

A. Ü. Tıp Fakültesi Fizyoloji Kürsüsü

**YÜKSEK BASINCIN VÜCUT ISISI
VE KANIN OKSİDO-REDÜKSİYON
POTANSİYELİNE ETKİSİ**

Dr. Sema YAVUZER

GİRİŞ

Uzay çağının teknik sorunları yanında asıl amacı teşkil eden biyolojik sorunların da tamamen çözümlenmiş olmaktan uzak olduğu bir gerçektir. Biyolojik sorunların temelini canlının içinde bulunmağa zorlandığı atmosferin basıncı teşkil eder. İnsan organizması yeryüzü atmosfer koşullarına adapte olacak şekilde cihazlıdır. Basınç değişmelerinin bu koşulların çok dışına çıktığı uzay ve denizaltı atmosferlerinde meydana gelen fizyolojik değişmelerin kalitatif ve kantitatif değerlerinin bilinmesi, sorunların çözümlenmesi için çok büyük bir önem taşır.

Konunun oldukça eski bir tarihçesi vardır. Aristo'nun yazdığına göre İskender Sur'un kuşatılmasında (M.Ö. 332) bir dalgıç çanı kullanmıştır. Mamafih yüksek basıncın organizma üzerine etkilerini inceleme bakımından ilk adım 1662 de Henshaw tarafından atılmıştır. Daha sonra Fransada Junod (1834), Pravoz (1837), Tabarie (1838) yüksek basıncın doğurduğu fizyolojik değişmelerle ve dolayısı ile ortam basıncının yükseltilmesinin bazı hastalıklarda, özellikle solunum sistemi hastalıklarında tedavi edici tesiri ile ilgilenmişlerdir (21). 1878 de Paul Bert «La Pression Barometrique» adlı eserini neşretmiş ve ilk olarak yüksek basınç altında bradikardi husule geldiğine dikkati çekmiştir. Ayrıca yüksek atmosfer basıncı altında oksijenin sinir dokusu üzerine olan toksik tesirlerini (Paul Bert tesiri) ve bunun fizyolojik esaslarını göstermiştir (13, 31, 32). 1879 da Fontaine hiperbarik bir oda inşa ettirmiş, Pean burada 3 ayda 27 ameliyat yapmıştır(21).

* A.Ü. Tıp Fakültesi Fizyoloji Kürsüsü Doçenti.

(A. Ü. T. F. Mec., XXIV, 1, 34-61, 1971)

Hiperbarik havada kemiğin avasküler nekrozuna ait ilk yazıyı 1888 de Twynam yazmıştır (11). Daha sonra devam edegelen çalışmalarla dalmanın ve yüksek atmosfer basıncının kardiovasküler sistem üzerine olan tesirleri, solunum havasındaki gazların davranışları ve inert gaz narkozu, kandaki kimyasal değişimler konusunda oldukça detaylı incelemeler yapılmıştır (2,4,6,14,17,18,26,27, 33,38,40,43,44,47).

1955 de fizyolog ve mühendislerin iştiraki ile «Underwater Physiology» konferansları adı altında ilk denizaltı fizyoloji simpozyumu yapılmıştır (33).

İkinci «Underwater Physiology» simpozyumu 25-26 şubat 1963 de yapılmış ve aynı sene kitap halinde yayınlanmıştır (34).

23-25 mart 1966 tarihlerinde ise üçüncü ve son «Underwater Physiology» simpozyumu Washington da yapılmış ve bu konuda yapılan son araştırmalar tebliğ edilerek tartışılmıştır(33).

Yukarıdaki kısa tarihçeden de anlaşılacağı üzere bu güne kadar denizaltı fizyolojisi oldukça derin incelemelere konu olmuş ve bir çok gerçekler ortaya konmuştur. Fakat, henüz yer üstü fizyolojisinin dahi çözümlenmiye muhtaç sorunları bulunduğu göz önüne alınacak olursa, denizaltı fizyolojisinin de çözüm bekleyen pek çok konuları olabileceğini kestirmek zor olmayacaktır. Örneğin yüksek basıncın vücut ısısına olan etkisi pek az araştırılmıştır. Raymond yükseltile hava basıncında inert gaz narkozu ve ventilasyon tesiri ile konvektif ısı kaybının arttığını ve basınç yükselmesine bağlı olarak vücut ısı husulünde artma olması icap ettiğini belirtmiştir (41). Foster 1963 de 19 gönüllü ve 49 malign tümörlü hasta üzerinde 3-4 atmosferlik oksijen basıncı altında yaptığı tecrübeler sonunda termistörle ölçtüğü rektal ısıda saatte 0.11 F ve 0.32 F derecelik bir ısı düşmesi tespit etmiştir (15). Hemplemann ise dalma esnasında ve dekompresyonun ilk kısmında dalgıç vücudunun çok soğuk olduğunu ve sıcak tutulması icap ettiğini yazmaktadır (25).

Görüldüğü gibi yüksek basınç altındaki ısı değişimleri konusunda kesinleşmiş bilgiler olmadığı gibi, yapılan tecrübelerden elde edilen bulgular da pek birbirini tutmamaktadır.

Bu çalışma, sıcak kanlı hayvanlarda 7 atmosfere kadar değişen şartlarda vücut ısısındaki değişimleri ve bu arada değişikliğin sebeplerinin açıklanmasında yardımcı olacağı düşüncesi ile kanın oksido-redüksiyon potansiyelindeki değişimleri ortaya koyma amacını gütmektedir.

Deneyler «Hyperbaric Chamber» da kediler üzerinde yapılmış ve bulgular objektif analizlerle değerlendirilmeğe çalışılmıştır.

MATERYEL VE METOD

50 kedi deneye tabi tutulmuştur. Bunlardan 45'i yüksek basınca maruz bırakılmış, 5 tanesi kontrol olarak kullanılmıştır. 2 şer saat süre ile yüksek basınca tabi tutulan hayvanlarda her atmosfer basıncı için ayrı bir deney hayvanı kullanılmıştır. Deney esnasında kas, karaciğer ve kan (V. Cava Inferior) ısısı yazdırılmış, aynı zamanda kanın redoks potansiyeli yine V. Cava Inferior'dan ölçülmüştür. Tecrübe esnasında hayvanların hayatta olup olmadıkları diğer ölçümlerle simültane olarak yazdırılan EKG lerle kontrol edilmiştir.

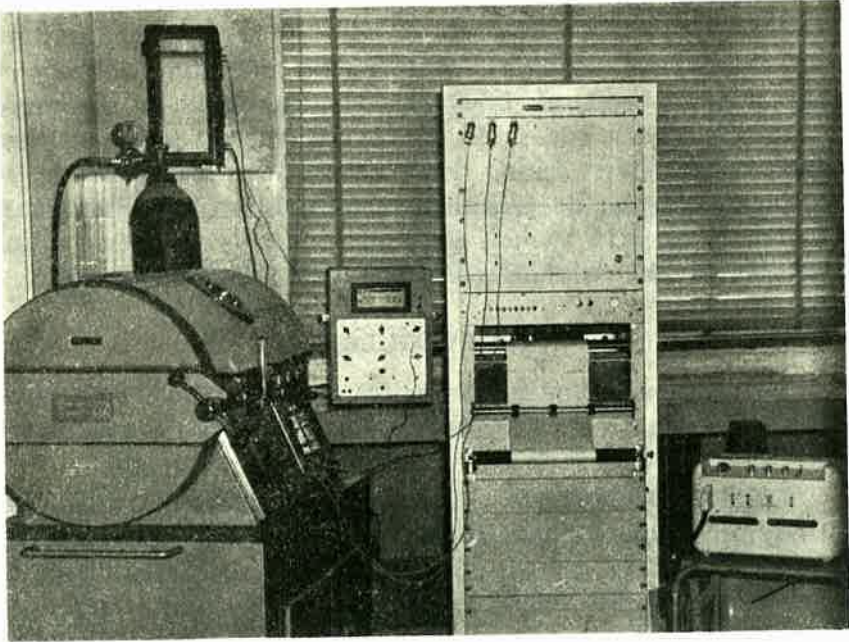
DENEY HAYVANLARI : Deneyler için ortalama 2.580 Kg. ağırlığında kediler kullanıldı ve kilogram başına 30 mg. pentobarbital sodium (Nembutal - Abbott) ile intraperitoneal olarak uyutuldular. Karın orta hat üzerinden açıldı; vena cava inferior prepare edilerek vena lumbalis IV hizasında thermocouple ve platin elektrod ven içine karşılıklı yerleştirilecek şekilde hazırlandı. Diğer thermocouple karaciğerde lobus sinistraya sokuldu. Bacakta musculus sartorius hizasında deri 0,5 cm kadar açılarak kas içine thermocouple'in kolayca girmesi sağlandı.

