



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

Hiperbarik Oksijen Tedavisi Uygulanmış
0-14 Yaş Grubu Hastaların Değerlendirilmesi

Dr. Zeynep Canaz

Tez Danışmanı
Prof. Dr. Salih Aydın

İSTANBUL
2021



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

Hiperbarik Oksijen Tedavisi Uygulanmış
0-14 Yaş Grubu Hastaların Değerlendirilmesi

Dr. Zeynep Canaz

Tez Danışmanı
Prof. Dr. Salih Aydın

İSTANBUL
2021

ÖNSÖZ

Gerek uzmanlık eğitimimde gerek hayat güçlüklerinde ilgilerini ve anlayışlarını esirgemeyen değerli hocalarıma minnettar olduğumu ifade etmek isterim.

Yurt dışında alanımıza dair yeni tecrübeler kazanmamıza olanak veren rehber hocam, Anabilim Dalı Başkanımız Prof. Dr. Akın Savaş Toklu'ya,

Otuz yıllık eski anıları canlandıran bu tezin yazımı sırasında paylaştığı keyifli anekdotlarla ve bu süreçte ortaya çıkan sorunlara pratik yaklaşımıyla yol gösteren tez danışmanım Prof. Dr. Salih Aydın'a,

Doğru soruları sormayı teşvik eden ve bu çalışma sürecinde de bilimsel araştırma yazımı konusundaki tecrübesinden istifade ettiğim hocam Prof. Dr. Şamil Aktaş'a,

Çalışmanın fikir anası olan ve süreç boyunca önerileriyle destekleyen hem hocalık hem ablalık yapan Doç. Dr. Bengüsu Mirasoğlu'na teşekkür ederim.

İhtisasım süresince birlikte çalıştığım, başta eş kıdemlim Uzm. Dr. Seren Kırmızı olmak üzere değerli asistan arkadaşlarıma ve kürsü çalışanlarına teşekkür ederim.

Daha evvel benzer yollardan geçen ve edindiği deneyimleri hiç esirgmeden paylaşan kıdemlim Uzm. Dr. Sena Yumbul Kardaş'a teşekkür ederim.

Ayrı ayrı branşlarda yetenekli hekimler olarak bana kattıkları görgüyle kendimi şanslı hissettiğim ve her zaman olduğu gibi tez sürecinde de yardıma hazır bulunan; sevgili anneme ve babama, canım ağabeyime, bir hekim ve insan olarak örnek aldığım zarif halama,

Çalışmanın şekillenmesinde katkısı olan güzel kardeşime,

Sürekli geliştirdiği çizim yeteneğiyle bu çalışmayı da renklendirip daha anlaşılır kılan ve her an olduğu gibi bu süreçte de beni destekleyen ve yüreklendiren sevgili eşim Gökhan'a çok çok teşekkürler...

Son olarak, mütehassıs olmamı dört gözle bekleyen dedeciğim Ahmet Akman, seni sevgi ve rahmetle anıyorum.

Zeynep Canaz

2021

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	I
İÇİNDEKİLER.....	II
KISALTMALAR	IV
TABLO DİZİNİ	V
ŞEKİL DİZİNİ	VII
ÖZET.....	1
ABSTRACT	2
I. GİRİŞ VE AMAÇ.....	3
II. GENEL BİLGİLER	4
A. HİPERBARİK OKSİJEN TEDAVİSİ.....	4
1. Tanımı	4
2. Tarihçesi.....	5
3. Fiziksel Temeli	6
4. Fizyolojik Etkileri.....	8
a. Artan Basıncın Mekanik Etkisi.....	8
b. Artan Parsiyel Oksijen Basıncının Etkisi	9
B. PEDİATRİK YAŞ GRUBU VE HİPERBARİK OKSİJEN TEDAVİSİ	12
1. Pratik Hususlar	12
a. Lojistik ve İşbirliği	12
b. Donanım	12
c. Termal Koruma.....	13
d. Psikolojik Hazırlık ve Sedasyon.....	14
e. Kulak Eşitleme	15
2. HBOT Endikasyonları	16
3. HBOT Komplikasyonları	26
4. HBOT Kontrendikasyonları	29
5. HBOT Protokolleri	30
III. HASTALAR VE YÖNTEM	31
A. HASTA SEÇİMİ VE VERİLERİN TOPLANMASI	31
B. HBOT'NİN UYGULANMASI	34
C. TANIMLAMALAR	36
1. Yaş Grupları	36
2. HBOT Endikasyonları	36
a. Endikasyonlara Göre Tedavi Sonuçlarının Derecelendirilmesi.....	36

3. HBOT Sırasında Karşılaşılan Güçlükler ve Yan Etkiler	40
D. VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ	40
1. İstatiksel Analiz	41
E. ONAY	41
IV. BULGULAR	42
A. HBOT ALAN ÇOCUK HASTALARIN GENEL ÖZELLİKLERİ	42
B. HBOT ALAN ÇOCUK HASTALARIN ENDİKASYONLARA GÖRE İNCELENMESİ.....	45
1. Akut Travmatik İskemi.....	47
a. Crush Yaralanması	47
b. Reimplantasyon	52
c. Riskli Graft-Flep.....	54
d. Postoperatif İskemi.....	56
e. Elektrotermal Yanık.....	57
2. Karbonmonoksit Zehirlenmesi	59
3. Osteomyelit	65
4. Akut Periferik İskemi	71
5. Ani İşitme Kaybı	74
6. Problemlili Yara	76
7. Avasküler Nekroz.....	79
8. Hemorajik Sistit.....	80
9. Retinal Arter Oklüzyonu	81
10. Nekrotizan Yumuşak Doku Enfeksiyonu.....	83
11. Hipoksik İskemik Ensefalopati.....	84
12. Diğer.....	85
C. TEDAVİ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	86
D. TEDAVİ SIRASINDA KARŞILAŞILAN GÜÇLÜKLERİN VE YAN ETKİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	87
E. TEDAVİYE DEVAM.....	90
F. TEDAVİYE UYUM	91
V. TARTIŞMA.....	92
VI. SONUÇ	101
VII. KAYNAKLAR	102
VIII. EKLER	108

