

SUDA BOĞULMA TANISINDA BİYOKİMYASAL ANALİZLER VE STRONSIYUMUN ÖNEMİ

→ Ahmet Selçuk Gürler → Yalçın Büyük → Muhammed Feyzi Şahin

→ Deniz Oğuzhan Melez → Ümit Naci Gündoğmuş

Adli Tıp Kurumu Başkanlığı, İstanbul

Anlamli bulunan sonuçlardan yola çıkılarak ölümün suda boğulma ile ilişkisi değerlendirilmiş, ayrıca tatlı su-deniz suyu ayrımı ile boğulmanın agonal periyodunda geçen zaman farklılıklarının tayinine gidilmeye çalışılmıştır.

ÖZET

Sudan çıkartılmış bir cesedin ölüm sebebi, adli bilimlerde araştırmacıların her zaman ilgisini çeken bir konu olmuştur. Postmortem olarak vücut sıvılarında birçok maddenin değerleri değişmekte ve hatta yeni maddeler teşekkül etmektedir. Suda boğulma gibi dış etkenlere maruz kalındığında, bulunan ortam ile ilişkili olarak vücut sıvılarında bulunan element-

lerin konsantrasyonlarında da değişiklikler olmaktadır. Suda boğulma olgularında günümüze kadar yapılan çalışmalarda birçok elementin deniz suyu ile çeşitli vücut sıvılarındaki (kan, serum ve plazma örneklerindeki) oranları karşılaştırılmıştır. Anlamli bulunan sonuçlardan yola çıkılarak ölümün suda boğulma ile ilişkisi değerlendirilmiş, ayrıca tatlı su-deniz suyu ayrımı ile boğulmanın agonal periyodunda geçen zaman farklılıklarının tayinine gidilmeye çalışılmıştır. Bu

derleme çalışmasında, suda boğulma tanısına katkı sağlaması amacıyla yapılmış biyokimyasal analiz sonuçlarını içeren çalışmalar derlenmiş ve bu çalışmalarda elde edilen bilgiler ışığında biyokimyasal parametrelerin suda boğulma tanısına katkıları tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: suda boğulma, vücut sıvıları, kan, elektrolitler, stronsiyum, biyokimyasal analiz

BIOCHEMICAL ANALYSES IN DIAGNOSIS OF DROWNING AND THE IMPORTANCE OF STRONTIUM

On the basis of significant findings, in addition to the diagnosis of drowning, determination of time differences during the agonal period in fresh and sea water environments had been tried.

ABSTRACT

Cause of death of bodies recovered from water, has always been one of the issues attracting the attention of researchers in forensic sciences. Levels of various substances in body fluids show changes and even new molecules are being formed during postmortem period. Upon exposing external factors such as drowning, there will be changes

in concentration of elements in body fluids in association of the environment. Up to date, ratios of various elements in sea water and in different body fluids (blood, plasma and serum samples) had been compared in a number of studies. On the basis of significant findings, in addition to the diagnosis of drowning, determination of time differences during the agonal period in fresh and sea water environments had

been tried. In this study, studies of biochemical parameters targeting to contribute the diagnosis of drowning were reviewed and on the basis of obtained findings, the contribution biochemical parameters to the diagnosis of drowning was discussed.

Keywords: drowning, body fluids, blood, electrolytes, strontium, biochemical analysis

GİRİŞ

Suda boğulma; sıvı bir ortamda suya batmaya bağlı ölüm olarak tanımlanabilir.

Ölüm bir okyanusta meydana gelebileceği gibi epileptiklerde, infantlarda ve alkolik stupor olgularında çok sığ sularda da meydana gelebilmektedir. Ani suda boğulmada ölümün mekanizması geri dönüşsüz serebral anoksidir. Ancak suda boğulmaya bağlı ölüm esas olarak havayollarının su ile tıkanması sonucu asfiksi ile gerçekleşmektedir (1,2).

Otopside suda boğulma tanısını sağlayabilecek herhangi bir patognomonik bulgu yoktur. Tanı, nonspesifik otopsi bulguları ve ölüm olayı hakkında edinilen bilgi ile desteklenir.. [2,3].

Suda boğulma tanısı için;

- Makroskopik muayene bulgularına (havayollarında köpük, akciğerlerde şişme "emphysema aquosum", Tardieu-Paltauf lekeleri, bilateral temporal petroz kemikte hemoraji, plevral efüzyon, vs...),

- Histopatolojik bulgularla (alveollerde akut dilatasyon, uzama, septum incilmesi ve alveolar kapillerlerde bası gibi) desteklenmesine,

- Diatom analizlerine,

- Kan stronsiyum (Sr) ve flor (F) analizi gibi biyokimyasal parametrelere ihtiyaç duyulmaktadır

(1, 2, 4-10).

Son yıllarda suda boğulma tanısına katkı sağlaması amacıyla immunohistokimyasal çalışmalara da (intrapulmoner aquaporin-5 ekspresyonu, medulla oblongatada bulunan inferior olive nukleusta C-fos gen ekspresyonu, substantia nigra nöronlarında ubiquitin immuno-reaktivitesi, kapiller endotelinde aquaporin-1 ekspresyonu ve akciğer kompartmanlarındaki myelomonosit alt tipleri varlığı gibi) yer verilmektedir (11-15).

Suda boğulmada, inhale edilen su miktarı az ya da çok olabilir. Tatlı suda boğulmada, alveollere ulaşan yüksek miktarlarda su, hipotonik özelliğinden dolayı alveol duvarını hızla aşarak kan hacminde artışa yol açmaktadır. Kan hacmindeki bu artış, önemli ölçüde elektrolit düzensizliklerine veya hemolize yol açabilmekte ise de bu bulgular otopside saptanamayabilir (2,7).

