

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

FARKLI DERİNLİKLERDE BOĞULAN SIÇANLARIN
AKCİĞERLERİNDE TESPİT EDİLEN PLANKTONİK
ORGANİZMALAR YARDIMIYLA BOĞULMA DERİNLİĞİ
TESPİT EDİLEBİLİR Mİ?

Dr. Ahmet HÖBEK

Tez Danışmanı
Doç. Dr. Akın Savaş TOKLU

UZMANLIK TEZİ

İSTANBUL 2009

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

FARKLI DERİNLİKLERDE BOĞULAN SIÇANLARIN
AKCİĞERLERİNDE TESPİT EDİLEN PLANKTONİK
ORGANİZMALAR YARDIMIYLA BOĞULMA DERİNLİĞİ
TESPİT EDİLEBİLİR Mİ?

Dr. Ahmet HÖBEK

Tez Danışmanı
Doç. Dr. Akın Savaş TOKLU

UZMANLIK TEZİ

İSTANBUL 2009

ÖNSÖZ

Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Anabilim Dalı'nın kurulması ve ülkemizde Hiperbarik Oksijen Tedavisi yönteminin gelişmesinde verdiği yoğun uğraşların yanı sıra, uzmanlık eğitimim boyunca bana gösterdiği yakın ilgi ve desteğinden dolayı değerli hocam Prof. Dr. Maide ÇİMŞİT'e teşekkür ederim.

Uzmanlık eğitimim süresince ilgi, anlayış, destek ve bilgisini esirgemeyen, her türlü konuda yardımcı olmaya çalışan değerli hocam Prof. Dr. Şamil AKTAŞ'a teşekkür ederim.

Eğitimimin ve tez çalışmamın her aşamasında bilgi birikimini esirgemeyen, bilimsel bir çerçeve oluşturmamda yardımcı olan ve her şeyin ötesinde bana sabır gösteren tez danışmanım Doç. Dr. Akın Savaş TOKLU'ya teşekkür ederim.

Uzmanlık eğitimim süresince bilgi ve desteğini benimle paylaşan Doç. Dr. Salih AYDIN'a teşekkür ederim.

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

GATA Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Kliniği'ndeki rotasyon eğitimim sırasında her türlü yardımı esirgemeyen Doç. Dr. Şenol YILDIZ, Doç. Dr. Günalp UZUN, Uzm. Dr. Tuna GÜMÜŞ, Dr. Mesut MUTLUOĞLU ve klinik personeline teşekkür ederim.

Tez çalışmam sırasında bana her türlü yardımda bulunan Doç. Dr. Nadir ARICAN, Doç. Dr. Coşkun YORULMAZ, Doç. Dr. Neslihan BALKIS ve Yrd. Doç. Dr. Benin TOKLU'ya teşekkür ederim.

Son 4 yılımın büyük bir kısmını beraber geçirdiğim Dr. Ayça Erdön KURT, Dr. Şefika KÖRPINAR, Dr. Banu OKUTURLAR, Dr. Şermin ŞENGÜN, Dr. Özlem Çağlar KAPLUHAN, Dr. Gamze ÖZTÜRK, Dr. Ayşen KOLAT, Dr. Bengüsu ÖROĞLU, Dr. Sevi TEKİN, Dr. Selva MERT, Dr. Abdullah ARSLAN, Dr. İrem TEZER, Dr. Nihal Güneş ÇEVİK'e teşekkür ederim.

Bilgisi, desteği ve arkadaşlığıyla her zaman yanımda olan Fizyoterapist Ali ÇELİK'e teşekkür ederim.

Asistanlığım süresi boyunca yardımlarını ve sevgilerini her zaman yanımda hissettiğim hemşire arkadaşlara ve Anabilim Dalı çalışanlarına teşekkür ederim.

Tez çalışmam sırasında su örneği alımında bana yardımcı olan Hakan Tiryaki ve Fezai Menteşe'ye teşekkür ederim.

Ve bugüne kadar bana her türlü sıkıntıda yardımcı olan aileme, biricik eşim Özlem'e ve uzmanlık eğitimimim sonuna yetişen oğlum **KIRAÇ**'a sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Dr. Ahmet HÖBEK

İÇİNDEKİLER

ŞEKİLLER DİZİNİ	II
TABLOLAR DİZİNİ	III
KISALTMALAR	IV
ÖZET	VI
ABSTRACT	VII
I. GİRİŞ VE AMAÇ	1
II. GENEL BİLGİLER	2
A. DALIŞ	2
1. Dalışın Tarihçesi	2
2. Dalış Fiziği	7
3. Dalış Çeşitleri	11
4. Suda Boğulma İle Sonuçlanan Dalış Kazaları	12
B. SUDA BOĞULMA	17
1. Tanım	17
2. Suda Boğulma ve Nedenleri	18
3. Suda Boğulma Çeşitleri	22
4. Suda Boğulmanın Mekanizması	22
C. PLANKTONİK ORGANİZMALAR	24
1. Tanım	24
2. Sınıflandırma	25
3. Planktonik Organizmaların Genel Özellikleri	26
4. Planktonda Zamana Bağlı Değişimler	27
D. SUDA BOĞULMA TANISI İÇİN ADLİ TIPTA KULLANILAN TESTLER	28
III. GEREÇ VE YÖNTEM	30
IV. BULGULAR	33
V. TARTIŞMA	37
VI. SONUÇ	43
VII. KAYNAKLAR	44
VIII. ÖZGEÇMİŞ	49

ŞEKİLLER DİZİNİ

- Şekil 1.** **A:** 1511 yılında yapılmış bu resimde deri başlık ve bu başlığa takılı boru kullanan bir dalgıç
B: M.Ö.9.YY'dan kalma bir Asur Freski
- Şekil 2.** **A:** Halley'in yaptığı bu çanlarda havayı tazelemek için suya daldırılmış variller kullanılıyordu
B: Lethbridge fıçı tipi zırhlı dalış elbisesi
- Şekil 3.** August Siebe'nin dalış başlığı ve elbisesi
- Şekil 4.** Siebe'nin ilk kapalı dalış elbisesi
- Şekil 5.** MK-V dalış başlığı ve elbisesi
- Şekil 6.** Kapalı devre dalış sistemleri
- Şekil 7.** Önceden hiperventilasyon yaparak ve hiperventilasyonsuz soluk tutmada zamana bağlı olarak kan gazlarının kısmi basınç değişimleri
- Şekil 8.** Sığ su bayılması mekanizması
- Şekil 9.** Tatlı suda ve tuzlu suda boğulma mekanizması
- Şekil 10.** **A)** Su örnekleyicisinin açık hali
B) Su örnekleyicisinin kapalı hali
- Şekil 11.** **A)** Su örnekleyicisinin açık halde 30 metre derinliğe gönderilişi
B) Su örnekleyicisinin kapalı halde 30 metreden çekilişi
- Şekil 12.** Plastik leğen ve kafes içindeki sıçanlar
- Şekil 13.** **A)** 1 ATA basınç altında boğulan sıçanların akciğerlerinin hacimce diğer gruba oranla daha küçük olduğu ve akciğer yüzeyinde peteşiyal kanamalar bulunduğu gözlenmiştir
B) 4 ATA basınç altında boğulan sıçanların akciğerlerinin hacminin daha büyük olduğu ve köpüklü pembe bir sıvı içerdiği, akciğer yüzeyinde yer yer kanama odakları gözlenmiştir
- Şekil 14.** Ön ve ana çalışmada alınan su örneklerinde tespit edilen planktonik organizmalardan bazılarının faz-kontrast inverted mikroskop altındaki görünimleri

TABLolar DİZİNİ

- Tablo 1.** Basınç tablosu
- Tablo 2.** Kuru atmosferik hava bileşenleri
- Tablo 3.** 2004 yılında meydana gelen 100.000 boğulma olgusunda 20 yaş altı çocukların cinsiyetleri ve ülkelerin gelişmişliği arasındaki ilişki
- Tablo 4.** Ön ve ana çalışmada alınan su örneklerinde tespit edilen fitoplankton ve zooplankton grupları ve bu gruplara ait türler görülmektedir.

KISALTMALAR

M.Ö.	Milattan önce
MK-V	Mark-5
SCUBA	Self contained underwater breathing apparatus
psi	Pounds per square inch
SI	Système international d'unités (uluslararası ölçüm sistemi)
N/cm²	Newton per square inch
ATA	Atmosphere absolute (mutlak basınç)
ATM	Atmosferik basınç
mmHg	Milimetreciva
kg/lt (gr/cm³)	Kilogram / litre (gram / santimetreküp)
O₂	Oksijen
N₂	Nitrojen
He	Helyum
ppm	Parts per million
H₂	Hidrojen
CO₂	Karbondioksit
CO	Karbonmonoksit
P	Basınç
pp	Kısmi basınç
V	Hacim
T	Sıcaklık
HİTAM	Hiperbarik Tıp Araştırma ve Uygulama Merkezi
°C	Santigrad derece
KOAH	Kronik obstrüktif akciğer hastalığı
DSÖ	Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization)
LMIC	Low-income and middle-income (gelişmekte olan ülkeler)
HIC	High-income countries (gelişmiş ülkeler)
PaCO₂	Arteriyel kandaki karbondioksit basıncı
PaO₂	Arteriyel kandaki oksijen basıncı
P_ACO₂	Alveolar karbondioksit basıncı
P_AO₂	Alveolar oksijen basıncı
ICD	International statistical classification of diseases (Uluslararası hastalık klasifikasyonu)

Na	Sodyum
Cl	Klor
Ca	Kalsiyum
H₂O	Su
cm	Santimetre
µm	Mikrometre
mm	milimetre
ml/lt	mililitre / litre
SEM	Scanning electron microscopy
TEM	Transmission electron microscopy

ÖZET

Ölümcül seyreden dalış kazalarının önemli bir kısmında nihai ölüm nedeni suda boğulma olarak bildirilmektedir. Suda boğulma olgularında adli tıp tarafından yapılan incelemelerde, akciğerler ve diğer organlarda planktonik organizmaların bir alt grubu olan diatom tespiti, suda boğulma kanıtı olarak kullanılagelmektedir. Suda boğulmayla sonuçlanmış dalış kazalarında boğulmanın gerçekleştiği derinlik hakkındaki bilgi, kazanın oluş nedenini belirlemeye yardımcı olabilecek bir veridir. Bu deneysel çalışmada planktonik organizmaların boğulma derinliğinin tespiti konusunda kullanılıp kullanılamayacağını araştırmak amacıyla yapıldı.

Ön çalışmada Marmara Denizi, Kaşıkadası açıklarında yüzeyden ve 30 metre derinlikten alınan su örneklerinde planktonik organizmalar araştırıldı. 30 metre derinlikten alınan su örneklerinde tespit edilen planktonik organizmaların, yüzeyden alınan su örneklerinde tespit edilememesi üzerine ana çalışma gerçekleştirildi. Ana çalışmada Tuzla açıklarında yüzeyden ve 30 metre derinlikten su örnekleri alındı. Wistar Albino türü 16 sıçan 8'erli iki gruba ayrılarak, gruplardan birindeki sıçanların yüzeyden alınan su örneği içinde ve 1 ATA basınç altında, diğer gruptaki sıçanların ise 30 metre derinlikten alınmış su örneği içinde ve bir basınç odasında 4 ATA basınç altında boğulmaları sağlandı. Alınan su numunelerinde ve boğulan sıçanların akciğerlerinde planktonik organizma araştırıldı.

Ön çalışmada yüzeyden alınan su örneğinde 18, 30 metre derinlikten alınan su örneğinde 4 planktonik organizma türü tespit edildi. 30 metreden alınmış örnekte tespit edilen türlere yüzeyden alınan örneklerde rastlanmadı. Ana çalışmada yüzeyden alınan su örneğinde 11, 30 metre derinlikten alınan su örneğinde 3 planktonik organizma türü tespit edildi. 30 metreden alınmış örnekte tespit edilen türler yüzeyden alınan örneklerde de mevcut idi. Otopsi sonrası sıçanların akciğerlerinde hiç planktonik organizmaya rastlanmadı. Bu sonucun sıçanların aspire ettiği su miktarının azlığı ve örneklerdeki plankton yoğunluğunun düşüklüğünden kaynaklanmış olabileceği düşünüldü. Planktonik organizmaların dalış kazasında boğulmanın gerçekleştiği derinlik tayininde kullanılabilmesi için, dalış bölgelerinden farklı zamanlarda farklı derinlikte yaşayan planktonik organizma türlerinin tespitiyle ilgili çalışmalara ihtiyaç olduğu düşünüldü.

Anahtar kelimeler: plankton, dalış kazası, boğulma

ABSTRACT

It was reported that in the majority of fatal diving accidents, deaths were caused by drowning. Diatom detection in lungs and other organs has been used as an evidence for drowning. It is a valuable information to know the depth of drowning in the diving accidents that resulted in drowning, while the diving accidents are being investigated. In this experimental study we investigated if the planktonic organisms can be used for the detection of drowning depths or not.

In the preliminary study the water samples from the surface and 30 meters depth of Marmara Sea (Kasikci Iceland) were investigated for planktonic organisms. Since the species detected in the water sample from 30 meters were not detected in the sample from the surface, the main study was set. In the main study the samples were obtained from the surface and 30 meters depth of the open sea of Tuzla coast. Sixteen Wistar Albino rats were divided into two equal groups. The rats in Group-1 were drowned by being immersed in the water sample from the surface, at 1 ATA, and the rats in the other groups were drowned in the water sample from 30 meters depth, at 2,5 ATA in a recompression chamber. Planktonic organisms were investigated in the water samples and the lungs of the rats after drowning.

Eighteen and 4 species of planktonic organism were detected in the samples taken from the surface and 30 meters depths respectively, in the preliminary study. The species detected in the water taken from 30 meters depth were not detected in the water taken from the surface. In the main study the numbers of the species were 11 and 3 in the samples taken from the surface and 30 meters depths respectively. The species detected in the sample from 30 meters were also detected in the species detected in the water sample from the surface. There was no planktonic organism detected in the lungs of the drowned rats. It was considered that the amount of the water aspirated by the rats and the intensity of the planktonic organisms in the water sample were effective in this result. To be able to use the detection of planktonic organisms for estimating the drowning depth, studies are required for the data about the species of planktonic organisms living in different depths in different times.

Key words: plankton, drowning, diving accidents

I. GİRİŞ VE AMAÇ

Ölümle sonuçlanan dalış kazalarında kaza nedenini tespit etmek, dalış güvenliği açısından var olan bilgilere ek bilgi sağlayarak, dalış güvenliğinin artırılmasına katkıda bulunabilmektedir. Dalış kazasının ya da boğulmanın gerçekleştiği derinliğin bilinmesi, kaza nedenini ve kazanın oluş şeklini aydınlatmak açısından önem taşıyabilir. Cesedin bulunduğu derinlik her zaman ölüm olayının gerçekleştiği derinlik anlamına gelmemektedir. Dalış kazalarını başlatan nedenler çok çeşitli olmasına karşın, kazaların büyük bir bölümünde nihai ölüm nedeni boğulmadır (1). Suda boğulmaların %85-90'ında akciğerlere sıvı aspirasyonu söz konusuken, %10-15 olguda sıvı aspirasyonun gerçekleşmediği bildirilmiştir (2). Yapılan bir deneysel çalışmada farklı derinlikte boğulan sıçanların akciğer otopsi bulgularının, boğulmanın gerçekleştiği derinlik konusunda fikir verdiği gösterilmiştir (3). Akciğerlerde bulunan planktonik organizmalar suda bulunan cesetlerin ölüm nedeninin boğulma olup olmadığı konusunda değerli ipuçları vermekte ve Adli Tıp tarafından kullanılmaktadır (4-5). Bu çalışmada Marmara Denizi'nin yüzeyinden ve 30 metre derinliğinden alınan su örneklerinde ve aynı derinliklerdeki basınçlarda boğulan sıçanların akciğerlerinde planktonik organizmalar araştırılarak, bulunması halinde türlerinin belirlenmesi ve bu türlerin derinlik konusunda ipucu olup olamayacağı amaçlanmıştır. Ölümle sonuçlanmış bir dalış kazasında, boğulmanın gerçekleştiği derinlik konusunda fikir sahibi olmak, kazanın oluş şekli ve nedeni konusunda değerli ipuçları verebilecektir.

II. GENEL BİLGİLER

A. DALIŞ

İnsanoğlu yaşamsal ihtiyaçlarını karşılamak, merakını ve maceracı yapısını tatmin edebilmek için doğanın şartlarını daima zorlama ihtiyacı içinde olmuştur. Öncelikle yaşamsal ihtiyaçların yetersizliğini gidermek ve yaşamsal kaliteyi arttırmak için başlayan bu çabalar gitgide doğaya karşı gelme halini almıştır. Yeni arayışlar insanoğlunun doğal yaşamını sürdürdüğü fiziksel koşulların dışına çıkıp, sualtı gibi farklı fiziksel koşullar altına girmesine de neden olmuştur. İnsanların çok uzun süredir dalış aktivitelerinde bulunduğu bilinmektedir.

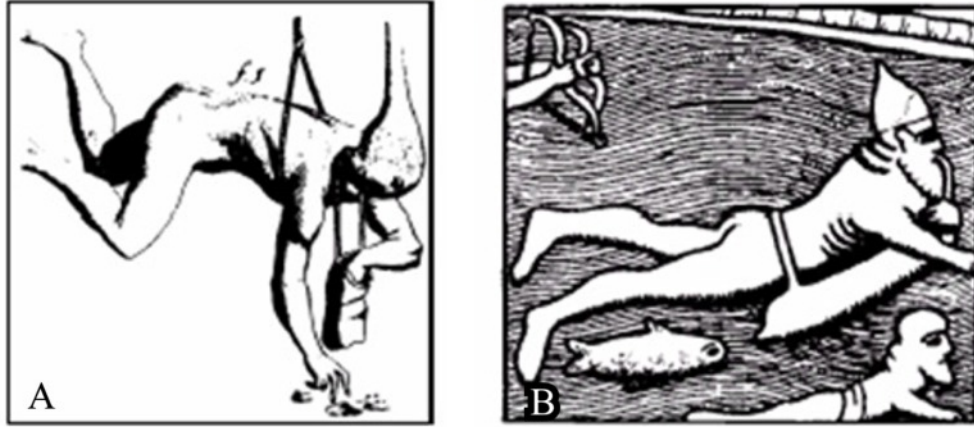
1. Dalışın Tarihçesi

Dalgıçlığın başlangıcı, askeri faaliyetler, kurtarma operasyonları, sualtından ticari değeri bulunan ürünlerin elde edilmesi, bilimsel araştırmalar yapma isteği ve gereksinimlerinin ortaya çıktığı tarihlere rastlar.

İnsanoğlunun soluğunu tutarak suya ilk kez ne zaman daldığı kesin olarak bilinmemesine rağmen, profesyonel amaçlı dalışların başlangıcının günümüzden 5000 yıl kadar eskilere dayandığı belirtilmektedir (6). İlk dalış denemelerinin sığ sulardan inci, sünger, mercan gibi ticari değeri yüksek malların çıkartılması maksadıyla yapıldığı bilinmektedir. Yunan'lı tarihçi Herodot, Pers Kralı Xerxes'in M.Ö. 5.nci yüzyılda batık bir defineyi bulması için Scyllis adlı bir dalgıcı görevlendirdiğinden bahseder (6).