KISALTMALAR

AGE	Arteriyel gaz embolisi
AİK	Ani işitme kaybı
ALL	Akut lenfoblastik lösemi
AML	Akut miyeloid lösemi,
ATA	Mutlak atmosfer basıncı (Atmosfer absolut)
ATİ	Akut travmatik iskemi
Atm	Atmosfer
AVN	Avasküler nekroz
BPD	Bronkopulmoner displazi
BT	Barotravma
COHb	Karboksihemoglobin
COVID-19	Koronavirüs hastalığı 2019 (Coronavirus disease of 2019)
ECHM	Avrupa Hiperbarik Tıp Komitesi (European Committee for Hyperbaric Medicine)
EKG	Elektrokardiyografi
FiO₂	İnspire edilen oksijen fraksiyonu (Fraction of inspired oxygen)
GKS	Glasgow koma skalası
GNS	Geç nörolojik sekel
Hb	Hemoglobin
HBOT	Hiperbarik oksijen tedavisi
HİE	Hipoksik iskemik ensefalopati
HSP	Henoch-Schönlein purpurası
IQR	Çeyrekler arası aralık (Interquartile range)
KBY	Kronik böbrek yetmezliği
KİT	Kemik iliği transplantasyonu
kPa	Kilopascal
KROM	Kronik refrakter osteomiyelit
KT	Kemoterapi
MR	Manyetik rezonans
MTHFR	Metilentetrahidrofolat redüktaz
NYDE	Nekrotizan yumuşak doku enfeksiyonu
RMS	Rabdomiyosarkom
ROP	Prematüre retinopatisi (Retinopathy of prematurity)
SD	Standart sapma (Standard deviation)
SGK	Sosyal Güvenlik Kurumu
SLE	Sistemik lupus eritematozus
SSS	Santral sinir sistemi
TK	Trafik kazası
UHMS	Sualtı ve Hiperbarik Tıp Topluluğu (Undersea and Hyperbaric Medical Society)
VSD	Ventriküler septal defekt

TABLO DİZİNİ

Tablo 1.	Boyle Kanunu'na göre derinlik-basınç-hacim ilişkisi
Tablo 2.	UHMS tarafından belirlenen HBOT endikasyon listesi
Tablo 3.	ECHM tarafından belirlenen HBOT endikasyon listesi
Tablo 4.	Sağlık Bakanlığı tarafından belirlenen HBOT endikasyon listesi
Tablo 5.	HBOT'nin komplikasyonları
Tablo 6.	HBOT'nin kontrendikasyonları
Tablo 7.	HBOT'de göreceli riskler
Tablo 8.	Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Anabilim Dalı'nda yıllar içinde uygulanan HBOT protokolleri
Tablo 9.	HBOT uygulanan çocuk hastaların yaş gruplarına göre dağılımı
Tablo 10.	HBOT uygulanan çocuk hastaların tanıları, demografik özellikleri ve HBOT seans sayıları
Tablo 11.	Crush yaralanması tanısı ile HBOT alan hastalarda yaralanma sebepleri (n=68)
Tablo 12.	Crush yaralanması ile başvuran ve kompartman sendromu gelişmiş hastaların yaralanma türleri
Tablo 13.	Crush yaralanması tanısı ile HBOT alan hastalarda etkilenen bölgeler
Tablo 14.	Crush yaralanması tanılı hastalara, HBOT başlanmadan önce uygulanan cerrahi işlemler (n=cerrahi işlem=58)
Tablo 15.	Crush yaralanması tanılı hastalara, HBOT seansları devam ederken uygulanan cerrahi işlemler (n=cerrahi işlem=54)
Tablo 16.	Crush yaralanmasında HBOT öncesi kompartman sendromu gelişmiş olması ile tedavi bitimindeki klinik durum arasındaki ilişki (n=63)
Tablo 17.	Crush yaralanmasında HBOT alana kadar geçen süre ile tedavi bitimindeki klinik durum arasındaki ilişki (n=67)
Tablo 18.	Reimplantasyon tanısı ile HBOT alan hastaların klinik özellikleri
Tablo 19.	Riskli greft-flep tanısı ile HBOT alan hastaların klinik özellikleri
Tablo 20.	Postoperatif iskemi tanısı ile HBOT alan hastaların klinik özellikleri
Tablo 21.	Elektrotermal yanık tanısı ile HBOT alan hastaların klinik özellikleri
Tablo 22.	CO zehirlenmesi tanısı ile HBOT alan hastalarda zehirlenmeye neden olan kaynaklar
Tablo 23.	CO zehirlenmesi tanısı ile HBOT alan hastaların acil servis başvurusunda belirti ve bulguları
Tablo 24.	CO zehirlenmesi tanısı ile HBOT alan hastaların acil serviste ölçülen ilk COHb seviyeleri
Tablo 25.	CO zehirlenmesi tanısı ile HBOT alan hastaların, Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp kliniğine başvurdıkları andaki ve klinikten taburcu oldukları andaki GKS değerleri
Tablo 26.	CO zehirlenmesinde ilk ölçülen COHb seviyesi ile tedavi bitimindeki klinik durum arasındaki ilişki (n=77)
Tablo 27.	CO zehirlenmesinde HBOT alana kadar geçen süre ile tedavi bitimindeki klinik durum arasındaki ilişki (n=80)
Tablo 28.	Osteomyelit tanısı ile HBOT uygulanan hastalarda osteomyelit gelişim nedenleri
Tablo 29.	Osteomyelit tanısı ile HBOT alan hastalarda etkilenen bölgeler
Tablo 30.	Osteomyelit tanılı hastalara HBOT seansları devam ederken uygulanan cerrahi işlemler (n=cerrahi işlem=20)
Tablo 31.	Arteriyel oklüzyona bağlı gelişen periferik iskemi sebebiyle HBOT alan hastaların klinik özellikleri
Tablo 32.	Vasküler kompresyona bağlı gelişen periferik iskemi sebebiyle HBOT alan hastaların klinik özellikleri

