

T.C
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
İSTANBUL TIP FAKÜLTESİ
SUALTI HEKİMLİĞİ VE HİPERBARİK TIP ANABİLİM
DALI

Türkiye’de Gerçekleşmiş Dalış Kazaları Analizi

Dr. Eylem Koca

Tez Danışmanı:

Prof. Dr. Akın Savaş Toklu

İSTANBUL, 2015

TEŞEKKÜR

Sualtı ve Hiperbarik Tıp Anabilim Dalı'nın kurucusu olan ve ülkemizde Hiperbarik Oksijen Tedavisi'nin bugüne kadar olan gelişiminde büyük çabalarının yanı sıra, uzmanlık eğitimim süresince bilgi ve tecrübelerinden öğrendiğim her şey için Prof. Dr. Maide Çimşit'e teşekkür ederim

Eğitim sürem boyunca rehber eğitim sorumlum olan, ihtiyacım olabilecek her durumda desteğini esirgemeyeceğini belirten, deneyim ve bakış açısından edindiğim her türlü öğreti için tez danışmanım Prof. Dr. Akın Savaş Toklu'ya teşekkür ederim.

Bilimsel bakış açımızın gelişiminde etkisi olan, sahip olduğu geniş bilgi hazinesinden payımıza düşeni almamızı sağlayan, ihtiyaç durumunda yardım ve desteğini esirgemeyen Prof. Dr. Şamil Aktaş'a teşekkür ederim.

Uzmanlık eğitimim boyunca bilgi ve desteklerini bizimle paylaşan, Prof. Dr. Salih Aydın'a teşekkür ederim.

Bilgi ve becerilerini bizimle sonuna kadar paylaşan, bize her zaman değer veren ve bunu hissettiren, ihtiyacım olan her zaman desteğini asla esirgemeyen, hem meslek hayatım hem de hayatın diğer yönleriyle kendisinden çok şey öğrendiğim ve onunla çalışma şansına sahip olduğum için Uzm. Dr. Bengüsu Mirasoğlu'na teşekkür ederim.

Uzmanlık eğitimim süresince bilgi ve desteklerini bizimle paylaşan İstanbul Tıp Fakültesi Kronik Yara Konseyi'nin değerli hocalarına teşekkür ederim.

Birlikte çalışmaktan çok memnun olduğum ve 3 yılda birbirimizden çok şey öğrendiğimizi düşündüğüm değerli doktor arkadaşlarıma, hemşire arkadaşlarıma, Sevgi Meydan, Aslı Akyüz, Yıldız Barçedoğmuş ve diğer çalışanlara teşekkür ederim.

Tez çalışmamda yardım ve desteklerini esirgemeyen, çalışmanın gerçekleştirilmesinde önemli katkıları bulunan Doç. Dr. Bülent Şam'a teşekkür ederim.

Tez araştırma aşamasında verilere ulaşmamda yardımlarını esirgemeyen, arşiv taraması yaptığım Türkiye Sualtı Sporları Federasyonu ile İstanbul Adli Tıp Kurumu, Adana, Bursa, İzmir, Antalya Adli Tıp Grup Başkanlıkları, Mersin, Çanakkale, Muğla, Aydın Şube Müdürlükleri'nde görevli Dr. Yusuf Özer, Uzm. Dr. Cemalettin Makca, Uzm. Dr. Emine Günay Çileli, Doç. Dr. Bülent Eren, Uzm. Dr. Bülent Savran, Uzm. Dr. Melike Erbaş'a ve diğer hekimler ve arşiv görevlilerine ayrıca teşekkür ederim.

Tez çalışmasında emeği geçen, sahip olduğu bilgi ve bakış açısından yararlanmamı sağlayan İ.Ü. İstanbul Tıp Fakültesi, Adli Tıp A.D. öğretim üyesi Prof. Dr. Nadir Arıcan'a teşekkür ederim.

Her zaman desteklerini arkamda hissettiğim, beni kötü hiçbir anımda yalnız bırakmayan, beni sevmekten ve bana inanmaktan asla vazgeçmeyen değerli aileme ve bütün arkadaşlarıma teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	1
ABSTRACT	2
I. GİRİŞ	3
II. GENEL BİLGİLER	5
A. DALIŞ FİZİĞİ	5
1. Basınç	5
a. Atmosferik Basınç (atm)	5
b. Barometrik Basınç	5
c. Geyç Basıncı	5
d. Mutlak Basınç	5
e. Hidrostatik Basınç	6
2. Suyun kaldırma kuvveti	6
a. Dalgıcın yüzerliliği	6
3. Gaz kanunları	6
a. Boyle Gaz Kanunu	7
b. Gay-Lussac Gaz Kanunu	7
c. Charles Gaz Kanunu	7
d. Genel Gaz Kanunu	7
e. Dalton Kanunu	8
f. Henry Gaz Kanunu	8
B. DALIŞ TÜRLERİ	9
1. Serbest dalış	9
2. SCUBA Dalışı	9

a.Açık devre	9
b.Kapalı devre	9
3. Yüzey beslemeli dalış	9
C. BASINCIN PATOFİZYOLOJİK ETKİLERİ	10
1. Barotravma	10
a. Orta Kulak İniş Barotravması	10
b. Orta Kulak Çıkış Barotravması	10
c. İç Kulak Barotravması	10
d. Sinüs Barotravması	11
e. Akciğer İniş Barotravması	11
f. Akciğer Çıkış Barotravması	12
(1). Pnömotoraks	12
(2). Mediastinal Amfizem	13
(3). Arteryel Gaz Embolisi (AGE)	13
D. SOLUNAN GAZLARIN PATOFİZYOLOJİK ETKİLERİ	14
1. Nitrojen	14
2. Oksijen	15
a. Pulmoner Oksijen Toksisitesi	15
b. Serebral Oksijen Toksisitesi	15
3. Karbondioksit	15
4. Karbonmonoksit	16
5. Helyum ve Diğer İnert Gazlar	16
6. Dekompresyon Hastalığı	16

E. ÖLÜMCÜL DALIŞ KAZALARI	18
1. Ölümcül dalış kazalarıyla ilgili yayımlanmış raporlar	19
F. SUDA BOĞULMA	23
1. Tanım	24
2. Patofizyoloji	24
G. SUDAN ÇIKAN CESETLERE YAKLAŞIM	27
1. Otopsi	28
a. Dış muayene bulguları	28
b. İç muayene bulguları	29
c. Histopatolojik inceleme bulguları	29
d. Biyokimyasal testler	29
e. Diatomlar	30
f. Toksikolojik analiz	30
H. DALIŞ KAZASI ÖLÜMLERİNDE ADLİ TIP YAKLAŞIMI	31
1. Öykü	31
2. Radyolojik inceleme	32
3. Dış Muayene	33
4. İç Muayene	33
5. Toksikolojik inceleme	34
6. Histopatolojik İnceleme	35
III. GEREÇ VE YÖNTEM	36
IV. AMAÇLAR	38
V. BULGULAR	39

VI. TARTIŞMA	49
VII. SONUÇ	62
VIII. KAYNAKLAR	64
IX. ÖZGEÇMİŞ ve İLETİŞİM BİLGİLERİ	71

GRAFİKLER DİZİNİ

- Grafik1.** Dalış kazası ölümlerinin yaşlara göre dağılımı
- Grafik 2.** SCUBA ve serbest dalış kazalarına bağlı yıllık ölüm sayıları
- Grafik 3.** Dalış ölümlerinin aylara göre dağılımı
- Grafik 4.** Farklı dalış türleri ve şnorkel aktivitesi nedeniyle meydana gelen ölümlerin aylara göre dağılımı
- Grafik 5.** Otopsi yapılan suda boğulma olgu sayısının yıllara göre dağılımı

TABLolar DİZİNİ

- Tablo 1.** Derinlik-basınç değişimi tablosu
- Tablo2.** Akciğer volümlerinin ve gazların kısmi basınçlarının derinliğe bağlı değişimi
- Tablo 3.** Toplam akciğer hacmi 6 litre olan bir serbest dalcının ve SCUBA dalgıcının derinliğe göre akciğer hacimleri.
- Tablo 4.** Havanın bileşenleri, oranları ve deniz seviyesindeki kısmi basınçları
- Tablo 5.** Tarama yapılan birimler (Adli tıp kurumları ve TSSF) ve tespit edilerek değerlendirilen olgu sayıları
- Tablo 6.** Olguların dalış türlerine göre dağılımı
- Tablo 7.** Otopsisini yapılan suda boğulma olgularının yıllara ve adli tıp kurumlarına göre dağılımı

KISALTMALAR

PADI	:Professional AssociationDivingInstructor
DAN	:DiversAlert Network
BSAC	:British Sub-Aqua Club
Psi	:poundspersquareinch
Atm	:Atmosfer
Ata	:Atmosfer absolute
mmHg	:Milimetreciva
m	:Metre
P_p	:Kısmi basınç
P_pO₂	:Oksijen kısmı basıncı
P_pCO₂	:Karbondioksit kısmı basıncı
SCUBA	:Self ContainedUnderwaterBreathingApparatus
RV	:Rezidüel volüm
N₂	:Nitrojen
CO	:Karbonmonoksit
COHb	:Karboksihemoglobin
He	:Helyum
Ppm	: <i>Partspermillion</i>
DH	:Dekompresyon hastalığı
AGE	:Arteryel Gaz Embolisi
°C	:Santigrat Derece
Na	:Sodyum
CL	:Klor
Mg	:Magnezyum
Ca	:Kalsiyum
UYAP	:Ulusal Yargı Ağı Bilişim Sistemi

MI	:Myokardinfarktüsü
ASD	:Atriyalseptaldefekt
PFO	:Patent foramen ovale

ÖZET

Amaç: Bu tez çalışmasında Türkiye’de gerçekleşmiş ölümcül dalış kazalarıyla ilgili belgelere, T.C. Adalet Bakanlığı’na bağlı adli tıp birimleri ve Türkiye Sualtı Sporları Federasyonu arşivlerinden ulaşarak, olguların yaş, cinsiyet, ölüm sebebi, daha önceden var olan sağlık sorunları, dalış türleri, dalış amacı, yıllara ve aylara göre dağılım, uygulanan otopsi teknikleri açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Gereç ve Yöntem: Çalışmada İstanbul, Adana, İzmir, Bursa, Mersin, Çanakkale, Aydın ve Muğla illerindeki adli tıp birimleri ve Türkiye Sualtı Sporları Federasyonu arşivlerinde son yedi yıl içinde gerçekleşen boğulma olguları içinden, dalış kazalarıyla ilgili dosyalara ulaşılarak amaçlar doğrultusunda değerlendirme yapılmıştır.

Bulgular: Arşivlerde ölümcül dalış kazalarıyla ilgili toplam 52 olgunun otopsi raporlarına ulaşılmıştır. Olaylı dalışların 28’i nefes tutarak, 20’si SCUBA, ikisi yüzey beslemeli dalış sistemleriyle gerçekleştirilmiştir. Kazaların çoğunun Mayıs-Ekim ayları arasında gerçekleşmiş olduğu tespit edilmiştir. Olguların %94’ü erkek olup tüm olgularda yaş ortalaması 38,6’dır. Otopsi raporlarında en çok bildirilen ölüm sebebi suda boğulmadır. Otopsi öncesi radyolojik görüntüleme olguların sadece dördünde gerçekleştirilmiştir. Dalış ölümlerinde uygulanması gereken özel otopsi teknikleri olguların %17’sinde kullanılmıştır. Olguların %38’inde koroner ateroskleroz, %19’unun kanında değişen düzeylerde alkol tespit edilmiştir. Olguların tıbbi geçmişi ile ilgili bilgi yalnızca iki olguda, ölü muayene tutanaklarında yer almıştır.

Sonuç: Ulaştığımız dosyalar içindeki belge ve bilgiler dalış kazasının etraflı değerlendirilmesi için yetersizdir. Otopsiyi gerçekleştirecek olan hekim, olaylı dalışın detayları, dalış donanımı ve olay yeri inceleme raporları konusunda bilgilendirilmelidir. Geriye dönük sağlıklı inceleme yapılabilmesi için ölümcül dalış kazalarıyla ilgili standart bir arşivleme sistemi ve veri tabanı oluşturulması uygun olacaktır. Elli iki olgunun belgeleriyle yaptığımız değerlendirme sonuçları, yaş, cinsiyet, ölüm sebebi ve dalış amacı açısından, bu konuda yapılmış diğer çalışmaların sonuçlarıyla uyumludur.

ABSTRACT

Objective: In this study it was aimed to reach the documents regarding fatal diving accidents at archives of the forensic medicine units of Turkish Ministry of Justice and Turkish Underwater Sports Federation, to evaluate the cases in terms of age, sex, reason of death, preexisting medical problem, types of diving, aim of diving, distribution according to years and months, and the techniques of autopsy.

Material and Methods: The records of fatal diving accidents were reached in the archives of last 7 years, at the forensic medicine units in İstanbul, Adana, İzmir, Bursa, Mersin, Çanakkale, Aydın and Muğla and at Turkish Underwater Sports Federation, in order to review the documents in accordance with the aim of the study.

Results: A total of 52 autopsy reports regarding diving fatalities were reached. Out of the dives resulted with accidents, 28 dives were breath-holding, 20 dives were SCUBA and two dives were surface supplied. Most of the accidents were recorded between May and October. Majority of the cases (94%) were male and the average age was 38,6. The most frequent reported cause of death was drowning. Radiological screening before the autopsy was performed in only four cases. The special autopsy techniques that should be performed in diving fatalities were done in 17% of the cases. Coronary arteriosclerosis detected in 38% of the cases and different alcohol levels in the bloods were found in 19% of the cases. There were only two cases whose records included some information about medical history.

Conclusion: The documents we reached were not sufficient enough to be able to evaluate the fatal diving accidents. The forensic physician, who performs autopsy when there is a diving fatality, should be informed about the details of eventful diving, investigation of diving gears and diving accident scene. Establishing a standard archiving system and database about fatal diving accidents will enable to perform such studies in an easy way. The results of the evaluation of 52 cases in terms of age, sex, aim of the dives and cause of deaths were in accordance with previous studies.

I. GİRİŞ

Farklı fiziksel koşullarda gerçekleştirilen dalış aktivitesi, doğası gereği yaralanma veya ölüme yol açabilecek kaza riski taşımaktadır. Taşıdığı tüm risklere rağmen dalış, dünyada yaygın ve popüler bir aktivite haline gelmiştir. Dünyanın en büyük dalış eğitimi organizasyonlarından biri olan Professional Association Diving Instructor (PADI)'nin verilerine göre her yıl yaklaşık olarak 500.000 yeni dalgıç sertifikalandırılmakta ve tahminlere göre dünyada aktif olarak dalış yapan 7 milyon dalgıç bulunmaktadır (45). Dalgıç popülasyonundaki artış, dalış nedeniyle meydana gelen kaza ve ölüm oranlarında artışı da beraberinde getirmektedir.

Dalış rölatif olarak güvenilir bir spordur. Örneğin kayaktan daha riskli, fakat bungee jumping, kaya tırmanışı, motosiklet yarışı, yamaç paraşütü gibi aktivitelerden ise daha az riskli gruptadır (23). SCUBA dalış aktivitesine bağlı ölüm oranı, yıllık 1.000.000 kişide 163 (yüzde 0,0163, 6000'de 1) olarak bildirilmiştir (21). Dalış aktivitesi sırasında meydana gelen, bazen de ölümcül olabilen kazaları önlemek, kazaya neden olan faktörlerin belirlenmesi ve gerekli önlemlerin alınmasıyla sağlanabilir. Bu faktörleri belirlemek bütün dalış kazalarının ayrıntılı bir şekilde araştırılması ve değerlendirilmesiyle mümkün olabilir.

Dünyada dalış aktivitesi esnasında meydana gelen kaza ve ölümler bazı kuruluşlar tarafından toplanmakta ve değerlendirilmektedir. Amerika ve Kanada' lı dalgıçlar için Divers Alert Network (DAN), İngiliz dalgıçlar için British Sub-Aqua Club (BSAC), ayrıca DAN Asya-Pasifik ve DAN Avrupa bu konuda en geniş veri tabanına sahip organizasyonlardır. Amerika ve Kanada'da yapılan 10 yıllık bir değerlendirmede, sportif ve eğlence amaçlı dalış yapanlar arasında yıllık ölüm sayısı ortalama 80 olarak bulunmuştur (21).

Dalış kazasına bağlı ölümlerde, ölüme neden olan, tetikleyici ve katkıda bulunan faktörlerin belirlenebilmesi için ayrıntılı ve eksiksiz bir araştırma yapılması esastır. Dalış kazalarında etkili faktörlerin tespit edilmesi, dalış eğitimi veren ve dalış güvenliğini sağlamakla sorumlu organizasyonların, dalışın daha güvenli koşullarda yapılmasını sağlayacak önlemler alabilmesini ve dalış eğitiminin iyileştirilmesi için gereğini yapmalarını sağlar (11).

Dalış kazalarının araştırılması adli, teknik ve tıp alanındaki birliktilerden oluşan bir ekip tarafından yapılmalıdır (53). Dalış kazalarının sebep-sonuç açısından aydınlatılmasında adli tıp birimleri kritik bir rol oynamaktadır (43). Otopsiyi uygulayacak olan hekimin otopsi bulgularını doğru yorumlayabilmesi için ölen dalgıcın tıbbi geçmişi, dalış deneyimi, ölümler

sonuçlanan dalışın detaylı profili, dalış tekniği, dalışın yapıldığı ortam koşulları, dalış ekipmanları inceleme sonuçları, dalış öncesi alkol veya herhangi bir ilaç kullanılıp kullanılmadığı gibi bilgiler yol gösterici olacaktır. Aynı şekilde ölüm sebebini belirlemeden önce problemin dalış öncesi, iniş, dipteyken, çıkış, dalış sonrası gibi dalışın hangi safhasında başladığının, olaylı dalışta hızlı çıkış, travma veya herhangi bir yerde sıkışma gibi durumların söz konusu olup olmadığının, kazadan sonra temel yaşam desteğinin uygulanıp uygulanmadığının bilinmesi, ölüm sebebini belirlemede oldukça etkilidir (10, 12, 43).

Sualtında gerçekleşen ölümlerde ölüm nedeninin belirlenmesi ve ölüme sebep olan ana faktörün ortaya çıkarılması adli tıp uzmanları tarafından çözülmesi gereken bir problem olarak değerlendirilir (11, 62). Postmortem inceleme öncesi otopsiyi yapacak hekimin, dalış ekipmanı inceleme sonuçları ve dalış hikayesini de içerecek şekilde olayla ilgili detaylı bilgi edinmesi gerekir. Otopsi bulgularını doğru yorumlayabilmek için adli tıp uzmanının dalış ile ilişkili muhtemel patolojik değişimler ve fizyolojik riskler konusunda bilgi sahibi olması önemlidir (43, 53).

Bu çalışmada dalış aktivitelerinin yoğun olduğu bölgelerdeki Adli Tıp Kurumuna bağlı birimlerde ve Türkiye Sualtı Sporları Federasyonu arşivlerinde bulunan ölümcül dalış kazası dosyaları değerlendirilerek, uygulanan otopsi teknikleri, kazanın gerçekleştiği dalış türü ve amaçları, ölen dalgıçların cinsiyet ve yaş dağılımları, ölüm nedenleri, dalış kazalarının yıllara ve aylara göre dağılımı konusunda veriler elde edilmiştir.

II. GENEL BİLGİLER

A. DALIŞ FİZİĞİ

Dalışın istenmeyen, zararlı etkilerini tanımlamadan önce bazı temel fizik yasalarının anlaşılması gerekmektedir. Bu fiziksel prensipler arasında en önemli kısmı, gazların basınç altındaki davranışları oluşturmaktadır. Yüzerlilik de ayrıca bir öneme sahiptir (86).

1. Basınç

Birim alana etki eden kuvvet olarak tanımlanır. Dalış söz konusu olduğunda daha çok kullanılan basınç birimleri psi (pounds per square inch), bar ve atm (atmosfer) dir. Sualtıdaki dalgıca etki eden basınç, dalgıcın üzerinde bulunan su sütununun yaptığı basınç (hidrostatik basınç) ve atmosferin yaptığı basıncın toplamı olup ATA (atmosfer absolut) olarak isimlendirilir.

a. Atmosferik Basınç (atm)

Yeryüzünü çevreleyen atmosferin uyguladığı basınç olup, 1 atmosfer (atm) basınç yaklaşık olarak 10 metre (33 feet) deniz suyu (msw) nun yaptığı basınca ve 14,7 psi'lık basınca eşittir. Deniz yüzeyinde atmosferik basınç değeri 1 atm olarak sabit olup hava koşullarıyla oluşan küçük farklılıklar ihmal edilebilir.

b. Barometrik Basınç

Temel olarak değeri atmosferik basınçla aynıdır ve havanın durumuyla değişebilir. Barometre basıncı cıva sütunu yüksekliğiyle açıklanır. (Standart barometre basıncı = 1 atm = 760 mmHg = 1.013 milibar)

c. Geyç (Gösterge) Basıncı

Atmosferik basınç ile mutlak basınç arasındaki farkı belirtir ve geyçle ölçülen basınca eşittir.

d. Mutlak Basınç

Geyç basıncı ile atmosferik basıncın toplamıdır.

e. Hidrostatik Basınç

Su kütlesi nedeniyle ortaya çıkan basınçtır. 10 metre derinlikteki su sütununun yaptığı hidrostatik basınç yaklaşık 1 atm olup, bu derinlikteki mutlak basınç atmosferik basınç ve hidrostatik basıncın toplamı olan 2 ATA'dır. Tablo 1 basıncın derinlikle olan değişimini göstermektedir.

Derinlik (m)	Hidrostatik basınç (atm)	Mutlak basınç (ata)
0	0 atm	1 ATA
10	1 atm	2 ATA
20	2 atm	3 ATA
30	3 atm	4 ATA

Tablo 1.Derinlik-basınç değişimi tablosu

2. Suyun Kaldırma Kuvveti

Su içindeki nesnelerin yüzmesini sağlayan kuvvettir. İlk olarak Yunan matematikçi Arşimet tarafından “Tamamen veya kısmen bir sıvıya batmış bir cisim, o cisim tarafından taşırılan suyun ağırlığına eşit bir kuvvetle yukarı doğru itilerek yüzdürülür” şeklinde tanımlanmıştır. Bu kural Arşimet Kanunu olarak bilinir ve tüm nesne ve sıvılar için geçerlidir. Arşimet kanununa göre eğer yer değiştiren sıvının toplam ağırlığı cismin ağırlığından büyükse cismin yüzerliliği pozitifdir ve cisim yüzer, eşitse yüzerlilik nötrdür ve cisim sıvıda asılı kalır, küçükse yüzerlilik negatifdir ve cisim batar.

a. Dalgıcın Yüzerliliği

Yüzerlilik bir dalgıç için bulunulan derinliğini korumak veya değiştirmek açısından önemlidir. Pozitif yüzerlilik dalgıcın yükselmesine, negatif yüzerlilik ise batmasına neden olur. Dalgıçlar genellikle nötr veya çok hafif negatif yüzerlilikte olmayı isterler. Akciğer kapasitesi dalgıcın yüzerliliği üstünde belirgin rol oynar. Akciğerleri tam hava dolu olan bir dalgıç üzerine, nefesini vermiş bir dalgıca oranla daha fazla kaldırma kuvveti etki eder. Bir dalgıç yüzerliliğini, taktığı ağırlık miktarını değiştirerek, denge yeleği ya da kuru elbise içine hava verip boşaltarak ayarlayabilir

3. Gaz Kanunları

Basıncın ve solunan gazın bileşiminin değişmesiyle birlikte, gaz karışımı veya sıvılarda çözülmüş halde bulunan gazların fiziksel davranışlarında da değişiklikler olacaktır. Gaz

kanunları ve ilişkili fiziksel esasların iyi kavranması uçuş veya dalış esnasında gözlenen ani basınç değişikliklerinin fizyolojik etkilerinin anlaşılmasını sağlar (86).

a. Boyle Gaz Kanunu

Gazların basınçları ile hacimleri arasındaki ilişkiyi açıklar. Bu kanuna göre “*Sabit sıcaklıkta bir gazın mutlak basıncı ile hacmi ters orantılıdır*”. Bu gaz kanununa göre çevre basıncında artış olduğu durumlarda gaz hacimleri küçülecek, azalma olduğu durumlarda ise genişleyecektir. Bu durum dalış esnasında değişen çevre basıncının etkisiyle akciğerler, paranazal sinüsler, orta kulak boşluğu ve sindirim kanalı gibi vücudun gaz içeren boşluklarında ve maske, kuru elbise gibi vücut yüzeyinin gaz boşluğu ile temas ettiği durumlarda sorunlar yaşanmasına neden olabilir (86). Boyle Gaz Kanunu, iniş ve çıkış barotravmalarının temelini oluşturan kanun olup aşağıdaki formüller ile ifade edilebilir.

$$P \times V = \text{sabit veya } P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2 (t \text{ sabit})$$

(P basınç, V hacim, t sıcaklıktır)

b. Gay-Lussac Gaz Kanunu

Gazların basınçları ile sıcaklıkları arasındaki ilişkiyi açıklar. Bu kanuna göre “*Sabit hacimli bir gazın basıncı ile sıcaklığı doğru orantılıdır*”. Örneğin dalış tüpüne hava doldurulurken tüpün ısınması bu kanun ile açıklanabilir. Bu gaz kanunu aşağıdaki formül ile ifade edilebilir.

$$P_1/T_1 = P_2/T_2 (V \text{ sabit})$$

c. Charles Gaz Kanunu

Gazların hacmi ile sıcaklığı arasındaki ilişkiyi açıklar. Bu kanuna göre “*Sabit basınç altında bir gazın hacmi ile mutlak sıcaklığı doğru orantılıdır*”. Bu kural aşağıdaki formül ile ifade edilebilir.

$$V_1/T_1 = V_2/T_2 (P \text{ sabit})$$

d. Genel Gaz Kanunu

Boyle, Charles ve Gay-Lussac kanunlarının birleştirilmesiyle Genel Gaz Kanunu elde edilir. Genel Gaz Kanunu aşağıdaki formülle ifade edilebilir.

$$P_1 \times V_1/T_1 = P_2 \times V_2/T_2$$

e. Dalton Kanunu

Bu kanuna göre “Bir gaz karışımı tarafından uygulanan toplam basınç, karışımı oluşturan her bir farklı gazın oluşturduğu basınçların toplamına eşittir”. Bu kanun aşağıdaki formülle ifade edilebilir.

$$P_{\text{toplam}} = P_1 + P_2 + P_3 \dots$$

Havanın içeriğindeki oksijen yüzdesini % 21 kabul ettiğimizde Dalton kanununa göre deniz seviyesinde oksijenin kısmi basıncı 0,21 atm olarak hesap edilebilir. Bir atmosferlik basıncın 0,79 atm’lik kısmı ise nitrojen ve diğer gazlara aittir.

Dekompresyon hastalığı, nitrojen narkozu gibi patolojilerde solunan gaz içindeki nitrojen ve helyum gibi inert gazların kısmi basınçları önem taşımaktadır.

f. Henry Gaz Kanunu

Bu kanuna göre “Sabit sıcaklıktaki bir sıvının içerisinde çözünecek gazın miktarı o gazın kısmi basıncı ve o sıvı içerisindeki çözünürlüğü ile doğru orantılıdır”. İnsan vücudunun büyük bir kısmını su oluşturduğundan, bu kanun uyarınca bir dalgıç derinlere doğru daldıkça ve dalış süresi uzadıkça vücut dokularında daha fazla gaz çözünecektir. Çözünen gazın çıkış esnasında yeterince dışarı atılamaması sonucu dekompresyon hastalığı ortaya çıkabilir. Henry gaz kanunu dekompresyon hastalığının gelişiminde etkili olan gaz kanunudur.

