



**T.C. SAğLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ,
SULTAN 2. ABDÜLHAMİD HAN SAğLIK UYGULAMA VE
ARAşTIRMA MERKEZİ
SUALTI HEKİMLİğİ VE HİPERBARİK TIP KLİNİğİ**

**HİPERBARİK OKSİJEN TEDAVİSİ UYGULANAN MERKEZLERE
YAPILAN HAVA SAFLIK ANALİZLERİNİN RETROSPEKTİF
İNCELENMESİ**

Dr. Zehra Yazıcı Mutlu

İSTANBUL/2020





**T.C. SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ,
SULTAN 2. ABDÜLHAMİD HAN SAĞLIK UYGULAMA VE
ARAŞTIRMA MERKEZİ
SUALTI HEKİMLİĞİ VE HİPERBARİK TIP KLİNİĞİ**

**HİPERBARİK OKSİJEN TEDAVİSİ UYGULANAN MERKEZLERE
YAPILAN HAVA SAFLIK ANALİZLERİNİN RETROSPEKTİF
İNCELENMESİ**

Dr. Zehra Yazıcı Mutlu

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Şamil Aktaş

(TIPTA UZMANLIK TEZİ)

İSTANBUL/2020

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimimde engin bilgi ve tecrübelerini her zaman benimle paylaşan, desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, tez çalışmamın yapımı ve yazılmasında bizzat katkısı olan tez danışmanım, değerli hocam Prof. Dr. Şamil Aktaş'a çok teşekkür ederim.

Eğitimime başladığım ilk aylarda kendisiyle çalışma, bilgi ve birikiminden faydalanma fırsatı yakaladığım değerli hocam Prof. Dr. Hakan Ay'a teşekkür ederim.

Gerek İstanbul Tıp Fakültesi'ne olan görevlendirmem sırasında gerek katıldığım bilimsel toplantılarda ve online eğitimlerde bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım değerli hocalarım Prof. Dr. Salih Aydın'a, Prof. Dr. Akın Savaş Toklu'ya ve Doç. Dr. Bengüsu Mirasoğlu'na çok teşekkür ederim.

Uzmanlık eğitimimin son döneminde çalışma şansına eriştiğim, çalışma disiplini ile örnek aldığım, desteği ile her zaman yanımda olan değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Selin Gamze Sümen'e teşekkür ederim.

İhtiyacım olan her an yanımda olan ve zor zamanlarda yalnız bırakmayan, birlikte çalışmaktan keyif aldığım kıymetli abim Uzm. Dr. Yavuz Aslan'a teşekkür ederim.

Uzmanlığım süresince kısa süre de olsa birlikte çalıştığım, bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım, eğitim sürecime katkıları olan Uzm. Dr. Ayşegül Ercengiz ve Uzm. Dr. Ertuğrul Kerimoğlu'na teşekkür ederim.

Aynı yolda yürümekten keyif aldığım, hem paylaşımcı birer çalışma arkadaşı hem de keder ve neşe ortağı olan asistan arkadaşlarım Dr. Uğur Can Akyol, Dr. Elif Uysal, Dr. Ramazan Tezcan ve Dr. Tubanur Balta'ya teşekkür ederim.

Tez sürecimde özverili çalışmasıyla yardımlarını esirgemeyen Operatör Cengiz Şimşek'e çok teşekkür ederim.

Uyumlu bir ekiple çalışmanın ne kadar önemli olduğunu gösteren değerli çalışma arkadaşlarım; hemşirelerimiz Emel Demir, Betül Ateş, operatörlerimiz Ömer

Yalçın, Ali Koç, personellerimiz Elmas Hanım, Sultan Hanım ve adını sayamadığım, yolu Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Kliniğinden geçen tüm personele teşekkür ederim.

Bana her zaman inanan ve yanımda olan canım aileme ve biricik eşim Memiş Ali Mutlu'ya çok teşekkür ederim. Bu dönemde zamanından çaldığım, canım oğlum, yaşam kaynağım Göktürk'e sabrı, sevgisi ve varlığı için teşekkür ederim.

Dr. Zehra YAZICI MUTLU



İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
KISALTMALAR.....	v
TABLO LİSTESİ.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÖZET	viii
ABSTRACT.....	x
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. HİPERBARİK OKSİJEN TEDAVİSİ	3
2.1.1. Tanım.....	3
2.1.2. Tarihçe.....	4
2.1.3. Hiperbarik Oksijen Tedavisinin Etki Mekanizmaları.....	6
2.1.4. Hiperbarik Oksijen Tedavisinin Endikasyonları	9
2.1.5. Hiperbarik Oksijen Tedavisinin Kontrendikasyonları.....	10
2.1.6. Hiperbarik Oksijen Tedavisinin Komplikasyonları ve Yan Etkileri	10
2.2. KOMPRESÖRLER.....	12
2.2.1. Dinamik Kompresörler.....	14
2.2.2. Pozitif Deplasmanlı Kompresörler	14
2.3. FİLTRE SİSTEMLERİ	17
2.3.1. Emiş Filtreleri.....	17
2.3.2. İç Su Ayırıcı	17
2.3.3. Kimyasal (Tripleks) Filtreler.....	18
2.4. SOLUNABİLİR HAVA KALİTE STANDARTLARI	27

2.4.1. Hava Analizi	29
2.4.2. Karbonmonoksit	30
2.4.3. Karbondioksit	32
2.4.4. Yağ Buharı	33
2.4.5. Su Buharı	34
2.4.6. Koku ve Tat	35
3. GEREÇ VE YÖNTEM	36
4. BULGULAR.....	38
5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR	46
6. KAYNAKLAR	56
7. EKLER.....	60
8. ÖZGEÇMİŞ	64

KISALTMALAR

ATA	Atmosfer Absolute
BIBS	Built In Breathing Systems
CO	Karbonmonoksit
CO₂	Karbondioksit
COHb	Karboksihemoglobin
ECHM	European Committee for Hyperbaric Medicine
EUBS	European Underwater and Baromedical Society
GATA	Gülhane Askeri Tıp Akademisi
H₂O	Su
Hb	Hemoglobin
HBOT	Hiperbarik Oksijen Tedavisi
MSS	Merkezi Sinir Sistemi
NFPA	National Fire Protection Association
O₂	Oksijen
PaCO₂	Parsiyel Karbondioksit Basıncı
PaO₂	Parsiyel Oksijen Basıncı
UHMS	Undersea and Hyperbaric Medical Society

TABLO LİSTESİ

Tablo 1.	Sağlık Bakanlığı Endikasyon Listesi	9
Tablo 2.	Hiperbarik Oksijen Tedavisinin göreceli kontrendikasyonları	10
Tablo 3.	Solunum amaçlı hava kompresörlerinde kullanılabilecek yağ tipleri	16
Tablo 4.	Çeşitli ülkelerde kullanılan solunabilir hava kalite standartları	28
Tablo 5.	Sağlık Bakanlığı tarafından belirlenen hava standartları	29
Tablo 6.	Çalışmaya katılan merkezlerin illere göre dağılımı	38
Tablo 7.	Özel ve kamu merkezlerinin seans sayıları	39
Tablo 8.	Özel ve kamuya ait merkezlerin rutin bakım sıklıkları	40
Tablo 9.	Merkezlerde kullanılan asıl ve yedek kompresörlerin markaları, menşeleri	40
Tablo 10.	Kamuya ait merkezlerin ve özel merkezlerin kullandıkları kompresörlerin markaları ve menşeleri	41
Tablo 11.	Birinci ve yedek kompresörlerin debi kapasiteleri	42
Tablo 12.	Merkezlerde kullanılan kurutucular	42
Tablo 13.	Hava analizleri sonuçları	45

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.	Tek kişilik basınç odası	3
Şekil 2.	Çok kişilik basınç odası	4
Şekil 3.	Basınç odası bulunan iller	6
Şekil 4.	Benzinli, dizel, elektrikli kompresör motoru	13
Şekil 5.	Kompresör tipleri	14
Şekil 6.	Yağ enjekteli vidalı kompresör	15
Şekil 7.	İç su ayırıcı	18
Şekil 8.	Kimyasal filtre	19
Şekil 9.	Sıcaklık ile havanın su taşıma kapasitesi ilişkisi	20
Şekil 10.	Çalışma mekanizmalarına göre kurutucu sınıflandırılması	20
Şekil 11.	Rejenere sistemli hava kurutucu (bauer seccant)	22
Şekil 12.	Tripleks filtre	23
Şekil 13.	HBOT merkezi yapılanması	26
Şekil 14.	Aerotest Alpha hava analiz cihazı	30

ÖZET

Amaç

Bu çalışmada, Hiperbarik Oksijen Tedavi merkezlerine yapılan hava saflık analizlerinin Sağlık Bakanlığı tarafından hazırlanan Hiperbarik Oksijen Tedavisi Uygulanan Özel Sağlık Kuruluşları Hakkındaki Yönetmelik'te belirtilen solunabilir hava kalite standartlarına uygunluğu değerlendirilecektir. Aynı zamanda Hiperbarik Oksijen Tedavi merkezlerine yapılan anket ile basınçlı havanın solunabilir hale gelmesine etki eden faktörler sorgulanarak ülkemizdeki basınç odalarının durumu hakkında objektif bir bilgi elde edilmesi amaçlanmıştır.

Gereç ve Yöntem

İstanbul Tıp Fakültesi Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Anabilim Dalı'nda kayıtları tutulan hava saflık analizleri retrospektif olarak derlendi. Aynı zamanda hazırlanan anket Hiperbarik Oksijen Tedavi merkezlerine e-posta yolu ile ulaştırıldı. Çalışmada elde edilen veriler Microsoft Excel programında düzenlenirken, istatistiksel analizler için IBM SPSS Statistics 22 programı kullanıldı.

Bulgular

Ulaşılan 294 adet hava saflık analizinin hiçbirinde yağ buharı, CO ve O₂ normal sınırların ötesinde değildi. Su buharı 19 ölçümde (%9,5) 50 mg/m³'ün üstünde saptandı. Yalnızca bir ölçümde koku varlığı tespit edildi.

Ankete 44 merkez dönüş yaptı. Özel merkezlerde kamuya bağlı merkezlere göre hem rutin hem de son ay yapılan seans sayısı anlamlı olarak fazla saptandı (P=0,000). Merkezlerin tamamında birinci kompresör vidalı alçak basınç kompresörü idi. Yedi merkezde tek kompresör mevcuttu. Hiçbir merkezde hava hattı üzerinde, BIBS öncesinde ek filtre yer almamaktaydı. İlk kompresörünü tek başına veya varsa her iki kompresörünü aynı anda çalıştırıp kurutucu kapasitesini aşmayacak biçimde sistem kurulumuna sahip merkez sayısı yalnızca 15'di. Sadece 10 merkez hava analizlerini 6 ayda bir yaptırıyordu.

Sonuç

Çalışmada ülkemizdeki Hiperbarik Oksijen Tedavisi uygulanan merkezlerde kompresör ve kurutucu kapasiteleri, filtre yerleşimleri, kompresör de kullanılan yağın marka-modeli gibi hususlarda uygun olmayan pratik uygulamalar ve merkezlerde kurulum hataları olduğu saptandı. Kompresör bakımı, filtre değişimi, regülatör temizliği ve hava depolarının kontrolü gibi konularda merkezler arası ortak bir yaklaşım bulunmamaktaydı. Hava analizlerinin merkezlerin çoğunda düzenli aralıklarla yapılmadığı ve bu durumun yapılan denetlemelerde dikkate alınmadığı görüldü. İlgili yönetmelikte bu konularda yapılacak düzenlemelere ihtiyaç vardır. Basınç odası güvenliği ve tedaviye alınan hastaların ve yardımcı personelin sağlığını doğrudan etkileyen bu konuda, kamuya bağlı veya özel merkez fark etmeksizin yapılacak denetlemeler ve düzenlemeler ile, ülkemizdeki Hiperbarik Oksijen Tedavi merkezlerinin iyileştirilmesi ve standardizasyonu sağlanabilir.

Anahtar Kelimeler: Basınç odası, Hiperbarik Oksijen Tedavisi, solunabilir hava analizi

RETROSPECTIVE EVALUATION OF AIR ANALYSIS RESULTS OF HYPERBARIC OXYGEN THERAPY CENTERS ABSTRACT

Aim

In this study, the compliance of air purity analyzes to Hyperbaric Oxygen Therapy centers to the breathing air quality standards specified in the Regulation on Hyperbaric Oxygen Therapy Applied by the Ministry of Health will be evaluated. At the same time, it was aimed to obtain an objective information about the state of the pressure chambers in our country by questioning the factors affecting the making the pressurized air breathable with the survey conducted to Hyperbaric Oxygen Therapy centers.

Materials and methods

The air purity analyzes recorded in Istanbul University, Istanbul Faculty of Medicine Undersea and Hyperbaric Medicine Department were compiled retrospectively. The concurrent questionnaire was sent to Hyperbaric Oxygen Therapy centers via e-mail. While the data obtained in the study were edited in Microsoft Excel program, IBM SPSS Statistics 22 program was used for statistical analysis.

Results

In none of the 294 air purity analyzes reached, oil vapor, CO and O₂ were beyond the normal limits. Water vapor was found above 50 mg/m³ in 19 measurements (9.5%). Only one measurement detected odor.

44 centers returned to the survey. The number of both routine and last month sessions was significantly higher in private centers than in public centers ($P = 0,000$). In all centers, the first compressor was the low pressure screw air compressor. There was only one compressor in seven centers. No center had additional filters on the air line prior to BIBS. The number of centers with system set-up was only 15, operating the first compressor alone or, if any, both compressors at the same time, not

exceeding the dryer capacity. Only 10 centers were performing the air analysis every 6 months.

Conclusion

In the study, it was determined that there were inconvenient practical applications in the centers where Hyperbaric Oxygen Therapy applied in our country, such as compressor and dryer capacities, filter placements, brand-model of the oil used in the compressor, and installation errors in the centers. There was no common inter-center approach to issues such as compressor maintenance, filter replacement, regulator cleaning and air tank control. It was observed that air analyzes were not carried out at regular intervals in most of the centers and this situation was not taken into consideration during the inspections. Regulations to be made on these issues are needed in the relevant regulation. Improvement and standardization of Hyperbaric Oxygen Therapy centers in our country can be achieved with the inspections and arrangements to be made regardless of the public or private centers, in this regard, which directly affects safety of the hyperbaric chamber and the health of the patients and inside attendant who are taken into treatment.

Key Words: Breathing air analysis, hyperbaric chamber, Hyperbaric Oxygen Therapy

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Hiperbarik Oksijen Tedavisi (HBOT), hastanın kapalı bir basınç odasına alınarak, 1 mutlak atmosfer basıncından (1 atmosfer absolute, 1 ATA, 760 mmHg) daha yüksek bir basınçta, aralıklı olarak %100 oksijen soluması esasına dayanan medikal bir tedavi yöntemidir.

HBOT tek kişilik basınç odalarında veya birden fazla hastanın tedavi edilebildiği çok kişilik basınç odalarında yapılır (1). Basınç odasını tedavi basıncına getirmek için hava kompresörlerinden yararlanılır. Kompresör havasını neminden arındıran kurutucular, solunabilir hale getiren filtreler ve basınçlı havayı depolayan hava tankları da bir HBOT merkezinin elemanlarındandır (2).

Ülkemizde Sağlık Bakanlığı tarafından hazırlanan ve 01.08.2001 tarihinde 24480 sayılı Resmî Gazete’de yayınlanan “**Hiperbarik Oksijen Tedavisi Uygulanan Özel Sağlık Kuruluşları Hakkında Yönetmelik**”in 18. Maddesi gereği, basınç kabinlerinde kullanılan havada kompresör çıkışından alınan hava numunesi, belirlenen standartlara uygun olmalı ve bu havanın en az 6 ayda bir resmi bir kurum tarafından tahlili yapılarak belgelenmelidir (3).

Hiperbarik Oksijen Tedavi merkezlerinde hava kalitesinin değerlendirilmesinin üç temel nedeni vardır:

1. İnsan sağlığı için olan riskleri,
2. Yangın riski,
3. Ekipman arızası riski.

Ülkemizde 47’si aktif olarak çalışan, 5 tanesi ise henüz tedaviye başlamamış 52 basınç odası bulunmaktadır. Sağlık Bakanlığı tarafından belirlenen 17 farklı endikasyon dahilinde olan hastalar tedaviye alınmakta ve ödemeleri sigorta sisteminden karşılanmaktadır. Sıklıkla bir seansta çok sayıda hasta tedavi etmeye olanak sağlayan çok kişilik basınç odaları tercih edilmiştir ve son yıllarda ülkemizde HBOT tanınır ve kolaylıkla ulaşılabilir hale gelmiştir. Hal böyle iken HBOT merkezlerine yapılan hava saflık analizleri ve denetimler büyük önem arz etmektedir.

Literatüre baktığımızda hava saflık analizleri ile ilgili çok kısıtlı bilgiye ulaşabildik ve HBOT merkezlerine yapılan hava analizleri ile ilgili daha önce bir çalışma yapılmadığını gözlemledik.

Bu tez çalışmasında Hiperbarik Oksijen Tedavi merkezlerine yapılan hava saflık analizleri geçmişe dönük olarak derlenerek Türkiye'deki merkezlerin solunabilir hava kalite standartlarına uygunluğu değerlendirilecektir. Aynı zamanda HBOT merkezlerine yapılan anket ile basınçlı havanın solunabilir hale gelmesine etki eden faktörler sorgulanarak ülkemizdeki basınç odalarının durumu hakkında objektif bir bilgi elde edilmesi amaçlanmıştır.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. HİPERBARİK OKSİJEN TEDAVİSİ

2.1.1. Tanım

Hiperbarik oksijen tedavisi, hastanın kapalı bir basınç odasına alınarak, 1 mutlak atmosfer basıncından (1 atmosfer absolute, 1 ATA, 760 mmHg) daha yüksek bir basınçta, aralıklı olarak %100 oksijen solunması esasına dayanan medikal bir tedavi yöntemidir. Tedavi süresi ve basınçları değişkenlik göstermekle birlikte, 1 ATA'da %100 oksijen solunması (normobarik oksijen) veya vücudun bir bölümünün %100 oksijene maruz bırakıldığı uygulamalar (topikal oksijen) HBOT olarak kabul edilmemektedir. HBOT olarak değerlendirilebilmesi için, tedavi basıncının 1,4 ATA ve daha üzeri olması gerektiği bildirilmiştir (4,5).

HBOT tek kişilik basınç odalarında (**Şekil 1.**) veya birden fazla hastanın tedavi edilebildiği çok kişilik basınç odalarında (**Şekil 2.**) yapılır (1). Tek kişilik basınç odası genellikle %100 oksijenle basınçlandırılır ve hasta oksijeni direkt olarak ortamdan solur. Yaygın olarak kullanılan çok kişilik basınç odalarında ise basınç hava ile sağlanır, belirli bir basınca ulaştıktan sonra hastalar aralıklı olarak maske, başlık veya endotrakeal tüp yardımı ile %100 oksijen solurlar.



Şekil 1. Tek kişilik basınç odası



Şekil 2. Çok kişilik basınç odası

2.1.2. Tarihçe

Tarihte HBOT izlerine ilk olarak 17. yüzyılda rastlanmıştır. 1662’de İngiliz bilim adamı Henshaw tarafından yapılan “*Domicilium*” isimli yapı ilk basınç odası olarak kabul edilmektedir. Hava ile basınçlandırılan ortamda, akut hastalıklar yüksek basınçta, kronik hastalıklar ise düşük basınçta tedavi edilmiştir (4,6).

1830’lu yıllarda Junod, Pravas ve Tabarie basınç odalarında, çeşitli hastalıklara yönelik tedaviler uygulamıştır (7). Triger, 1840’lı yıllarda köprü ve su altı tünellerinin yapımında kullanılan “kezon” adı verilen basınçlı tüneller üzerine çalışmış ve basınçlı tünelde uzun süre çalışan işçilerde eklem ağrıları ve merkezi sinir sistemi (MSS) bulguları tariflemiştir. Sonradan bu bulguların, dekompresyon hastalığı belirtileri olduğu anlaşılmıştır (8).

