-year single institution experience. *J Forensic Leg Med* [Internet]. 2017 May;48(May):23–9. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1752928X17300409>
110. Cobb N. Unintentional Carbon Monoxide—Related Deaths in the United States, 1979 Through 1988. *JAMA J Am Med Assoc* [Internet]. 1991 Aug 7;266(5):659. Available from: <http://jama.jamanetwork.com/article.aspx?doi=10.1001/jama.1991.03470050059023>
 111. Li F, Chan HC (Oliver), Liu S, Jia H, Li H, Hu Y, et al. Carbon monoxide poisoning as a cause of death in Wuhan, China: A retrospective six-year epidemiological study (2009–2014). *Forensic Sci Int* [Internet]. 2015 Aug;253(August):112–8. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S037907381500242X>
 112. Chen F, Ye Y, Wei Q, Chen J, Wu H, Yan Y, et al. Non-Fire Related Carbon Monoxide Poisoning in Sichuan, China: A 9-Year Study (2008–2016). *Iran J Public Health* [Internet]. 2019 Mar;48(3):458–64. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31223573>
 113. Costa M, Silva BS, Real FC, Teixeira HM. Epidemiology and forensic aspects of carbon monoxide intoxication in Portugal: A three years' analysis. *Forensic Sci Int* [Internet]. 2019 Jun;299(June):1–5. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0379073819300969>
 114. Kocakaya M, Aydın B, Turla A, Özkanlı Ç. ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ SAĞLIK UYGULAMA VE ARAŞTIRMA MERKEZİNE GELEN KARBONMONOKSİT ZEHİRLENMESİ OLGULARI - 2004. *Solunum*. 2007;9(1):11–6.
 115. Hosseininejad SM, Aminiahidashti H, Goli Khatir I, Ghasempouri SK, Jabbari A, Khandashpour M. Carbon monoxide poisoning in Iran during 1999–2016: A systematic review and meta-analysis. *J Forensic Leg Med* [Internet]. 2018 Jan;53(January):87–96. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1752928X1730183X>

116. Nielsen PR, Gheorghe A, Lynnerup N. Forensic aspects of carbon monoxide poisoning by charcoal burning in Denmark, 2008–2012: an autopsy based study. *Forensic Sci Med Pathol* [Internet]. 2014;10(July):390–4. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12024-014-9574-3>
117. Schulz M, Schmoldt A. No Title. *pharmazie*. 2003;58(7):447–74.
118. Sircar K, Clower J, Shin M kyong, Bailey C, King M, Yip F. Carbon monoxide poisoning deaths in the United States, 1999 to 2012. *Am J Emerg Med* [Internet]. 2015 Sep;33(9):1140–5. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0735675715003800>
119. Dokgöz H. Postmortem Toksikoloji. In: Dokgöz H, editor. *Adli Tıp&Adli Bilimler*. 2. Baskı. Anka; 2020. p. 624.
120. Sheikhezadi A, Saberi Anary SH, Ghadyani MH. Nonfire Carbon Monoxide-Related Deaths. *Am J Forensic Med Pathol* [Internet]. 2010 Dec;31(4):359–63. Available from: <https://journals.lww.com/00000433-201012000-00010>