Aşağıdaki tabloda akciğer volümleri ve gazların kısmi basınçlarının derinliğe bağlı değişimi gösterilmektedir.

Derinlik (m)	Akciğer volümü	Basınç (ATA)	PpO ₂ (ATA)	PpCO ₂ (ATA)
0 (yüzey)	%100	1	0,21	0,79
10	%50	2	0,42	1,58
20	%33	3	0,63	2,37
30	%25	4	0,84	3,16

Tablo 2. Akciğer volümlerinin ve gazların kısmi basınçlarının derinliğe bağlı değişimi (Pp: Kısmi basınç, PpO₂: Oksijen kısmi basıncı, PpCO₂: Karbondioksit kısmi basıncı)

D. DALIŞ TÜRLERİ

1. Serbest Dalış

Sualtında herhangi bir solunum aracı kullanılmadan nefes tutularak yapılan dalıştır.

2. SCUBA Dalışı

SCUBA kelimesi Self Contained Underwater Breathing Apparatus kelimelerinin baş harflerinden oluşmuştur. Bu terim sualtında kendine yetebilen solunum aygıtı olarak ifade edilebilir. Yüzeyden bağımsız olarak bulunulan derinlikteki ortam basıncına uygun basınçta hava/gaz solunmasına ve bu sayede de sualtında daha uzun süre kalınabilmesine olanak sağlayan donanımlarla yapılan dalıştır. Bu amaçla bir tüpün içine yüksek basınçta doldurulan gaz atmosfer havası olabileceği gibi oksijen ve nitrojenin seyreltilerek parsiyel basınçlarındaki artışın sebep olabileceği olası patolojik etkilerden korunmayı sağlamak amacıyla hazırlanan Trimiks (Nitrojen + Helyum + Oksijen), Helioks (Helyum + Oksijen) ve Nitroks (Nitrojen + Oksijen) gibi gaz karışımları da olabilir. Tüpte yüksek basınçta bulunan gaz, bir regülatör vasıtasıyla bulunan derinlikteki basınca getirilerek solunabilmeye olanak sağlanır. SCUBA dalış sistemi açık ve kapalı devre olmak üzere 2'ye ayrılır.

a. Açık Devre

Ekspirasyonla çıkarılan bütün havanın dışarıya verildiği dalış sistemidir.

b. Kapalı Devre

Ekspirasyonla çıkarılan havanın karbondioksitten arındırılıp oksijen ilave edilmesiyle dışarı verilmeden tekrar kullanılmasını sağlayan ve bu sayede de suda hava kabacağı oluşturmayan dalıştır.

3. Yüzey Beslemeli Dalış

Sualtında ortam basıncına uygun basınçta solumaya imkan veren donanımın hava ikmalinin, yüzeyden özel bir donanım ile yapıldığı dalıştır.

C. BASINCIN PATOFİZYOLOJİK ETKİLERİ

1. Barotravma

Barotravma vücudun gaz içeren, ya da gazla temas eden kısımlarında çevre basıncındaki değişime bağlı olarak gelişen doku hasarıdır. Boyle Gaz Kanunu uyarınca çevre basıncı arttığında gazların hacmi küçülür, azaldığında ise genişler. Dalış sırasında vücuttaki gaz boşlukları ile çevre basıncı eşitlenebilmelidir. Aksi takdirde barotravma ortaya çıkar. Vücutta orta kulak boşluğu, sinüsler, akciğerler, gastrointestinal sistem gibi gaz içeren boşluklar barotravmadan etkilenebilir. Örneğin hava yutulduğu durumlarda gastrointestinal sistemde, çıkış esnasında çevre basıncındaki azalmaya bağlı olarak, sistemde bulunan havanın hacminin artışıyla, çoğu zaman herhangi bir tedavi gerektirmeyen abdominal distansiyon, kramp ve geçirme gibi semptomlar gözlenebilmekle beraber, dekompresyon sırasında gastrik rüptür nedeniyle acil parasentez ile peritoneal dekompresyon uygulanmış olgular da rapor edilmiştir (57). Bazen diş çürüğü veya gingivitis nedeniyle uygulanan başarısız işlemler sonucu oluşan kaviteler nedeniyle iniş veya çıkış esnasında dental barotravmayla karşılaşılabilir (86).

a. Orta Kulak İniş Barotravması

Barotravmanın ve dalış ile ilişkili patolojilerin en yaygın görülen türüdür (5, 45, 41, 86). Dalış esnasında dış ortam basıncının artmasıyla birlikte dalgıcın kulaklarında dolgunluk hissi ortaya çıkar. Bu durumu ortadan kaldırmak için yutkunma veya valsalva gibi manevralarla östaki borusu açılmakta, bu da timpanik membranın her iki tarafında, yani orta kulak boşluğu ile dış ortam arasında basıncın eşitlenmesini sağlamaktadır. Östaki borusu disfonksiyonu veya kapanmasına yol açan üst solunum yolu enfeksiyonu, allerji, polip, sigara kullanımı, anatomik varyasyon gibi nedenlerle basınç eşitlenmesi sağlanamaz ve iniş devam edilirse dolgunluk hissi yerini ağrıya bırakacak, basınç artışı ile birlikte timpanik membranda içe çökme ve küçük hemorajiler ortaya çıkacaktır. İniş ile birlikte dış ortam basıncının artmaya devam eder ve basınç eşitlenmesi sağlanmaz ise orta kulak boşluğuna kanama olacak ve en sonunda da timpanik membranda rüptür gözlenecektir (86).

b. Orta Kulak Çıkış Barotravması

Seyrek görülen bir barotravma türüdür. Orta kulak boşluğundaki hava çıkış esnasında çevre basıncının azalmasıyla birlikte, östaki tüpü aracılığıyla pasif olarak dışarı çıkar. Orta kulak çıkış barotravması sıklıkla iniş barotravmasının sonucu meydana gelir. Ağrı, tinnitus, vertigo veya işitme kaybı gibi klasik orta kulak barotravması semptomları izlenebilir. Sağ ve

sol orta kulak basınçlarının farklı olması nedeniyle ortaya çıkan alternobarik vertigo, oryantasyon bozukluğuna yol açarak tehlikeli olabilir (86). Çıkış sırasında kulakların açılması için uygulanan belirli bir yöntem yoktur.

c. İç Kulak Barotravması

Kulak eşitlemede zorluk çeken veya orta kulak barotravması geçiren bir dalgıçta iç kulak da hasar görebilir. Bu hasar oval pencere, yuvarlak pencere veya vestibüler membran rüptürü şeklinde ortaya çıkabilir (5, 86). En sık semptomu tinnitus olmak üzere, vertigo, işitme kaybı ve kusma gelişebilir.

d. Sinüs Barotravması

İniş esnasında gelişen sinüs barotravması, orta kulak barotravmasından sonra ikinci sıklıkta gözlenir. Sinüslerdeki hava basıncı çevre basıncıyla eşitlenemeyip düşük olursa vakum etkisi ortaya çıkar ve basıncı dengeleyebilmek için sinüs içine kanama olabilir. Valsalva manevrası sıklıkla sinüslerdeki basıncın dış ortam ile eşitlenmesini de sağlar. Sinüs barotravması nadir olarak çıkış esnasında da gözlenir. Sinüslerde basıncın yüksek değerlere ulaşması durumunda sinüs duvarı hasar görerek nazal boşluğa açılabilir. Sinüs duvarının hasar görmesi sonucu yumuşak dokular içine sıvı veya gaz girişi olabilir. Sinüs barotravmasının çok nadir de olsa trigeminal sinir felcine yol açabileceği bildirilmektedir.

e. Akciğer İniş Barotravması

Nadir görülen bir barotravma türü olup genellikle serbest dalcılarda izlenmektedir. Nefes tutularak yapılan serbest dalışlarda, akciğerler Boyle Gaz Kanunu uyarınca dış ortam basıncının artmasına bağlı olarak hacimce küçülecektir. Akciğer hacminin rezidüel volüm (RV)'e ulaşmaya kadar sıkışması normal şartlarda bir sorun yaratmaz. Ancak bu limit aşıldığında göğüs kafesi ve akciğerler daha fazla sıkışamayacağı için alveol içlerinde oluşan negatif basınç nedeniyle alveol içi ödem ve kanama görülebilir (2, 40). Bir serbest dalcının toplam akciğer kapasitesini 6 litre, rezidüel hacmini 1,5 litre varsaydığımızda bu dalcının 30 metre derinliğe, bir başka deyişle akciğerlerin 1,5 litreye kadar sıkıştığı 4 ata'lık çevre basıncının olduğu derinliğe herhangi bir sorun yaşamadan dalabilmesi (Tablo 3), bu derinlik aşıldığında ise sorun yaşaması beklenir. Ancak bugün çok daha fazla derine sorun yaşamadan dalabilen serbest dalcıların olduğu bilinmektedir. Yapılan araştırmalar dalış esnasında belirli miktarlardaki kanın akciğerlerde genişleyen damarlar içine yönlendiği, böylece rezidüel

hacmin daha da küçülebilmesiyle serbest dalıcıların daha fazla derinliklere ulaşabildiğini göstermiştir (86).

f. Akciğer Çıkış Barotravması

Barotravmalar arasında hayatı tehdit eden en ciddi formdur ve çoğunlukla sualtında basınçlı gaz solunan dalış tiplerinde görülür (54, 86). Normal şartlarda yüzeyden destekli veya SCUBA gibi dalış donanımlarıyla basınçlı gaz soluyarak yapılan dalışlarda akciğer hacminde değişiklik görülmemektedir (Tablo 3). Ancak derindeyken alınan hava çıkış esnasında dışarı verilmez ise akciğer içinde genişler, basınç artışı sonucu akciğerlerin hasar görmesiyle akciğer çıkış barotravması oluşur. Bazen akciğerlerde hava hapsine yol açabilecek kronik obstrüktif akciğer hastalığı, astım, bül, bleb gibi lezyonlar varlığında çıkışta nefes tutulmasa dahi barotravma ortaya çıkabilir (1, 24, 86). Transpulmoner basınç farkı 75-90 mmHg basınçlara ulaştığında alveollerin yırtılabildiği deneysel çalışmalar ve vaka sunumlarında belirtilmiştir. Bu basınç değerine 1 metrelik derinlikten çıkarken ulaşılabilmektedir (6, 60).

Derinlik (m)	Basınç (ata)	Serbest Dalışta Akciğer Hacmi (l)	SCUBA Dalışında Akciğer Hacmi (l)
0 m	1 ata	6	6
10 m	2 ata	3	6
20 m	3 ata	2	6
30 m	4 ata	1,5	6

Tablo 3. Toplam akciğer hacmi 6 litre olan bir serbest dalıcının ve SCUBA dalgıcının derinliğe göre akciğer hacimleri.

Alveollerin yırtılması sonucu alveol dışına çıkan havanın plevral boşluğa yayılmasıyla pnömotoraks, mediastene yayılmasıyla mediastinel amfizem, perikart boşluğuna girmesiyle pnömoperikardiyum, derialtına kadar uzanmasıyla subkutan amfizem, periton içine girmesiyle de pnömoperitoneum ortaya çıkabilir. Bazen yırtılan alveollerle birlikte damarsal yapılarda da hasar oluşabilir, gaz kabarcıkları pulmoner ven içine girebilir ve arteriyel hava/gaz embolisi ortaya çıkabilir (1,5, 45, 24, 80, 86).

(1). Pnömotoraks

Barotravma nedeniyle gelişen akciğer doku hasarı ile birlikte visseral plevranın rüptürü sonucu plevra yaprakları arasına hava girmesiyle oluşmaktadır. Vasküler yapıların da hasarlanması ile birlikte hemopnömotoraks şeklinde ortaya çıkabilir. Ani başlayan göğüs

ağrısı ve dispne karakteristik bulgusudur. Plevral boşluktaki hava, özellikle hızlı çıkış esnasında genişleyerek tansiyon pnömotoraksa yol açabilir. Bunun sonucu trakeal şift, kardiyak fonksiyonların bozulmasıyla şok ve ani ölüm görülebilir (1, 86).

(2). Mediastinal Amfizem

Alveolerin parçalanmasıyla açığa çıkan hava kabarcıklarının perivasküler kılıflar veya hava yollarının etrafını çevreleyen gevşek bağ dokuları aracılığı ile yayılması sonucu oluşur. Hiç semptom vermeyeceği gibi, durumun ciddiyetine göre hemen veya saatler sonra ortaya çıkabilen bulgulara rastlanabilir (86). Amfizem derialtına yayılır ise muayenede krepatasyonlara rastlanır. Radyolojik olarak subkütan ve mediastinal hava tespit edilebilir. Boyuna doğru yayılmış hava kabarcıkları dispne, disfaji, rekürren laringeal sinir paralizisi ve ses değişikliğine yol açabilir. Pnömoperikardiyum sonucu taşikardi, kalp seslerinde azalma, kardiyak tamponad, hipotansiyon, siyanoz, bilinç kaybı, koma ve ölüm ortaya çıkabilir.

(3). Arteriyel Gaz Embolisi (AGE)

Akciğer barotravmasının hayatı tehdit eden en ciddi formu olan AGE, alveoler rüptür ile birlikte hasarlanan vasküler yapılar içine gaz girişi sonucu gelişir. Pulmoner venlerin içine giren gaz kabarcıkları, sol atrium ve oradan da sol ventrikül aracılığıyla sistemik dolaşıma katılır, sıklıkla serebral ve daha nadir olarak da koroner sirkülasyona yayılır. Koroner dolaşımda gaz embolisi gelişirse, göğüs ağrısı ve disritmi ortaya çıkabileceği gibi, kardiyak hasara yol açarak ani ölümle de sonuçlanabilir. Serebral arteriyel gaz embolisinin en sık semptomu bilinç düzeyinde bozulmadır (86). Bu nedenle dalgıcın alınan dalış öyküsünde hızlı çıkış ile dipte veya yüzeye geldikten sonra gözlenen bilinç kaybı varlığı AGE açısından uyarıcıdır. Gaz embolisi sistemik dolaşım ile vücudun her yerine dağılabilir. Bulunduğu bölgede iskemi, koagülasyon kaskadının aktivasyonu, hemoraji ve endotelyal hasara yol açarak doku perfüzyonunu bozar (17, 86). Gaz kabarcığının yol açtığı vasküler oklüzyon sonucu etkilenen doku alanına bağlı olarak disfazi, vertigo, vizüel veya işitsel bozukluklar gibi nörolojik bulgular saptanabilir.

Arteriyel gaz embolisi sualtı hastalıkları içinde en acil ve mortalitesi en yüksek olanıdır (1). Tüm dünyada gözlenen dalış fataliteleri arasında boğulmadan sonra ikinci sıklıkta yer almaktadır (21, 85).

D. SOLUNAN GAZLARIN PATOFİZYOLOJİK ETKİLERİ

Dalışta solunum amacıyla en sık kullanılan gaz havadır. Bunun dışında Trimix (Nitrojen + Helyum + Oksijen), Heliox (Helyum + Oksijen) ve Nitrox (Nitrojen + Oksijen) da dalış için kullanılan gaz karışımlarıdır. Daha önce de bahsedilen Dalton Kanunu uyarınca bir gaz karışımının toplam basıncı karışımı oluşturan gazların kısmi basınçlarının toplamıdır. Basıncılı hava soluyarak yapılan dalışlarda bulunulan derinliğe eş değer basınçta gaz solunduğundan, gazların kısmi basınçlarında artış gözlenmekte ve bunun da insan vücudunda bazı patofizyolojik etkileri olmaktadır. Havanın bileşenlerini ve deniz seviyesindeki kısmi basınçları Tablo 4'te görülmektedir.

Gaz	Oran (%)	Kısmi basınç (atm)
Nitrojen	78,08	0,7808
Oksijen	20,946	0,2095
Karbondiyoksit	0,033	0,0003
Diğer	0,0934	0,0094

Tablo 4. Havanın bileşenleri, oranları ve deniz seviyesindeki kısmi basınçları

1. Nitrojen

Çift atomlu (N_2), moleküler yapıda renksiz, kokusuz, tatsız, bir gazdır. İnsan vücudunda kimyasal bir reaksiyona katılmadığı için inert bir gaz olarak tanımlanmaktadır. Deniz seviyesinde 1 ATA basınçta solunduğunda havanın yaklaşık %79'unu oluşturan N_2 vücutta herhangi bir etki oluşturmazken, yüksek basınç altında solunduğunda alkolün etkisine benzer bir biçimde narkotik etki görülmeye başlar. Solunan havanın basıncı 4 ATA'yı geçtiğinde, kısmi basıncı 3,2 ATA'yı geçen nitrojenin narkotik etkileri görülmeye başlar. Ortaya çıkan belirtiler öfori, oryantasyon kaybı, entelektüel becerilerde bozukluk, hafıza problemleri, psikomotor ve motor koordinasyon bozukluğu, halüsinasyon şeklinde sıralanabilir. Öğrenme, hafıza, karar verme, hesap yapma, dikkat, konsantrasyon gibi yüksek beyin işlevleri en erken bozulan fonksiyonlardır (73). Nitrojen narkozu birçok dalış kazasının gelişmesinde rol oynayabileceğinden hava ile yapılan dalış derinliği sportif ve eğlence amaçlı dalış yapanlarda 30, profesyonel dalış yapanlarda 50 metrelerde sınırlandırılmıştır (28). Nitrojen narkozu tıpkı alkolde olduğu gibi değişik kişileri ve aynı kişiyi değişik zamanlarda farklı etkileyebilir, aynı derinliğe yapılan tekrarlayan dalışlarda tolerans gelişebilir. Nitrojenin narkotik etki mekanizmasının tam olarak aydınlatılmamış olmasıyla birlikte, anestezi gazlarında olduğu gibi

yağ oranı yüksek nöronal mebranlarda çözünerek iletiyi ve nöronal uyarıyı bozduğu düşünülmektedir (20).

2. Oksijen

Oksijen (O_2), dünyada en bol bulunan elementlerden biridir ve yaşam için şarttır. Solunan havadaki O_2 kısmi basıncı 0,16 atm'den daha düşük olmamalıdır (5). Metabolik olarak son derece aktif olduğundan toksik özellik taşır. Yüksek kısmi basınçlarda bulunduğu pulmoner ve serebral toksisiteye yol açmaktadır (45, 86).

a. Pulmoner Oksijen Toksisitesi

Belirli bir süre 0,4 - 0,5 atm üzerindeki kısmi basınçlarda oksijen solunması pulmoner oksijen toksisitesine neden olabilir (45, 86). Trakeal yanma hissi, öksürük ve nefes darlığı ortaya çıkan belirtilerdir. Pulmoner oksijen toksisitesi geliştiğinde vital kapasitede azalma, rezidüel volüm artışı ve atelektazi ortaya çıkabilir. Patofizyolojik olarak endotel kalınlaşması, hücre proliferasyonu, sürfaktan kaybı, hemoraji ve konsolidasyon gözlenir. Saf oksijen solunmasına rağmen, solunum fonksiyonları bozulduğundan asfiksi nedeniyle ölüm gözlenebilir (86).

b. Merkezi Sinir Sistemi Oksijen Toksisitesi

Sualtında 1,6 atm kısmi basınçtan daha yüksek basınçlarda oksijen solunması akut santral sinir sistemi oksijen toksisitesine neden olabilir (45, 86). Altı metre derinlikte % 100 oksijen bulunduğu veya 70 metrede hava bulunduğu oksijenin kısmi basıncı bu değer üzerine çıkar. Toksikite görüldüğünde mimik ve karın kaslarında seğirme, mide bulantısı, baş dönmesi, anksiyete gibi nonspesifik semptom ve bulgulara rastlanabilir (86). Bilinç kaybı görülebilir ve çoğu olguda prodromal semptomlar olmadan grand mal epilepsi ortaya çıkabilir (45).

3. Karbondioksit

Karbondioksit (CO_2) havada az miktarda bulunduğu renksiz, kokusuz ve tatsızdır. Daha büyük orandaki karışımlarda asit tadı ve kokusu vardır. Vücutta CO_2 artışı hiperventilasyon, dispne, taşikardi, baş ağrısı, baş dönmesi, konfüzyon ve bilinç kaybına neden olur (86). Diğer gazlarda olduğu gibi etkisi kısmi basıncına bağlıdır. Solunan gazda CO_2 oranı %0-3 düzeyindeyken herhangi bir kötü etki görülmezken, %5' lere yaklaşmasıyla hiperventilasyon başlar, %5-10 düzeylerinde konfüzyon, daha yüksek değerlerde ise bilinç

kaybı ortaya çıkar. Solunum gazının karbondioksit ile kontamine olması, ekspirasyon havasının dış ortama verilmediği kapalı devre dalışlarda CO₂' nin absorpsiyonunda sorun olması, özellikle deneyimli dalgıçlarda gözlenen istemli hipovekilasyon, dalgıcın akciğerlerinden veya solunum ekipmanından kaynaklanabilen solunum yolu direncinin yüksek olması hallerinde gerçekleşebilir (86). Eğer dalgıç hiperventilasyon yaparsa CO₂ seviyesi düşer ve hipokapni gelişebilir. Hipokapni bulantı, baş dönmesi, koordinasyon bozukluğu, baş ağrısı, anksiyete ve bilinç kaybına neden olabilir.

4. Karbonmonoksit

Karbonmonoksit (CO) renksiz, kokusuz ve tatsız olduğundan algılanması zor zehirleyici bir gazdır. Çok az miktarda vücutta hemoglobin metabolizması sonucu üretilmekte ve sigara içenlerin kanında da 24 saat süreyle CO bulunmaktadır. CO, karbon içeren maddelerin tam olarak yanmaması sonucu ortaya çıkar. Basınçlı hava elde etmede kullanılan kompresörün egzoz çıkışının kompresör hava girişine çok yakın yerleştirilmesi durumunda solunum havası karbonmonoksitle kirlenebilir. Solunum gazı kontamine olursa CO hemoglobine bağlanabilir ve hemoglobinin oksijeni bağlaması engellenebilir. (86). CO'nun hemoglobine afinitesi O₂'ye oranla 200 kat daha fazladır ve oksihemoglobin dissosiasyon eğrisini sola kaydırarak hipoksiye neden olur (46). Vücutta karboksihemoglobin (COHb) seviyesi %10 un altında bariz bir bulguya rastlanmazken, %20-30 arasında baş ağrısı, % 30-40 arasında kuvvetsizlik, bulantı, kusma, uyuşukluk, terleme, bulanık görme, % 40 üzerinde Cheyne-Stokes solunumu, bilinç kaybı, konvülziyon, koma ve ölüme yol açabilir.

5. Helyum ve Diğer İnert Gazlar

Helyum (He) tek atomlu yapıda renksiz, kokusuz ve tatsız bir gazdır. He tamamen asal bir gazdır, havada çok nadir bulunur (5 ppm). Dalışta helioks (He + O₂) ve trimiks (He + O₂ + N₂) karışımlarında nitrojenin yerine oksijeni seyreltmede kullanılır. Nitrojenden farklı olarak helyumun narkotik etkisi olmadığından 50 metreyi aşan derinliklerde solunum gazı olarak helyum karışımları kullanmak idealdir. Helyumun düşük yoğunluğu sayesinde solunum iş yükünü de azaltır (86). Ses değişikliği ve iyi bir iletken olması nedeniyle ısı kaybına yol açması, maliyetinin yüksek olması ise dezavantajlarıdır.

6. Dekompresyon Hastalığı

Dekompresyon hastalığı (DH) Henry Gaz Kanunu uyarınca dokularda çözünmüş olan inert gazların (nitrojen, helyum) çevre basıncındaki azalma sonucunda oluşturduğu serbest

kabarcıklar nedeniyle ortaya çıkan hastalıktır. Özellikle dalışta olduğu gibi hiperbarik ortamdan normobarik koşullara gelindiğinde oluşmakla birlikte, havacılar da olduğu gibi ani irtifaya çıkış esnasında da görülebilir (58). Dalış sırasında solunan gazların kısmi basınçlarının artması ile dokulardaki çözünürlükleri de artar. Bu çözünme, dalış süresine de bağlı olarak dokuların daha fazla gaz absorbe edemeyeceği tam doyma durumuna kadar devam edebilir (satürasyon). Derinlik ve dipte geçen süre ne kadar fazla ise vücutta çözünen gaz miktarı da o kadar fazla olacaktır. Çıkış esnasında çevre basıncındaki azalmayla birlikte dokularda çözülmüş halde bulunan inert gazın, örneğin hava ile yapılan dalışlarda nitrojenin basıncı, solunan gazınkinden daha yüksek duruma geçer ve bu durum süpersatürasyon olarak isimlendirilir. Bu durumda gradient farkına bağlı olarak pasif difüzyonla dokulardan kana ve kandan alveollere geçen gaz akciğerler aracılığıyla vücuttan atılmaya başlar. Dokular gaz süpersatürasyonunu bir dereceye kadar tolere edebilir, fakat bu sınırın aşılmasıyla serbest kabarcık oluşabilir ve bazı hallerde de dekompresyon hastalığı ortaya çıkabilir. Haldane tarafından ortaya sürülen kritik aşırı doyma oranı hipotezine göre dokularda bulunan nitrojen kısmi basıncının çevre basıncının iki katından daha yüksek olması durumunda kabarcık oluşur (26). Dalışa bağlı vücutta birikmiş olan inert gazın kabarcık oluşturmasını önlemek için, 1907'de Haldane, Boycott ve Damant tarafından, dalgıcın yüzeye çıkarken belli aşamalarla yükseldiği bir dekompresyon tekniği belirlenmiştir (36). Yıllarca süren çalışmalar ve edinilen tecrübeler sonucunda günümüzde kullanılan dekompresyon tabloları ve dalış bilgisayarları geliştirilmiştir. Dekompresyon kuralları ihlal edildiğinde DH gelişme riski de artar. Nitrojenin absorpsiyonu ve eliminasyonu beyin kalp, akciğer, böbrek, karaciğer gibi kan akımının yüksek olduğu dokularda hızlı olurken (hızlı dokular), daha az kanlanan ligamentler, tendonlar ve yağ dokuda daha yavaş gerçekleşmektedir (yavaş dokular). Derin ve kısa dalışlarda hızlı dokular, daha sık derinliklere yapılan uzun süreli dalışlarda ise yavaş dokular kabarcık oluşturmaya daha eğilimlidir. Bu durum neden yavaş çıkış yapılması gerektiğini açıklar niteliktedir.