Hiperbarik fizik ve fizyolojinin gelişimine en fazla katkısı olan bilim insanı, 1878 yılında yayınladığı “*La Pression Barométrique*” isimli kitabı ile Paul Bert olmuştur. Paul Bert, kitabında basınç gaz çözünmesi ilişkisini, kabarcık oluşumunu, hastalık oluşumunda çözünmüş gaz miktarının değil serbest kalan gaz miktarının önemli olduğunu açıklamıştır. Bert, kezon işçilerinde nitrojenin dekompresyon patolojilerine sebep olduğunu belirlemiştir. Rekompresyonun hangi mekanizma ile tedavi edici etkiye sahip olduğunu da açıklamış, nitrojen atılımının artması ile

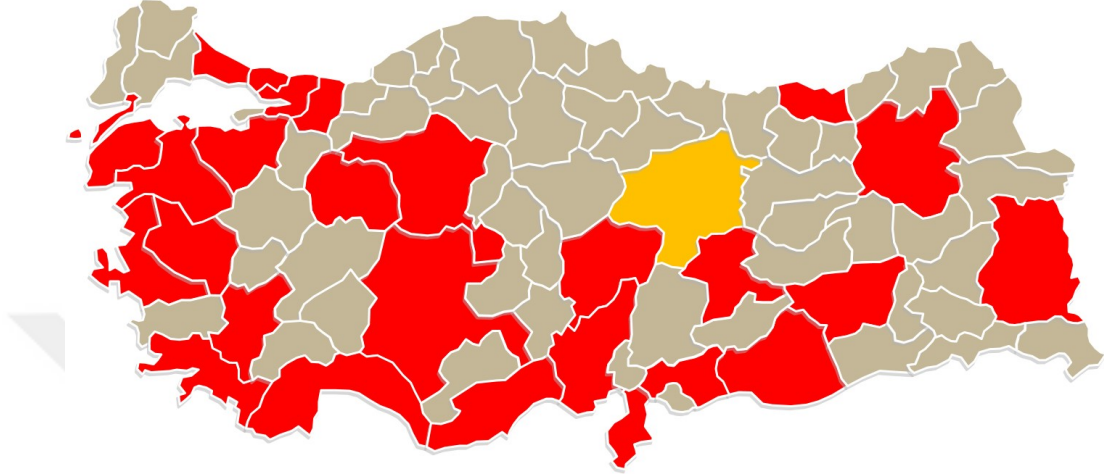
dekompresyon hastalığı bulgularının azaldığını ortaya koymuştur. Dekompresyon hastalığı tedavisinde oksijen kullanımını ilk öneren de Bert'tir. Hiperbarik oksijenin santral sinir sistemi üzerinde oluşturduğu toksik etkilere, Paul Bert etkisi adı verilmiştir.

Hiperbarik oksijen tedavisinin ilk kullanımı Benhke ve Shaw tarafından 1937 yılında dekompresyon hastalarının tedavisinde olmuştur (9). Bunu de Almeida ve Costa'nın 1938'de lepra tedavisi için HBOT'ni kullanmaları ve End ve Long'un 1942'de deneysel hayvan modellerinde oluşturulan CO zehirlenmesini HBOT ile tedavi etmeleri izlemiştir (4). Sharp ve Smith ise 1960'da insanlarda CO zehirlenmesinde ilk kez HBOT uygulamışlardır (10).

Hiperbarik Tıp alanında yapılan ilk kongre 1963 yılında Amsterdam'da yapılmış olup sonrasında bu konudaki çalışmalar hız kazanmıştır. Daha sonra, Sualtı ve Hiperbarik Tıp Cemiyeti (*Undersea and Hyperbaric Medical Society-UHMS*) tarafından, 1970'lerin sonunda HBOT temel ilke ve prensipleri yayımlanmıştır. Avrupa'da kurulmuş olan *European Underwater and Baromedical Society (EUBS)* ve Avrupa Hiperbarik Tıp Komitesi (*European Committee for Hyperbaric Medicine, ECHM*), yeni bilimsel kanıtlar çerçevesinde ortak karar alarak HBOT endikasyonlarını daha net belirlemeyi amaçlamışlardır. Bu kapsamda ECHM 1994 yılında, ilk HBOT endikasyonlarının yer aldığı konsensus bildirisini yayınlamıştır (4).

Ülkemizde HBOT'nin ilk kullanımı, donanma tarafından, dekompresyon hastalığını tedavi amaçlı yapılmıştır. Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp uzmanlık alanı ilk kez 1962 yılında ayrı bir uzmanlık dalı olarak tanımlanmıştır. 1976'da yapılan protokolle İstanbul Tıp Fakültesi'nde Deniz ve Sualtı Hekimliği bölümü faaliyete geçmiş ve 1989 yılından itibaren Anabilim Dalı olarak hizmet vermeye başlamıştır. 1984 yılında o zamanki adı Gülhane Askeri Tıp Akademisi (GATA) olan hastanemizde Anabilim Dalı kurularak hizmet vermeye başlamıştır. Sonraki yıllarda İstanbul Tıp Fakültesi ile birlikte kliniğimizde HBOT dalış hastalıkları dışındaki endikasyonlar için de kullanılmaya başlamıştır. 2002 yılında kabul edilen Tıpta Uzmanlık Tüzüğü ile ismi, Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Anabilim Dalı olarak

değiştirilmiştir. 1990'lı yıllarda özel HBOT merkezlerinin yaygınlaşmasıyla bu tedavi yöntemi daha fazla insan tarafından tanınarak daha ulaşılır hale gelmiştir. Günümüzde birçok şehirde basınç odası bulunmakta ve HBOT uygulanmaktadır (4) (Şekil 3).



Şekil 3. Basınç odası bulunan iller (Sivas kurulma aşamasında)

Uluslararası misafirlerin katılımı ile gerçekleştirilen, son olarak 13.'sü düzenlenmiş olan Ulusal Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Toplantılarında güncel veri, bilgi ve tecrübe paylaşımı yapılmaktadır.

2.1.3. Hiperbarik Oksijen Tedavisinin Etki Mekanizmaları

1. Fiziksel Temel: Hiperbarik Oksijen Tedavisi, kapalı bir sistem içinde basınç artırılarak oksijen solunması esasına dayandığı için; gazların sıcaklık, basınç, hacim ve çözünürlük ilişkilerini açıklayan gaz kanunlarını hatırlamak gerekir.

a. Boyle Gaz Kanunu: Sabit sıcaklık altında, belirli bir kütledeki gazın hacmi, basıncı ile ters orantılıdır. Formülü:

$$P.V = k \text{ (T sabit) } P: \text{ Basınç } V: \text{ Hacim } k: \text{ Sabit}$$

Boyle Kanunu'na göre basınç artışı ile gaz kabarcıklarının hacminde küçülme meydana gelir. Arteriyel gaz embolisi ve dekompresyon hastalığı gibi bazı

patolojilerin tedavisinde bu etkiden faydalanılır. Ayrıca HBOT bir yan etkisi olan barotravmalar da Boyle Gaz Kanunu ile açıklanmaktadır (11).

b. Charles ve Gay-Lussac Gaz Kanunları: Sabit basınç altında, gazların sıcaklıkları ve hacimleri doğru orantılıdır (J. Charles). Sabit hacimli bir gazın, basıncı ile sıcaklığı doğru orantılıdır (L. Gay-Lussac). Her iki kanun da aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$P_1 / T_1 = P_2 / T_2 \text{ (V sabit) } P: \text{ Basınç } V: \text{ Hacim } T: \text{ Sıcaklık}$$

Bu kanuna göre basınç odalarında, hızlı yapılan kompresyon ortam sıcaklığını artırır, dekompresyon ise düşürür (12). Bu nedenle hiperbarik sistemlerde sıcaklığın kontrol altında tutulması amacıyla iklimlendirme sistemleri gerekmektedir.

c. Henry Gaz Kanunu: Sabit sıcaklıkta bir gazın sıvı içerisindeki çözünürlüğü ile o gazın parsiyel basıncı doğru orantılıdır. Her bir gazın, farklı sıvılar için çözünürlük kat sayısı farklıdır ve sıcaklıkla değişir. Oksijen, normal koşullar altında %97-98 hemoglobine bağlanarak, %2-3 ise plazmada çözünerek dokulara taşınır. HBOT ile plazmada çözünen oksijen miktarı artar. 2,8 ATA'da %100 oksijen solunmasıyla, 100 ml kanda çözünen oksijen miktarı 6 ml olmaktadır. Bu değer, hemoglobinden bağımsız olarak, dokuların oksijen ihtiyacını karşılamaya yetecek düzeydedir (12). Ayrıca Henry Gaz Kanunu dekompresyon hastalığının fiziksel temelini de açıklamaktadır.

d. Dalton Gaz Kanunu: Bir gaz karışımının basıncı, karışımdaki her bir gazın kısmi basınçlarının toplamına eşit olup aşağıdaki formülle ifade edilir.

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n$$

P_T : Gaz karışımının toplam basıncı

$P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n$: Karışımdaki gazların kısmi basınçları toplamı

Atmosferdeki havanın yaklaşık %21'ini oksijen, %78'ini nitrojen, kalan %1'ini diğer gazlar oluşturmaktadır. Deniz seviyesinde, atmosfer tarafından

uygulanan basınç değeri, 1 kg/cm², 760 mmHg veya 1 ATA'ya eşittir. Dalton Gaz Kanununa göre, havadaki oksijenin parsiyel basıncı $21/100 \times 760 \text{ mmHg} = 159,6 \text{ mmHg}$ (yaklaşık 160 mmHg) veya 0,2 ATA olmaktadır. Ortam basıncı 2 katına çıkarılacak olursa, oksijenin parsiyel basıncı da doğru orantılı olarak artarak, 320 mmHg veya 0,4 ATA olur (12).

2. Fizyolojik Etkileri: Esas olarak HBOT'nin iki temel etkisi vardır: basıncın doğrudan etkisi ve parsiyel oksijen basıncının yükselmesine bağlı oluşan metabolik etkilerdir.

a. Basıncın Doğrudan Etkileri: Boyle kanununa göre basınç arttıkça gazların hacimlerinde azalma olur. Bu etki dekompresyon hastalığı, gaz embolisi gibi doku içerisinde gaz kabarcıkları ile seyreden patolojilerin tedavisinde önemlidir. Kabarcık boyutu küçüldükçe yüzey gerilimi artar. Kritik bir çapa kadar küçülen gaz kabarcığı, artmış yüzey geriliminin etkisiyle kollabe olur. Basınç değişimlerine bağlı oluşan barotravmalar da benzer bir mekanizma ile açıklanmaktadır (5).

b. Parsiyel Oksijen Basıncı Artışının Etkileri: Hemoglobin, normobarik hava solunumu ile %97 oranında oksijene satüre haldedir. Az miktarda oksijen ise plazmada çözünmüş halde bulunur. Henry kanununa göre ortamdaki basınç artışı ile plazmada oksijen çözünürlüğü ve kanın oksijen taşıma kapasitesi artar. Atmosfer havasının solunması sırasında, 100 ml kanda çözünmüş olan oksijen, 1 ATA'da 0,3 ml, 2 ATA'da 0,8 ml iken, %100 oksijen solunmasıyla bu değer, 1 ATA'da 2 ml, 2 ATA'da 4 ml olmaktadır. Hiperbarik oksijen tedavisinin bu etkisinden en çok CO intoksikasyonu tedavisinde faydalanılır. Plazmada çözünmüş oksijen artışı ile dokudaki hipoksi azalır ve intoksikasyon bulguları geriler.

HBOT, parsiyel oksijen basıncı artışına bağlı olarak gösterdiği etkiler aşağıdaki başlıklarda özetlenmiştir:

- a. Antiödem etki
- b. Antitoksik etki
- c. Antibakteriyel etki
- d. Yara iyileşmesine etkisi

2.1.4. Hiperbarik Oksijen Tedavisinin Endikasyonları

HBOT tedavisi endikasyonları çeşitli topluluk ve kuruluşlarca belirlenmiş ve zaman içinde kanıta dayalı olarak güncellenmiştir. Sualtı ve Hiperbarik Tıp Birliği (*Undersea and Hyperbaric Medical Society-UHMS*) 2003 yılında kesinleşmiş Hiperbarik Oksijen Tedavisi endikasyonlar listesini yayınlamıştır. Ülkemizde ise Sağlık Bakanlığı'nın özel hiperbarik oksijen merkezleri için belirlediği endikasyon listesi **Tablo 1**'de verilmiştir.

Tablo 1. Sağlık Bakanlığı Endikasyon Listesi (3)

1. Dekompresyon hastalığı
2. Karbonmonoksit, siyanid zehirlenmesi, akut duman inhalasyonu
3. Gazlı gangren
4. Yumuşak dokunun nekrotizan infeksiyonları (deri-kas-fasya)
5. Yara iyileşmesinin geciktiği durumlar (Diyabetik ve non-diyabetik)
6. Hava veya gaz embolisi
7. Kronik refrakter osteomyelit
8. Kafa kemikleri, sternum ve vertebranın akut osteomiyelitleri
9. Ani görme kaybı (Retinal arter oklüzyonu)
10. Ani işitme kaybı
11. Crush yaralanması, kompartman sendromu ve diğer akut travmatik iskemiler
12. Tutması şüpheli deri greft ve flepleri
13. Radyasyon nekrozları
14. Beyin absesi
15. Anoksik ensefalopati
16. Termal yanıklar
17. Aşırı kan kayıpları

Bunun dışında Avrupa Hiperbarik Tıp Komitesi'nin (European Committee of Hyperbaric Medicine- ECHM) 2017 yılında 10.'sunu düzenlediği konsensus toplantısı sonrası düzenleyerek yayınladığı HBOT endikasyon listesi mevcuttur (13).

2.1.5. Hiperbarik Oksijen Tedavisinin Kontrendikasyonları

HBOT'nin tek mutlak kontrendikasyonu tedavi edilmemiş pnömotorakstır. Tedavi sırasında olan basınç değişimleri ile tansiyon pnömotoraksa dönüşerek hayati tehlike oluşturabileceği için kesin olarak kontrendikedir. Bu durumdaki bir hastanın mutlaka HBOT alması gerekiyorsa, tedavi öncesi göğüs tüpü takılarak rahatlatıldıktan sonra tedaviye alınabilir. HBOT göreceli kontrendikasyonları ise **Tablo 2**'de sıralanmıştır. Bu durumlarda, tedaviye alındığı takdirde sağlanacak fayda ile hastanın mevcut durumu değerlendirilerek, klinisyen tarafından karar verilir.

Tablo 2. HBOT göreceli kontrendikasyonları (14,15).

1. Üst solunum yolu enfeksiyonu
2. Obstrüktif akciğer hastalıkları
3. Grafide asemptomatik akciğer lezyonu, hava hapsine yol açabilecek bül-bleb gibi lezyonlar
4. Göğüs ya da kulak cerrahisi öyküsü
5. Kontrolsüz yüksek ateş
6. Hamilelik
7. Klostrofobi
8. Nöbet geçirme

Konjestif kalp yetmezliği, hereditör sferositoz, spontan pnömotoraks gibi hastalıklarda ve göreceli olarak kontrendike olan durumlarda hasta HBOT'ne alınacaksa, gelişebilecek komplikasyonlara yönelik önlemler alınarak, çok kişilik basınç odasında ve müdahale yapabilecek bir sağlık personeli eşliğinde tedaviye alınmalıdır.

2.1.6. Hiperbarik Oksijen Tedavisinin Komplikasyonları ve Yan Etkileri

1. Barotravmalar: Hiperbarik Oksijen Tedavisi'nin en sık görülen yan etkisi barotravmadır. Vücuttaki içi hava dolu boşlukların, basınç değişimlerinden hasar görmesi ile barotravma oluşur. Tedaviye giren hastalarda ve eşlik eden sağlık personelinde en sık orta kulak barotravması görülür. Orta kulaktaki hava boşluğu,

tedavinin kompresyon aşamasında basınç artışı ile birlikte, Boyle kanununa uygun olarak sıkışır ve negatif basınç oluşturur. Oluşan bu negatif basınç dış ortamla eşitlenememesi halinde vakum etkisi oluşturarak ödem, eksüdasyon, kanama, kulak zarı perforasyonuna neden olabilir. Tedavi öncesi hasta eğitimi ile (valsalva, yutkunma gibi yöntemlerle), östaki borusu aracılığıyla orta kulak boşluğu basıncı eşitlenerek barotravma önlenir (16).

Paranasal sinüslerde de barotravma görülebilir. Sinüs havalanmasını engelleyen mukoza ödemi veya kitle varlığında sinüs barotravması oluşur ve ilgili sinüse denk gelen bölgede ağrı ile kendini gösterir.

Nadir görülmekle birlikte, orta kulakta aşırı negatif basınç oluşması veya valsalva manevrasının üst üste ve şiddetli yapılması ile iç kulak barotravması görülebilir. Dış kulak yolunda tıkalı lezyon veya buşon varlığında dış kulak barotravması ve içinde hava boşluğu kalan dış dolgularında dış barotravması görülebilir.

HBOT komplikasyonları arasında en ciddi, hatta ölümcül olanı akciğer barotravmasıdır. Tedavinin dekompresyon fazında basınç düşüşü ile birlikte akciğerde hava hapsine neden olan lezyon varlığında (bül, bleb, kist, vb), bronşiyal obstrüksiyonda veya glottisin kapalı olduğu durumlarda, akciğerdeki hava genişerek alveoler rüptür meydana gelir. Pnömotoraks, pnömomediastinum, cilt altı amfizem veya gaz embolisine neden olabilecek bu durum acil tedavi gerektirir. Bu nedenle hasta seçiminde risk değerlendirmesi yapılarak, tedavinin sağlayacağı fayda göz önünde bulundurularak karar verilmelidir (14).

2. Oksijen Toksisitesi: HBOT'nin 3 ATA ve üzeri basınçlarda uygulanması ile MSS'de oksijen toksisitesi görülebilir. Standart HBOT protokolleri bu basınç değerinin altındadır. Ancak, epilepsi hikayesi olanlarda veya konvülsiyona yatkınlık oluşturabilecek durumlarda, standart tedavi basınçlarında da toksisite bulguları görülebilir.

Kronik bir süreç olan pulmoner oksijen toksisitesi, uzun süre daha düşük basınçta yüksek oranda oksijen solunumu yapan hastalarda görülür. İlk zamanlarda sadece trakeal irritasyon hissi oluşur. Zaman geçtikçe akut solunum yetmezliğine kadar ilerler. Solunum sıkıntısı geliştiği için oksijen verilmeye devam edilirse durum

daha da ağırlaşır (17,18).

Uzun süreli HBOT ile geçici miyopi oluştuğu rapor edilmiştir. Bu yan etkinin, lens proteinlerinin oksidasyonuna bağlı olarak geliştiği düşünülmektedir. HBOT kesildikten sonra kendiliğinden düzelen bir durumdur (14,19).

2.2. KOMPRESÖRLER

Kompresörler, bir motor yardımı ile ortamdaki gazı basınç altında sıkıştırarak saklanmasını sağlayan aygıtlardır. Hava pompalarının icat edildiği yıllardan bu günlere, basınçlı kapları hava ile doldurmak üzere tasarlanan kompresörler, buzdolabı ve klimalarda, doğalgaz hatlarında, endüstriyel robotlarda, sprey boyama sistemlerinde kullanıldığı gibi Hiperbarik Oksijen Tedavi merkezlerinin de temel cihazlarından biri olmuştur.

Kompresörlerin çalışma ilkesi gaz kanunları ile yakından ilişkilidir. Boyle gaz kanununa göre sabit sıcaklıkta, belli bir kütledeki gazın hacmi, basıncı ile ters orantılıdır. Buna göre gazın basıncı arttıkça hacmi azalır, basınç azaldıkça hacim de artar. Gay-Lussac kanunu, sabit hacimli bir gazın basıncı ile sıcaklığının doğru orantılı olduğunu ifade eder. Yani bir gazın hacmi sabitken basıncı arttıkça sıcaklığı artar, basıncı azalırsa sıcaklığı da azalır. Bu kanuna göre kompresör çalışırken kullandığı elektrik enerjisinin %80'i atık ısı enerjisi olarak açığa çıkar (20,21). Bu nedenle kompresör sistemlerinde soğutucular önem arz eder.