- Tablo 33.** Purpura fulminansa bağı gelişen periferik iskemi sebebiyle HBOT alan hastaların klinik özellikleri
- Tablo 34.** Vaskulite bağı gelişen periferik iskemi sebebiyle HBOT alan hastaların klinik özellikleri
- Tablo 35.** AİK tanısı ile HBOT alan hastaların özellikleri, başvurdıkları ve taburcu oldukları andaki hava yolu saf ses ortalaması değerleri, HBOT seans sayıları ve tedavi sonuçları
- Tablo 36.** Ani işitme kaybında tanı konulduktan sonra HBOT alana kadar geçen süre ile tedaviye yanıt arasındaki ilişki (n=kulak sayısı=17)
- Tablo 37.** Cerrahi yarada iyileşmede gecikme sebebiyle HBOT alan hastaların klinik özellikleri
- Tablo 38.** İyileşmeyen yara sebebiyle HBOT alan hastaların klinik özellikleri
- Tablo 39.** Avasküler nekroz tanısı ile HBOT alan hastaların klinik özellikleri
- Tablo 40.** Hemorajik sistit tanısı ile HBOT alan hastaların klinik özellikleri
- Tablo 41.** Retinal arter oklüzyonu tanısı ile HBOT alan hastaların klinik özellikleri
- Tablo 42.** Endikasyonlara göre HBOT sonuçları
- Tablo 43.** HBOT sırasında karşılaşılan güçlük ve yan etkilerin, endikasyonlara göre dağılımı
- Tablo 44.** HBOT sırasında karşılaşılan güçlükler ve yan etkilerin, ilk 7 seansta ve 7. seanstan sonra görülme sıklığı
- Tablo 45.** Tedavinin herhangi bir aşamasında kulak eşitleme güçlüğü veya kulak barotravması yaşama durumuna göre, çocukların yaşlarının karşılaştırılması (n=261)

ŞEKİL DİZİNİ

- Şekil 1.** Tek kişilik basınç odası
- Şekil 2.** Çok kişilik basınç odası
- Şekil 3.** Henry Kanunu
- Şekil 4.** Kanın oksijen içeriği ile parsiyel oksijen basıncı arasındaki ilişki
- Şekil 5.** HBOT'nin hipoksik dokudaki etkileri
- Şekil 6.** Hasta seçimi ve değerlendirme algoritması
- Şekil 7.** HBOT uygulanan çocuk hastaların cinsiyete göre dağılımı
- Şekil 8.** HBOT uygulanan çocuk hastaların yıllara göre dağılımı (n=299)
- Şekil 9.** Crush yaralanması tanısı ile HBOT uygulanan hastaların yıllara göre dağılımı (n=68)
- Şekil 10.** Crush yaralanması tanılı hastaların, ilk HBOT seanslarına kadar geçen süreye göre dağılımları
- Şekil 11.** CO zehirlenmesi tanısı ile HBOT uygulanan hastaların yıllara göre dağılımı (n=91)
- Şekil 12.** CO zehirlenmesi tanısı ile HBOT uygulanan hastaların aylara göre dağılımı (n=91)
- Şekil 13.** Osteomyelit tanısı ile HBOT uygulanan hastaların yıllara göre dağılımı (n=38)
- Şekil 14.** Osteomyelit tanısı ile yatarak tedavi gören hastaların tedavi öncesi ve sonrası lökosit düzeyleri (n=22)
- Şekil 15.** Osteomyelit tanısı ile yatarak tedavi gören hastaların tedavi öncesi ve sonrası sedimentasyon değerleri (n=31)
- Şekil 16.** Akut periferik iskemi tanısı ile HBOT uygulanan hastaların yıllara göre dağılımı (n=18)

ÖZET

Hiperbarik Oksijen Tedavisi Uygulanmış 0-14 Yaş Grubu Hastaların Değerlendirilmesi

Amaç: Hiperbarik oksijen tedavisi (HBOT); iskemik, enfektif, inflamatuvar veya travmatik çok sayıda hastalık için ya ana tedavidir ya da kalıcı sekelleri ve mortaliteyi önemli ölçüde azaltan yardımcı bir tedavidir. Literatürde, pediatrik popülasyonda HBOT uygulamalarıyla ilgili verilerin beklenenden az olduğu göze çarpmaktadır. Bu çalışmanın öncelikli amacı İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Anabilim Dalı'nda, HBOT uygulanan çocuk hastaların özelliklerinin ortaya konulması ve bu yaş grubuna hangi tanılarla HBOT uygulandığının saptanmasıdır. Çalışmanın diğer amaçları, tedavi sonuçlarını değerlendirmek ve HBOT ile ilişkili gelişen komplikasyonları belirlemektir.