Kabarcıklar, intrasellüler, ekstrasellüler, ekstrasvasküler ve intravasküler olmak üzere vücudun bütün bölgelerinde oluşabilir. Arteriyel sistemde kabarcık oluşumu yüksek hidrostatik basınç ve daha düşük kısmi basınçlarda inert gaz içermesi nedeniyle, venöz sisteme oranla daha azdır. Kabarcıklar buldukları lokalizasyon ve sisteme yönelik bulgular oluşturur. Ekstrasvasküler kabarcıklar buldukları bölgedeki dokulara baskı yaparak hasar oluştururken, intravasküler olanlar endotel hasarı ve kompleman sistemi aktivasyonuna da yol açarak, staz, ödem, iske mi, hipoksi, hemoraji ve sonunda da doku ölümüne yol açabilir (20,

86). Venöz kabarcıklar, akciğerlerden arteriyovenöz şantlar ile veya kalpte patent foramen ovale gibi sağdan sola şant oluşturan durumlarda arteriyel sirkülasyona geçebilir (86). DH için kesin tanısal bir test bulunmadığından AGE ile ayrımında bazı kriterler kullanılır. Dalış öyküsünde dipten hızlı çıkış veya çıkış esnasında nefes tutma, serebral sistem tutulumuna ait bulgular, semptomların başlangıç süresinin kısa olması, akciğer barotravması varlığı ve AGE düşündürürken, primer olarak nörolojik semptomlarla ortaya çıkması, eklem ağrısı, kas iskelet sistemi tutulumu bulguları, dalış derinliği ve dipte geçen sürenin uzunluğu DH lehine yorumlanır. Her iki hastalığın birbirinden ayrımı zor olmakla birlikte ikisinin de ana tedavisini rekompresyon tedavisi oluşturduğundan tedavi öncesi ayırıcı tanı için zaman kaybedilmemelidir (20, 58).

Dekompresyon hastalığı (DH) geleneksel olarak Tip 1 (kas-iskelet, eklemler, deri, lenf sistemi) ve Tip 2 (spinal, serebral, kardiyopulmoner, vestibüler, ve diğer sistemler) olarak 2 kategoride sınıflandırılır (20, 86). Dalgıçlar arasında önemli bir morbidite sebebi olmasına karşın ölüme yol açması nadirdir (30).

Dekompresyon hastalığı genellikle basınçlı hava soluyarak yapılan dalışlarda görülmekle birlikte, 15-20 metreyi geçen derinliklere tekrarlayan dalışlar yapan serbest dalgıcılarda da görülebildiği bildirilmiştir (63).

E. ÖLÜMCÜL DALIŞ KAZALARI

Farklı fiziksel koşullarda gerçekleştirilen dalış aktivitesi, doğası gereği hastalık, sakatlık ve ölümlerle sonuçlanabilecek riskler içermektedir. Dalış esnasında meydana gelen bilinç kaybı boğulma ile sonuçlanabileceğinden, sualtında bilinç kaybına neden olabilecek durumlar yüksek oranda mortalite riski taşımaktadır (78). Bütün dalış tiplerinde görülebilecek olan hipoksi, sıvı aspirasyonu, kusma ve kusulan içeriğin aspirasyonu, hipotermi, zararlı sualtı canlılarına ait tehlikeler, dalgıçta daha önceden var olan diyabet, iskemik kalp hastalığı, epilepsi gibi hastalıklar, DH ve AGE gibi dalış hastalıkları, nitrojen narkozu, CO toksisitesi, O₂ toksisitesi, CO₂ retansiyonu, bilinç değişikliklerine neden olabilecek durumlar olarak sıralanabilir (29).

Serbest dalışta gözlenen bilinç kaybı nedenlerinden biri “sığ su bayılması” olarak bilinen durumdur. Bilinç kaybının nedeni ileri düzeyde hipoksidir (32, 47, 71). Normal şartlarda sağlıklı bir kişide solunum merkezinin uyarılması CO₂ düzeyindeki artışa bağlıdır. Bu nedenle serbest dalış esnasında nefes tutan dalgıcın kan CO₂ düzeyi belirli bir limitin

üzerine çıktığında nefes alma ihtiyacı had safhaya ulaşır ve dalgıç sualtında daha fazla kalamaz. İnspiryum ve ekspiryum sırasında 40 ile 45 mmHg değerleri arasında değişen kan CO₂ düzeyini hiperventilasyon yaparak 20 mmHg'lara kadar indirmek mümkündür. Bu durumda solunum merkezinin uyarılması için gerekli CO₂ düzeylerine daha geç ulaşılır ve daha uzun süre nefes tutmak mümkün olabilir (32, 71). Serbest dalgıçlar dipte kalınan süreyi uzatmak için bazen dalış öncesi hiperventilasyon yaparak başlangıç kan CO₂ düzeyini düşürürler. Bu durumda dipte kalınan süre uzun olduğu için oksijen tüketimi de fazla olur. Ancak dalınan derinlikteki basınç artışına bağlı olarak akciğerler hacimce küçüleceğinden, akciğer içindeki oksijen kısmi basıncı da yüksek olacak, dipte kalınan süre zarfında hala alveollerden kana oksijen geçişi olacaktır. Bu nedenle dipteysen oksijenin daha fazla tüketimi olumsuz bir sonuç doğurmayacaktır (47). Ancak çıkış esnasında akciğerler genişlediğinde akciğer içi oksijen kısmi basıncı hızla düşecek, hatta bazen oksijen alveolden kana değil, kandan alveol içine geçebilecektir. Böylece dolaşımında ve dokularda oksijen seviyesi kritik seviyelere inerek çıkış esnasında bilinç kaybı gelişerek sığ su bayılması olarak bilinen, bazen boğulmalarla sonuçlanabilen durum gelişecektir (48). Bu nedenle serbest dalgıçlara dalıştan önce hiperventilasyon yapmamaları tavsiye edilmektedir.

Bir dalgıcın ölümünde etkili olan çok sayıda faktör bulunabilir. Bu faktörler yapılan dalışın tekniği, dalgıcın tıbbi, fizyolojik ve psikolojik özellikleri, şiddetli akıntı, soğuk su, basınç artışına bağlı solunum direncinin artması, solunan gazların kısmi basınçlarındaki artış, dalış donanımına ait üretim hataları, yetersiz bakım gibi durumlar olarak sıralanabilir (30). Ölümle sonuçlanmış bir dalış kazasında etkili olmuş faktörlerin değerlendirilmesiyle, benzer kazaların tekrarlamaması için önlemler alınması sağlanabilir. Bu amaçla DAN, BSAC ve PADI gibi kuruluşlar sportif ve eğlence amaçlı yapılan dalışlarda gelişen kazalarla ilgili verileri toplamakta ve değerlendirmektedir. Daha çok SCUBA dalışlarını içeren bu çalışmalara son yıllarda serbest dalışla ilgili kazalar da eklenmiştir (85).

1. Ölümcül Dalış Kazalarıyla İlgili Yayınlanmış Raporlar

DAN ve BSAC tarafından yapılan çalışmalarda yıllık ölüm oranı 100.000 dalgıçta 10 ila 20 arasında değişmekte olup 2008 yılında yayınlanan bir raporda 100.000 dalgıçta fatalite oranını DAN 16,4, BSAC 14,4 olarak bildirmiştir (23).

DAN tarafından her yıl bildiri yapılan dalış kazaları ile ilgili bir rapor yayınlanmaktadır. 2006 yılında yayınlanan raporda dalış kazasında ölen 88 Amerika ve Kanadalı dalgıçta ölüm nedenleri araştırılmış, en sık ölüm nedeni 56 (%64) dalgıçta boğulma

olduğu tespit edilmiş, bunu da sırasıyla akut kardiyak sorunlar ve AGE izlemiştir. Bu çalışmada travma ve CO zehirlenmelerinin de daha az sıklıkta dalış esnasında ölüme neden olabildiği, % 10 olguda ise gerek cesede ulaşılamaması, gerekse ölüm nedeni konusunda karara varılamaması sonucu ölüm nedeninin bildirilmediği belirtilmiştir. Raporda, kazaların %14'ünde havanın/solunum gazının bitmesi, %10'unda güçlü akıntı, %9'unda önceden var olan bir sağlık problemi, %9'unda bir mağara veya batıkta sıkışıp kalma, %8'inde dalış donanımı problemleri ölümcül kazayı tetikleyen faktör olarak bildirilmiştir. Acil çıkış, bir mağara ya da batıkta sıkışıp kalma ve dalgıçta daha önceden var olan bir sağlık problemi, kazaların %50'sinde ölüme sebebiyet veren ana problemi ortaya çıkaran faktörler olarak sıralanmıştır. Kaza sonucu ölenlerin tıbbi geçmişi incelendiğinde sadece 35 olguyla ilgili veriye ulaşılabilmiş, yapılan değerlendirmede en sık rapor edilen sağlık sorununun kalp hastalığı ve hipertansiyon olduğu belirlenmiştir. Raporda ele alınan 88 olgunun 74'ünün erkek, 14'ünün kadın olduğu belirtilmiştir. Erkeklerin %70'i, kadınların ise %80'i 40 yaş üstü olup yaş ortalamasının erkeklerde 47, kadınlarda 53 olduğu tespit edilmiştir (85).

DAN, 2006 raporunda nefes tutularak yapılan dalışlarda ortaya çıkan ölümcül kazalara da yer vermiştir. İncelenen 22 olayın % 59'unda tıbbi geçmiş ile ilgili bilgiye ulaşılabilmiş, en sık ölüm nedeni olarak boğulma, ikinci sıklıkla da kalp hastalıkları olduğu belirtilmiştir. Kazayı tetikleyen faktörler olguların %43'ünde belirlenebilmiş olup en sık köpek balığı saldırısı, şiddetli akıntı, ters akıntı gibi olumsuz su ve hava koşullarının olayı başlattığı bildirilmiştir. İki olguda sığ su bayılmasından şüphelenilmiş fakat destekleyici kanıt bulunamamıştır. Olgulardan yaş ortalamasının 41 ± 16 ve yalnızca birinin kadın olduğu belirlenmiştir (85).

DAN tarafından 2007 yılında yayınlanan raporda 2005 yılına ait bildiri yapılan 167 ölümcül dalış kazasından Amerika ve Kanadalı dalgıçlardan oluşan 89'u araştırılmıştır. Bu raporda da en sık ölüm nedeninin suda boğulma, takiben akut kardiyak problemler, asfiksi ve AGE'nin olduğu bildirilmiştir. Tıbbi geçmiş ile ilgili bilgiye sadece 35 (%40) olguda ulaşılabilmiş, sık bildirilen problemlerin kalp hastalığı ve hipertansiyon olduğu belirtilmiştir. 89 olgunun 79'unun erkek, 10'unun kadın, erkeklerin %82, kadınların %80'inin 40 yaş veya üstünde, yaş ortalamasının ise erkeklere 50, kadınlarda 43 olduğu tespit edilmiştir (70).

DAN 2007 raporunda, ayrıca, nefes tutarak yapılan dalışlarda görülen 17 ölüm olayı incelenmiş, olguların üçte birinde yapılabilen tıbbi değerlendirme sonucunda ölümlerinin yarısında primer neden olarak suda boğulma, asfiksi ve bilinç kaybı gösterilmiştir. Raporda

ölümlerin en sık şnorkel aktivitesi esnasında gözleendiği tespit edilmiştir. Olguların hepsinin erkek ve yaş ortalamasının 38 ± 15 olduğu belirlenmiştir (70).

DAN tarafından 2008 yılında yayınlanan raporda 2006 yılına ait bildirim yapılan 138 ölümcül dalış kazasının Amerika ve Kanadalı dalgıçlara ait 75'i araştırılmış, ölüm sebebi olguların %77 (58)'sinde tespit edilebilmiştir. En sık ölüm nedeninin, %86 (51) sıklıkla suda boğulma olduğu ve bunu sırasıyla akut kardiyak problemler ve AGE'nin takip ettiği, 1 olgunun da DH nedeniyle yaşamını yitirdiği belirlenmiştir. Tıbbi geçmişle ilgili bilgiye sadece 37 (%49) olguda ulaşılabilmiş, bu raporda da en sık bildirilen problemlerin kalp hastalığı ve hipertansiyon olduğu belirtilmiştir. 75 olgunun 64'ünün erkek, 11'inin kadın, erkeklerin %72 ve kadınların %82'sinin 40 yaş veya üstünde ve yaş ortalamasının erkeklere 50, kadınlarda 43 olduğu tespit edilmiştir (69).

DAN 2008 raporunda yer alan serbest dalış fatalitesi sayısı 34'tür. Kazalarda olayı tetikleyen faktörler arasında en sık kardiyak sorunlar gibi genel sağlık problemleri saptanmış olup bunları da sırasıyla, hipoksik bayılma, bot/tekne çarpması, sualtı canlıları tarafından ısırılma/sokulma, yetersiz pratik eğitim gibi nedenler sıralanmıştır. Yaş ortalaması 38 ± 15 olarak bildirilen olguların %80 (32)'ninin erkek olduğu belirtilmiştir (69).

DAN tarafından 2009 yılında yayınlanan raporda 2008 yılına ait bildirim yapılan Amerika ve Kanadalı dalgıçlara ait 113 ölümcül dalış kazası araştırılmış, ölüm sebebi olguların %84 (91)'ünde tespit edilebilmiştir. En sık ölüm nedeninin %74 (68) sıklıkla suda boğulma olduğu ve bunu sırasıyla akut kardiyak problemler ve AGE'nin takip ettiği, 1 olgunun da DH nedeniyle yaşamını yitirdiği belirlenmiştir. Olguların tıbbi geçmiş sorgulamasında en sık sağlık problemi olarak kardiyak sorunlar ve takiben hipertansiyon tespit edilmiştir. Erkeklerin %72 ve kadınların %82'inin 40 yaş veya üstünde, yaş ortalamasının erkeklere 50, kadınlarda 43 olduğu saptanmıştır (68).

DAN 2009 raporunda nefes tutarak yapılan dalışlar esnasında gerçekleşen 42 ölüm incelenmiş, kazalarda olayı tetikleyen faktörler arasında en sık kardiyak sorunlar gibi önceden var olan genel sağlık sorunları, sığ su bayılması, zararlı sualtı canlılarının etkili olduğu bildirilmiştir. Yaş ortalaması 42 ± 15 olarak bildirilen olguların %84 (47)'ünün erkek olduğu belirlenmiştir (68).

Denoble ve arkadaşları 2000-2006 yılları arasında 1.141.367 DAN üyesi arasında gerçekleşen 187 ölümcül dalış kazasını inceleyerek, ölümlerin yaş ve cinsiyetle ilişkisini

araştırmıştır. Olguların %31'inde yaşı 50 ve üzeri olduğu, 30'lu yaşlardaki erkekler için göreceli riskin kadınlardan 6 kat daha fazla olduğu, fatalite oranlarının yaşla birlikte arttığı fakat 60 yaş sonrasında her iki cinsiyet için riskin hemen hemen eşit olduğu belirtilmiştir. Fatalite oranı genç erkeklerde 100.000 de 7 iken 60 yaş üstü erkeklerde 33'e, kadınlarda ise 30-39 yaş grubunda bu rakam 3 iken 60 yaş ve üzerinde 29,1'e yükselmiştir (23).

Denoble ve arkadaşlarının yaptığı bir diğer çalışmada 1992-2003 yılları arasında gerçekleşen 947 ölümcül dalış kazasında kazayı tetikleyici faktörler, tetikleyici faktörün yol açtığı tehlikeler, ölüme yol açan ana problem ve ölüm nedeni araştırılmıştır. Tetikleyici faktör kazaların %37 (346)'sinde tespit edilebilmiş ve ilk sırayı %47 oranla havanın/solunum gazının bitmesi almış, takiben %20 oranla batıkta ya da mağarada sıkışıp kalma, %15 olguda ise ekipman sorunları tetikleyici neden olmuştur. Çalışmada tetikleyici faktörün yol açtığı tehlikeler 332 olguda belirlenebilmiş ve acil çıkış %55'lik bir oranla ilk sırada yer almıştır. Bir batıkta ya da mağarada sıkışma nedeniyle solunum gazının bitmesi ve yüzerlilik problemleri bunu takip etmiştir. Ölümün gerçekleşmesinde etkili olan problemler ise asfiksi (aspirasyonlu ya da aspirasyonsuz), AGE, kardiyak problemler, travma, DH, açıklanamayan bilinç kaybı olarak tespit edilmiştir. Olguların %70'inde ölüm nedeni boğulma olarak raporlanmıştır (21).

DAN Avrupa verilerinden hazırlanan raporda 1996-2008 yılları arasında ortaya çıkan 144 ölümcül dalış kazasının yapılan incelenmesinde, ölüm nedeni olarak %70 olguda boğulma, %13'ünde kardiyak nedenler, %12 oranında AGE bildirilmiştir (22).

Lippmann'ın DAN Asya-Pasifik verileriyle ilgili yayınladığı raporda Avustralyalı dalgıçlarda SCUBA'ya bağlı ölüm oranları 100.000 dalışta 0,7 ve 100.000 dalgıçta 8,5 olarak belirtilmiştir. Bu rapor 1972-2005 yılları arasında ölümlerle sonuçlanmış 351 kazanın incelenmesiyle hazırlanmış olup kazayı tetikleyen faktörler sıklık sırasıyla ekipman problemleri (%15), hava/solunum gazıyla ilgili nedenler (%15), kötü su koşulları (%13), anksiyete/stress (%9), aşırı efor (%9), tekneye çarpma, kusma, sıvı aspirasyonu, intihar girişimi gibi nedenler (%22), tanımlanamayan etkenler (%17) olarak sıralanmıştır. Ölüm nedeni olarak boğulma %50 sıklıkla ilk sırada, bunu AGE (%19) ve kardiyak sorunların (%14) takip ettiği belirtilmiştir (49, 50). Lippmann tarafından 2008'de yayınlanan bir çalışmada 1972-2005 yılları arasında Avustralya'da gerçekleşen 566 ölümcül kazanın 290'ünün SCUBA dalışı (%51), 194'ünün serbest dalış ve şnorkel aktivitesi (%34), 62'sinin

yüzeiden beslemeli dalışlarda (%11), 6'sının da geri solumalı kapalı devre sistemler ile yapılan dalışlarda gerekleştigi bildirilmiştir. 14 kazada dalış türü bildirilmemiştir (49).

Cumming ve arkadaşları tarafından, 1998-2009 yılları arasında gerçekleşmiş 140 ölümcül kazanın yapılan analizinde ölümlerin %27'sinin dalışa bağlı olmayan, dalğıçta daha önceden var olan bir sağlık probleminden kaynaklandığı, bunu rebreather kullanımı (%10,7), ve ekipman problemlerinin (%9,1) takip ettiği görülmüştür. Bu raporda hava/solunum gazının bitmesi dördüncü sırada (% 8,6) yer almaktadır. Daha az sıklıkta gözlenen diğer nedenler, dalış öncesi kontrollerin yetersiz yapılması, deneyimsizlik, yüzerlilik problemleri, narkoz, ilişkene dolanma, enkazda sıkışma, travma, hızlı çıkış, DH, bilinç kaybı olarak sıralanmıştır (15).

F. SUDA BOğULMA

Boğulma yalnız ülkemiz için değil tüm dünya için önemli bir sorundur. Dünya Sağlık Örgütü'nün 2002 verilerine göre Dünya'da her yıl 450 bin kişi boğulma nedeniyle ölmektedir. Bu sayı kazaya bağlı ölümlerin %9'unu oluşturmaktadır. Suda boğulmalar bazı ülkelerde uluslararası hastalık kodlarıyla (ICD) sınıflanmadığından, rakamın daha yüksek olduğu öne sürülmektedir. Ayrıca sel baskınları, tsunami, gemi-feribot kazaları sonucu gerçekleşen boğulmalar bu rakama dahil edilmemiştir (79). DSÖ'nün Kasım 2014'te yayınladığı suda boğulmayla ilgili küresel raporda ise yılda ortalama 372.000 kişinin suda boğulma nedeniyle hayatını kaybettiği belirtilmiştir (34).

Yapılan araştırmalara göre boğulmaya bağlı ölümlerin %97'si az ve orta düzeyde gelişmiş ülkelerde gerçekleşmektedir ancak Avrupa'da da genç erkeklerde en sık kazaya bağlı ölüm sebebidir (64). Boğulma, 5-14 yaş gurubundaki erkek çocukları arasında ölüm nedeni olarak tüm dünyada ilk üç ve genel olarak da tüm çocuk ölümlerinin ilk on sebebinden biridir. Amerika Birleşik Devletleri'nde ise 1-4 yaş grubundaki çocuklar arasında kazaya bağlı ölüm nedenleri arasında, yüz binde üç ölüm oranıyla (3/100 000) ikinci sırada yer almaktadır (7). Bu veriler, boğulmanın her bölgeden çocuklar başta olmak üzere her insanı ilgilendiren nedenli önemli bir sorun olduğunu göstermektedir.

Boğulma için bazı risk faktörleri; erkek cinsiyet, 14 yaşından küçük olmak, alkol kullanımı, düşük gelir ve eğitim düzeyi, kırsal bölgede yaşamak, balıkçılık vb. gibi deniz ve suyla ilgili meslek sahibi olmak, çocukların denetimsiz bırakılması, su sporlarıyla ilgilenmek olarak sıralanabilir (16, 38, 56). Önceden var olan bir hastalık da bazı boğulmaların altında

yatan kolaylaştırıcı etken olabilir. Örneğin epilepsisi olan bir kişinin boğulma riskinin, epilepsisi olmayan bir kişiye kıyasla 15-19 kat daha fazla olduğu bildirilmiştir (4).

Ülkemizde boğulma ile ilgili sağlıklı bir veri olmamasına karşın yılda yaklaşık boğulma nedeniyle 1000 civarında ölüm gerçekleştiği sanılmaktadır.

1. Tanım

Dünya Sağlık Örgütü Bülteni'nde boğulma; "sıvı içerisine batma sonucu solunum bozulması durumuyla karşılaşma süreci" (Drowning is the process of experiencing respiratory impairment from submersion/immersion in liquid) şeklinde tanımlanmıştır. Bu tanımlamanın hem boğulma sonucu ölüm halini kapsamaması, hem de yapılan ilkyardım sonucunda hayatta kalma halini kapsamaması genel kabul görmüştür. Ancak, daha önce de belirtildiği gibi, dilimize daha uygun olması nedeniyle boğulma tehlikesi geçirirken yapılan müdahale sonucu kurtarılanlar için bu yazıda "boğulayazma" terimi kullanılmıştır. Karışıklıklara yol açan yakın boğulma, kuru/yaş boğulma, ikincil boğulma, aktif/pasif boğulma, gibi terimlerin artık kullanılmaması gerektiği önerilmiştir (84).

2. Patofizyoloji

Çoğunlukla suyun kaldırma kuvveti, ağız ve burnu su üstünde tutmaya yeterli olacak biçimde etki göstermesine rağmen, yüzme bilmeyen bir kişinin panik halindeki hareketleri solunum yollarının suyla temasına neden olur. Boğulma ya da boğulayazma sürecini, kişinin solunum yollarının sıvı ile teması başlatmaktadır. Kazazedenin solunum yolları suyla temas ettiğinde ağıza giren su geri çıkarılır ya da yutulur ve istemli olarak soluk tutmaya başlanır. Ancak normal bir kişinin soluk tutma süresi nadiren bir dakikayı aşmaktadır (77). Soluk tutma esnasında kanda yükselmeye başlayan karbondioksit düzeyi hidrojen iyonlarının artmasına, böylece solunum merkezinin uyarılmasına neden olur. Belirli bir süre sonra da artık istemli olarak soluk tutmak mümkün olamaz. Soluk tutulamaz ana erişildiğinde ise kişi istemsiz olarak soluk alır ve su hava yollarına girer (aspirasyon). Genellikle miktarı fazla olmayan bu su öksürük refleksinin oluşmasına sebep olur. Bazen öksürüğe gırtlakta kasılmayla (laringospazm) birlikte hava yollarının tıkanması da eşlik etmektedir. Hava yollarının tıkanması halinde kısa sürede vücudun, en önemlisi de beyinin oksijen ihtiyacı karşılanamaz hale (hipoksi) gelebilir. Bu esnada kurtarma girişimi ve ilk yardım yapılamaz ise bir miktar daha sıvı aspirasyonu söz konusu olabilir, bu da hipoksinin derinleşmesine yol açar.

Ayrıca akciğerlerde alveol içine girmiş olan su, alveol içinde yüzey gerilimini azaltmakla görevli sürfaktan yapısını bozabilir. Önceki yıllarda, oluşan hasarın aspire edilen suyun özelliği ve içeriğiyle ilişkili olduğu düşünülürdü. Ancak artık içerikleri farklı olmasına rağmen deniz suyu ve tatlı suyun verdiği hasarın benzer olduğu bilinmektedir. Her iki durumda da osmotik farklılık alveol ve onu çevreleyen kılcal damarlar arasındaki yapıyı, bir başka deyişle alveolokapiller zarı bozar ve geçirgenlik artışına neden olur (61). Alveolokapiller zarın bozulmasıyla alveol içine sıvı ve elektrolit kaçağı olur, buna bağlı olarak da genellikle kanla boyanmış pembe renkli sıvıyla karakterize ağır akciğer ödemi gelişir. Sonuçta karbondioksit ve oksijen değişimi olumsuz yönde etkilenir (37, 79). Akciğer içinde sürfaktan yapısının ve alveolokapiller zarın bozulması akciğerlerin genişleyebilme kapasitesini bozar, aynı zamanda alveollerin havalanması ve kanlanması ortaya çıkan dengesizlikle solunum sıkıntısı yaşanır. Sürfaktan hasarı ve ona bağlı gelişen değişiklikler var olan hipoksiyi daha da ağırlaştırır ve süreci hızlandırır.

Boğulayazma olgularında karşılaşılan sorunlardan birisi de olay sonrasında akciğer enfeksiyonlarının gelişmesidir. Olguların % 50 sinde bakteri içeren kirli suların aspire edilmesiyle enfeksiyon problemi yaşanmaktadır. Boğazda bulunan bazı bakterilerin aspire edilmesi de sorun yaratabilmektedir. Özellikle tatlı suların kirlenmesi daha sık görülmekte olup, bazen de bağışıklık sistemi zayıflamış kişilerde mantar enfeksiyonları görülebilmektedir (79).

Beyin oksijensiz kaldığında bilinç kaybı, solunum ve dolaşım durması gelişebilir. Kalp tamamen durmazdan önce sempatik sinir sistemi aktivasyonu nedeniyle hipertansiyon ve taşikardi, daha sonra ilerleyen hipoksi, kanda hidrojen iyonlarının artışıyla gelişen asidoz, vücuttan ısı kaybıyla ortaya çıkan hipotermi etkisiyle kalp atımının yavaşlaması, çeşitli ritim bozuklukları, akciğer atardamarlarında basınç artışı görülebilir, kalbin pompalayabildiği kan miktarı azalabilir. Bilinç kaybı olduğunda laringospazm gevşer, hava yolları açılır. Bu durum kurtarılan kazazedelerin ilk yardım ile hayata döndürülebilmesi açısından önemlidir.

Boğulma sürecinin değişken olmakla birlikte genel olarak üç-dört dakika sürdüğü söylenmektedir, ancak kimi zamanlarda suya batma ile dolaşım ve solunumun tamamen durması arasında geçen süre uzayabilir. Suyun kısa sürede hipotermiye yol açacak düzeyde çok soğuk olduğu bazı istisnai durumlarda bu süre ender de olsa bir saate kadar ulaşabilmektedir (82).