Kompresörlerin birçok türü vardır; ama buna en basit örnek, bisiklet tekeri pompasıdır. Pompanın ileri geri hareket eden pistonu, köseleden yapılmış bir supap biçimindedir. Piston, elle çalışır ve gövdeyi oluşturan silindirin içinde hareket eder. Piston geriye doğru çekildiği zaman yanından geçen hava, normal basınçta silindirin içine dolar. Piston kolu ileri itilince, silindirdeki havanın direnci, kösele pistonu gerer ve hava, dışarı sızmadan sıkışır. Silindirin içindeki basınç yeterli düzeye ulaştıkça, silindirin ucundaki tek yönlü supap açılır ve hava, şişirilecek lastiğe dolar.

Kompresörler, zaman içinde kullanım alanı ve mekanizmalarına göre birkaç

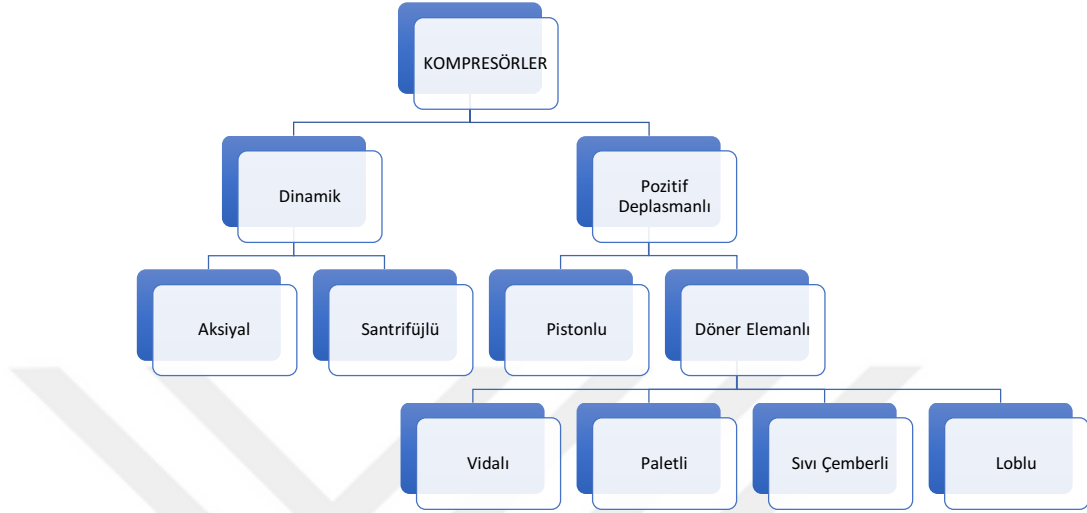
alt başlıkta sınıflanmıştır. Hava basıncına göre, bakımı kolay ve az masraflı olan alçak basınçlı (10-12 bar), ve daha maliyetli olan yüksek basınçlı (>40 bar) olmak üzere iki türdür. Kompresörler tahrik sistemlerine göre ise 3 başlıkta sınıflanır:

1. Benzinli motor, portatif kullanımlar için idealdir.
2. Dizel motor, benzinli motorlara göre daha güçlüdür.
3. Elektrikli motor, daha hafif, sessiz ve uzun süreli çalışabilen motorlardır. Enerji sarfıyatı düşük ve egzoz problemi olmaması yönünden avantajlıdır. Atık gaz üretmeyeceğinden karbonmonoksit (CO) gazı ile kirlenme riski düşüktür (Şekil 4.).



Şekil 4. Soldan sağa; Benzinli, dizel, elektrikli kompresör motoru (22)

Kompresörler esas olarak çalışma mekanizmalarına göre sınıflandırılmaktadır (Şekil 5):



Şekil 5. Kompresör Tipleri

2.2.1. Dinamik kompresörler

Bu kompresörlerin çalışma prensibi, yüksek hızda dönen türbinlerin havaya hız kazandırması ve bu hızın düşürülüp basıncın artırılması esasına dayanır.

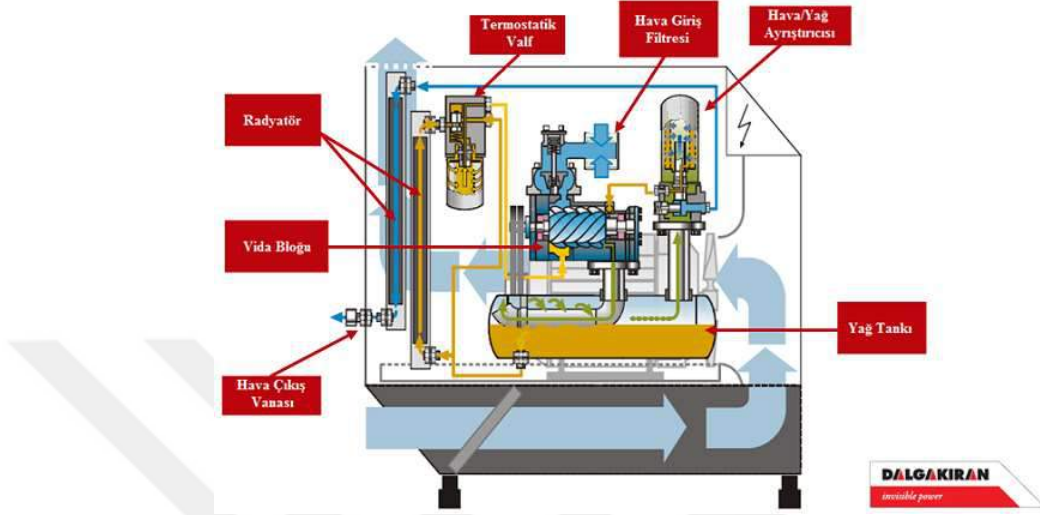
2.2.2. Pozitif deplasmanlı kompresörler

Havanın belli bir hacim içinde sıkıştırılarak basıncının artırılması prensibi ile çalışır. En sık pistonlu ve vidalı tipleri kullanılır.

1. Pistonlu kompresörlerde silindir içinde hareket eden piston havayı sıkıştırır. Bu kompresörlerin dezavantajları gürültülü çalışmaları ve sık bakım gerektirmeleridir.

2. Vidalı kompresörlerde, blok içinde dönerek havayı sıkıştıran erkek ve dişi rotorlar şekil olarak vidaya benzer (23). Kullanım alanına göre yağ enjekteli veya su enjekteli vidalı kompresör türleri tercih edilmektedir (Şekil 6). Yağ oranının çok

düşük olması istenen sağlık ve gıda gibi sektörlerde, yağsız, su enjekteli vidalı kompresörler daha çok tercih edilir.



Şekil 6. Yağ enjekteli vidalı kompresör (24)

Yağ enjekteli kompresörlerde, blok içinde yer alan yağ, aşınma ve çizilmeye karşı fiziksel koruma sağlar. Ayrıca boşlukları doldurarak sızdırmazlığı sağlar ve son olarak basınç artışına bağlı oluşan sıcaklık artışına karşı soğutma yaparak sistem verimliliğine katkıda bulunur. Ayrıştırıcılar ve filtreler ile basınçlı havaya karışan yağ partikülleri uzaklaştırılır. Kompresör bloğunda kullanılan yağ, diğer motorlarda kullanılan yağlardan farklı olarak, sağlığa zarar vermeyen mineral veya sentetik yağ olmalıdır (Tablo 3).

Tablo 3. Solunum amaçlı hava kompresörlerinde kullanılabilecek yağ tipleri (25)

MARKA	MODEL	YAĞ TİPİ
BAUER	N 22138	(a) Mineral
BAUER	N 19745	(b) Sentetik
BP	ENERGOL RC 150	(a) Mineral
DEA	ACTRO EP VDL 150	(a) Mineral
LIQUI MOLY	LM 750	(b) Sentetik
ANDEROL	755	(b) Sentetik
SHELL	CORENA P 150	(a) Mineral
(a) Her 1000 çalışma saatinde yağ değiştirilmelidir.		
(b) Her 2000 çalışma saatinde yağ değiştirilmelidir.		

Kompresörün basınçlandığı havanın kullanım alanına göre iyileştirilmesi, depolanması, taşınması, akışının ve basıncının düzenlenmesi amacıyla yardımcı ekipmanlar kullanılır. Genel olarak yardımcı ekipmanlar;

- Filtreler
- Ayırıştırıcılar
- Kurutucular
- Basınç/akış kontrolörleri
- Basınçlı hava tankları
- Kondensat tahliyeleri
- Basınçlı hava dağıtım tesisatı olarak sınıflanır.

Sağlık Bakanlığı'nın oluşturduğu HBOT uygulanan özel sağlık kuruluşları hakkındaki yönetmelikte belirtildiği üzere; kompresörler ve yüksek basınçlı hava depoları, ayrı bir bölümde, binanın dışı ile irtibatlı bir alanda bulunmalıdır (3). Hiperbarik Oksijen Tedavi merkezlerinde çoğunlukla elektrikli, vidalı kompresör modelleri tercih edilmektedir. Basınç odasının büyüklüğüne uygun kapasitede, alçak basınç veya yüksek basınç veya ikisi birlikte tercih edilebilmektedir.

2.3. FİLTRE SİSTEMLERİ

Hava kompresörlerinde, kullanım amacı ne olursa olsun, filtre sistemi mevcuttur. Sıkıştırılan havadaki partiküller, su buharı, yağ buharı yoğunlaşarak çeşitli problemlere neden olur;

- Kompresör, hava tankı ve iletim sistemlerinde korozyona ve kirlenmeye neden olur.
- Borularda oluşan kirlenme sonucu basınç kayıpları oluşabilir.
- Kirlilik, pnömatik elementlerin yeterince yağlanmaması sonucu aşınmasına neden olur.

Bu etkiler bir araya geldiğinde, uzun dönemde sistemin verimliliğini düşürür.

Kompresör tarafından basınçlandırılan havanın, basınç odasının kompresyonunda kullanılabilmesi için solunabilir hava kalite standartlarına uyması gerekmektedir. Basınçlı hava tankları ve hava iletim sisteminin verimliliği ve uzun ömürlü olması, daha da önemlisi, hastalar tarafından bulunduğu komplikasyona neden olmaması yönünden basınçlı havanın filtre sistemlerinden süzülerek yağ, su buharı ve çeşitli partiküllerden arındırılması hayati önem taşır.

Basınçlı hava içerisinde bulunan parçacıklar boyutlarına göre çeşitli yöntemlerle filtre edilirler. Filtreleme mekanik olarak gerçekleşir. Genellikle 0,5 mikrondan büyük parçacıklar için yüzey filtreleri, 0,5 mikrondan küçük parçacıklar için ise derin yatak filtreleri kullanılır.

Genel olarak filtreler 3 başlıkta sınıflandırılır:

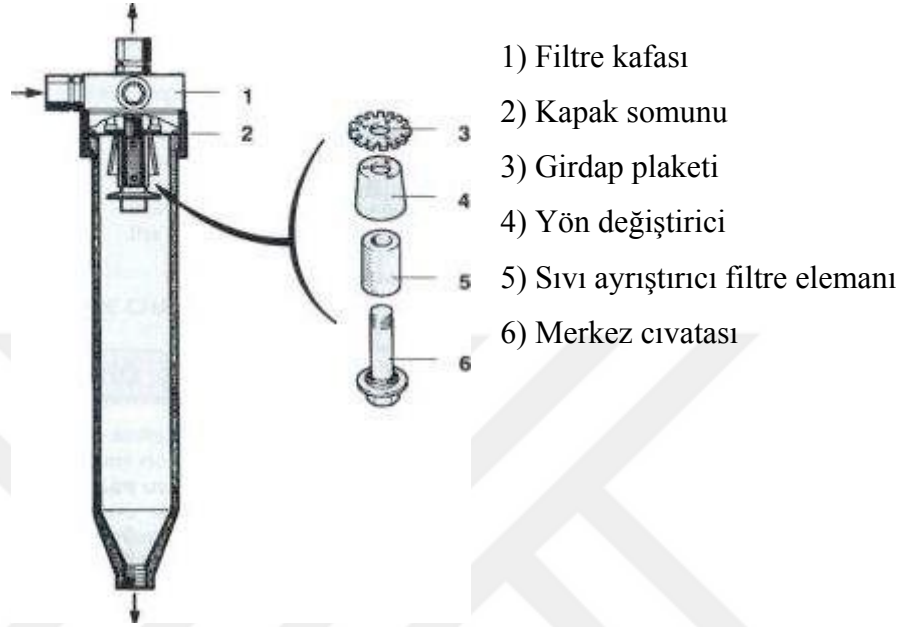
2.3.1. Emiş Filtreleri

Bu filtreler birinci kademenin hava emiş hattında yer alır ve havada bulunan fiziksel parçacıkların tutulmasını sağlarlar. Emiş hortumunun ucunda veya birinci kademenin girişinde olabileceği gibi her ikisinde konumlandırılan iki adet filtre de bulunabilir.

2.3.2. İç Su Ayırıcıları

Havanın akış yönünü metal bir yüzeyle değiştirerek havanın içindeki su ve

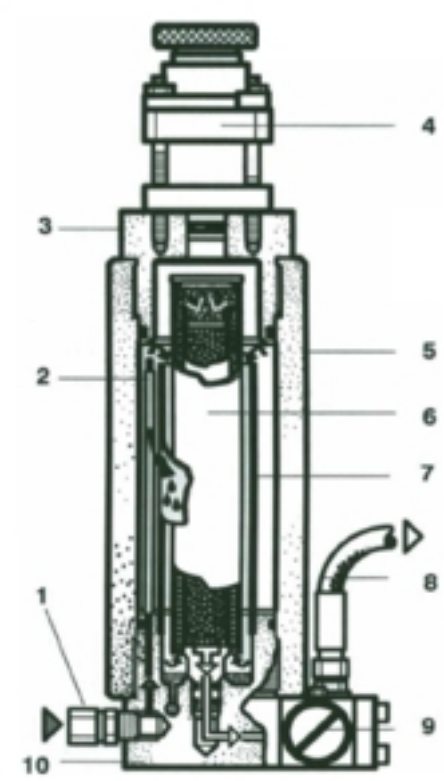
yağı ayrıştırır. Genellikle birinci kademedan sonra olabileceği gibi her kademenin sonuna da eklenebilir. (Şekil 7). Ayrıştırılan sıvı rengi süt beyazdır. Renkteki değişimler arıza belirtisi olarak değerlendirilir.



Şekil 7. İç su ayırıcı (25)

2.3.3. Kimyasal (Tripleks) Filtreler

Kompresör sistemindeki son filtredir. Havayı üç farklı maddeden geçirerek, fiziksel partiküller, su buharı ve yağ buharını filtrelediği için tripleks olarak adlandırılır. Silika jel ile havanın nemi alınır. Aktif karbon ile havadan yağ buharı ve koku süzülür. Aktif zeloit ile son arıtma yapılarak, hava solunabilecek hale gelir. Filtre kartuşu, çalışma saatini doldurduğunda mutlaka değiştirilmelidir (Şekil 8).



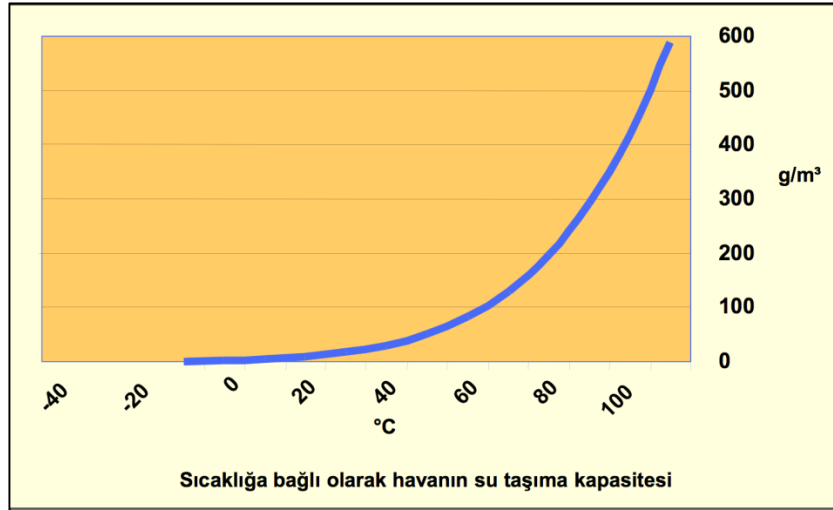
1. Filtre Girişı
2. Jet Borusu
3. Cıvata Bağlantısı
4. 3 Kademe Emniyet Valfi
5. Ana Gövde
6. Kartuş
7. Seperatör
8. Dolum Ağzı
9. Basınç Ayar Vanası
10. Filtre Tabanı

Şekil 8. Kimyasal Filtre (25)

Kurutucular: Basınçlı havadaki su buharı kurutma yoluyla, yağ buharı; absorpsiyonla, partikül ise filtrasyonla uzaklaştırılır.

Sıkıştırma sırasında havanın hacmi azalırken sıcaklık artar ve hava içindeki su buharlaşır. Nihai soğutucuda hava soğutulurken su buharı yoğunlaşarak sıvı hale dönüşür (**Şekil 9**).

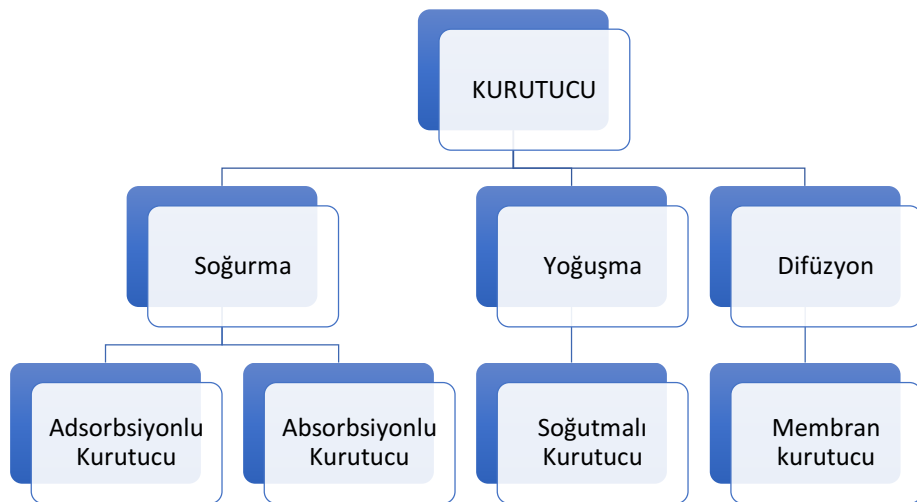
Çiğlenme Noktası °C: Çiğlenme noktası bir gazın %100 doymuş buhar içerdiği sıcaklık ya da atmosferik havanın içerdiği nemin artık yoğunlaşmayacağı şekilde soğutulduğu sıcaklık olarak tanımlanabilir.



Şekil 9. Sıcaklık ile havanın su taşıma kapasitesi ilişkisi

Sıkıştırılmış solunum havası, yoğuşmayı ve donmayı önlemek için yeterince düşük bir çiglenme noktasına sahip olmalıdır. Cihazın bilinen bir sıcaklıkta kullanılması ve depolanması durumunda, çiglenme noktası olası en düşük sıcaklığın en az 5°C altında olmalıdır. Herhangi bir basınçlı hava kaynağının kullanım ve depolama koşullarının bilinmediği durumlarda, çiglenme noktası -11°C'yi geçmemelidir (26).

Kurutucular **Şekil 10**'daki gibi çalışma mekanizmalarına göre sınıflandırılmaktadır.



Şekil 10. Çalışma mekanizmalarına göre kurutucu sınıflandırılması

Adsorbsiyonlu kurutucular: Kimyasal filtrelerde son olarak su ve yağ buharının alınması amacıyla kullanılan maddelere adsorbant maddeler; yapılan bu işleme ise adsorbsiyon denir. Bu amaçla kullanılan başlıca adsorbant maddeler, mercimek-nohut büyüklüğünde taneli yapıdaki, silika jel, aktif alümina, moleküler sieve gibi maddelerdir. Kullanım basıncı ve ulaşmak istenen çiğlenme noktasına göre, farklı adsorbant maddeler birlikte kullanılabilir. Adsorbsiyon, bir akışkan içinde bulunan bazı moleküllerin katı cisim yüzeyleri tarafından moleküler çekim kuvvetleri yardımı ile tutulmasıdır. Katı cisim yüzeyine tutunmuş gaz molekülleri; termal, mekanik veya başka moleküler kuvvetlerin etkisi ile kolayca ayrılabilirler.