KOMPRESYON ve DEKOMPRESYON : Basınç kamarası olarak «Bethlehem Corporation» firmasının küçük boy «Hyperbaric Oxygenation Therapy Chamber»ı kullanıldı; hava, firmanın basınca dayanıklı hortumu ve regülatörü vasıtası ile büyük boy hastane tipi hava tüplerinden temin edildi (Resim : 1).

Ortalama 5 dakikada istenilen basınca çıkıldı, chamber içindeki basınç kendi manometresinden okundu. 14.696 p.s.i.=1 atmosfer/cm² olduğu göz önünde tutularak istenen atmosfer basıncına p.s.i. olarak ulaşıldı. 2 şer saatlik deney süresi sonunda chamber flowmeter yardımı ile dakikada 12 litrelik bir volümle ortalama 30-45 dakikada boşaltıldı, ani ve patlayıcı dekompresyondan kaçınıldı. Aletin özel flowmeter'i yardımı ile chamber içinde dakikada 5 litrelik bir hava değişimi temin edildi ve deneyler esnasında chamberin rutubeti sabit tutulmağa çalışıldı.

ISININ YAZDIRILMASI : Isı, bakır constantan thermocouple kullanılmak sureti ile, «Beckman Dynograph» ında 9806 A Coupler yardımı ile yazdırıldı. Thermocouple, ısısı ölçülecek organ içine 1.5 cm kadar sokularak tes-

pit edildi. Son uçları da chamber içinde olan thermocouple tellerinin izole olmasına bilhassa dikkat edildi ve her deneyden önce kalibrasyon yapıldı. Thermocouple'in bir ucu chamber içindeki hayvanın karaciğer, kas veya vena cava inferior'unda, diğer ucu da yine chamber içinde olduğundan dynograph da kaydedilen sapmalar doğrudan doğruya thermocouple'in iki ucu arasındaki ısı farkını, yani chamber ısısı ile organ ısısı arasındaki farkı göstermektedir. Kalibrasyon yapılmış olduğu için bu sapmaların kaç dereceye tekabül ettiği hesaplandı, bulunan değere o andaki chamber ısısı ilave edilerek thermocouple'in konduğu organın ısısı elde edildi.



Resim : 1 — Hyperbaric Chamber

Chamber içindeki ısı değişimleri ile chamber içine konan «Franz Bergman» firmasının «Thermograph» ile yazdırıldı ve bu kayıtlardan vücut ısısının hesaplanmasında faydalanıldı.

REDOKS — POTANSİYEL ÖLÇÜMLERİ : Kanın oksido-redüksiyon potansiyeli vena cava inferiordan platin ve satüre calomel (Referans elektrod) elektrodlar yardımı ile «Metrohm Precision E 187 Potantimeter» inde ölçüldü. Elde edilen değerler sonradan hidrojen elektroda göre hesaplandı.

E K G : İğne elektrod ve «Schwarzer Cardioskript III» elektrokardiografı kullanıldı ve alternatif olarak standart ekstremita derivasyonları yazdırıldı.

Deneyler esnasında bütün ölçümler önce normal atmosfer basıncında yapıldı, sonra istenilen basınca ulaşıncaya ve 2 saatlik deney süresince her 5 dakikada bir tekrarlandı.

BULGULAR

Deneyler esnasında 5 ayrı aletin aynı zamanda çalışması icap ettiği ve tecrübe hayvanı hyperbaric chamber içinde kapalı bulunduğu için deneyler oldukça komplike bir durum arzettiği görülmüştür. Deney esnasında hayvana tatbik edilen çeşitli elektrod ve thermocouple'lardan birinin sebep olabileceği bir artefaktın giderilmesi ancak chamberin boşaltılıp açılması ile mümkündür. Deney tamamlanmadan yapılacak böyle bir dekompresyon ve rekompresyon sonuçlara tesir edecek fizyolojik değişimlere sebep olabileceğinden, deney süresi içinde dekompresyondan kaçınılmıştır. Bunun için de bulgular değerlendirilirken tamamen komplikasyonsuz seyreden 30 deneyin sonucu göz önüne alınmış ve basınç altında 30, 60, 90, ve 120. dakikalardaki ölçümler değerlendirilmiştir.

ISI BULGULARI

Kontrol deneylerinden elde edilen bulgular Tablo I de, basınç değişimlerinden evvel ve sonra kan, karaciğer, kas ve chamber de vukua gelen ısı değişimleri ise tablo 2-6 da özetlenmiştir.

NORMAL DEĞERLER : Tablo I de de görüleceği üzere kontrol hayvanlarına kan ısısı 36.54 den 35.61 °C ye, karaciğer ısısı 38.7 den 37.11 °C ye, kas ısısı 38.24 den 34.57 °C ye düşmüştür. Deneyin başında yüksek olan kan ve organ ısılarındaki değişimler 2'şer saat süren deneylerin sonuna doğru 1-2 °C lik bir düşme şeklinde kendini göstermiştir. Kontrol hayvanlarının vücut ısısındaki bu değişime anestezi altında bulunan hayvanda ısı regülasyonunun tam olmaması ile açıklanabilir (5) En çok ısı düşmesinin kasda oluşu organın daha kolay ısı kaybedebilecek şekilde yüzeysel oluşuna ve inaktivite dolayısı ile kanlanmasının azalmasına atfedilebilir.

2 ATMOSFER BASINÇ ALTINDA YAPILAN DENEYLERDEN ELDE EDİLEN BULGULAR

Tablo 2 den de anlaşılacağı gibi, 2 atmosfer hava basıncı altında hayvanların ortalama kan ısısı 1.82 °C, karaciğer ısısı 3.47 °C

TABLO: 1
1 ATMOSFER BASINÇ ALTINDA YAPILAN
DENEYLERE AİT ISI BULGULARI

Deney No. Tarih	Kedi Kg. Cinsiyeti	Isının yazdırıl- dığı yer	NEMBUTAL ANASTEZİSİ					Ortalama	Fark
			Hemen sonra	30' sonra	60' sonra	90' sonra	120' sonra		
1 14.2.1969	3.000 ♂	Kan	37.1	36.7	36.7	34.6	33	35.20	1.9
		Karaciğer	38	37.5	38	38	35.4	37.2	0.8
		Kas	37.1	36.7	35.9	35.9	35.9	36.1	1
		Chamber	22	22	22	22	22	22	—
2 15.2.1969	3.500 ♂	Kan	27.6	37.6	38.2	37.6	38.2	37.9	0.3
		Karaciğer	38.2	38.2	37.6	35.4	35.2	37.35	0.85
		Kas	37.6	37.6	36.5	35.4	36.	36.37	1.23
		Chamber	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	—
3 17.2.1969	2.000 ♂	Kan	37	37	36.2	36.7	37	36.75	0.25
		Karaciğer	37.5	37.5	33.9	33	31.5	33.5	4
		Kas	37.5	34.3	27	25	28	28.6	8.9
		Chamber	22	22	22	22	22	22	—
4 18.2.1969	2.300 ♂	Kan	37	34.5	32.5	30	30.5	31.9	5.1
		Karaciğer	39.5	39.5	39.5	40.5	40.5	40	0.5
		Kas	39.5	37	37	35	37.5	36.62	2.88
		Chamber	22	22	22	23	23	22.5	0.5
5 18.2.1969	2.800 ♂	Kan	37	37	37	35.6	32.4	35.5	1.5
		Karaciğer	38.1	38.1	38.1	35	33.5	36.17	1.93
		Kas	37.5	36.7	36.7	35.5	32.5	35.35	2.15
		Chamber	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	—

TABLO: 2
2 ATMOSFER BASINÇ YAPILAN
DENEYLERE AİT ISI BULGULARI

Deney No: Tarih	Kedi Kg. Cinsiyet	Isının yazdırıldığı yer	Basınçtan önceki ısı	BASINÇ ALTINDAKİ ISI					Fark
				30' sonra	60' sonra	90' sonra	120' sonra	Orta-lama	
1 7.11.1969	1.800 O +	Kan	36	37	35	35	33	35	1
		Karaciğer	41	42	40	40	40	40.5	0.5
		Kas	34	35	33	32	31	32.75	1.25
		Chamber	23	24	24	24	24	24	1
2 11.1.1969	1.500 O ↑	Kan	37	35.7	33.1	30.93	28.5	32.05	4.95
		Karaciğer	38.3	33.6	28.3	25.5	21.5	27.22	11.08
		Kas	34.7	22.5	18	16	14.5	17.75	16.95
		Chamber	19	20	19.5	19.5	19.5	19.62	0.60
3 17.1.1969	1.400 O +	Kan	36.87	36.75	36.75	35.8	35.8	36.27	0.60
		Karaciğer	38.1	37.37	36.75	35.8	35.2	36.28	1.82
		Kas	36.87	36.75	36.12	33.3	32.07	34.51	2.01
		Chamber	20	20.5	20.5	20.2	20.2	20.35	0.35
4 18.1.1969	3.700 O +	Kan	36	39.8	39	39	40.25	38.01	2.01
		Karaciğer	37.1	37	36.8	36	37.4	36.8	0.3
		Kas	35.47	34.8	34	34	35.7	34.62	0.85
		Chamber	19	20	19.8	19.8	19.8	19.85	0.85
5 20.1.1969	2.600 O +	Kan	36	33.25	29.5	28.5	28.5	29.93	6.07
		Karaciğer	37.25	36.38	34	32	32	33.59	3.66
		Kas	36	32	25.5	29	26	28.12	7.88
		Chamber	18	19	19	19	19	19	1