Tuzlu suda boğulmada ise, suyun hipertonic özelliği nedeni ile plazma sıvısı alveollere geçmekte ve bu da kan hacminde azalmaya, hemokonsantrasyona ve kan elektrolit seviyelerinde göreceli artışa neden olmaktadır (2,7).

Suda boğulmanın patofizyolojisini anlamaya yönelik yapılan bir çalışmada dolaşımın halen devam etmekte olduğu agonal periyotta hücreler arası porlardan pasif difüzyonun devam ettiği, ayrıca ölümden hemen sonra dolaşım dursa bile alveoler pnö-

mositlerde ve makrofajlarda kısa bir süreliğine aktif transportun devam ettiği gösterilmiştir (16).

Kandaki Kimyasal Değişimler

Postmortem süreçte kanda birçok maddenin konsantrasyonunda gerek çürümenin etkisi ile gerekse de dış etkenlere bağlı olarak değişimler görülebilmektedir. Ölüm ile birlikte ortaya çıkan elektrolit değişimlerinin, suda boğulma gibi dış etkene bağlı ölüm olgularında vücut sıvılarında zaten var olan sodyum (Na), klor (Cl), magnezyum (Mg) ve potasyum (K) gibi birçok elementin konsantrasyonlarını önemli derecede etkilediği bilinmektedir.

1915 ve 1924 yıllarında Lochte ve Danziger, yaptıkları hayvan deneylerinde, intratrakeal zerk edilen arsenik ve potasyum iydür içeren solüsyonların kanda ve kalp kasında saptanabileceğini göstermişler ve bu kimyasalların suda boğulma olgularında güvenilir ve kullanılabilir olduğunu iddia etmişlerdir (17).

1921 yılında Gettler, suda boğulma olgularının sağ ve sol kalp kanında Cl konsantrasyonlarını karşılaştırmıştır. Tatlı suda boğulma olgularında plazma Cl konsantrasyonunun sol kalp kanında hemodilüsyona bağlı olarak azaldığını, tuzlu suda boğulma olgularında ise sol kalbe oranla sağ kalp kanında daha az olduğunu öne sürmüştür. Gettler'e göre kalbin her

iki tarafı arasında 25mg/100ml (>6,5mEq/l) farklılık anlamlıdır. 1936 yılında Inouye ve Uchimura, yaptıkları tavşan deneyi ile Gettler'in bu savına destek vermişlerdir. Günümüzde ise Gettler'in bu iddiaları kabul görmemektedir. Çünkü serum Cl düzeyindeki azalmanın postmortem süreç ile doğru orantılı olarak azaldığı, her iki ventrikülde farklı düşüşler gözleendiği ve Cl konsantrasyonlarındaki farklılığın suda boğulma dışı olgularda da görülebileceği bildirilmiştir. Nitekim 1953 yılında Durlacher ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada tatlı ve tuzlu suda boğulma olgularında kan Na, Cl ve K konsantrasyonlarında anlamlı sonuçlar elde edilememiştir. 1963 yılındaki Fuller'in çalışmasında da benzer sonuçlar elde edilmiştir. (1, 2, 7, 17).

118 suda boğulma olgusu ile başka nedenlerden ölen 24 olgunun sağ ve sol kalbi arasındaki Cl konsantrasyon farklarını ölçen Modell ve Davis, Cl konsantrasyon farkının boğulma için güvenilir bir test olmadığını göstermişlerdir. 1944 yılında Moritz tarafından Mg için benzer ölçümler yapılmış ve güvenilir olmayan sonuçlar elde edilmiştir (1, 18).

Gettler, kalbin sağ ve sol bölümündeki demir (Fe) içeriğini kullanma fikrinin ilk olarak Carrara tarafından ifade edildiğine yer vermiştir (19).

2006 yılında yayımlanan bir çalışmada, 26 tipik tatlı suda bo-

ğulma vakasının sağ ve sol ventrikül kanı demir konsantrasyon ortalaması farkı, kontrol grubuna göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Çürümenin ileri boyutlarda olduğu vakalarda biyokimyasal ölçümün kalpteki yetersiz kan ve postmortem pıh-

Ölüm bir okyanusta meydana gelebileceği gibi epileptiklerde, infantlarda ve alkolik stupor olgularında çok sığ sularda da meydana gelebilmektedir. Ani suda boğulmada ölümün mekanizması geri dönüşsüz serebral anoksidir.

tılarca engellenmesinden dolayı demir testinin güvenilir olmadığı, kısa postmortem sürede değerlendirilen tatlı suda boğulma olgularında ise demirin iyi bir biyokimyasal belirteç olabileceği bildirilmiştir (19).

Bao Li Zhu ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, postmortem süreci 48 saati geçmeyen 11 tatlı ve 15 tuzlu suda boğulma olgusu ile 23 akut myokard in-

farktüsü olgusunun serum belirteçleri karşılaştırılmıştır. Sağ ve sol kalp kanlarında hemodilüsyonun elektrolit dengesine olan etkisinin belirlenmesi için Na, Cl, Mg, Ca, kan üre nitrojeni (BUN) ve kreatinin (Cr), alveolar ve myokardial zararın etkisinin belirlenmesi için ise pulmoner surfaktan ilişkili protein A (SP-A) ve kardiyak Troponin-T (cTn-T) değerlerine bakılmıştır. Suda boğulmanın belirlenmesinde sol-sağ kalp BUN oranının, tatlı ve tuzlu su aspirasyonunun ayrımında ise sol kalp Mg seviyesinin en değerli belirteçler olduğu gösterilmiştir. Bu çalışmada ayrıca sol-sağ kalp BUN oranının tuzlu suda boğulma olgularında düşük olduğu ve sol kalp kanında serum Cl, Mg ve Ca değerlerinde belirgin bir artış olduğu gösterilmiştir. Serum cTn-T seviyeleri akut myokard enfarktüsü olgularının birçoğundan farklı olarak suda boğulma olgularında düşük çıkmıştır. Tatlı suda boğulma olgularında ise serum SP-A değerlerinde anlamlı bir artış olduğu gösterilmiştir (20).