Dalgıçların çok önceden askeri alanda kullanılmaya başlandığı bilinmektedir. Bu alanda ilk faaliyetler, düşman gemilerinin demir zincirlerini kesmek, gemilerin altına delik açmak, düşman limanlarını tahrip etmek ve dost ülkede liman inşa etmek gibi aktivitelerdir. Tarihi kayıtlarda Büyük İskender'in M.Ö.332 yılında karadan kuşattığı Tire (şimdiki adıyla Lübnan) şehrinin limanına, sualtı engellerinin kaldırılması için bir dalgıç grubu gönderdiği belirtilmektedir (6).

Dalış yapan dalıcıların hareket yeteneğini ve dalış süresini arttırmada en önemli adım onlara soluyabileceği havayı sualtında sağlamak olmuştur. Dalgıçlığın geliştirilmesi için içi boş kavisli veya hortumlar, deriden yapılmış su geçirmez başlıklara monte edilerek su üstüne teması sağlanmış. Ancak bu gelişmeler çok da yeterli olmamıştır (Şekil 1.A).



Şekil 1. A: 1511 yılında yapılmış bu resimde, deri başlık ve bu başlığa takılı boru kullanan bir dalgıç. **B:** M.Ö.9.YY'dan kalma bir Asur Freski

Maalesef denizaltında 1 metre gibi çok sığ bir derinlikte bile hortum kullanarak uzun süre sualtında kalmak mümkün olamamaktadır. Çünkü bu derinlikte göğüs kafesinin 0.1 bar'lık bir su basıncına maruz kalması dalıcıların soluk almasına engel olmaktadır.

Bu arada bazı araştırmacılar, dalgıcın hava kaynağını yanında taşıyabileceği fikrini ortaya atmışlardır. Şekil 2.B'de M.Ö.900 yıllarında yapılmış bir Asur Freskinde hayvan derisinden yapılmış bir tüple dalan dalgıçlar görülmektedir (6).

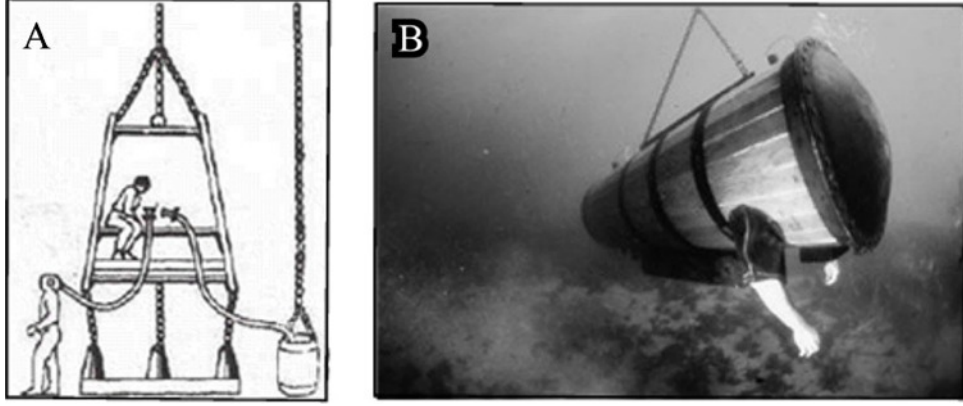
1500'lü yıllarda "Dalış Çanı" denilen bir sistem geliştirilerek, ilk dalış çanı 1531 yılında kullanılmıştır. Dalış çanları ile dakikalar yerine saatlerce sualtında kalma imkanı kazanılmıştır. Dalış çanları, altı açık çan şeklinde bir sistem olup ağırlıklar yardımıyla açık yüzeyi alta gelecek şekilde denize daldırılmak üzere tasarlanmıştır (7).

16. ve 17. yy. larda kullanılan dalış çanları, halatlarla yüzeydeki gemiye bağlanmış olmalarından dolayı bağımsız hareket yeteneğinden yoksun kalmıştır. Dalgıçlar ya çanın içinde kalıp çalışmışlar ya da soluklarını tutup kısa sürelerle çandan dışarı çıkıp geri dönmüşlerdir.

1680'de Massachusetts'li maceraperest William Phipps batık bir defneyi aramak için yaptığı dalış çanına taze hava sağlamak amacıyla yeni bir sistem geliştirmiştir. Taze hava, ağırlık bağlanıp suya ters olarak daldırılan ve çanın içine alınan kovalarla sağlanmıştır (7).

1690 yılında İngiliz Astronomu Edmund Halley ağırlık bağlanmış fiçılarla dalış çanının havasını tazeleyecek bir sistem geliştirmiştir (Şekil 2.A). Bu sistem ile ilk denemesinde Halley ve 4 arkadaşı Thames nehrinde 20 metre derinlikte 1,5 saate yakın

sualtında kalmışlardır. Ünlü bilgin bu sistemi daha da geliştirmek için uzun yıllar uğraşmış ve ilk deneyden 26 yıl sonra 65 yaşında iken yaptığı bir dalışta 22 metre derinlikte 4 saatten daha uzun bir süre kalmayı başarmıştır (7).



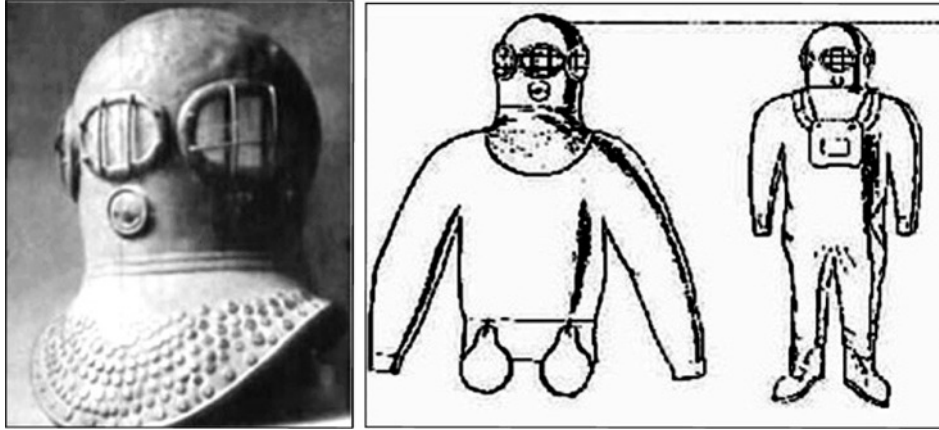
Şekil 2 A: Halley'in yaptığı bu çanlarda havayı tazelemek için suya daldırılmış variller kullanılıyordu. **B:** Lethbridge fiçı tipi zırhlı dalış elbisesi

1715 yılında bir İngiliz olan John Lethbridge, tek kişilik, tamamen kapalı bir dalgıç elbisesi geliştirmiştir (Şekil 2.B). Bu elbise su geçirmez malzeme ile takviye edilip deriyle kaplanmış bir varilden oluşmaktaydı (6).

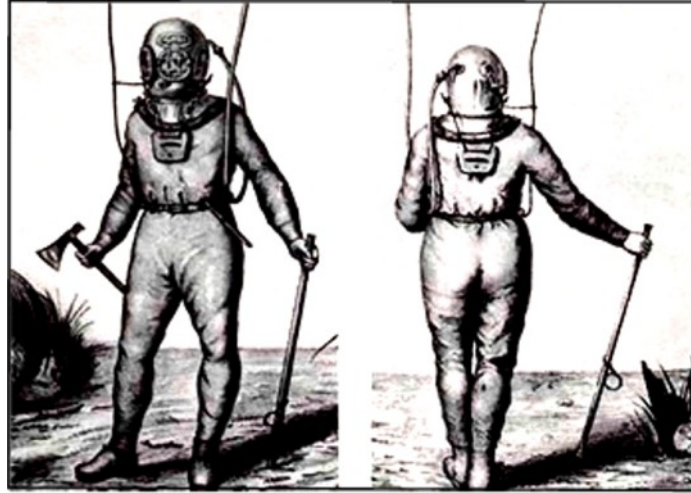
1823 Yılında John ve Charles Deane adlı iki kardeş yangınlarda itfaiyecileri dumandan korumak amacıyla bir başlık geliştirmişler, daha sonra bu başlık Deane tarafından 1928 yılında sualtında kullanılmak üzere değiştirilmiş ve "Deane Patentli Dalgıç Elbisesi" üretilmeye başlanmıştır (6). Metalden yapılmış olan bu başlık oldukça ağır olup, başlığın ön kısmında dalgıçlara görüş sağlayan lumbozlar, arkasında ise yüzeyden hava desteği sağlayan hortum girişleri bulunmaktaydı. Bu başlık elbiseye bağlı olmayıp, dalgıcın omuzları üzerinde kendi ağırlığıyla durmakta, kayışlarla da bel kemerine bağlanmaktaydı. Başlığın içine sürekli hava pompalanmakta ve havanın fazlası başlığın alt kenarlarından tahliye edilmekteydi. Başlığın bu yapısı, dalgıç ayakta dik dururken hiçbir sorun yaratmazken dalgıç herhangi bir nedenle baş aşağı pozisyona geldiğinde başlığa su dolması sebebiyle boğulmalara neden olmuştur.

August Siebe'nin başlığı Deane kardeşlerin başlığının daha da geliştirilmiş bir şeklidir. Siebe dalgıç elbisesini iki parçalı yapmış ve dalgıcın beline kadar gelen üst kısma başlığı bağlamıştır (Şekil 3). Hava tahliyesi elbisenin bel kısmı kenarlarından yapılmaktaydı. 1840 yılında Siebe tek parçalı ve su geçirmez bir elbise üretmeyi başarmış ve bu sisteme bir egzoz subapı eklemiştir (Şekil 4). "Siebe'nin Dalış Takımı"

olarak bilinen bu sistem MK-V Derin Su Dalış Takımı'nın atası olarak bilinmektedir (6).



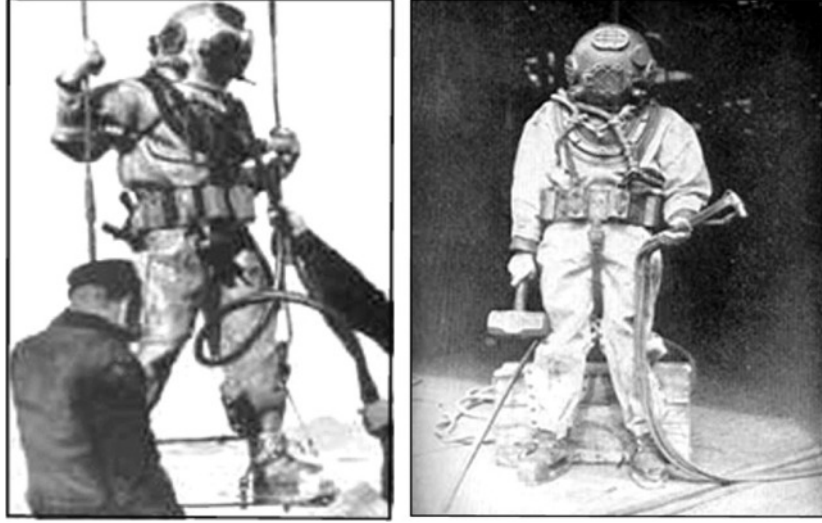
Şekil 3. August Siebe'nin dalış başlığı ve elbisesi



Şekil 4. Siebe'nin ilk kapalı dalış elbisesi

Amerika Birleşik Devletleri tarafından 1905 yılında o güne kadar karşılaşılan birçok probleme çözüm getirecek olan MK-V dalış takımı zamanla geliştirilmiş ve uzun yıllar derin sularda kullanılmıştır (Şekil 5). Başlık kullanan dalgıcın yüzey ile bağlantısını sağlayan hava hortumu sualtında hareket kısıtlamasına neden olduğundan araştırmacılar sualtında dalgıca daha fazla hareket olanağı sağlayacak bir sistem üzerinde çalışmalarını yoğunlaştırmışlardır. Çözümü dalgıcın yanında taşıyabileceği portatif bir hava kaynağının sağlanmasında bulmuşlardır. Bugün SCUBA olarak bilinen bu sistem günümüzde dünyanın her yerinde en çok kullanılan sistem olmuştur. SCUBA terimi İngilizce 'Self Contained Underwater Breathing Aparatus' tanımının baş

harflerinden oluşturulmuş olup, dalgıca hava kaynağını yanında taşımasına imkan veren dalış şeklini tanımlamak için kullanılmaktadır.



Şekil 5. MK-V dalış başlığı ve elbisesi

SCUBA sistemlerinin en önemli parçası olan regülatör, 1866 yılında Benoist Rouquayrol tarafından tasarlanmış, patenti alınmıştır. "Demand (isteğe bağlı) Regülatörü" olarak da adlandırılan bu parça tüpten akciğerlere gelen havanın akışını düzenlemektedir. Ancak o tarihlerde basınçlı havayı tutabilecek kadar sağlam tüp yapılamadığı için Rouquayrol regülatörü yüzey beslemeli dalış sistemlerinde kullanılmıştır. İlk kez kaptan Jacques Yves Cousteau ve Emile Cagnan basınca dayanıklı tüpler ve Demand valfli regülatörler geliştirerek açık devre SCUBA sistemine adapte etmişlerdir. Bu iki araştırmacının başarıları yüzlerce yıllık birikimin sonucu olmuştur. Bu cihazla yaklaşık 60 metre gibi derinliklere başarılı dalışlar gerçekleştirilmiştir.

Önceleri sadece oksijen kullanılan kapalı ve yarı kapalı sistemlerde günümüzde artık karışım gazlar da kullanılmakta ve solunan havadaki oksijen oranı elektronik devrelerle kontrol edilebilmektedir (Şekil 6). Böylece hava kabarcıkları oluşturmadan, %100 Oksijen kullanılan sistemlere göre daha da derinlere inmek mümkün olmuştur.

SCUBA'nın sualtında sağladığı hareket serbestliği dünyada dalışa karşı büyük bir ilgi uyandırmıştır. Bir taraftan sportif dalış gelişirken diğer taraftan bilimsel ve ticari dalışlar hız kazanmıştır. Biyologlar, jeologlar ve arkeologlar sualtı dünyasını inceleme fırsatı bulmuş ve dünyanın, canlıların, medeniyetin kaynağını araştırmışlardır. 19. yüzyılın sonlarına doğru hava pompalarının ve basınçlı tüplerin üretimindeki gelişmeler SCUBA'nın temel ihtiyaçlarını karşılamak yönünde çok büyük bir gelişme

sayılmaktadır. Bu sayede uzun zamandır sıkıntısı çekilen dalıştaki hareket serbestliği ve su üstüne bağımlılık büyük ölçüde bertaraf edilmiştir.



Şekil 6. Kapalı devre dalış sistemleri

2. Dalış Fiziği

İnsanoğlu dünya yüzeyindeki atmosferik ortamda yaşamını sürdürmektedir. Bu ortam dışına çıkıldığında insanoğlunun yaşayabilmesi için bazı dış etkenlere karşı koyması gerekir. Dalgıçlar güvenlikleri için sualtındaki çevrenin karakterini ve bu çevrenin olumsuz etkilerini azaltacak teknik bilgilere sahip olmalıdır. Dalgıçlar bunu başarabilmek için fiziğin temel kurallarını bilmelidirler. Bu kurallar içerisinde bir dalgıç için en önemli olanlar basınç, suyun kaldırma kuvveti ve gazların davranışlarıdır.

a. Basınç: Maddenin belirli bir yüzeyine etki eden kuvvet olarak tanımlanır. İngiliz sisteminde birimi psi (pounds per square inch), uluslararası sistemde (SI) N/cm² (Newton per square inch)'dir. Sualtında basınç, dalgıcın üstündeki su sütununun ve bu suyun üzerindeki atmosferin toplam ağırlığı nedeni ile ortaya çıkar ve ATA (Atmosfer absolute: mutlak basınç) olarak birimlendirilir.

Atmosferik Basınç (ATM): Yeryüzünü çevreleyen atmosferin uyguladığı basınç olup 10 metre deniz suyunun yaptığı basınca eşittir. 1 ATM'lik basınç 14,7 psi'lik basınca eşdeğerdir. Hava nedeniyle oluşan küçük değişiklikler ihmal edilebilir. Atmosferik basınç her şeye her yönde etki eder.

Barometrik Basınç: Temel olarak atmosferik basınçla aynıdır ve havanın durumuyla değişir. Barometre basıncı cıva sütunu yüksekliğiyle açıklanır.

(Standart barometre basıncı = 1 atmosfer basıncı = 760 mmHg = 29,92 inch cıva = 1.013 milibar)

Geyç Basıncı: Atmosferik basınç ile mutlak basınç arasındaki farkı belirtir.

Mutlak Basınç: Geyç basıncı ile atmosferik basıncın toplamıdır.

Hidrostatik Basınç: Su kütlesinin yaptığı basınçtır. Okyanusun 11.000 metrelere ulaşan derinliklerinde bu basınç 1.100 ATA ya ulaşır. Su sütununun ağırlığı dolayısıyla oluşan basınç hidrostatik basınç olarak tanımlanır. Örneğin 10 metre derinlikte deniz suyunun uyguladığı hidrostatik basınç 1 ATM dir. Atmosferik ve aynı derinlikteki hidrostatik basıncın toplamı olan mutlak basınç ise 2 ATA dır. Her 10 metre derinlikte çevre basıncı 1 ATM artmaktadır. Tablo 1’de basıncın derinlikle nasıl değiştiği görülmektedir.

Tablo 1. Basınç tablosu

Derinlik- metre	Hidrostatik Basınç	Mutlak Basıncı
0	0	1 ATA (14,7 psia)
10	1 ATM	2 ATA (29,4 psia)
20	2 ATM	3 ATA (44,1 psia)
30	3 ATM	4 ATA (58,8 psia)

b. Suyun Kaldırma Kuvveti: Suyun kaldırma kuvveti nesnelerin yüzmesini sağlayan kuvvettir. İlk olarak Yunan matematikçi Arşimet tarafından tanımlanan suyun kaldırma kuvveti şu şekilde açıklanmıştır: “Tamamen veya kısmen bir sıvıya batmış bir cisim, o cisim tarafından taşırılan suyun ağırlığına eşit bir kuvvetle yukarı doğru itilerek yüzdürülür”. Bu Arşimet Kanunu olarak bilinir, tüm nesne ve sıvılar için geçerlidir.

Arşimet Kanununa göre sıvının içindeki bir cismin yüzerliliği cisim tarafından taşırılan sıvının ağırlığından, cismin toplam ağırlığının çıkarılmasıyla hesaplanır. Eğer toplam yer değiştirme (taşırılan sıvının ağırlığı) cismin ağırlığından büyükse, kaldırma kuvveti pozitifdir ve cisim yüzer. Eğer eşitse kaldırma kuvveti nötrdür ve cisim suda asılı kalır. Eğer küçükse kaldırma kuvveti negatiftir, cisim batar.

Bir cisme uygulanan kaldırma kuvveti, cismin içinde olduğu sıvının yoğunluğuna (özgül ağırlık) bağlıdır. Tatlı suyun yoğunluğu 1.005 kg/lt (gr/cm³) dir.

Deniz suyu daha ağırdır ve yoğunluğu 1.025 kg/l (gr/cm^3) dir. Böylece deniz suyunda yüzen cisim tatlı suda yüzen cisimden daha büyük bir kuvvetle kaldırılır. Bu da cisimlerin, tatlı suya oranla deniz suyunda daha kolay yüzmesini sağlar.