Yapılan müdahale ve ilkyardım sonucunda kazazedenin hayatı kurtulur ise, klinik gidiş akciğerlere aspire edilen su miktarı ve içeriği ile ilişkilidir. Boğulayazmış kişilerin % 70 inde akut akciğer hasarı meydana geldiği bildirilmiştir. Boğulayazan kişilerin akciğerlerine kum, çamur ve kumuğa bulaşmış 3-4 ml/kg'dan daha az miktarlarda sıvı aspire edilmiş olabileceği ileri sürülmüştür. Kirli sular ve mide içeriğinin aspire edilmesi ile oluşan akciğer enfeksiyonlarına da rastlandığı bildirilmiştir. Akut hasar ile gelişen ödem ve içerikten kaynaklanabilecek enfeksiyonlar akciğerin iyileşme sürecinde önemli faktörlerdir. Yakın zamana kadar, bazı boğulma olgularında laringospazmın çözülmediği ve akciğer içine sıvı aspirasyonu olmadığı ileri sürülerek "kuru boğulma"dan bahsedilirdi. Ancak günümüzde bu olguların suya batma öncesi daha önceden var olan kalp ritmi bozuklukları gibi alternatif bir nedenden ölmüş olabileceğinden bahsedilmektedir (35).

Kazazedede oluşabilecek merkezi sinir sistemi hasarını ise oksijensiz geçirilen süre belirler. Yapay solunum ve kalp masajı gerektiren boğulayazma olgularında beyindeki görülen kalıcı hasar, boğulma dışında temel yaşam desteği gerektiren durumlardakine benzerdir. Oksijen yetersizliğine bağlı gelişen beyin hasarı, ortaya çıkan nörolojik belirtilerin, kalıcı hasarın ve ölümün başlıca nedenidir. Beynin yetersiz oksijenlenmesi halinde söz konusu hasarlar beş dakika içinde başlayabilir. Boğulma ve boğulayazma olgularında klinik durum konfüzyondan oryantasyon kaybına, nöbetlerden komaya ve nihayetinde ölüme kadar gidebilir.

Soğuk sularda gerçekleşen bazı boğulayazma olgularında gelişebilen hipotermi koruyucu bir etki gösterebilir. Vücut sıcaklığının 37-20 °C aralığında 1 °C düşmesiyle, beyin oksijen tüketiminin % 5 oranında azaldığı bildirilmiştir (67). Yavaşlayan metabolizma nedeniyle beyin daha az oksijene ihtiyaç duyar ve hipoksiye daha dayanıklı hale gelebilir. Aslında hipotermi, gelişmesi için belirli bir zaman geçmesi gerektiğinden, bir anlamda olayın vahametini de gösteren bir durumdur. Gerçekte soğuk suyun şok etkisiyle ilk aşamalarda ortaya çıkan kontrol edilemeyen hızlı soluk alıp verme, kalp atımının hızlanması, titreme ve sempatik sinir sistemi aktivasyonu metabolik ihtiyacı arttırmaktadır. Ancak bazı vaka raporlarında 10 °C den daha soğuk sularda uzun süre su altında kalmış çocuklarda hipoterminin koruyucu etkisi olduğu düşünülmüştür (35).

1940 yılında köpekler üzerinde yapılan boğulma ile ilgili deneylerde, tatlı ve tuzlu suyun etkileri araştırılmıştır. Bu deneylerde, boğulma tatlı suyla gerçekleştirildiğinde, yoğunluk farkı nedeniyle alveol içinden alveolü çevreleyen kılcak damar içine sıvı geçişi

olduğu, böylece kanın seyrelerek kanda sodyum, potasyum gibi elektrolitlerin yoğunluğunun azaldığı görülmüştür. Tuzlu suyla gerçekleştirilen boğulmalarda ise tam tersine damarlardan alveol içine sıvı sızdığı, böylece kanın hacminin azaldığı ve yoğunlaştığı, kandaki elektrolitlerin yoğunluğunun arttığı, akciğer ödeminin daha da kötü bir hal aldığı belirtilmiştir. Halbuki, daha önce de bahsedildiği üzere, insanlardaki boğulma ve boğulayazma olgularında suyun tatlı ya da tuzlu olmasının kan hacminde ve elektrolit dengesinde böyle anlamlı bir fark oluşturmadığı gözlenmiştir. Deneysel sonuçlarla pratik yaşamda karşılaşılan olgularda durumun farklı olması, akciğerlere giren sıvı miktarındaki değişikliğe bağlanmıştır (35).

G. SUDAN ÇIKAN CESETLERE YAKLAŞIM

Sudan çıkarılan cesetlerin incelenmesi adli tıp pratiğinde önemli bir yer tutmaktadır (66). Bu tür olgularda ölüm nedeninin belirlenmesi için adli ve medikal birimler tarafından detaylı ve dikkatli bir inceleme yapılması gerekmektedir (18). Sudan çıkarılan cesetlerde en sık saptanan ölüm sebebinin suda boğulma olmasına rağmen, boğulma dışında kişide önceden var olan ani ölüme yol açabilecek veya katkıda bulunabilecek iskemik kalp hastalığı, serbrovasküler hastalıklar, kardiyak aritmi, epilepsi, hipertansiyon, hipoglisemiye yol açan hastalıklar olayda etkili olabilir. Suya giriş öncesinde veya su içindeyken yaşanan bir yaralanma nedeniyle de ölüm gerçekleşmiş olabilir (42, 62). Bu olguların hepsinde ölüm sebebinden bağımsız olarak su içinde bulunmaktan kaynaklanan ve ölüm sebebinin belirlenmesinde zorluklara yol açan artefaktlar da söz konusu olabilir (62). Ayrıca çürüme veya putrefaksiyon varlığı ölüm sebebine ilişkin bulguları maskeleyebilir veya kaybolmasına yol açabilir. Bu nedenle sudan çıkarılan bir cesette tanı her zaman yalnızca otopsi bulgularına göre konulamaz. Ölüm sebebinin doğru biçimde belirlenebilmesi için, otopsi bulguları; mümkünse kişinin kimlik tespiti, tıbbi geçmişi, ölümün gerçekleştiği ve cesedin çıkarıldığı ortam koşulları, toksikolojik inceleme sonuçları, varsa görgü tanıklarının ifadeleri gibi olayın araştırılmasıyla elde edilen diğer verilerle birlikte değerlendirilmelidir (31).

Sualtıdan çıkarılan bir cesette ölümün adli olarak kaza, intihar ve cinayet olmak üzere 3 temel orjinden biri nedeniyle olduğu düşünülür. Pratikte en sık kazara oluşan suda boğulmalara, ikinci sıklıkta da intihara rastlanmaktadır. Cinayet en nadir karşılaşılan grubu oluşturmaktadır. Otopsiyi uygulayan adli tıp uzmanının bu durumu göz önünde bulundurarak dikkatli bir dış ve iç muayene sonrası tespit edilen bütün yaralanmaları, daha sonradan ölüm

sebebinin tatmin edici bir şekilde açıklanması için ayrıntısıyla kaydetmesi, herhangi bir şüphe varlığında ise bu konuda uzman kişilerle iletişime geçilmesi gerekir (42).

1.Otopsi

a. Dış Muayene Bulguları

Sudan çıkarılan tüm cesetlerde suda kalmaya bağlı olarak oluşan nonspesifik el ve ayaklarda maserasyona bağlı çamaşır eli bulgusu, kıl foliküllerinde bulunan “errector pili” kaslarının soğuk etkisi ile kasılması sonucu oluşan kaz derisi görünümü, vücut yüzeyinde ve giysilerde su yaşamına ait yosun, ot, kum, çamur gibi maddelerin varlığı saptanabilir. Belirli bir zamandan sonra sualtında kalma süresi ve sıcaklığa bağlı olarak el ve ayaklarda eldiven çorap tarzı epidermis soyulmaları gözlenir (42, 62, 66). Maserasyon birkaç dakika içinde başlarken epidermin soyulması 7-10 gün sonra başlar (42).

Ölü lekeleri, klasik baş aşağı, kol ve bacakların dibe daha yakın olduğu pozisyon nedeniyle bu bölgelere uygun dağılım gösterir ve akıntı gibi bir nedenle oluşacak pozisyon değişimlerinden de etkilenir. Yine bu pozisyon nedeniyle başta alın bölgesi olmak üzere, el diz ve ayak sırtlarında sürüklenmeye bağlı olarak abrazyonlar ortaya çıkabilir (42). Balık, yengeç, su kaplumbağası, karides gibi sualtı canlı yaşamına ait ısırık ve yaralama izi bulgularına rastlanabilir. Bu kapsamda, travmatik değişimler vitalite açısından değerlendirilmeli, ölüm öncesi ya da sonrası oluşup oluşmadığı belirlenmeye çalışılmalıdır.

Suda boğulma esnasında solunum yollarına sıvı girişi hava yolu direncini artırarak pulmoner ödeme yol açar. Ödem sıvısı, bronşiyal sekresyonlar, sürfaktan ve aspire edilen sıvı birlikte solunum yollarında köpüklü bir sıvı oluşumuna yol açar. Bu sıvının boğulma sırasındaki solunum çabasıyla ağız ve burundan dışarı çıkması ile mantar köpüğü (mushroom-likefoam) olarak adlandırılan bulgu ortaya çıkar (52). Suda boğulma olguları için oldukça değerli bir bulgu olmakla birlikte kardiyojenik pulmoner ödem, epilepsi, ilaç intoksikasyonu gibi durumlarda da gözlenebildiğinden tek başına patogonomik olmadığı kabul edilir (52, 66). Ağız ve burundan çıkan köpük tipik olarak beyaz veya kanlıdır, kolaylıkla temizlenir ve temizlendikten sonra tekrar ortaya çıkabilir (62). Köpük, putrefaksiyon veya resüsitasyon esnasında uzaklaştırılmış olması gibi nedenlerle otopsi esnasında gözlenemeyebilir.

b. İç Muayene Bulguları

Suda boğulma olgularında trakea, bronş ve bronşiyollerde köpüklü sıvı saptanır. Ayrıca hava yolları sıvı ve sıvı ortamında bulunan kum, çamur, ot gibi materyaller içerebilir. Benzer materyaller sıvı yutulması nedeniyle gastrointestinal sistemde de saptanabilir (42). Akciğerlerde ağırlık artışı, aşırı şişme (emphysema auosum), mediastinal kenarların perikardı örtmesi, akciğerlerin yüzeyinde kostalara ait izler, kesit yüzeylerinde köpüklü sıvı çıkışı ve hiperemik görünüm, subplevral hemorajiler (Paltauf's lekeleri) ve plevral efüzyon tespit edilebilir (52, 66). Suyun tatlı veya tuzlu olması, boğulma ile otopsi arasında geçen süre, yaş ve cinsiyet, su sıcaklığı, plevral efüzyon miktarını ve akciğer ağırlığını etkilemektedir (62). Suda boğulma olgularının %10-15'inde akciğerlerde şişme saptanmadığı ve akciğerlerin normal olduğu rapor edilmiştir. Kuru boğulma olarak adlandırılan bu durum günümüzde de tartışılmaktadır. Başlarda bu durum suyun üst hava yollarıyla teması sonucu gelişen laringospazm, vagal kardiyak inhibisyon, ani kardiyak arrest, uzamış resüsitasyonla sıvının kana absorpsiyonu gibi mekanizmalarla açıklanmıştır. Kuru boğulmanın son yıllarda yeniden değerlendirilmesiyle edinilen izlenim, gerçek insidansının önceki tahminlerden az olduğu ve bu tür olgularda ölümün doğal hastalıklar nedeniyle gerçekleşmiş olabileceği yönündedir (52).

Ayrıca sfenoid, maksiler, frontal ve etmoid sinüslerde sıvı, boyun dokularında hemoraji, temporal kemiğin petröz ve mastoid bölgelerinde belirgin hemoraji suda boğulma olgularında tespit edilebilen bulgulardır. Karaciğer, böbrek, dalak gibi organ ağırlıklarında artış olabilmekle birlikte, dalağın ağırlığında azalma da saptanabileceği bildirilmektedir (52, 66).

c. Histopatolojik İnceleme Bulguları: Sudan çıkarılan bir cesetten alınan organ örneklerinin histolojik incelemesi akciğerlerle sınırlı tutulmamalı, suda boğulma ile diğer ölüm sebepleri arasındaki farkların belirlenebilmesi için tüm organları içeren tam bir histolojik inceleme yapılmalıdır. Akciğerlerden, inceleme için bütün loblardan, en az biri periferik biri santral olmak üzere çok sayıda örnek alınması gerekir (60). Suda boğulmada akciğerlerde klasik olarak alveollerin aşırı dilatasyonu ile septalarda incelme ve laserasyon, alveoler septal kapillerin kompresyonu ile alveoler boşlukların dilatasyonu ve intraalveoler ödem ve hemoraji, interstisyel ödem ve hemoraji, alveolar makrofajların dasyısında azalma, kapiller konjesyon, bazen su ortamına ait eksojen partiküller saptanabilir (52, 66).

d. Biyokimyasal Testler: Stronsiyum, fluorine, Na, CL, Mg, Ca gibi kimyasal markerlar, dolaşımda bulunabilen alveol yapı taşları (fosfatidil kolin, fosfatidiletanolamin,

fosfatidilgliserol ve sürfaktan) suda boğulmanın biyokimyasal belirteçleri olarak gösterilmektedir (66).

e. Diatom İncelemesi: Diatom ve algae (algler, suyosunları, chlorophceae) gibi mikroorganizmalar, özellikle çürüme ile birlikte makroskopik ve mikroskopik bulguların kaybolduğu olgularda, silisli hücre yapısı sayesinde çürümeye, aside ve ısıya dirençli olmasıyla, suda boğulmalarda tanı yöntemi olarak kullanılmaktadır. Diatomlar planktonların bir alt grubudur ve suda boğulma esnasında aspirasyon sonrası dolaşıma geçerek vücudun her yerine dağılabilir. Ölümün çok kısa sürede gerçekleştiği durumlarda saptanamayabilmesi, diatomların mevsimlere aylara ve sıcaklığa göre değişim göstermesi, suda boğulma dışındaki ölümlerde de tespit edilebilir olması, kontaminasyon sonucu yanlış pozitif sonuç alınabilmesi yöntemle ilgili tartışma yaratan durumlardır. Standart prensip iç organlar ve ölümün gerçekleştiği suda yapılan kalitatif ve kantitatif diatom analizleridir (66, 91). Kantitatif analizde dokularda saptanan diatom miktarı belirlenirken, kalitatif analizde cesedin çıkarıldığı sudan elde edilen diatomların dokulardakilerle karşılaştırılması yapılmaktadır. Kalitatif incelemenin kantitatif incelemeye oranla daha güvenilir sonuçlar verdiği görülmüştür (91).

f. Toksikolojik Analiz: Ölüme yol açan koşulların doğru yorumlanabilmesini kolaylaştırmak amacıyla kişinin suya girmeden önce davranış ve hareketlerinde değişiklik yaratabilecek alkol veya herhangi başka bir ilaç kullanımının tespit edilmesi için toksikolojik analiz yapılmalıdır (42).

Suda boğulmaya ait makroskopik ve mikroskobik bulguların tamamı nonspesifiktir ve çürüme nedeniyle hızlıca ortadan kaybolmaktadır. Çürüme nedeniyle suda boğulma tanısının doğrulanması amacıyla ileri laboratuvar testlerine ihtiyaç duyulmaktadır. En değerli test diatom analizi olmakla birlikte biyokimyasal testlerin çoğu henüz bilimsel olarak kesinliğe sahip değildir. Sudan çıkarılan bir cesette makroskopik ve mikroskopik bulgular, laboratuvar test sonuçları, olay yeri inceleme raporları ve varsa görgü tanıklarının ifadelerinin bir arada değerlendirilmesi doğru sonuca ulaşılmasında yol gösterici olmaktadır. Sonuç olarak suda boğulma tanısının tartışmasız ve kesin bir şekilde konulması günümüz adli tıp pratiğinde zordur. Bu nedenle sıvı aspirasyonunun kanıtlanamadığı durumlarda spesifik bir ölüm nedeni belirlemektense ölümden sorumlu tutulabilecek farklı tanıların bir listesinin sunulmasının daha doğru bir yaklaşım olacağı belirtilmektedir (66, 42).

H. DALIŞ KAZASI ÖLÜMLERİNDE ADLİ TIP YAKLAŞIMI

Bütün dalış ile ilişkili ölümlerde bu konuda uygun eğitim ve tecrübeye sahip uzman hekimler tarafından yapılacak otopsi ile ekipman ve olay yeri koşullarının değerlendirilmesini de içine alan eksiksiz bir araştırma ile olay aydınlatılabilecektir. Önerilen postmortem inceleme dalış fiziği ve fizyopatolojisi konusunda bilgi sahibi olan bir adli tıp uzmanı tarafından gerçekleştirilmesi gerektiğidir (43). Mevsimsel olarak suda boğulma olguları sık karşılaşılan olgular olmakla birlikte, dalış kazası nedeniyle ortaya çıkan ölümler, adli tıp uzmanlarının günlük rutinleri içinde görece nadir karşılaştıkları bir durumdur (53). Otopsiyi yapacak olan hekim dalış ile ilişkili ölümlerde otopsi bulgularının ölüm nedenini belirlemek için tek başına yeterli olmadığını bilmeli, yanlış yorumlanabilecek yaygın postmortem değişiklikler nedeniyle hatalı sonuçlara varılabileceğinin farkında olmalıdır (11).

Postmortem inceleme, ölümün gerçekleştiği koşullar tam olarak inceleninceye kadar başlatılmamalı, diğer yandan postmortem değişikliklerin bulguları maskeleyebileceği veya yanlış değerlendirmelere yol açmasını engellemek için de otopsi mümkün olduğu kadar kısa sürede gerçekleştirilmelidir. (11, 43).

Dalış aktivitesine bağlı ölümlerin değerlendirilmesindeki en önemli kısmı dalış öyküsü oluşturur (10).

1. Öykü

Dalgıcın daha önceki tıbbi sorunları özellikle de kardiyak hastalıklar, epilepsi, diyabet, astım, kronik obstrüktif pulmoner hastalık öyküsü, düzenli olarak uygulanan bir tedavi, dalıştan önceki genel durumu, dalış öncesi alkol veya herhangi bir ilaç kullanıp kullanmadığı mutlaka sorgulanmalı ve kayıt altına alınmalıdır (10, 11).

Mümkünse ölen dalgıcın dalış deneyimi ve sertifikasyonu öğrenilmelidir. Dalış öyküsünün en önemli parçası ölümün meydana geldiği dalışa özgü olaylardır. Öyküde dalış planlaması, derinlik, süre, tekrarlayan dalış varlığı, sualtında gerçekleştirilen aktiviteler, dalış eşinin olup olmadığı, varsa dalışa eşlik eden diğer dalgıçların olayla ilgili gözlemleri, hızlı çıkış ve öncesindeki olaylar, yüzeye gelindiğinde gözlenenler ve temel yaşam desteği uygulanıp uygulanmadığı hakkında mutlaka bilgi alınmaya çalışılmalıdır. Kazayla sonuçlanan dalışın gerçekleştiği çevresel koşullarla ilgili olarak da dalışın zamanı, sualtı görüş mesafesi, dalış noktasının özellikleri (açık deniz, batık, mağara, buz altı vs.), su veya deniz koşulları, şiddetli rüzgar, dalış yapılan bölgeye özel sualtı yaşamının barındırdığı tehlikeler hakkında

bilgi edinilmelidir (60). Ölümün meydana geldiği dalışta dalış bilgisayarı kullanılmışsa kayıtlı bütün veriler indirilerek sadece son dalış değil, daha önceki dalışlar da dahil, yüzey bekleme süreleri, derinlik, dalış ve dip zamanı, çıkış hızı ve dekompresyon durakları, kullanılan solunum gazı bir bütün olarak değerlendirilmelidir (10). Hızlı çıkışın en iyi kanıtı dalış bilgisayarından elde edilen verilerle sağlanabilir.

Çoğu olguda ölüm sebebini belirlemeden önce problemin dalış öncesi, iniş, dipte, çıkış, dalış sonrası gibi dalışın hangi safhasında başladığı, olaylı dalışta hızlı çıkış, travma veya herhangi bir yerde sıkışma gibi durumların söz konusu olup olmadığı, kazadan sonra temel yaşam desteğinin uygulanıp uygulanmadığının bilinmesi, ölüm sebebine ilişkin nihai kararın verilmesinde son derece etkilidir (10, 12, 43).

Cesedin olay yerinde ne zaman ve ne şekilde bulunduğu, ölen dalgıca ait olduğu düşünülen eşyaların ayrıntılı şekilde tarifi ve özellikleri, olay yeri ile ilgili tanımlayıcı bilgiler kayıt altına alınmalı ve tüm bulgular tekrar değerlendirilmek üzere fotoğraflanmalıdır (39). Ölümle sonuçlanan dalış esnasında kullanılan dalış ekipmanlarına el konularak mümkün olan en kısa sürede bu konuda uzman biri tarafından incelenmesi sağlanmalıdır. Dalış tüpünün içinde kalan solunum gazı miktarı kaydedilmeli ve valf kapatılmalı, tüpün içindeki hava karbonmonoksit veya karbondioksit kontaminasyonu açısından analiz edilmelidir. Ayrıca denge yelegeği ve ağırlık kemeri de incelenmelidir. Tüm bu değerlendirmeler sonucunda olayla ilgili geniş kapsamlı bir rapor hazırlanmalı ve otopsiyi yapacak olan hekim otopsiye başlamadan önce bu raporu dikkatli bir biçimde incelemelidir (60).

2. Radyolojik İnceleme

Postmortem incelemeye başlamadan önce bilgisayarlı tomografi veya bulunmadığı durumlarda direkt grafi vücuttaki gaz varlığının tespiti için kullanılabilir. Kimi kaynaklarda zorunlu olduğu belirtilmekle birlikte (60) bazı kaynaklarda da sıklıkla dokularda postmortem gaz oluşabilmesi nedeniyle tartışmalı olduğu vurgulanmaktadır (43). Tanısal değeri postmortem süre uzadıkça azaldığından radyolojik incelemenin ölümden sonraki 8 saat içinde uygulanması gerekir. Radyolojik incelemede bül, blep gibi akciğer lezyonlarının, pnömotoraks, mediastinal amfizem ve intravasküler gaz varlığının tespiti akciğer barotravması ve AGE açısından önemlidir. Maalesef dalış kazasına bağlı gelişen ölümlerde yapılan otopsilerde intravasküler gaz varlığı oldukça yaygın bir bulgudur ve akciğer barotravması ve AGE için spesifik değildir (13, 43). Çürüme, DH, temel yaşam desteği ve cesedin yüksek basınçlı ortamdaki düşük basınçlı ortama getirilmesi durumlarında da

intravasküler alanda gaz görülebilir (44, 87). Radyolojik inceleme, baş, boyun, göğüs ve abdomeni içerecek şekilde olmalı ve postmortem etkileri minimize etmek için ölümün gerçekleşmesinden sonra mümkün olan en kısa süre içinde uygulanmalıdır. Sualtı patlamaları ile ilgili olgularda bütün vücut taranmalıdır (60).

3. Dış Muayene

Tüm adli otopsilerde olduğu gibi detaylı bir dış muayene yapılması esastır. Morluk, abrazyon, laserasyon gibi sualtında sürüklenme bulgularını da içeren eksternal yaralanmalar, ölümün gerçekleştiği sularda bulunan zehirli sualtı canlıları tarafından ısırılma/sokulma nedeniyle oluşan yaralanmalar ile eritem, deskuamasyon ve nekroz varlığı ölüm sebebi hakkında bilgi verdiği için mutlaka kayıt altına alınmalıdır. Akciğer barotravması sonucu oluşan veya olası göğüs yaralanmasına işaret eden subkutanöz amfizem varlığının tespiti amacıyla baş, boyun ve göğüs palpasyonu, retinal arter embolizasyonunun araştırılması için oftalmoskopik muayene, barotravma varlığının göstergesi olarak kulak zarı perforasyonu, kanama, doku nekrozu gibi olası bulguların tespiti için otoskopik muayene mutlaka yapılmalıdır (39, 60). Göz ve burun çevresinde gözlenen basınca bağlı izler ve küçük konjonktival kanamalar sıklıkla maskenin sıkıştırması nedeniyle oluşur ve muhtemelen bilinç kaybı nedeniyle, iniş sırasında maske içindeki hava ile dış ortam basıncının eşitlenememiş olduğunu düşündürür (87).

Ayrıca cesedin sualtında kalmasına bağlı gözlenen değişimler ve suda boğulmada ortaya çıkan dış muayene bulgularına rastlanır.

4. İç Muayene

Tam bir dış muayene ve görüntüleme yapıldıktan sonra iç muayeneye geçilir (9).

AGE açısından göğüs ve abdomenden önce ilk olarak kafatasının açılması uygun olacaktır (39). Beyin dokusu kafatasından uzaklaştırılmadan önce intrakraniyal damarlara iatrojenik hava kaçışını engellemek için boyun damarları bağlanmalı, arteria serebri media, baziler ve vertebral arterler klemlendikten sonra kesilerek beyin dokusu kafatasının dışına alınıp su dolu bir kabın içine yerleştirilmelidir. Bu koşullarda, serebral damarlarda gaz varlığında klemlerin açılmasıyla serbestleşen damarlardan hava kabarcığı çıkışı gözlenebilir (39, 43). Süperfisyel venler ve venöz sinüslerde gözlenen hava/gaz kabarcıkları önemsenmez. Süperfisyel ve kortikal damarlar ile willis poligonu ve orta serebral arterlerdeki kabarcıkların dikkatle incelenmesi gerekir (10).

Göğüs boşluğunda pnömotoraks varlığının saptanması için değişik teknikler bulunmaktadır. Göğüs üstünde bir insizyon açılarak yumuşak dokuda bir cep oluşturulup içi su ile doldurulur. Büyük delikli bir iğne ile her iki tarafta da, ikinci interkostal boşluklara girilerek hava kaçağı olup olmadığı test edilir. Çıkan hava isteğe bağlı olarak ölçüm ve analiz amacıyla dereceli bir tüp içine hapsedilebilir. Özellikle sol ventrikülde ve yüksek oksijen içeriğine sahip gaz varlığı emboli lehine yorumlanır. Çürüme nedeniyle oluşan gazın oksijen içeriği düşük, karbondioksit ve hidrojen içeriği yüksektir (10, 12, 44). Barotravmadan şüphelenilen olgularda pnömotoraks testinin mutlaka yapılması gerekir. Kalp mümkünse su altında açılmalı ya da perikarda düzgün bir kesi ile girilerek perikardiyal kese su ile doldurulup her bir ventriküle bir kesi atılarak varsa hava kabarcığı çıkışı gözlenmelidir (9, 39).

Göğüs kafesi ve kafatasının su altında açılması kalp ve damarlardan çıkan gazın direkt olarak gözlenmesine izin verse de, özel teknikler olmadan uygulanamaması ve bu teknikle çıkan gaz kabarcıklarının görülmesinin zor olması nedeniyle herhangi bir diseksiyon yapmadan önce radyolojik görüntüleme yapılması akciğer barotravması ve komplikasyonlarının saptanmasında daha güvenilirdir (43).

Akciğerler barotravmaya neden olabilecek bül, bleb ve amfizematöz değişiklikler gibi hava hapsine yol açan lezyonlar yönünden dikkatlice incelenmelidir. Kalp, ani ölüme neden olabilecek koroner ateroskleroz ve diğer kardiyak anomaliler yönünden değerlendirilmelidir. Paradoksal emboliye yol açabilen patent foramen ovale varlığının da ayrıca kontrol edilmesi gerekir (43).

Sualtında gerçekleşen bir ölüm sıklıkla suda boğulma ile sonuçlandığından, organlarda başta akciğerler olmak üzere suda boğulmaya ait makroskopik ve mikroskopik bulgular gözlenecektir.