Postmortem serum kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) değerleri ile ölüm sebebi arasındaki ilişkileri değerlendirmek üzere künt travma (n=76), keskin cisimlere bağlı yaralanmalar (n=29), asfiksi (n=42), suda boğulma (n=28), yanığa bağlı ölümler (n=79), metamfetamin zehirlenmeleri (n=8), travmaya bağlı gecikmiş ölümler (n=37), akut miyokard infarktüsü (n=61) kaynaklı toplam 360 ölüm vakasında postmortem 5-48. saat-

lerde kan incelemeleri yapıldığı, vakaların tümünde Ca-Mg seviyesi ile postmortem geçen süreç arasında bir bağ bulunamadığı, hem Ca hem de Mg seviyesinin kalpte ve periferik kanda tuzlu suda boğulan vakalarda diğer vakalara oranla daha yüksek değerlere ulaştığı, buna ilaveten tatlı suda boğulma olgularında, fatal periferik iskelet kası hasarı ile sonuçlanmış yanığa bağlı ölümlerde serum Ca seviyesinde belirgin derecede artış olduğu, fatal metamfetamin zehirlenmesi ve asfiksi sonucu ölüm vakalarında serum Mg oranında artış olduğu bildirilmiştir.

Postmortem serum Ca ve Mg ölçümlerinin tatlı ve tuzlu suda boğulma olgularının ayırımında, iskelet kas hasarı, metamfetamin zehirlenmesi ya da yanığa bağlı ölümlerde ölüm sebebi açısından fikir verebileceği belirtilmiştir [21].

Inoue ve arkadaşları 2005 yılında, 4 farklı su ortamında (deniz suyu, 1/2 deniz suyu, 1/4 deniz suyu, tatlı su) boğulan ratlarda plevral efüzyon sıvılarındaki elektrolit konsantrasyonlarını ölçmüşlerdir. Ratların deniz suyunda boğulduktan 1 ve 3 gün sonra plevral efüzyon sıvısında saptanan Na ve Cl konsantrasyonlarının tatlı suda boğulanlardan çok daha fazla olduğunu, boğulduktan 1 gün sonra plevral efüzyon sıvısında saptanan K konsantrasyonunun diğer gruplardan farklılık göstermediğini, 1'den 3 güne kadar tuzlu suda boğulanlarda K konsantrasyonunun artış gösterdiğini, tatlı

sularda boğulanlarda ise azaldığını, boğulma sonrası 1'den 3 güne kadar plevral efüzyon sıvısında saptanan total protein konsantrasyonunun artış gösterdiğini, ancak diğer gruplarla karşılaştırıldığında anlamlı farklılık göstermediğini belirtmişler, suda boğulma olgularında plevral efüzyon sıvısında ölçülecek elektrolit seviyelerinin tatlı su ve deniz suyu ayırımında yararlı olacağını bildirmişlerdir [22].

Tatlı suda, tuzlu suda boğularak ölen ve kontrol amaçlı suda bekletilen olgularda sağ ve sol atriumda Atrial Natriüretik Peptid (ANP) seviyelerini karşılaştıran Lorente ve arkadaşları gruplar arasında anlamlı farklılık saptanamadığını bildirmişlerdir.

Tatlı suda, tuzlu suda boğularak ölen ve kontrol amaçlı suda bekletilen olgularda sağ ve sol atriumda Atrial Natriüretik Peptid (ANP) seviyelerini karşılaştıran Lorente ve arkadaşları gruplar arasında anlamlı farklılık saptan-

namadığını bildirmişlerdir [23].

Sarvesvaran'ın 1992 yılında yayınlanan makalesinde; Rammer ve Gerdin'in sağ ve sol kalpten alınan serum örneklerinde saptanan Na, K ve osmolarite değerlerini serebrospinal sıvıdaki değerleri ile karşılaştırdığını, kalpte tespit edilen değerlerin serebrospinal sıvıda tespit edilenden daha düşük olmasının tatlı suda boğulma tanısında değerli bir bulgu olduğunu bildirmiştir.

Coutselius, çıkartılarak deniz suyuna bırakılan göz kürelerinin vitreus sıvısında progresif Mg artışını göstermiş ve bu artışın cesedin suda kalma süresi hakkında fikir verebileceğini belirtmiştir. Sağ ve sol kalp kanında saptanan Mg seviyeleri Cl ile benzer sorunlara sahip iken, serebrospinal sıvıdaki Mg konsantrasyonunun deniz suyunda boğulma tanısında yardımcı olabileceği bildirilmiştir [9].