TABLO : 3
4 ATMOSFER BASINÇ ALTINDA YAPILAN DENEYLERE
AİT ISI BULGULARI

Deney No: Tarih	Kedi Kg. Cinsiyet	Isının yazdırıl- dığı yer	Basıncın önceki ısı	BASINÇ ALTINDAKİ ISI					Fark
				30' sonra	60' sonra	90' sonra	120' sonra	Orta- lama	
1 12.11.1968	3.400 ○ +	Kan	36.55	23.83	25.22	25.02	25.02	24.77	11.78
		Karaciğer	42.5	32.38	32	31	31	31.59	10.91
		Kas	37.66	25.72	25.22	25.02	25.02	25.24	12.42
		Chamber	21	23.5	23	22.8	22.8	23.25	2.25
2 21.11.1968	4.000 ↑ ○	Kan	35.5	35	35	35	35	35	0.5
		Karaciğer	43	42.8	42.8	42.8	42.8	42.8	0.2
		Kas	38	38.3	38.3	38.3	38.3	38.3	0.3
		Chamber	23	25	25	25	25	25	2
3 25.11.1968	2.600 ○ +	Kas	38.47	39.49	38.5	36.73	36.73	37.87	0.61
		Karaciğer	39.64	40.02	38.5	36.2	33.8	37.17	2.47
		Kas	35	34.96	32.6	30.2	29.2	31.74	3.26
		Chamber	20	21.2	21.2	21.2	21.2	21.2	1.2
4 9.1.1969	1.500 ↑ ○	Kan	35.5	33.75	33.13	35	34.37	34.06	1.44
		Karaciğer	35.38	31.13	31.13	33.6	31.75	31.92	3.46
		Kas	31.63	28	27.4	31.75	28.62	28.94	2.96
		Chamber	21	23	23	23	23	23	2
5 22.1.1969	2.800 ↑ ○	Kan	37	35	32	29	25	27.75	9.25
		Karaciğer	40.5	34	33.5	31	29	31.87	8.63
		Kas	38	30	28	23.5	20	25.37	12.63
		Chamber	19	20	20	20	20	20	1

ve kas ısısı 5.84 °C düşmektedir. Bu arada chamber ısısı ancak 0.76 °C lik bir artma arz etmiştir. Bu bakımdan organlarda husule gelen ısı düşmesi thermocouple'in chamber ısisına gösterdiği reaksiyonla ilgili değildir. **Bu durumda 2 atmosfer basınç altında ısı düşmesinin en çok kasta, sonra karaciğerde, en az da kanda olduğu görülmektedir.**

4 ATMOSFER BASINÇ ALTINDA YAPILAN DENEYLERDEN ELDE EDİLEN BULGULAR

Tablo 3, 4 atmosfer basınç altında yapılan deneylere ait sonuçları göstermektedir. Tablo 7 de de görüldüğü gibi kan ısısı ortalama 4.22 °C, karaciğer ısısı 5.04 °C, kas ısısı 6.24 °C lik bir yükselme müşahade edilmektedir. **4 atmosfer basınç altında yapılan deneylerde ısı kaybı 2 atmosferdekilere nazaran daha fazla olmuş ve düşme aynı sırayı takip etmiştir. (Kas-Karaciğer-Kan).**

5 ATMOSFER BASINÇ ALTINDA YAPILAN DENEYLERDEN ELDE EDİLEN BULGULAR

Tablo 4, tecrübe hayvanları 5 atmosfer hava basıncına maruz bırakıldığı zaman meydana gelen ısı değişmelerini göstermektedir. Bu deneylerde kan ısısında ortalama 2.08 °C, karaciğer ısısında 5.04 °C, kas ısısında 6.80 °C lik bir düşme; chamber ısısında ise 1.48 °C lik bir yükselme olmuştur.

6 ATMOSFER BASINÇ ALTINDA YAPILAN DENEYLERDEN ELDE EDİLEN BULGULAR

Tablo 5 de de görüldüğü gibi bu deneylerde ortalama kan ısısı 37.34 den 35.2 °C ye, karaciğer ısısı 38.72 den 33.85 °C ye kas ısısı 36.7 den 29.73 °C ye düşmüştür. **Yani kan ısısında ortalama 2.12 °C, karaciğer ısısında 4.87 °C, kas ısısında 6.97 °C lik bir düşme olmuş buna karşılık chamber ısısı 1.57 °C yükselmiştir.**

7 ATMOSFER BASINÇ ALTINDA YAPILAN DENEYLERDEN ELDE EDİLEN BULGULAR

7 atmosfer basınç altında yapılan deneylerde ortalama kan ısısı 36.53 den 33.14 °C ye, karaciğer ısısı 38.48 den 33.75 °C ye, kas

TABLO : 4

5 ATMOSFER BASINÇ ALTINDA YAPILAN DENEYLERE
AİT ISI BULGULARI

Deney No: Tarih	Kedi Kg. Cinsiyet	Isının yazdırıl- dığı yer	Basınçtan önceki ısı °C	BASINÇ SONRASI ISI °C					Fark
				30' sonra	60' sonra	90' sonra	120' sonra	Orta- lama	
1 28.11.1968	3.100 ♀ +	Kan	38	38.3	38.3	38	37.5	38.2	0.2
		Karaciğer	36.3	36.66	36.66	36.25	38.5	36.34	0.04
		Kas	35	33.75	33.33	32.5	31.66	32.81	2.19
		Chamber	23	25	25	25	25	25	2
2 11.1.1969	1.500 ♂	Kan	25.8	31.33	32.16	31.13	32.8	31.85	3.95
		Karaciğer	38.5	31.33	30.5	29.46	29.46	30.18	8.32
		Kas	35.8	29.95	28.85	26.30	28.41	28.38	6.60
		Chamber	19.5	20	20	19.8	19.8	19.9	0.4
3 18.1.1969	3.700 ♀ +	Kan	38.78	39.07	39.07	39.07	40.5	39.42	0.64
		Karaciğer	40.93	36.3	36.3	35.5	36.3	36.1	4.83
		Kas	36.64	29.07	29.8	28.5	29.07	29.11	7.53
		Chamber	19.5	20.5	20.5	20.5	20.5	20.5	1
4 21.1.1969	3.100 ♂	Kan	36.55	33.61	32	30	28.66	31.06	5.49
		Karaciğer	42.22	38.05	36.44	35.33	35.33	36.28	4.94
		Kas	37.66	32.5	30	30	29.77	30.56	7.1
		Chamber	19	20	20	20	20	20	1
5 23.2.1969	3.800 ♂	Kan	36	37	37.5	37.5	37.5	37.37	1.37
		Karaciğer	39	35	34	33	32.5	33.62	5.38
		Kas	37.5	30	30	26.5	24.5	27.75	9.75
		Chamber	22	24	23.5	23.5	23.5	23.62	1.62

TABLO : 5

6 ATMOSFER BASINÇ ALTINDA YAPILAN DENEYLERE
AİT ISI BULGULARI

Deney No: Tarih	Kedi Kg. Cinsiyet	Isının yazdırıl- dığı yer	Basıncın önceki ısı °C	BASINÇ SONRASI ISI °C					Fark
				30' sonra	60' sonra	90' sonra	120' sonra	Orta- lama	
1 28.11.1968	3.100	Kan	38	35.83	36.25	35.83	35.83	35.93	2.07
		Karaciğer	36.3	34.2	34.2	34.58	34.58	34.39	1.91
	○ +	Kas	35	29.5	30	30	30	29.87	5.13
		Chamber	23	25	25	25	25	25	2
2 2.12.1968	3.000	Kan	35.33	34.16	34.16	32.33	31	32.91	2.42
		Karaciğer	39.5	33.33	33.33	30.66	28.5	31.45	8.08
	○ +	Kas	34.5	27.1	26.6	24	25.1	25.7	8.8
		Chamber	22	24	24	24	23.5	23.87	1.87
3 3.12.1968	1.500	Kan	35.9	36.66	34.83	34	33.16	34.66	1.24
		Karaciğer	38.8	36.66	33.16	32.66	28.59	32.76	6.04
	○ +	Kas	35	30.4	26.9	25.25	20	25.43	9.57
		Chamber	22	24	23	23	23	23.25	1.25
4 3.12.1968	3.400	Kan	37	35.5	34	34	34	34.37	2.63
		Karaciğer	40	38	37	35.5	35	36.5	3.5
	↑ ○	Kas	39	37	36	35	35	35.25	3.25
		Chamber	19	20.5	20	20	20	20.12	1.12
5 26.2.1969	2.900	Kan	38	37.8	38.8	38	38	38.35	0.35
		Karaciğer	39	36.38	34	32	32	33.59	5.41
	○ +	Kas	36	36.8	33.8	27.5	31	32.27	3.73
		Chamber	22	23.9	23.8	23.5	23.3	23.62	1.82