5. Toksikolojik İnceleme

Toksikolojik analiz için kan, idrar, vitroz sıvı, safra, karaciğer, böbrek ve mide içeriği gibi bir çok dokudan örnek alınmalıdır. Bütün maddelerin çalışılması gerekmemekle birlikte alkol, kötüye kullanım ihtimali olan madde veya ilaçlar ile ölümün basınçlı hava soluyarak yapılan bir dalış nedeniyle gerçekleştiği durumlarda CO miktarı araştırılmalıdır (10, 43).

6. Histopatolojik İnceleme

Histopatolojik inceleme için akciğer, beyin, kalp, karaciğer, böbrek ve gerektiği durumlarda diğer dokulardan da örnekler alınmalıdır. Akciğer barotravmasında alveoler rüptür, interstisyel amfizem, parankimal hemoraji ve ödem gözlenebilir (39, 83). Ayrıca suda boğulmayla sonuçlanmış olgularda buna bağlı histopatolojik değişiklikler izlenir.

Dalış kazasına bağlı ölümlerde ölüm sebebinin belirlenmesi için otopsi bulguları tek başına yeterli olmamaktadır. Ölen dalgıcın tıbbi geçmişi, dalış eğitimi ve deneyimi, ölümcül dalış kazasıyla sonuçlanan dalışın profili, tekniği, dalgalı ve akıntılı su, kötü hava şartları gibi dalışın yapıldığı ortam koşulları, dalış donanımının incelemesi, dalış öncesi alkol veya herhangi bir ilaç kullanım bilgileri ve postmortem inceleme bulguları bir arada değerlendirilmeli, postmortem dekompresyon, dekompozisyon, temel yaşam desteği uygulaması gibi nedenlerle oluşabilecek değişikliklerin yanlış yorumlamalara neden olabileceği akılda bulundurulmalıdır.

III. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu tez çalışmasında Türkiye' de gerçekleşen ölümcül dalış kazaları arşiv taramalarıyla geriye dönük olarak incelenmiştir.

Ölümcül seyreden dalış kazalarıyla ilgili belgelere arşivlerde ulaşabilmek için ilk olarak proje T.C. Adalet Bakanlığı, Adli Tıp Kurumu Başkanlığı, Eğitim ve Bilimsel Araştırma Komisyonu'na sunulmuş ve uzmanlık tezi projesi olarak kabul edilmiştir. Projenin kabul edilmesinden sonra T.C. Adalet Bakanlığı, Adli Tıp Kurumu Morg İhtisas Dairesi, Adana, İzmir ve Bursa Adli Tıp Grup Başkanlıkları, Mersin, Çanakkale, Aydın ve Muğla Adli Tıp Şube Müdürlükleri proje hakkında bilgilendirilmiş, gerekli arşiv taramasının yapılabilmesi için izin alınmış ve tarama tarafımızdan yerinde gerçekleştirilmiştir. Antalya Adli Tıp Grup Başkanlığı, arşivlerinde gerekli taramanın kendi hekimleri tarafından yapılmasını uygun görmüş olup, belirlediğimiz yöntemle göre elde edilen veriler tarafımıza iletilmiştir. Arşiv taramaları geriye dönük olarak 2007 ve 2013 yılları arasındaki yedi yılı kapsamaktadır. Taramalarda ölümlerle sonuçlanan dalış kazalarıyla ilgili belgelere ulaşabilmek için otopsi kayıt defterlerinde “suda boğulma, denizden/sudan çıkarılmış ceset, kumsalda/deniz kıyısında bulunan ceset” gibi ifadelerle yer verilmiş olguların dosyaları incelenmiştir. Ayrıca arşivleri incelenerek Türkiye Sualtı Sporları Federasyonu (TSSF) tarafından soruşturulmuş dalış kazalarındaki isimlere ve oluşturulan mail grubuyla irtibat kurulan TSSF bölge temsilcileri, eğitmen ve dalıcılar tarafından verilmiş ölümcül dalış kazalarıyla ilgili isimlere ilgili adli tıp birimlerinin arşivlerinde ulaşılmaya çalışılmıştır. Arşiv taramasında ulaşılan dosyalardaki otopsi raporları ve diğer belgeler incelenerek dalış kazasına bağlı gerçekleşmiş ölümler tez çalışmasına dahil edilmiştir. Dosyasında dalış yapılmış olduğu ifade edilen, cesedin dış muayene raporunda dalış donanımından söz edilen, ölüm sebebi olarak dekompresyon hastalığı veya vurgun, akciğer barotravması, arteriyel gaz embolisi gibi dalışa özgü hastalıklardan bahsedilen olgular dalış kazasına bağlı gelişen ölüm olarak ele alınmıştır. Adli tıp arşivlerindeki dosyalara ulaşımında Ulusal Yargı Ağı Bilişim Sistemi (UYAP)'nden de yararlanılmıştır. Sistem üzerinden yapılan taramada, “dalış”, “dalgıç”, “dalma”, “zıpkın”, “tüp”, “tüplü”, “maske”, “palet”, “şnorkel”, “ağırlık kemeri”, “kurşun kemer”, “vurgun”, “dekompresyon”, “gaz embolisi”, “suda boğulma” gibi anahtar kelimeler kullanılmıştır. Gerek otopsi kayıt defterinden, gerekse UYAP'tan ölümcül dalış kazası olarak nitelendirilebilecek dosyalar incelenerek detaylı bilgi elde edilmeye çalışılmıştır.

Elde edilen veriler incelenerek uygulanan otopsi teknikleri, ölen dalgıçların cinsiyet ve

yaş dağılımları, belirtilen ölüm nedenleri, önceden var olan bir sağlık sorunuyla ilgili bulgu varlığı, dalış kazalarının yıllara ve aylara, boğulmaların yıllara göre dağılımı, raporlarda kazanın gerçekleştiği dalış türü, dalış aktivitesinin amacı, arşiv taramasında yaşanan güçlükler değerlendirilmiştir.

IV. AMAÇLAR

Bu çalışmada İstanbul, Adana, İzmir, Bursa, Mersin, Çanakkale, Aydın ve Muğla illerindeki adli tıp birimleri ve TSSF arşivlerindeki ölümcül dalış kazalarıyla ilgili belgelere ulaşmak ve bu belgelerin incelenmesiyle uygulanan otopsi teknikleri, cinsiyet ve yaş dağılımları, ölüm sebepleri, kazayı tetikleyebilecek bir sağlık sorunu, kazaların yıllara ve aylara göre dağılımı, kazayla sonuçlanan dalış türü ve amacı gibi konularda veri toplamak amaçlanmıştır.

V. BULGULAR

Geriye dönük dalış kazasına bağlı ölümlerle ilgili yapılan arşiv taramasında T.C. Adalet Bakanlığı, İstanbul Adli Tıp Kurumu Morg İhtisas Dairesi arşivinden 11, İzmir, Bursa, Antalya, Adana Adli Tıp Grup başkanlıkları arşivlerinden sırasıyla 15, 10, 7 ve 3, Çanakkale, Aydın, Muğla Adli Tıp Şube Müdürlüklerinden sırasıyla 1, 1 ve 2 olgu olmak üzere toplam 50 dosyaya ulaşılmıştır.

TSSF arşivinden, soruşturulmuş 14 dalış kazası dosyasına ulaşılmıştır. Bu kazalardan 11'inin ölümlerle sonuçlandığı tespit edilmiş olup, 11 kazanın sadece 5'iyle ilgili dosyalara adli tıp birimlerinde ulaşılabilmektedir. Geriye kalan 6 olguyla ilgili dosyalara araştırma yapılan birimlerde ulaşılamamıştır. Bunun sebebi, 1 olguda otopsinin arşiv taraması yapılabilen merkezler dışında gerçekleşmesi, 1 olguda kesin ölüm sebebinin belirlenmesi nedeniyle klasik otopsiye gerek duyulmaması, geriye kalan olgularda ise arşivleme hatası olarak belirlenmiştir. TSSF'den elde edilen 6 olgunun 3'ü, araştırma dosyaları arasında otopsi tutanaklarının bulunmaması nedeniyle değerlendirilme dışı bırakılmıştır.

Çanakkale Adli Tıp Şube Müdürlüğü'nden elde edilen 1 olgu da otopsi raporunun bulunmaması nedeni ile değerlendirme dışı bırakılmıştır.

Tablo 5 arşiv taraması yapılan adli tıp birimleri ile TSSF arşivlerinden tespit edilerek değerlendirmeye alınan olgu sayılarını göstermektedir.

ARŞİV	İstanbul	İzmir	Bursa	Adana	Antalya	Aydın	Muğla	TSSF
OLGU #	11	15	10	3	7	1	2	3

Tablo 5. Tarama yapılan birimler ve değerlendirilen olgu sayıları

Olguların dalış türleri, otopsi raporları ve ölü muayene tutanaklarında yer alan ifadelerle göre belirlenmiştir. Dosyadaki belgelerde dalış türü belirtilmemiş olup, otopsi raporu ve ölü muayene tutanaklarında tüplü dalışı düşündürecek herhangi bir emareye rastlanmaması halinde tür serbest dalış olarak ele alınmıştır. Buna göre dalış kıyafeti ile denizde ölü bulunmuş olan İstanbul Adli Tıp Kurumu Morg İhtisas Dairesi arşivindeki 4 olgu ve Bursa Adli Tıp Grup Başkanlığı'ndan ulaşılan 1 olgu serbest dalış kategorisinde sınıflandırılmıştır.

Değerlendirmeye alınan 52 ölümcül dalış kazasının, 20 sinin SCUBA, 2 sinin yüzeyden beslemeli sistemlerle, 28 olgunun serbest dalış, 2 olguda ise şnorkel aktivitesi esnasında geliştiği tespit edilmiştir. Şnorkel aktivitesi esnasında gerçekleşen ölümler serbest dalış kategorisinde değerlendirmeye alınmıştır. **Tablo 6** olguların kaza esnasındaki dalış türlerine

göre dağılımı görülmektedir.

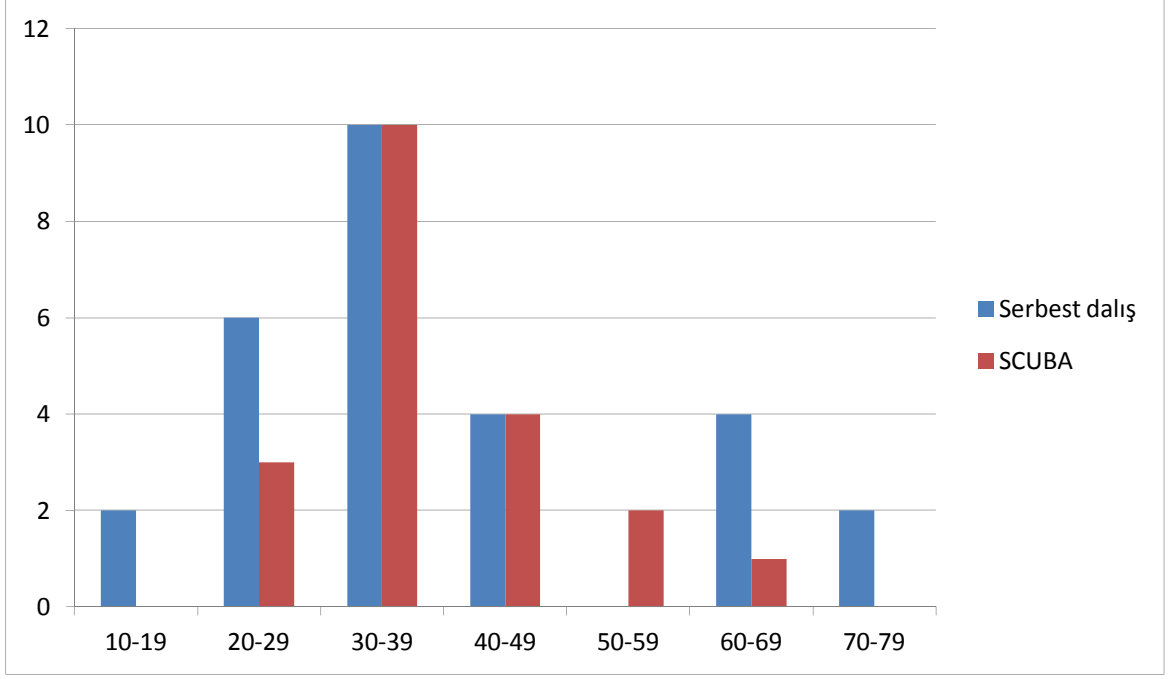
DALIŞ TÜRÜ	SCUBA	Serbest	Yüzeyden beslemeli
OLGU #	20	30	2

Tablo 6. Olguların dalış türlerine göre dağılımı

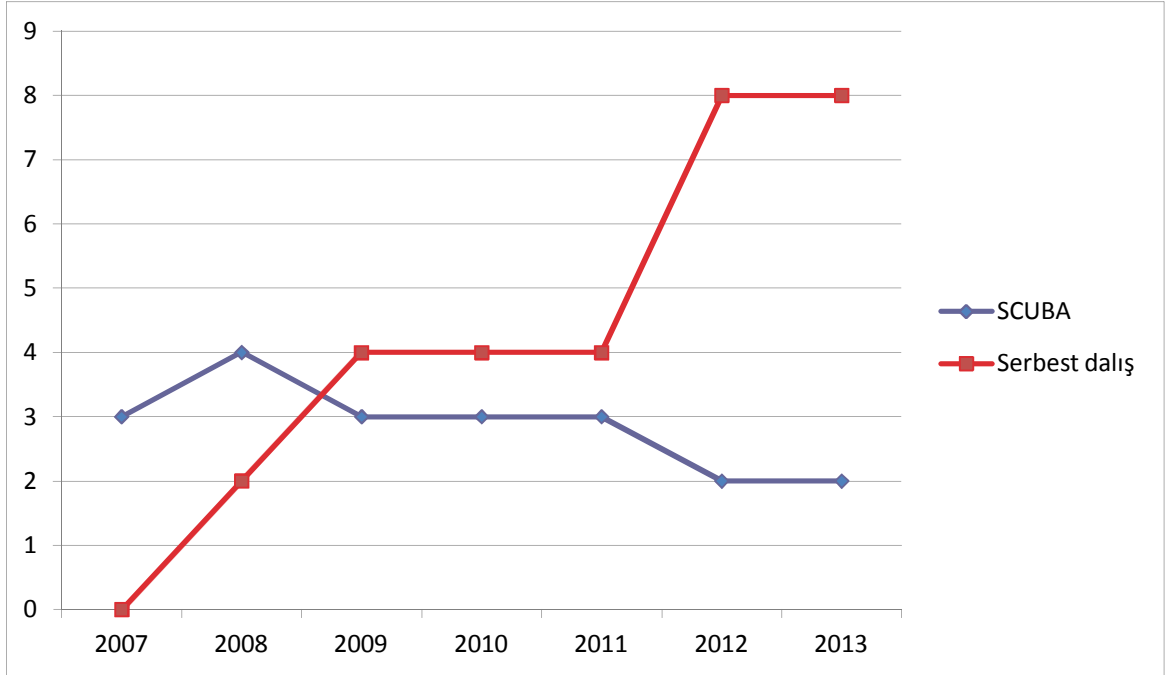
52 olgunun 49 (%94)'ünün erkek, 3 (%6)'ünün kadın olduğu, kadınlardan 2'sinin scuba, 1'inin serbest dalış kazasında hayatını yitirdiği tespit edilmiştir.

SCUBA dalış kazasında yaşamını yitiren erkeklerin yaşı 22 ile 68 arasında değişmekte olup ortalaması 34 iken, yaşamını yitiren iki kadından birisi 36 diğeri 48 yaşında idi. Serbest dalış kazasında yaşamını yitiren olguların yaşlarının 15 ile 74 arasında değiştiği ve yaş ortalamasının 39,5 olduğu belirlenmiştir. 2 olguda kimliklendirme ve ileri derecede çürüme nedeniyle yaş tayini yapılamamıştır. Şnorkel aktivitesi esnasında yaşamını yitirenlerden erkek olan olgunun 34, kadın olan olgunun ise 61 yaşlarında oldukları belirlenmiştir. Yüzeyden beslemeli dalış kazası nedeniyle yaşamını yitiren olguların yaşları 30 ve 51 olarak belirtilmiştir. **Grafik 1** olguların dalış türleri ve yaş aralığına göre dağılımını göstermektedir.

Dalış kazası ölümlerinin 3'ünün 2007, 6'sının 2008, 7'sinin 2009, 6'sının 2010, 7'sinin 2011, 11'inin 2012, 11'inin 2013 yılında gerçekleştiği tespit edilmiştir. SCUBA dalışı esnasında gelişen ölümcül kazalarda bu dağılım 2007'de 3, 2008'de 4, 2009'da 3, 2010'da 3, 2011'de 3, 2012'de 2, 2013'te 2 olgu olarak belirlenmiştir. Serbest dalış aktivitesine bağlı ortaya çıkan ölümlerin yıllara göre dağılımı ise; 2008'de 2, 2009'da 4, 2010'da 4, 2011'de 4, 2012'de 8, 2013'de 8 olgu olarak tespit edilmiştir. 2012 ve 2013 yıllarında yüzeyden beslemeli dalış esnasında 1'er olgunun, 2010 ve 2012 yıllarında da şnorkel aktivitesi esnasında 1'er olgunun yaşamını yitirdiği saptanmıştır. **Grafik 2**'de ölümcül dalış kazalarının SCUBA ve serbest dalış olarak yıllara göre dağılımı görülmektedir.

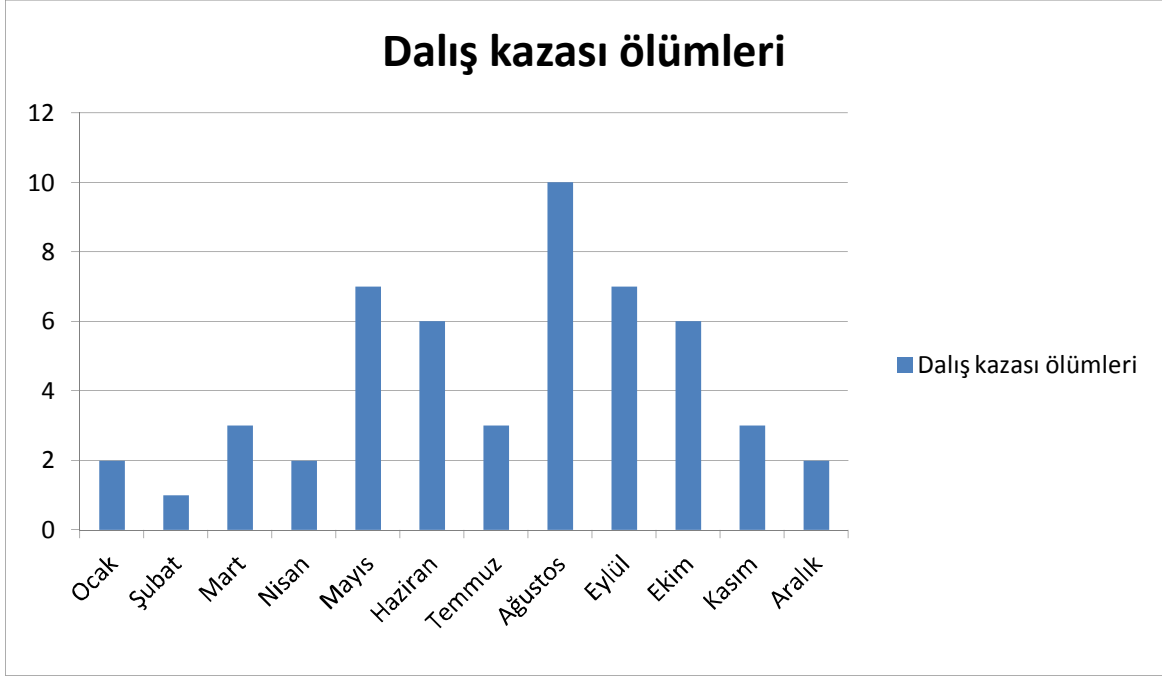


Grafik 1. Dalış kazası ölümlerinin yaşlara göre dağılımı

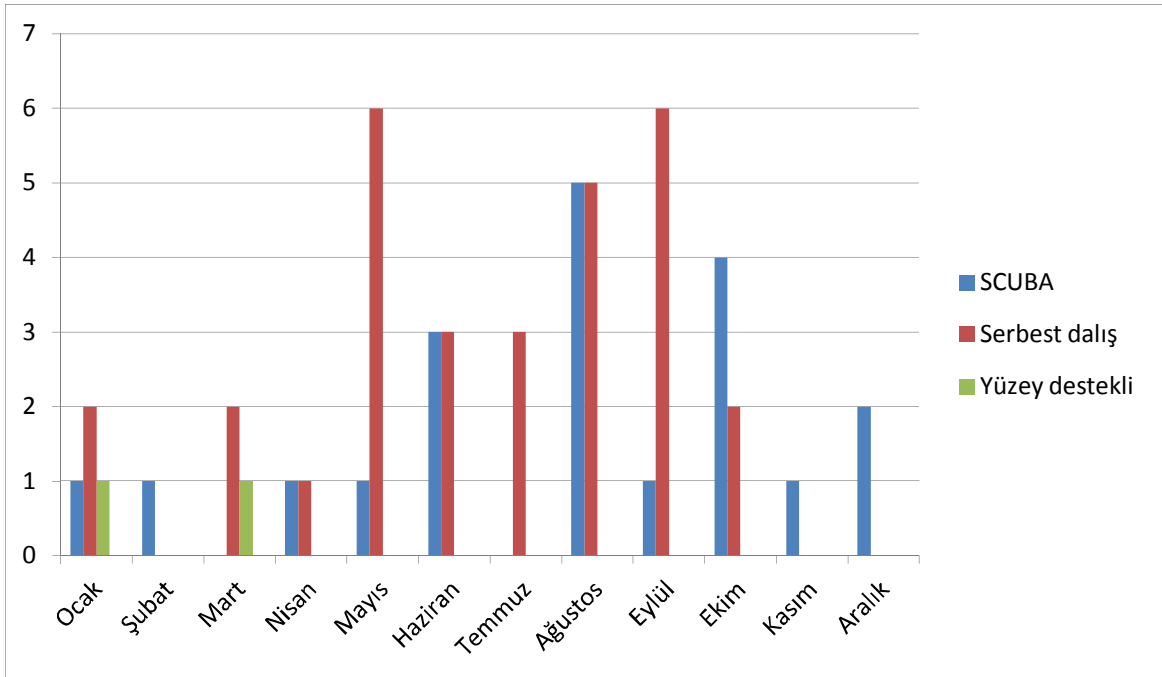


Grafik 2. SCUBA ve serbest dalış kazalarına bağlı yıllık ölüm sayıları

Ölümcül dalış kazalarının %75 (39/52)'inin Mayıs-Ekim ayları arasındaki 6 aylık periyotta gözlendiği belirlenmiştir. SCUBA dalışı kazası nedeniyle meydana gelen ölümlerin %70 (14/20)'i, serbest dalış kazası nedeniyle meydana gelen ölümlerin ise %83 (25/30)'ünün sözü edilen altı aylık periyotta gerçekleştiği tespit edilmiştir. **Grafik 3** dalış kazası nedeniyle gerçekleşen bütün ölümlerin, **Grafik 4** ise dalış türleri ve şnorkel aktivitesi nedeniyle meydana gelen ölümlerin aylara göre dağılımını göstermektedir.



Grafik 3. Dalış ölümlerinin aylara göre dağılımı



Grafik 4. Farklı dalış türleri ve şnorkel aktivitesi nedeniyle meydana gelen ölümlerin aylara göre dağılımı

SCUBA dalışı kazası nedeniyle gerçekleşen 20 ölümün 12 (%60)'sinin suda boğulma, 2 (%10)'sinde "hava embolisi ve suda boğulma sonucu oluşan asfiksinin müşterek etkisi", 1

(%5) olguda bir süre yoğun bakım takibi sonrası “sualtında oksijensiz kalmaya bağlı gelişen komplikasyonlar”, 2 olguda (%10) “hava embolisi”, 1 (%5) olguda “künt genel beden travmasına bağlı sol kol amputasyonu, sağ brakial arter/ven yaralanması, göğüs kafesi kemik kırıkları ile birlikte sağ akciğer kontüzyonu ve dış kanama”, 1 (%5) olguda “dalış esnasında vurgun yeme ile oluşan akciğer ödemi”, 1 (%5) olguda “dalışta kullanılan tüpten kaynaklanan CO intoksikasyonu” sonucu gerçekleştiği raporlanmıştır.

Yüzeyden beslemeli dalış kazasında gerçekleşen 2 ölümün birinde ölüm sebebi olarak “suda boğulma”, ölmezden önce bir süre yoğun bakımda takip edilen diğer olguda “suda boğulmaya bağlı oksijensiz kalmanın neden olduğu hipoksik ensefalopati” ölüm nedenleri olarak raporlara geçmiştir.

Serbest dalış kazasında gerçekleşen 30 ölümün 25 (%83)’inde “suda boğulma”, 1 (%3)’inde “vurgun ve bu nedenle su içinde kalmaya bağlı asfiksi”, 1 (%3)’nde “akciğerlerde ödem, kronik konjesyona bağlı bulgular, amfizem ve bu nedenle gelişen solunum yetmezliği” ölüm sebebi olarak gösterilmiş olup, 3 (%10) olguda ileri derecede çürüme ölüm sebebinin tespitini engellemiştir.

Otopsi raporunda dalış yapılmış olduğu bilgisi veya dalış ekipmanlarının varlığıyla ilgili bilgi 34 (%65) olguda gözlenmiştir. Bu olguların 7 (7/52=%13)’sinde dalış türünün belirtildiği ve dalış türü belirtilenlerin de 4 (4/52=%8)’ünde otopsi raporunda olay ile ilgili kısa bir klinik bilginin yer aldığı tespit edilmiştir. Diğer olgularda dalış yapılmış olduğu ve dalış türüne dair bilgi ölü muayene tutanaklarının incelenmesiyle anlaşılmıştır. Bunlardan TSSF arşivinden ulaşılan 3 olgunun dosyalarında dalış türü, kişinin dalış deneyimi, ölümle sonuçlanan dalışın öyküsü, ekipman inceleme sonuçları, olay yeri inceleme raporları ve tanık ifadeleri gibi diğer araştırma raporlarının da yer aldığı belirlenmiştir.

Araştırmamızda elde ettiğimiz 52 otopsi raporunun yanı sıra, bu olguların 45’ine ait ölüm tutanakları da incelenebilmiştir. Yedi olgunun ölüm tutanağının elimizde olmamasının nedeni, tarafımızdan arşiv taraması yapılmasına izin verilmeyen Antalya Adli Tıp Şube Müdürlüğü’nün bize sadece otopsi tutanaklarını göndermesidir. Ölüm tutanakları incelendiğinde sadece 11 olguda dalış hikayesi ile ilgili bilgiye ve tanık ifadelerine yer verildiği görülmüştür. Bunlardan 2’si yüzey beslemeli sistemlerle, 6’sı serbest, 3’ü de SCUBA ile yapılan dalışlarda gerçekleşen ölümcül dalış kazalarıdır. Serbest dalış kazasında görülen ölümlerin 6’sının da zıpkınla balık avlama amacıyla yapılan dalışlarda gerçekleştiği tespit edilmiştir. Diğer 34 olgunun ölüm tutanağında dalışla ilgili olarak, dalışın yalnız

gerçekleşmesi dışında bir bilgiye rastlanmamıştır.