Yapılan bir hayvan deneyinde, serum seviyesinden yaklaşık 15 kat fazla flor (F) içeren suda boğularak ölen tavşanlar ile ası sonrası ölen ve suya bırakılan kontrol grubu tavşanların serum flor seviyeleri karşılaştırılmıştır. Kontrol grubunda serum flor seviyelerinin normalden daha düşük bulunduğu, suda boğularak ölen tavşanlarda ise anlamlı derecede yüksek çıktığı bildirilmiştir. Serum flor seviyeleri açısından tavşanlar ile insanların benzerlik gösterdiği, yüksek flor içeriğine sahip sularda boğulma tanısında serum flor seviyesi

tespitinin değerli bir parametre olabileceği bildirilmiştir [24].

Deniz suyunda bulunan elementlerin vücut sıvılarındaki

oranlarına bakıldığında Sr'un deniz suyu/kan oranının ~267 gibi büyük bir değerde olması suda boğulma olgularında Sr'un diğer elementlere göre daha iyi

bir indikatör olmasına olanak sağlamaktadır (Tablo.1) [25].

Tablo 1. Deniz suyu ve kanda bulunan elementlerin konsantrasyonları arasındaki oran [25].

ELEMENT	DENİZ SUYU(G/ L)	KAN (G/ L), SERUM (G/ L)*, PLAZMA (G/ L)**	ORAN: DENİZ SUYU / KAN YADA SERUM*, DENİZ SUYU / PLAZMA**
Klor	19,353,000	3,651,350**	5.3**
Sodyum	10,770,000	(3,5-2,9)x106*	3.7-3.0*
Magnezyum	1,290,000	18,500±5,800* ~135,760	29.3*
Kalsiyum	412,000	100,000*	4.1*
Potasyum	399,000	(215,000-140,000)*	[2.8-1.8]*
Brom	67,300	3900*	17.2*
Stronsiyum	8000	~30	~267
Bor	4450	365-39	114.1-12.2
Silisyum	4000	3040-880	4.5-1.3
Flor	1300	190**	6.8**
Lityum	185	5	37
Rubidyum	120	2.700	0.04
İyot	64	63**	1**

Stronsiyum (Sr)'un Suda Boğulma Tanısındaki Yeri

Arteryal kan stronsiyumundaki artış, gerek tuzlu gerek tatlı su boğulmalarında görülebilmektedir. Sr'un deniz suyu boğulmalarında önemli bir indikatör olduğu bilinmektedir. Deniz suyu boğulmalarında, Sr'un sudan kana taşınması ve sol ventrikülde gelişen hemokonsantrasyonun ortak etkisi sonucu sol

ventrikül kanında Sr miktarı artar. Bu artışa çürümenin katkısı pek olası görülmemektedir. Ancak, çoğu tatlı suda stronsiyum konsantrasyonu düşük olduğundan bu türden sularda meydana gelen boğulmaların tanısında Sr, aynı ölçüde kanıt niteliği taşımaz [19, 25-30].

Suda boğulma dışı ve suda boğularak ölen olgular arasında ve vücudun farklı kısımlarından alınan örnekler arasında kan Sr

seviyelerinin önemli farklılıklar gösterebildiği bildirilmektedir. Vücut sıvılarındaki Sr içeriği, ozmotik değişimlere bağlı hemolizden, çürümenin erken dönemindeki değişimlerden ve resusitasyondan önemli ölçüde etkilenmemektedir. Ancak cildin çürümeye bağlı bütünlüğünü kaybetmesi ve oluşabilecek postmortem travmalar sonucu kan ve su ortamındaki Sr'un karışmasına bağlı olarak kan seviyesinde artış görülebilmektedir

[3, 26-28, 31-32]

Suda boğulma tanısında Sr'un bir belirteç olarak kullanılması gerektiği ilk kez 1932 yılında Icard tarafından önerilmişse de, Sr, ilk kez Abdallah tarafından analiz edilmiştir. Icard, suda boğulma olgularında Sr'un yanısıra brom, baryum, flor elementlerinin de araştırılmasını önermiştir. [17, 25, 26]

1985 yılında Abdallah ve arkadaşları, suda boğularak ölen tavşanların kan Sr konsantrasyonunun, anestezi altında ölen kontrol grubuna göre daha yüksek olduğunu, aynı zamanda deniz suyunda boğularak ölen tavşanların kan Sr konsantrasyonlarının tatlı suda boğularak ölenlerden daha yüksek olduğunu saptamışlardır [26].

Azparren ve arkadaşları 1994 yılında, suda boğulma olgularında biventriküler kanda Sr seviyelerini ve birbirlerine olan farkları irdelemişler ve tuzlu suda

bir göstergesi olduğunu ileri sürmüşlerdir [28].

Azparren ve arkadaşlarının 2003 yılında yaptıkları bir çalışmada Zeeman Atomik Absorpsiyon Spectrometrisi (AAS) yöntemi kullanılarak incelenen 144 tatlı suda boğulma olgusunun % 32'sinin ventrikül kanında tanı koydurucu düzeyde Sr tespit edilmiştir. Özellikle ölümden birkaç saat sonra hem sağ hem sol ventrikülden kan örneği alınıp karşılaştırıldığı takdirde anlamlı sonuçlar elde edilebileceği, periferik kan gibi vücudun sadece bir yerinden ölçülecek Sr'un, tek başına agoni döneminde alınan Sr'u yansıtmaya-acağı bildirilmiştir [30].