-70°C basınçlı çiğlenme noktasının altına inebilmeyi sağlayan ve rejeneratif kurutucular olarak da adlandırılan adsorbsiyonlu kurutucular rejenerasyon yöntemlerine göre ısısız ve ısı rejenerasyonlu kurutucular olarak ikiye ayrılır.

Adsorbsiyonlu basınçlı hava kurutucuların nem tutma kapasiteleri, içindeki adsorbant maddenin cinsine, miktarına, tanecik boyutuna ve maddenin temizliğine bağlı olarak değişir. Uzun süre kullanılmayan adsorbantların tekrar kullanılmaya başlamadan önce rejenere edilmeleri gerekir. Özellikle yağ enjeksiyonlu kompresörlerden gelen basınçlı havada kalan ağır hidrokarbonlar, adsorbant maddeleri kirleten önemli kaynaklardır. Bunlar adsorbsiyon yüzeyini tutarak fonksiyon dışı kalmalarına neden olabilirler. Bazıları rejenerasyon veya reaktivasyon ile yapışıkları yüzeyden uzaklaştırılabilir.

Hiberbarik Oksijen Tedavi merkezlerinde, maliyeti yüksek olan rejenere kombine kurutucular kullanıldığı gibi daha az maliyeti ile kartuş tipi filtreler de tercih edilmektedir (**Şekil 11**).



Şekil 11. Rejenere sistemli hava kurutucu (Bauer Seccant)

Kartuş tipi filtrelerin dezavantajı rejenere olamamalarıdır. Kompresörün eski olması ve bakımlarının uygun yapılmaması, ortam havasının kirliliği gibi durumlarda, basınçlı havanın kurutulması ve temizliği yeterli ölçüde yapılamamaktadır. Kirli havanın depolanması ve kullanılması, basınçlı sistem verimliliği, yangın riski ve solunmasında ortaya çıkabilecek komplikasyonlar yönünden büyük sorunlara yol açabilmektedir.

Soğutmalı kurutucular: Basınç artışı ile birlikte sıcaklığı artan ve su taşıma kapasitesi artan hava soğutmalı kurutucu aracılığıyla 4°C'ye kadar soğutulur. Soğutma sonucu yoğunlaşan su ve yağ buharı ise ayrıştırılarak kurutma işlemi gerçekleştirilir. Soğutmalı kurutucular genellikle %100 doymuş, 40°C civarında sıcaklıkta ve yaklaşık 7 bar basınçtaki giriş havası içindir. Daha yüksek giriş sıcaklıkları ve daha yüksek basınçlar için özel kurutucular mevcuttur.

Membran kurutucular: Bu tip kurutucularda yalnızca su buharı moleküllerinin geçebileceği mikro fiber yapıda yarı geçirgen membran elementi ile

nem havadan ayrıştırılarak kurutma işlemi gerçekleştirilir.

Bu üniteler, etiketlerinde belirtilen gücün yaklaşık %20'sini basınçlı hava ile membran üzerinde tutulan nemi süpürmek için kullanır. Nem süpürmek için kullanılan basınçlı hava atmosfere salındığı için sistemde hava kaybı kaçınılmazdır.

Tripleks filtrenin çalışma mekanizması aşağıdaki basamaklarda anlatıldığı şekilde olmaktadır (Şekil 12);



Şekil 12. Tripleks Filtre (27)

1. Basınçlı hava, yağ ve su damlacıklarını ayıran son separatöre verilir.
2. Yağ ve su damlacıklarından gelen filtrat, filtre mahfazasının altında toplanır ve kondensat tahliye vanası aracılığıyla çıkarılır.
3. Saflaştırılmış hava, kalan gaz halindeki suyu adsorbe eden aktif zeloit boyunca kabın tabanından akar.
4. Aktif zeloit, havanın optimum saflaştırılmasını sağlamak için saflaştırma

sistemine mükemmel şekilde hizalanır.

5. Partikül filtresi diskleri tüm kaba kirleri tutar.

6. Aktif karbon tabakası, yağ buharı ve hidrokarbon bileşikleri gibi zararlı organik kalıntıları güvenilir şekilde bağlar.

7. Saf hava veya gaz filtre kartuşundan çıkar.

8. Basınç muhafaza valfi, filtre muhafazasını sürekli olarak basınç altında tutar ve hem filtre muhafazasının servis ömrünü hem de çalışma güvenliğini önemli ölçüde artırır.

Basınçlı Hava Tankları: Basınçlı hava sistemlerinde yeterli kapasitede basınçlı hava tanklarının kullanımı, havanın kalitesini ve sistemin verimliliğini korumada büyük öneme sahiptir. Tankın üzerinde standart olarak manometre, emniyet valfi, giriş-çıkış bağlantısı, kondensat tahliye vanası yer alır. Hava tanklarının fonksiyonları:

- Kompresör basınçlı hava kullanımındaki değişimleri dengelemek için tankta basınçlı havayı depolar; bu yolla kompresörün start/stop çevrimi azalır.
- Deplasman yöntemiyle çalışan kompresörler, özellikle pistonlu kompresörler, basınçlı hava akışında dalgalanma oluştururlar. Bu dalgalanma tankın içerisindeki hava ile dengelenir.
- Basınçlı havanın tank duvarlarına çarpması ve soğuması nedeniyle bir miktar kondensat yoğunlaşır ve tankın dibinde toplanır. Bu kondensat buradan problemsiz biçimde tahliye edilebilir.

Kondensat Tahliyesi: Oluşan kondensatın tahliyesi birkaç yolla yapılmaktadır.

- **Manuel Vana** ile kullanıcı tarafından belirli periyotlara bağlı kalarak tahliye yapılır. Dezavantajı tahliye sırasında fazla basınçlı hava kaçışı olmasıdır.
- **Mekanik Çalışan Şamandıralı Kondensat Tahliye Cihazı:** Düzgün çalıştıkları zaman hava kaçığına izin vermezler. Fakat çalıştığına kanaat getirmenin zorluğu, bakımının zor olması, tortu birikimi sonucu

tıkanmaya meyilli olmasından ötürü fazla bakıma ihtiyaç duyması yüzünden verimli bir tahliye mekanizması değildir.

- **Elektronik Seviye Sensörlü Kondensat Tahliye Cihazı:** Biriken kondensat miktarı elektronik olarak kontrol edilerek, sadece gerekli olduğu kadar tahliye vanaları açılır. Böylece sistemde hava kaçağı görülmez. Bu tip kondensat tahliyeleri, kirlilikten etkilenmezler ve düşük bakım maliyeti vardır.
- **Zaman Kontrollü Solenoid Valf:** Zaman ayarı genellikle en fazla kondensat yoğunluğuna göre ayarlandığından az kondensat birikimi durumunda fazla hava kaçağı kaçınılmaz olur. Bazı durumlarda ise kondensat tahliyesinin tamamlanması için gerekli zamandan daha kısa zaman ayarı yapıldığında, sistemde biriken kondensat paslanmalara, hava kalitesinin düşmesine ve sonucunda enerji kaybına neden olur.

Ayrıştırıcılar: Kompresör sisteminden kaynaklanan kondensat çeşitli yollarla ayrıştırılabilir:

- Statik yağ – su ayrıştırıcıları
- Membran filtrasyonu
- Adsorbsiyonla ayrıştırma

Bir Hiperbarik Oksijen Tedavi merkezi kurulumunda ihtiyaca uygun boyutta bir basınç odasının seçilmesinin ardından seçilen basınç odasına uygun kapasitede kompresör, kurutucu, hava tankı ve iletim sistemi planlanmalıdır. Birbiri ile uyumlu olmayan cihazların sisteme eklenmesi maliyet ve zaman kaybına neden olacağından kurulum aşamasında planlama çok dikkatli yapılmalıdır.

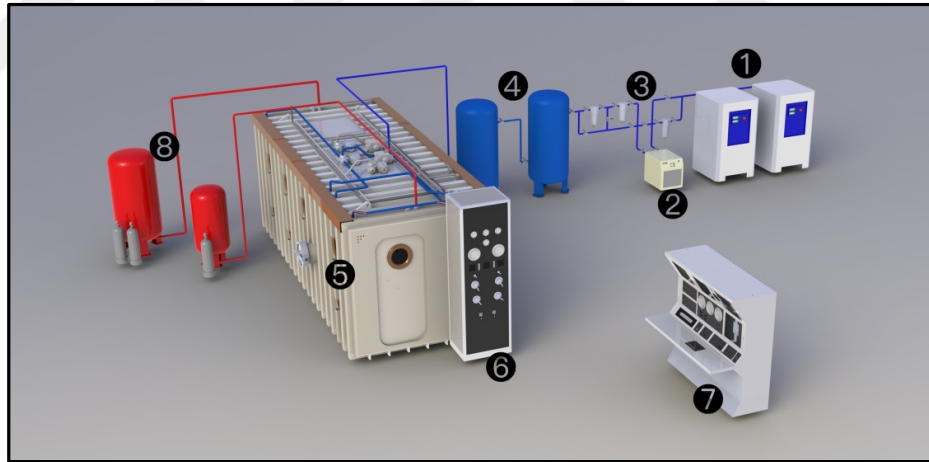
Kompresör içindeki filtreler ve kurutucu filtreleri yeterli gelmediği durumlarda kompresör çıkışına veya kurutucu çıkışına filtre ilave edilebilir. Hava tankına gönderilen havanın en üst düzeyde saflaştırılması, tank ve iletim sisteminin temizliği ve uzun ömürlü olması açısından önemlidir.

Basınçlı hava tankı tahliyesinden gelen kondensat miktarı fazla ise ve sık tahliye yapmayı gerektiriyorsa filtre sisteminde yetersizlik olduğu düşünülmeli ve

buna yönelik önlemler alınmalıdır. Filtre değişimi yapılabileceği gibi tank çıkışına filtre ilave edilerek basınç odasına girmeden havanın saflaştırıldığından emin olunabilir.

Basınç odasının bakımları 5 yılda bir yapılan, hidrostatik testi içeren, basınç odasının çalışma basıncının 1,5 katı üzerinde test edildiği basınç testlerinin yapıldığı büyük bakım ve genelde 6 ayda bir yapılan oksijen sensörü değişimi, regülatör ayarlamaları gibi kullanılan cihazların özelliğine göre değişen sıklıkta yapılan rutin bakımlardır. Kompresör, filtre ve kurutucu bakımları ve yağ değişimi ise cihazların kullanım kılavuzlarında önerildiği sıklıkta, genelde 6 ayda bir yapılan bakımlardır. Bakımlar çalışma saatlerine göre yapılabildiği gibi solunum havası üreten kompresörler olduğundan çalışma saatini doldurmadan bakımlarının yapılması daha uygun olacaktır.

Aşağıdaki **Şekil 13**'de bir Hiperbarik Oksijen Tedavi merkezinin temel yapılanması görülmektedir.



Şekil 13. HBOT merkezi yapılanması (28)

- | | |
|---------------------------|----------------------------|
| 1. Kompresörler | 5. Basınç odası |
| 2. Kurutucu | 6. Manuel kontrol paneli |
| 3. Filtreler | 7. Otomatik kontrol paneli |
| 4. Basınçlı hava tankları | 8. Yangın söndürme sistemi |

2.4. SOLUNABİLİR HAVA KALİTE STANDARTLARI

Basınçlı havanın her kullanımında, hiperbarik tesis havanın saflığının solunabilir düzeyde olmasını sağlamalıdır. Bu, esas olarak periyodik analiz veya sürekli izleme ile gerçekleştirilir. Uluslararası düzeyde hiperbarik tesisler için çeşitli hava kalite standartları mevcuttur. Hiperbarik hava kalitesi standartlarının çoğu iş sağlığı veya dalışla ilgili uygulamalara dayanmaktadır. Hava kalitesi standartlarını ve bazı kirleticilerin hiperbarik ortamda ne gibi etkileri olacağını anlamak önemlidir.

Son 50 yılda birçok gaz analizörü ve analiz tekniğı geliştirilmiştir. Son yıllarda kompresör ve filtreleme sistemlerinde iyileştirmeler ve analitik cihazların gelişimi ve iyileştirilmesi sağlanmıştır. Solunum havasındaki yaygın kirleticilerin insan sağlığı üzerine etkilerini anlamak için tıbbi çalışmalar yapılmıştır; buna göre solunum gazlarında karbondioksit ve karbon monoksit maksimum seviyeleri belirlenmiştir. Diğer toksik maddeler; sülfür dioksit, nitröz oksit, azot dioksit, azot dumanları, metan ve uçucu olmayan hidrokarbonlar solunum gazlarında saptanmıştır. Ksilen, toluen ve çeşitli halojenli çözücüler gibi nadir bileşikler de bulunmuştur.

Basınçlı hava için kirleticiler üç başlıkta incelenebilir:

1. Basınçlı havada en sık bulunanlar (CO_2 , CO, su buharı, yağ buharı, parçacıklar ve koku)
2. Belirli kullanım alanlarında bulunanlar (uçucu hidrokarbonlar ve diğer organik bileşikler)
3. Daha nadir bildirilen toksik maddeler (örneğin temizlik ürünleri ve halojenli çözücülerden kaynaklanan buharlar, motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyonlar, sülfür dioksit ve nitrojen oksit dumanları).

Solunabilir hava saflığının değerlendirilmesinde ülkelere göre değişkenlik gösterebilen birçok standart kullanılmaktadır (**Tablo 4**).

Tablo 4. Çeşitli ülkelerde kullanılan solunabilir hava kalite standartları (29)

Ülke	Kaynak	CO ₂	CO	Su buharı	Yağ buharı	Koku	Diğer
Avrupa	EN 12021	500 ppm	15 ppm	31 ppm	0,5 mg/m ³	Önemsiz	a
ABD	CGA Gr E	1000 ppm	10 ppm	24 ppm	5 mg/m ³	Yok	THK 25 ppm
Kanada	CZ275.1	500 ppm	5 ppm	26 ppm	1 mg/m ³	Yok	b
Avustralya	AS/NZS 2299.1	480 ppm	10 ppm	62 ppm	0,5 mg/m ³	Yok	-
Avustralya	AS 2568	500 ppm	5 ppm	1000 ppm	0,5 mg/m ³	Önemsiz	THK 27,2 ppm
İngiltere	HSE DVIS 9	500 ppm	3 ppm	31 ppm	0,5 mg/m ³	Önemsiz	-
İngiltere	LR 5-4 3.1	500 ppm	10 ppm	621 ppm	1 mg/m ³	Yok	-
Uluslararası	ISO 8573-1 C12	-	-	-40°C	0,1 mg/m ³	-	-
Uluslararası	RAG	500 ppm	10 ppm	62 ppm	5 mg/m ³	Yok	THK 25 ppm

(a Herhangi bir zararlı veya toksik madde içermez.)

(b Uçucu hidrokarbonlar 5 ppm, halojenli hidrokarbonlar 5 ppm.)

THK: Toplam hidrokarbon

Mikrobiyolojik (polen, küf, mantar, bakteri, virüs) veya organik bileşik kontaminasyonu (boya, solvent, temizleyiciler, dezenfektanlar, aerosol spreyler, pestisit, ksilen, formaldehit) hakkındaki endişeler zaman zaman gündeme gelmiştir. Genel olarak, hiperbarik bir ortama verilen solunum gazının mikrobiyolojik kontaminasyona maruz kalması olası değildir. Ek olarak, sıkıştırılmış gazlar, pek çok patojen için toksik PaO₂ değerlerine sahiptir.

Ülkemizde Sağlık Bakanlığı tarafından hazırlanan ve 01.08.2001 tarihinde Resmî Gazete’de yayınlanan Hiperbarik Oksijen Tedavisi Uygulanan Özel Sağlık Kuruluşları Hakkında Yönetmelik’in 18. Maddesi gereği, basınç kabinlerinde kullanılan havada kompresör çıkışından alınan hava numunesi, aşağıda belirtilen

solunum standartlarına uygun olmalı ve bu havanın en az 6 ayda bir resmi bir kurum tarafından tahlili yapılarak belgelenmelidir (**Tablo 5**).

Tablo 5. Sağlık Bakanlığı tarafından belirlenen hava standartları

Oksijen	%20-22 arasında
Yağ Buharı	5 mg/m ³ (maksimum)
Karbonmonoksit (CO)	10 ppm (maksimum)
Karbondioksit (CO ₂)	500 ppm (maksimum)
Koku ve Tat	Yok

2012 yılında Sırbistan’da 9.’su düzenlenen ECHM Konsensus Konferansı’nda basınçlı hava kalite standartları ile ilgili aşağıdaki önerilerde bulunulmuştur (29):

Karbondioksit (CO₂): 1000 ppm

Karbonmonoksit (CO):5 ppm

Su Buharı: Depolanma basıncı 40-200 bar ise: 50 mg/m³ (62 ppm)

Depolanma basıncı >200 bar ise: 35 mg/m³ (44 ppm)

Yağ Buharı: Basınçlı Hava: 0,5 mg/m³

Solunum Havası: 0,1 mg/m³

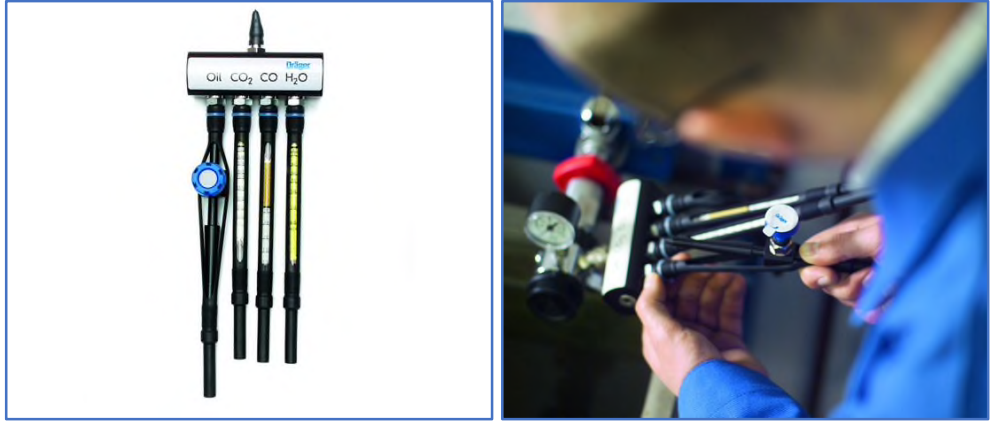
Partikül: > 5 µm parçacıklar için 0,5 mg/m³

Koku: Yok

2.4.1. Hava Analizi

Hava analizi için birçok çeşit yöntem mevcuttur. Manuel ya da elektronik dedektör ve sensörler aracılığı ile ölçümler yapılır. Sisteme entegre edilen ölçüm araçları ile sürekli takip sağlanabileceği gibi belirlenen periyotlarda analiz yapılabilen, mobil hava analiz cihazları da mevcuttur.

Ülkemizde solunabilir hava analizi, merkezlerden gelen talep doğrultusunda, İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Anabilim Dalı Başkanlığı tarafından görevlendirilen teknik personel ile, ilgili merkeze gidilerek kompresör çıkışından alınan hava analiz edilerek yapılır. Dräger firması tarafından üretilen Aerotest Alpha cihazı ve aynı markanın kitleri kullanılmaktadır (**Şekil 14**) (30).



Şekil 14. Aerotest Alpha hava analiz cihazı

2.4.2. Karbonmonoksit

Karbon içeren yakıtların tam yanmaması sonucu oluşan CO, renksiz, tatsız, kokusuz bir gazdır. Kanda oksijenin yerine geçerek hemoglobine bağlanır. Buna bağlı olarak toksisitesinde hipoksiye bağlı semptomlar oluşur. İlk olarak 1895'te Haldane tarafından CO toksisitesinin mekanizması ortaya konmuştur.

Karbonmonoksit İntoksikasyonu: “Bin yüzlü hastalık” olarak da adlandırılan CO toksisitesi, maruziyetin şiddetine bağlı olarak soğuk algınlığı benzeri semptomlardan ölüme kadar değişebilen semptomlarla ortaya çıkmaktadır. Semptomların çeşitliliği nedeniyle tanı alamayan çok sayıda olgu olması CO toksisitesinin gerçek insidansını belirlemeyi güçleştirir.