Hastalar ve Yöntem: İstanbul Tıp Fakültesi Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Anabilim Dalı'nda 1990-2020 yılları arasında HBOT uygulanan 0-14 yaş grubu hastaların dosyaları geriye dönük olarak tarandı. Hastaların demografik ve klinik özellikleri incelendi. Ayrıca hastalar, tedaviye yanıtları ve meydana gelen yan etkiler açısından değerlendirildi.

Bulgular: On dört yaşından küçük toplam 299 çocuğa, 11 ana endikasyon ile 5110 HBOT seansı uygulandığı tespit edildi. Medyan yaşın 7 (2 gün-14 yaş) olduğu belirlendi. Tedavi sonuçları değerlendirildiğinde olguların %87,2'sinde iyileşme sağlandığı saptandı. Hastaların %4,5'inde HBOT ile ilişkili komplikasyonlar meydana geldiği görüldü. Santral sinir sistemi oksijen toksisitesinin 5110 tedaviden birinde geliştiği saptandı.

Sonuç: Çalışmada, çocuk hastalarda HBOT'nin güvenli ve başarılı bir şekilde uygulandığı görülmüştür. Otuz yıllık bu tecrübenin sunulması, pediatrik hastaların HBOT endikasyonları açısından değerlendirilmesinde ve tedavinin yönetim sürecinde fayda sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Hiperbarik oksijen tedavisi, yenidoğan, bebek, çocuk, ergen, pediatrik, komplikasyonlar, tedavi sonuçları

ABSTRACT

The Evaluation of 0-14 Age Group Patients Who Received Hyperbaric Oxygen Therapy

Objective: Hyperbaric Oxygen Therapy (HBOT) is either the main therapy method or an adjunctive therapy that significantly reduces permanent sequelae and mortality in many ischemic, infective, inflammatory, or traumatic diseases. Data on HBOT applications in the pediatric population is less than expected in the literature. The primary aims of the study are to reveal the characteristics of pediatric patients who had undergone HBOT in Istanbul University Faculty of Medicine, Department of Underwater and Hyperbaric Medicine, and to determine the diagnoses for which HBOT was applied to this age group. Other purposes of the study are to evaluate the treatment results and to determine the complications associated with HBOT.

Patients and Methods: Charts of patients who were at age between 0-14 and underwent HBOT from 1990 to 2020 in the Underwater and Hyperbaric Medicine Department, Istanbul Medical Faculty, were evaluated retrospectively. The demographic and clinical characteristics of the patients were examined. In addition, patients were evaluated in terms with respect to their treatment response and the side effects they experienced.

Results: A total of 299 children under the age of 14 had taken 5110 HBOT sessions with 11 main indications. The median age was 7 (2 days-14 years). The evaluation of treatment results showed that 87.2% of the cases had been cured. And 4.5% of pediatrics patients had experienced HBOT-related complications. Central nervous system oxygen toxicity was occurred once in 5110 therapy sessions.

Conclusion: The study revealed that HBOT had been applied safely and successfully on pediatric patients. Presenting this 30-year experience will be beneficial in the evaluation of pediatric patient in terms of HBOT indications and the management of treatment.

Keywords: Hyperbaric oxygen therapy, neonate, infant, children, adolescent, pediatrics, complications, treatment outcomes

I. GİRİŞ VE AMAÇ

Çeşitli hastalıklar sebebiyle hiperbarik oksijen tedavisi (HBOT) alan çocuk hastalar, dünya çapında, ağırlıklı olarak yetişkinler için belirlenmiş tablolara göre ve yetişkinler için hazırlanmış tesislerde tedavi edilmektedir.

Hiperbarik oksijen tedavisi sırasında hasta, %100 oksijen solurken basınç odasının içinde deniz seviyesindeki atmosfer basıncından daha yüksek bir ortam basıncına maruz kalır. Kanda ve dokularda kısmi oksijen basıncı artar. Yüksek difüzyon gradyanı, özellikle yetersiz beslenen alanlarda hücrelere oksijen dağıtımının artmasını sağlar. Bunun yanında yüksek parsiyel oksijen basıncına bağlı olarak damarlarda meydana gelen vazokonstriksiyon ve kapiller permeabilededeki düzelme ile birlikte ödem azalır. Uzun vadede HBOT, zayıf perfüzyonu olan dokuda neovaskülarizasyonu artırır. HBOT ayrıca humoral savunma mekanizmalarını düzenler. HBOT'nin bilinen etkileri tüm yaşlarda geçerlidir.

Hiperbarik oksijen tedavisinin çocuk yaş grubundaki etkisini değerlendirmek üzere çalışma yapmak zordur; hastalar genellikle akut, hayatı tehdit eden tanılarla tedaviye alınırlar ve bu sebeple randomize kontrollü çalışma yapmak pek mümkün değildir. Bu nedenle yaygın bir strateji olan yetişkin hastaların endikasyonlarının ve tedavi rejimlerinin pediatrik yaş grubuna aktarılması HBOT için de uygulanmıştır.

Tıpta esas olan sağlığın korunmasıdır. Her ne kadar koruyucu hekimlik çalışmaları yürütülse de hastalıklar görülmektedir. Görülen bu hastalıkların tanımlayıcı epidemiyolojisinin yapılması, toplumun önemli ve öncelikli hastalıklarının ortaya çıkarılmasını sağlar. En sık görülen, en çok sekel bırakan ve en çok ölüme neden olan hastalıklar toplumun önemli ve öncelikli hastalıklarıdır. Sağlık kuruluşlarına başvuran hastaların kayıtlarının tutularak bu hastalıkların zamana, yere ve kişisel özelliklere göre dağılımının çıkarılması tanımlayıcı epidemiyolojik çalışmayı oluşturmaktadır (1). Bu çalışmada da 1990-2020 yılları arasında, İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Anabilim Dalı'nda, HBOT uygulanan 0-14 yaş grubu çocuk olguların demografik ve klinik özelliklerinin ortaya konulması; bu yaş grubuna hangi tanılarla HBOT uygulandığının saptanması; hastaların tedavi sonuçlarının değerlendirilmesi ve HBOT ile ilişkili meydana gelen komplikasyonların belirlenmesi amaçlanmaktadır.