TABLO : 6

7 ATMOSFER BASINÇ ALTINDA YAPILAN DENEYLERE
AİT ISI BULGULARI

Deney No: Tarih	Kedi Kg. Cinsiyet	Isının yazdırıl- dığı yer	Basınçtan önceki ısı °C	BASINÇ SONRASI ISI °C					Fark
				30' sonra	60' sonra	90' sonra	120' sonra	Orta- lama	
1 3.12.1968	1.500	Kan	36.9	36.75	36.75	36.75	36.75	36.75	0.15
		Karaciğer	35.33	32.67	31.84	31	31	31.62	3.71
	O +	Kas	36.5	20.1	20.1	19.9	20.1	20.05	16.45
		Chamber	22	23.5	23.5	23.5	23.5	23.5	1.5
2 5.12.1968	2.300	Kan	35	33.55	31.44	29.77	28.66	30.85	4.15
		Karaciğer	38.3	39.66	36.44	34.22	32	35.58	2.72
	O +	Kas	35.55	30.77	26.44	24	21	25.55	10
		Chamber	20	23	22	22	22	22.25	2.25
3 10.1.1969	2.500	Kan	35.25	31.25	27.3	28.55	29.5	29.15	6.1
		Karaciğer	37.75	37.5	28.55	29.8	34.5	32.58	5.17
	O +	Kas	32.12	28.75	26.05	26.05	30.75	27.9	4.22
		Chamber	19	20	19.8	19.8	19.5	19.17	0.77
4 17.1.1969	1.400	Kan	39	34.14	32.43	31.7	32.14	32.6	6.4
		Karaciğer	41.85	39.14	34.52	34	35.7	35.84	6.01
	O +	Kas	39.7	34.85	33.14	32.43	33	33.85	6.35
		Chamber	19	22	21	21	20.5	21.12	2.12
5 20.1.1969	2.400	Kan	36.5	38.5	37.5	35.1	34.5	36.4	0.1
		Karaciğer	37.75	38	36.25	34.5	33.25	35.5	2.25
	O +	Kas	36.5	35.5	33	29.5	27.62	31.4	5.1
		Chamber	19	20.5	20	19.5	19.5	19.87	0.87

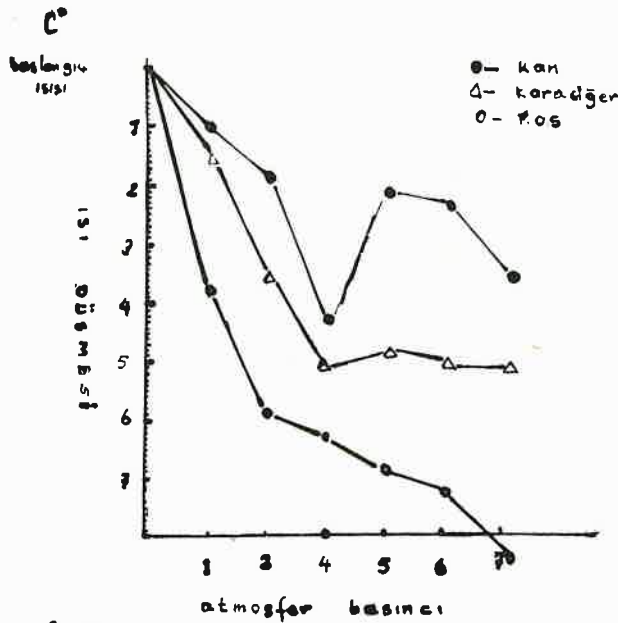
TABLO : 7
1 - 7 ATMOSFER BASINÇLARDAKİ ISI ORTALAMALARI

Deneyin yapıldığı atmosfer	Deney sayısı	Ortalama kedi Kg.	Isının yazdırıldığı yer	Basıncın önceki ısı	BASINÇ SONRASI ISI °C					Fark
					30' sonra	60' sonra	90' sonra	120' sonra	Ortalama	
1 ATM.	5	2.720	Kan	36.54	36	36.52	35.30	34.62	35.61	0.93
			Karaciğer	38.7	37.6	37.82	36.8	36.22	37.11	1.59
			Kas	38.24	36.9	35	32	34.4	34.57	3.67
			Chamber	22	22	22	22.25	22.25	22.12	0.12
2 ATM.	5	2.200	Kan	36.37	36.5	34.67	33.84	33.21	34.55	1.82
			Karaciğer	38.35	37.27	35.17	33.86	33.22	34.88	3.47
			Kas	35.40	32.21	29.32	28.86	27.85	29.56	5.84
			Chamber	1.8	20.7	20.56	20.5	20.5	20.56	0.67
4 ATM.	5	2.860	Kan	36.6	33.41	32.77	32.15	31.22	32.38	4.22
			Karaciğer	40.2	36.1	35.58	34.92	33.67	35.16	5.04
			Kas	36.05	31.39	29.9	29.75	28.22	29.81	6.24
			Chamber	20.8	22.54	22.44	22.4	22.4	23.18	1.68
5 ATM.	5	3.040	Kan	37.62	35.38	35.80	35.14	35.39	35.54	2.08
			Karaciğer	39.19	35.46	34.78	33.90	33.87	34.5	4.69
			Kas	36.52	31.05	30.39	28.76	28.68	29.72	6.80
			Chamber	20.6	21.9	21.8	21.76	21.76	21.08	1.48
6 ATM.	5	2.780	Kan	37.34	35.89	35.6	34.83	34.39	35.2	2.12
			Karaciğer	38.72	35.67	34.47	33.47	31.81	33.85	4.87
			Kas	36.7	32.26	30.49	28.35	27.82	29.73	6.97
			Chamber	21.6	23.48	23.16	23.1	22.96	23.17	1.57
7 ATM.	5	2.020	Kan	36.53	34.83	33.08	32.37	32.31	33.14	3.39
			Karaciğer	38.48	36.29	33.42	32.3	33.19	33.75	4.73
			Kas	36.07	29.99	27.74	26.37	26.48	27.64	8.43
			Chamber	19.8	21.8	21.26	21.16	21	21.3	1.57

ısısı ise 36.07 den 27.64 °C ye düşmüştür. Kan ısısında ortalama 3.39, karaciğer ısısında 4.73, kasta ise 8.43 °C lik bir ısı düşmesi olmuştur. Chamber ısısı 1.57 °C yükselmiştir. Bu deneylere ait bulgular tablo 6 da görülmektedir.

Sonuç olarak 2-7 atmosfer hava basıncı altında yapılan deneylerden elde edilen ısı bulguları değerlendirilecek olursa :

1 — Isı basınç grafiğinde de görüldüğü gibi (Grafik 1)



Grafik-1

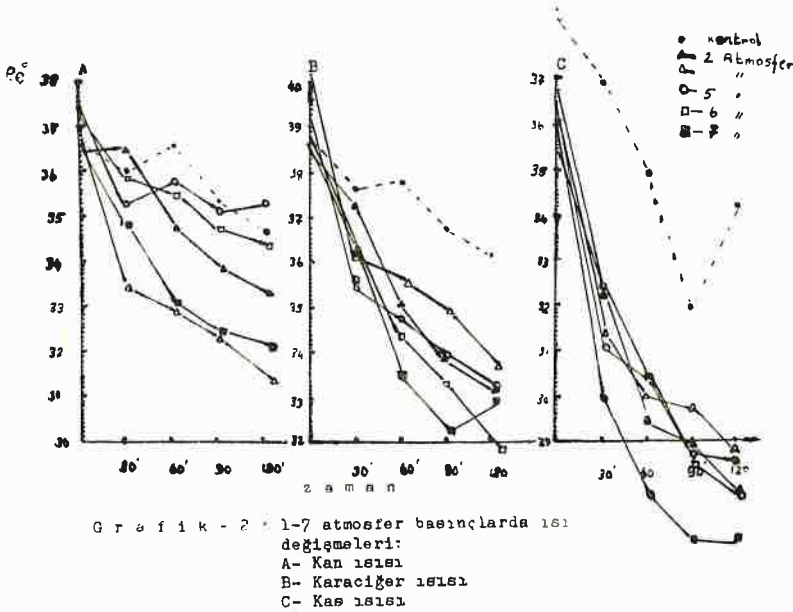
1-7 atmosfer basınçlarında ısı düşmesi

2 — 7 atmosfer basınçlara maruz bırakılmış tecrübe hayvanlarında kontrol deneylerine nazaran dikkati çekecek bir ısı düşmesi husule gelmiştir.