Otopsi raporları ve ölüm tutanaklarındaki bilgiler beraber değerlendirildiğinde serbest dalıcıların 18 (%60)'inde dalış aktivitesinin zıpkın ile balık avlamak amacıyla gerçekleştirildiği belirtilmiştir. Yüzey beslemeli dalış yapan 2 olgudan birinin deniz hıyarı toplamak, diğerinin ise denizde 8-9 m derinlikte bulunan bir ölçüm cihazını almak için daldıklarının ifade edildiği saptanmıştır. SCUBA dalışı kazalarının toplam 6'sında dalış amacı belirtilmiş olup bunlardan 1 olguda batık bir gemiyi çıkarmak, 1 olguda balık avlamak, 2 olguda dalış eğitimi almak, 2 olguda da tanıtım dalışı yapmak dalış amacı olarak belirtilmiştir. Diğer SCUBA dalış kazalarından bir olguda mağara dalışı yapıldığı, diğer bir olguda da dalgıcın tekneyi dibe sabitleyen tonozu kontrol etmek için daldığı bilgisi verilmiş olup her iki olgunun da yalnız daldığı anlaşılmaktadır. Amaç belirtilmeyen diğer SCUBA dalış kazalarının eğlence amaçlı yapılan dalışlarda gerçekleştiği düşünülmüştür.

Otopsi raporlarından, olguların hepsinde dış ve iç muayeneye ek olarak toksikolojik incelemenin yapılmış olduğu, histopatolojik incelemenin ise 49 olguda gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Klasik otopsi uygulanan olgulardan sadece 4'ünde (%8) otopsi işlemi öncesi radyolojik görüntüleme yapıldığı ve yöntem olarak da direkt grafinin kullanıldığı tespit edilmiştir. Bu olguların hepsinde dalışlar SCUBA ile yapılmış olup, görüntüleme ile 2 olguda göğüs bölgesinde cilt altı amfizem ve büyük damarlarda hava kabarcıkları tespit edildiği, diğer 2 olguda ise herhangi bir patoloji saptanmadığı belirtilmiştir.

Dalış kazası nedeniyle gerçekleşen ölümlerde olası bir barotravma ve gaz embolisini tespit etmek için uygulanan özel otopsi teknikleri 5'i SCUBA, 4'ü serbest dalış kazası olmak üzere olguların sadece 9'unda (%17) uygulanmıştır. Bu olguların 3'üne otopsi öncesi radyolojik görüntüleme yapılmış, iki olguda cilt altı amfizem ve büyük damarlarda hava kabarcıkları izlendiği belirtilmiştir. Pnömotoraks testi 8 olguya yapılmış ve olgulardan yalnızca birinde pozitif bulunmuştur. Pnömotoraks testi pozitif olan olgunun ölüm sebebi sistemik hava embolisi olarak raporlanmış, testin negatif olduğu olgulardan 2'sinde hava embolisi ve suda boğulmanın ortak etkisi sonucu ölümün gerçekleştiği raporlanmıştır. Bir olguda ölüm sebebi batık çıkarma çalışmaları esnasında meydana gelen kaza sonucu künt genel beden travması ve dış kanama olarak bildirilmiş, diğer olgularda ise boğulma ölüm sebebi olarak kayıtlara geçmiştir. Bir olguda perikardın açılarak içinin su ile doldurulduğu, daha sonra enjektörle 50 cc sıvının sağ atriumdan kalbe verilerek geri çekildiği ve hava

kabarcığı araştırıldığı ancak hava kabarcığına rastlanmadığı, otopsi öncesi yapılan radyolojik görüntüleme de herhangi bir bulguyla karşılaşmadığı belirtilmiştir. İntravasküler ve intrakardiyak hava embolisi (vurgun=dekompresyon) nedeniyle öldüğü raporlanan diğer bir olguda da sağ ventrikül ön yüz üst kısım atrioventriküler bileşkenin hemen altından 40 cc su dolu enjektörle kalbe girilerek enjektörün pistonu çekildiğinde kalp boşluğundan hava kabarcığı çıkışı gözlenmiş ve kalp arka yüzde koronal sinüste boncuk dizisi şeklinde köpüklü görünüm izlendiği belirtilmiş olup otopsi öncesi radyolojik görüntüleme yapıldığına dair herhangi bir ibareye rastlanmamıştır. Sistemik hava embolisi nedeniyle öldüğü rapor edilen bir diğer olguda pnömotoraks testi yapıldığı ve testin sağda negatif, solda ise pozitif (sol akciğerin elle ayrılabilir derecede yapışık olduğu belirtilmiş) bulunduğu, ayrıca willis poligonu ve kalp yüzeysel venlerinde tespiti şeklinde hava kabarcıklarının varlığı rapor edilmiş, bu olguda otopsi öncesi radyolojik görüntüleme yapılmadığı tespit edilmiştir. Bir serbest dalış olgusunda pnömotoraks ve vasküler boşluklar ile ventriküllerde hava kabarcığı saptama testlerinin negatif sonuçlandığı belirtilmiş olup otopsi öncesi radyolojik görüntüleme yapıldığına dair herhangi bir bilgiye rastlanmamıştır. Ölümün hava embolisi ve suda boğulmanın ortak etkisi nedeniyle geliştiği belirtilen 2 olguda beyin damarlarında tespiti şeklinde hava kabarcıkları bulunduğu, göğüs bölgesinde, alt ve üst ekstremitelerde cilt altı amfizeme bağlı krepatasyon palpe edildiği, her iki akciğer pnömotoraks testinin yapıldığı ve negatif sonuç alındığı, perikard boşluğunun su ile doldurulmasından sonra kalpte sağ ventrikülde ufak bir delik açıldığı, bu delikten yoğun şekilde hava kabarcığı çıktığı, radyolojik incelemesinde cilt altı amfizemi ve büyük damarlarda hava kabarcıkları tespit edildiği bildirilmiştir. Batık çıkarma çalışmaları esnasında meydana gelen kazada gördüğü travma nedeniyle hayatını kaybeden olguda da pnömotoraks testi negatif saptanmış, otopsi öncesi radyolojik görüntülemeye başvurulmamıştır. Serbest dalış kazasında yaşamını yitiren 3 olguda her iki akciğere pnömotoraks testi yapıldığı, fakat sonuçların negatif çıktığı, bu olgulardan 1'inde perikard açılıp içinin su ile doldurulduğu, kalbin delinmesiyle hava çıkışı gözlenmediği ve serebrovasküler sistemde hava bulunmadığı belirtilmiş, olguların 3'ünde de otopsi öncesi radyolojik görüntüleme yapıldığına dair herhangi bir bilgiye rastlanmamıştır.

Otopsi yapılan olguların 20'sinde (%38) koroner arterlerde aterosklerotik değişiklikler saptandığı belirtilmiştir. Bu olguların 8'inde (%40) orta-ileri, 7'sinde (%35) hafif-orta derecede darlık oluşturan, 5'inde (%25) ise darlık oluşturmeyen aterosklerotik değişiklikler saptandığı belirlenmiştir. Koroner arterlerde aterosklerotik değişiklik saptanan olguların yaş aralığının 18-74 arasında değişiklik gösterdiği tespit edilmiş, yaş ortalaması 47 bulunmuştur.

74 yaşındaki olgunun otopsi raporunda sol ve sağ koroner arterlerinde ilk 1 cm'den sonra sertleşme ve tama yakın tıkanmalar olduğu belirtilmiştir.

Toksikolojik inceleme yapılan olguların 10 (%19)'unun kanında 16, 11, 39, 43, 46, 47, 60, 60, 117, 188 mg/dl gibi değişik düzeylerde etil alkol tespit edildiği bildirilmiştir. Kanında 117 mg/dl alkol saptanan olguda otopsi ölüm gerçekleşikten 6 gün sonra, diğer olguların ise ölümü takip eden 24 saat içinde yapıldığı belirlenmiştir. Bir olgunun kanında 2553 ng/ml benzodiazepin, bir olguda da idrarda valproik asit isimli ilaç etken maddesine rastlanmıştır. Karbonmonoksit intoksikasyonu sonucu öldüğü rapor edilen bir olgunun kanında yapılan iki ayrı karboksihemoglobin ölçümde düzeyler %54,3 ve %53,4 olarak bulunmuştur.

Histopatolojik incelemede 5 olgunun akciğerlerinde amfizematöz değişiklikler saptanmıştır. SCUBA ile gerçekleşen bir ölümcül dalış kazasında akciğerlerde amfizematöz değişiklikler saptanmış, otopsi raporunda yer alan bilgide kişinin dalışta rahatsızlanarak su yüzeyine çıktığı, yüzünde ve boynunda kızarıklık olduğu ve ağzından köpüklü bir sıvı geldiği, bu sırada 'vurgun yedim' dediği, ölü muayenesinde de ağzından kanlı sıvı geldiği belirtilmiştir. Bu olguda ölüm sebebi vurgun yemeye bağlı akciğer ödemi olarak raporlanmıştır. Aynı olguda kalbin yüzeysel damarlarında hava tanecikleri, arteria iliaca açıldığında bol miktarda hava kabarcığı çıkışı görüldüğü de belirtilmiştir.

Bir olguda sağ akciğer üst lobda 2 cm çaplı 5 adet bleb, 1 olguda da akciğer apekslerde amfizematöz bülleler bulunduğu rapor edilmiştir. Bül saptanan olguda anterior serebral arter dalında ve perikard ön yüzde hava kabarcıkları gözlemlendiği belirtilmiş fakat ölüm sebebi suda boğulma olarak raporlanmıştır.

Olguların tıbbi geçmişleriyle ilgili bilgiye sadece 2 olgunun ölü muayene tutanağında rastlanmıştır. Olgulardan birinde ölen dalgıcın eşi, dalgıçta daha önceden kalp ritminde bozukluk saptandığını ifade etmiş, yapılan otopside de koroner damarlarda orta derecede tıkanıklık saptandığı belirtilmiştir. Bu olguda ölüm sebebi kayıtlara daha önceden var olan kalp damar hastalığı ve suda boğulmaya bağlı asfiksi olarak geçmiştir. Yüzeyle beslemeli dalış yapan bir olguda kimlik tanığı tarafından daha önceden dalgıçta nefes darlığı problemi olduğu belirtilmiş bu olguda ölüm sebebi suda boğulma olarak rapor edilmiştir.

Otopsinin bir olguda 6 gün sonra, bir olguda da 24-48 saat arasında bir zamanda uygulanmış olması dışında, rastlantısal olarak denizde bulunan 3 olguda ölümün gerçekleşmesi ile otopsi arasındaki süre tespit edilememiş ve geri kalan bütün olgularda

otopsinin ilk 24 saat içerisinde uygulanmış olduğu belirlenmiştir.

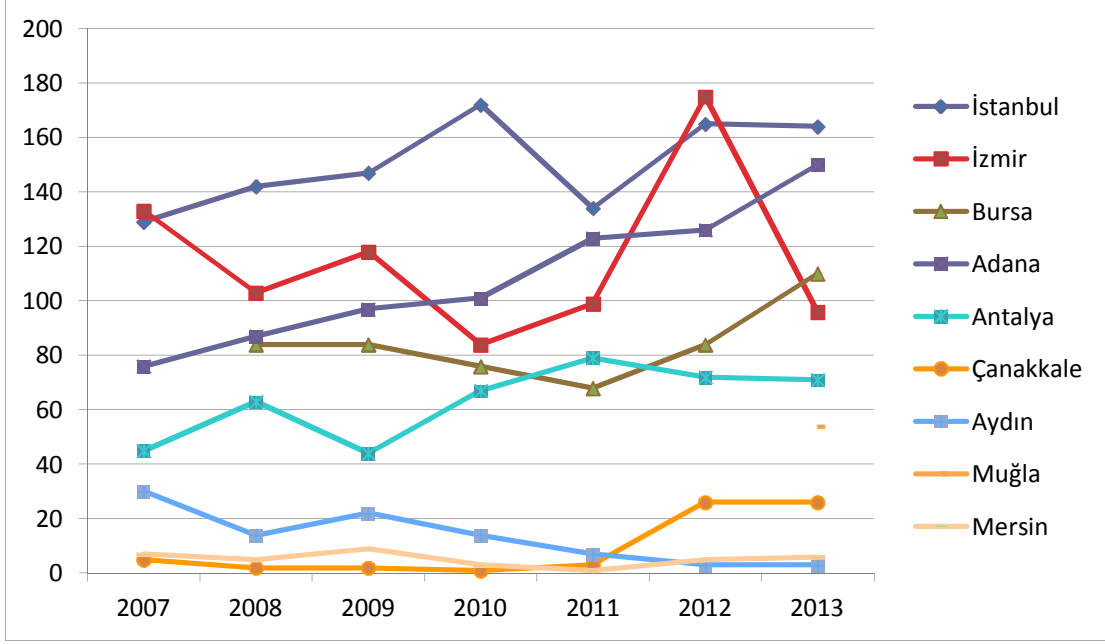
Çalışma kapsamındaki adli tıp kurumları arşivlerinde dalış kazasına bağlı ölümlerin geriye dönük araştırılması esnasında, 2007-2013 yılları arasında tarama yapılan kurumlarda otopsi yapılmış suda boğulma olgu sayısı ile ilgili de bilgi elde edilmiştir. **Tablo 7** otopsi yapılmış suda boğulma olgularının yıllara ve otopsi yapılan adli tıp birimlerine göre dağılımını göstermektedir.

Yıllar	İstanbul	İzmir	Bursa	Adana	Antalya	Çanakkale	Aydın	Muğla	Mersin
2007	129	133		76	45	5	30		7
2008	142	103	84	87	63	2	14		5
2009	147	118	84	97	44	2	22		9
2010	172	84	76	101	67	1	14		3
2011	134	99	68	123	79	3	7		1
2012	165	175	84	126	72	26	3		5
2013	164	96	110	150	71	26	3	54	6
Toplam	1053	808	506	760	441	65	93	54	36

Tablo 7. Otopsi yapılan suda boğulma olgularının yıllara ve adli tıp birimlerine göre dağılımı

Bursa Adli Tıp Grup Başkanlığı'nın 2007 yılı arşivine kurumda bina değişikliği ve eski arşivlerin bir önceki adliye binasında tutulması nedeniyle ulaşılamamıştır. Muğla Adli Tıp Şube Müdürlüğü'nün 2012 yılından sonra yapılmış olması ve daha önceki suda boğulma vakalarının otopsi için İzmir Adli Tıp Grup Başkanlığı'na gönderilmiş olması nedeniyle bu merkezde sadece 2013 yılına ait dosyalar eksiksiz olarak taranabilmiştir.

Araştırma kapsamındaki kurumlarda otopsi yapılan suda boğulma olgu sayısının yıllara göre dağılımını **Grafik 5**'te görülmektedir.



Grafik 5. Otopsi yapılan suda boğulma olgu sayısının yıllara göre dağılımı

Veri toplama işleminde ilk etapta ölü giriş kayıt defterleri ve UYAP sistemi taranarak suda boğulma, denizden veya sudan çıkarılmış ceset olarak kayıtlara geçen olgular tespit edilmiştir. Daha sonra tespit edilen olguların dosyaları arşivlerde ulaşılarak incelenmiş, bu olgulardan dalışla ilgili olanlar belirlenmiştir. Taramalarda ölü giriş kayıt defterlerinden elde edilen bazı olguların dosyasına ulaşmada arşiv kayıtlarının düzensizliği nedeniyle zorluk yaşandığı görülmüştür. UYAP sisteminden yapılan taramada ise aynı yıl içerisinde bazı olguların mükerrer kayıtlarının olduğu tespit edilmiştir.

VI. TARTIŞMA

Dalış aktivitesi, gerçekleştiği ortamın fiziksel koşulları gereği hayatı tehdit edebilen bir takım risk ve tehlikelere sahiptir. Bu risklerin göz ardı edilmesi, yetersiz eğitim ve sualtı ortamının fiziksel ve fizyolojik koşullarını anlamadaki eksiklikler ölümlerle sonuçlanabilen kazaların ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. İçerdiği risklere rağmen dalış aktivitesi rölatif olarak güvenli kabul edilir. Örneğin kayaktan daha riskli, fakat bungee jumping, kaya tırmanışı, motorsiklet yarışı, yamaç paraşütü gibi aktivitelerden daha az riskli olduğu belirtilmektedir (23). SCUBA dalış aktivitesine bağlı ölüm oranı, yıllık 1.000.000 dalgıçta 163 (6000'de 1) olarak bildirilmiştir (21). Her yıl dünyadaki SCUBA dalış sertifikasyonlarının %60-70'ini karşılayan organizasyon olarak PADI'nin 2009 yılı verilerine göre, 1967 yılından beri sertifikalandırılan dalgıç sayısı 18.400.000'den daha yüksek rakamlara ulaşmıştır. Bu rakama her yıl 500.000'den fazla yeni dalgıç eklenmektedir (72). Serbest dalış aktivitesi de sualtı sporları arasındaki popülerliğini her geçen gün arttırarak korumaktadır (85). Dalgıç popülasyonundaki artış, ölümcül dalış kazalarında artışı da beraberinde getirmektedir.

Dalış güvenliğini arttırmak ve ölümcül dalış kazası riskini en aza indirmek için, kazalara ve ölüme yol açan ve katkıda bulunan faktörlerin belirlenmesi esastır (14). Bu faktörlerin belirlenmesi etkin veri toplama ve değerlendirme ile mümkün olabilir. Bu amaçla DAN, BSAC, PADI gibi organizasyonlar tarafından dalış kazaları ve ölümleri ile ilgili veriler toplanarak değerlendirilmektedir. Bir dalış kazası meydana geldiği zaman ölüme neden olan ve katkıda bulunan faktörlerin belirlenebilmesi için medikal, adli ve teknik bilirkişilerden oluşan bir ekip ile kapsamlı bir araştırma yapılması gerekir (3, 9, 14, 53). Adli tıp uzmanları bu araştırmada merkezi ve kritik bir rol oynamaktadır (43). Otopsi bulgularının doğru yorumlanabilmesi için olayın gerçekleştiği dalışın öyküsü, dalış ekipmanlarının inceleme raporları, dalgıcın tıbbi geçmişi, radyoloji, histoloji ve toksikoloji raporlarının bir arada değerlendirilmesi gerekmektedir (9, 43).

Çalışma kapsamında ulaştığımız olguların çoğunluğunu (%58) serbest dalıcıların oluşturduğu görülmektedir. Bu gruptaki dalgıçların tamamının erkek ve en küçüğü 15 en büyüğü 74 olmak üzere yaş ortalamasının 39,5 olduğu belirlenmiştir. Belirlenen yaş aralığı ve ortalaması DAN'ın serbest dalış kazası ölümleri ile ilgili yayınlamış olduğu raporlardaki sonuçlarla (2006'da 14-77, 2007'de 18-68, 2009'da 14-71) benzer bulunmuştur (68, 69, 70, 85). Bu verilere dayanarak serbest dalış aktivitesinin daha çok her yaş grubundan erkekler

tarafından benimsendiği söylenebilir. Bu bulgular yayınlanmış diğer raporlardaki bulgularla uyumludur (68, 69, 70, 76, 85).

Çalışmamızda serbest dalış kazası nedeniyle gerçekleşen yıllık ölüm sayısının 2011-2012 yılları arasında iki katına çıktığı son iki yıldır da sabit bir değerde kaldığı saptanmıştır. Fakat bu yalnızca otopsi yapılan ve tarafımızca ulaşılabilmüş olgular için geçerlidir. Otopsi yapılmaması veya arşivleme hataları nedeniyle ulaşamadığımız birçok ölümcül serbest dalış kazası bulunduğu düşünülmektedir. Ayrıca son yıllarda serbest dalış sporunun popülaritesinin arttığı da bilinmektedir. SCUBA ve yüzey beslemeli dalış sistemleriyle yapılan dalış aktiviteleri, ilgili mevzuat ile düzenlendiğinden serbest dalışa kıyasla daha kontrollü uygulanmaktadır. Genellikle serbest dalış ile ilgili herhangi bir mevzuat bulunmamaktadır (76).

Belgelerine ulaştığımız ölümcül SCUBA kazalarının %90'ında olgular erkektir. Bu oran ölümcül dalış kazalarıyla ilgili yapılan diğer çalışmaların cinsiyet ile ilgili sonuçlarıyla uyumludur (23, 68, 69, 70, 85). Dalış kazası sonucu hayatını yitiren erkek sayısının kadınlardan fazla olması dalış aktivitesinde bulunan bireylerin çoğunluğunun erkek olması ile açıklanabilir. PADI tarafından dünya çapında yapılan istatistiklerde 2008-2013 yılları arasında yapılan dalış sertifikasyonlarının %64-65'ini erkeklerin %33-34'ünü kadınların oluşturduğu belirlenmiştir (90). DAN tarafından yayınlanan raporlar ve Denoble ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmalarda ise erkek yaş ortalamasının kadınlarınkinden daha fazla olduğu ve erkeklerin %70-75, kadınların %80-85 'inin 40 yaş üstünde oldukları tespit edilmiştir (23, 68, 69, 70, 85). Bizim çalışmamızda ise, SCUBA dalış kazasına bağlı ölüm olgularının yaş aralığının 22-68 arasında değiştiği, yaş ortalamasının erkeklerde 34, kadınlarda 42 olduğu belirlenmiştir. Çalışmamızda olguların büyük bir bölümünde yaş aralığı 30-39 olarak tespit edilmiş, ileri yaştaki olgu sayısı daha düşük bulunmuştur. Ancak ülkemizdeki dalgıç popülasyonundaki yaş aralığı bilinmediğinden yaşla ölümcül dalış kazası riski ilişkilendirilememiştir. Yapılan çalışmalarda ölümcül dalış kazası oranlarının yaşla birlikte arttığı belirtilmiştir (23).

Hem SCUBA hem de serbest dalış kazası nedeniyle gerçekleşen ölümlerin her iki grupta da en sık (%75) Mayıs-Ekim ayları arasındaki 6 aylık periyotta meydana geldiği belirlenmiştir. Eğlence amaçlı dalışların mevsim şartları nedeniyle en fazla yaz aylarında yapıldığı düşünüldüğünde bu beklenen bir sonuçtur. Nitekim ölümcül dalış kazaları ile ilgili

yapılmış diğer çalışmalarda da ölümlerin en fazla bu 6 aylık dilimde gözleendiği gösterilmiştir (68, 69, 70, 85).

Ölümcül dalış kazaları ile ilgili yapılan çalışmaların çoğunda suda boğulma ölümün en sık sebebi olarak belirlenmiştir (21, 22, 23, 68, 69, 70, 85). Olgularımız arasında da bütün gruplarda en sık raporlanan ölüm sebebi suda boğulma olmuştur. Olgularımızın; SCUBA dalış ölümlerinde bir süre yoğun bakım takibi sonrası “sualtında oksijensiz kalmaya bağlı gelişen komplikasyonlar” sonucu öldüğü rapor edilen bir olgunun da eklenmesiyle %65 sıklıkla, serbest dalış ölümlerinde ise %83 sıklıkla ölüm sebebi “suda boğulma” olarak rapor edilmiştir. SCUBA dalış kazalarında ölümün 2. sıklıktaki nedeni Denoble ve arkadaşlarının 2008 yılında ve Lippmann’ın DAN Asya-Pasifik verileriyle ilgili yayınladıkları raporda AGE; DAN Avrupa ve DAN Amerika tarafından yayınlanan raporlarda ise kardiyak nedenler olarak belirlenmiştir. Çalışmamızda, ölümcül SCUBA dalış kazalarında AGE 2. sıklıktaki ölüm nedeni olarak raporlandığı saptanmıştır. SCUBA dalış kazalarında travma nadir görülen bir ölüm nedenidir (22, 25). Bizim olgularımızdan bir olgu da travma ölüm nedeni olarak gösterilmiştir. Bu olgu bir batık çıkarma çalışması sırasında meydana gelen patlama sonucu yaralanarak künt travmaya uğramış, brakiyal arter/ven yaralanması ve dış kanama nedeniyle ölümün gerçekleştiği otopsi raporlarda yer almıştır.

Serbest dalış ölümlerinde kardiyak nedenler DAN tarafından 2006’da yayınlanan raporda 2. sıklıkta ölüm sebebi olarak belirtilmiştir. Avustralya’da 1994-2006 yılları arasında şnorkel aktivitesine bağlı ölümlerin araştırıldığı bir çalışmada kardiyak nedenler ölüme yol açan en sık sebep olarak belirlenmiş suda boğulma 2. sırada yer almıştır (51). Bizim çalışmamızdaki ölümle sonuçlanmış serbest dalış kazalarından hiç birinde ölüm sebebi kardiyak problemler olarak gösterilmemiştir. Ölüm nedeni suda boğulma olarak gösterilen bir olgunun otopsi raporunda eski miyokard infarktüsü (MI) skarı ve koronerlerde tama yakın tıkanıklık olduğu belirtilmiştir. Sualtında ortaya çıkan herhangi bir problemin suda boğulma ile sonuçlanma ihtimali yüksektir (43). Söz konusu olguda nihai ölüm nedeni boğulma olsa da olayı başlatan kardiyak kökenli bir sorun olabilir. Serbest dalış kazasına bağlı hayatını yitiren olgularımızdan 3 (%10)’ünde çürüme nedeniyle ölüm sebebi belirlenememiştir. Bir (%3) olguda da vurgun ve bu nedenle su içinde kalmaya bağlı asfiksi ölüm sebebi olarak gösterilmiştir. Teorik olarak serbest dalışta dekompresyon hastalığının gelişebileceği bildirilse de (63) genellikle serbest dalışta karşılaşılmaması beklenen bir durum değildir. Ayrıca dekompresyon hastalığının SCUBA dalışı yapanlar arasında bile ölüme yol açması nadirdir

(22, 30). Bu olguda ölüm sebebi olarak vurgunun gösterilmesi şüpheyle karşılanabilir. Benzer şüpheli sonuçların önlenmesi için, dalış kazaları sonucu gerçekleşen ölümlerde inceleme yapacak adli tıp ekibinin dalış fiziği ve fizyopatolojisi ile ilgili temel bilgiye sahip olması gerekmektedir. Bir olguda da “akciğerlerde ödem, kronik konjesyona bağlı bulgular, amfizem ve bu nedenle gelişen solunum yetmezliği” ölüm sebebi olarak gösterilmiştir. Bu olgunun otopsi raporunda ölüm sebebinde belirtilen bulgularla suda kalmaya ve suda boğulmaya ait bulgular dışında başka bir patolojinin olmadığı görülmüştür. Otopsi raporu veya ölü muayene tutanağında dalış öyküsü hakkında da bilgi edinilememiştir.