II. GENEL BİLGİLER

A. HİPERBARİK OKSİJEN TEDAVİSİ

1. Tanımı

Hiperbarik oksijen tedavisi, hastaların kapalı sistem içerisinde, 1 mutlak atmosfer (1 ATA, 760 mmHg) basıncından daha yüksek bir basınçta, sürekli veya aralıklı olarak %100 oksijen soluması esasına dayanan medikal bir tedavi yöntemidir.

Tedavi süresi ve basınçları hastalıklara göre değişkenlik göstermekle birlikte, bir tedavinin HBOT olarak değerlendirilebilmesi için, tedavi basıncının 1,4 ATA ve daha üzerinde olması gerektiği bildirilmiştir (2, 3).

Tedavinin uygulandığı basınç odaları ise bir seferde tek bir kişinin (tek kişilik) ya da birden fazla kişinin (çok kişilik) tedavisine olanak sağlayacak donanımları olan; farklı şekilleri, büyüklükleri ve basınçlandırma özellikleriyle çeşitlilik gösteren sistemlerdir. Tek kişilik basınç odalarında ortam oksijenle ya da havayla basınçlandırılır; hasta ortam havasından ya da maske aracılığı ile oksijen solur (Şekil 1). Çok kişilik basınç odalarında ise ortam hava ile basınçlandırıldıktan sonra hastalar oksijeni maske, başlık ya da ventilasyon cihazları yardımıyla solurlar (Şekil 2).



Şekil 1. Tek kişilik basınç odası



Şekil 2. Çok kişilik basınç odası

2. Tarihçesi

Hiperbarik oksijen tedavisinin kökleri 17. yüzyıla kadar uzanmaktadır. Tıpta basınç odasının kullanımı için ilk girişimler 1662’de İngiliz bilim adamı Henshaw tarafından yapılmıştır. Henshaw, “Domicilium” adı verilen bu yapıda, akut hastalıkları yüksek basınç, kronik hastalıkları ise düşük basınç kullanarak tedavi etmeye çalışmıştır (2).

1775’te Priestly, oksijeni keşfetmiş ve ayrıca tedavi edici özelliğini bildirmiştir (2).

Paul Bert’in 1878’de yayımladığı “*La Pression Barométrique: Recherches de Physiologie Expérimentale*” kitabı hiperbarik tıp açısından büyük önem taşımaktadır. Bert, tedavi için oksijen kullanıma ilk değinen olmasının yanı sıra oksijenin santral sinir sistemi üzerindeki toksik etkilerini de tanımlamıştır (4).

Hiperbarik oksijen, tıpta ilk kez Behnke ve Shaw tarafından 1937 yılında dekompresyon hastalarını başarılı bir şekilde tedavi etmede kullanılmıştır (5). Almeida ve Costa, 1938’de lepra ve gazlı gangren tedavisi için; End ve Long da 1942’de deneysel hayvan modellerinde karbonmonoksit (CO) zehirlenmesi tedavisi için HBOT kullanmışlardır (2). İnsanlarda CO zehirlenmesinde ise HBOT ilk kez, Sharp ve Smith tarafından 1960’da kullanılmıştır (6).

Pediyatrik vakalar özelinde HBOT kullanımı ilk kez 1966 yılında literatüre girmiş olup, Huntchinson yenidoğanlarda asfiksi ve prematüre bebeklerde görülen respiratuvar distres

sendromu tedavisinde kullanıldığını bildirmiştir (7). Takip eden yıllarda özellikle neonatal hastalarda HBOT ile ilgili çalışmalar yapılmıştır (8, 9).

Hiperbarik tıp alanındaki çalışmaların hız kazanmasıyla 1970'lerin sonunda Amerika kökenli Sualtı ve Hiperbarik Tıp Topluluğu (Undersea and Hyperbaric Medical Society, UHMS), HBOT'nin temel kuralları ve prensipleriyle ilgili bir kılavuz yayımlamıştır.

Avrupa'da da Türkiye'nin de yer aldığı bir birlik kurulmuş ve Avrupa Hiperbarik Tıp Komitesi (European Committee for Hyperbaric Medicine, ECHM) adı altında periyodik olarak çalıştaylar ve konferanslar düzenlenmeye başlanmıştır (2).

Hiperbarik oksijen tedavisi, Türkiye'de de, diğer birçok ülkede olduğu gibi, ilk olarak donanmada dekompresyon hastalığı tedavisinde uygulanmasıyla kullanıma girmiştir. Eğitim ve araştırma kliniği olarak ilk kez 1976'da İstanbul Tıp Fakültesi'nde "Deniz ve Sualtı Hekimliği" kurulmuştur. Sonraki yıllarda Gülhane Askeri Tıp Akademisi ve İstanbul Tıp Fakültesi Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp kliniklerinde, erişkinler ve çocuklar için dalış hastalıkları haricindeki hastalıkların da tedavisi yapılmaya başlanmıştır.

90'lı yıllardan itibaren sayıları artan, özel ve kamuya bağlı HBOT klinikleriyle bu tedavi yaygın olarak uygulanmaktadır.

3. Fiziksel Temeli

Hiperbarik oksijen tedavisinin fiziksel temelini gazların sıcaklık, hacim ve basınç ile ilişkilerini gösteren gaz yasaları oluşturmaktadır.