2 — Yüksek basınç altında yapılan bütün deneylerde müşahade edilen ısı düşmeleri chamber ısısındaki ortalama 0.76-1.57 °C arasındaki ısı artmasına karşı thermocouple'ın gösterebileceği reaksiyona bağlanmayacak kadar fazladır.

3 — Bütün basınçlarda en fazla ısı düşmesi kasta, ikinci derecede karaciğerde, en az ısı düşmesi de kanda olmuştur. En fazla ısı kaybının kasta oluşunun nedenini dalma esnasında ve yüksek basınç altında husule gelen periferik vazokonstriksiyon, muskuler kan akımının azalması ve diğer organlara nazaran yüzeysel oluşu dolayısı ile ısı kaybının fazla olmasına bağlamak mümkündür (2,6, 17,37,39,43,). Derin organlardan ısı taşıdığı için kanın ısısı kas kadar düşmemiştir.

4 — Yüksek basınç altındaki hayvanlarda basınca maruz kalma süresi uzadıkça ısı düşmeside artmıştır. (Grafik 2).



KANDA REDOKS—POTANSİYEL DEĞİŞMELERİ

Tablo 8 kontrol deneylerinin ve 2-7 atmosfer basınçlarda yapılan tecrübelerin basınçtan önceki ve basınç altında 30, 60, 90, 120. dakikalardaki redoks-potansiyel ölçümlerini göstermektedir. Tablo 9, 1-7 atmosfer basınçlardaki bulguların ortalamalarını özetlemektedir.

NORMAL DEĞERLER : Kontrol deneylerinde anesteziden hemen sonra ve 120 dakika içinde ortalama redoks-potansiyelde 3.55

TABLO : 8

REDOKS - POTANSİYEL BULGULARI
(1 - 7 ATMOSFER BASINÇLARDA)

Deneyin yapıldığı atmosfer basıncı	Deney tarihi	Kedi Kg.	Basıncı öncesi redoks	BASINÇ SONRASI REDOKS					Orta- lama	Fark
				POTANSİYEL mV						
				30	60	90	120			
1 Atmosfer	14.2.1969	3.000	386	376	390	396	3900	386.5	0.5	
	15.2.1969	3.500	340	334	332	340	340	344	4	
	17.2.1969	2.000	368	332	364	354	356	351	17	
	18.2.1969	2.300	376	360	380	388	378	376.5	0.5	
	18.2.1969	2.800	376	368	336	368	370	360.5	5.5	
2 Atmosfer	7.11.1968	1.800	375	369	352	357.5	361.5	359.5	15.5	
	11.1.1969	1.500	404	396	366	370	370	350.5	53.5	
	17.1.1969	1.400	329	334	326	332	338	332.5	3.5	
	18.1.1969	3.700	318	332	310	318	312	318	—	
	20.1.1969	2.600	410	376	366	360	366	369.5	40.5	
4 Atmosfer	12.11.1968	3.400	401	365	365	357	353	361	40	
	21.11.1968	4.000	383.7	356	370	350	360	359	24.7	
	25.11.1968	2.600	398	336	336	334	340	336	62	
	9.1.1969	1.500	405	372	378	378	376	376	29	
	22.1.1969	2.800	410	350	354	380	374	364.5	45.5	
5 Atmosfer	28.11.1968	3.100	388	360	370	378	398	374.5	13.5	
	11.1.1969	1.500	388	386	388	388	386	387.5	0.5	
	18.1.1969	3.700	400	352	356	362	374	361	39	
	21.1.1969	3.100	378	350	352	354	350	351.5	27	
	23.2.1969	3.800	380	362	358	362	360	360.5	19.5	
6 Atmosfer	28.11.1968	3.100	460	422	422	426	434	426.5	33.5	
	2.12.1968	3.000	390	382	396	392	398	392	2	
	3.12.1968	1.500	400	356	356	379	370	365	35	
	16.1.1969	3.400	380	345	354	360	374	358.2	22	
	26.2.1969	2.900	408	338	338	370	374	355	53	
7 Atmosfer	3.12.1968	1.500	450	390	402	382	396	392.5	57.5	
	5.12.1968	2.300	438	394	394	399	390	394.5	43.2	
	10.1.1969	2.500	368	336	343	346	360	346.5	21.5	
	17.1.1969	1.400	358	328	304	334	304	317.5	40.5	
	20.1.1969	2.400	380	368	370	366	360	341	39	

TABLO : 9

1 - 7 ATMOSFER BASINÇLARDA REDOKS POTANSİYEL ORTALAMALARI

Atmosfer basıncı	Deney sayısı	Ortalama kedi Kg.	Basınçtan önceki redoks Potansiyel mV	BASINÇ SONRASI REDOKS - POTANSİYEL mV				Ortalama	Fark
				30' sonra	60' sonra	90' sonra	120' sonra		
1 Atmosfer	5	2.720	369.2	354	368.4	371.2	369	365.65	3.55
2 Atmosfer	5	2.200	367.2	361.4	344.4	347.5	349.5	350.7	16.5
4 Atmosfer	5	2.860	399.4	357.8	360.6	359.8	346.6	356.2	43.2
5 Atmosfer	5	3.040	386.8	362	366.8	368.8	371	367.1	19.9
6 Atmosfer	5	2.780	407.6	368.6	385.4	385.4	390	376.2	31.4
7 Atmosfer	5	2.020	401	365.2	365.4	365.4	349.3	360.6	40.4

mV luk, yani 2 saat içinde başlangıç redoks — potansiyeline nazaran sadece % 096 oranında bir azalma olmuştur.

2 ATMOSFER BASINÇ ALTINDA YAPILAN DENEYLERDEN ELDE EDİLEN BULGULAR

Tablo 8 ve 9 da görüldüğü gibi, 2 atmosfer basınca maruz kalan deney hayvanlarında vena cava inferior kanında ortalama redoks — potansiyel 367.2 — 357.7 mV arasında bir değişme göstermiştir, azalma 16.5 mV dir. Bu, redoks — potansiyelde yani oksidatif olaylarda % 4.49 nisbetinde bir düşme demektir.

4 ATMOSFER BASINÇ ALTINDA YAPILAN DENEYLERDEN ELDE EDİLEN BULGULAR

Bu deneylerde redoks — potansiyel, 4 atmosfere çıkıldıktan sonra 2 saat içinde ortalama 43.5 mV azalmıştır. Bu durumda 4 atmosfer basınç, tecrübe hayvanı kanının redoks—potansiyelinde % 10.8 oranında bir azalma meydana gelmesine sebep olmuştur.

5 ATMOSFER BASINÇ ALTINDA YAPILAN DENEYLERDEN ELDE EDİLEN BULGULAR

Tablo 8 ve 9 da görülebileceği gibi, 5 atmosfer basınca maruz kalan hayvanların kan redoks—potansiyelinde 19.9 mV luk bir azalma husule gelmektedir. Bu, redoks—potansiyelde % 5.15 oranında bir düşmeye tekabül etmektedir.

6 ATMOSFER BASINÇ ALTINDA YAPILAN DENEYLERDEN ELDE EDİLEN REDOKS BULGULARI

Bu basınçta redoks—potansiyel ortalama 31.4 mV luk, yani basınçtan önceki potansiyele nazaran % 7.7 nisbetinde bir azalma göstermiştir.

7 ATMOSFER BASINÇ ALTINDA YAPILAN DENEYLERDEN ELDE EDİLEN REDOKS BULGULARI

7 atmosfer basınç altında yapılan deneylerde kanın redoks—potansiyelinde ortalama 40.4 mV luk bir azalma olmuştur. Basınca maruz kalmadan önce 401 mV iken, 7 atmosfere çıkıldıktan 2 saat sonra ortalama 360.6 mV a düşmüştür. Yani 7 atmosfer basınç redoks—potansiyelde % 10.07 civarında bir azalmaya sebep olmuştur.

MÜNAKAŞA

Gerek yüksek atmosfer hava basıncında ve gerekse yüksek oksijen basıncında, organizmadaki oksijen miktarının ve PO_2 nin arttığı malumdur. Normalde ancak % 0.285 ml olan O_2 nin kandaki fizik erimesi atmosfer basıncı arttıkça fazlalaşmaktadır (9, 10, 21, 30). 1 atmosfer saf oksijen bulunduğu zaman kanda eriyen oksijen % 1.88 ml dir (21). 5 atmosfer hava basıncındaki PO_2 miktarı deniz seviyesindeki 5 katıdır ve teorik olarak 1 atmosfer basınçta saf oksijeninkine eşittir. Ancak normal bir maske ile 1 atmosfer basınçta saf O_2 bulunduğu zaman alınan O_2 miktarı nadiyen % 60'ı geçer (9). Şu halde pratik olarak 3 atmosfer hava basıncı yaklaşık olarak 1 atmosfer saf O_2 solunumuna eşit PO_2 sağlamaktadır ve 3 atmosferin üzerindeki hava basınçlarında hiperbarik oksijenasyondan bahsetmek mümkündür.