CO intoksikasyonunda semptomlar:

- Yorgunluk
- Grip benzeri semptomlar
- Baş ağrısı
- Bulantı-kusma
- Karın ağrısı
- Efor dispnesi
- Göğüs ağrısı
- Çarpıntı
- Konfüzyon
- Letarji
- Ajitasyon
- Bilinç kaybı
- Depresyon
- Halüsinasyon
- Unutkanlık
- Görme bozukluğu
- Yürüme bozukluğu
- Denge kaybı
- Belirsiz nörolojik semptomlar
- Koma

Hemoglobinin (Hb) CO'ye affinitesi O₂'e oranla daha fazladır. Vücutta CO eliminasyon yarılanma süresi oda havasında 320 dakikadır. Bu süre %100 O₂ ile 90 dakikaya, 3 ATA'da %100 O₂ ile 23 dakikaya düşmektedir.

Çocuklar, yaşlılar ve fiziksel olarak aktif bireyler CO'ten daha fazla etkilenmektedir. Anemi, egzersiz ve stres toksikasyona yatkınlığı arttırmaktadır. Solunum havasındaki CO konsantrasyonu ve maruziyet süresi toksikasyonun şiddetinde önemli etkenlerdir. Yüksek oksijen ihtiyacı nedeniyle, metabolizması hızlı olan kalp ve beyin CO'ten en çok etkilenen organlardır.

Atmosferdeki CO konsantrasyonu %0,001'den azdır. Şehir gibi yoğun yerleşim alanlarında ve kış aylarında bu değer artabilir. Hb katabolizması sonucu endojen CO üretimi ile her insanda tespit edilebilen bazal bir CO konsantrasyonu mevcuttur. Ayrıca sigara içimi de CO kaynağı olup, ağır içicilerde %10'lara varan karboksihemoglobin (COHb) düzeyleri ölçülebilir.

Karbonmonoksit, insan vücudunda tüm etkisini Hb'e bağlanarak oluşturmaz. Bu nedenle düşük COHb düzeyleri ile ağır intoksikasyon tabloları veya çok yüksek COHb düzeylerine rağmen tam kür görülebilir. CO %10-15'i miyogloblin ve sitokrom gibi proteinlere bağlanırken, %1'i sıvı kompartmanlarda direkt çözünür.

CO Hb'e bağlanarak anemi benzeri tablo oluşturur. Oksijene oranla Hb'e 200-250 kat daha yüksek afiniteyle bağlanan CO, oksihemoglobin eğrisinin sola kaymasına neden olur. Bu durum dokuda Hb'in oksijenden ayrılmasını güçleştirir. CO, kalp ve iskelet kası miyogloblinine de bağlanır. Karboksimiyogloblin ayrışması COHb'e göre çok daha yavaş olduğundan, CO miyogloblinden ayrışıp Hb'e bağlanarak gecikmiş bir COHb yükselmesine neden olabilir (*rebound etki*).

CO karbon içeren yakıtların tam olarak yanmaması sonucu açığa çıkar. Soba, kombi, şömine gibi ısıtıcılar, motorlu taşıt egzozu, yangınlar CO intoksikasyonu nedeni olabileceği gibi nadir olarak aşırı ısınan kompresör yağları, kompresöre egzoz gazı veya baca dumanı girişi olmasına bağlı CO intoksikasyonu oluşabilir.

Kompresör bakımının zamanında yapılmaması, filtre sistemlerinin olmaması veya filtre bakım ve değişimlerinin zamanında yapılmaması ve hava emiş devresine egzoz gazı, duman gibi CO konsantrasyonu yüksek havanın gelmesi sonucu CO düzeyi olması gerekenden yüksek, solunduğunda CO intoksikasyonuna neden olabilecek basınçlı hava elde edilebilir. Böyle bir hava ile basınçlandırılan basınç

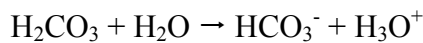
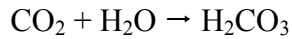
odasında bulunan hasta ve iç yardımcı yüksek basınçta CO'e maruz kalır. HBOT sırasında %100 oksijen solunmasına bağlı olası bir toksikasyon solunan oksijenle herhangi bir semptomu neden olmadan elimine edilebilir. Fakat oksijen solunmadığı durumlarda (O₂ solumayan iç yardımcıda, yanlışlıkla maske regülatörlerinin hava devresinde kalması vs.) CO toksisitesi oluşabilir. Semptomların spesifik olmaması nedeniyle tanıda gecikme ve buna bağlı maruziyet uzayabilir.

2.4.3. Karbondioksit

Normalde atmosferde %0,03-0,04 oranında bulunan karbondioksit (CO₂) renksiz, kokusuz ve asidik bir gazdır. Mitokondride oksidatif solunumun bir ürünü olarak ortaya çıkar ve dokulardan dolaşım ile akciğerlere ulaşarak atılır. Canlıların solunumu dışında içten yanma ve pişirme işlemleri, organik maddenin mikrobiyal parçalanması, kompresör filtrelerinde ve motorlu taşıt egzoz sistemlerinde CO'in CO₂'e dönüşümü ile ortaya çıkar.

Artan CO₂ ve asidoz santral medüller kemoreseptörlerin aracılığı ile solunumu uyarır. CO₂ solunum için en güçlü stimülandır.

CO₂'in çözünürlüğü O₂'in 20 katıdır. Kanda hem çözünmüş olarak hem de hemoglobine bağlanarak taşınır. 100 ml arteriyel kanda; 3 ml çözünmüş olarak, 3 ml hemoglobin ve plazma proteinlerine bağlanarak, 44 ml ise bikarbonat iyonu (HCO₃⁻) olarak taşınır.



Herhangi bir nedenle vücuttan CO₂'in atılamaması ya da solunum havasında CO₂ oranının yüksek olması halinde kanda PaCO₂ yükselmesi ile sonuçlanan hiperkapniye neden olur.

Hiperkapnide belirtiler solunan PaCO₂ düzeyine bağlı olarak değişir. Taşipne ile başlayarak PaCO₂ artışıyla birlikte konfüzyon, konvulziyon, bilinç kaybı ve ölüme kadar ilerleyebilir.

Hiperkapninin tedavisi ortamdan uzaklaştırma ve oksijen tedavisidir. Tedaviye hızla yanıt alınır.

2.4.4. Yağ Buharı: Kompresörler tarafından basınçlandırılan ve basınç odasına iletilen havada yağ buharı bulunabilir. Bunun nedeni kompresör bakımlarının zamanında yapılmaması, uygun kompresör yağının kullanılmaması ve filtre sistemlerinin yetersiz ve bakımsız olması olabilir. Solunum havasında yağ buharı olmaması istenir ve Sağlık Bakanlığı tarafından oluşturulan Hiperbarik Oksijen Tedavisi Uygulanan Özel Sağlık Kuruluşları Hakkında Yönetmelik gereği basınçlı havadaki bulunabilecek yağ buharı maksimum 5mg/m³ kabul edilebilir sınır olarak verilmiştir.

Lipoid Pnömoni: Fazla miktarda yağ buharı solunması veya yağ aspirasyonu, infeksiyöz olmayan aspirasyon sendromlarından ekzojen lipoid pnömoniye neden olabilir (31). Özellikle mineral yağlar solunduğunda pulmoner fibrozise kadar ilerleyebilen akut pnömoni görülebilir. Lipoid pnömoni, yağ içeren nazal damlaların veya mineral yağ içeren laksatiflerin aspirasyonuna bağlı olarak da görülebilir. Ayrıca giderek yaygınlaşan elektronik sigaralara bağlı bildirilen lipoid pnömoni olguları da artmaktadır (32,33).

Lipoid pnömoni histolojisinde dev hücreli inflamasyon görülür. Yağ vakuolleri ve fagositler, tip 2 hücre metaplazisi, arteriolar ve bronşiyal hücre dejenerasyonu, nekroz ve fibroz saptanabilir (34).

Hastaların yaklaşık %50'si asemptomatiktir ve rutin akciğer radyografileri ile tesadüfen saptanabilir. Öksürük, dispne, ateş, göğüs ağrısı ve hemoptizi gibi spesifik olmayan semptomlar görülebilir. Genelde kronik seyreder ve kilo kaybı eşlik eder. Balgam, bronkoalveolar lavaj ve transbronşial biyopsi lipid içeren makrofajları görmek açısından faydalı olabilir.

Radyolojik bulgular spesifik olmamakla birlikte perihiler opasiteden, hava bronkogramlı geniş konsolidasyon alanlarına kadar değişebilir. Akciğerde tutulum alanı genellikle alt ve arka loblardır. Bu nedenle, lobar pnömoniyi taklit edebilir.

Basınç odasına tedavi için alınan hastada lipoid pnömoni tanısı koymanın çeşitli güçlükleri vardır. Lipoid pnömonide klinik tablo ve radyolojik değişiklikler bakteriyel pnömoni ve tüberkülozu taklit edebilir. Hastalar genellikle başka komorbid hastalıklara da sahip olduğundan var olan semptomlar bunlara atfedilebilir. Oksijen toksisitesine bağlı semptomlar geliştiği düşünülebilir. Basınç odasında dalış ve çıkış sırasında oluşan sıcaklık farkına bağlı olarak hastalandığı düşünülebilir.

Lipoid pnömoninin yanı sıra solunan havada yağ buharı olması basınç odasında yangın riskini de beraberinde getirir. HBOT sırasında oksijen periyotlarında maske regülatörlerinden oksijen gelirken, hava molasına gelindiğinde sistem havaya döner ve maskelerden hava solunur. Yağ buharı düzeyinin yüksek olduğu durumda, havada bulunabilecek yağ buharının devreyi kirletmesi olasıdır. Hava molası bitişi ile beraber sistem tekrar oksijene döndüğünde iletim sisteminde kalan yağ, %100 oksijen ile basınç altında etkileşime geçerek yangına neden olabilir.

Bu riskleri uzak tutmak amacıyla yağsız, pozitif deplasmanlı kompresörler kullanılmalıdır (35). Amerikan Ulusal Yangın Önleme Derneği (National Fire Protection Association-NFPA 99), basınç odası ile kompresör arasında bir ayırıştırıcı varlığında yağ enjekteli kompresörlere izin vermektedir. NFPA 99 "element değiştirme göstergesi" olan birleşik filtreler ve hidrokarbonlar için sürekli veya günlük olarak izlenecek kolorimetrik hidrokarbon göstergeleri olan bir karbon filtresi kullanımını şart koşmaktadır (36).

2.4.5. Su Buharı

Nem, gaz içindeki su buharı miktarıdır. Nem ölçümlerinde mutlak nem, bağıl nem ve spesifik nem hesaplanır. Mutlak nem, birim hacimdeki nem miktarıdır ve birimi gr/m^3 olarak ifade edilir. Bağıl nem, havanın içindeki nem miktarının o havanın alabileceği maksimum neme oranıdır ve sıcaklık ile ters orantılıdır. Spesifik nem ise bir gazın içindeki su buharı ağırlığının, o gazın ağırlığına olan oranıdır.

Bir gazın içindeki su buharının ulaşabileceği maksimum kısmi basınç seviyesi, tamamen gazın sıcaklığına bağlıdır. Gazın sıcaklığı arttıkça, daha yüksek maksimum kısmi basınç ve yeni denge seviyesine ulaşana kadar daha fazla su molekülü gaz tarafından tutulabilecektir. Gaz soğuduğunda ise gazdaki su buharı, gazın toplam basıncından bağımsız olarak daha düşük kısmi basınç durumu oluşuncaya kadar yoğunlaşacaktır.

Kompresörden basınçlandırılan havadaki su buharı miktarının fazla çıkmasının nedenlerinden biri nemli ve sıcak havada kompresörün çalıştırılmasıdır. Kompresör gövdesinin yeterli soğutulmadığı ve havalandırmanın yetersiz olduğu durumlarda su buharı miktarının yükselmesi kaçınılmazdır.

Solunum havasındaki su buharı belli seviyelerde faydalıdır. Su buharı solunum yollarını nemlendirerek solunumu rahatlatır. Ayrıca nem oranı az olan

ortamda statik elektrik oluşumu artar. Bununla birlikte sıcaklık azaldığında havanın su tutuculuğu azalır ve su yoğunlaşmaya başlar. Hava iletim sistemlerinde ve basınç odasında yoğunlaşan su miktarının fazla olması korozyon ve oksidasyonu artırır.

Aşırı nem, filtre elemanlarının ve kimyasalların doymasına neden olarak filtreleme verimliliğini ve etkinliğini azaltır ve basınç kaybına neden olur. Yüksek oranda su buharı, basınç düşüşü sırasında sıcaklık azalmasıyla birlikte regülatörlerde donmaya neden olabilir. Nemli ortam, mikroorganizmaların çoğalması için uygun şartları sağlayarak bulaşıcı hastalıkların yayılmasına neden olabilir.

2.4.6. Koku ve Tat: Basınçlı havada kokunun kaynağı kullanılan temizlik malzemeleri ve kompresör yağı kontaminasyonuna bağlı olabilir. Koku varlığı tedavi sırasında hastaların konforunu bozan bir faktördür. Rahatsızlık verici olmasının yanı sıra olası kirleticilerle ilgili potansiyel sorunları gösterir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu tez çalışması öncesinde Sağlık Bilimleri Üniversitesi Hamidiye Bilimsel Araştırmalar Etik Kurulu'ndan 24.04.2020 tarihli ve 20/102 karar nolu onay alındı (**EK 1**).

Çalışmada, İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi, Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Anabilim Dalında kayıtları tutulan HBOT merkezlerine yapılan hava analiz sonuçları geçmişe dönük olarak derlendi. Aynı zamanda, bir HBOT merkezinde solunabilir hava kalitesine etki edebilecek faktörleri sorgulamak amacıyla 17 sorudan oluşan bir anket hazırlandı (**EK-2**).

Solunabilir Hava Analizleri Taraması: HBOT merkezlerinin isteği üzerine yapılan ve masrafları merkez tarafından sağlanan hava saflık analizi Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Anabilim Dalı Başkanlığının görevlendirdiği basınç odası operatörü tarafından yapılır. Test sonucu bir nüshası ilgili merkeze gönderilmek üzere, bir nüshası da Anabilim Dalı Başkanlığınca dosyalanmak üzere iki nüsha hazırlanır.

Geçmişe dönük olarak Mayıs 2003-Şubat 2020 tarihleri arasında 294 test sonucuna ulaşıldı. Yağ buharı, su buharı, karbondioksit, karbonmonoksit ve oksijen ölçüm değerleri ve koku-tat varlığı kaydedildi. 294 testin 96'sında (%32,6) su buharı değeri mevcut değildi. Ülkemizdeki standartlarda su buharı ölçümü şartı olmadığı için ve ölçüm kitinin bir süre temin edilememesi nedeniyle olduğu öğrenildi.

Anket Çalışması: Hava analiz sonuçlarının taraması yapılırken aynı zamanda hazırlanan anket, Türkiye'deki bütün HBOT merkezlerine olacak şekilde toplam 52 merkeze gönderildi. Şubat-Mart 2020 tarihlerinde e-posta ile gönderilen anketlere yine e-posta yolu ile cevaplar alındı. İstanbul'da bulunan 15 merkeze yapılan ziyarette, anket yüz yüze yapılan görüşme ile dolduruldu. İstanbul dışındaki merkezlerin sorumlu hekimleri ve basınç odası operatörleri ile yapılan telefon görüşmeleri ile eksik bilgiler tamamlandı.

Ankette merkez adı isteğe bağlı olarak dolduruldu, açık uçlu ve seçenekli sorular yöneltildi. Genel olarak üç bölümden oluşan anketin birinci bölümünde;

basınç odasının çalışma yoğunluğu, ikinci bölümünde; kompresör, kurutucu ve filtrelerin marka, model ve kapasiteleri ve kompresörde kullanılan yağ markası, üçüncü bölümünde; basınç odası, kompresör, filtre ve kurutuculara yönelik bakımların en son ne zaman yapıldığı sorgulandı. Son olarak, basınç odası yapılanmasını anlayabilmek ve eksik kalan bilgileri tamamlamak amacıyla, kompresör, filtre, kurutucu sistemlerinin fotoğrafları istenerek anket sonlandırıldı.

Hava analizi sonuçları ve anket sonuçları bir Microsoft Excel dosyasına aktarıldı.

İstatistik Analiz: Çalışmada elde edilen bulgular değerlendirilirken, istatistiksel analizler için IBM SPSS Statistics 22 (IBM SPSS, Türkiye) programı kullanıldı. Çalışma verileri değerlendirilirken tanımlayıcı istatistiksel metotların (Ortalama, Standart Sapma, Minimum, Maksimum) yanı sıra niceliksel verilerin karşılaştırılmasında normal dağılım gösteren parametrelerin iki grup arası karşılaştırmalarında Student t testi, normal dağılım göstermeyen parametrelerin iki grup arası karşılaştırmalarında Mann Whitney U testi kullanıldı. Normal dağılım gösteren parametrelerin grup içi karşılaştırılmasında paired samples t test kullanıldı. Anlamlılık $p < 0,05$ düzeyinde değerlendirildi.

4. BULGULAR

Türkiye’de bulunan 52 merkezin 44’ü (%84,6) anket sorularını yanıtlayarak çalışmaya katıldı. Bu merkezlerin 24’ü (%54,5) kamu kurumlarında, 20’si (%45,5) özel sektörde bulunmaktaydı. Çalışmaya katılan merkezlerin büyük çoğunluğu 15 merkezle (%34,1) İstanbul’da bulunuyordu. İstanbul’u 3’er merkezle (%6,8) Ankara, İzmir ve Kocaeli illeri izledi. Çalışmaya katılan merkezlerin illere göre dağılımı **Tablo 6**’da izlenmektedir.

Tablo 6. Çalışmaya katılan merkezlerin illere göre dağılımı

İL	MERKEZ SAYISI n (%)	İL	MERKEZ SAYISI n (%)
İstanbul	15 (%34,1)	Balıkesir	1 (%2,3)
Ankara	3 (%6,8)	Çanakkale	1 (%2,3)
İzmir	3 (%6,8)	Denizli	1 (%2,3)
Kocaeli	3 (%6,8)	Eskişehir	1 (%2,3)
Adana	2 (%4,5)	Gaziantep	1 (%2,3)
Bursa	2 (%4,5)	Hatay	1 (%2,3)
Diyarbakır	2 (%4,5)	Kayseri	1 (%2,3)
Mersin	2 (%4,5)	Konya	1 (%2,3)
		Malatya	1 (%2,3)
		Sakarya	1 (%2,3)
		Trabzon	1 (%2,3)
		Van	1 (%2,3)

Ankete katılan merkezlerin 42’si (%95,4) çok kişilik basınç odasına sahip iken, 1 merkezde 4 adet tek kişilik 1 merkezde ise 1 adet tek kişilik basınç odası bulunmaktadır.

Merkezlerin genel çalışma düzeyleri içinde aylık seans sayıları değişmekteydi. Altı merkez inaktif idi. Dokuz merkez ayda genellikle 40-60 seans, 13 merkez ayda 60-80 seans tedavi yapmaktaydı. 16 merkezin ise rutin olarak ayda gerçekleştirdikleri seans sayısı 80’in üzerindeydi.

Merkezlerin seans sayısını tam olarak belirlemek için son bir ay içinde yaptıkları seans sayısı soruldu. Son ay içinde tedavi yapmayan merkez sayısının sekiz olduğu, merkezlerin gerçekleştirdikleri seansların ise 42 ile 184 arasında değiştiği, ortalama $84,6 \pm 32,8$ seans olduğu görüldü.

Anketin yapıldığı son ay tedavi yapmayan merkezler hariç merkezlerin son ay uyguladıkları gerçek seans sayısının rutin olarak uyguladıklarını belirttikleri seans

sayısı aralığına tam olarak ve tüm merkezlerde uyduğu görüldü. Ayda genellikle 40-60 seans tedavi uyguladığını belirten merkezler anketin yapıldığı son ay ortalama $46,0 \pm 3,8$ seans; ayda 60-80 seans tedavi uyguladıklarını belirten merkezler son ay ortalama $69,3 \pm 6,0$ seans ve ayda 80 seansın üzerinde tedavi yaptıklarını belirten merkezler son ay ortalama $115,3 \pm 22,2$ seans yaptılar.