Boyle Kanunu

"Sabit sıcaklık (T) altında, belli bir kütledeki gazın hacmi (V), basıncı (P) ile ters orantılıdır."

$$P \times V = k \text{ (sabit)} \quad (T \text{ sabit})$$

Boyle Kanunu'na göre, basınçtaki artış gaz kütlelerinin hacminde azalmaya, basıncın azalması da hacimlerinde artışa yol açar (Tablo 1).

Tablo 1. Boyle Kanunu'na göre derinlik-basınç-hacim ilişkisi

Hava		1 vol	760 mmHg = 1 atm (ATA)
Derinlik	Hacim		Basınç
10 m (33 feet)		1/2 vol	1520 mmHg = 2 ATA
20 m (66 feet)		1/3 vol	2280 mmHg = 3 ATA
30 m (99 feet)		1/4 vol	3040 mmHg = 4 ATA
40 m (132 feet)		1/5 vol	3800 mmHg = 5 ATA

Barotravmalar, arteriyel gaz embolisi ve dekompresyon hastalığının temelinde bu fizik kanunu yatmaktadır (10).

Gay-Lussac ve Charles Kanunları

Charles Kanunu: “Sabit basınç altında, gazların sıcaklıkları ve hacimleri doğru orantılıdır.”

$$V / T = V_1 / T_1 = V_2 / T_2 \dots \quad (P \text{ sabit})$$

Gay-Lussac Kanunu: “Sabit hacimdeki gazların basıncı, sıcaklığı ile doğru orantılıdır.”

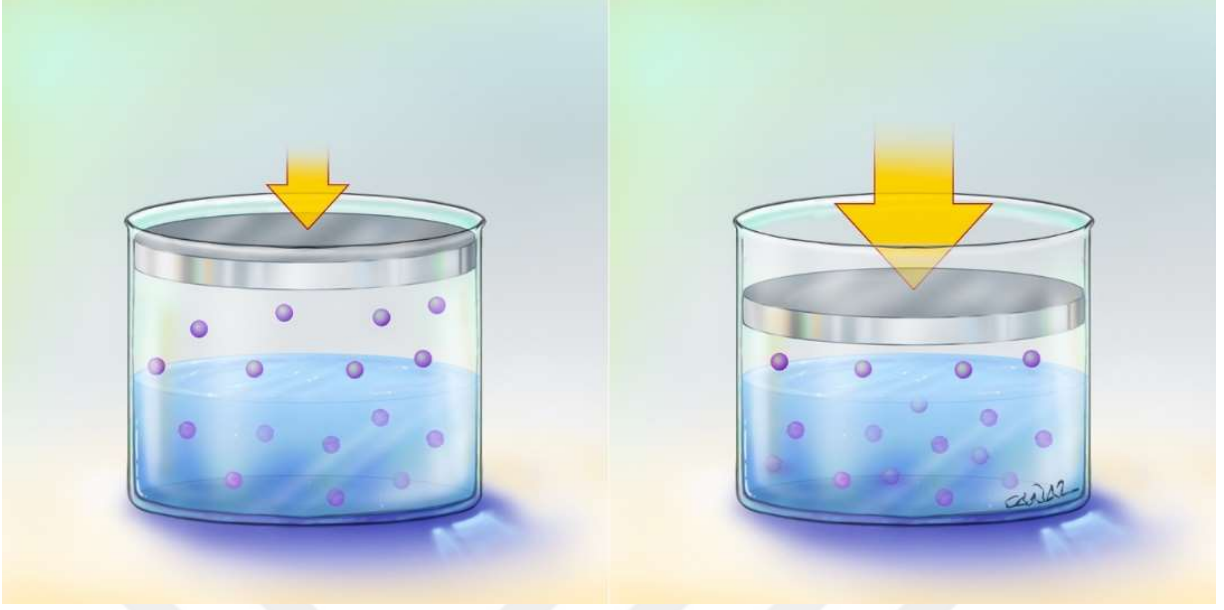
$$P / T = P_1 / T_1 = P_2 / T_2 \dots \quad (V \text{ sabit})$$

Hiperbarik oksijen tedavisi uygulanırken basıncın arttırılması sırasında ortam sıcaklığının artması veya dalış tüpleri doldurulurken sıcaklığının artmasını Charles ve Gay-Lussac Kanunları ile açıklanmaktadır (3).

Henry Kanunu

“Bir gazın sıvı içerisindeki çözünmüş gaz miktarı, gaz fazındaki kısmi basıncı ile orantılıdır.” Gazın sıvı üzerindeki basıncı arttırılırsa çözünürlüğü de artar (Şekil 3).

Hiperbarik oksijen tedavisinde de yüksek basınçta oksijenin plazma içindeki çözünürlüğü arttırılarak dokulara hemoglobinden bağımsız olarak daha yüksek oranda oksijen taşınması prensibi bu kanuna dayanır (11).



Şekil 3. Henry Kanunu

Oksijenin kandaki çözünürlüğü 1 ATA'da %0,3 iken, %100 oksijen solunduğunda bu oran 1 ATA'da %2, 2 ATA'da %4 olmaktadır. Dokudaki hipoksinin önlenmesinde bu mekanizmadan yararlanılır.

Dalton Kanunu

“Bir gaz karışımının basıncı, karışımda yer alan her gazın kısmi basıncının toplamına eşittir.”

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

Deniz seviyesinde atmosfer basıncı 1 ATA'dır (760 mmHg). Bu kanuna göre de atmosferdeki havanın hacim olarak %21'i oksijen olduğu için oksijenin parsiyel basıncı yaklaşık 0,2 ATA'ya (160 mmHg) eşittir. Ortam basıncı iki katına çıkarılacak olursa, oksijenin kısmi basıncı da doğru orantılı olarak artar ve 0,4 ATA (320 mmHg) olur (10).