1998 yılında Fornes ve arkadaşları 116 tatlı suda boğulma olgusu ile kontrol grubu olarak ölüm nedeni asfiksi olan 13 olgudan, ölüm nedeni asfiksi olmayan 22 olgudan ve yaşayan sağlıklı 23 bireyden kan örnekleri alarak AAS yöntemi ile Sr seviyelerini

hesaplanmıştır. Sonuç olarak suda boğulan olgularda kan Sr seviyelerinin yaşayan bireylere oranla çok daha fazla olduğu, diğer kontrol grupları ile bir örtüşme olmadığı belirlenmiştir. Suda boğulan ve asfiksili olgular non-asfiksili olgularla kıyaslandığında en anlamlı histolojik değişimlerin "amfizema aquozum" ile "alvoler hemoraji" olduğu bildirilmiştir. Asfiksili grup, suda boğulma sonucu ölen grup ile karşılaştırıldığında konjesyona bağlı olarak asfiksili grupta alveol duvar kalınlığının arttığı, alveol boyunun kısaldığı, suda boğulan olgular da non-asfiksili grup ile karşılaştırıldığında suda boğulan olguların alveol boyunun anlamlı derecede kısaldığı, diğer tüm kontrol grupları ile kıyaslandığında çürümemiş suda boğulma olgularının en düşük alveoler makrofaj seviyelerine sahip olduğu, bunun da nedeninin alveol kavitesindeki makrofajların yıkama etkisi ile uzaklaştırılması olduğu bildirilmiştir [33].

Suda boğulma tanısında Sr'un bir belirteç olarak kullanılması gerektiği ilk kez 1932 yılında Icard tarafından önerilmişse de, Sr, ilk kez Abdallah tarafından analiz edilmiştir. Icard, suda boğulma olgularında Sr'un yanısıra brom, baryum, flor elementlerinin de araştırılmasını önermiştir.

boğulma olgularında anlamlı sonuçlar elde etmişlerdir. Yine aynı çalışmada sol kalp lehine olan sol ve sağ kalp Sr seviyeleri farkının 75µg/l'den fazla olmasının suda boğulmanın tipik

karşılaştırmışlardır. Aynı zamanda histomorfometrik yöntem ile bilgisayar destekli imaj analizeri kullanılmış ve alveol duvar uzunluğu, kalınlığı ile alveoler kavite dansitesi ve alanı

Azparren ve arkadaşları tarafından 133 suda boğulma olgusunda hemoglobin (Hb), stronsiyum (Sr) ve klor (Cl) analizi yapılmıştır. Kan ve su örneklerinde Sr seviyelerine Zeeman AAS yöntemi

mi ile, Cl ve Hb seviyelerine ise spektrofotometrik yöntemlerle bakılmıştır. Suda boğulma olguları, su ortamının Sr konsantrasyonuna göre 3 gruba (<80 µg/L, 80-800 µg/L, >800 µg/L) ayrılmıştır. Sr konsantrasyonu 800 µg/L'den yüksek olan sularda (deniz suyu) tipik boğulma olgularının sol ve sağ ventrikül Sr konsantrasyon farkının, atipik boğulma olgularından anlamlı derecede yüksek olduğu saptanmıştır. Cl ve Hb değerlerinin sağ ve sol kalpte hem tipik hem de atipik boğulma olgularında anlamsız olduğu saptanmıştır. Sol ve sağ kalpte Sr konsantrasyon farkının 75 µg/L'den yüksek ölçülmesinin, tipik boğulmanın güçlü bir kriteri olduğu kanaatine varılmıştır [29].

Azparren'in bir çalışmasında agoni dönemi baz alınarak stronsiyum düzeyleri 3 grup altında değerlendirilmiş; ani ölüm, hızlı-vital suda boğulma ve olağan-vital suda boğulma ile çelişkili olan sonuçlar da şüpheli

sol ventrikül Sr düzeyi (LVSR) o kadar yüksek olacağı öngörülmüştür. Bu farkların tespiti ile agonal dönemin süresi hakkında yaklaşık bir fikir edinilebileceği ve böylece suda boğulma tanısına ya da ekarte edilmesine katkısı olabileceği bildirilmiştir. [25].

1989 yılında Piette ve arkadaşları tatlı veya tuzlu suda boğulan olguların biventriküler Sr seviyelerini incelemişler ve tuzlu sularda biventriküler Sr seviyeleri arasında anlamlı derecede fark olduğunu, tatlı sularda boğulma olgularında ise tatlı sulardaki Sr seviyelerinin azlığı nedeniyle anlamlı sonuçlar elde etmenin güç olduğunu bildirmişlerdir. Ancak bu durum postmortem intervali 30-60 gün arasında olan olgular için geçerlidir.[24] Azparren ve arkadaşlarına göre ise postmortem intervali 5 günden az olan olgularda postmortem difüzyon ile sudan ventriküler kana geçen Sr konsantrasyonu sol ventrikülden 125 µg/l'yi aş-

Piette ve arkadaşları 1994 yılında ICP-AES yöntemi kullanarak yaptıkları çalışmada canlılarda saptanan Sr seviyelerinin diyet ve içme sularına bağlı olduğunu, suda boğulma dışı olgularda anlamlı sonuçlar alınmadığını, ancak deniz suyunda boğulan olgularda anlamlı sonuçlar alınabildiğini bildirmişlerdir [31].