SCUBA dalış kazası nedeniyle hayatını yitiren olgulardan birinin CO intoksikasyonu nedeniyle öldüğü belirtilmiştir. Karboksihemoglobin seviyesi % 40’ları geçtiğinde Cheyne-Stokes solunumu, bilinç kaybı, konvülsiyon, koma ve ölüme yol açabilir (86). Olgunun kan karboksihemoglobin düzeyi 2 ayrı ölçümde 54,3 ve 53,4 olarak bulunduğu saptanmıştır. Ölü muayene tutanağında tüp havasının olay yerinde yapılan değerlendirmesinde 120 bar hava bulundurduğu saptanmış fakat tüp havasının analiz edilmek için alındığına dair herhangi bir ibareye rastlanmamıştır. SCUBA dalış kazası sonucu meydana gelen ölümlerin tamamında tüp havasının bileşenlerinin, özellikle de CO açısından değerlendirilmesi gerekmektedir (43). CO miktarı değerlendirilirken, sualtı ortamında dış ortam basıncının artmasıyla birlikte CO’nun parsiyel basıncındaki artışın, toksik etkilerin şiddetlenmesine yol açacağı ve bu nedenle tüp havasında ölçülen değerlerin klinik sonuçlarla paralel seyretmeyebileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Otopsi raporlarının %65’inde ve ölü muayene tutanaklarında kazanın dalış esnasında gerçekleştiği veya maske, dalış tüpü, regülatör, palet, dalış elbisesi, kurşun kemer veya ağırlık kemeri, balık teli, zıpkın, şnorkel gibi dalış ekipmanlarının varlığı bilgisinin yer aldığı saptanmıştır. Dalış türü otopsi raporlarının yalnızca %13’ünde belirtilmiş, klinik yönüyle olayın gelişim ise sadece %8 olguda kısa bir özet şeklinde verilmiştir. Antalya Adli Tıp Kurumu Şube Müdürlüğü tarafından bizim belirlediğimiz yöntemle tespit edilen olguların dalış türleri ayrı bir tabloda hazırlanarak tarafımıza iletilmiş olup, kurum tarafından gönderilen otopsi raporlarında sadece bir olgunun dalış türünün açıkça belirtilmiş olduğu tespit edilmiştir. Olgulara ait ölü muayene tutanakları tarafımıza iletilmediğinden değerlendirilememiştir. Diğer olgularda dalış yapılmış olduğu ve dalış türü ile ilgili bilgi ölü muayene tutanaklarından elde edilebilmiştir. Mevcut haliyle adli tıp arşivlerinde erişilen ölümcül dalış kazalarıyla ilgili sadece otopsi raporlarının incelenmesiyle dalış türü belirlenememekte, beraberinde ölü muayene tutanaklarının da incelenmesi gerekmektedir.

Kaza ve ölüm nedeni belirlenirken dalış türünün bilinmesi önemlidir. Bu bilgiye hem otopsi hem de ölüm tutanaklarında yer verilmesi uygun olacaktır. Çalışmamıza konu olan olguların tamamında dış ve iç muayeneye ek olarak toksikolojik inceleme de yapılmıştır. Histopatolojik incelemenin ise 3 olgu haricindeki olgularda gerçekleştirildiği tespit edilmiştir. Dalış kazası sonucunda gerçekleşmiş bir ölüm olgusu için hazırlanacak otopsi raporunda; otopsi bulgularının detaylı bir şekilde yazılması ve histopatoloji, toksikoloji, dalış ekipmanı inceleme raporları gibi yapılan ek çalışmaların raporlarının yanı sıra ölümün gerçekleştiği ortam şartları ve dalış öyküsü ile ilgili de kısa bir bilgi içermelidir (11). Otopsi raporunda dalış ile ilişkili herhangi bir bilginin yer almaması konuyla ilgili geriye dönük araştırmalarda güçlükler ve eksikliklere yol açacaktır. Çalışmamız esnasında benzer güçlükler tarafımızca yaşanmış olup, otopsi raporlarında dalışla ilgili bilgiye rastlanmamış olgularda, arşivlerde mevcut veya eğer varsa UYAP sistemine yüklenmiş olan ölü muayene tutanaklarından olguların dalış kazasıyla ilgili olup olmadığının araştırılması gerekmiştir. Bazı arşivlerdeki kayıtların düzensiz olması da ilgili dosyalara ulaşmamızda güçlük yaşamamıza neden olmuştur.

Adli tıp uzmanının otopsiye başlamadan önce, dalış derinliği, dipte geçen süre, problemin ortaya çıkış zamanı, çıkış hızı v.b. gibi dalışla ilgili detaylar, görgü tanıklarının ifadeleri, akıntı, rüzgar, soğuk, dalga ve sudaki görüş gibi olayın gerçekleştiği ortam koşulları, ölen dalgıcın tıbbi geçmişi, dalış donanımının incelenmesiyle elde edilen tüpte kalan havanın miktarı, bileşimi, tüp içeriğinde CO₂ ve CO varlığı, kullanılan ağırlık miktarı, regülatör ve denge yeleğinin düzgün çalışıp çalışmadığı, varsa dalış bilgisayar verileri gibi detaylar içeren raporlar hakkında bilgi sahibi olması gerekmektedir (10, 11, 12, 43, 53, 60). Bizim çalışmamızdaki olguların arşiv dosyaları incelendiğinde, dosyada adli tıp uzmanının olay ile ilgili bilgi edinebileceği tek kaynağın olay yerinde gerçekleştirilen ölü muayenesi tutanağı olduğu görülmüştür. Ölümcül dalış kazalarında yukarıda detayları belirtilmiş tutanak ve raporların otopsiyi gerçekleştirecek adli tıp uzmanının bilgisine sunulması veya adli tıp uzmanının bu bilgileri otopsi öncesi talep etmesi incelemenin daha sağlıklı yapılmasına katkıda bulunacaktır. Ülkemiz şartlarında ölü muayenesi olay yerine en yakın bölgede bulunan bir hekim tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu durum kontrol edilmesi ve sorgulanması gereken birçok ayrıntının gözden kaçmasına yol açabilmekte, bu nedenle tutanaklar ve olayla ilgili diğer belgeler önem kazanmaktadır. Bizim elde ettiğimiz ölü muayene tutanaklarının sadece dörtte birinde dalış öyküsü ile ilgili bazı bilgilere rastlanmış

ancak bu bilgilerin dalış kazasıyla ilgili değerlendirme yapılabilecek düzeyde olmadığı görülmüştür.

Sığ su bayılması, dalış öncesi hiperventilasyon yapan serbest dalıcılarda, nefes alma ihtiyacının geciktirilmesiyle dipte kalınan sürenin uzaması, çıkış esnasında özellikle de yüze yakın noktalarda belirginleşen ağır hipoksi sonucu bilinç kaybı gelişmesi durumudur (32, 71). Sığ su bayılması serbest dalışlarda ölümcül dalış kazasına yol açan başlıca faktör olarak belirlenmiştir (68, 69, 70). Bizim olgularımızda dalış öyküsü ile ilgili yeterli bilgi yer almadığından kazaya yol açan faktörler bilinmemektedir. Ancak zıpkınla balık avlamak için serbest dalış yapanların bazılarında hiperventilasyon alışkanlığı bulunduğu ve limitleri zorladığı bilinmektedir. Bu nedenle çalışmamıza dahil edilmiş serbest dalış kazalarının bazılarında sığ su bayılmasının etkili olduğunu düşünüyoruz.

Akciğer barotravmasını takiben ortaya çıkan AGE büyük oranda sualtında basınçlı hava/karışım gaz solunan, yüze beslemeli sistemlerle veya SCUBA ile yapılan dalışlarda görülmektedir. Akciğer barotravmasının tanısında dalış hikayesi özel bir öneme sahiptir. Bazen akciğerlerde hava hapsi yaratabilecek lezyonların varlığında olaysız normal bir dalış sonrası da ortaya çıkabilen akciğer barotravması, genellikle hızlı veya acil çıkış, nefes tutma, çimlenme gibi aktiviteleri içeren dalışlarda ortaya çıkmaktadır. Su içindeyken AGE sonucu gelişen bilinç kaybı boğulmayla sonuçlanabilir. Bu nedenle ölüm sebebi boğulma olarak bildirilmiş bazı olgularda olayı başlatan neden AGE olabilir. Ancak detaylı bir dalış hikayesi ve otopsi raporu ile böyle bir olgunun değerlendirilmesi mümkün olabilir. Bazen ölüm gerçekleşikten sonra da akciğer barotravması veya AGE bulgularının ortaya çıkabileceği akılda bulundurulmalıdır. Bizim olgularımızda elimizde olaylı dalış ile ilgili detaylı bilgi olmadığından bu konuda değerlendirme yapılamamıştır.

Tüm dalış türlerinde aktiviteyi yalnız başına gerçekleştirmek dalış emniyeti açısından uygun değildir. Serbest dalışta yüzeydeki dalış eşinin sualtındaki dalgıcı izlemesi, SCUBA dalışında aktivitenin dalış eşiyle birlikte gerçekleştirilmesi dalış güvenliğini artırır. SCUBA ve yüze beslemeli dalışlarla ilgili mevzuatta bu durum kurallara bağlanmıştır. Mevzuata uygun yapılan SCUBA dalışlarının yalnız başına gerçekleştirilmemesi gerekir. Bizim olguların üçünde dalışın yalnız gerçekleştiği bilgisi yer almıştır. Yeni Zelanda'da 1980-2000 yılları arasında SCUBA ve şnorkel aktivitesine bağlı ölümlerin araştırıldığı bir çalışmada SCUBA dalış kazasına bağlı yaşamını yitiren olguların %78'inde kazanın yalnız yapılan dalışlarda veya dalış esnasında dalış eşinden uzaklaşıldığı zamanlarda gerçekleştiği tespit edilmiştir (19).

Olgularımızın otopsi raporları veya ölü muayene tutanaklarının yarısında dalış amacıyla ilgili bilgiye rastlanmıştır. Serbest dalış kazalarının %60'ında dalış amacının zıpkınla balık avlamak olduğu belirtilmiştir. DAN tarafından serbest dalış ölümleri ile ilgili yayınlanan raporlarda zıpkın ile balık avlama, dalış amacı olarak şnorkel aktivitesinden sonra ikinci sıklıkta yer alırken, bizim çalışmamızda dalış amacının belirtildiği olgular arasında ilk sırada yer almıştır (68, 69, 70, 85).

Otopsi öncesi radyolojik görüntülemenin olguların yalnızca %8'inde yapıldığı belirlenmiştir. Radyolojik görüntüleme ile pulmoner kistler, pnömotoraks, mediastinal amfizem, intravasküler gaz gibi önemli miktarlarda gaz birikimi saptanması akciğer barotravması ve AGE açısından tanısal değeri olabilir (43). AGE riski basınçlı hava soluyarak yapılan dalışlarda özellikle de çıkış esnasında nefes tutulmasıyla artsa da akciğerlerde bül, bleb gibi hava hapsi içeren lezyonların varlığında dalış kurallarına harfiyen uyulsa dahi AGE gözlenebilmektedir (55). Bu nedenle dalışla ilişkili ölümlerde olası bir akciğer barotravması ve AGE açısından görüntüleme yapılması ve bazı lezyonların direkt grafide tespit edilememesi nedeniyle de bilgisayarlı tomografi kullanılması önerilir (88). Sıklıkla bül bleb gibi lezyonların direkt grafilerde görülmeyebileceği ve bu lezyonların tomografi ile daha kolay saptanabileceği de akılda tutulmalıdır. Olgularımızın çoğunda radyolojik inceleme yapılmadığı belirlenmiştir. Çürüme, DH, temel yaşam desteği ve cesedin yüksek basınçlı ortamdan düşük basınçlı ortama getirilmesi durumlarında da intravasküler alanda gaz görülebileceği akılda bulundurulmalıdır (44, 87). Tespit edilen gazın kimyasal analizi gazın kaynağı konusunda bilgi verebilir. Çürüme olgularında karbondioksit ve hidrojen içeriği yüksek, oksijen içeriği düşük bir gaz söz konusudur (44, 81). Ölüm nedenini belirlemedeki en önemli basamağın dalış öyküsü olduğu unutulmamalıdır. Örneğin; dekompresyon durağı gerektiren dip zamanı uzun, derine yapılan bir dalışta kuralların ihlal edilerek dekompresyon duraklarında bekleme yapılmaması DH'yı akla getirirken, kişinin herhangi bir nedenle acil ve hızlı bir çıkış yaptığı ve yüzeyde bilinç kaybı geliştiği durumlarda akciğer barotravması ve AGE akla gelmelidir. Bizim olgularımızdan SCUBA dalış kazasına bağlı yaşamını yitiren bir olgunun otopsi raporunda olay ile ilgili kısa klinik bilgi yer almıştır. Bu bilgilere göre dalgıcın dalış esnasında rahatsızlanarak çıkışa geçtiği, ağzından köpük ve su gelen dalgıcın vurgun yediğini söylediği, daha sonra yapılan ölü muayenesinde ağzından kan ile birlikte sıvı geldiği belirtilmiş ve ölüm sebebi olarak kayıtlarda vurgun yeme ve yoğun akciğer ödeminden bahsedilmiştir. Bu olguyla ilgili dalış profili hakkında bilgi verilmemiş olup, kişinin rahatsızlandığı için çıkışa geçtiğinin ifade edilmesi, muayenede ağzından kanlı sıvı geldiğinin

saptanması, otopsi raporunda iliak arterin içinden bol miktarda hava kabarcığının çıkmış olması, histopatolojik incelemede akciğerlerde amfizematöz değişikliklerin saptanmış olması akciğer barotravmasını düşündürmektedir. Ölüm sebebinin vurguna bağlı akciğer ödemi olarak rapor edilmiş olması, dalış profili olmadığı için DH konusunda kesin bir şey söylenemeyecek olsa da DH'nın nadiren ölüme neden olması ve dalışın sportif amaçlı yapılan bir dalış olması nedeniyle, şüpheyle karşılanabilir. Sualtı patlamaları ile ilgili olgularda bütün vücudun görüntüleme yöntemleriyle taranması gerektiği bildirilmektedir (60). Olgularımızdan batık çıkarma çalışması esnasında gerçekleşen patlama nedeniyle yaşamını yitiren olguda radyolojik görüntüleme yapıldığına dair herhangi bir ibareye rastlanmamıştır. Uygulamada gelişmiş otopsi merkezlerinde, ateşli silah yaralanmaları gibi özellikli olgularda otopsi öncesi cesedin skopi altında incelenmesi gibi görüntüleme yöntemleri kullanılmaktadır. Ancak sudan çıkarılan cesetlerde rutin bir uygulama değildir. Bunun ötesinde postmortem bilgisayarlı tomografi ya da manyetik rezonans görüntüleme yapılan merkez de bulunmamaktadır. Bu bağlamda sudan çıkartılmış cesetlerde görüntüleme olanaklarının yeterli düzeyde olmaması, farklı ölüm mekanizmalarının değerlendirilmesine de engel olmaktadır.

Dalış kazası nedeniyle gerçekleşen ölümlerde özel otopsi tekniklerinin kullanılması gerektiği bilinmektedir. Bizim çalışmamıza konu olan olguların 5'i SCUBA, 4'ü serbest dalış dalış kazası olmak üzere toplam 9 (%17)'unda söz konusu özel tekniklerin uygulanmış olduğu tespit edilmiştir. Bu olguların 3'üne otopsi öncesi radyolojik görüntüleme yapılmış olduğu belirlenmiş olup, iki olguda radyolojik görüntüleme ile cilt altı amfizem ve büyük damarlarda hava kabarcıkları izlenmiştir. Bu iki olguda pnömotoraks testi negatif çıkmış, perikard boşluklarının su ile doldurularak sağ ventriküle atılan kesi sonrası bol miktarda hava kabarcığı çıktığı tespit edilmiştir. Bu olgularda ölüm sebebi "hava embolisi ve suda boğulmanın ortak etkisi" şeklinde kayıtlara geçmiştir. Akciğer barotravması sonucu gelişen AGE'de hava kabarcıklarının pulmoner ven aracılığı ile sol kalbe taşınması beklenir (43, 59). Fakat bahsi geçen bu iki olguda da sağ ventrikülden gaz çıkışı görüldüğü belirtilmiştir. Ayrıca bu vakalarda ekstremitelerde de palpasyonla krepitasyon saptanmıştır. Bu durum da akciğer barotravmasında beklenen bir bulgu değildir. Otopsi raporunda beyin ve kalp damarlarında boncuk tanesi şeklinde hava kabarcıkları izlendiği belirtilmiştir. Bu bulgular AGE ile uyumludur. Bu iki dalış kazasıyla ilgili dalış hikayesi mevcut değildir. Fakat iki olgunun da otopsi raporunda dipte ölmüş halde buldukları bilgisi verilmiştir. Sualtında gerçekleşen ölümlerde cesedin dipten özellikle de hızlı bir şekilde çıkarılması esnasında vücut dokularında ve vasküler boşluklarda gaz kabarcıkları ortaya çıkabilir (44). Bu durumda dalış öyküleri de bilinmeyen söz konusu olgulardaki ciltaltı amfizem ile serebral ve kardiyak damarlardaki gaz

kabarcıklarının nedeni dipten ölmüş halde belki de hızlı bir şekilde çıkarılmaları olabilir. Sağ ventrikülde gaz kabracıkları ciddi DH'da görülebilir. Ancak bu iki olgunun dalış öyküsü bilinmediğinden bu konuda yorum yapmak güçtür. Teorik olarak akciğer barotravması nedeni ile ölmüş birine yapılacak resüsitasyon girişimlerinde, retrograd olarak pulmoner arterler vasıtasıyla sağ kalbe gaz gönderilebileceği düşünülebilir. Bu iki olguyla ilgili olarak resüsitasyon girişiminin yapılıp yapılmadığı da bilinmemektedir. Söz konusu olgulardaki bulgular için tüm bu ihtimaller göz önüne alındığında, bulguların doğru yorumlanarak doğru sonuçlara varılabilmesi için dalış kazalarında otopsi yapacak ekibin dalış fiziği, fizyolojisi ve dalışa bağlı fizyopatolojiler konusunda bilgili ve deneyimli olması, yanlış yorumlanabilecek postmortem artefaktların farkında olması, ayrıntılı olarak dalış hikayesini bilmesi gereklidir. SCUBA dalış kazasına bağlı yaşamını yitiren diğer bir olguda da sağ ventrikül ön yüz üst kısım atrioventriküler bileşkenin hemen altından 40 cc su dolu enjektörle kalbe girilerek enjektörün pistonu çekildiğinde kalp boşluğundan hava kabarcığı çıkışı gözlenmiş ve kalp arka yüzde koronal sinüste boncuk dizisi şeklinde köpüklü görünüm izlendiği belirtilmiş olup, otopsi öncesi radyolojik görüntüleme yapıldığına dair herhangi bir ibareye rastlanmamıştır. Bu olgunun otopsi raporunda ölüm sebebi "intravasküler ve intrakardiyak hava embolisi (vurgun=dekompresyon)" şeklinde belirtilmiştir. Olgunun dalış hikayesi ile ilgili herhangi bir bilgi edinilememiştir. Histopatolojik incelemesinde akciğerlerde amfizematöz değişiklikler, intraalveolar kanama tespit edilmiştir. Akciğer barotravmasında amfizem ve hemoraji beklenen bulgulardır (39, 40, 81). Ölüm sebebi olarak bildirilen intravasküler ve intrakardiyak hava embolisi dekompresyon (vurgun) hastalığı ile aynı anlama gelmemektedir. Hava embolisi daha çok AGE'yi ifade eden bir terimdir. DH'da arteriyel septal defekt (ASD) ve patent foramen ovale (PFO) gibi sağdan sola şant varlığında paradoksal emboli olarak adlandırılan arteriyel sisteme gaz kabarcığı geçişi olabilir (10, 59, 89). Fakat bu olguda belirtilen hava embolisi ifadesiyle kastedilenin paradoksal emboli olmadığı düşünülmüştür. Sistemik hava embolisi nedeniyle öldüğü rapor edilen bir diğer olguda pnömotoraks testi pozitif, ayrıca willis poligonu ve kalp yüzeyel venlerinde tespil tanesi şeklinde hava kabarcıklarının varlığı rapor edilmiş, bu olguda otopsi öncesi radyolojik görüntüleme yapılmadığı tespit edilmiştir. Dalış öyküsü olmayan bu olguda pnömotoraks testinin pozitif olması ve serebral damarlarda gaz varlığı AGE düşündürecek bulgulardır.

Postmortem inceleme sırasında iç ve orta kulağın da ayrıca değerlendirilmesi gerekir. Tympanik membranın otoskopik muayenesi dalgıcın iniş esnasında hayatta olup olmadığı konusunda bilgi verebilir. Zira zarar görmemiş bir timpanik membran iniş esnasında kulakların aktif olarak eşitlendiğini gösterir (43, 53). Retinal arter de embolizasyon açısından

oftalmoskopik muayene ile kontrol edilmelidir. Retinal arterlerde gaz varlığı AGE'yi düşündürür (39, 60). AGE'de retinal arterlerde gaz saptanabilir. Olguların otopsi raporlarında otoskopik ve/veya oftalmoskopik muayene yapıldığına yönelik bir kayda rastlanmamıştır.

Pnömotoraks testinin olguların %15'inde uygulandığı belirtilmiştir. Klinik olarak pnömotorakstan şüphelenilmeyen olguların otopsisinde pnömotoraks gözden kaçabilir. Pnömotoraks şüphesi olan olgularda radyografik görüntüleme tanı koyma ve otopside izlenecek yolun belirlenmesi açısından önemlidir (74). Olgularımızın çoğunluğunda pnömotoraks testi uygulanmamış olduğu gibi radyografi çekilen olguların sayısı sadece dördtür. Ayrıca hiçbir olguda tam bir dalış öyküsü bilgisinin de bulunmadığı belirlenmiştir. SCUBA dalış kazaları nedeniyle gerçekleşen ölümlerde AGE ölüm nedeni olarak boğulmadan sonra 2. sıklıkta gelmektedir (22, 50). Bizim olgularımızdan SCUBA dalış kazalarının sadece 4'ünde pnömotoraks testinin yapıldığı tespit edilmiştir. Bu durum zaten yeterli dalış öyküsü olmayan olgularda olası bir barotravmanın atlanmış olabileceğini düşündürür. Ayrıca akciğer barotravmasının, akciğerlerde hava hapsine yol açan lezyonlar gibi hazırlayıcı faktörlerin varlığında serbest dalışta ve hatta diğer dalış türlerinde hızlı çıkış gibi barotravmayı kolaylaştırıcı herhangi bir durum olmaksızın yapılan dalışlarda da gelişebildiği düşünüldüğünde, otopsi yapılan bütün ölümcül dalış kazalarında akciğer barotravması yönünden değerlendirme yapılması uygun yaklaşım olacaktır.

Bazı çalışmalarda ölümlerle sonuçlanan dalış kazalarında kardiyak problemler boğulmadan sonra 2. veya 3. sıklıktaki ölüm nedeni olarak gösterilmiştir. (22, 68, 69 70, 72, 85). Bizim elde ettiğimiz otopsi raporlarının %38'inde koroner arterlerde aterosklerotik değişiklikler saptandığı ve bunların da %40'ında orta-ileri derecede darlık tespit edildiği belirtilmiştir. Olgulardan biri için ayrıca koronerlerde ilk 1 cm'den sonra sertleşme ve tama yakın tıkanıklık olduğu belirtilmiştir. Miyokard kesitlerinin histopatolojik incelemesinde eski miyokard infarktüsü skarı bulunan bu dalgıcın ölüm sebebi suda boğulma olarak rapor edilmiştir. Koroner arter hastalığı olan kişilerde alışık olunmayan güçlü bir egzersiz, disritmi veya infarkt olmasa bile, ani kardiyak ölüm için potansiyel bir tetikleyici faktördür (51). Bizim olgularımızda koroner arterlerde ateroskleroz saptanan olguların tamamında ölüm nedeni suda boğulma olarak belirtilmiştir. Ancak bu olgularda olayı tetikleyen faktör ateroskleroza bağlı kardiyak sorun olabilir. 35 yaş üstündeki dalgıçlarda koroner arter hastalığı ani kardiyak ölüm için risk teşkil etmektedir (8). Olgularımızın yaş ortalaması 47 olarak tespit edilmiştir. Koroner veya vasküler kalp hastalığı, kardiyak aritmi, konjenital kalp

hastalığı bulunan kişiler dalış açısından değerlendirildiğinde egzersiz toleransları göz önünde bulundurulmalıdır (8).

Toksikolojik analizde olguların %19'unda kanda alkol saptanmıştır. Bir çalışmada 13 erkek dalgıca sığ suda değişen kan alkol konsantrasyonları ile dalışlar yaptırılmış ve alkol konsantrasyonu 40 mg/dl ve üstünde olduğunda dalış performansında önemli ve ilerleyici derecede bozulma saptanmıştır (65). Olgularımızdan kanında alkol bulunanların, 2 olgu dışında, hepsinin kan alkol düzeyinin 40 mg/dl'den yüksek olduğu belirlenmiştir. Kan alkol düzeyi 117 mg/dl olan olgunun otopsisinin olayın gerçekleşmesinden 6 gün sonra, diğer olguların otopsilerinin ise ilk 24 saat içinde yapıldığı tespit edilmiştir. Çürümenin başlamasıyla vücutta mikroorganizma faaliyetine bağlı olarak endojen alkol üretilir (33). Toksikolojik analizde alkol saptanan olguların hepsinin suda boğulma nedeniyle öldüğü belirlenmiştir. Dalgıçların dalış öncesinde alkol alıp almadıkları ve dalış esnasında ve öncesinde genel durumlarının nasıl olduğu ile ilgili bilgi edinilemediğinden kanlarında tespit edilen alkolün olgular üzerindeki etkisiyle ilgili değerlendirme yapılamamaktadır. Ancak, esas olarak merkez sinir sistemi depresanı olarak etki eden alkolün suda boğulma olaylarında etkili olduğu bilinen bir gerçektir. Ayrıca tatil yörelerinde alkol tüketiminin bir hayli yüksek olduğu değerlendirildiğinde, bu yörelerde yapılan eğlence/sportif amaçlı dalışlarda alkol kullanımının sorgulanması yerinde olacaktır.

Toksikolojik analizle bir olguda benzodiazepin diğer bir olguda da valproik asit etken maddelerine rastlandığı belirtilmiştir. Benzodiazepinler primer olarak anksiyete tedavisinde kullanılan ilaçlardır. Sedasyon, uyuşukluk, oryantasyon bozukluğu, yargılama ve karar verme yetisinde bozulma gibi merkezi sinir sistemi üzerindeki etkileri nedeniyle dalış güvenliğini tehlikeye sokarlar. Valproik asit ise antikonvülsan tedavide kullanılan bir ilaçtır. Epilepsi zaten konvülsiyon ve bilinç kaybına yol açabilmesi nedeniyle dalış için engel teşkil eden bir durumdur (27). Hem benzodiazepinler hem de valproik asit sedasyon yapıcı özelliklerinden dolayı nitrojen narkozunun etkilerini artırır. Her iki olgunun da geçmişi ile ilgili tıbbi bilginin otopsi raporları veya ölü muayene tutanaklarında yer almadığı görülmüştür. İki olguda da sözü geçen ilaçları kullanmalarına sebep olabilecek altta yatan sağlık probleminin ölümle sonuçlanan dalış kazasında rol almış olabileceği de düşünülmelidir.

Bir olgunun sağ akciğer üst lobunda 2 cm çaplı 5 adet bleb, bir olguda da akciğer apekslerinde amfizematöz büller tespit edildiği rapor edilmiştir. Hava hapsine yol açan benzer lezyonların akciğer barotravması için potansiyel risk oluşturduğu bilinmektedir (75). Amfizematöz büller tespit edilen olguda anterior serebral arter dalında ve perikard ön yüzde

hava kabarcıkları gözleendiği belirtilmiş fakat ölüm sebebi suda boğulma olarak raporlanmıştır. Serebral damarlarda hava kabarcığı varlığı AGE'ni düşündürür (10, 43). Tanıyı doğrulamak veya çürütmek için dalış öyküsü büyük önem taşımaktadır (10). Akciğerlerinde bleb saptanan olguda da ölüm sebebi suda boğulma olarak raporlara yansımış olup, dalış öyküsü bulunmayan bu olgunun otopsi tutanağında da akciğer barotravmasını düşündürecek herhangi bir bulguya rastlanmamıştır.