Gerek rutin aylık seans sayısı ($P=0,000$) gerek son ay yapılan seans sayısı ($P=0,000$) açısından özel merkezlerin kamuya ait merkezlerden daha fazla seans gerçekleştirdikleri saptandı (**Tablo 7**).

Tablo 7. Özel ve kamu merkezlerinin seans sayıları

Merkezler	40-60 seans (n)	60-80 seans (n)	>80 seans (n)	Son ay yapılan seans (Ort $\pm$ SD)
Özel	1	2	16	107,2 $\pm$ 28,4
Kamu	8	11	0	59,3 $\pm$ 12,7
	P=0,000			P=0,000

Basınç odalarının büyük bakımlarının en son kaç yıl önce yapıldığı sorusuna 14 merkez henüz büyük bakım yapılmadığını belirtti. Büyük bakım 14 merkezde son bir yıl içinde yapılmıştı. 15 merkezde büyük bakım bir ila beş yıl öncesinde, bir merkezde ise beş ila on yıl öncesinde yapılmıştı.

Basınç odalarının bir firma tarafından uygulanan rutin bakımları halen aktif olmayan 5 merkezde yapılmamaktaydı. Öte yandan aktif olarak çalışan bir özel merkezde ise rutin bakım yapılmıyordu. Rutin bakım uygulanan 38 merkezden 27'sinde (%71,0) bu bakımlar son 6 ay içinde; 8'inde (%21,1) son 6 ay-bir yıl içinde ve 3'ünde (%7,9) 1-2 yıl içinde yapılmıştı. Rutin bakımların özel ve kamuya ait merkezlere göre dağılımı **Tablo 8**'de gösterilmektedir. Rutin bakım süreleri açısından özel ve kamu merkezleri arasında bir fark bulunmamaktaydı ($p=0,372$).

Merkezlerin 37'sinde ikinci bir kompresör, üçünde ayrıca üçüncü bir kompresör bulunmaktaydı. Tek kompresörü bulunan yedi merkezin altısı özel merkezdi.

Tablo 8. Özel ve kamuya ait merkezlerin rutin bakım geçmişleri

Merkezler	6 ay içinde (n)	6 ay-1 yıl içinde (n)	1-2 yıl içinde (n)	Rutin bakım yapılmayan
Özel	12	4	2	2
Kamu	15	4	1	4
P=0,372				

Birincil kompresör tüm merkezlerde alçak basınç kompresörüydü. Dinamik ve Kaeser markaları en çok tercih edilen kompresördü. İkincil kompresörü bulunan 37 merkezin 6'sının ikinci kompresörü yüksek basınç kompresörüydü. Bunların dördü özel merkezdi ve tümünün kompresörü Bauer marka, ikisi kamu merkeziydi ve her ikisinin de yüksek basınç kompresörü Alkin markaydı. Alçak basınç ikinci kompresör en sık Dinamik ve Sarmak marka kompresörlerdi (**Tablo 9**).

Tablo 9. Merkezlerde kullanılan asıl ve yedek kompresörlerin markaları, menşeleri

Birinci kompresör			İkinci kompresör			Üçüncü kompresör		
Marka	n	Menşe	Marka	n	Menşe	Marka	n	Menşe
Dinamik	9	Türk	Dinamik	10	Türk	Sarmak	1	Türk
Kaeser	9	Alman	Sarmak	6	Türk	Bauer YB	1	Alman
Sarmak	5	Türk	Ekomak	4	Türk	Alkın YB	1	Türk
Ercom	4	Türk	Bauer YB	4	Alman			
Atlas Copco	3	İsveç	Atlas Copco	3	İsveç			
Dalgakıran	3	Türk	Ercom	2	Türk			
Ekomak	3	Türk	Kaeser	2	Alman			
Renner	2	Alman	Alkın YB	2	Türk			
Tamsan	2	Türk	Bottarini	1	İtalyan			
Vortex	2	Türk	Dalgakıran	1	Türk			
Bottarini	1	İtalyan	Tahaş	1	Türk			
Lupomat	1	Türk	Vortex	1	Türk			

Kamuya ait merkezlerin ve özel merkezlerin kullandıkları kompresörlerin markaları ve bunların menşeleri **Tablo 10**'da gösterilmektedir. Kamuya ait

merkezlerde kullanılan 48 kompresörün 41'i (%85,4) Türk malı, 7'si (%14,6) yabancı üründür. Öte yandan özel merkezlerin kullandığı 34 kompresörün 19'u (%55,8) yabancı ürün, 15'si ise (%44,1) Türk malıdır. Kompresör menşeyi açısından özel ve kamu merkezleri arasında anlamlı farklılık bulunmaktadır ($P=0,002$). Kamuda kurulu merkezlerde kompresörler daha çok Türk malı, özel merkezlerde ise yabancı menşelidir.

Tablo 10. Kamuya ait merkezlerin ve özel merkezlerin kullandıkları kompresörlerin markaları ve menşeleri

Kamu merkezleri			Özel merkezler		
Marka	n	Menşe	Marka	n	Menşe
Dinamik	15	Türk	Kaeser	10	Alman
Sarmak	8	Türk	Bauer YB	5	Alman
Ekomak	6	Türk	Dalgakıran	4	Türk
Ercom	6	Türk	Dinamik	4	Türk
Atlas copco	4	İsveç	Sarmak	4	Türk
Vortex	3	Türk	Atlas copco	2	İsveç
Alkin YB	3	Türk	Renner	2	Alman
Bottarini	2	İtalyan	Tamsan	2	Türk
Kaeser	1	Alman	Ekomak	1	Türk
			Lupomat	1	Türk
			Tahaş	1	Türk

Merkezlerin kullandıkları alçak basınçlı ilk ve ikinci kompresörlerin debileri **Tablo 11**'de gösterilmektedir. Debisi düşük olan yüksek basınç kompresörler değerlendirme dışı tutulmuştur. Ayrıca bir merkez, hastanenin debisi çok yüksek olan ortak kompresöründen hava sağlamaktaydı. Bu kompresör de değerlendirme dışı tutuldu. İlk ve yedek kompresörlerin debileri birbirinden farklı değildi ($P=0,646$).

Tablo 11. Birinci ve yedek kompresörlerin debi kapasiteleri

	Ortalama±SD m³/Dk	Minimum m³/Dk	Maksimum m³/Dk
Birinci kompresör	2,38±1,41	1,10	8,69
İkinci kompresör	2,34±1,49	1,10	8,69

Merkezlerin ikisi hariç tümünde kompresörlerden sonra filtre yer almaktaydı. İki özel merkezde ise kompresörden sonra filtre bulunmamaktaydı. Bu merkezlerde filtre yalnızca hava deposundan sonra yerleştirilmişti. Merkezlerin 20'sinde (%45,5) kompresör çıkışından başka hava depolarından sonra da filtre bulunmakta, 22'sinde ise (%50,0) bulunmamaktaydı. Merkezlerin tamamında kartuş tipi filtreler tercih edilmişti.

Hiçbir merkezde hava hattı üzerinde, BIBS (*Built In Breathing Systems*) öncesinde ek filtre yer almamaktaydı.

Merkezlerde birinci ve ikinci kurutucu marka ve modelleri **Tablo 12**'de gösterilmektedir.

Tablo 12. Merkezlerde kullanılan kurutucular

Marka-model	n	Marka-model	n
ATLASCOPO FX4	1	KAESER TBH16/TCH22/TCH32	5
BEACON MEDAES dMED35	1	MARK MDX 1800/MDK 6500	2
BOTTARİNİ ES20	2	MİKROPOR VT190/MKE100/MKE155/MKE375	11
BURAN SABROE	1	MTA DE 102	2
CALYPSO CAD42/ CAD53/ CAD61/ CAD70	5	SARMAK	2
CONSALVANO E500	1	TAMSAN VT160	3
DALGAKIRAN DRYAIR DK70	1	ULTRATROC SD0170 A	2
DONALDSON	2	VORTEX ADP400	1
EKOMAK CAD30/CAD42	5	VTC AIR DRYER VTC 100	1
FRIULAIR, AMD 43AC	2	ZANDER	1
INGERSOLLRAND NİRVANA	1		

Kurutucu kapasiteleri ortalama $3,18 \pm 1,56$ m³/Dk (min: 1,36 – maks: 6,50) olarak saptandı. Birinci kompresör ve kurutucu kapasitelerine ankette tam olarak yanıt veren 34 merkezin 25'inde (%73,5) kurutucu kapasitesi kompresör kapasitesinden yüksek, ikisinde aynı (%5,9), 7'sinde ise daha düşüktü (%20,6).

Merkezlerin 37'sinde ikinci bir kompresör bulunmaktaydı. Bunlardan kapasitesi bilinen kompresörlerin sayısı 34'dür. Öte yandan bu kompresörler için ayrı bir kurutucu bulunan merkez sayısı 9'dur. Bunlardan bir merkezin kurutucu kapasitesi ikinci kompresörde de tıpkı birincide olduğu gibi düşüktür. İkinci kompresörünün ayrı bir kurutucusu bulunmayan 28 merkezin 16'sında (%43,5) iki kompresör birlikte çalıştığında kompresörlerin kapasitesi kurutucu kapasitesini aşmaktadır. Sonuç olarak, ilk kompresörünü tek başına veya varsa her iki kompresörünü aynı anda çalıştırıp kurutucu kapasitesini aşmayacak biçimde sistem kurulumuna sahip merkez sayısı yalnızca 15'dir.

Merkezlerin kompresörlerinde kullandıkları yağ bilgisi sorusuna 40 merkez yanıt verdi. Kompresörlerde çeşitli marka ve model yağ kullanılmaktaydı. Alçak basınç kompresörleri için 21 merkez ile en sık Mobil Rarus 400 serisi kullanılmaktaydı (%52,5). Bunu, Kaeser Sigma Fluid serisi 4 merkez; Fuchs Opet Renolin SC 46, Rotair (Atlas) ve Dalgakıran Smart Oil 300 ile 3'er merkezle takip etmekteydi. Bir merkez Opet Dura ve bir merkez de silikonsuz sentetik yağ kullandıklarını ifade etmişti.

Yüksek basınç kompresörleri bulunan 8 merkezin üçü yağ bildiriminde bulunmuştu. Bunların ikisi Bauer, VDL 100 sentetik, biri de Anderol, 750 sentetik yağ kullanılmaktaydı.

Kompresörlerin ilgili firma tarafından gerektiğinde yağ değişimini de içeren bakımları halen aktif olmayan 4 merkez dışında 40 merkezde değişik aralıklarla yapılmaktaydı. Altı ayda bir kompresör bakımı yapılan 17 merkez (%42,5), 6 ay-1 yıllık dönemde kompresör bakımı yapılan 23 merkez (%57,5) bulunmaktaydı.

Aktif olmayan 4 merkez dışında kalan 40 merkezde filtre değişimi 15 merkezde (%34,1) 6 ayda bir, 20 merkezde (%45,5) 6 ay-1 yıl içinde, iki merkezde 1-3 yıl aralığında yapılmaktaydı. Bir merkez filtrenin çalışma süresi dolduğunda değiştirildiğini, ikisi ise hiç değiştirilmediğini bildirdi.

Merkezlerde regülatör bakımı ve temizliğinin son yapılma zamanı ortalama $68,3 \pm 136,2$ gün ile çok değişkendi. 13 merkez regülatör bakım ve temizliğini son haftada yapmışken, iki merkez bir yıl önce, bir merkez ise iki yıl önce yapmıştı. Kontrollerde yedi merkezde kirlenme saptanmıştı. Regülatör bakım ve temizlik geçmişi ile kirlenme saptanması arasında istatistik ilişki saptanmadı ($P > 0,05$). Regülatör bakım süresi kamu merkezlerinde ortalama $26,9 \pm 22,3$ gün ile özel merkezlerin regülatör bakım süresinden ($107,7 \pm 182,4$ gün) daha kısaydı. Ancak bu farklılık istatistiksel olarak anlamlılık kazanmadı ($P = 0,064$).

Basınçlı hava tanklarının tank kapağı açılarak en son ne zaman kontrol edildiği sorusuna 8 merkez kontrol yapılmadığını, iki merkez ise kapak bulunmadığı için bu kontrollerin yapılamadığı belirtti. Kapak kontrolü yapan 29 merkezin kontrolü üstünden geçen zaman ortalama $296,4 \pm 277,4$ gündü (min: 1 hafta-maks: 3yıl). Bu kontrollerde 10 merkezde tank içlerinde yağ, pas, galvaniz parçaları gibi kirlenmeler saptandı. Kirlenme saptanan tankların ortalama bakım süresi daha uzun olmakla birlikte ($322,4 \pm 271,6$ güne $282,7 \pm 286,7$ gün) bu fark anlamlı değildi ($P > 0,05$). Benzer biçimde kamuda kurulu merkezlerde tank bakım süresi özel merkezlerden daha uzunsa da ($327,3 \pm 329,1$ güne $263,3 \pm 216,3$ gün) bu fark anlamlı değildi ($P > 0,05$).

Merkezlerin özel veya kamuya ait olmaları kompresör bakımı, filtre değişimi ve hava analizi sıklıkları açısından bir fark yaratmıyordu ($P > 0,05$).

Halen aktif 40 merkezin 10'unda (%25,0) tedavi sırasında koku şikayetinin ortaya çıktığı belirlendi. Bunlardan beşinde kokunun nedeni yanlış yağ kullanımına bağlandı ve tümünde yağ ve filtre değişimi yapılarak sorun giderilmişti. Üç merkezde kurutucu ve filtre arızasına bağlı olarak sisteme yağ karışmıştı. Bunlarda da sistem temizliği, filtre ve yağ değişimi yapılarak sorun çözülmüştü. İki merkezde ise kokunun oksijen sisteminden kaynaklandığı ifade edildi. Bir merkezde herhangi bir şey yapılmamış, diğerinde oksijen basıncı yükseltilerek sorun giderilmişti. Tedaviler sırasında koku şikayeti ortaya çıkan 10 merkezin altısı kamuya ait, 4'ü özel merkezdi.

Hava analizinin ne sıklıkla yapıldığı sorusuna 24 merkez (%54,5) 6 ayda bir; 10 merkez (%22,7) 6 ay-1 yıl arasında; 2 merkez 1-3 yıl içinde yapıldığı yanıtı verdi. Üç merkez aktif olarak tedavi yapmadığı için hava analizi yaptırmadığını belirtti. Öte

yandan bir özel merkezde düzenli hava analizi yapılmıyordu. Kamuya ait 3 merkezde (%6,8) ise hava analizi hiçbir zaman yapılmamıştı.

Merkezlerin hava analizleri bu analizlerin yapıldığı merkez olan İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi, Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Anabilim Dalı kayıtlarından da takip edildi. 9/5/2003 - 11/2/2020 tarihleri arasında yapılan 294 hava analiz kayıtları bu amaçla incelendi. Hava analizlerinin sonuçları **Tablo 13**'de gösterilmektedir.

Tablo 13. Hava analizi sonuçları

Parametre	Ort±SD	Min - Maks
Yağ buharı (mg/m ³)	0,08±0,24	0 – 2,5
Su buharı (mg/m ³)	31,67±20,04	0 - 100
CO ₂ (ppm)	127,52±134,87	0 – 500
CO (ppm)	0,18±0,83	0 – 5
O ₂ (%)	%21,09±0,10	%20,9 – 21,4
Koku-tat	1 testte (+) 293 testte (-)	

Ölçümlerin hiçbirinde yağ buharı, CO ve O₂ normal sınırların ötesinde ölçülmedi. Su buharı bakılan 199 ölçümün 89'unda (%44;7) 25 mg/m³'ün üzerinde; 19 ölçümde ise (%9,5) 50 mg/m³'ün üstünde saptandı. Karbondioksit 5 ölçümde üst sınır olan 500 ppm düzeyinde ölçüldü. Yalnızca bir ölçümde kokuya rastlandı. Bu ölçümde CO₂ miktarı 500 ppm düzeyindeydi.

Daha önce merkezlerin anket yanıtı olarak verdiği hava analizi yaptırma sıklığı bu kez hava analiz kayıtları üzerinden belirlendi. 10 merkez hava analizlerini 6 ayda bir, 15'i 6 ay-1 yıl arasında, 13'ü 1-3 yıl arasında ve 6'sı daha seyrek olarak yaptırmaktaydı. Hava analizlerini 6 ayda bir yaptıran merkezlerin 6'sı İstanbul yerleşimliydi. İzmir'de kurulu 4 merkezden ikisi 6 ayda bir hava analizi yaptırmaktaydı. Hava analiz kayıtları üzerinden değerlendirildiğinde de merkezlerin özel veya kamuya ait olmaları hava analiz sıklığını değiştirmiyordu (p>0,05).

5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Hiperbarik Oksijen Tedavi merkezlerinde basınç odasını istenilen tedavi basıncına basınçlandırmak üzere hava kompresörleri kullanılır. Kompresörlerden basınçlandırılan bu hava solunabilir hava kalite standartlarına uygun olmalıdır.

Ülkemizde Sağlık Bakanlığı tarafından hazırlanan ve 01.08.2001 tarihinde Resmî Gazete’de yayınlanan Hiperbarik Oksijen Tedavisi Uygulanan Özel Sağlık Kuruluşları Hakkında Yönetmelik’in 18. Maddesi gereği, basınç kabinlerinde kullanılan havada kompresör çıkışından alınan hava numunesi, belirtilen solunum standartlarına uygun olmalı ve bu havanın en az 6 ayda bir resmi bir kurum tarafından tahlili yapılarak belgelenmelidir. Bu yönetmelik özel HBOT uygulanan merkezler için düzenlenmiş olsa da Sağlık Bakanlığına bağlı hastanelerde bulunan HBOT merkezleri de bu yönetmeliğe göre değerlendirilir ve denetlenir.

Hava analizleri merkezlerin talebi doğrultusunda uzun yıllardır İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Anabilim Dalı Başkanlığının görevlendirdiği basınç odası operatörü tarafından yapılagelmektedir. Test sonucu bir nüshası ilgili merkeze gönderilmek üzere, bir nüshası da Anabilim Dalı Başkanlığınca dosyalanmak üzere iki nüsha hazırlanır.

Çalışmamız hava analiz sonuçlarının geçmişe dönük olarak derlenerek HBOT merkezlerinden alınan bilgilerle bir araya getirilmesi yönünden bu alanda yapılan ilk çalışma olma özelliğini taşımaktadır.

Ülkemizde 47’si aktif olarak çalışan, 5 tanesi ise henüz tedaviye başlamamış 52 basınç odası bulunmaktadır. Bu 52 merkezden 44’ü (%84,6) anket sorularını yanıtlayarak çalışmaya katıldı. Bu merkezlerin 24’ü (%54,5) kamu kurumlarında, 20’si (%45,5) özel sektörde bulunmaktaydı. Ankete katılmayan merkezlerin 6’sı özel sektörde, 2’si kamu kurumuna bağlı olup, kamudaki merkezlerden birinin henüz sorumlu doktoru bulunmadığından anket ulaştırılamadı. Ankete katılmayan özel merkezlere çalışmada merkez adının gizli tutulacağı bildirilmesine rağmen merkezlerine ait bilgileri paylaşmak istemediklerini belirttiler.

Kurulu merkezlerin bir kısmının halen aktif olmaması, bu merkezlerin yeni

kurulmasına ve henüz hekim atanmamış olmasına bağlıdır. Merkezlerin bir kısmı ise görevli hekimin ayrılması sonucu inaktif duruma geçmiştir. Bu durumun en büyük sebebi değişik illerde açılan merkezlerin hekim ihtiyacının zorunlu hizmet uygulaması ile karşılanıyor olmasıdır. Zorunlu hizmet süresi biten hekim görevinden ayrıldığında yeni hekim atanana kadar geçen sürede merkezler inaktif duruma geçmektedir.

Ankete katılan merkezlerin 42'si (%95,4) çok kişilik basınç odasına sahip iken, bir merkezde 4 adet tek kişilik, bir merkezde ise 1 adet tek kişilik basınç odası bulunmaktadır. Schmutz'un uluslararası özel sektörde bağımsız olarak çalışan HBOT merkezlerine yaptığı anket çalışmasında, ankete cevap veren 45 merkezden 23'ünün (%51) tek kişilik basınç odasına sahip olduğu bildirilmiştir (37).