Azparren ve arkadaşları 2007 yılında, denizden çıkartılan cesetlerde akciğer ağırlıkları ile kan Sr seviyelerini karşılaştırmışlardır. Suda boğulduğu düşünülen (sol ventrikül kan Sr seviyesi >172 µg/l olan) bireylerde akciğer ağırlıkları / vücut ağırlığı (L/B) oranında önemli farklılık kaydedilmesine rağmen, suda bulunan ancak suda boğulmadığı düşünülen (sol ventrikül kan Sr seviyesi <172 µg/l olan) bireylerle karşılaştırıldığında, Sr seviyeleri ve L/B oranı arasında korelasyon bulunmadığı gösterilmiştir. Sıvı aspirasyonundan ziyade iskemik kardiyak yetmezlik, toraksa dışarıdan bir travma

1989 yılında Piette ve arkadaşları tatlı veya tuzlu suda boğulan olguların biventriküler Sr seviyelerini incelemişler ve tuzlu sularda biventriküler Sr seviyeleri arasında anlamlı derecede fark olduğunu, tatlı sularda boğulma olgularında ise tatlı sulardaki Sr seviyelerinin azlığı nedeniyle anlamlı sonuçlar elde etmenin güç olduğunu bildirmişlerdir.

li suda boğulmalar olarak gruplandırılmıştır (Tablo.2). Kişide ölüm ne kadar geç meydana gelirse, dolaşım devam edeceğinden, sol ve sağ ventrikül Sr konsantrasyon farkı (LVSR-RVSR) ile

mamaktadır. Ancak bu durumun derin sularda şiddetli hidrostatik basınca maruz kalma veya ciddi yaralanma gibi olağan dışı durumların yokluğunda beklenebileceğini bildirmişlerdir [25].

ve ödem gibi faktörlerin akciğer hacim artışına daha fazla katkıda bulunduğu bildirilmiştir. 19,5 g/kg'dan daha yüksek olan L/B oranının, denizde boğulmaya bağlı ölümlerin tanısının kon-

masında yardımcı olabileceği, daha düşük olan oranların ise diğer markırlarla (Sr gibi) desteklenmesi gerektiğini vurgulamışlardır [34].

Su sıcaklığının Ekim'den Mayıs ayına kadar soğuk, Haziran'dan Eylül ayına kadar sıcak olarak sınıflandırıldığı 2007 yılına ait bir çalışmada, yaş ve cinsiyet ile boğulma sürecindeki su ortam sıcaklığının kana geçen Sr miktarını önemli ölçüde etkilemediği, suyun tuzluluk oranının ise absorbe edilen Sr oranını etkilediği saptanmıştır [35].

Suda boğulma ve diğer ölüm nedenlerinde Sr'un tanı değerini, konsantrasyonunu etkileyen faktörleri ve postmortem kan Sr değerlerinin suda boğulma tanısında sensitivite ve spesivitesini ortaya koymak amacıyla 2008 yılında yapılan bir çalışmada da 120 cesedin sağ-sol ventrikül ve periferik Sr değerleri ile cesetlerin bulunduğu sudaki Sr değerlerine Zeeman AAS yöntemi ile bakılmış, tatlı suda ve deniz suyunda boğulma vakalarında Sr seviyesinin tanıda anlamlı olduğu gösterilmiştir. LvSr-RvSr farkının sadece deniz suyu boğulmalarında değerli biçimde anlamlı bulunduğu bildirilmiştir [36].

Sr ile ilgili yapılan çalışmalar ışığında, suda boğulma olgularında Sr değerlerinin yorumlanmasından önce aşağıdaki hususların bilinmesi ve bunlara dikkat edilmesi önerilmektedir;

- Cesedin tatlı sudan mı yok-

sa tuzlu sudan mı çıkartıldığı önemlidir. Deniz suyunda Sr'un tatlı suya oranla daha yoğun

Sıvı aspirasyonundan ziyade iskemik kardiyak yetmezlik, toraksa dışarıdan bir travma ve ödem gibi faktörlerin akciğer hacim artışına daha fazla katkıda bulunduğu bildirilmiştir.

olduğu bilinmektedir. Deniz suyunda Sr konsantrasyonunun 1651-9120 µg/L arasında değiştiği, bazı derin yer altı sularında 31000µg/L'ye kadar ulaşabildiği, tatlı sularda ise 100-10000 µg/L arasında değişebildiği bildirilmiştir. Nitekim boğulma ortamındaki suda Sr konsantrasyonu ne kadar düşük ise sonuçların yorumlanması da o derece zorlaşmaktadır [19, 25, 27, 30].

- Suda geçen agoni dönemi uzadıkça sol kalp kanına geçen Sr'un miktarı artmaktadır [30].

- Üst solunum yollarına aspirasyon laringospazma yol açtığına ya da vagal inhibisyon gibi kardiyak bir ölüm söz konusu olduğunda sıvı alt solunum yollarına geçemeyecek ve "kuru boğulma" ile sonuçlanacaktır. Kuru boğulma tüm suda boğulma olgularının yaklaşık olarak %10-15'inde görülmektedir. Böyle bir durumda alveolo-kapiler düzeyde elektrolit değişimlerinin olması beklenmemektedir [1, 2, 4, 6, 7, 9, 37].

- Agoni süresinin tamamlanıp ölümün gerçekleştiği anda kan dolaşımının durması ile dolaşım sisteminde heterojenitenin olması periferik kan gibi çok farklı seviyelerden alınan örneklerde farklı Sr değerlerinin ölçülmesine neden olmaktadır [30].

- Yorum sırasında kullanılan değişken sayısı arttıkça (LVSR-RVSR gibi) yorumlamada belirsizlikler ortaya çıkabilmektedir [30].

- Sr, kemiğin yapısında da bulunduğundan postmortem kemiğin mobilizasyonu ve dolaşımın durmasına rağmen postmortem difüzyon yolu ile Sr'un sol kalbe taşınmaya devam etmesi, su aspirasyonuna bağlı Sr seviyesini arttırarak gerçek oranı maskeleyebilmektedir. Kan dolaşımında anlamlı postmortem Sr birikiminin ölümden sonraki 4.günde ortaya çıktığı bildirilmiştir [25, 30, 38].