4. Fizyolojik Etkileri

a. Artan Basıncın Mekanik Etkisi

Boyle Kanunu'na bağlı olarak basıncın artması, gazların hacimlerinin azalmasına yol açar. Dekompresyon hastalığı veya gaz embolisi gibi gaz kabarcıklarının hastalığın etyopatogenizde rol oynadığı klinik durumlarda HBOT'nin bu etkisinden yararlanılmaktadır. Bu etkiyle, artan çevresel basıncın etkisiyle gaz kabarcığı küçülür, kabarcık boyutu küçüldükçe

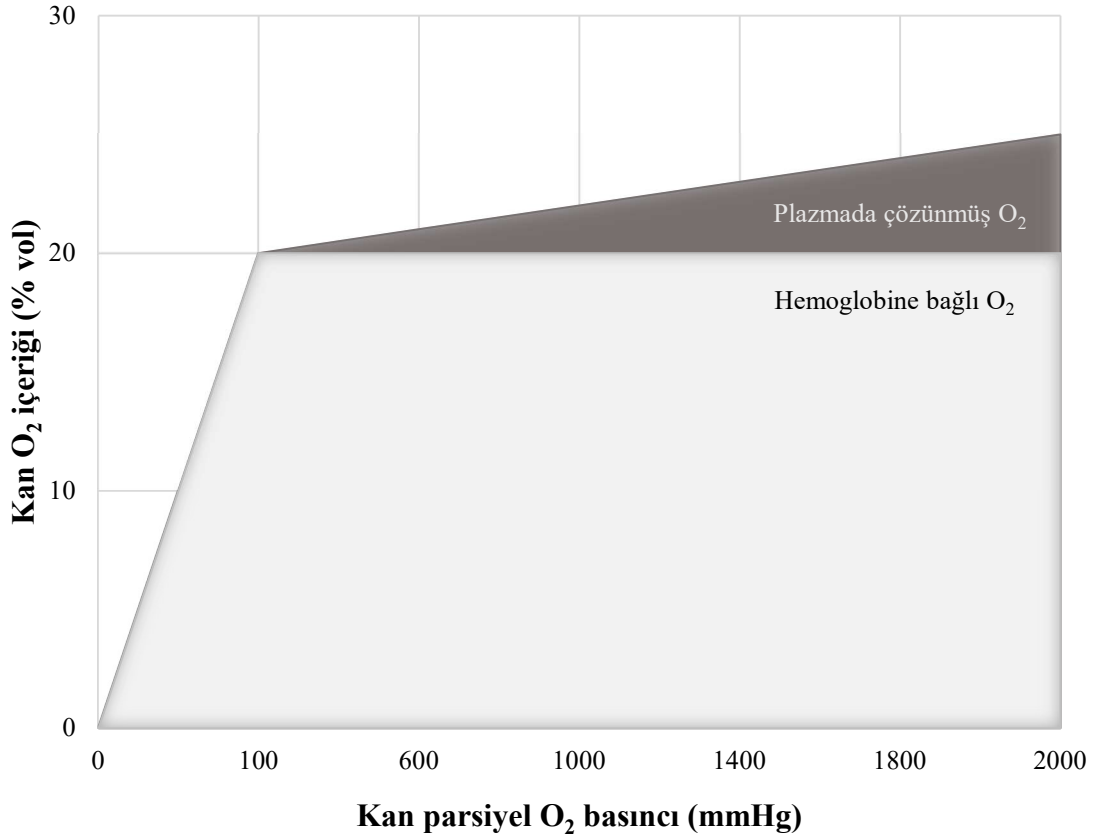
yüzey gerilimi artar ve gaz kabarcığı kritik bir boyuta kadar küçüldükten sonra artmış olan yüzey geriliminin de etkisiyle kollabe olur. Vücutta içinde gaz bulunan kapalı ortamlarda (sinüsler, orta kulak boşluğu) basınç değişikliklerine bağlı olarak gazın mekanik etkisi ile HBOT'nin yan etkisi olan barotravmalar gelişebilmektedir (10).

b. Artan Parsiyel Oksijen Basıncının Etkisi

Plazmada yüksek miktarda çözünen oksijenin, çeşitli organ, doku ve biyokimyasal reaksiyonlar üzerinde birçok etkisi mevcuttur.