Dalgıcın Yüzerliliği: Akciğer kapasitesi dalgıcın yüzerliliğinde belirgin bir rol oynar. Akciğerleri tam hava dolu bir dalgıca, soluğunu vermiş bir dalgıca oranla daha fazla kaldırma kuvveti etki eder.

Bir dalgıç yüzerliğini taktığı ağırlık miktarını değiştirerek, denge yeleği ya da kuru elbise içine hava verip boşaltarak ayarlayabilir. Dalgıçlar genelde nötr veya çok hafif bir negatif yüzerlik isterler. Yüzey destekli sistemlerle yapılan dalışlarda negatif yüzerlik dipte daha rahat çalışmaya yardımcı olur. SCUBA dalışlarında ise nötr yüzerlik dalgıcın daha rahat yüzmesine, derinlik kontrolüne ve değiştirmesine yardımcı olur.

c. Gazlar: Gazların, özellikle solunum için kullanılan gazların özellikleri ve davranış tarzları dalgıçlar için çok önemlidir. Dalışta en yaygın olarak kullanılan gaz atmosferik havadır. Bileşenleri Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2. Kuru atmosferik hava bileşenleri

GAZLAR	Hacimde Yüzde
Nitrojen	78.084
Oksijen	20.946
Karbondiyoksit	0.033
Diğer	0.0934

Oksijen: Çift atomlu (O_2), renksiz, kokusuz, tatsız ve diğer elementlerle kolayca tepkimeye giren aktif bir gazdır. Havanın geri kalan %79’u oksijeni seyreltmek için kullanılır. %100 saf oksijen ise genelde hastanelerde, uçaklarda, hiperbarik oksijen tedavilerinde solunum maksadıyla kullanılır. Bazı durumlarda, %100 saf oksijen sıg su dalış operasyonları ve karışım gaz dalış operasyonlarının belirli aşamalarında kullanılır. Bununla beraber, basınç altında saf oksijenin solunumu oksijen zehirlenmesi gibi ciddi problemlere yol açabilir.

Nitrojen: Oksijen gibi nitrojen’de çift atomlu (N_2), moleküler yapıda renksiz, kokusuz, tatsız, bir gazdır. Ancak solunumla vücuda alınan nitrojen diğer elementlerle tepkimeye girmez. Serbest durumda havadaki nitrojen asal bir gazdır. Basınç altında

solunan nitrojenin anestezi özelliğinden dolayı oluşan nitrojen narkozu, dalış esnasında yön bulma, muhakeme ve doğru karar verebilme yetilerinin kaybına yol açabilir. Bu sebepten ötürü içinde yüksek oranda nitrojen bulunan sıkıştırılmış hava, dalış operasyonlarında belirli bir derinliğin altında kullanılmamaktadır.

Helyum: Tek atomlu (He), renksiz, kokusuz ve tatsız bir gazdır. Helyum tamamen asal bir gazdır. Havada çok nadir bulunur (5 ppm= Parts per million). Solunum gaz karışımındaki oksijeni seyreltmek için kullanıldığında, nitrojende olduğu gibi narkoz problemine yol açmaz, fakat birkaç önemli dezavantajları vardır. Bunlardan biri helyum solunduğunda meydana gelen ses değişikliğidir. Seste meydana gelen bu değişiklik helyum kullanılan derin dalışlarda iletişim problemi yaratabilmektedir. Helyumun bir diğer negatif özelliği iyi bir ısı ileticisi olmasıdır. Bu özelliği vücuttan daha hızlı ısı kaybına neden olmaktadır. Helyum kaynaklarının sınırlı olması ve maliyetin yüksek olması diğer dezavantajlarıdır.

Hidrojen: Çift atomlu (H_2), renksiz, kokusuz ve tatsızdır. O kadar hareketlidir ki dünyada serbest konumda çok seyrek bulunur. Saf hidrojen, içinde %4'den daha fazla oksijen ile karıştığında patlayıcı olmaktadır.

Karbondioksit: (CO_2) renksiz, kokusuz, tatsız ve zehirleyici bir gazdır. Dalgıçlar için, karbondioksit ile ilgili iki önemli husustan biri solunum kaynağındaki miktarının kontrolü, diğeri de solunum sonrası oluşan karbondioksitin egzozdan atılmasıdır. Karbondioksit yüksek kısmi basınçta solunduğunda bilinç kaybına ve bayılmaya sebep olabilir.

Karbonmonoksit: (CO) algılanması zor, renksiz, kokusuz, tatsız ve zehirleyici bir gazdır. Karbonmonoksit karbon içeren maddelerin tam yanmaması sonucu ortaya çıkar ve daha çok içten yanmalı motorların egzozundan atılır. Benzinli ve dizel kompresör motorlarının egzoz çıkışı, kompresörün hava girişine çok yakın veya rüzgarın geldiği yöne yerleştirilmesi durumunda SCUBA tüplerine basılan hava karbonmonoksitle kirletilmiş olur. Karbon monoksit kanın vücudun işlevlerini normal olarak yerine getirmesine gerekli olan oksijen taşıma yeteneğini ciddi bir şekilde sınırlar. Karbon monoksitin hemoglobine afinitesi oksijenden 200 kat daha fazladır (8).

d. Gaz kanunları: Sıcaklık, basınç ve hacim gibi faktörlerin değişimi sonucu gazların kinetik enerjisinde değişimler meydana gelir. Dalgıç, sualtında değişen basıncın kendisini ve dalış donanımını nasıl etkilediğini bilmelidir. Bu nedenle dalgıçlar gaz kanunlarını çok iyi bilmelidirler.

Boyle Kanunu: Sabit sıcaklıkta, gazın mutlak basıncı ile hacmi ters orantılıdır.

$$C = P \times V \quad \text{veya} \quad P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$$

Charles/Gay-Lussac Kanunu: Sabit basınçta gazın hacmi mutlak sıcaklıktaki değişimle doğru orantılıdır. Sabit hacimde bir gazın basıncı da sıcaklıktaki değişimle doğru orantılıdır.

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad (P \text{ sabit}) \quad \text{veya} \quad \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \quad (V \text{ sabit})$$

Genel Gaz Denklemi: Boyle, Charles ve Gay-Lussac denklemlerinden türetilen bir denklemdir.

$$\frac{P_1 \times V_1}{T_1} = \frac{P_2 \times V_2}{T_2} \quad \begin{array}{ll} P_1 = \text{ilk basınç (mutlak)} & P_2 = \text{son basınç (mutlak)} \\ V_1 = \text{ilk hacim} & V_2 = \text{son hacim} \\ T_1 = \text{ilk sıcaklık (mutlak)} & T_2 = \text{son sıcaklık (mutlak)} \end{array}$$

Dalton Kanunu: Bir gaz karışımı tarafından uygulanan toplam basınç, karışımı oluşturan her bir farklı gazın kısmi basınçlarının toplamıdır.

$$P_{\text{TOPLAM}} = p_{\text{pA}} + p_{\text{pB}} + p_{\text{pC}} \dots$$

Henry Kanunu: Sabit sıcaklıkta, bir çözelti içerisinde çözünebilecek gaz miktarı; gazın kısmi basıncı ve eriyebilirlik katsayısı ile doğru orantılıdır.

3. Dalış Çeşitleri

Uygulama yöntemlerine göre dalışlar ikiye ayrılabilir.

a. Serbest Dalış: Hiçbir harici hava kaynağı olmadan sadece soluk tutarak yapılan dalışlardır.

b. Aletli Dalış: Sualtında dalgıçlara bulunduğu derinliğin ortam basıncına uygun basınçlarda hava veya değişik gaz karışımları solumaya olanak sağlayan donanımlarla yapılan dalışlardır. Bu tür dalışlar da ikiye ayrılır;

(1) SCUBA Dalışı: Yüzeyden bağımsız olarak sualtında dalgıçlara ortam basıncına uygun basınçta solumaya olanak sağlayan, donanıma ait bir hava ya da karışım gaz kaynağı bulunduran sistemlerle yapılan dalışlardır. SCUBA sisteminin açık, kapalı ve yarı-kapalı devre olmak üzere üç farklı tipi bulunmaktadır. Açık devre sistemlerde tüpten bir regülatör yardımı ile alınan hava, dalgıç tarafından kullanıldıktan sonra doğrudan doğruya suya verilmektedir. Kapalı devre sistemlerde ise solunmuş gaz içerisindeki CO₂ kimyasal olarak uzaklaştırıldıktan sonra tekrar kullanıldığı için su içine ekspirasyon gazı verilmemekte, yarı-kapalı sistemlerde ise çok az verilmektedir.

(2) Yüzeyden Destekli Dalış: Bu tür dalışlarda dalgıcın sualtında soluduğu hava ya da karışım gaz yüzeyden bir hortum vasıtası ile sağlanmaktadır. Başlık ve çan dalışları olarak iki şekilde yapılır (9).

4. Suda Boğulma İle Sonuçlanan Dalış Kazaları

Dalış kazalarının büyük çoğunluğunda insan hatası söz konusudur. Bazı kazalarda olay nedeni olarak kullanılan ekipmanlar gösterilse de bu ekipmanların yapımı, seçimi, bakımı ve kullanımı sonucu ortaya çıkan sorunların büyük bir bölümü de insan hatasından kaynaklanmaktadır.

Dalış kazalarının önlenmesi, dalış kazalarına yol açan nedenlerin tespiti ve analizi ile mümkündür. Bu tür analizler ancak anlamlı miktarda veri toplayarak yapılabilmektedir. Bu amaçla İstanbul Üniversitesi Hiperbarik Tıp Araştırma ve Uygulama Merkezi (HİTAM) dalış kazalarıyla ilgili verileri toplamak ve bunları değerlendirmek amacıyla bir proje başlatmıştır (10). Bir başka çalışmada dalış kazalarında, olayın incelenmesi sırasında kolaylıkla doldurulabilecek, ‘Dalışa Bağlı Ölümlerde Ölüm Araştırma Formu’ adlı standart form tanıtılmıştır (11). Ancak ülkemizde dalış kazalarıyla ilgili yapılmış bir analiz henüz yoktur.

Ölümlerle sonuçlanan dalış kazalarında olayı başlatan farklı nedenler söz konusu olmasına rağmen, bu tür kazaların büyük bir bölümünde ölüm şekli suda boğulma olarak bildirilmektedir. Gerçekte de kazazede su altındayken bilinç kaybına neden olabilecek her türlü durumda dalış boğulmayla sonuçlanabilecektir.

Dalış kazalarının oluşmasında çevresel, kişisel ve dalış ekipmanına ait faktörlerden en az biri etkilidir. Çoğunlukla da birden fazla faktör bir arada bulunabilmektedir. Bu faktörleri şu şekilde sıralayabiliriz (12).

a. Çevresel faktörler: Dalış bölgesinin topografik yapısı, dalış derinliği, dalga yüksekliği, su sıcaklığı, görüş, akıntı, olumsuz hava koşulları ve bazı sualtı canlıları çevresel faktörleri oluşturmaktadır. Dalış yapılacak bölgenin coğrafi yapısı, su üstü ve

sualtı koşulları, deniz canlıları hakkında gerekli bilgilerin önceden değerlendirilmesi gerekir. Kayalık veya derin vadilerin yoğun olduğu, tehlikeli deniz canlılarının ve akıntıların bulunduğu bir bölgede dalış yapılırken çok dikkatli olunmalıdır. Av yapılan bölgelerde dipte bulunan ağ ve misina kalıntıları bazen dalgıca çaparız oluşturarak tehlike yaratabilmektedir.

Dalgıcı hızla yüzeye gelmeye zorlayacak durumlarda, dalış profiline de bağlı olarak dekompresyon hastalığı görülebilecektir. Dekompresyon hastalığı, genellikle dalgıcın çıkışı esnasında görülür ve dalgıç su içinde iken nadiren bilinç kaybına neden olup boğulmaya yol açabilir. Ancak hızlı ya da acil çıkış esnasında oluşabilecek akciğer barotravması, serebral arteriyel gaz embolisine neden olursa bilinç kaybı ve boğulma riski yüksek olacaktır. Çevresel koşullar bazen hızlı çıkışa neden olabilecek tehlikeli durumların ortaya çıkmasına neden olabilir.

Güçlü akıntıların varlığında dalgıç bulunduğu derinliği ve konumu korumak için akıntıya karşı yüzerek fazla efor harcayabilir. Bunun sonucu olarak dalgıçta hiperventilasyon gelişir. Hiperventilasyon, dalgıcın havasının zamanından önce bitmesine, aşırı efor da karbondioksit retansiyonuna neden olabilir. Zamanla dalgıçta yorgunluk, kas krampları ve karbondioksit seviyesinin artmasına bağlı şuur bulanıklığı gelişebilir. Bu durumdan kurtulan dalgıcın çoğu zaman havası satha gelmeye yetmeyebilir ya da akıntıya kapılarak daha derinlere sürüklenebilir.

Suyun bulanık oluşu, dalgıcın zaten açısı dar olan görüşünü azaltır. Suda bir referans noktasının görülememesi yön tayininde güçlüğüne neden olabilir. Özellikle batık ve mağara dalışlarında görüşün zayıf olması ekipmanın bir yerlere takılmasına, sıkışmasına, dalgıcın çıkışı kaybetmesine neden olabilir.

Suda bulunan zararlı deniz canlılarının saldırıları da dalgıcı sualtında zor bir durumda bırakabilir. Zehirli deniz canlıları zehrini dalgıca zerk ettiğinde zehrin cinsine ve miktarına göre kaşıntıdan kas kramplarına, hatta ani ölümlere kadar değişik semptomlar ortaya çıkabilir. Ayrıca köpekbalığı gibi canlılar direk olarak dalgıca fiziki zararlar verebilirler.

Her ne kadar günümüzde kullanılan dalış elbiseleri ile etkili termal izolasyon sağlansa da, soğuk sularda yapılan dalışlarda hipotermi riskini de göz önünde bulundurmak gerekir. Önce titremeye başlayan semptomlar, idrar yapımında artma, el becerilerinde bozulma, muhakeme gücünde azalma şeklinde devam eder. Vücut iç sıcaklığı 35 °C'nin altına indiğinde ciddileşen semptomlar, 30 °C civarlarında bilinç

kaybına dönüşebilir. Boğulma olgularının bir kısmından hipotermi nedeniyle gelişen bilinç kaybı sorumludur.

b. Kişisel faktörler: Dalıcılarda önceden var olan ya da kaza anında ortaya çıkan bazı tıbbi sorunlar dalış kazalarını başlatan neden olabilir. Bunlar merkezi sinir sistemi, kardiyovasküler sistem, solunum sistemi ve endokrin sistem hastalıkları gibi, dalıcıda sualtında bilinç kaybına neden olabilecek tıbbi sorunlar olabilir. Ayrıca kişide alkol ve uyuşturucu bağımlılığı, stres, panik atak, diğer psikiyatrik rahatsızlıklar ve yorgunluk söz konusu ise dalış sakıncalı olup, aksi taktirde dalış kazasına zemin hazırlanmış olacaktır.

Normalde nötr yüzerliliğe sahip olan dalıcı su altında ağırlıksızdır ve minimum bir eforla dalışını gerçekleştirir. Dalış sırasında meydana gelebilecek olan herhangi bir aksaklıkta dalıcının fazla efor harcaması gerekebilir. Böyle acil durumlar için dalıcının yeterli bir kardiyovasküler rezervi olmalıdır. Bu yüzden hipertansiyon, koroner arter hastalığı, kalp kapak hastalıkları, kalp ritim bozuklukları, konjenital kalp hastalıkları, konjestif kalp yetmezliği, periferik vasküler hastalıklar, kalp pili kullanımı ve hipertrofik kardiyomyopatiler gibi kalp hastalıkları bulunan kişilerin, dalışlarına izin verilecekse dalış öncesi çok dikkatli bir muayeneden geçirilmesi gerekmektedir. Kan basıncı dalış esnasında suyun hidrostatik basıncından etkilenmez. Dalış esnasında kan basıncını etkileyebilecek faktörler soğuk, yoğun egzersiz, korku ve heyecan gibi emosyonel değişikliklerdir. Dalış sırasında kan basıncının aniden çok yükselmesine bağlı olarak dalıcıda serebrovasküler hastalık, myokard iskemisi ve buna bağlı olarak pulmoner ödem gelişebilir. Ortaya çıkan bu durumlar bilinç kaybına ve boğulmaya neden olabilir. Atrial septal defekt, patent duktus arteriosus, ventriküler septal defekt ve patent foramen ovale gibi, venöz dolaşım ile sistemik arteriyel dolaşım arasında bir bağlantı olduğu zaman, venöz sistemde oluşan kabarcıklar akciğerlerde filtrasyona uğramaksızın arteriyel dolaşıma geçerek ciddi santral sinir sistemi embolizasyonuna neden olabilir. Yapılan bir çalışmada, 30 dekompresyon hastasının yapılan ekokardiyografik incelenmesinde 18 ciddi dekompresyon hatasının %61'inde valsalva manevrası esnasında patent foramen ovale vasıtasıyla sağdan sola şant olduğu gösterilmiştir (13).

Normal koşullarda özellikle sportif dalışlar esnasında harcanan enerji çok fazla değildir. Ancak profesyonel dalıcılar ve bazı beklenmedik tehlikeli durumlarda sportif dalıcılar aşırı efor sarf etmek zorunda kalabilir. Bu esnada ventilasyon da artacağından dalıcı bu artışı karşılayabilecek kapasiteye sahip olmalıdır. Solunum kapasitesi sınırd

veya düşük olanlar sürdürdüğü sedanter yaşam esnasında bunun farkında olmayabilirler. Ancak artan eforla birlikte ciddi sorunlarla karşılaşabilirler. Bu nedenle dalıcıların normal akciğer fonksiyonlarına sahip olması gerekmektedir.

Kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH), genellikle ilerleyici ve geriye dönüşümsüz hava yolu obstrüksiyonu ile seyreden bir hastalıktır. Patolojik olarak düz kas kitlesinde artış, enflamasyon, ödem ve sekresyon artışı büyük ve küçük hava yollarında daralmaya neden olur. Bu kişilerde akciğer esnekliğindeki azalmaya da bağlı olarak soluk verme esnasında küçük hava yolları erken kapanır ve rezidüel volüm artar. KOAH'lı hastalarda yetersiz bir solunum kapasitesi vardır ve hava yolunun erken kapanmasına bağlı olarak akciğer de hava hapsi alanları oluşur. Astım hava yollarının kronik enflamatuar bir hastalığıdır. Çeşitli uyaranlara karşı (egzersiz, soğuk, kuru hava vb.) hava yolu duyarlılığı artmıştır. Astımdaki hava yolu obstrüksiyonu KOAH'dan farklı olarak geri dönüşümlüdür. Soluk darlığı, hırıltı, göğüste daralma hissi, öksürük, balgam çıkarma gibi semptomlar ile kendini gösterir. Astım krizinde meydana gelen hava yollarındaki obstrüksiyon nedeniyle akciğerde rezidüel volüm artar. Tartışmalı bir konu olsa da, astımda akciğer dokusunun elastik yapısı bozulduğu için çok düşük basınçlarda bile alveollerin yırtılarak arteryel gaz embolisi gelişebileceği bildirilmektedir (14).