Bu durumda, ortamda yeterinden fazla O_2 bulunması ile deneylerimizin neticesi olan vücut ısısı düşmesi ve oksidoreduksiyon potansiyelinin azalması paradoks gibi geliyorsa da bulgularımızı destekler mahiyette çalışmalar vardır.

Nitekim, Donald vertebralılarda uzun dalmaya karşı karakteristik cevabın metabolizma düşmesi olduğunu ve bunun ilk defa 1899 da Richet'in gözlemleri ile ortaya atıldığını yazmaktadır (12). Malmejac fazla oksijenin sellüler metabolik reaksiyonlarda önemli derecede inhibisyon yaptığını ve dalıcılarda da aynı şeylerin müşahade edildiğini, Jozy yine hiperbarik O_2 basıncında normal glukoz metabolizmasının azaldığını müşahade etmişlerdir (32, 39).

Gosset, Malmejac, Salzano ve Lanphier hiperbarik oksijenasyonda dokularda CO_2 in arttığını, Lanphier sualtı çalışmaları esnasında, Jarrett yüksek atmosfer basıncı altında hava solunmasında PCO_2 nın çok yüksek değerler gösterdiğini yazmışlardır (20, 21, 34, 35, 36, 39, 42). Fuson ve arkadaşları, 3 atmosferde O_2 soluyan köpeklerde PCO_2 nin 7.4. mm Hg yükseldiğini ve venöz pH in 0.034 azaldığını gösterdiler (21). Yine çeşitli araştırmacılara göre CO_2 artması kanda CO_2 transportunun bozulmasına bağlıdır (20, 39); Venöz kan oksijenden çok zengin olduğu için indirgenen hemoglobin tampon olamamaktadır (21, 35, 36). Netice olarak CO_2 fazlalığı pH ı düşürmekte ve asidoz teşekkül etmektedir (3, 24, 28). Andersen vertebralılarda su altına daldırılmada husule gelen asidozun 3 safha gösterdiğini müşahade etmiştir (2): 1) Dalmanın başlangıcında saf respiratuvar asidoz, 2) Dalmadan sonraki su altında kalış esnasında kombine respiratuvar ve metabolik asidoz, 3) Daha sonra metabolik asidoz olmaktadır. Başlangıçta kanda PO_2 fazlalığına bağlı olarak CO_2 transportu bozulması sonucu teşekkül eden respiratuvar asidoz, sonradan metabolizmanın bozulması neticesi ve anaerobik metabolizma mahsulü metabolik asitlerin dokuda birikmesine bağlı olmak üzere miks bir durum göstermektedir.

Bilindiği gibi asidosis hücre seviyesinde bir elektrolit kaymasına sebep olur. Sodium ve hidrojen iyonları hücre içine girerler. Potasium iyonları ekstrasellüler sıvı ve kana geçerek serum potasyumunda bir artmaya sebep olur (7, 19). Dolayısı ile bradikardi, aritmi, ventriküler fibrilasyon ve A—V disosiyasyon gibi yüksek

atmosfer basıncının sebep olduğu bir kısım kalb bozukluğunu hiperpotasemiye bağlamak mümkündür. Diğer taraftan yüksek basınç altında duyulan etraf ağrılarında potasyumun ağrı reseptörlerini stimüle etmesi sorumlu tutulabilir.

Görülüyorki yüksek atmosfer basıncının sebep olduğu O_2 fazlalığı organizmada bir seri fizyolojik değişmeye sebep olmakta ve husule gelen fonksiyonel bozukluklar birbirlerine sıkı sıkıya bağlı bulunmaktadır.

Gerçi, bilhassa yüksek atmosfer hava basıncına maruz kalmada azotun organizmada erimesi sonucu husule gelen nitrojen narkozunun da (22, 36, 37, 39) sellüler metabolizma yavaşlamasında rolü inkar edilemez. Çünkü yüksek atmosfer basıncı altında azot bir gaz anestetik gibi hareket etmekte ve hücredeki oksidatif sistemlerle münasebete girilerek oksijenin hücre membranından difüzyonunu sınırlamaktadır (6). Her ne kadar 3—4 atmosferden itibaren azot bir narkotik gibi hareket etmeye başlamakta ise de, bariz tesiri 10 atmosferden sonra görülmektedir (20). Bu bakımdan 2—7 atmosfer basınçları altında yaptığımız tecrübelerde elde ettiğimiz bulguları azot narkozuna bağlamak biraz güç olacaktır.

Bilindiği gibi metabolizma neticesi vücutta devamlı bir şekilde ısı teşekkül etmekte, yani çeşitli oksidasyonlarla meydana gelen enerjinin çok büyük bir kısmı ısıya çevrilmektedir. Ayrıca kas faaliyetleri, tiroksin, epinefrin ve ortam ısısının hücreler üzerinde olan tesirleri ısı yapımını etkilemektedir. Diğer taraftan radyasyon, evaporasyon ve kondüksiyon yolu ile organizmada devamlı ısı kaybı olmaktadır. Vücut ısısı küçük bir sınır dahilinde sabit olan sıcak kanlılarda bir takım sinirsel regülasyon mekanizmaları ile ısı yapımı, ısı muhafazası ve ısı kaybı denge halinde tutulmağa çalışılmaktadır (1, 22, 45, 46).

Tecrübelerimiz esnasında deney hayvanları anestezili olduğundan ısı regülasyonu minimale inmiş bulunmaktadır. Öyle ise yüksek basınç altında elde ettiğimiz bu ısı düşmelerini yüksek basıncın regülasyon mekanizması üzerine olan tesiri ile izah etmek mümkün olmayacaktır. Ancak chamber içinde sağladığımız devamlı hava değişimine bağlı olmak üzere konveksiyon yolu ile vuku bulan ısı kaybının artmış olacağı tabiidir. Bununla beraber deney-

lerimizde en büyük ısı düşmesi ısının teşekkül ettiği organlarda olmuş, kan ısısı kontrol ısısına yakın seyretmiştir. Bu bakımdan, yüksek basınç altında husule gelen ısı düşmesini sadece ısı kaybının artmasına atfetmek imkânsızdır. Öyle ise ısı düşmesi nedenini ısının teşekkül yeri olan hücreler seviyesinde aramamız icap edecektir. Nitekim deneylerimizde yüksek basınca maruz bırakılan hayvanlardaki ısı düşmesine redoks—potansiyel azalmasının da refakat etmesi ve kan ısı düşmesi ile kan redoks potansiyelinin azalmasının paralel seyretmesi bu kanaatı kuvvetle desteklemektedir.

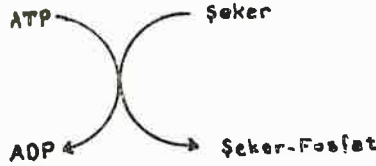
Bütün vital prosesler için gerekli enerji, yaşayan hücrede cereyan eden bir seri oksido—redüksiyon olayları ile sağlanır. Husule gelecek bir oksidasyona bir redüksiyonun refakat etmesi şarttır (29). Bütün biyolojik oksidasyon—redüksiyon hadiselerinde elektron transferi ve bir maddenin oksidasyonu esnasında elektronların transferi ve yer değiştirmesi enerji açığa çıkartır. Bu enerji muvakkaten depolanabilir veya bir kimyasal enerjiye dönüşür, ve yahutta ısı olarak serbest hale gelebilir (23).

Hücrelerde cereyan eden oksido—redüksiyon reaksiyonları hemen daima bir takım enzimlerin katalizörlüğü sayesinde vukubulur ve enzimlerin aktivasyonundaki azalma reaksiyonları etkiler.

Deneylerimizde kanın redoks—potansiyelinde husule gelen azalma, yüksek basıncın, hücre seviyesindeki oksidasyon olaylarında bir azalmaya sebep olduğunu göstermektedir.