Tek kişilik basınç odaları daha az personel, yerleşim alanı ve yatırım gerektirir. Öte yandan tedavi edilebilecek hasta sayısı kısıtlıdır. Durumu ağır ve özel girişim gerektiren hastaların tedavisi tek kişilik basınç odalarında daha güçtür. Bu nedenle ilk kurulum maliyeti daha yüksek olmasına rağmen daha fazla hasta kapasitesine sahip merkezlerde uzun dönemde çok kişilik basınç odaları maliyet açısından daha avantajlıdır.

Ülkemizde çok kişilik basınç odalarının tercih edilme sebepleri olarak;

- Aynı anda çok sayıda hastayı tedaviye alma olanağı,
- Yoğun bakım şartlarında hasta tedavi edebilme imkanı (38,39),
- Dekompresyon hastalığı ve arteriyel gaz embolisi gibi durumlarda daha yüksek basınçlarda tedavi yapabilme olanağı,
- Komplikasyon geliştiğinde basınç odasında müdahale edebilme imkanı sıralanabilir.

Ayrıca, hiperbarik tedavi uygulama yetkisi birçok ülkede kısa süreli kurslar ve sertifikasyon programları ile değişik uzmanlık dallarından hekimlere tanınmaktadır. Bu hekimler yalnızca kendi uzmanlık alanlarına giren endikasyonlardaki hastaları tedavi etmekte, böylece hasta sayıları az olduğundan tek kişilik basınç odalarını tercih etmektedirler. Oysa ülkemizde hiperbarik oksijen

tedavisi uygulama yetkisi sualtı ve hiperbarik tıp uzmanı hekimlere tanınmıştır (3). Bu uzmanlık ülkemizde 50 yılı aşkın bir süredir ayrı bir uzmanlık alanıdır (40). Bu alanda uzman olan hekimler hiperbarik oksijen tedavisinin kapsamına giren her endikasyonu tedavi etmektedirler. Bu nedenle hasta sayıları fazladır ve tek kişilik yerine çok kişilik basınç odalarının kullanımı zorunluluk olmaktadır.

Özel merkezlerin hem rutin hem de son ay yaptıkları seans sayısı kamu merkezlerinden anlamlı olarak fazladır ($P=0,000$). Bunun nedeni özel merkezlerin çalışma saatlerinin daha fazla olmasının daha fazla seans yapmaya imkan sağlaması olabilir. Fakat altta yatan asıl sebep özel merkezlerin giderleri ve HBOT'ne sigorta sisteminin geri ödemelerinin kısıtlılığı düşünüldüğünde merkezin ayakta kalabilmesi için fazla sayıda seans yapmasının zorunluluk olduğu görülmektedir. Çalışmamız açısından seans sayısının yüksekliğinin önemi, fazla seans yapılan merkezlerde daha fazla hava gerektiği yönündedir. Böylece bu merkezlerde daha fazla kompresör çalışma saati ve daha sık filtre değişimi ihtiyacı bulunmakta, daha sık bakım gerekmektedir.

Basınç odalarının kapsamlı büyük bakımları ve rutin bakımları konusunda merkezler arasında büyük farklılıklar saptanmıştır. Bunun nedeni basınç odası bakımlarıyla ilgili herhangi bir düzenlemenin olmamasıdır. Bu alanı düzenleyen yönetmelikte son derece ayrıntılı hususlar yer alırken basınç odalarının bakımlarıyla ilgili bir madde bulunmamaktadır. Yine yönetmeliğin "Denetim"leri düzenleyen 34. Maddesinde yer aldığı gibi İl Sağlık Müdürlükleri tarafından 6 ayda bir yapılacağı bildirilen rutin denetimlerde kullanılan denetleme formunda (Yönetmelik Ek-9) birçok ayrıntı yer alırken basınç odalarının bakımları ile ilgili hususlar yer almamaktadır (3).

Basınç odaları içlerine çok sayıda hastanın ve sağlık personelinin alındığı, yüksek basınç, yangın, kirli solunum havası, elektrik donanımı arızaları, otomasyon sistemi arızaları vs gibi ciddi riskler içeren tıbbi cihazlardır. Düzenli bakımları yaşamsal önem taşımaktadır. Basınç odalarımızda bu bakımların merkezlerin inisiyatifine bırakıldığı anlaşılmaktadır. Bakım sorununa hem özel hem kamuya ait merkezlerde benzer biçimde rastlanmaktadır. Özel merkezlerde merkez sahipleri bakımları ekonomik sebeplerle göz ardı etmekte, kamu kurumlarında ise düzenli bakım ve onarıma basınç odası hakkında yeterli bilgisi olmayan hastane yöneticileri

tarafından karar verilmektedir. Bu konuyu düzenleyen yönetmelikte bakım konusunun tartışmaya yer vermeyecek biçimde belirlenmesi ve netleştirilmesi sorunun kalıcı çözümünü sağlayacaktır.

Basınç odasının ihtiyacı olan sıkıştırılmış hava yüksek basınçlı veya alçak basınçlı kompresörler tarafından sağlanabilir. Yüksek basınçlı kompresörler daha pahalı, daha sık bakım gerektiren kompresörlerdir. Elde ettikleri hava yüksek basınçlı tüplerde depolanır. Alçak basınç kompresörleri ise daha ucuzdur ve bakımları daha kolay, görece kullanım ömürleri de uzundur. Sağladıkları hava daha düşük basınçlı tanklarda depolanır, böylece basınçtan kaynaklanan riskleri de daha azdır. Ülkemizde kullanılan basınç odalarında sıklıkla alçak basınç kompresörlerinin kullanılması yukarıda sağlanan avantajları nedeniyledir.

İdeal bir hiperbarik merkezde herhangi bir kompresör arızası durumunda tedavinin aksamadan sürdürülmesi için mutlaka ikinci bir kompresörün bulunması gerekmektedir. Kompresörlerin dönüşümlü olarak çalıştırılması da kullanım ömürlerini uzatacaktır. Alçak basınç kompresörleri pahalı değildir ve ülkemiz kompresör üretiminde oldukça ileri bir düzeydedir. Buna rağmen yedi merkezimizin tek kompresörle çalışması eksiklik olarak değerlendirilmiştir.

Dekompresyon hastalığı ve arteriyel gaz embolisi gibi HBOT'nin acil endikasyonlarında uygulanan Amerikan Donanması Tedavi Tablosu-6,6A gibi tedaviler hasta için hem hayat kurtarıcı hem de oluşabilecek bir sakatlığı önleyici niteliktedir. Bir HBOT merkezi planlaması yapılırken bu tedavileri uygulayabilecek kapasitede, basınç odasının hacmine uygun kompresör ve hava tankları seçilmelidir (29). Türkiye'deki basınç odalarının bu tedavileri yapmaya uygun olup olmadığı bir başka çalışmanın konusu olabileceği gibi bu konudaki endişelerimize bu çalışmada da yer vermeyi uygun bulduk.

Merkezlerde kullanılan 84 adet, 15 farklı markaya ait kompresörün tamamı elektrik motorlu vidalı yağ enjekteli kompresörlerdi. Birçok kaynakta önerilen tipte yağsız vidalı kompresör merkezlerin hiçbirinde yoktu (35,36,41). Yağsız kompresörlerin kullanılması sistemde yağ buharı nedeniyle oluşabilecek sağlık sorunlarını ve yangın riski endişelerini ortadan kaldırır.

Kompresörlerle sıkıştırılan havanın solunabilir düzeye getirilmesi için mutlaka yeterli düzeyde filtre edilmesi gerekir. Emiş hortumundan emilen zararlı

gazlar, yüksek sıcaklıkta çalışan kompresör pistonlarında kullanılan yağın karışması, bu yağın yanmasıyla oluşan CO ve CO₂ gazları mutlaka filtre edilmelidir. Bu nedenle sistem üzerinde uygun yere yerleştirilen filtreler kompresörün kapasitesi ile uyumlu olmalı ve filtre, ömrü ile uyumlu biçimde belirli aralıklarla değiştirilmelidir.

İki merkezde kompresörden sonra filtre bulunmamaktadır. Filtreler yalnızca hava depolarından sonra yerleştirilmiştir. Bu durumda kompresör ile hava depoları arasında bir engel olmadığı için hava doğrudan hava depolarına ulaşmaktadır. Bu durumda hava depolarının içine yağ bulaşmaktadır.

Hem kompresörden sonra hem de hava depolarından sonra filtre düzeneği bulunan merkez sayısı yirmidir. 22 merkezde ise yalnızca kompresörden sonra filtre bulunup hava depolarından sonra bulunmamaktadır. Bu durumda hava depolarının içinde paslanmayla oluşan partiküller, kopan galvaniz parçacıkları regülatörlere kadar bir engelle karşılaşmadan ulaşmakta, bunlar hastalar tarafından solunmaktadır.

Basınç odasına ulaşan hava bir yandan basınç odasının içini basınçlandırmada kullanılmakta bir yandan da solunum hattına ayrılmaktadır. Aynı solunum hattına oksijen periyotlarında oksijen, hava molalarında ise bu hava verilmektedir. Havada herhangi bir durumda yağ bulunması halinde bu solunum hattında (BIBS) yangın riski ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle üçüncü bir filtre sisteminin BIBS hattından hemen önce kurulması uygun olacaktır. Basınç odalarımızın hiçbirinde bu üçüncü filtre düzeneği bulunmamaktadır.

Sonuç olarak sırasıyla; (1) kompresörden sonra, (2) hava deposundan sonra ve (3) BIBS sisteminden önce olmak üzere ideal filtre düzeneği merkezlerimizde önemli bir eksikliklerdir.

Sözlü yaptığımız görüşmelerde bazı merkezler, maske devrelerini sürekli oksijende tutarak BIBS'lerde oluşabilecek yağ kalıntısına bağlı yangın riskini önlemeye çalıştıklarını belirttiler. Fakat olası bir yangın durumunda maske sisteminin oksijende kalması, yangının kontrol altına alınmasını güçleştirecek ve can kaybı artacaktır.

Kompresörler havayı sıkıştırırken havanın içinde bulunan nem de yoğunlaşır. Oluşan bu suyun kurutucu ile uzaklaştırılması gerekir. Sistemde uzaklaştırılmayan su, öncelikle filtreleri ıslatarak etkisiz hale getirir. Yine sistem içinde bulunan su korozyona, paslanmalara yol açar. Uluslararası standartlarda su buharının maksimum

olabileceği değeri belirtilmişken ülkemizdeki ilgili yönetmelikte su buharı ile ilgili bir bilgi yer almamaktadır. Özellikle sıcak ve nemli dönemlerde çalışan kompresörlerin kuru hava üretebilmeleri için kompresör kapasitesinden daha yüksek kapasitede kurutucuya ihtiyaç bulunmaktadır (41). Oysa 7 merkezimizin birinci kompresörünün kurutucu kapasitesi kompresörün kendisinden düşüktür. İki kompresörü bulunan merkezlerimizde bu iki kompresör birlikte çalıştığında kurutucu kapasitesini aşmaktadır. Sonuç olarak, ilk kompresörünü tek başına veya varsa her iki kompresörünü aynı anda çalıştırıp kurutucu kapasitesini aşmayacak biçimde sistem kurulumuna sahip merkez sayısı yalnızca 15'tir. Bu durum da büyük bir tasarım hatası ve eksiklik olarak görülmüştür.

Merkezlerimiz, kompresörlerinde kullanılacak yağ seçimini genellikle yağ üreten firmaların veya kompresör üreten firmaların önerisi doğrultusunda yapmaktadır. Ancak bu kompresörler sanayide birçok farklı amaç için kullanılmaktadır. Önerilen yağ kompresör için uygun olmakta ancak solunum gazı için kullanılmaları uygun olmamaktadır. Örneğin merkezlerimizin yarısından fazlasının (21 merkez; %52,5) alçak basınç kompresörlerinde kullandığı Mobil Rarus 400 serisi yağ için üretici firmanın ürün bilgisi notunda;

“Mobil Rarus 400 Serisi yağları, teneffüs amaçlı basınçlı hava uygulamalarına yönelik hava kompresörleri için tavsiye edilmez.” uyarısı bulunmaktadır (42). Anket cevaplarında belirtilen diğer yağ çeşitlerinin de kullanım alanları incelendiğinde hiçbirinin bilgi kitapçığında solunum havası üreten kompresörlerde kullanılabileceğine dair bir ifade yer almadığı dikkat çekmiştir.

Merkezlerin seçtikleri yağ konusunda özen göstermeleri, doğru bilgi edinmeleri, bu konuda yayınlanan uluslararası standartları takip etmeleri, daha da iyisi bu konuda teknik görüşler de alınarak ulusal bir liste oluşturulmalıdır.

Kompresörlerin belirli aralıklarla bakımının yapılması, kompresörlerde kullanılan yağın ve filtrelerin belirli sürelerde değiştirilmesi gerekmektedir. Literatürde bir anestezi yoğun bakımında ventilatörleri besleyen sistemde bulunan bir filtrenin değişme süresi gelmesine rağmen bakım firması elemanı tarafından tetrakloroetilenle batırılarak tekrar yerine takılması ve bu toksik bileşiğin solunmasına bağlı oluşan komplikasyonlar bildirilmiştir (43).

Kompresör bakımı, kompresör yağı ve filtre değişimleri konusunda merkezler arasında ortak bir yaklaşımın bulunmadığı anlaşılmıştır. Filtreleri hiç değiştirmeyen iki merkez dahi bulunmaktadır. Bu konuda da teknik bir konsensusun bulunmaması, ilgili yönetmelik konuları arasında bu gibi önemli teknik hususların düzenlenmemiş olması ciddi eksikliklerdir. Esasen Yönetmeliğin “Basınç kabinleri” başlıklı 16. Maddesinin (s) fıkrasında;

“s) Kompresörlerin kurutucu ve filtre sistemleri ve ayrıca basınç kabininin hacmi ile orantılı bir hava destek sisteminin yeterliliği onaylanmış olmalıdır.” şartı bulunmakla birlikte bu yeterliliğin ne olduğu gibi teknik konular, onaylayanın kim tarafından yapılacağı, ne şekilde denetleneceği vs. açık ve net değildir (3).

Teknik konularda ortak bir davranış biçiminin bulunmaması regülatör bakımı ve temizliği ile hava tanklarının kontrolünde de kendini göstermektedir. Regülatör kontrollerinde yedi merkezde kirlenme saptanmıştır. Regülatörde kirlenme olması kompresörden itibaren, kullanılan yağ, kompresör bakımının iyi yapılmaması, kurutucu yetersizliği, filtreleme eksikliği vs. sonucudur. Regülatör içinde kirlenme bulunması bu sistemde basınçlı oksijen bulunduğu için çok ciddi yangın riski içerir. Nitekim ülkemizde gerçekleşen basınç odası yangınlarının tümü regülatör kaynaklıdır. Düzgün çalışan bir sistemde regülatör kirlenmesi beklenmez. Bu nedenle regülatör bakımı ve temizliği bir son noktadır. Yine de bu önemli konuda teknik ve yasal düzenlemelerin olması gerekmektedir.

Hava tanklarının bakımı da önemli konular arasındadır. Toplam 10 merkezde tanklar hiçbir zaman kontrol edilmemektedir. Oysa kontrol yapan 10 merkez, tank içinde yağ, pas, galvaniz parçaları saptamıştır. Hava tanklarından sonra çoğunlukla filtre bulunmadığı da düşünülürse yağın yangın riski yaratacağı; yine yağ, pas ve galvaniz parçalarının doğrudan hastalar tarafından solunacağı ortaya çıkmaktadır. Nitekim birçok merkezde sistemde yağ, koku şikayetine rastlanılmıştır. Uygun kompresör bakımı, doğru yağ kullanımı, kurutucu ve filtre sisteminin etkin çalışmasıyla bu tip şikayetlerin hiçbir zaman ortaya çıkmaması beklenir. Ancak bu işleyişte bilgi eksikliği, disiplinli bir bakım onarım prosedürünün işletilmemesi, mevzuatta bu alandaki düzenleme eksiklikleri belirgin biçimde ortaya çıkmıştır. Bakım onarım alanındaki eksiklikler merkezlerin kamu merkezi veya özel merkez olmasına bağlı değildir. Her iki grup merkezde de aynı eksiklikler bulunmaktadır.

Literatürde daha önce HBOT bağlı, basınç odasında gelişen ekzojen lipoid pnömoni olgu bildirimi yapılmadı. Bununla beraber, ekzojen lipoid pnömonilerinin teşhis edilmesi zor olabilir, çünkü yağ inhalasyon öyküsü sıklıkla gözden kaçırılır. Maruziyet genellikle tanı konulduktan sonra, hastadan veya yakınlarından buna yönelik bir sorgulama yapıldığında geriye dönük olarak tanımlanır (44). Basınç odasında ise bu maruziyet akla gelmeyeceği için geriye dönük sorulduğunda dahi atlanabilir.

Basınç odası kullanılarak yapılan hiperbarik oksijen tedavisi ile ilgili Yönetmelikte çalışmamızda yer alan yukarıdaki konularla ilgili düzenleme eksikliği bulunsa da hava analizinin ne sıklıkla yapılacağı açık biçimde belirlenmiştir. Yönetmeliğin “Basınç kabinlerinde hava standardı” başlıklı 18. Maddesinde;

“Madde18 -Basınç kabinlerinde kullanılan havada kompresör çıkışından alınan hava numunesi, aşağıda belirtilen solunum standartlarına uygun olmalı ve bu havanın en az 6 ayda bir resmi bir kurum tarafından tahlili yapılarak belgelenmelidir.” denilmektedir (3). Öte yandan merkezler bu açık kurala rağmen 6 ayda bir hava analizi yaptırmamaktaydı. Anket sonuçlarına göre kendi ifadeleriyle merkezlerin ancak yarısına yakını (%54,5) 6 ayda bir hava analizi yaptırmaktaydı. Hava analizi yapan merkezin kayıtları açısından durum daha da kötüdür (sadece 10 merkez). Gerçekten de 17 yılda yalnızca 294 test kaydı son derece düşüktür. 52 merkez kurala uyarak 6 ayda bir test yaptırmış olsa bu test sayısına 3 yılda ulaşılmış olması gerekirdi.

Hava analizlerinin 6 ayda bir yapılma zorunluluğu Yönetmelikte açık biçimde yer almasına rağmen, müdürlükler tarafından yapılan denetimlerde sadece bu yönetmeliğin Ek-9’unda bulunan Denetleme Formu kullanılmakta, bu formda da hava analizi yaptırılıp yaptırılmadığı konusu yer almamaktadır (3). Böylece hava analizlerinin denetimlerde sorgulanmaması hava analizlerinin doğru sıklıkla yaptırılmamasının nedeni olabilir. Yine hava analiz sıklığı merkezlerde ilden ile değişmektedir. Bu durum, denetlemeyi yapan il müdürlüklerinin farklı davranışlarının bir sonucu olabilir. Yönetmeliğin yalnızca özel merkezleri kapsamı da kamuda kurulu merkezlerin denetlenmemesi sonucunu doğurmakta, böylece kamu

merkezleri 6 ayda bir hava analizi yaptırmamaktadır. Nitekim kamuya ait üç merkezde hava analizi hiçbir zaman yaptırılmamıştır.

Avrupa Hiperbarik Tıp Komitesi'nin (ECHM) 2012 yılında Sırbistan'da 9.'sunu düzenlediği konsensus konferansında bir hiperbarik tedavi merkezinin organizasyonu ve ilişkili sağlık yönetimi sorunları ele alınmıştır. Roly Gough-Allen güvenlik ve yangın söndürme sistemi ile ilgili sunumunda HBOT merkezlerinde en fazla 6 ay ara ile hava analizleri yapılmasını ve O₂ ile CO₂ seviyelerinin sensörler ile takip edilmesini önermiştir (45).

2007 yılında Ayça Kurt'un yaptığı tez çalışmasında, 30'u sportif amaçlı, 30 profesyonel olmak üzere toplam 60 dalış merkezine ait dalış tüplerinin hava saflık analizleri yapılmıştır. Merkezlerin 26'sında (%43.3) CO₂ seviyesinin bu işletmeler için sınır olarak belirlenen 1000 ppm değerinin üzerinde olduğu bildirilmiştir. CO seviyesi ise 4 merkezde (%6.6) üst sınır olan 10 ppm'den yüksek ölçülmüştür (46).