Bilinç değişikliklerine yol açabilecek başka bir hastalık da diyabetes mellitustur. Diabetli hastalarda, özellikle insülin kullananlarda hipoglisemi ve hiperglisemi riski yüksektir. Kan glukoz düzeyinde ileri düzeyde oynamalar görülen diyabet hastaları, sualtında bilinç problemleri yaşayabileceğinden dalıştan uzak durmalıdırlar.

Bir dalıcı fiziksel olarak sağlıklı olması gerektiği kadar ruhsal olarak da sağlıklı olmalıdır. Suyun içinde kendinin ve diğer dalıcıların güvenliğini tehlikeye sokabilecek bir ruhsal bozukluğa ya da kişilik yapısına sahip olanların dalmaları çok tehlikelidir. Stres, panik atak, yorgunluk, aşırı cesaret, alkol ve uyuşturucu kullanımı gibi faktörler dalış sırasında dalıcının performansını etkileyerek dalışın tehlikeli bir hal almasına neden olurlar.

c. Dalış ekipmanlarına ait faktörler: Uygun olmayan ekipman seçimi, bakımsız malzeme kullanımı, yanlış gaz karışımı ve iyi filtre edilmemiş kontamine hava kullanımı, arızalı ekipman kullanımı dalış kazalarını başlatabilmektedir. Dalış kazalarında ekipman hataları önemli bir yer tutar. Genellikle bakımları düzenli yapılmamış malzemeler dalışlarda sorun çıkararak istenmeyen durumlara yol açmaktadır. Örneğin dipteyken regülatörün havayı ya da solunum gazını kesmesi, ya da

“O ring” parçalanması nedeniyle hava/karışım gaz kaynağının boşalması gibi durumlarda dalgıç boğulma tehlikesi ile karşı karşıya kalacaktır.

Derinlik ve basınç göstergelerinin, dalış bilgisayarının düzgün çalışmaması dalış planının hatalı uygulanmasına neden olabilir. Planlanandan daha derine dalıp daha uzun süre kalmak beklenmedik anda havanın kesilmesine neden olabilir.

Derinliğe göre kullanılan dalış sistemi ve solunum gazı da önemlidir. Normal hava ile dalış yapan bir dalgıç 30 metreden daha derinlere indiğinde, nitrojenin artan kısmı basıncına bağlı olarak Nitrojen Narkozu görülebilmektedir. Nitrojen narkozunda görülen belirtiler alkol alımında görülenlere benzemektedir. Önce öfori, kendine güven, reflekslerde zayıflama, muhakeme yeteneğinde azalma, entellektüel fonksiyonlarda yavaşlama ile başlayan belirtiler, görsel ve işitsel halüsinasyonlarla devam edebilir. Daha derinlere indikçe de bilinç kaybı ve ölüm görülebilir. Özellikle derin sularda meydana gelen dalış kazalarının büyük bir kısmından nitrojen narkozunun sorumlu olduğu tahmin edilmektedir. Karışım gaz dalışlarıyla nitrojen narkozu önlenebilmiştir. Ancak bu tür dalışlarda hatalı kullanım sonucu yüksek oksijen kısmi basınçlarına maruz kalınabilir. Su içinde 1,6 ATA dan daha yüksek basınçlarda oksijen solunduğunda merkezi sinir sistemi toksisitesi görülme riski söz konusudur. Merkezi sinir sistemi oksijen toksisitesi söz konusu olduğunda ise dalgıçta bilinç kaybı ve konvülsiyonlar görülür. Böyle bir durumda boğulma kaçınılmaz olacaktır.

Bazen sualtında iken solunan havanın kirli olması da sorun yaratabilmektedir. SCUBA tüplerine hava genellikle benzinli ya da dizel motorlu kompresörlerle basılmaktadır. Bu kompresörlerin egzozlarından karbonmonoksit gazı çıkmaktadır. Kompresörü yanlış konumlandırma sonucu egzoz gazı SCUBA tüplerine basılan hava içine karışabilir ve bu karbonmonoksitle kirlenmiş havanın sualtında yüksek basınçta solunması halinde de karbonmonoksit zehirlenmesi görülebilir. Karbonmonoksit zehirlenmesinde baş ağrısı, bulantı, kusma, konsantrasyon azalması ve uyku hali görülebilir. Daha ileri düzeydeki zehirlenmelerde ise şuur kaybı gelişir.

Karbondioksit zehirlenmesi kapalı veya yarı kapalı devre SCUBA dalış sistemlerinde karbondioksit emici sistemlerin düzgün çalışmaması, başlıkla yapılan yüzeyden destekli dalış sistemlerinde yetersiz ventilasyon, hava kaynağını daha idareli kullanmak için yapılan aralıklı soluma gibi durumlarda görülür. İnspire edilen gaz içinde karbondioksit oranı artarsa kısa sürede bilinç kaybı gelişebilir.

Kişisel faktörler olarak da ele alınabilecek olan eksik malzeme kullanımı da boğulma ile sonuçlanan dalış kazalarına neden olabilir. Örneğin bir bıçak taşınmaması

halinde dipte ağa ya da misinaya takılmış bir dalıcının kurtulması yada kurtarılması imkansız olabilir. Pusula kullanmayan dalıcılar da yönlerini kaybederek dalış teknesinden uzaklaşabilir, akıntılı sularda yüzeye çıksalar bile dalış teknesi tarafından görülmeyip açık denizde hipotermi riski ile karşı karşıya kalabilirler. Mağara ve batık dalışlarında klavuz hattı kullanmamakta boğulmayla sonuçlanan dalış kazalarına neden olabilir.

B. SUDA BOĞULMA

Suda boğulma önemli, ancak ihmal edilmiş bir halk sağlığı sorunudur. 1990'ların sonunda Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından yürütülen hastalıkların küresel dağılımı çalışması, suda boğulmanın dünya genelinde, özellikle az gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelerde önde gelen ölüm nedenlerinden biri olduğunu ortaya koymuştur (15).

Dünya Sağlık Örgütü verileri, 2000 yılında dünya genelinde 449.000 kişinin suda boğulmuş olduğunu göstermektedir. Dünyada meydana gelen kazalar sonucu ölümler içinde boğulmanın oranı %9'dur. Boğulma olgularından, kaza sonucu meydana gelenlerin çoğu (%97) düşük-orta gelir düzeyine sahip ülkelerde görülmektedir (16).

2004 yılında dünyada meydana gelen suda boğulma vakalarının yaklaşık 175.000'in den fazlası 0-19 yaş gençlerden ve çocuklardan oluşmaktadır (17).

	Afrika	Amerika		Güneydoğu Asya	Avrupa		Doğu Akdeniz		Batı Okyanusya	
	LMIC	HIC	LMIC	LMIC	HIC	LMIC	HIC	LMIC	HIC	LMIC
erkek	9.0	1.8	5.0	7.1	0.8	5.5	10.7	9.0	1.7	17.5
kız	5.4	0.7	1.8	5.2	0.3	2.4	1.6	4.5	0.7	9.9

Tablo 3. 2004 yılında meydana gelen 100.000 boğulma olgusunda 20 yaş altı çocukların cinsiyetleri ve ülkelerin gelişmişliği arasındaki ilişki (LMIC = Low-income and middle-income countries, HIC = High-income countries)

1. Tanım

Suda boğulma; Herhangi bir nedenle su içinde bulunan bir kişinin, apne dönemi sonunda refleks olarak ilk solunumu ile üst ve alt solunum yollarına hava yerine suyu

aspire etmesi sonucu gerçekleşen, primer olarak anoksik kökenli bir ölüm türüdür (drowning) (18).

Bazı durumlarda kişi su içinde bulunduğunda bilincinin kısmen veya tamamen kapalı olması sonrasında, ciddi kurtarma girişimleri sonucu hiç olmazsa bir süre için yaşama geri döndürülmesine yarı boğulma, yakın boğulma veya boğulayazma (near drowning) denilmektedir (19).

2. Suda Boğulma Nedenleri

Suda boğulma dünyanın her yerinde ağırlıklı olarak genç erkek popülasyonu daha yakından ilgilendirmektedir. Yaş ile suda boğulma ortamı ve tarzı arasında belirgin bir ilişki bulunmaktadır. Su birikintilerinde, yüzme havuzlarında ve kanallarda görülen suda boğulma olguları genellikle çocukları ilgilendirir. Genç yaştakiler çoğunlukla su ile ilişkili eğlence ve sportif faaliyetlerde, erişkin erkekler ise genellikle profesyonel işleri sırasında suda boğulma ile karşı karşıya kalırlar. Banyo ölümleri ise sıklıkla ya çok yaşlıları ya da bebekleri ilgilendirir (20).

Dünya Sağlık Örgütü'nün 2000 yılında yayınladığı kazalara bağlı ölümlerin küresel yükü ile ilgili bildirisinde, kazalara bağlı ölümler sıralamasında suda boğulma, motorlu taşıt kazalarından sonra ikinci sırada yer almaktadır (21). Dünyada suda boğulma insidansı 5-6/100.000 olmakla birlikte nüfus yoğunluğu ve denize yakın yerleşim bölgelerine göre farklılık göstermektedir.

Finlandiya'da 1.590 suda bulunmuş ceset üzerinde yapılan bir çalışmada, olguların %94.2'sinde suda boğulma tanısı konulmuş, %5.8 olguda ise suda boğulma dışı travmatik ve doğal ölüm nedenleri saptanmıştır. Olguların %58'inin kaza orijinli, %24.5'inin intihar, %0.8'inin cinayet orijinli olduğu, %16.6'sında ise orijinin saptanamadığı bildirilmiştir (22).

Yine Finlandiya'da yapılan başka bir araştırmada; 1969-2000 yılları arasında doğal olmayan yollarla meydana gelen 131.722 ölüm olgusundan 13.705'i suda boğulma ile meydana gelmiştir. Bunların 9.710 (%70.9)'u kazaya bağlı, 2.807 (%20.5)'i intihar, 73 (%0.5)'ü cinayet ve 1.115 (%8.1)'i ise orijini belirlenemeyen boğulma olguları olduğu bildirilmiştir (23).

Ülkemizde farklı bölgelerde tüm adli ölüm olguları üzerinde yapılan üç ayrı çalışmada, birbirine yakın sonuçlar elde edilmiştir. İstanbul'da yapılan bir çalışmada, tüm adli olguların %7'sini suda boğulma ya da sudan çıkarılan cesetlerin oluşturduğu bildirilmiştir (24). Adana'da 1992-1995 yılları arasında meydana gelen 4.079 adli ölüm olgularının %7.26'sının, 2000-2004 yılları arasında ise meydana gelen 0-18 yaş gurubu

995 adli ölüm olgularının %12.4'ünün boğulma sonucu meydana geldiği saptanmıştır (25). Antalya yöresinde yapılan bir çalışmada, yapılan tüm adli otopsilerin %6.5'inin suda boğulma sonucunda meydana geldiği bildirilmiştir (26).

Suda boğulma ve boğulayazmanın birçok önemli predispozan faktörü vardır. Bunlar; alkol kullanımı, bilinç kaybına neden olabilecek hastalıklar, ilaç kullanımı, çocukların üzerindeki ebeveyn gözetiminin yetersizliği, deniz ulaşımı kazaları, endüstriyel balıkçılık, su sporları, isteğe bağlı hiperventilasyon (sığ su bayılması), dalış kazaları, kurtarma operasyonları olarak sıralanabilir (20).

a. Alkol: Yetişkin suda boğulma olgularında en önemli risk faktörlerinden biridir. Alkol almış bir kişide davranış bozukluğu gelişmektedir. Bu nedenle alkol etkisi altında bulunan kişilerde su içerisinde yapılması riskli ve tehlikeli davranışların ortaya çıktığı, herhangi bir tehlike anında kişinin bu tehlikeyi fark edip engel olamadığı bilinmektedir. Ayrıca alkol vazodilatasyon yaparak hipotermi nedeniyle daha kısa sürede bilinç kaybı gelişmesini kolaylaştırmaktadır. Alkol almış kişilerde suda boğulma, alkol almamış kişilere oranla 15 kat daha fazla görülmektedir. Ayrıca erkeklerde bayanlara oranla 5 kat daha fazla görülmektedir (27).

b. Bilinç Kaybına Neden Olan Hastalıklar: Epileptik nöbetler, miyokard infarktüsü, hiperglisemi ya da hipoglisemi atakları gibi durumlarda gelişen bilinç kayıpları suda boğulmaya neden olabilmektedir. Bilinç kaybına neden olmasa da ani gelişen kas krampları bazen boğulma nedeni olabilmektedir. Son zamanlarda yeni geliştirilen ilaçlar sayesinde, özellikle epileptik nöbetlerin oluşumu kısmen engellenmiş ve bu nöbetlere bağlı suda boğulmalar azalmıştır. Kanada'da yapılan bir çalışmada, Kanada'nın Alberta kentinde son 10 yılda meydana gelen 482 suda boğulma vakasının incelenmesi sonucunda 25 (%5)'inin epilepsi krizine bağlı olduğu tespit edilmiştir. Bu vakalardan 15'inin banyo yaparken küvette, 4'ünün göl ve nehirlerde, 4'ünün özel ve halka açık havuzlarda, 1'inin jakuzide meydana geldiği tespit edilmiştir. Diğer 2 kişiden birinin geçirdiği epileptik krize bağlı olarak her ikisinin teneden denize düşmesi sonucu suda boğuldukları tespit edilmiştir (28).

c. İlaç Kullanımı: Özellikle merkezi sinir sistemini etkileyen ilaçların kullanımı sırasında kişide uykuya meyil, disoryantasyon, karar verme yetisinde bozulma ve yüzme yeteneğini etkilemesi gibi nedenlerden dolayı suda boğulma olguları görülebilmektedir. Bu ilaçlar etanol (alkol), cyclobenzaprine, diazepam, amfetamin, morfin, kodein ve doksepin gibi ilaçlardır.

d. Çocukların Üzerindeki Ebeveyn Gözetiminin Yetersizliğine Bağlı Suda

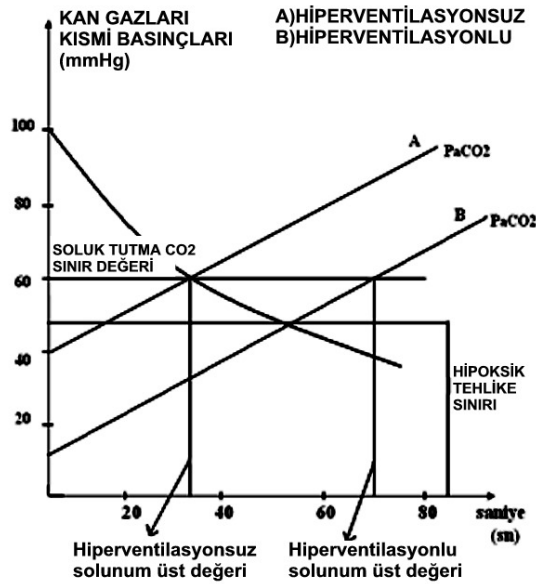
Boğulmalar: Bu tür suda boğulmalar daha çok 5 yaş altı çocuklarda özellikle banyoda meydana gelmektedir. Bunlarında %85'ini kasten boğulan çocuklar oluşturmaktadır (20).

e. Deniz Ulaşımı Kazaları: Suda boğulma olgularının %90'ını oluşturmaktadır (20). Bunun en büyük nedeni can yeleği kullanımının önemsenmemesi ve alkol kullanımıdır. Oranın yüksek olmasında kazaya karışan kişi sayısının yüksek olması etkilidir.

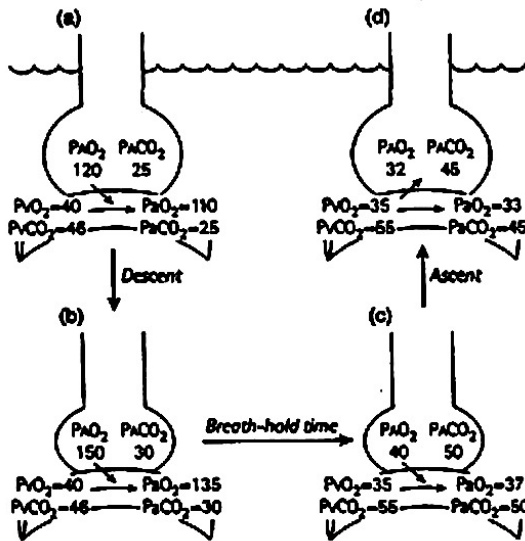
f. Endüstriyel Balıkçılık: Bu tür suda boğulma olguları daha çok kuzey buz denizinde yapılan balık avcılığı sırasında görülmektedir. Diğer denizlere oranla bu bölgede risk 10 kat daha fazladır (29). Bunun nedeni hava ve deniz şartlarının daha kötü olmasıdır.

g. Dalış Kazaları: Amerika'da yapılan dalış sporunda yıllık 100.000 dalışta 700-800 arasında dalış kazası oluşmaktadır. Bu kazalardan 3 ile 9'u suda boğulma ile sonuçlanmaktadır (30). Dalıcılar arasında suda boğulmaların en sık görüldüğü dalış tipi derin dalış ya da mağara dalışında hava kaynağının tükenmesidir. Dalıcı ölümlerinin ikinci sık nedeni ise çıkış sırasında görülen akciğer barotravmasına bağlı olarak gelişebilen arteriyel gaz embolisidir. Su altında basınçlı hava soluyan dalgıç, su yüzeyine geldiğinde bilinç kaybı varsa, tanı konulana kadar akciğer çıkış barotravmasından dolayı oluşabilecek serebral arter gaz embolisi düşünülmelidir. Akciğer çıkış barotravmasının diğer komplikasyonları ise mediastinal amfizem, pnömotoraks ve subkutanöz amfizemdir. Arteriyel gaz embolisinde rekompresyon tedavisi uygulanması gerektiğinden ayırıcı tanı önemlidir.

h. İsteğe Bağlı Hiperventilasyon (Sığ Su Bayılması): Serbest dalıcıların hiperventilasyon yaptıktan sonraki dalışları esnasında gelişen bilinç kayıplarıdır. Serbest dalışta görülen bu olayda dalıcı sualtında daha fazla kalabilmek için, dalış öncesi hiperventilasyon yaparak kandaki PaCO_2 düzeyini azaltmaya çalışmaktadır. Bu dalıcıya sualtında daha uzun süre soluk tutma imkanı sağlamaktadır. Dalışın ilerleyen zamanlarında kan PaO_2 seviyesi düşmekte ve kritik değer olan 25-30 mmHg basınca yaklaşmaktadır. Fakat kan PaCO_2 değeri hiperventilasyona bağlı olarak solunum ihtiyacının olduğu uyarısını yapacak kritik değere ulaşmadığı için dalıcı dalışa devam eder. Dalıcı çıkışa geçtiği sırada çevre basıncının azalmasına bağlı olarak kandaki PaO_2 değeri hızla kritik seviyenin altına iner ve dalgıçta ani bilinç kaybı gelişir (Şekil 7-8).