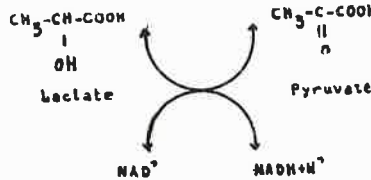
Hücrenin oksidatif enerji metabolizması mitokondrilerde vukua gelir ve hücrenin yaptığı fonksiyona, ihtiyacı olan enerji miktarına göre sayıları ve şekilleri değişir (22). Sahip olduğu yüksek enerjili fosfat bağlarından dolayı hücrenin enerji dövizini diye bilinen ATP nin % 95 i mitokondrilerde yapılmaktadır. ATP deki bu yüksek enerjili fosfat bağlarından her biri, ATP molekülünde 8000 kalori ihtiva eder (22). Bu yüksek enerjili fosfat bağları çok labildir ve gerektiğinde diğer sellüler reaksiyonları ilerletmek için kolayca kopabilirler (16). ATP formasyonu esnasında gıdaların oksidasyonu sonucu husule gelen enerjinin % 60 ı ısıya dönüşür ve sonra ATP hücrenin fonksiyonel sistemlerine transfer edilirken daha da fazla enerji ısıya çevrilir.

Jozy 1966 da yüksek atmosfer basıncı altında ve oksijen solunduğunda elektron mikroskobu ile yaptığı çalışmalarda akciğerde mitokondrilerde vakualizasyon tesbit etmiştir (32). Mitokondrilerde vakualizasyon yüksek basınç altında mitokondrial aktivitede bir gerileme olduğuna işaret eder. Nitekim Malmejac ve Jozy yine 1966 da yüksek oksijen basıncı altında ATP sentezinde bozulma, yüksek enerjili fosfat bağlarında zayıflama, ATP miktarında azalma tesbit etmişlerdir (32, 39). Bu duruma göre ATP miktarının azalması ile sellüler membran transportu bozulacak ve glukozun hücre içine girmesi güçleşecektir. Ayrıca şekerin fosforilasyonu için ATP lüzumludur. Fosforilasyona uğrayan her şeker molekülü için 1 molekül ATP defosforilasyona uğrar ve ADP ye dönüşür (23).



Dolayısı ile ATP azalması, hücrenin başlıca enerji kaynağı olan glukoz metabolizmasını inhibisyona uğratacaktır. Nitekim, Jozy, Gossett ve Malmejac yüksek oksijen basıncında ayrı ayrı glukoz metabolizmasında bozulma tesbit etmişlerdir (20, 32, 39).

Diğer taraftan yüksek hava ve oksijen basıncına maruz kalmada pruvat oksidasyonunda ve koenzim aktivitesinde azalma tesbit edilmiştir (32, 39). Burada laktatın pruvat şeklinde okside olmasını sağlayacak koenzim, NAD (coenzyme I) dir. Laktat pruvat şekline okside olurken koenzim redükte olur ve NADH şekline dönüşür (23).

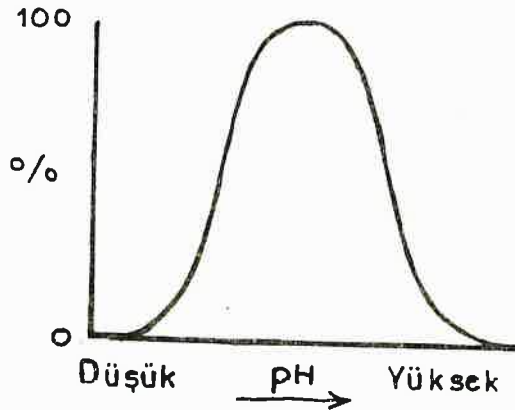


-
- NAD (DPN, coenzyme I) : Nicotinamide adenine dinucleotide
 NADH (DPN.H) : Dihydronicotinamide adenine dinucleotide
 NADP (TPN, coenzyme II) : Nicotinamide adenine dinucleotide phosphate
 NADPH (TPN.H) : Dihydronicotinamide adenine dinucleotide phosphate

Şu halde yüksek atmosfer basıncında NAD inaktive oluyor ve anaerobik enerji metabolizmasında da bozulma husule geliyor demektir. NAD ve NADP (TPN) reversibl oksido—redüksiyon olaylarında bir hidrojen ve elektron transfer edici ajan olarak iş yaparlar, anaerobik glukoz metabolizmasında rolleri vardır. Öyle görülmü-yorki, yüksek atmosfer basıncında anaerobik glukoz metabolizmasında da bir depresyon vukua gelmektedir.

Son olarak yüksek atmosfer basıncında oksijene maruz kalma SH grubu ihtiva eden enzimleri okside etmek sureti ile inhibisyona uğramaktadır (9,24,32). Bu enzimlerden bilhassa glutation'un okside şekli artmaktadır. Glutation SH grubu ihtiva eden enzimlerden hücre içinde en yaygın olanıdır ve hücrede oksido-redüksiyon potansiyelin sabit tutulmasında bir buffer sistem gibi rol oynar. Bu enzim okside olduğu zaman aktivitesi azalır(8). Demek oluyor ki yüksek atmosfer basıncında fazla oksijen glutation aktivitesini azaltmak sureti ile de hücrede oksido-redüksiyon olaylarındaki dengeyi bozmaktadır.

Ayrıca yüksek atmosfer basıncında azalan pH da denatüre etmek ve şarjlarını değiştirmek sureti ile hücrede enzim aktivitesini azaltır ve böylece oksijenin enzimler üzerine olan inhıbe edici tesirini kuvvetlendirir (23).



Netice olarak, atmosfer basıncı yükseldikçe organizmadaki oksijen miktarı artmaktadır. Vücutta yüksek konsantrasyondaki bu oksijen iki yolda biyolojik oksidasyonu etkilemektedir :

1 — Organizmada fazlalaşan oksijen karbondioksit transportunu bozacak, neticede karbondioksit birikerek pH düşecektir. pH azaldıkça hücrenin esansiyel enzimleri denatüre olacak veya şarjları değişecek aktiviteleri azalacaktır.

2 — Fazla oksijen enzimler üzerine bizzat tesir etmek sureti ile onları okside ederek aktivitelerini düşürecektir.

Sonuç olarak da bu enzimlerin katalize ettiği oksidatif reaksiyonlar azalacaktır. Oksidasyon prosesi azaldıkça enerji husulü azalacak ve dolayısı ile vücut ısısı da düşecektir.

ÖZET

Kedilerde, yüksek basıncın vücut ısısı (kan, karaciğer, kas) ve kanın oksido-redüksiyon potansiyeli üzerine tesiri araştırılmıştır. 2—7 atmosfer hava basıncı altında yapılan deneylerde ısı, kan (vena cava inferior), karaciğer ve kastan yazdırılmış, kanın oksido—redüksiyon potansiyeli yine vena cava inferiordan ölçülmüştür.

2—7 atmosfer basınç altında yapılan deneylerden elde edilen bulgular kontrol deneyleri ile mukayese edilerek aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

1 — Yüksek hava basıncına maruz bırakılan tecrübe hayvanlarında vücut ısısı düşmektedir.

2 — Ortam basıncı yükseldikçe ve basınca maruz kalma süresi uzadıkça ısı düşmesi artmaktadır.

3 — Yüksek basınç altında en fazla ısı düşmesi kasta, ikinci derecede karaciğerde, en az ısı düşmesi kanda olmaktadır.

4 — Ortam basıncının artması ile kan redoks—potansiyelinde bir azalma meydana gelmektedir.

Yüksek atmosfer basıncı altında husule gelen ısı düşmesine redoks—potansiyel azalmasının da refakat etmesi, ısı teşekkül mekanizmasındaki fermentatif oksidasyon olaylarında bir inhibisyon meydana gelmiş olduğunu telkin etmektedir. Bunun da, ortam basıncının yükselmesi ile organizmada artan oksijenin CO₂ transpor-

tunu bozup, pH düşmesine sebep olmak ve enzimler üzerine tesir ederek aktivitelerini azaltmak sureti ile biyolojik oksidasyonu bostanmasından ileri gelebileceği münakaşa edilmiştir.

SUMMARY

The Effects of the High Pressure on the Body Temperature and the Oxidation-Reduction potential of Blood.

The effects of the high pressure air atmosphere on the body temperature (blood, liver and muscle) as well as the oxidation-reduction potential of blood have been investigated. The findings are summerized as follow :

1 — The body temperature recorded from blood, liver and skeletal muscle diminishes under hyperbaric conditions.

2 — Temperature diminition becomes more prominent as much as the surrounding atmospherial pressure is increosed as well as the duration of the experiment is prolonged.

3 — The most prominent fall in temperature is observed on the skeletal muscle, and a modarate diminition is seen on the blood and liver respectively.

4 — The oxidation-reduction potential of blood decreased in relation with the icrease in ambien pressure.

The above mentioned findings and especially the decrease in the oxidation-reduction potential of blood parallel to the decrease in the body temperature suggests that the lowering of the body temperature under the hyperbaric conditions may be related to the fermentatif blokage in the cells responsible from the heat formation.

The effects of CO₂ and Hydrogen ion concentration affected by the hyperbaric O₂ atmospher is also discussed.