Merkezlerin 37'sinde (%84) birden fazla kompresör bulunmaktaydı. Birden fazla kompresör olan merkezlerde tek kompresörün çıkış havasına analiz yapılması çalışmanın kısıtlaması olarak değerlendirilmiştir. Sekiz merkezde bulunan ve özellikle uzun saatler süren tedavi tablolarında kullanılan yüksek basınç kompresörlerine yönelik analiz yapılmamaktadır. Bu noktada hava analizlerinin merkezde bulunan kompresörler arasında sıra ile yapılması ve analiz yapılan kompresörün üzerine analiz tarihlerinin yazıldığı bir etiket yapıştırılması faydalı olabilir.

Sonuç olarak çalışmamızda;

- Türkiye'de HBOT merkezlerinde hava saflık analizlerinin düzenli olarak yapılmadığı ve yapılan denetlemelerde hava analiz sonuçlarının sorgulanmadığı, bu noktada yönetmelikte ve uygulamada düzenlemeye ihtiyaç olduğu saptandı.
- Merkezlerin çoğunda kurutucu kapasiteleri, kompresör kapasitelerinin altında kalıyordu. Bir HBOT merkezinin yapılanmasında bu elemanların seçilmesi ile ilgili herhangi bir düzenleme olmadığı ve yanlış uygulamalara açık bir alan olduğu görüldü.

- Kullanılan kompresör yağlarının solunum amaçlı hava üreten kompresörlerde kullanıma uygun olmadığı görüldü.
- Filtre yerleşimi konusunda merkezlerde belli bir yaklaşım bulunmuyordu. Hiçbir merkezde BIBS öncesi filtre konumlandırılmamıştı.
- Bakım aralıkları, regülatör temizliği, hava tanklarının kontrolünde fikir birliği bulunmuyordu.

Tüm bu sonuçlar neticesinde, ülkemizde giderek yaygınlaşan HBOT merkezleri ile ilgili 2001 yılında yayınlanan yönetmelikte düzenlemelere ihtiyaç olduğu ve yapılacak denetlemeler ile merkezlerin standardizasyonu ve iyileştirilmesinin mümkün olduğu sonucuna varılmıştır.

6. KAYNAKLAR

1. Kemmer A. Muth C., Mathieu D. Patient Management. Handbook on Hyperbaric Medicine, Netherlands, Springer. 2006; s. 651–70.
2. ECGP. European Code of Good Practice for Hyperbaric Oxygen Therapy. COST B14. Working Group "Safety". 2004.
3. Hiperbarik oksijen tedavisi uygulanan özel saglık merkezleri hakkında yönetmelik: Resmi Gazete: 24480. 01.08.2001.
4. Çimşit M. Hiperbarik Tedavinin Tarihçesi. In: Hiperbarik Tıp 1. Basım. Ankara, Eflatun Yayınevi, Çimşit M., Editor, 2009; s. 1-12.
5. Hammarlund C. The Physiologic Effects of Hyperbaric Oxygenation. In: Hyperbaric Medicine Practice 2nd Revised Edition, USA, Best Publishing Company, HT Kindwall EP and Whelan, Editor, 2002; s. 37-68.
6. Kindwall EP. A history of hyperbaric medicine. In: Hyperbaric Medicine Practice. Best Publishing Co., Kinwall EP., Editor, 1995.
7. Edmonds C., Lowry C., Pennefather J. Hyperbaric oxygen therapy. In: Diving and Subaquatic Medicine, A diving medical centre publ., Australia, 1980; s. 493-505.
8. Faesecke KP. Arbeit in Überdruck. In: Die Forschungsarbeiten von Arthur und Adele Bornstein beim Bau des ersten Hamburger-Elbtunnels 1909-1910. Dissertation Universität Hamburg (Med. Diss. Hamburg), 1997.
9. Jain KK. History Of Hyperbaric Medicine. In: Textbook Of Hyperbaric Medicine (e- version) 6th ed. Basel, Switzerland, Springer International Publishing, Jain K K, Editor, 2017; s. 3-9.
10. Smith George. Carbon monoxide poisoning. Annals of the New York Academy of Sciences 117 (2) 1964; s. 684–87.
11. Kindwall EP. The Physics of Diving and Hyperbaric Pressures. In: Hyperbaric Medicine Practice 2nd Revised Edition, USA, Best Publishing Company, Kindwall EP and Whelan HT, Editors, 2002; s. 21-36.
12. Jain KK. Physical, Physiological, and Biochemical Aspects of Hyperbaric Oxygenation. In: Textbook Of Hyperbaric Medicine (e-version) 6th ed. Basel, Switzerland, Springer International Publishing, Jain KK, Editor, 2017; 11-22.

13. Mathieu, D., Marroni, A., & Kot, J. Tenth European Consensus Conference on Hyperbaric Medicine: recommendations for accepted and non-accepted clinical indications and practice of hyperbaric oxygen treatment. *Diving and hyperbaric medicine*, 47(1), 2017; s. 24-32.
14. Kindwall EP. Contradictions and Side Effects to Hyperbaric Oxygen Treatment. In: *Hyperbaric Medicine Practice* 2nd revised ed. USA, Best Publishing Company, Kindwall EP and HT Whelan, Editors, 2002; s. 84-96.
15. Jain KK. Indications, Contraindications, and Complications of Hyperbaric Oxygen Therapy. In: *Textbook of Hyperbaric Medicine (e-version)* 6th ed. Basel, Switzerland, Springer International Publishing, Jain KK, Editor, 2017; 79-84.
16. Neuman TS., Thom SR. Effects of Pressure. In: *Physiology and medicine of hyperbaric oxygen therapy* 1st ed. Tom S. Neuman, Stephen R.Thom, Editor, 2008; s. 513-526.
17. Çimşit M. Hiperbarik Oksijenin Kullanım Alanları, Tıbbi Ekoloji ve Hidroklimatoloji Dergisi, Hiperbarik Oksijenizasyon Özel Sayısı. 1984; 2 (1):8-15
18. Jain K K. Oxygen Toxicity In: *Textbook of Hyperbaric Medicine* 6th ed. Seattle, Toronto, Bern, Göttingen, Hogrefe&Huber Publishers, Jain K K, Editor, 2017; s. 49-60.
19. Palmquist B. M., Philipson B., Barr P. O. Nuclear cataract and myopia during hyperbaric oxygen therapy. *Br J Ophthalmol* 1984; 68(2): s. 113-7.
20. Zhou, S., Zhang, J., Song, W., & Feng, Z. Comparison analysis of different compressed air energy storage systems. *Energy Procedia*, 2018; 152, 162-167.
21. Mckane A. Basınçlı Hava, In: *Basınçlı Hava Sistemleri, Sanayide Enerji Verimliliğinin Artırılması Projesi*. UNIDO 2016; s. 13-20
22. Alkın hava ve gaz kompresörleri, katalog, 2019
23. Çakkalkurt A. Kirletici Gazlar. In: *Eğitmenler İçin Dalış Sağlığı. Türk Deniz Araştırmaları Vakfı (TÜDAV) Yayın No:51, Aktaş Ş. Editor, İstanbul, Türkiye*, 2019; s. 87-100.
24. Basınçlı hava sistemleri, Dalgakıran kompresör. 2017.

25. High Pressure Breathing Air Compressors, Operator's Manual. Edition January 2005. Bauer Kompressoren, Munich, 2005.
26. TS EN 12021:2015. Respiratory protective devices- Compressed gases for breathing apparatus. European Committee for Standardisation (CEN), Belgium, 2014.
27. Bauer Accessory Systems. 27 Şubat 2020.
<https://www.bauer-kompressoren.de/fileadmin/documents/products/accessories>
28. Adem Alcan'ın çizimi, şahsın izni alınarak paylaşılmıştır.
29. Burman F. Compressed gas supply system. Presented at the 9th ECHM Consensus Conference, Belgrade, Serbia, 2012.
30. Draeger Aerotest Alpha. 27 Şubat 2020.
https://www.draeger.com/en_uk/Products/Aerotest-Alpha
31. Grippi MA. Aspiration-Related Pulmonary Disorders In: Fishman's Pulmonary Diseases and Disorders 5th ed. 2015; s. 1018-1028
32. Balmes, John R. "Vaping-induced Acute Lung Injury: An Epidemic That Could Have Been Prevented." American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine Volume 200 Number 11, 2019; 1342-1344.
33. Davidson, K., Brancato, A., Heetderks, P., Mansour, W., Matheis, E., Nario, M. et al. Outbreak of electronic-cigarette–associated acute lipoid pneumonia—North Carolina, Morbidity and Mortality Weekly Report, 2019; 68(36), 784.
34. Rana, D., Kaushik, N., Sadhu, S., Kalra, R., Sen, R. Idiopathic Lipoid Pneumonia: An incidental finding in autopsy specimen. Autopsy and Case Reports, 2020; 10(1), e2020143-e2020143.
35. Norman JL. Pressurization Systems In:Hyperbaric Facility Safety: Apractical Guide Best Publishing Company, Workman WT., Editor, 1999; s. 315-328
36. NFPA 99 Health Care Facilities Code 2018 edition s. 114-124
37. Schmutz J. Hyperbaric centre as stand-alone facility. Presented at the 9th ECHM Consensus Conference, Belgrade, Serbia, 2012.
38. Lind F. A pro/con review comparing the use of mono-and multiplace hyperbaric chambers for critical care. Diving Hyperb Med. 2015 Mar 1;45(1):56-60.

39. Millar IL. Hyperbaric intensive care technology and equipment. Diving Hyperb Med. 2015 Mar 1;45(1):50-6.
40. Tababet uzmanlık tüzüğü. Resmi Gazete Sayı: 11199; Yayın tarihi: 06. 09. 1962, s: 8421-8425.
41. Millar, I. L., Mouldey, P. G. Compressed breathing air–the potential for evil from within. Diving and Hyperbaric Medicine Volume 38 No. 3. 2008.
42. <https://www.mobiloil.com.tr/tr-tr/industrial-products-series/mobil-rarus-400-series> Ulaşım Tarihi:15 Mart 2020.
43. Lackore, L. K., Perkins, H. M. Accidental Narcosis: Contamination of Compressed Air System. JAMA, 1970; 211(11), 1846-1846.
44. Marchiori, E., Zanetti, G., Mano, C. M., & Hochhegger, B. Exogenous lipoid pneumonia. Clinical and radiological manifestations. Respiratory medicine, 2011; 105(5), 659-666.
45. Gough-Allen R. Safety and fire fighting system. Presented at the 9th ECHM Consensus Conference, Belgrade, Serbia, 2012.
46. Kurt A. Hiperbarik hava kullanan işletmelerin solunabilir hava saflık değerlerinin ölçülmesi. Uzmanlık Tezi. 2007. İstanbul.

7. EKLER

EK 1: ETİK KURUL ONAYI

Evrak Tarih ve Sayısı: 28/05/2020-E.16088



T.C.
SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ
Hamidiye Bilimsel Araştırmalar Etik Kurulu



Sayı : 46418926-050.03.04
Konu : Araştırma Projesi Değerlendirme
Raporu (20/102)

Sayın Dr.Zehra YAZICI MUTLU

Kurulumuza değerlendirilmek üzere sunulan, 20/102 kayıt numaralı, **"Hiperbarik Oksijen Tedavisi uygulanan merkezlerde yapılan hava analiz sonuçlarının retrospektif değerlendirilmesi"** başlıklı proje önerisi kurulumuzun 24.04.2020 tarihli toplantısında değerlendirilmiş ve etik açıdan uygun bulunmuştur. İlgili kurul kararı Ek'te sunulmuştur.
Bilgilerinize rica ederim.

e-imzalıdır
Prof. Dr. Fatih GÜLTEKİN
Başkan

Ek: Kurul Kararı



T.C.
SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ
HAMİDİYE BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU

Toplantı Tarihi : 24/04/2020
Toplantı Sayısı : 2020/3
Karar Sayısı : 3/8

Kurulumuza değerlendirilmek üzere sunulan, Prof. Dr. Şamil AKTAŞ'ın sorumlu araştırmacı, Zehra YAZICI MUTLU'nun yardımcı araştırmacı olduğu 20/102 kayıt numaralı, "**Hiperbarik Oksijen Tedavisi uygulanan merkezlerde yapılan hava analiz sonuçlarının retrospektif değerlendirilmesi**" başlıklı proje önerisi kurulumuzun 24.04.2020 tarihli toplantısında değerlendirilmiş ve aşağıda belirtilen eksik/düzeltilmelerin tamamlanması koşuluyla etik açıdan uygun bulunmuştur.

Bilgilerinize rica ederim.

Eksik/Düzeltilmeler:

- Örneklem sayısı hesaplaması kendi başvuru formumuzun içerisinde ilgili bölüme yazılmalı.
- Çalışmanın sonundaki ekstra belge çıkarılmalı. Haydarpaşa numuneye başvurulacaktır ibareli kısımlar çıkarılmalı.

Aslı Gibidir

e-imzalıdır

Prof. Dr. Fatih GÜLTEKİN
Başkan

Prof. Dr. Kadriye ÖNEŞ
Etik Kurul Üyesi

Prof. Dr. Mahfuz ELMASTAŞ
Etik Kurul Üyesi

Prof. Dr. Hüseyin Avni BALCIOĞLU
Etik Kurul Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Yasemin AYDIN
KARTAL

Etik Kurul Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Arzu Kader HARMANCI SEREN
Etik Kurul Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Elif GÜLTEKİN
Etik Kurul Üyesi

Prof. Dr. Nesrin KARAMUSTAFALIOĞLU
Etik Kurul Üyesi

Prof. Dr. Günseli GÜVEN POLAT
Başkan Yardımcısı

28/04/2020 Sekreter

Arş.Gör. Ronay COŞKUN

EK.2 ANKET FORMU

HİPERBARİK OKSİJEN TEDAVİ MERKEZLERİNDE YAPILAN HAVA SAFLIK ANALİZLERİNE İLİŞKİN TEZ ÇALIŞMASI; ANKET FORMU	
Sayın Meslektaşım; hazırlanmış bu anket formu Hiperbarik Oksijen Tedavi Merkezlerinde yapılan hava saflık analizlerinin geçmişe yönelik derlendiği tez çalışması kapsamında olup; sonuçlar, merkez adı gizli tutularak çalışmada yer alacaktır. Cevaplaması oldukça kısa sürecek olan bu formda, verdiğiniz cevapların yönetmelikte belirtilene göre değil, <u>pratikte yapılan uygulamaya göre</u> olduğundan emin olunuz. Katkılarınız için teşekkür ederiz. Dr. Zehra YAZICI MUTLU Tez Danışmanı: Prof. Dr. Şamil AKTAŞ İletişim: drzymutlu@gmail.com (0 554 671 61 16)	
1. MERKEZ ADI (İSTEĞE BAĞLI)	:
2. MERKEZİNİZİN RUTİN OLARAK YAPTIĞI AYLIK SEANS SAYISI (ACİL SEANSLAR DAHİL, ORTALAMA OLARAK):	
☐ 20-40 seans ☐ 40-60 seans ☐ 60-80 seans ☐ 80 seanstan fazla ☐ DİĞER:	
3. MERKEZİNİZİN GEÇTİĞİMİZ AY YAPILAN TOPLAM SEANS SAYISI (ACİL SEANSLAR DAHİL):	
4. BASINÇ ODASININ, BÜYÜK ONARIM/BAKIMI EN SON NE ZAMAN YAPILDI:	
☐ Son 1 yıl içinde ☐ 1-5 yılda ☐ 5-10 yılda ☐ DİĞER:	
5. BASINÇ ODASININ, FİRMA TARAFINDAN YAPILAN, RUTİN BAKIMI EN SON NE ZAMAN YAPILDI:	
☐ Son 6 ay içinde ☐ 6 ay-1 yılda ☐ 1-2 yılda ☐ DİĞER:	
6. KOMPRESÖR MARKASI VE MODELİ (YÜKSEK BASINÇ, ALÇAK BASINÇ?):	
☐ KOMPRESÖR-1: ☐ KOMPRESÖR-2:	
7. KOMPRESÖR KAPASİTESİ (m ³ /min veya lt/min):	
☐ KOMPRESÖR-1: ☐ KOMPRESÖR-2:	
8. FİLTRE ADEDİ, MARKA, MODELİ, KAPASİTESİ (m ³ /min veya lt/min) VE YERLEŞİMİ (KOMPRESÖR ÇIKIŞI, TANK ÇIKIŞI, vb.):	

9. KURUTUCU MARKA, MODELİ VE KAPASİTESİ (m³/min veya lt/min): ☐ KURUTUCU-1: ☐ KURUTUCU-2:
10. KOMPRESÖRDE KULLANILAN YAĞIN MARKA VE MODELİ:
11. KOMPRESÖRÜN, FİRMA TARAFINDAN, YAĞ DEĞİŞİMİNİ DE İÇEREN, BAKIMI NE SIKLIKLA YAPILIYOR: ☐ 6 ayda bir ☐ 6 ay-1 yıl ☐ 1-3 yıl ☐ DİĞER:
12. FİLTRE DEĞİŞİMİ NE SIKLIKLA YAPILIYOR: ☐ 6 ayda bir ☐ 6 ay-1 yıl ☐ 1-3 yıl ☐ DİĞER:
13. KOMPRESÖR HAVA ANALİZİ NE SIKLIKLA YAPILIYOR: ☐ 6 ayda bir ☐ 6 ay-1 yıl ☐ 1-3 yıl ☐ DİĞER:
14. HBOT SİRASINDA HASTALARIN KOKU ŞİKAYETİ OLDU MU?: KOKU OLDU İSE NE SEBEPLE OLDU VE NASIL GİDERİLDİ?:
15. HASTA SOLUMA SİSTEMİ (BİBS) ÜZERİNDE EK BİR FİLTRE SİSTEMİ VAR MI?
16. MASKE REGÜLATÖR İÇLERİ EN SON NE ZAMAN KONTROL EDİLDİ? KONTROLDE REGÜLATÖR İÇİNDE YAĞ, KİR, PAS GÖZLENDİ Mİ?
17. HAVA TANKLARI, TANK GÖVDESİNDEKİ KAPAK AÇILARAK İÇİNE BAKMAK SURETİYLE, EN SON NE ZAMAN KONTROL EDİLDİ? KONTROLDE TANK İÇİNDE YAĞ, KİR, PAS GÖZLENDİ Mİ?
18. KOMPRESÖR, KURUTUCU, FİLTRELER VE HAVA TANKLARININ UZAKTAN VE YAKINDAN ÇEKİLMİŞ FOTOĞRAFLARI VE HER BİRİ İÇİN ÜZERİNDEKİ TANIMLAYICI PLAKANIN OKUNACAĞI ŞEKİLDE ÇEKİLMİŞ FOTOĞRAFLARINI GÖNDERMENİZ RİCASIYLA.

8. ÖZGEÇMİŞ VE İLETİŞİM BİLGİLERİ

I- Bireysel Bilgiler

Adı-Soyadı: Zehra YAZICI MUTLU
Doğum yeri ve tarihi: SİVAS, 09/02/1989
Uyuşu: Türkiye Cumhuriyeti
Medeni durumu: Evli, 1 çocuk sahibi
E-mail: drzymutlu@gmail.com
Yabancı dili: İngilizce

II- Eğitimi

2016-2020 SBÜ, Sultan 2. Abdülhamid Han Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Kliniği (Asistan Doktor)
2007-2013 Gülhane Askeri Tıp Akademisi, Askeri Tıp Fakültesi
2003-2007 Sivas Fen Lisesi
2000-2003 Sivas, Selçuk İlköğretim Okulu
1998-2000 Sivas, Reşat Şemsettin Sirer İlköğretim Okulu
1995-1998 Sivas, Gazi Paşa İlköğretim Okulu

III- Mesleki Deneyimi

Mayıs 2014-Eylül 2016 Terörizmle Mücadele Eğt. Ve Tatb. Mrk. Kmt. 'lığı, Birinci Basamak Muayene Merkezi, Isparta
Eylül 2016-Halen SBÜ, Sultan 2. Abdülhamid Han Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Kliniği
Ocak 2020-Nisan 2020 İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi, Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Kliniği