Şekil 7. Önceden hiperventilasyon yaparak ve hiperventilasyonsuz soluk tutmada zamana bağlı olarak kan gazlarının kısmi basınç değişimleri: (A) eğrisinde hiperventilasyon yapmadan PaCO_2 değerinin 40 mmHg olduğu görülüyor. Bu arada PaO_2 değeri 100 mmHg ile başlangıç değerinde. Yaklaşık 35 saniye sonra CO_2 değeri soluk tutma sınırına ulaştığında PaO_2 basıncı 60 mmHg ile tehlike sınırının uzağında. (B) eğrisinde ise PaO_2 başlangıç değeri hiperventilasyondan etkilenmediği için yine 100 mmHg iken PaCO_2 20 mmHg'in altına düşmüş durumda. PaCO_2 soluk tutma sınırına yaklaşık 80 saniyede ulaşır. Bu durumda soluk daha uzun süre tutulabilmektedir. Ancak 80. saniyede PaO_2 basıncı neredeyse 20 mmHg'ye kadar düşmüş ve tehlike sınırının içinde görülüyor. Bu aşamada soluk alma isteği uyanmadan aniden bilinç kaybı görülebilir (31).



Şekil 8. Sığ su bayılması mekanizması. Değerler mmHg'dir. a) dalış öncesi yapılan hiperventilasyon, b) dalış sırasında hidrostatik basınca bağlı olarak alveolar kompresyon sonucu ile PaO_2 ve PaCO_2 artışı devam eder. c) dalışın sonuna doğru PaO_2 ve PAO_2 azalır, PaCO_2 ve PACO_2 artar. d) yüzeye doğru yaklaşırken alveolar hacim artışına bağlı olarak PAO_2 ve PACO_2 hızla düşer. O_2 pulmoner kapillerleri terk ederek alveole geçer ve kanda hipoksi gelişir. Buna bağlı olarak dalıcıda bayılma meydana gelir(20)

1. Su Sporları: Amerika’da yapılan su sporlarında yılda 140.000 civarında kaza olmaktadır (20).

j. Kurtarma Operasyonları: Sudaki kurtarma operasyonları sırasında hayatı tehlikede olan kişi, panik ve çırpınma hareketleri yüzünden kurtarma operasyonunu yapan kişinin de hayatını tehlikeye sokar. Bunu önlemek için kurtarma girişiminde bulunan kişinin kazazedenin arkasına geçerek onu koltuk altından kavraması ve kendi güvenliğini sağlaması gerekmektedir.

3. Suda Boğulma Çeşitleri

Suyun akciğerlere aspire edilip edilmemesine göre:

- a. Islak (tipik): Kişinin sıvı aspirasyonuna bağlı asfiksi sonucu suda boğulması
- b. Kuru (atipik): Kişinin özellikle soğuk suyun larinkste yaptığı laringospazma bağlı asfiksi sonucu suda boğulması

Kişinin boğulduğu suyun türüne göre:

- a. Tatlı suda boğulma
- b. Tuzlu suda boğulma

Klinik olarak boğulma:

- a. Primer suda boğulma (olay ortamında ölüm meydana gelmişse)
- b. Sekonder suda boğulma (resüsite edilip bir süre yaşatıldıktan sonra ölüm meydana gelmişse)

Uluslararası hastalık klasifikasyonun da, ICD-8, 9 ve 10'uncu kodlamasının son haline göre, suda boğulma olguları:

- a. Kaza orijinli suda boğulma
- b. İntihar orijinli suda boğulma
- c. Cinayet orijinli suda boğulma
- d. Tekneyle açılma ile ilişkili (boating related drowning) suda boğulma
- e. Orijini tespit edilmeyen suda boğulmalar şeklinde sınıflandırılmıştır (23).

4. Suda Boğulmanın Mekanizması

Suda boğulma anoksik kökenli bir olaydır. Suda boğulmanın mekanizması üzerine yapılan en geniş araştırmalar Swan ve arkadaşları tarafından yapılmıştır. Yaptıkları hayvan deneylerinde, tatlı ve tuzlu suyun akciğer, kalp ve kan elektrolit değerleri üzerine yaptıkları etkileri incelemişlerdir. Bu çalışmalar sonucunda tatlı ve tuzlu suyun birbirinden tamamen farklı etkileri olduğunu ortaya koymuşlardır (32).

Suda boğulma, su içindeyken bir süre soluk tutmayı takiben istemsiz olarak soluk alınması ile başlar. Bunu takiben sıvının orofarinks veya larinkse ulaşması

esnasında refleks olarak laringospazm gelişir. Bu sırada kişi soluk almaya devam eder ancak laringospazm nedeniyle akciğerlere yeterli hava geçişi olmaz. Hava geçişi olmayınca alveollerde ve kanda oksijen seviyesi düşerek hipoksemi, karbondioksit seviyesi yükselerek hiperkarbi ve asidoz gelişir. Zamanla solunum hareketlerinde belirgin artış görülür, ancak larinks düzeyindeki obstrüksiyon nedeniyle hava değişimi gerçekleşemez. Kanda düşen oksijen seviyesi nedeniyle larinks kaslarına giden oksijende azalır ve kaslarda enerji üretimi gerçekleşemez. Bu nedenle laringospazm ortadan kalkar ve kişinin akciğerine sıvı dolmaya başlar (33).

Asfiksiden en çok santral sinir sistemi başta olmak üzere kalp, böbrekler, akciğerler ve gastrointestinal sistem etkilenmektedir. Santral sinir sistemindeki anoksi ve iskemi, yaygın nöron ölümü ile giden sitotoksik serebral ödemle karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca, anoksik hasar, akciğerde akut solunum sıkıntısına yol açabilmektedir. Solunum sıkıntısına sekonder gelişen hipoksi ve hiperkapni durumu daha da kötüleştirmekte, bu da var olan serebral hipoksik hasarı arttırmaktadır.

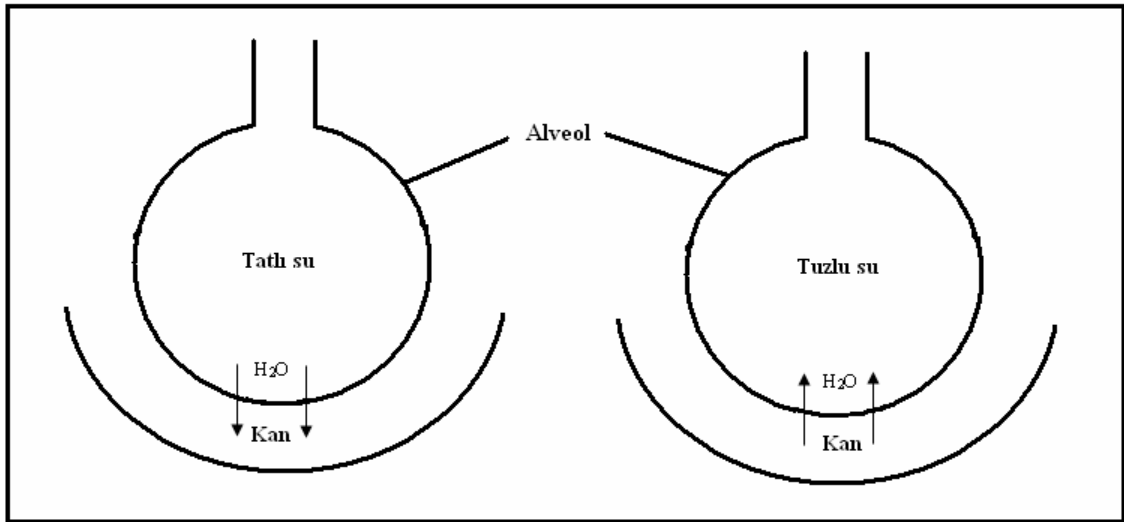
Solunum yollarına ve akciğerlere aspire edilen sıvı miktarı ise kişiden kişiye farklılık göstermektedir. Genellikle suda boğulma vakalarında, suda boğulan kişinin solunum yollarına ve akciğerlerine yaşamını tehdit edecek miktarlarda sıvı aspire edilmemektedir (34,35). Aspire edilen sıvı miktarına bağlı olarak akciğerlerde, vücut sıvılarında, asit-baz dengesinde ve elektrolit konsantrasyonunda da değişiklikler ortaya çıkmaktadır. Bu sadece akciğerlere aspire edilen değil, aynı zamanda sindirim kanallarına yutulan sıvının da bir sonucudur (20).

Klinik tablo ve tedavi yönünden belirgin bir farklılık olmamakla birlikte Swan'ın yaptığı deneysel çalışmalarda tatlı ve tuzlu sudaki boğulmalarda fizyopatolojik mekanizmaların farklı olduğu bildirilmiştir. Gerçek olgularda bu mekanizmaların belirgin olmaması, yapılan deneylerde akciğerlere verilen sıvı miktarının daha fazla olmasından kaynaklanmaktadır.

a. Tatlı Suda Boğulma: Tatlı suda boğulma sonucunda alveollere dolan tatlı su, kana göre daha hipotonik olduğundan osmoz yasası gereğince tatlı su alveoler-kapiller membrandan sistemik dolaşıma hızla geçer. Alveollerde başlangıçta sıvı birikimi olmaz (başlangıçta akciğer ödemi yoktur). 2-3 dakika içinde kan volümünde artış oluşur, buna bağlı olarak hemodilüsyon gelişir. Kanda bulunan elektrolitlerden sodyum (Na), klor (Cl), kalsiyum (Ca) ve kan proteinlerinin yoğunluğu göreceli olarak azalır. Tatlı su alyuvarların içine girerek bu hücrelerin şişerek parçalanmasına neden olur. Sonuçta hemoliz ve hipoksi, sıvı yüklenme bulguları, hiperpotasemi ve hiponatreminin neden

olduğu, tedaviye dirençli fibrilasyon gelişir (özellikle ventriküler fibrilasyon). Buda tatlı suda boğulma ve boğulayazma vakalarında görülen erken dönem ölüm nedenidir. Şekil 9’da mekanizma gösterilmektedir.

b. Tuzlu Suda Boğulma: Tuzlu suda boğulma sonucu alveole dolan tuzlu su kana göre daha hipertondiktir. Osmoz yası gereği kan dolaşımından alveol içine doğru sıvı geçişi olacaktır. Plazma proteinleri de alveol içine geçiş gösterir. Alveoller bir taraftan tuzlu su, diğer taraftan plazma ile dolarak, alveol içinde transüda içeriğinde bir sıvı birikimi olacaktır. Bu yüzden tuzlu suda boğulmalarda akciğer ödemi öncelikle oluşur. Plazmanın kandan alveollere geçişi hemokonsantrasyona neden olur. Bunun sonucunda plazma elektrolitlerinde artma, hipovolemi, hipotansiyon, kardiyovasküler kollaps oluşur. Tatlı suya oranla daha geç dönemde görülen ölümün başlıca nedeni akciğer içindeki ödemin ve tuzlu suyun solunumu bozmasıdır. Şekil 9’da mekanizma gösterilmektedir.



Şekil 9. Tatlı suda ve tuzlu suda boğulma mekanizması (20)

C. PLANKTONİK ORGANİZMALAR

1. Tanım

Plankton; nehir, göl ve denizlerde su yüzeyinde veya içinde asılı kalabilen ya da kısmen yüzebilen, 2 cm’den daha küçük bitki ve hayvanlardan oluşan bir canlı grubudur (36). Plankton kelimesi Yunanca kökenli olup ‘sürüklenen, gezen, dolaşan’ anlamına gelmektedir.

2. Sınıflandırma

Bu canlılar biyolojik özelliklerine, beslenme çeşitlerine, boylarına, topografik dağılıma, vücut şekillerine, dağılış derinliklerine, ışığa karşı gösterdikleri tepkilerine ve topluluk oluşturma özelliklerine göre sınıflandırılırlar.

a. Biyolojik özelliklerine göre

- (1) Fitoplankton: Bitkisel kökenli olanlardır.
- (2) Zooplankton: Hayvansal kökenli olanlardır.

b. Beslenme çeşitlerine göre

- (1) Ototrofik: Kendi besinini kendi üretebilen, fotosentetik olanlara denir.
- (2) Heterotrofik: Çürüyen organik maddelere ihtiyaç duyan organizmalardır.
- (3) Holozoik: Partikül besinleri alabilen organizmalardır.

c. Boylarına göre

- (1) Picoplankton: Ebatları $2\mu\text{m}$ 'den küçük olan plankterlerdir.
- (2) Ultraplankton: Ebatları $2-5\mu\text{m}$ arasında olan plankterlerdir.
- (3) Nannoplankton: Ebatları $5-20\mu\text{m}$ arasında olan plankterlerdir.
- (4) Mikrop plankton: Ebatları $20\mu\text{m} - 2\text{mm}$ arasında olan plankterlerdir.
- (5) Makrop plankton: Ebatları $2\text{mm} - 2\text{cm}$ arasında olan plankterlerdir.
- (6) Mikronekton: Ebatları 2cm 'den büyük olan plankterlerdir.

d. Topografik dağılıma göre

- (1) Neritik plankton: 0-200 metre arası derinlikteki sularda yaşayan plankterlerdir.
- (2) Oseanik plankton: 200 metreden daha derin sularda yaşayan plankterlerdir.

e. Vücut şekillerine göre

- (1) Diskoplankton: Disk şeklinde olan plankterlerdir.
- (2) Rabdoplankton: Çubuk şeklinde olan plankterlerdir.
- (3) Fizoplankton: Küre yada balon şeklinde olan plankterlerdir.
- (4) Ketoplankton: Suda asılı kalabilmek için gövdelerinde kıl benzeri çıkıntıları bulunan plankterlerdir.

f. Dağılış derinliklerine göre

- (1) Epiplankton: Genellikle 50 metre derinliğe kadar olan bölgede yaşayabilen plankterlerdir.
- (2) Mesoplankton: Ortalama 50-200 metre arası derinlikte yaşayabilen plankterlerdir.
- (3) İnfraplankton: 200-700 metre arası derinlikte yaşayabilen plankterlerdir.

(4) Batiplankton: 700-2.500 metre arası derinlikte yaşayabilen plankterlerdir.

(5) Abissoplankton: 2.000-6.500 metre arası derinlikte yaşayabilen plankterlerdir.

(6) Hadoplankton: 6.000 metreden daha derin bölgede yaşayabilen plankterlerdir.

g. Işığa karşı gösterdikleri tepkilerine göre

(1) Phaeoplankton: 30 metre derinliğe kadar olan alanda yaşayan ve özellikle ışık seven plankterlerdir.

(2) Knephoplankton: 30-500 metre arasındaki derinliklerde yaşayan ve az ışığı tercih eden plankterlerdir.

(3) Scatoplankton: 500 metre derinlikten daha derin sularda yaşayan ve karanlığı seven plankterlerdir (36).

h. Topluluk oluşturma özelliklerine göre

(1) Monotonus: Populasyonu oluşturan planktonların %75'den fazlasının tek bir türe ait olmasıdır.

(2) Privalent: Populasyonu oluşturan planktonların yarısının tek bir türe ait olmasıdır.

(3) Polimiktik: Populasyonu oluşturan planktonların kalitatif ve kantitatif bakımdan aynı oranda bulunmasıdır.

(4) Planktomiktik: Populasyonu oluşturan planktonların tür ve birey sayılarının çok az olmasıdır (37).

3. Planktonik Organizmaların Genel Özellikleri

Deniz suyunun fiziksel, kimyasal, biyolojik özellikleri ile plankton populasyonu arasında sıkı bir ilişki vardır. Bu koşulların etkileri sonucu planktonun, bulunduğu bölge, derinlik, yoğunluk ve cinsleri çeşitli farklılıklar gösterir.

Planktonik türler su hareketleri ile bir bölgeden başka bir bölgeye taşınırlar. Böylece bir bölgenin plankton içeriği ve bolluğu akıntıya göre farklılık gösterir.

Tropikal ve subtropikal bölgelerde bulunan plankton, gereksinim duydukları sıcaklıklara göre vertikal tabakalaşma gösterir. Sıcağı seven türler yüzeye yaklaşırken soğuğu seven türler ise yüzeyden uzaklaşırlar.

Zooplanktonik organizmalar oksijen düzeyindeki değişimlere karşı duyarlıdırlar. Oksijen seviyesindeki düşüslere bağlı olarak zooplanktonun miktarı da azalmaktadır. Ortamdaki oksijen değeri 0.2 ml/l't'nin altına düşmesi durumunda planktonik formlar varlıklarını sürdüremezler (38).

Fitoplankton sayısı özellikle fitoplankton ve zooplankton arasındaki dengeye ve bunların çoğalma hızına bağlıdır. Esas besini fitoplankton olan bazı zooplanktonik

organizmalar fitoplanktonun yoğun olduğu yerlerde sürü oluştururlar. Bunun sonucunda o bölgedeki fitoplankton sayısı kısa sürede azalır.

Fitoplanktonun hızlı çoğalma özelliğinden dolayı yüzey suları besin yönünden zengindir. Bu bakımdan çoğu larva ve juvenil formlar beslenmek için yüzey tabakalarında bulunurlar. Bunun yanı sıra kimi planktonik canlılar derinde yaşamalarına rağmen üreme mevsiminde yüzeye doğru hareket ederler (38).

4. Planktonda Zamana Bağlı Değişimler

Bazı planktonik canlılar sadece yüzey sularında bulunurken diğerleri hem yatay hem de düşey yönde farklı dağılım gösterir. Genel olarak belirli derinlik aralıklarında bulunmalarına karşın günün değişik saatlerinde farklı derinliklerde de bulunabilir. Su kütlelerinin hareketleri, denizin aydınlanma durumu, beslenme şartları, üreme ve sıcaklık gibi etmenler değişikliklere neden olur (39).

a. Günlük Değişimler

Fitoplankton günlük değişim: Günün farklı saatlerinde, ışığa olan gereksinimleri nedeniyle, fotosentez yapan organizmaların miktarında değişiklik meydana gelir. Fitoplankton türüne göre değişmekle beraber kısa sürede çoğalıp ölürler. Gece saatlerinde besleyici elementlerin birikmesi sonucu sabahın ilk saatlerinde fitoplankton topluluğunda fotosentez hızı maksimumdur. Daha sonraki saatlerde ise klorofil miktarının azalması, gün boyunca besin maddelerinin kullanılması, atık maddelerin birikmesi nedeniyle akşama doğru fotosentez hızı giderek düşer. Bunun sonucunda sabah popülasyonları genç ve fotosentetik aktiviteleri yüksek, öğleden sonraki popülasyonlar ise daha olgun fakat fotosentetik aktiviteleri daha düşük hücrelerden oluşur. Fotosentez hızı, besleyici tuzların ortamdaki miktarına, zamana, hücrelerin büyüklüklerine ve bölgelere göre değişir. Ilıman bölgelerde günün ilk saatlerindeki fotosentez miktarı, akşam saatlerine göre iki mislidir. Tropikal bölgelerde ise bu oran on katına kadar çıkabilmektedir.

Zooplankton günlük değişim: Zooplanktonik canlıların vertikal dağılımlarını kontrol eden faktörler; sıcaklık, üreme, besin gereksinimi, ışık, tuzluluk oranı, büyüklükleri, ergin veya larva dönemlerinde oluşlarıdır.

Gün ışığının suya girme açısı gün boyunca değişir. Bu nedenle güneşin konumuna göre zooplanktonik formlar vertikal göç denen yukarı veya aşağı hareket ederler. Çoğu zooplankton türler gün ışığı ile birlikte ışığın daha az olduğu derin bölgelere doğru hareket ederler, gece ise aktif oldukları yüzeye yakın bölgelere tekrar gelirler (39).