LİTERATÜR

- 1 — AKÇAY, M. : Sinir sistemi Fizyolojisi. A.Ü. Tıp Fak. yayını. 108-110, 1957.
- 2 — ANDERSEN, T.H. : Physiological adaptation in diving vertebrates Physiol. Rev. 46: 212, 1966.

- 3 — ANDERSEN, T. H., HUSTVEDT, B. E.: Acid-base change in diving ducts. *Acta Physiol. Scand.* 63: 128, 1965.
- 4 — AQUADRO, C. F., CHOUTEAU, J.: Problems of ekstreme duration in open sea saturation exposure. *Proceedings of the thirt symposium on underwater physiology.* Will. Wilk. Co. Baltimore 98-108, 1967.
- 5 — BARROWS, E. F., DODDS, H.: Body temperature of mice during anesthesia. *Am. J. Physiol.* 137 : 259, 1942.
- 6 — BEHNKE, A. R.: High atmospheric pressures; physiological effects of incereased and decreased pressure, application of these findings to clinical medicine. *Ann. Internal Med.* 13 2217, 1940.
- 7 — BERTHARION, G.: Toxicité de l'oxygène hyperbare, effect aigu, étude neurophysiologique. *Ann. Chir. Thor. Cardiovasc.* 5 : 861, 1966.
- 8 — BEST, H. C., TAYLOR, B. N. : The Physiological Basis of Medical Practice. Will. Wilk. Co. 1966.
- 9 — BOEREMA, I. : L'oxygénation hyperbarique. *Ann. Chir. Thor. Cardiovasc.* 5 : 836, 1966.
- 10 — BRUMMELKAMP, W. H. : Traitement des infections a germes anaerobies par l'inhalation d'oxygène en hyperpression. *Ann. Chir. Thor. Cardiovasc.* 5 : 839, 1966.
- 11 — DAVIDSON, J. K. : Avascular necrosis of bone. Hyperbaric oxygenetion procceding of the second international congress. Livingstone, London, 11, 1965.
- 12 — DONALD, C. J. : Metabolic depression and oxygen depletion in the diving turtle. *J. Appl. Physiol.* 24 : 503, 1968.
- 13 — DONALD, W. K. : Oxygen poisoning. Hyperbaric oxygenation Proceedings of the second international congrees. Livingstone, London, 26 1965.
- 14 — FOLKOW, B., NILSSON, N. J., YONCE, L. R. : Effects of diving on cardiac autput in ducks. 12. Scandinavian congreess of physiology, Turku, 1966. *Acta Physiol. Scand.* 68, suppleemntum 277: 51, 1966.
- 15 — FOSTER, A. C., DAVIDSON, C. I. : Response to high pressure oxygen of concious valunteers and patints. *J. Appl. Physiol.* 18 : 492, 1963.
- 16 — PREJAVILLE, J. P. : Toxicité de l'oxygene - Aspect blochimique. *Ann. Chir. Thor. Cardiovac.* 5 : 872, 1966.
- 17 — GELINEO, S. : Adaptation to environment. *Hand Book of Physiology*, section - 4, Washington D. C. 276, 1964.
- 18 — GILL, B. M., PUGH, G. E. : Basal metabolism and respiration in men living at 5.800 m. (19.000 ft) *J. Appl. Phpsiol.* 19 : 949, 1964.
- 19 — GOLDBERGER, E. : A. Primer of Water and Acid-Base Syndromes. Lea and Febiger, Philadelphia, 1965.
- 20 — GOSSET, C. : Sur la toxicite de l'oxygene. *Ann. Chir. Thor. cardiovasc.* 5 : 870, 1966.
- 21 — GAULLON, M., BARDIS, A., NOUAILHAT, F. : L'oxiygénotherapie hyperbare. *La Revue du Prat.* 15 : 4397, 1965.

- 22 — GUYTON, A. C. : Textbook of Medical Physiology. Third edition, W. B. Saunders Co. London, 637, 1966.
- 23 — HARPER, A. H. : Review of Physiological Chemistry. 11 ed. Lange Med. Publ. California. 159, 1967.
- 24 — HAUGARD, N. : Cellular mechanism of oxygen toxicity. *Physiol. Rev.* 48 : 311, 1968.
- 25 — HEMPLEMAN, H. V. : Decompression procedures for deep open sea operation. Proceedings of the Thirt Symposium on Underwater Physiology. Will. Wilk. Co. Baltimore, 225, 1967.
- 26 — HESSER, C. M. : Swedish naval interest in diving research. Proceedings of the Thirt Symposium on Underwater Physiology. Will. Wilk. Co. Baltimore, 16, 1967.
- 27 — HOUEL, J. : Synthèse et perspectives D'avenir (Journées Marseillaises d'Hyperbarie.) *Ann. Chir. Thor. Cardiovasc.* 5 : 874, 1966.
- 28 — HUGUENARD, P. : Les Problèmes physiques, techniques et biologiques Prosés par l'oxigénotherapie hyperbare. *La Presse Med.* 75 : 99, 1967.
- 29 — HUYBRECHTS, M. : Le pH et sa Mesure. Masson Ed. 273, 1947.
- 30 — ILLINGWORTH, F. W., LAWSON, I., LEDINGHAM, I., SHARP, G. R., GRIFFITHS, J. C. : Surgical and physiological observations in an experimental pressure chamber. *Brit. J. Surg.* 49 : 222, 1961.
- 31 — JARRETT, A. S. : Alveolar carbon dioxide tension at increased ambient pressures. *J. Appl. Physiol.* 21 : 158, 1966.
- 32 — JOZY, R. : Problèmes soulevés dans le domaine de la recherche bilologique par l'utilisation des atmosphères hyperbares et hyperoxygénées. *Ann. Chir. Thor. Cardiovac.* 5 : 856, 1966.
- 33 — LAMBERTSEN, C. J. : Proceedings of the Thirt Symposium on Underwater Physiology. Will. Wilk. Co. Baltimore, ix, 223-240, 480, 1967.
- 34 — LANPHIER, E.H. : Influence of increased ambient pressure upon alveolar ventilation. Proceedings of The Second Symposium on Underwater Physiology. Natl. Acad. Sci., Natl. Res. Council. Publ. 1181. Washington, 124, 1963.
- 35 — LANPHIER, E. P., BUSBY, D. E. : Alveolar and PCO_2 in man under in creased ambient pressures. *Proc. 22 intern. Congr. Physiol. Sci.* 2: 1962.
- 36 — LANPHIER, E. H., MORIN, R.A. : Effects of gas density on carbondioxid elimination. *Physiologist*, 4: 63, 1961.
- 37 — LANPHIER, E. H. : Handbook of Physiology. Adaptation to the environment. Section 4, Washington D. C. 893, 1964.
- 38 — LEDINGHAM, I. M. : Hyperbaric Oxygenation. Livingston, London, 125, 1965.
- 39 — MALMEJAC, J. : Bases physiologiques du l'utilisation de l'oxygene hyperbare. *Ann. Chir. Thor. Cardiovasc.* 5 : 827, 1966.
- 40 — NAIRN, J. R., POWER, G. G., HYDE, W. R., FORSTER, R. E., LAMBERTSEN, C. J., DICKSON, J. : Diffusing capacity and pulmonary capillary blood flow at hyperbaric pressure. *Clin. Invest.* 44 : 1591, 1965.

- 41 — RAYMOND, W. L. : Temperature problems in multiday exposures to high pressures in the sea. Thermal balance in hyperbaric atmospheres. Proceeding of the Thirt Symposium on Underwater Physiology. Will. Wilk. Co. Baltimore. 138, 1967.
- 42 — SALZANO, J. V., BELL, H. W., WEGGLICKI, W. B., SALTZMAN, H. A. : Metabolic, respiratory and hemodynamic responses to exedcise at increased oxygen pressure Procoedings of the Third Symposium on Underwater Physiology. Will. Wilk. Co. Baltimore. 351, 1967.
- 43 — SCHOLANDER, P. F., HAMMEL, T. T., MESSURIER, H., HEMINGSON, E., GAREY, W. : Circulatory adustment in pearl divers. J. Appl. Physiol. 17: 184, 1962.
- 44 — SHILLING, C., BENNETT, J. A., HEIM, J. W., THOMSON, R. M., DRINKER, C. H. : Bodily changes and devalopment of pulmonary resistance in rats living under compressed air conditions. J. Exptl. Med. 56: 63, 1932.
- 45 — SODEMAN, A. W. : Pathologic Physiology. Second Ed. W. B. Saunders Co. 289, 1961.
- 46 — TERZİOĞLU M. : Fizyoloji Ders Kitabı. İsmail Akgün Mat. İstanbul, 376, 1962.
- 47 — WHITE, N. F., ROSS, G. : Circulatory changes during experimental diving in the turtle. Am. J. Physiol. 211 : 15, 1966.

(Mecmuaya geldiği tarih: 26 Ocak 1971)