Bir ölümcül dalış kazasında yapılacak değerlendirmede, hayatını kaybeden dalgıcın tıbbi geçmişi de ayrı bir öneme sahiptir. Dalgıcın özellikle kardiyak hastalıklar, epilepsi, diyabet, astım, kronik obstrüktif akciğer hastalığı gibi önceden bir hastalığının var olup olmadığının, herhangi bir tedavi görüp görmediğinin, dalış öncesi alkol veya herhangi bir ilaç etkisi altında olup olmadığın belirlenmesi önemlidir (11, 43). Alınan tıbbi öyküde tespit edilecek herhangi bir hastalık ölüme sebebiyet veren faktörün belirlenmesinde yardımcı olabilir. Ölen dalgıcın tıbbi geçmişi ile ilgili bilgiye bizim olgularımızdan sadece 2'sinin ölü muayene tutanaklarında rastlanmıştır. Olgulardan birinde ölen dalgıcın daha önce kalp ritminde bozukluk saptandığı belirtilmiş, bu olgunun otopsisinde koroner arterlerde ateroskleroz saptanmış, bu olgunun ölüm sebebi kalp damar hastalığı ve suda boğulma olarak rapor edilmiştir. Diğer olguda dalgıçta daha önceden nefes alma problemi olduğu belirtilmiş ve otopsi raporunda ölüm sebebi suda boğulma olarak belirtilmiştir. Olguların büyük çoğunluğunda ölen dalgıcın tıbbi geçmişi ile herhangi bir bilgiye rastlanmamıştır.

Belirlenen çalışma planı doğrultusunda araştırma yapılan kurumlarda 2007-2013 yılları arasında meydana gelmiş suda boğulma olgularına da ulaşılmıştır. Otopsi yapılan suda boğulma olgu sayısının; İstanbul Adli Tıp Kurumu'nda 2011 yılında arttığı, sonraki yıllarda belli değerlerde sabitlendiği, İzmir Adli Tıp Grup Başkanlığı'nda düzenli bir seyre sahip olmamakla beraber en yüksek değerine 2012 yılında ulaştığı, Bursa Adli Tıp Grup Başkanlığı'nda 2011 yılından sonra artış gösterdiği, Adana Adli Tıp Grup Başkanlığı'nda her yıl bir önceki yıla oranla düzenli olarak arttığı, Antalya Adli Tıp Grup Başkanlığı'nda 2011 yılından sonra belli değerlerde sabitlendiği, Çanakkale Adli Tıp Şube Müdürlüğü'nde 2011 yılından sonra arttığı ve sonrasında sabitlendiği, Aydın'da 2009 yılından sonra düşüşe geçtiği, Mersin'de de 2011 yılından sonra artış gösterdiği tespit edilmiştir. En fazla suda boğulma otopsisinin yapılmış olduğu kurumlar sırasıyla İstanbul, İzmir, Bursa ve Adana olarak belirlenmiştir. Suda boğulma birçok ülkede olduğu gibi ülkemizde de bir halk sağlığı problemi olup, önlem ve ilk yardım eğitimleriyle suda boğulmaya bağlı gerçekleşen ölümlerin bir kısmının önlenileceği düşünülmektedir.

Arşiv taramaları esnasında ölümcül dalış kazalarıyla ilgili dosyalara ulaşmada güçlükler yaşanmıştır. Güçlük yaşanmasında arşivlerdeki bazı düzensizliklerin yanı sıra, olguların genelde boğulma olarak kaydedilmesi etkili olmuştur. Dalış kazalarıyla ilgili bazı anahtar sözcüklerin de girilmesine olanak tanıyan bir veritabanıyla desteklenecek arşivleme sistemi, benzer çalışmaların yapılmasında büyük kolaylık sağlayacaktır.

VII. SONUÇ

Dalış esnasında meydana gelen herhangi bir problemin, içinde bulunulan ortam şartlarından kaynaklanan nedenlerle tehlikeli bir hal alması sık yaşanan bir durumdur. Bazen bu durumlarda ölümlerle sonuçlanabilecek kazalar ortaya çıkabilmektedir. Dalış kazalarının ortaya çıkmasında etkili olan faktörlerin belirlenmesi, gelecekte benzer kazaların önlenmesine katkıda bulunabilir. Ölümcül bir dalış kazası incelenirken kazanın ortaya çıktığı dalışın derinlik, süre, çıkış hızı gibi bilgileri içeren profili, kullanılan dalış ekipmanlarının durumu, hava ve deniz koşulları, ölen dalgıcının tıbbi geçmişi ve tanıkların ifadesi, ve adli tıp raporları birlikte değerlendirilmelidir. Bir dalış kazasında otopsi bulguları bazen tek başına olayı açıklayıcı ve ölüm nedenini belirleyici olamayabileceğinden, otopsiyi yapacak adli tıp uzmanlarının dalış fiziği ve fizyolojisi, dalışa bağlı fizyopatolojiler konusunda bilgi ve deneyim sahibi olmaları, olaylı dalışın hikayesi, olay yeri ve ekipman inceleme sonuçlarıyla ilgili bilgilendirilmeleri uygun olacaktır. Dalışa bağlı ölümlerde özel otopsi tekniklerinin yanı sıra, görüntüleme yöntemleri, histolojik, biyokimyasal ve toksikolojik incelemeler dalış kazasının aydınlatılmasına ve ölüm nedeninin kesinleşmesine katkıda bulunacaktır.

Çalışmamızda elde edilen dosyaların yapılan incelemesinde otopsi öncesi dalış kazasının gelişme şekli ile ilgili yeterli bilgi bulunmadığı, ölü muayene tutanaklarının büyük çoğunluğunda dalış öyküsünün hiç yer almadığı saptanmıştır. Bu bilgiler olmaksızın yapılacak bir değerlendirmede gerçek ölüm nedeninin, veya tetikleyici sağlık probleminin tespitinde güçlükler yaşanacaktır.

Elde edilen otopsi raporları incelendiğinde, bir dalış kazası nedeniyle gerçekleşen ölümlerde otopsi öncesi ve otopsi esnasında uygulanması gereken bir takım prosedürlerin yerine getirilmediği saptanmıştır. Akciğer barotravması sonrası gelişen AGE sıklıkla dalış kazalarında ölüme neden olan dalış patolojisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Akciğer barotravmasının tanınmasında dalış öyküsü ve otopsi öncesi görüntüleme yöntemleri ayrı bir öneme sahiptir. Arteriyel gaz embolisinden şüphelenilmesi halinde otopside beyin, kalp, akciğer, retina gibi organ ve dokuların dolaşımında gaz kabarcıklarının araştırılması gerekir.

Ölümcül dalış kazalarıyla ilgili yapılan benzer çalışmaların sonuçlarıyla uyumlu olarak bizim çalışmamızda da en sık ölüm sebebi olarak suda boğulma kayıtlara geçmiştir. Su içinde yaşanacak herhangi bir sağlık sorununun boğulma ile sonuçlanma ihtimali yüksektir. Nihai olarak ölüme sebebiyet veren boğulma olsa da, tetikleyen sağlık sorunu AGE veya koroner arter hastalığı gibi farklı nedenler olabilir. Bunun anlaşılması için de detaylı bir öykü alınması

ve ayrıntılı bir inceleme yapılması gerekir. Dalış kazasına bağılı ölümlerde etkili olabilecek koroner arter hastalığı otopsilerde %38 gibi önemli bir sıklıkta tespit edilmiş, yaş ortalaması ise 47 olarak bulunmuştur. Bu nedenle dalış yapan kişilerin kardiyovasküler riskler konusunda bilgi sahibi olması ve bu konuda düzenli tıbbi kontrollerinin yapılması gerekir.

Çalışmamızda ölümcül dalış kazalarının serbest dalışta daha sık görüldüğü tespit edilmiştir. Bu sonucun serbest dalış aktivitesi için fazla ekipman gerekmemesi ve son yıllarda popülerliğinin artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Serbest dalışla ilgili faaliyetleri düzenleyici yasal bir mevzuat bulunmamakla birlikte, amatör ya da profesyonel platformlarda kişilerin dalış riskleri ve güvenliği konusunda bilgilendirilmesi ölümcül kazaların önlenmesine katkıda bulunacaktır.

Değerlendirdiğimiz olguların büyük çoğunluğu erkektir. Benzer çalışmalarda da aynı sonucun elde edilmesi, dalış aktivitelerinin daha sıklıkla erkekler tarafından tercih edilmesinden kaynaklanmaktadır.

Ülkemizde dalış kazalarıyla ilgili veri toplamak üzere aktif bir sistem yoktur. Çalışma kapsamında arşiv taraması yapılan adli tıp birimlerinde, ölümcül dalış kazalarıyla ilgili dosyalara kolay ulaşımı sağlayacak bir arşivleme sistemi mevcut değildir. Dalış kazalarıyla ilgili verilerin toplanmasında yaşanan eksikliklerin giderilmesi amacıyla bir veritabanı kurulması, kazaların sağlıklı bir biçimde değerlendirilebilmesine de olanak sağlayacaktır. Adli tıp birimlerinde anahtar sözcükler ile tarama yapılabilecek, otopsi ve ölüm raporu dışındaki verileri de içeren bir arşivleme sisteminin kurulması uygun olacaktır. Ayrıca her dalış kazası sonucunda gelişen ölüm olayında, ölüm nedeninin ve mekanizmasının açıklanabilmesi için otopsi gerçekleştirilmesinin gerekliliği de adli birimler ve hekimler tarafından göz önünde bulundurulmalıdır.

VIII. KAYNAKLAR

1. Aktaş Ş, Yüksek Basınçla İlişkili Patolojilere Yaklaşım. Yoğun Bakım Dergisi 2005; 5(4): 208-220.
2. Anthonisen NR, Physiology of diving. In: Shilling CW, Mathias RA, (eds). The physician's guide to diving medicine. Plenum Press. New York. 1984; pp: 71-85
3. Barsky SM. On-scene diving accident investigation. In: Wan DR, Lang MA (eds) Recreational Diving Fatalities Workshop Proceedings 8-10 April 2010, Durham, NC. pp: 11-22
4. Bell GS, Gaitatzis A, Bell CL, Johnson AL, Sander JW. Drowning in people with epilepsy: How great is the risk? Neurology 2008; 71(5): 78-82.
5. Benton PJ, Glover MA. Diving medicine. Travel Med Infect Dis. 2006; 4(3): 238–254
6. Benton PJ, Woodfine JD, Westwood PR. Arterial gas embolism following a 1-meter ascent during helicopter escape training: a case report. Aviat Space Environ Med 1996; 67.1: 63-64.
7. Borse NN, Gilchrist J, Dellinger AM, Rudd RA, Ballesteros MF, Sleet DA. CDC childhood injury report: patterns of unintentional Injuries among 0 -19 year olds in the United States, 2000–2006. Atlanta: Centers for Disease Control and Prevention, 2008.
8. Bove AA. The Cardiovascular System and Diving Risk. In: Wan DR, Lang MA (eds) Recreational Diving Fatalities Workshop Proceedings 8-10 April 2010, Durham, NC. Pp: 74-184
9. Busuttill A, Obafunwa JO. A review of the forensic investigation of scuba diving deaths. Sci Justice 1995; 35(2): 87-95.
10. Caruso J. Appendix F: Autopsy Protocol for Recreational Scuba Diving Fatalities. In: Wan DR, Lang MA (eds) Recreational Diving Fatalities Workshop Proceedings 8-10 April 2010, Durham, NC. pp:277-279
11. Caruso J. The Forensic Investigation of Recreational Diving Fatalities. In: Wan DR, Lang MA (eds) Recreational Diving Fatalities Workshop Proceedings 8-10 April 2010, Durham, NC. pp: 34-40
12. Caruso JL. The Pathologist's Approach to SCUBA Diving Deaths. The Pathologist's Approach to SCUBA Diving Deaths, Fall 2006 Teleconference Series. 15 December 2006. Program no 4057
13. Cole AJ, Griffiths D, Lavender S, Summers P, Rich K. Relevance of postmortem radiology to the diagnosis of fatal cerebral gas embolism from compressed air diving. Journal of clinical pathology 2006; 59(5): 489-491.

14. Concannon DG. Legal issues associated with diving fatalities: Panel discussion. In: Wan DR, Lang MA (eds) *Recreational Diving Fatalities Workshop Proceedings* 8-10 April 2010, Durham, NC. pp: 41-58
15. Cumming B, Peddie C, Watson J. A review of the nature of diving in the UK. And of diving fatalities. In: Wan DR, Lang MA (eds) *Recreational Diving Fatalities Workshop Proceedings* 8-10 April 2010, Durham, NC. pp: 99-119
16. Cummings P, Mueller BA, Quan L. Association between wearing a personal floatation device and death by drowning among recreational boaters: a matchedcohortanalysis of United States Coast Guard data. *Inj Prev* 2011; 17: 156-9.
17. Çimşit M. *Hiperbarik Tıp*. ISBN:978-605-4160-07-5. Eflatun Yayınevi, Ankara, 2009, pp: 193-205
18. Davis JH. Bodies found in the water: an investigative approach. *Am J Forensic Med Pathol* 1986; 7(4): 291-297.
19. Davis M, Warner M, Ward B. Snorkelling and scuba diving deaths in New Zealand, 1980-2000. *SPUMS J* 2002;32: 70-80.
20. De Gorordo A, Vallejo-Manzur F, Chanin K, Varon J. Diving emergencies. *Resuscitation* 2003; 59(2): 171-80.
21. Denoble PJ, Caruso JL, Dear G, Pieper CF, Vann RD. Common causes of open-circuit recreational diving fatalities. *Undersea Hyperb Med* 2008; 35(6): 393-406.
22. Denoble PJ, Marroni A, and Vann RD. Annual fatality rates and associated risk factors for recreational scuba diving. In: Wan DR, Lang MA (eds) *Recreational Diving Fatalities Workshop Proceedings*. 8-10 April 2010, Durham, NC. pp: 73-86.
23. Denoble PJ, Pollock NW, Vaithiyanathan P, Caruso J, Dovenbarger J, Vann RD. Scuba injury death rate among insured DAN members. *Diving Hyperb Med* 2008; 38(4): 182-188.
24. Edge CJ. Recreational diving medicine. *Curr Anaesth Crit Care* 2008; 19.4: 235-246 .
25. Edmonds C, Walker D. Scuba diving fatalities in Australia and New Zealand: The human factor. *SPUMS J* 1989; 19(3) 94-104
26. Edmonds C. Decompression sickness-General. In: Edmonds C, Thomas R, Pennefather J, McKenzie B (eds). *Diving Medicine for Scuba Divers*. Melbourne: JL Publications, 2012; 13: 1-9
27. Edmonds C. Drugs and alcohol? In: Edmonds C, Thomas R, Pennefather J, McKenzie B (eds). *Diving Medicine for Scuba Divers*. Melbourne: JL Publications, 2012; 37: 1-9

28. Edmonds C. Nitrogen Narcosis? In: Edmonds C, Thomas R, Pennefather J, McKenzie B (eds). *Diving Medicine for Scuba Divers*. Melbourne: JL Publications, 2012; 18: 1-4
29. Edmonds C. Unconsciousness in Divers? In: Edmonds C, Thomas R, Pennefather J, McKenzie B (eds). *Diving Medicine for Scuba Divers*. Melbourne: JL Publications, 2012; 33: 1-7
30. Edmonds C. Why divers die? In: Edmonds C, Thomas R, Pennefather J, McKenzie B (eds). *Diving Medicine for Scuba Divers*. Melbourne: JL Publications, 2012; 34: 1-16
31. Erskine KL, Armstrong LE. On-scene body assessment. In: Armstrong JE, Erskine KL (eds). *Water-Related Death Investigation: Practical Methods and Forensic Applications*. CRC Press. Boca Raton, FL. 2011; pp:109-131
32. Ferretti G. Extreme human breath-hold diving. *European journal of applied physiology*, 2001; 84.4: 254-271.
33. Gilliland MG, Bost RO. Alcohol in decomposed bodies: postmortem synthesis and distribution. *J Forensic Sci* 1993; 38(6): 1266-1274
34. Global report on drowning: preventing a leading killer. World Health Organization 2014. <http://www.who.int/mwg-internal/de5fs23hu73ds/progress?id=dPSuSv7cVi>
35. Hooper AJ, Hockings LE. Drowning and immersion injury. *Anaesthesia&Intensive Care*. 2011; 9 399-402
36. How J, West D, Edmonds C. Decompression sickness in diving. *Journal of the South Pacific Underwater Medicine Society*. 1976;14-20
37. Ibsen LM, Koch T. Submersion and asphyxial injury. *Critical Care Medicine* 2002; 30(11): 402-408
38. Joost JL, Bierens M. Investigation of Drowning Accidents. In: Model HJ (ed) *Investigation of Drowning Accidents*. Springer Berlin Heidelberg. 2006; Pp:619-657
39. Karacaoğlu E, Akçan R, Odabaşı AB, Tümer AR. Disbarizm kaynaklı ölüm olgularında adli tıbbi yaklaşım. *Adli tıp dergisi* 2011; 25.1: 41-48
40. Kıyan E, Aktaş Ş, Toklu AS. Hemoptysis provoked by voluntary diaphragmatic contractions in breath hold divers. *CHEST Journal*. 2001; 120.6 2098-2100.
41. Koriwchak MJ, Werkhaven JA. Middle ear barotrauma in scuba divers. *Journal of Wilderness Medicine*, 1994; 389-398
42. Lawler W. Bodies recovered from water: a personal approach and consideration of difficulties: *Journal of Clinic Pathology* 1992; 45(8): 654-659
43. Lawrence C, Cooke C. Autopsy and the investigation of scuba diving fatalities. *Diving Hyperb Med* Volume 36 No. 1 March 2006; 2-8

44. Lawrence C. Interpretation of gas in diving autopsies. *SPUMS J.* 1997; 27: 228-229.
45. Levett DZH, Millar IL. Bubble trouble: a review of diving physiology and disease. *Postgrad Med J* 2008; 84(997): 571-578.
46. Lindell K, Weaver, MD. Carbon monoxide poisoning. *N Engl J Med* 2009; 360.12 1217-1225
47. Lindholm P, Lundgren CEG. The physiology and pathophysiology of human breath-hold diving. *J Appl Physiol* 2009; 106(1): 284-292.
48. Lindholm P. Physiological mechanisms involved in the risk of loss of consciousness during breath-hold diving. *Proceedings of the Undersea and Hyperbaric Medical Society/Divers Alert Network 2006 June 20-21 Workshop.* Durham. 2006; 26-32
49. Lippmann C, Review of scuba diving fatalities and DCI in Australia. *Diving Hyperb Med.* 2008; 38(2): 71-78
50. Lippmann J. Diving Deaths Down Under. In: Wan DR, Lang MA (eds) *Recreational Diving Fatalities Workshop Proceedings 8-10 April 2010, Durham, NC.* pp: Q85-99
51. Lippmann JM, Pearn J.H. Snorkelling-related deaths in Australia 1994–2006. *Med J Aust.* 2012; 197: 230-232.
52. Lunetta P, Modell JH. Macroscopical, microscopical, and laboratory findings in drowning victims. In: Tsokos M (ed) *Forensic pathology reviews Volume 3.* Humana Press. Helsinki 2005; pp 3-77.
53. Lüderwald S, Zinka B. Fatal diving accidents: Two case reports and an overview of the role of forensic examinations. *Forensic Sci Int* 2008; 180(2): e1-e5.
54. Melamed Y, Shupak A, Bitterman H. Medical problems associated with underwater diving. *N Engl J Med* 1992; 326(1): 30-35.
55. Mellem H, Emhjellen S, Horgen O. Pulmonary barotrauma and arterial gas embolism caused by an emphysematous bulla in a SCUBA diver. *Aviat Space Environ Med* 1990 ; 61(6): 559-562.
56. Modell JH. Prevention of needless deaths from drowning. *South Med J* 2010; 103(7): 650-3.
57. Molenat FA, Boussuges AH. Rupture of the stomach complicating diving accidents. *Undersea Hyperb Med.* 1995; 22(1): 87-96.
58. Moon RE, Gorman DF. Decompression sickness. In: Neuman TS, Thom SR (eds). *Physiology and Medicine of Hyperbaric Oxygen Therapy.* Saunders Elseiver. Philadelphia PA. 2008; 283-320

59. Neuman TS. Arterial gas embolism and decompression sickness. *Physiology*. 2002; 17(2): 77-81.
60. Obafunwa JO. Diving Injuries and Barotrauma. In: Payne-James J, Busuttill A, Smock WS (eds). *Forensic Medicine: Clinical and Pathological Aspects*. Bath Press Ltd. Bath. UK. 2003; pp:289-307
61. Orłowski JP, Abulleil MM, Phillips JM. The hemodynamic and cardiovascular effects of near-drowning in hypotonic, isotonic, or hypertonic solutions. *Ann Emerg Med* 1989; 18: 1044-9
62. Papadodima SA, Athanaselis SA, Skliros E, Spiliopoulou CA. Forensic investigation of submersion deaths. *Int J Clin Pract* 2010; 64(1): 75-83.
63. Paulev P. Decompression sickness following repeated breath-hold dives. *J Appl Physiol* 1965; 20(5): 1028-1031
64. Peden M, McGee K, Sharma K. *The injury chart book: a graphical overview of the global burden of injuries*. Geneva: World Health Organization. 2002.
65. Perine MW, Mundt JC, Weiner RI. When alcohol and water don't mix: diving under the influence. *J Stud Alcohol Drugs* 1994; 55(5): 517-524
66. Piette MHA, De Letter EA. Drowning: still a difficult autopsy diagnosis *Forensic Sci Int* 2006; 163(1): 1-9.
67. Polderman KH. Application of therapeutic hypothermia in the ICU: opportunities and pitfalls of a promising treatment modality. Part 1: indications and evidence. *Intensive Care Med* 2004; 30(4): 556-75.
68. Pollock NW, Dunford RG, Denoble PJ, Caruso JL. *Annual Diving Report - 2009 Edition (Based on 2007 Data)*. Durham, NC: Divers Alert Network, 2013; 153pp.
69. Pollock NW, Dunford RG, Denoble PJ, Dovenbarger JA, Caruso JL. *Annual diving report 2008 edition*. 2008; Durham, NC: Divers Alert Network.
70. Pollock NW, Vann RD, Denoble PJ, Freiburger JJ, Dovenbarger JA, Nord DA. *Divers Alert Network Annual diving report 2007 edition (based on 2005 data)*. 2007; DAN technical report Divers Alert Network, Durham.
71. Pollock NW. Breath-hold diving—performance and safety. *Diving Hyperb Med* 2008; 38(2): 79-86.
72. Richardson D. *Training Scuba Divers: A Fatality and Risk Analysis*. In: Wan DR, Lang MA (eds) *Recreational Diving Fatalities Workshop Proceedings 8-10 April 2010*, Durham, NC. pp: 119-16

73. Rostain JC, Balon N. Recent neurochemical basis of inert gas narcosis and pressure effects. *Undersea Hyperb Med* 2006; 33(3): 197-204
74. Sarı H, Koç S, Aşirdizer M, Albek E, Kolusayın Ö. Künt göğüs travmalarında pnömotoraks araştırılması. 1996; 12: 27-34
75. Simpson G. Primary lung bullae and scuba diving. *SPUMS J.* 1998; 28(1): 10-12
76. Stemberga V, Petaros A, Rasic V, Azman J, Sosa I, Coklo, M at al. Dive related fatalities among tourist and local divers in the northern croatian littoral (1980–2010). *J Travel Med* 2013; 20(2): 101-106.
77. Sterba JA, Lundgren CE. Diving bradycardia and breath-holding time in man. *Undersea Biomed Res* 1985; 12(2): 139-50.
78. Strauss MB, Borer Jr. RC. Diving medicine: Contemporary topics and their controversies. *Am J Emerg Med* 2001; 19(3): 232-238
79. Szpilman D, Bierens JJ, Handley AJ, Orlowski JP. Drowning. *N Engl J Med.* 2012 May 31;366(22):2102-10
80. Tetzlaff K, Reuter M, Leplow B, Heller M, Bettinghausen E. Risk factors for pulmonary barotrauma in divers. *CHEST Journal.* 1997; 112(3): 654-659.
81. Thali MJ, Yen K, Schweitzer W, Vock P, Boesch C, Ozdoba C at al. Virtopsy, a new imaging horizon in forensic pathology: virtual autopsy by postmortem multislice computed tomography (MSCT) and magnetic resonance imaging (MRI)--a feasibility study. *J Forensic Sci Soc* 2003; 48(2): 386-403.
82. Tipton MJ, Golden FS. A proposed decision-making guide for the search, rescue and resuscitation of submersion (headunder) victims based on expert opinion. *Resuscitation* 2011; 82: 819-24.
83. Toklu AS, Alkan N, Gürel A, Cimsit M, Haktanır D, Körpınar S at al. Comparison of pulmonary autopsy findings of the rats drowned at surface and 50ft depth. *Forensic Sci Int* 2006; 164(2): 122-125.
84. Van Beeck EF, Branche CM, Szpilman D, Modell JH, Bierens JJLM. A new definition of drowning: towards documentation and prevention of a global public health problem. *Bull World Health Organ* 2005; 83: 853-856.
85. Vann RD, Freiburger JJ, Caruso JL et al. Annual Diving Report 2006 Edition (based on 2004 data) 2006 Edition. 2007; DAN technical report Divers Alert Network, Durham.
86. Vorosmarti J. Physics Physiology and Medicine of Diving. In: Kent B. Pandoff, Robert E. (Eds). *Medical Aspects of Harsh Environments Volume 2.*

Department of the Army Office of The Surgeon General at TMM Publications, Borden Institute. Washington, DC, 2002; pp: 925-953.

87. When LC, Williams MP. Post-mortems in recreational scuba diver deaths: the utility of radiology. *J Forensic Leg Med* 2009; 16(5): 273-276.
88. Williamson JA, King GK, Callanan VI, Lanskey RM, Rich KW. Fatal arterial gas embolism: detection by chest radiography and imaging before autopsy *Med J Aust* 1990; 153(2): 97-100.
89. Wilmshurst PT, Ellis BG, Jenkins BS. Paradoxical gas embolism in a scuba diver with an atrial septal defect. *Br Med J (Clinical research ed.)* 1986; 293(6557): 1277.
90. Worldwide Corporate Statistics 2014, Data for 2008-2013. PADI. Erişim tarihi: 04 Ocak 2015. <http://www.padi.com/scuba-diving/about-padi/statistics/>
91. Yorulmaz C, Arican N, Afacan I, Dokgoz H, Asirdizer M. Pleural effusion in bodies recovered from water. *Forensic Sci Int* 2003; 136(1): 16-21.

IX. ÖZGEÇMİŞ ve İLETİŞİM BİLGİLERİ

1985 yılında Malatya'da doğdum. Lise öğrenimini Malatya Konak Lisesi'nde tamamladım. 2002 yılında Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tıp Fakültesi'nde tıp eğitimine başladım. 2009 yılında tıp fakültesinden mezun olduktan sonra Van ilinde, bir yıl süreyle bir sağlık ocağında pratisyen hekim olarak, 1,5 yıl süre ile de bir aile sağlığı merkezinde aile hekimi olarak görev yaptım. 14.03.2012 Tarihinden bu yana İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi, Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Anabilim Dalı'nda tıpta uzmanlık öğrencisi olarak çalışmaktayım.

email: dreylemkoca@gmail.com