Bir türün yumurtadan ergin bir birey haline gelinceye kadar çeşitli gelişim evrelerinde yaptıkları göçlere ‘Ontogenetik Göç’ denir. Genel olarak gelişimin ilk evrelerinde larvalar optimum ışıktan daha fazla yararlanabilmek için deniz yüzeyine yakın yerlerde bulunmaya çalışırlar.

b. Mevsimsel Değişim

Fitoplankton mevsimsel değişim: İlkbaharda yüzey sularında fazla miktarda birikmiş besleyici elementlerin bulunması, ışık ve sıcaklık artışının başlaması ile birlikte fitoplanktonik organizmalar hızla çoğalır (39). Fitoplankton miktarındaki artışı bunlarla beslenen zooplanktonun artışı izler. Bu fitoplankton çoğalması 2-3 hafta içinde azalır. Bunun nedeni hem sudaki besleyici elementlerin azalması hem de zooplankton tarafından tüketilmesidir.

Yaz aylarında fitoplankton miktarında bir artış olmaz. Bunun nedeni sudaki besleyici elementlerin azalmasıdır. Sonbaharda kuzey ılıman bölgelerde fitoplankton miktarında ikinci bir artış olur.

Kış aylarında su hareketlerinin fazla olması nedeniyle deniz suyu besleyici maddeler yönünden zengindir. Fakat sıcaklığın düşük, ışığın yeterli olmaması nedeniyle fitoplankton miktarında bir artış gözlenmez. Bazı planktonik organizmalar bu aylarda hücre özsuyunu kaybederek spor oluşumu ile dinlenme durumuna geçer (Perennasyon).

Zooplanktonlar mevsimsel değişim: Genel olarak zooplankton miktarı fitoplanktonda olduğu gibi kışın en düşük, ilkbaharda maksimum seviyede olup sonbaharda ikinci bir artış gösterir.

D. SUDA BOĞULMA TANISI İÇİN ADLİ TIPTA KULLANILAN TESTLER

Suda bulunan tüm cesetler adli olgu kabul edilip ölüm sebebinin aydınlatılması için otopsi yapılması zorunludur.

Otopside öncelikle suda boğulmanın dış muayene bulguları aranmaktadır. Bunlar; el ve ayaklardaki çamaşırcı eli görünümü, vücutta kaz derisi görünümü, ölü lekelerinin yerleşimi ve deniz materyallerinin vücut üzerinde bulunması gibi bulgulardır. Ağız ve burun boşluğunda, mantar köpüğünün bulunması suyun aspire edildiğinin bir göstergesidir (40). Bu köpük aspire edilen su ile solunum yollarında bulunan mukustan zengin sekresyon ve hava karışımından ibarettir. Suda boğulma

olgularında ölü lekeleri suyun hareketli olması nedeniyle vücudun suda alacağı pozisyona göre değişebilmektedir (40).

İç muayenede: Suda boğulan olguların ağız ve burun çevresinde, larinks, trakea ve bronşlarda “mantar köpüğü” olarak adlandırılan köpüklü mayi bulunabilmektedir. Akciğerlerin ağırlığında artma, yüzeylerinde peteşiyal kanamalar görülebilmektedir (40). İntraalveolar ödem, alveolar boşlukların dilatasyonu ile septal kapillerlerinin buna sekonder kompresyonu bulgularının suda boğulmalarda spesifik olduğu belirtilmektedir (41).

Dış ve iç muayene bulgularını desteklemek için ek olarak aşağıdaki laboratuvar testleri de yapılmaktadır.

1. Histopatolojik incelemeler: Akciğerlerdeki histolojik bulgular interstisyel konjesyon, ödem, alveolar makrofajlar, “amphysema aquasum” olarak adlandırılan alveolar duvar hasarı, alveolar hemorajidir. Konjesyon ve ödem nonspesifik değişikliklerdir. Akciğerlerdeki en önemli histolojik bulgu, alveollerde akut dilatasyon, uzama, septum incilmesi ve alveolar kapillerlere basıdır (41).

2. Biyokimyasal incelemeler: Stronsiyum, deniz suyunda bol miktarda bulunan fakat tatlı suda az miktarda bulunan bir mineraldir. Bu nedenle denizde meydana gelen boğulmaların tanısında önemli bir indikatör olarak kullanılmaktadır. 2003 yılında yapılan bir çalışmada 144 tatlı suda boğulma olgusunun ancak %32'sinin ventrikül kanında tanı koydurucu düzeyde stronsiyum bulunabilmiştir. Ölüm olayını takip eden birkaç saat içerisinde hem sağ hem sol ventrikülden alınan kan örneklerinin incelenmesi ile anlamlı sonuçlar elde edilebileceği belirtilmiştir (42).

Kanda ayrıca kan fibrin tayini, kan azot, magnezyum, klor tayini, kanda hemoliz tayini, kan plazma ve şekilli eleman arasındaki oran tayini gibi testlerde yapılmaktadır.

3. İmmunohistokimyasal Çalışmalar: Suda boğulma olgularında C-fos gen ekspresyonu, pulmoner surfaktan prot-A(SP-A), Ubiquitin, ısı-şok protein 70 ve C-Fos gen antikorları, Water Channel Protein gibi parametreler incelenmiş fakat anlamlı sayılabilecek verilere ulaşılamamıştır (40).

4. Radyolojik Çalışmalar: 2003 yılında yapılan bir çalışmada çeşitli ölüm vakalarının akciğerleri ultrasonografik olarak incelenmiş. Suda boğulmalarda, asfiktik ölümlerde, zehirlenmelerde ve uzamış ölümlerde akciğerin ultrasonografik dansitesi yüksek bulunmuştur. Akciğerlerdeki bu bulgunun çeşitli ölüm nedenleri ile aynı olduğu görüldüğünden bu uygulamanın güvenilir bir indikatör olmadığı düşünülmüştür (43).

5. Plankton Aranması; Diatomlar, planktonun bir alt grubudur ve aspire edilen sıvı ile birlikte dolaşıma, oradan da organlara geçebilmektedirler. Finlandiya’da yapılan bir çalışmada, scanning electron microscopy (SEM) ve transmission electron microscopy (TEM) kullanılarak diatomların alveoler-kapiller bariyeri nasıl geçtiği deneysel olarak görüntülenmiştir (44).

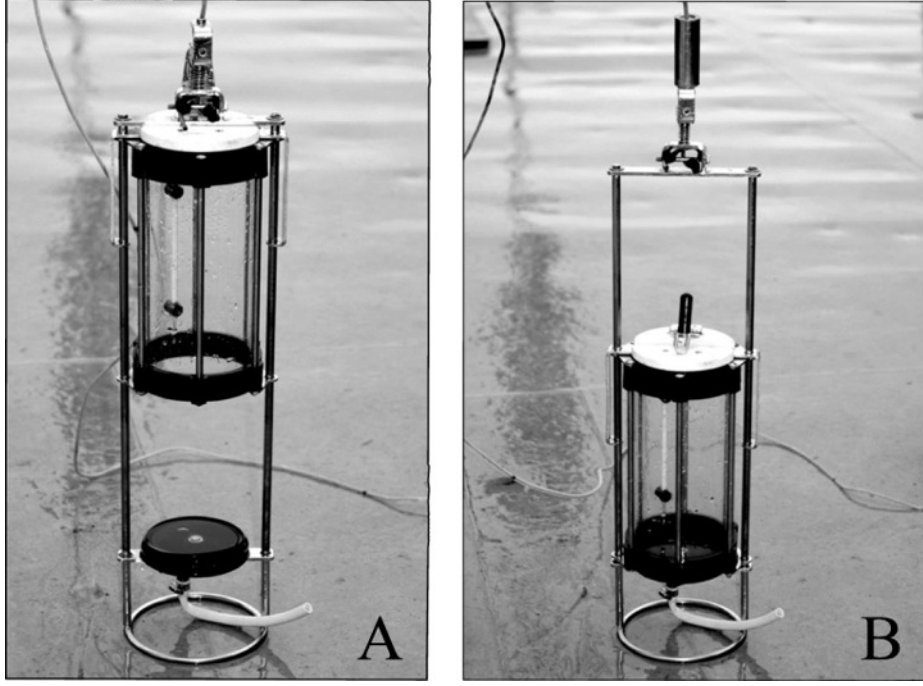
Suda boğulma tanısında kullanılan tüm laboratuvar yöntemleri gibi diatom inceleme tetkiki de, aktif solunum hareketleri ile sıvının aspire edildiği klasik suda boğulma olguları için geçerlidir.

Diatom tetkiki, alveollerden kana geçen sıvı ile birlikte diatomların dokulara gidip orada yerleşmesi ve bu dokularda diatomların gösterilmesi ilkesine dayanır. Akciğer, beyin, böbrek ve kemik iliğinden alınan parçalar nitrik asit çözeltisinde homojenize edildikten sonra santrifüje edilip direkt mikroskopta diatomların görüntülenmesine çalışılır. Bu yöntemde, diatomların silisyum’dan oluşan “früstül” adı verilen çeperlerinin aside dirençli olmasından yararlanılır.

Diatom incelemesi yapılacak örneklerin alınırken, kontamine olmaması için dikkat edilmelidir. Boğulma bölgesinden bir veya birden fazla su örneği alınmalıdır. Mikroskopik olarak her örnekte diatom yoğunluğu, türleri, detaylı morfolojik görünümüleri belirtilmelidir (45). Kontaminasyondan korunulduğu takdirde boğulma tanısında kullanılan en önemli tanı araçlarından biridir.

III. GEREÇ VE YÖNTEM

Su örnekleri: Çalışmada Marmara Denizi’nden alınan su örnekleri kullanılmıştır. Ön çalışma için 17.10.2008 tarihinde Kaşıkçı Adası bölgesinden, ana çalışma için 24.12.2008 tarihinde Tuzla açıklarından, yüzeyden ve 30 metre derinlikten su örnekleri alınmıştır. Su örnekleri, ön çalışmada bir dalış teknesi ile örnekleme bölgesine gidilerek dalgıç yardımı ile 2 adet 1 litrelik plastik kaplara, ana çalışmada ise Tuzla tersanesinden bir profesyonel dalış teknesiyle örnekleme bölgesine gidilerek, 3 litre kapasiteli su örnekleyicisi kullanılarak 2 adet 30 litrelik bidonlara alınmıştır (Şekil 10 A.B). Hidrobiyolojik inceleme yapılacak su örneklerine, planktonik organizmaları daha görünür kılmak için %0,3 oranında lugol solüsyonu ilave edilmiştir.



Şekil 10. A) Su örnekleyicisinin açık hali B) Su örnekleyicisinin kapalı hali



**Şekil 11. A) Su örnekleyicisinin açık halde 30 metre derinliğe gönderilişi
B) Su örnekleyicisinin kapalı halde 30 metreden çekilişi.**

Deney hayvanları: Çalışmada Wistar Albino türü 16 sıçan kullanıldı. Sıçanlar sekizerli iki gruba ayrılarak, Grup-1 ve Grup-2 olarak adlandırıldı. Grup-1 deki sıçanların yüzeyden alınan su örneği içinde 1 ATA basınç altında, Grup-2 deki sıçanların da 30 metre derinlikten alınan su örneği içinde 4 ATA basınç altında boğulmaları sağlandı.

Boğulma işlemi: 38x25x15 cm ebatlı plastik kafesler içinde bulunan sıçanların, 60x40x24 cm ebatlı plastik leğen içinde bulunan deniz suyunda, sualtında kalmaları sağlanarak boğulma işlemi gerçekleştirildi (Şekil 12). Grup-1 deki sıçanların İstanbul Tıp Fakültesi, Sualtı Hekimliği Anabilim Dalı'nda, ortam basıncında, Tuzla açıklarında yüzeyden alınan su örneği içinde, Grup-2 deki sıçanların ise Anabilim Dalında ki çok kişilik çift bölmeli basınç odasında 4 ATA basınç altında, Tuzla açıklarında 30 metre derinlikten alınan su örneği içinde boğulmaları sağlandı.



Şekil 12. Plastik leğen ve kafes içindeki sıçanlar

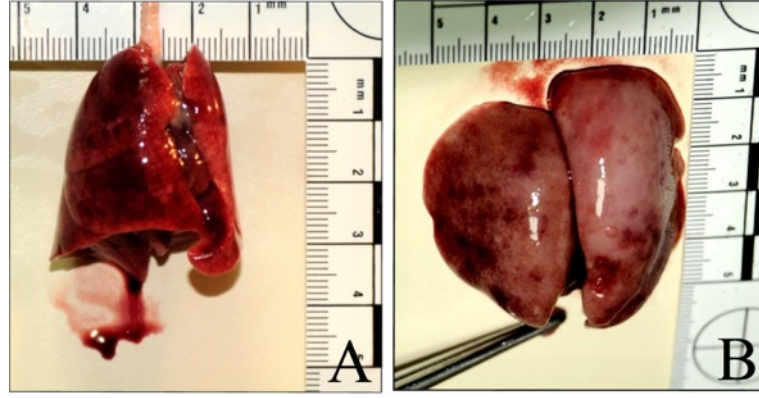
Boğulma sonrası işlem: Suda boğulma gerçekleştikten yaklaşık iki saat sonra sıçanlara otopsi yapıldı. Otopsi, İstanbul Tıp Fakültesi, Adli Tıp Anabilim Dalı laboratuvarında gerçekleştirildi. Sıçanların batınları, supine pozisyonunda ksifoidin hemen altından açılan insizyonla her iki yana genişletilerek tamamen açıldı. Cilt insizyonu yukarı doğru genişletilerek, cilt torakal ve servikal alanda her iki yana sıyrıldı. Diyafragma, her iki akciğer tabanı korunacak şekilde kot bileşkesinden

kesilerek toraks boşluğuna alttan ulaşıldı. Daha sonra her iki parasternal hat üzerinden makasla kesilerek manibrium sterniyi de içine alacak şekilde sternal kapak kaldırıldı. Her iki göğüs boşluğundaki sıvı miktarları makroskopik olarak değerlendirildi. Künt disseksiyon ile özefagustan ayrılan trakea, bifurkasyonun 0.5 cm üzerinden 2 seviyede bağlanarak, bağlama noktaları arasından kesilip larinksten ayrıldı. Künt disseksiyona devam edilerek, akciğerler trakea ile birlikte temiz bir petri kapağı içine alındı. Makroskopik incelemeden sonra her bir akciğer dokusu bir dermatom bıçağı yardımı ile küçük parçacıklara ayrılarak (yaklaşık 0,5x0,5 mm), 10 ml hacminde içinde 2 cc %10 luk formol solüsyonu bulunan şişelere konuldu.

Hidrobiyolojik inceleme: Yüzeyden ve 30 metre derinlikten alınan su örneklerinde ve %10 luk formol ve parçalanmış akciğer dokusu karışımında yapılan hidrobiyolojik inceleme, İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Hidrobiyoloji Anabilim Dalı laboratuvarında yapılmıştır. İncelenecek örnek bir haftalık çökertme işlemine tabi tutulmuş, daha sonra sifonlama yapılarak üst kısımdaki fazla su alınmıştır. Dipte kalan planktonik organizmadan zengin olduğu düşünülen kısım, %3-4 lük derişim olacak şekilde formaldehit solüsyonu içine konulmuştur. Türlerin belirlenmesi, faz-kontrast inverted mikroskop altında yapılmıştır.

IV. BULGULAR

Her iki gruptaki sıçanlar immersiyondan yaklaşık 3 dakika sonra boğuldular. Boğulma işleminden iki saat sonra yapılan otopsi esnasında, makroskopik incelemelerde 4 ATA basınç altında boğulan sıçanların akciğerlerinin hacminin daha büyük olduğu, akciğer yüzeyinde yer yer kanama odaklarının varlığı gözlenmiştir. 1 ATA basınç altında boğulan sıçanların akciğerlerinin hacimce diğer gruba oranla daha küçük olduğu ve akciğer yüzeyinde peteşiyal kanamalar bulunduğu gözlenmiştir (Şekil 13 A.B).

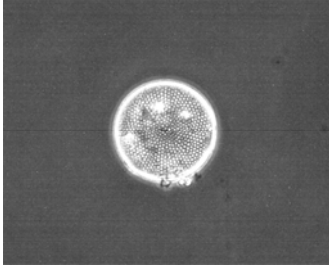


Şekil 13. A) 1 ATA basınç altında boğulan sıçanların akciğerlerinin hacimce diğer gruba oranla daha küçük olduğu ve akciğer yüzeyinde peteşiyal kanamalar bulunduğu gözlenmiştir.

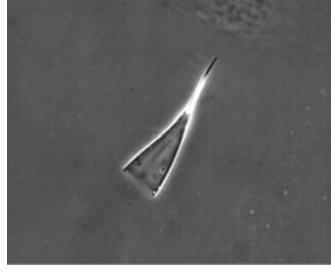
B) 4 ATA basınç altında boğulan sıçanların akciğerlerinin hacminin daha büyük olduğu, akciğer yüzeyinde yer yer kanama odakları gözlenmiştir.

Ön çalışmada yüzeyden alınan su örneği içinde 13 tür fitoplankton, 5 tür zooplankton tespit edildi. 30 metreden alınan su örneğinde ise hiç zooplanktona rastlanmazken tespit edilen fitoplankton tür sayısı 4 idi. 30 metre derinlikten alınan su örneği içinde tespit edilen fitoplankton türlerinden hiç birine yüzeyden alınan su örneğinde rastlanmadı. Ana çalışmada yüzeyden ve 30 metre derinlikten alınan su örneklerinin hiç birinde zooplanktona rastlanmadı. Fitoplankton tür sayısı yüzeyden alınan su örneğinde 11, 30 metre derinlikten alınan su örneğinde ise 3 idi. Bu türlerin 3 tanesine her iki su örneğinde rastlandı. Ön ve ana çalışmada alınan su örneklerinde, ışık mikroskobu ile yapılan inceleme sonucunda elde edilen planktonik organizmalardan bazıları şekil 14 da görülmektedir. Ayrıca çalışmada tespit edilen tüm planktonlar tablo 4 de görülmektedir.

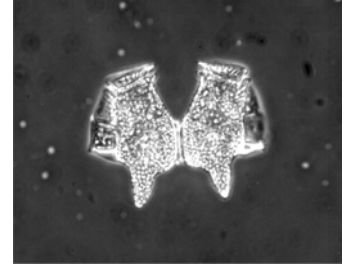
Parçalanmış akciğer ve formaldehit karışımlarının hiç birinde her hangi bir fitoplankton ve zooplankton türüne rastlanmadı.