- Sr'un, sağlıklı bir insan vücudundaki ortalama değeri tüketilen yiyecek, içecek ve postme-

nopozal osteoporoz tedavisi için kullanılan Stronsiyum Ranelat ile ilişkili olarak 5.7 ile 15.6 µg/L arasında değişmektedir. Canlı bireylerde Sr konsantrasyonunun ortalama değeri 11,4±0,83 µg/L olup, 16-95µg/L değerleri arasında değişirken, plazmada 28-44µg/L ve serumda 20-46µg/L değerleri arasında değişim göstermektedir [3, 27, 31, 36, 39].

- Sr, düzenli olarak maden suyu içenlerde ve deniz ürünleri tüketenlerde yüksek çıkabilmektedir. Deneysel olarak, 9,14 µg/L stronsiyum içeren solüsyondan 15 gün boyunca tüketen kişilerde kan stronsiyum seviyesinin 15 µg/L'den 58,7 µg/L'ye kadar yükseldiği gösterilmiştir [17, 31, 38].

- Sr, yapısal olarak kalsiyum ile benzerlik gösterdiğinden kalsiyumdan ayırt edilebilmesi için kan incelemelerinde kolorimetrik yöntemler yerine spektrometrik yöntemlerin kullanılması önerilmektedir [40].

Tablo 3. Agoni dönemine göre Sr seviyeleri [25].

	LVSR-RVSR	LVSR
Ani ölüm	<30 µg/l	<125 µg/l
Hızlı-vital suda boğulma	30-70 µg/l	125-172 µg/l
Yaygın-vital suda boğulma	>70 µg/l	>172 µg/l
Şüpheli suda boğulmalar	<30 µg/ l	>175 µg/l

SONUÇ:

Suda boğulma tanısını koyabilmek, zahmetli bir araştırma ve multidisipliner yaklaşım gerektirmektedir. Bu araştırmaların önemli bir bölümünü de kimyasal tetkikler oluşturmaktadır.

Suda boğulma tanısı için insanlar ve hayvanlar üzerinde yapılan araştırmalar göstermiştir ki, suda boğulma tanısı için anlamlı sonuçlar elde edilebilmesi için araştırma konusu elementin kan ile boğulma ortamındaki konsantrasyonları arasında hem

belirgin bir fark olmalı hem de postmortem otoliz ekstrasellüler konsantrasyonu etkilememelidir. Bu sebeptir ki Na, Cl, Mg, K, Ca ve Fe gibi intrasellüler sıvıda yüksek konsantrasyonlarda bulunan ve postmortem otoliz ile ekstrasellüler sıvıya yoğun olarak geçen elementler ile yapılan çalışmalar ve sonuçları sıklıkla tartışmalı bulunmuştur.

Boğulma ortamındaki konsantrasyonu açısından değerlendirildiğinde F ve Sr elementi ile yapılan çalışmalarda, anlamlı sonuçlar bildirilmiştir. Sr'un,

özellikle tuzlu sularda yüksek konsantrasyonlarda bulunabilen, düşük vücut sıvısı değerlerine sahip ve erken dönemdeki otolizden etkilenmeyen bir element olduğu kabul edilmektedir. Bu konuda yapılan çalışmaların büyük bir kısmında Sr'un özellikle tuzlu su boğulmalarında kullanılabilecek iyi bir belirteç olduğu gösterilmiştir. Ancak tatlı sudaki miktarının düşüklüğü nedeniyle tanının elde edilecek diğer tüm verilerle birlikte desteklenmesi gerektiği vurgulanmıştır.