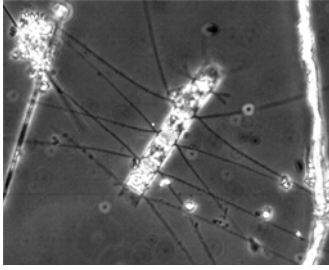
Coscinodiscus Radiatus



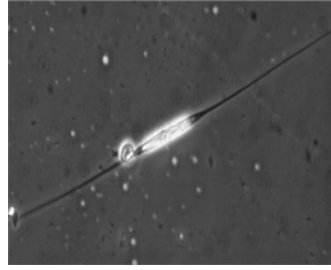
Hemiaulus Hauckii



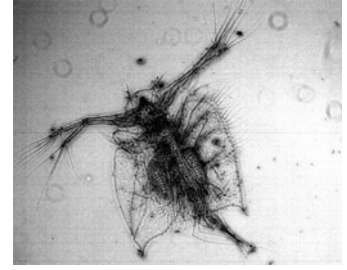
Dinophysis Caudata



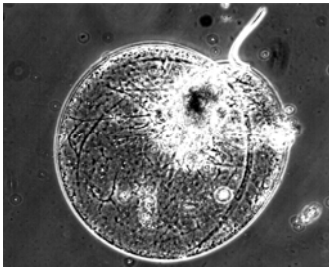
Chaetoceros sp



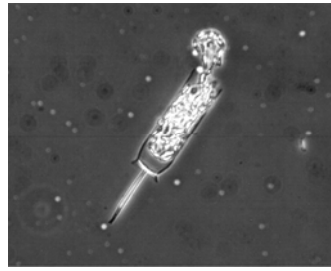
Cylindrotheca Closterium



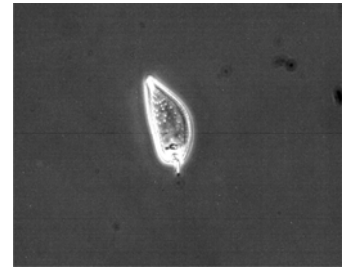
Penilia Avirostris



Noctiluca Scintillans



Ditylum Brightwellii



Prorocentrum Micans

Şekil 16. Ön ve ana çalışmada alınan su örneklerinde tespit edilen planktonik organizmalardan bazılarının faz-kontrast inverted mikroskop altındaki görünüşleri.

Gruplar ve Türler	Ön çalışma		Ana çalışma	
	Yüzey	30 m.	Yüzey	30 m.
FİTOPLANKTON				
Dinophyceae (Dinoflagellat)				
<i>Alexandrium minutum</i>	*			
<i>Ceratium fusus</i>	*			
<i>Dinophysis caudata</i>			*	
<i>Kofooidinium velelloides</i>	*			
<i>Noctiluca scintillans</i>	*			
<i>Phalacroma rotundatum</i>	*			
<i>Prorocentrum micans</i>	*			
<i>Protooperidinium divergens</i>	*			
<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>			*	
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>		*		
<i>Rhizosolenia hebetata</i>		*		
<i>Rhizosolenia setigera</i>			*	*
<i>Skeletonema costatum</i>		*		
<i>Thalassiosira</i> sp.	*			
Bacillariophyceae (Diyatom)				
<i>Cerataulina pelagica</i>			*	
<i>Chaetoceros</i> sp.			*	*
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	*			
<i>Coscinodiscus</i> sp.			*	
<i>Cylindrotheca closterium</i>	*		*	
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	*			
<i>Ditylum brightwellii</i>			*	
<i>Guinardia flaccida</i>			*	
<i>Hemialus hauchii</i>		*		
<i>Leptocylindrus danicus</i>	*		*	
<i>Proboscia alata</i>			*	*
Euglenophyceae				
<i>Eutreptiella</i> sp.	*			
ZOOPLANKTON				
Ciliophora				
<i>Silli siliat</i>	*			
<i>Amphorellopsis tetragona</i>	*			
Cladocera				
<i>Penilia avirostris</i>	*			
Apendicularia				
<i>Oikopleura</i> sp	*			
Copepoda				
<i>Kopepod Naupli</i>	*			

Tablo 4. Ön ve ana çalışmada alınan su örneklerinde tespit edilen fitoplankton ve zooplankton grupları ve bu gruplara ait türler görülmektedir.

V. TARTIŞMA

Dünyada profesyonel ve sportif amaçlı dalıcı sayısı giderek artmaktadır. Türkiye Sualtısporları Federasyonu kayıtlarına göre 1994-2004 yılları arasındaki 10 yılda Türkiye'deki sertifikalı dalıcı sayısının üçbinli rakamlardan otuzbinli rakamlara ulaştığı, 2008 yılı sonu verilerine göre ise bu rakamın altmışbeşbinlere yaklaştığı görülmektedir. Artan dalıcı ve dalış sayısı ile birlikte dalış kazası insidansında bir artış beklenebilir. Ülkemizde dalış kazalarıyla ilgili sonuçlanmış henüz bir çalışma bulunmamaktadır. ABD'de yapılan bir araştırmada yıllık ölüm sayısının yüz bin dalışta 3-9 arasında olduğu belirtilmektedir (46). Dalış kazalarının bir kısmı ölümcül olabilir. İstanbul Adli Tıp Kurumu Morg İhtisas Dairesi'nin, 1995-2001 yılları arasındaki otopsi kayıtlarının incelendiği bir çalışma sonucunda, sadece 3 tane tüplü dalışa bağlı ölüm vakasına otopsi yapıldığı görülmektedir (47). Ölümle sonuçlanan kazaların önemli bir bölümünde nihai ölüm nedeni boğulmadır (3). Nihai ölüm nedeni boğulma olsa da dalış kazasını başlatan birçok neden söz konusu olabilir. Bir dalış kazasında, kaza nedenini tespit etmek, kazaları önlemek için var olan bilgilere katkı sağlayabilir. Bazı durumlarda kaza nedenini tespit etmek çok kolayken, bazı durumlarda, özellikle ölümcül seyretmiş dalış kazalarında kazayı başlatan nedeni belirlemek kolay değildir.

Adli Tıp uzmanları suda bir ceset bulunduğu zaman, bunun karada işlenen bir cinayet olup sonradan cesedin suya atılabileceği ihtimalini göz önünde bulundurarak, gerçek ölüm nedeninin boğulma olup olmadığını anlamak için yaptığı testler arasında diatom testi de bulunmaktadır. Bu test, dolaşımda ve bazı organlarda diatom aranmasını içerir ve diatomun tespit edilmesi halinde suda boğulma lehine önemli bir kanıt olarak kabul edilir. Eğer suda bulunmuş bir ceset üzerinde dalış elbisesi ve dalış ekipmanı mevcutsa, aksi de mümkün olmakla birlikte, büyük olasılıkla ölüm bir dalış kazası sonucu meydana gelmiştir. Bu varsayımda, kazanın meydana geliş biçimi hakkında bilgi verecek kazazedenin dalış eşi ya da olayın bir şahidi olmadığında, adli değerlendirme bize olayın gelişmesi konusunda bilgi sağlayabilir. Bu tür değerlendirme çeşitli uzmanların yer aldığı multidisipliner bir yaklaşım gerektirir. Böyle bir ekipte dalış donanımının her bir ünitesini detaylı değerlendirebilecek teknik bilgiye sahip bir uzman, cesedin bulunduğu yeri inceleyecek kriminal dalış eğitimi almış dalgıç polisler, cesedi inceleyecek adli tıp uzmanı ve laboratuvar desteğini sağlayacak, patolog, toksikolog ve hidrobiyoloğun görev alması yerinde olacaktır (48).

Suda boğulma tanısında diatom tespiti 50 yılı aşkın bir süredir kullanılmaktadır (49). Diatom yoğunluğunun daha fazla olduğu tatlı sulardaki boğulmalarda daha çok olguda diatom tespiti mümkün olmaktadır. Kanada’da yapılan bir çalışmada 771 suda boğulma vakası retrospektif olarak incelenmiştir. Bu olguların 738’i tatlı suda boğulmuştur. Tatlı suda boğulan vakaların 205’inin kemik iliğinde diatom tespit edilmiş, boğulma ortamındaki diatom yoğunluğu ile diatom testi sonuçları arasında, diatom testinin güvenilirliğini arttıran korelasyon varlığı bildirilmiştir (50). Başka bir çalışmada, 133 suda boğulma olgusunun 81’inde boğulmanın gerçekleştiği sudan örnekler alınarak diatom analizi yapılmış ve 70 (%86) örnekte diatom testi pozitif bulunmuştur. Ancak örneklerinde diatom testi pozitif bulunmuş, sularda boğulan 70 olgunun 51’inin ne kanlarında ne de dokularında diatom tespit edilememiş, sadece 19 olguda diatom testi pozitif sonuç vermiştir (51). Bir suda boğulma olayı araştırılırken olay mahallindeki plankton yoğunluğu ne kadar fazla ise diatom testinin pozitif çıkma olasılığı o kadar yüksek olacaktır. Göllerde, özellikle kıyıya yakın deniz sularında planktonik organizmalar daha yoğun iken, açık denizde, tuzluluk oranı yüksek sularda, sanayi atıkları ile kirlenmiş sularda planktonik organizmalar daha az yoğunlukta bulunmaktadır. Kirlenme, planktonik organizmaların sayılarını düşürdüğü gibi, şekillerini bozup boyutlarını da küçülterek araştırmayı zorlaştırmaktadır (52,53).

Suda boğulma dışı nedenlerle öldüğü bilinen olguların postmortem analizinde diatomların tespit edilmesi, diatom testinin güvenilirliğini etkilemektedir. Literatürde diatom testi sonuçlarının güvenilirliğini sorgulayan çalışmalar da mevcuttur. Makedonya’da yapılan bir deneysel çalışmada, Vardar Nehri’nden elde edilen diatomdan zengin suları yedi gün boyunca içirdikten sonra sakrifiye edilen sıçanların iç organlarında diatom testi pozitif bulunmuştur. Konu ile ilgili olarak sadece içme suyu değil hava, besin maddeleri ve kontamine laboratuvar malzemelerinden de yanlış pozitif sonuçlar çıkabileceği öne sürülmüştür (54).

Diatom testi ile ilgili bir tartışmalı konu da, postmortem suda kalan cesetlerde diatomların organlara ulaşp ulaşmadığıdır. Eskişehir’de yapılan bir çalışmada, su dışında öldürülerek postmortem 24 saat suda bekletilen 10 sıçanın birinin akciğerinde 7 adet, birinin akciğerinde 1 adet, birinin de kemik iliğinde 1 adet diatom tespit edilirken, geri kalan 7 sıçanın her hangi bir organında diatom tespit edilmemiştir. Postmortem 72 saat suda bekletilen 10 sıçanın 4’ünün akciğerlerinde sırasıyla 1, 7, 9 ve 10 adet diatom tespit edilirken, geri kalan 6 sıçanın ise herhangi bir organında diatom tespit edilmemiştir. Fakat suda boğulan 10 sıçanın hepsinin akciğerlerinde ve birçok akciğer

dışı dokuda diatom tespit edilmiş, ayrıca bu gruptaki sıçanların akciğerlerinde sayısal olarak da diğer gruplara göre oldukça fazla diatom tespit edilmiştir. Bu çalışma sonucunda suda boğulma olgularının dokularında tespit edilen diatomların postmortem suda kalan cesetlerde tespit edilen diatomlardan sayısal olarak daha fazla olduğu ve daha çok organda diatoma rastlanabileceğini belirtilmiştir (55).

Ölümcül bir dalış kazasında cesedin bulunduğu derinlik her zaman ölümün gerçekleştiği derinlik olmayabilir. Yüzeyde ölüm gerçekleştikten sonra ceset dibe batabilir, ya da tam tersi sualtında ölüm gerçekleştikten sonra ceset su yüzeyine çıkabilir. Nihai ölüm sebebinin boğulma olup olmadığını bilmek, kazayı değerlendirirken bazı ipuçları verebilir. Örneğin; ölüm nedeni boğulma değil ise, dalgıcın su yüzeyinde başka bir nedenle ölmüş olabileceği düşünülebilir. Bu durumda ani ölümlere yol açabilen tıbbi problemler üzerine araştırmalar yapılabilir. Japonya'da yapılmış bir çalışmada ölümle sonuçlanmış dalış kazalarında yapılan otopsilerde bazı dalgıçlarda ölüm nedenlerinin kardiyak problemler, özofagus varis rüptürü, anevrizma rüptürü gibi tıbbi sorunlardan kaynaklandığı bildirilmiştir (56). Nihai ölüm nedeni boğulma ise değerlendirmede su içinde gerçekleşmesi muhtemel olaylar üzerinde durulur. Bu noktada boğulmanın gerçekleştiği derinliği bilmek, kazanın gelişme şekli konusunda önemli ipuçları verecektir. Örneğin derin sularda gerçekleşen boğulmalarda nitrojen narkozu ya da oksijen toksisitesi gibi etkenlerin etkili olabileceği, sığ sularda gerçekleşmiş boğulmalarda ise akciğer barotravması sonucu gelişen bir arteriyel gaz embolisi ihtimalinin de göz önünde bulundurulması gerektiği akılda tutulmalıdır. Otopsi bulgularında akciğerlerde genişleyen havanın akciğer dokularına hasar vermiş olması ölümün akciğer barotravması sonucu gerçekleştiği anlamını taşımamaktadır. Zira ölümün belirli derinlikte gerçekleştiği durumlarda ceset su yüzeyine gelirken de akciğerlerde kalmış hava genişleyerek çevre dokulara hasar verebilecektir. Sıçanlarda yapılan deneysel bir çalışmada, yüzeyde ve 2,5 ATA basınç altında boğulan sıçanların yapılan otopsilerinde, makroskopik ve histopatolojik incelemede bu iki grup arasında anlamlı fark bulunmuştur (3). Boğulmanın sualtında mı yüzeyde mi gerçekleştiğini bilmek değerli bir bulgudur. Ancak boğulmanın hangi derinlikte gerçekleştiğini bilmek daha değerli bir bulgudur. Sözü edilen çalışmada 15 metre derinlikte boğulmuş sıçanların otopsi bulguları, yüzeyde boğulanlardan farklı bulunmuştur. Ancak 30 metrede boğulmuş bir sıçan grubu daha olsaydı, bu grubun otopsilerinde de benzer bulgular söz konusu olacaktı. Halbuki 30 metrelerin altında gerçekleşmiş bir dalış

kazası ile 10 metre civarında gerçekleşmiş bir dalış kazasının nedenleri farklı olabilmektedir.

Bu çalışma planktonik organizma tespitinin suda boğulma olgularında, kullanılabilmekte olan amaç dışında kullanılıp kullanılamayacağını araştırmak için planlanmıştır. Planktonik organizma popülasyonunun mevsime, günlük ısı ve ışık değişimlerine göre sayı ve konum değiştirdikleri bilinmektedir. Bazı planktonik organizmalar sadece yüzey sularında bulunurken diğerleri hem yatay hem de düşey yönde farklı dağılım gösterirler. Genel olarak belirli derinlik aralıklarında bulunmalarına karşın günün değişik saatlerinde farklı derinliklerde de bulunabilirler. Su kütlelerinin hareketleri, denizin aydınlanma durumu, beslenme şartları, üreme ve sıcaklık gibi etmenler değişikliklere neden olurlar (39). Güneş ışınlarının yoğunluğuna göre zooplanktonik organizmaların vertikal göç denen yukarı veya aşağı doğru hareket ettikleri bilinmektedir. Çoğu zooplanktonik organizmalar gün ışığı ile birlikte ışığın daha az olduğu derin bölgelere doğru hareket ettikleri, gece ise aktif oldukları yüzeye yakın bölgelere tekrar geldikleri bilinmektedir (39).

Büyükçekmece Körfezi ve İskenderun Körfezi'nde yapılan iki ayrı çalışmada plankton popülasyonunun mevsimsel değişim gösterdikleri tespit edilmiştir (57,58). 2002 yılında yapılan başka bir çalışmada Kuzeydoğu Marmara Denizi ve Güneybatı Karadeniz'de zooplanktonik organizmaların zamana bağlı değişimi ve çevresel şartlarla ilişkisi incelenmiş ve zooplankton grup, tür ve sayılarının mevsimsel değiştiği ve çevresel kirlilikten de etkilendiği gösterilmiştir (59). Planktonik organizmaların, deniz suyunun fiziksel, kimyasal, biyolojik özellikleri ile de sıkı bir ilişkisi vardır. Bu çevre koşullarının etkileri sonucu planktonik organizmaların bulunduğu bölge, derinlik, yoğunluk ve cinsleri çeşitli farklılıklar gösterir. Özellikle zooplanktonik organizmalar oksijen düzeyindeki değişimlere karşı duyarlıdırlar. Oksijen seviyesindeki düşümlere bağlı olarak zooplanktonun miktarı da azalmaktadır. Ortamdaki oksijen değerinin 0.2 ml/l't'nin altına düşmesi durumunda planktonik formlar varlıklarını sürdürmezler (36). 2000 yılında yapılan başka bir çalışmada Kuzey Marmara Denizi zooplankton dağılımı incelenmiş. Çalışma sonucunda yoğun bir kirlenmenin etkisinde olan Marmara Denizi'nde besleyici ve kirlетici etkilerin sürekli artması sonucu su kalitesinin bozulduğu, bunun da ekosistemde değişikliğe neden olduğu belirtilmiştir (60). Japonya'da yapılan bir çalışmada da diatom yoğunluğu dört ayrı bölgede aylık olarak incelenmiş ve fark edilebilir değişimler gözlenmiştir. Aynı çalışmada kıta sahanlığı dışındaki açık denizlerde diatom yoğunluğunun çok düşük olduğu, bu sularda meydana

gelen boğulma olgularında diatom testinin tanıya yardımcı olmayabileceği belirtilmiştir (54). Ülkemiz denizlerini kapsayan, farklı zamanlarda farklı derinliklerdeki planktonik organizma türlerini içeren bir veri yoktur. Bu çalışma belirli mevsimde ve günün belirli saatlerinde farklı derinliklerde farklı türlerin yaşayabileceği olasılığı göz önünde bulundurularak planlanmıştır. Neticede yapılan ön çalışmada 30 metre derinlikten alınan su örneğinde tespit edilen planktonik organizmalara yüzeyden alınan örneklerde rastlanmamıştır. Ancak ana çalışmada, 30 metre derinlikten alınmış su örneğinde tespit edilen 3 tür planktonik organizmaya, yüzeyden alınan su örneğinde de rastlanmıştır. Ön çalışmada örnekler dalgıç yardımı ile alınmıştır. 30 metrede 1 litrelik örnekleme kabı tamamen hava ile doldurularak daha sonra su ile dolması sağlanmıştır. Bu yöntemle 30 metreden alınan su örneğinin yüzey suyu ile kontamine olması güçtür. Ana çalışmada ise su örnekleme cihazı ile su örnekleri alınmıştır. Bu cihazla su örneği alınırken cihaz yüzey suyuyla birlikte 30 metreye inmekte, daha sonra yüzeyden gönderilen bir ağırlığın yardımıyla cihazın silindirik haznesi aşağı inerek ortamdaki sudan örnek alınmasını sağlamaktadır (Şekil 10-11). Bu esnada 30 metreden alınan su örneğinin yüzey suyuyla kontamine olma ihtimali söz konusu olabilir. Bu nedenle belirli mevsim ve günün belirli saatinde farklı derinliklerde farklı planktonik organizma türlerinin varlığı, kontaminasyon ihtimalinin yok edildiği yöntemlerle araştırılmalıdır. Planktonik organizma tespiti ile yapılacak bir haritalama çalışmasında yaşanması muhtemel güçlükler, tür ve populasyonun kıyıya olan uzaklık ve derinliğine, mevsim ve ay değişikliklerine, hava şartlarının etkisine, güneş ışınlarının yoğunluğuna bağlı olarak günün farklı saatlerinde değişiklik göstermesidir. Bu çalışmada ön çalışma Ekim ayında, ana çalışma ise Aralık ayında gerçekleştirildi. İki çalışmada tespit edilen türlerdeki farklılık, su örneği alınan noktanın farklı olmasının yanında, mevsimsel değişikliğin de etkili olacağını düşündürmektedir. Ayrıca ana çalışmanın yapıldığı bölgenin sanayi atıklarından daha fazla etkilenmiş olma ihtimali yüksektir. Ana çalışmada tür sayısının daha az olmasında bu durumun da etkisi olabilir. Ancak ana çalışmada kirlilik indikatörü olduğu belirtilen *Acartia Clausi*'ye de rastlanmamıştır. Yüzeyden alınan örneklerde fitoplanktonik organizma sayısı daha yüksek tespit edilmiştir. Bunun nedeninin, fitoplanktonik organizmalar hem fotosentez yaptıkları için, hemde yüzey suları besin yönünden zengin olduğu için, çoğu larva ve juvenil formların beslenmek için yüzey tabakalarına göç ettiklerinden yüzeye yakın tabakalarda bol miktarda bulunması olduğunu düşünüyoruz (38). Bu sonuç yüzeyden almış olduğumuz

ilk su örneklerindeki fitoplanktonik organizmaların grup, tür ve sayısındaki fazlalığın ikinci alınan su örneklerine göre neden daha fazla olduğunu açıklamaktadır.

Çalışmamızda suda boğulma sonrası yapılan incelemelerde her iki gruptaki sıçanların akciğerlerinde herhangi bir planktonik organizmaya rastlanmamıştır. Akciğerlerde planktonik organizma tespiti boğulmanın gerçekleştiği su içindeki diatomların yoğunluğuna ve aspire edilen su miktarına bağlıdır. Genellikle suda boğulma vakalarının %85-90'ında akciğerlere sıvı aspirasyonu söz konusuyken, %10-15 olguda aspirasyonun gerçekleşmediği, solunum yollarına ve akciğerlere aspire edilen sıvı miktarının da kişiden kişiye farklılık gösterdiği bilinmektedir (2,34,35). Sıçanların akciğer hacimleri göz önünde bulundurulduğunda, boğulma sırasında aspirasyon gerçekleşmiş deneklerde aspire edilen su miktarının çok az miktarlarda olacağını ön görmek mümkündür. Alınan su örneklerinde kantitatif bir araştırma yapılmamasına rağmen, akciğer dokularında herhangi bir planktonik organizmaya rastlanılmamasının aspire edilen su miktarının azlığından ve planktonik organizma yoğunluğunun düşük olmasından kaynaklandığını düşünmekteyiz. İnsanlarda suda boğulma esnasında aspire edilen sıvı miktarının daha fazla olacağı açıktır.

Literatürde ölümle sonuçlanmış dalış kazalarında planktonik organizma tespitiyle kaza değerlendirmesini konu alan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ülkemizde yapılan bir çalışmada, İstanbul Adli Tabip Kurumu Morg İhtisas Dairesi'ne getirilen SCUBA dalışı sırasında nedeni tespit edilememiş sebeplerden dolayı boğulmuş üç kişiden birine, otopsi sırasında yapılan diatom incelemesinde akciğerde 20'den fazla diatom, karaciğerde 1-2 diatom, beyinde 1-2 diatom, kemik iliğinde 3-4 diatom ve diatom fragmanları tespit edilmiş. Akciğer doku preparatları ile diğer doku preparatlarındaki diatomların karakteristik olarak benzer olmaları nedeniyle dalgıcın sıvı aspirasyonu sonucu öldüğü kanısına varılmış (47). Planktonik organizmaların, boğulmanın gerçekleştiği derinlik konusunda fikir verip vermeyeceği araştırılırken, su örnekleri kazadan hemen sonra alınmalıdır. Farklı zamanlarda su örneği alınması halinde, ya da boğulma gerçekleştikten sonra cesedin herhangi bir nedenle yer değiştirmesi halinde akciğerlerde bulunacak planktonik organizmaların, su örneğindeki planktonik organizmalar ile benzerlik göstermeyeceği akılda bulundurulmalıdır.

VI. SONUÇ

Yüzeyde (1 ATA altında) ve 30 metre derinlikte (4 ATA altında) boğulan sıçanlara yapılan otopsilerde akciğerlerde planktonik organizmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle sıçanların boğulma derinliği konusunda planktonik organizma araştırması fikir vermemiştir. Ancak akciğer otopsilerindeki makroskopik incelemede, derinde boğulan sıçanların akciğerlerinin, içindeki havanın azalan çevre basıncı ile birlikte genişlemesi sonucu yüzeyde boğulan sıçanların akciğerlerine kıyasla hacimce daha büyük olduğu gözlenmiştir. Sıçanların akciğerlerinde planktonik organizmaya rastlanamamasının aspire edilen su miktarının azlığından ve planktonik organizma yoğunluğunun düşük olmasından kaynaklanabileceği düşünülmüştür.

Yapılan ön çalışmada yüzeyden alınan su örneklerinde, 30 metreden alınan su örneklerinde tespit edilen planktonik organizmalara rastlanmamıştır. Ancak ana çalışmada 30 metre derinlikten alınan su örneğinde tespit edilen planktonik organizmalara yüzeyden alınan su örneklerinde de rastlanmıştır. Suda boğulmalarda kanıt olarak kullanılan planktonik organizma tespitinin, boğulmanın gerçekleştiği derinlik tayininde de kullanılıp kullanılamayacağı, farklı derinliklerde farklı türlerin yaşayıp yaşamadığının tespiti ile mümkündür. Bunun için incelenecek bölgelerde farklı zamanlarda farklı derinliklerden alınan örneklerde planktonik organizma araştırılarak bir veritabanı oluşturulabilir. Ülkemizde bu konuda yapılmış bir çalışma henüz yoktur. Planktonik organizma tespitinin derinlik tayininde kullanılabilmesi durumunda, boğulmayla sonuçlanan dalış kazalarının, kazanın nedenlerine yönelik incelenmesinde ek bilgi sağlanabilecektir.

VII. KAYNAKLAR

- (1) Elliott DH, Bennett PB. (1993). Underwater Accidents. In: The Physiology And Medicine Of Diving. Eds: Peter Bennett and David H. Elliott, W.B. Saunders Company Ltd. pp.238-252
- (2) Modell JH, Bellefleur M, Davis JH. (1999). Drowning without aspiration: Is this an appropriate diagnosis? J Forensic Sci Int. Nov 1, 44(6),1198-22
- (3) Toklu AS, Alkan N, Gürel A, Cimsit M, Haktanir D, Körpınar S, Purisa S. (2006). Comparison of pulmonary autopsy findings of the rats drowned at surface and 50 feet depth. Forensic Sci Int. Dec 20, 164(2-3), 122-5
- (4) Lunetta P, Modellv J. (2005). Macroscopical, microscopical, and laboratory findings in drowning victims. In: Tsokos Med. Forensic Pathology Reviews, Humana Press. 3, 3-77
- (5) Yoshimura S, Yoshida M, Okii Y. (1995). Detection of green algae (Chlorophyceae) for the diagnosis of drowning. International Journal of Legal Medicine. Apr 5, 108, 39-42
- (6) U.S.Navy. (2008). History of diving, Surface-Supplied Air Diving. U.S.Navy Diving Manual. Revision 6, Chapter 1, 1-31
- (7) Arthur J. Bachrach, (1998). "History of the diving bell". Historical diving times. Edt: Peter Dick. Spring, Iss.21
- (8) Louse WK, Kristine AN. (2004). Carbonmonoxide poisoning. Emergency Medicine Clinics of North America. May 3, 22(04), 985-1018.
- (9) Sualtı Sporları, Cankurtarma, Sukayağı Ve Paletli Yüzme Federasyonu Aletli Dalış Yönetmeliği. 02.07.2003 tarih ve 25156 sayılı Resmi Gazete, 1.Bölüm, s.2
- (10) Aktaş Ş, Özkal U. (1996). Ülkemizde ilk dalış kazaları veri bankası. Sualtı Bilim ve Teknoloji Toplantısı, İstanbul, 17-20 Ekim 1996, Bildiri Kitabı, s.17-23
- (11) Aktaş Ş, Alkan N. (2000). Dalışa bağlı ölümlerde ölüm araştırma formu. Sualtı Bilim ve Teknoloji Toplantısı, İstanbul, 2-3 Aralık 2000, Bildiri Kitabı, s.111-117
- (12) Varosmartı J. (2003). Investigation of Diving Accidents. Physiology And Medicine Of Diving. Eds: Peter Bennett and David H. Elliott, W.B. Saunders Company Ltd, pp.718-724
- (13) Moon RE, Camporesi EM, Kisslo JA. (1989). Patent foramen ovale and decompression sickness in divers. Lanset, Mar 11, 1(8637), 513-514

- (14) Neuman TS. (1999). Pulmonary Fitness For Diving. The Lung At Depth. Eds: Claes EG Lundgen, John N. Miller, Marcel Dekker Inc. Newyork, pp.73-90
- (15) Murray CJ, Lopez AD. (1997). Mortality by cause for eight regions of the world: Global Burden of Disease Study. Lancet, May 3, 349(9061), 1269-76
- (16) Peden MM., McGee K, Krug E. (2003). The epidemiology of drowning worldwide. International Journal of Injury Control and Safety Promotion, Dec, 10(4),195-199
- (17) Taneja G, Beeck EV, Brenner R. (2004). Children and Drowning. World report on child injury revention. Edt: Margie Peden. World Health Organization 2008 Geneva. WHO Press, pp.59-79
- (18) Aşirdizer M, Yavuz MS, Zeyfeoglu Y. (2005). Adli Tıp Ders Kitabı. Celal Bayar Üniversitesi Adli Tıp Stajı Ders Kitabı. Edt: Aşirdizer M, Manisa, pp.267-271
- (19) Aktaş Ş. (1991). Boğulma. İstanbul Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Sualtı Teknolojisi Programı, Sualtı Hastalıkları Ders Kitabı, İstanbul. Bölüm VIII, s.1-3
- (20) Elliott DH, Bennett PB. (2003). Drowning and Near-Drowning. In: The Physiology And Medicine of Diving. Eds: Peter Bennett and David H. Elliott, W.B. Saunders Company Ltd, pp.181-184
- (21) Henderson H, Richard C, Wilson RC. (2006). Water incident related hospital activity across England between 1997/8 and 2003/4: a retrospective descriptive study. BMC Public Health, Aug 16, 6, 210
- (22) Lunetta P, Penttila A, Sajantila A. (2002). Circumstances and macropathologic findings in 1590 consecutive cases of bodies found in water. The American Journal of Forensic Medicine and Pathology, Dec, 23(4), 371-376
- (23) Lunetta P, Penttila A, Sajantila A. (2002). Drowning in Finland “external cause” and “injury”codes. Injury Prevention, Dec, 8(4), 342-344
- (24) Yorulmaz C. (1996). Suda Boğulma Tanısında Diatom Testinin Değeri. Uzmanlık Tezi. İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Adli Tıp ABD. İstanbul
- (25) Salaçin S, Çekin N, Gülmen MK, Hilal A, Savran B (1997). Retrospective analysis of the medicolegal deaths in Adana city, XVII. Congress of The International Academy of Legal Medicine, Dublin, Agust 1997, 20-23
- (26) Karagöz YM. (1990). Suda Boğulmaya Bağlı Ölüm Olgularının Adli Tıp Açısından İncelenmesi. Uzmanlık Tezi. Akdeniz Üniversitesi. Antalya

- (27) MMWR Morb Mortal Wkly Rep. (1993). Alcohol use and aquatic activities. United States 1991, Sept 10, 42(35), 678-681
- (28) Ryan CA, Dowling G. (1993). Drowning deaths in people with epilepsy. Canadian Medical Association Journal, 148(5), 781-784
- (29) Lincoln JM, Perkins R, Melton F, Conway GA. (1996). Drowning in Alaskan waters, Nov-Dec, 111(6), 531-535
- (30) Spira A. (1999). Diving and marine medicine review part II: Diving Diseases. Sep, 6(3), 180-198
- (31) Aktaş Ş. (1991). Sığ Su Bayılması. İstanbul Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Sualtı Teknolojisi Programı. Sualtı Hastalıkları Ders Kitabı, Bölüm X, p.1-3
- (32) Swan HG, Brucer M, Moore C. (1947). Fresh water and seawater drowning: a study of the terminal cardiac and biochemical events. Tex Rep Biol Med, 5, 423-437
- (33) Lakadamyalı H, Doğan T. (2008). Türkiye’de bir turizm yöresinde suda boğulma olgularının irdelenmesi Türkiye Klinikleri Tıp Bilimleri Dergisi. Journal Med Sci, Oct 12, 28, 143-148
- (34) Modell JH, Gaub M, Moya F, Vestal B, Swarz H. (1966). Physiologic effects of near drowning with chlorinated fresh water, distilled water and isotonic saline. Anesthesiology, Jan-Feb, 27, 33-41
- (35) Modell JH, Moya F. (1966). Effects of volume of aspirated fluid during chlorinated fresh water drowning. Anesthesiology, Jan-Feb, 27, 662-672
- (36) Koray T. (2002). Planktoloji Biliminin Tanımı, Sınıflandırılması. Denizel Fitoplankton. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, İzmir, No:32, s.1-7
- (37) Özel İ. (1992). Planktonik Organizmaların Gruplandırılması. Planktoloji. Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları, İzmir, No:145, s.23-56
- (38) Özel İ. (1992). Plankton Populasyonlarının Yapısı. Planktoloji. Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları, İzmir, No:145, s.57-81
- (39) Özel İ. (1992). Plankton Populasyonlarında Zamana Bağlı Değişimler. Planktoloji. Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları, İzmir, No:145, s.86-122
- (40) Arslan MM, Kar H, Akcan R, Çekin N. (2005). Suda boğulma tanısında kullanılan yöntemlerin irdelenmesi. Adli Tıp Bülteni, 10(1), 29-34

- (41) Delmonte C, Capelozzi VL. (2001). Morphologic determinants of asphyxia in lungs. *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology*, Jun, 22(2), 139-149
- (42) Azparren JE, Rodriguez AF, Vallejo G. (2003). Diagnosing death by drowning in fresh water using blood strontium as an indicator. *Forensic Science International*, Oct 14, 137(1), 55-59
- (43) Quan L, Zhu BL, Oritani S, Fujita MQ, Maeda H. (2003). Ultrasonographic densitometry of the lungs at autopsy: A preliminary investigation for possible application in forensic pathology. *Legal Medicine*, March, 5, 335-337
- (44) Lunetta P, Pentilla A, Hallfors G. (1998). Scanning and transmission electron microscopica evidence of the capacity of diatoms to penetrate the alveolo-capillary barrier in drowning. *International Journal Legal Medicine*, Jun 24, 111, 229-237
- (45) Hürlimann J, Feer P, Elber F, Niederberger K. (2000). Diatom detection in the diagnosis of death by drowning. *International Journal Legal Medicine*, March 29, 114, 6-14
- (46) Morgan WP. (1995). Anxiety and panic in recreational scuba divers. *Sport Medicine*, Dec 20, 398-421
- (47) Güven TA, Şam B, Şirin G. (2004). İstanbul'da tüplü dalış ölümleri. *Adli Tıp Bülteni*, 9(2), 47-50
- (48) Alkan N, Aktaş Ş. (1999). Dalışa bağlı ölümlerin adli olgu olarak değerlendirilmesi. III. Sualtı Bilim ve Teknolojisi Toplantısı (SBT'99), İstanbul, 11-12 Aralık, Toplantı Kitabı, s.64-68
- (49) Auer A. (1991). Qualitative diatom analysis as a tool to diagnose drowning. *American Journal Forensic Med Pathol*, Sep, 12(3), 213-218
- (50) Pollanen MS, Cheung C, Chiasson DA (1997). The Diagnostik Value of the Diatom Test for Drowning, 1. Utility: a retrospective analysis of 771 cases of drowning in Ontario, Canada, *Journel Forensic Sci*, 42(2), 281-285
- (51) Azparren JE, Vallejo G, Reyes E, Herranz A, Sancho M. (1998). Study of Diagnostic Value of Strontium, Chloride, Haemoglobin and Diatoms in Immersion Cases. *Forensic Science International*, Jan 30, 91(2), 123-132
- (52) Timpermen J. (1969). Medico Legal Problems in Death by Drowning. *Journal of Forensic Medicine*, Apr-Jun, 16(2), 45-75

- (53) Funayama M, Mimasaka S, Nata M, Hashiyada M, Yajima Y. (2001). Diatom Numbers Around The Continental Shelf Break. The American Journal of Forensic Medicine and Pathology, Sep, 22(3), 236-238
- (54) Krstic S, Duma A, Janevska B, Levkov Z, Nikolova K, Noveska M. (2002) Diatom in Forensic Expertise of Drowning a Macedonian Experience. Forensic Sci. July 17, 127(3), 198-203
- (55) Uzuner K, Balcı Y, Yorulmaz C, Canoğulları G. (2005). Eskişehir Bölgesinde Diatom İncelemelerinin Suda Boğulma Tanısı Açısından Değerinin Deneysel Sıçan Sıçan Suda Boğulma Modelinde Araştırılması. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi. Eskişehir
- (56) Yoko Ihama, Tetsuji Miyazaki, Chiaki Fuke, Toshiji Mukai, Youkichi Ohno, Yoshinobu Sato. (2007). Scuba-diving related deaths in Okinawa, Japan from 1982 to 2007. Legal Medicine, May, 10(3), 119-124
- (57) Balkıs N. (2003). Seasonal variations in the phytoplankton and nutrient dynamics in the neritic water of Büyükçekmece Bay, Sea of Marmara, Journal of Plankton Research, 25 (7), 703-717
- (58) Toklu B. (2006). İskenderun Körfezi Zooplankton Dağılımı ve Mevsimsel Değişimi. Uzmanlık Tezi, Adana, s.1-106
- (59) Yılmaz İN. (2002). Kuzey Doğu Marmara Denizi ve Güneybatı Karadeniz Üst Tabaka Zooplanktonunun Zamana Bağlı Değişimi ve Çevresel Şartlarla İlişkisi. İ.Ü. Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enst. Fiziksel Oşinografi ve Deniz Biyolojisi Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, s.1-88
- (60) Tarkan AN, İşinibilir M, Ögdül RG. (2000). Kuzey Marmara Denizi Mesoplankton Kompozisyonu. Marmara Denizi 2000 Sempozyumu, İstanbul, 11-12 Kasım 2000, s.493-499

VIII. ÖZGEÇMİŞ

1972 Kilis doğumluyum. İlköğretimimi Kilis Cumhuriyet İlkokulu'nda, ortaöğretimimi Kilis Atatürk Ortaokulu'nda ve lise eğitimimi Kilis Lisesi'nde tamamlayarak 1989 yılında mezun oldum. 1991 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Turizm Otelcilik Meslek Yüksekokulu Bölümünü kazandım ve 1993 yılında bu bölümden mezun oldum. 1995 yılında Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesinde tıp eğitimime başladım. 2001 yılında eğitimimi tamamlayarak mezun olduktan sonra mecburi hizmet atamasında Hakkari Anaçocuk Sağlığı Merkezine atandım. Birbuçuk yıl Anaçocuk Sağlığı Şube Müdürlüğü görevinde bulunduktan sonra altı ay İl Sağlık Müdür Yardımcılığı görevini yürüttüm. 2003-2004 yılları arasında askerlik görevimi Gata Haydarpaşa Askeri Hastanesinde tamamladım. 2005 yılında İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi, Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Anabilim Dalı'nda uzmanlık öğretimime başladım.