KAYNAKLAR

1. Saukko P, Knight B. Knight's Forensic Pathology, 3. Ed. Arnold, London, 2004: 395-411
2. DiMaio VJ, DiMaio D. Forensic Pathology Second Edition. CRC Press LLC, 2001: 394-402
3. Ludes B, Fornes P. Drowning. In: Forensic Medicine, Clinical and Pathological Aspects. GMM, San Francisco-London, 2002: 247-58
4. Özden SY. Adli Tıp El Kitabı, Genişletilmiş 2. Baskı. Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul, 1993: 93-7
5. Tunalı İ, Adli Tıp, 4. Baskı. Seçkin, Ankara, 2001: 158-61
6. Soysal Z, Çakalır C. Adli Tıp Cilt 1. "Yorulmaz C, Çakalır C, Suda Boğulma". İstanbul Üniversitesi Basımevi, 1999: 459-73
7. Di Maio VJM, Dana SE. Vademecum Forensic Pathology. Landes Bioscience, Austin, Texas, U.S.A, 1998: 187-91
8. Yorulmaz AC. Suda boğulma tanısında diatom testinin değeri. İ.Ü.Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Uzmanlık Tezi, İstanbul, 1996
9. Sarvesvaran R. Drowning, Malaysian J Pathol 1992; 14 (2) 77-83
10. Shepherd R. Simpson's Forensic Medicine. London, Arnold, 2003: 103-6
11. Nogami M, Takatsu A, Endo N, Ishiyama I. Immunohistochemical localization of c-fos in the nuclei of the medulla oblongata in relation to asphyxia. International Journal Legal Medicine, 1999;112:351-4
12. Quan L, Zhu BL, Ishida K, Oritani S, Taniguchi M, Fujita MQ, Maeda H. Intracellular ubiquitin immunoreactivity of the pigmented neurons of the substantia nigra in fatal acute mechanical asphyxiation and drowning. International Journal Legal Medicine. 2001;115:6-11
13. Hayashi T, Ishida Y, Mizunuma S, Kimura A, Kondo T. Differential diagnosis between freshwater drowning and saltwater drowning based on intrapulmonary aquaporin-5 expression. Int J Legal Med, 2009; 123: 7-13
14. Hu HZ, Chen Y, Wu JW, Yang G, Liao ZG. The changes of water channel protein 1 in the lungs of the drown rat. Sichuan Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban, 2004; 35(2): 185-7
15. Brinkmann B, Hernandez MA, Karger B. Pulmonary myelomonocyte subtypes in drowning and other causes of death. Int J Legal Med, 1997; 110: 295-8
16. Bajanowski T, Brinkmann B, Stefanec AM, Barckhaus RH, Fechner G. Detection of analysis tracers in experimental drowning. Int J Legal Med, 1998; 111:57-61
17. Arslan H. Suda boğulma tanısında biventriküler stronsiyum tayini. İ.Ü.Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Uzmanlık Tezi, İstanbul, 2002
18. Model JH, Davis JH. Electrolyte changes in human drowning victims. Anesthesiology, 1969; 30: 414-20
19. Grandmaison GL, Leterreux M, Lasseguette K, Alvarez JC, Mazancourt P, Durigon M. Study of the diagnostic value of iron in fresh water drowning. Forensic Sci Int, 2006; 157: 117-20
20. Zhu BL, Ishida K, Taniguchi M, Quan L, Oritani S, Tsuda K, Kamikodai Y, Fujita MQ, Maeda H. Possible postmortem serum markers for differentiation between fresh-, saltwater drowning and acute cardiac death: a preliminary investigation. Legal Med, 2003; 5: 298-301
21. Zhu BL, Ishikawa T, Quan L, Li DR, Zhao D, Michiue T, Maeda H. Evaluation of postmortem serum calcium and magnesium levels in relation to the causes of death in forensic autopsy. Forensic Science International, 2005;155: 18-23
22. Inoue H, Ishida T, Tsuji A, Kudo K, Ikeda N. Electrolyte analysis in pleural effusion as

23. Lorente JA, Villanueva E, Hernandez-Cueto C, Luna JD. Plasmatic levels of atrial natriuretic peptide (ANP) in drowning, a pilot study. Forensic Science International. 1990; 44: 69-75
24. Chen YC, Deng ZK, Zhu JZ. The significance of detecting serum fluorine level in the diagnosis of drowning. Forensic Sci Int, 1990; 46: 289-94
25. Azparren JE, Ortege A, Bueno H, Andreu M. Blood strontium concentration related to the length of the agonal period in seawater drowning cases. Forensic Science International 2000; 108: 51-60
26. Abdallah AM, Hassan SA, Kabil MA, Ghanim AE. Serum strontium estimation as a diagnostic criterion of the type drowning water. Forensic Sci Int, 1985;28(1): 47-52
27. Piette M, Timperman J, Paris N. Serum strontium estimation as a medico-legal diagnostic indicator of drowning. Med Sci Law. 1989; 29(2):162-71
28. Azparren J, de la Rosa I, Sancho M. Biventricular measurement of blood strontium in real cases of drowning. Forensic Sci Int, 1994; 69(2): 139-48
29. Azparren JE, Vallejo G, Reyes E, Herranz A, Sancho M. Study of diagnostic value of strontium, chloride, haemoglobin and diatoms in immersion cases. Forensic Science International, 1998; 91: 123-32
30. Azparren JE, Rodriguez AF, Vallejo G. Diagnosing death by drowning in fresh water using blood strontium as an indicator. Forensic Science International, 2003; 137: 55-9
31. Piette M, Desmet B, Dams R. Determination of strontium in human whole blood by ICP-AES. Sci Total Environ, 1994; 141: 269-73
32. Hooft PJ. Serum strontium estimation as a drowning indicator: statistical evidence revised. Medical Science of Law, 1989; 29: 347
33. Fornes P, Pépin G, Heudes D, Lecomte D. Diagnosis of drowning by a combined computer-assisted histomorphometry of lungs with blood strontium determination. J Forensic Sci, 1998; 43(4): 772-6
34. Azparren JE, Cubero C, Perucha E, Martinez P, Vallejo G. Comparison between lung weight and blood strontium in bodies found in seawater. Forensic Science International, 2007; 168: 128-32
35. Azparren JE, Perucha E, Martinez P, Murioz R, Vallejo G. Factors affecting strontium absorption in drownings. Forensic Science International 2007; 168:138-42.
36. Perez-Carceles MD, Sibon A, Gil Del Castillo ML, Vizcaya MA, Osuna E, Casas T, Romero JL, Luna A. Strontium levels in different causes of death: Diagnostic efficacy in drowning. Biol Trace Elem Res, 2008; 126: 27-37
37. Arslan MM, Kar H, Akcan R, Çekin N. Suda boğulma tanısında kullanılan yöntemlerin irdelenmesi. Adli Tıp Bülteni, 2005; 10 (1): 29-34
38. Piette MHA, De Letter EA. Drowning: Still a difficult autopsy diagnosis. Forensic Science International. 2006;163: 1-9
39. Akbulut ÖV, Tanrıverdi HA, Ünlü C. New treatment options in postmenopausal osteoporosis. J Turkish German Gynecol Assoc, 2005; 6(3): 18-20
40. <http://www.1ilac.com/ilaclar/Servier/PROTELOS.htm> (erişim tarihi: 01.02.2011)

İletişim:

Ahmet Selçuk Gürler Adli Tıp Kurumu Fizik İhtisas Dairesi İstanbul / TÜRKİYE
selcukgurler@gmail.com