Antihipoksik Etki

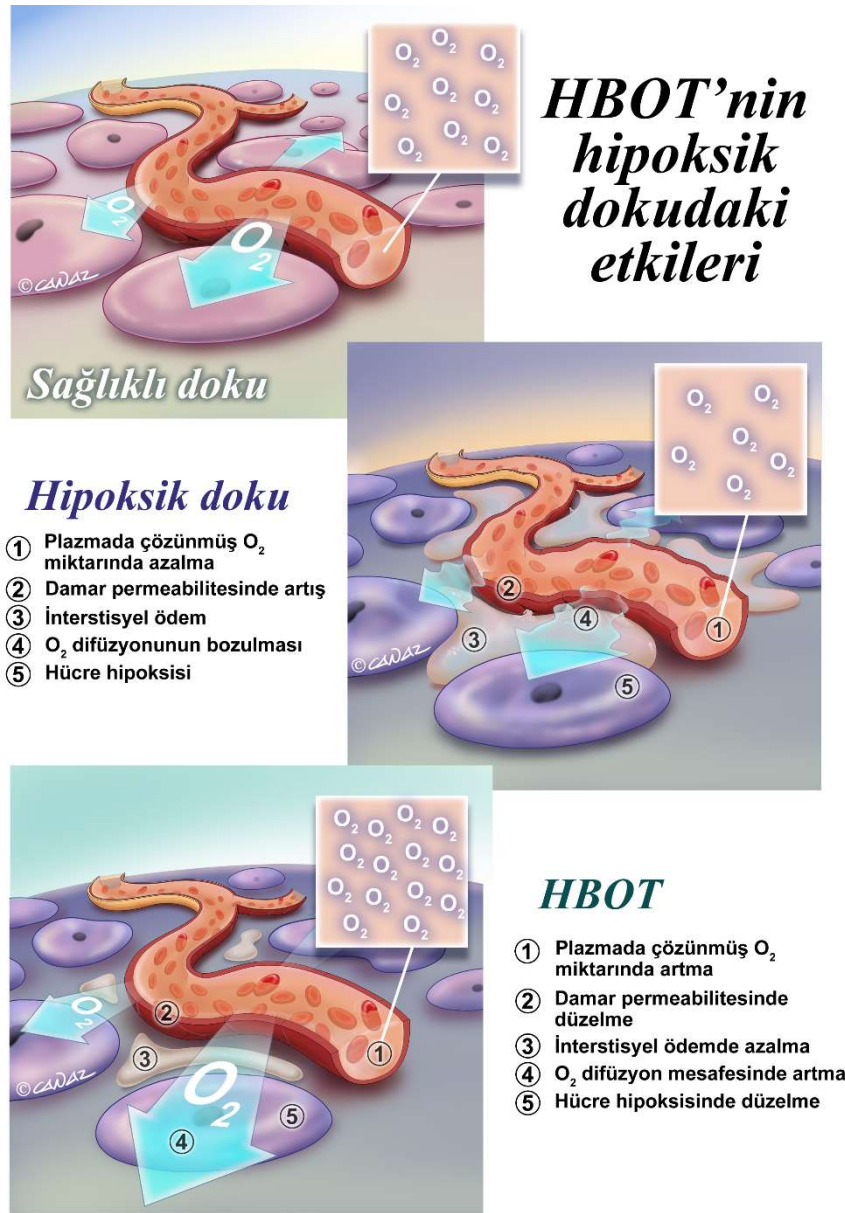
Normal şartlarda oksijeni bağlayarak dokulara taşıyan hemoglobin neredeyse tamamen oksijene doymuş halde bulunur. Dolayısıyla solunan havanın oksijen miktarı artırılarak hemoglobin üzerinden dokulara daha fazla oksijen taşınması sağlanamaz. HBOT ile, Henry Yasası'na bağlı olarak, hemoglobinin yanında plazmada çözünmüş olarak taşınan oksijen miktarı arttırılır (Şekil 4).



Şekil 4. Kanın oksijen içeriği ile parsiyel oksijen basıncı arasındaki ilişki

Antiödem Etki

Hiperbarik oksijen, bradikardiye yol açar ve kardiyak outputun azalmasına sebep olur; ayrıca periferik damarlarda vazokonstriksiyon yapar. Bu etkilerle dokunun total perfüzyonu azalır; fakat doku oksijenasyonu bozulmaz çünkü serumda çözülmüş oksijen miktarı artmıştır. Bozulmuş kapiller permeabilite de hiperoksijenizasyon ile düzelir ve ekstravaze olan sıvı miktarı azalır. Böylece, HBOT'nin *antiödem* etkisi meydana gelir (3). Ayrıca artmış parsiyel oksijen basıncı ile oksijenin difüzyon mesafesi artar ve böylece ödemli dokuda kapiller damar ağından uzaklaşmış hipoksik hücrelere oksijen sağlanmış olur (Şekil 5).



Şekil 5. HBOT'nin hipoksik dokudaki etkileri

Antitoksik Etki

Hiperbarik oksijenin gazlı gangren etkeni olan *Clostridium perfringens*'in alfa toksin üretimi üzerine direk inhibitör etkisi vardır, toksinin üretimi doku oksijen basıncı 250 mmHg'ye ulaştığı zaman durur (12).

Antibakteriyel Etki

Hiperbarik oksijen antibakteriyel etkisini 3 şekilde gösterir: Direk bakterisitik etki, immün sistem üzerine modülatör etki ve antibiyotikler ile sinerjistik etki.

Oksijenin, antioksidan savunma sisteminden yoksun anaerob bakteriler üzerinde direk bakterisitik etkisi vardır.

Aynı zamanda lökosit ve makrofajların antibakteriyel etkileri doku oksijenizasyonu ile yakından ilgilidir. Parsiyel oksijen basıncı 30 mmHg'nin altına düştüğü zaman polimorfonükleer lökositler fonksiyon kaybına uğrar (3). HBOT ile bu basınç 30-1200 mmHg gibi değerlere ulaşarak immün sistemin aktivitesini artırır.

Aminoglikozid gibi antibiyotiklerin membran transferi oksijen bağımlı bir mekanizma ile olmaktadır. Dolayısıyla hipoksik ortamda benzer nedenden dolayı etkinliği azalan vankomisin, florokinolon ve teikoplanin gibi antibiyotiklerin de HBOT sayesinde etkinliği artmaktadır (13).

Ayrıca son yıllarda yapılan çalışmalarda HBOT'nin biyofilm eradikasyonunda da olumlu etkilere sahip olduğu gösterilmiştir (14).

Yara İyileşmesine Etkisi

Hiperbarik oksijen, yara iyileşme sürecinde yer alan ve doku hipoksisi nedeniyle bozulmuş bir dizi fonksiyonun düzene girmesini sağlar.

Hiperbarik oksijen, *inflamasyon fazında* görev alan makrofaj ve nötrofillerin fonksiyonlarını artırır.

Proliferasyon fazında doku matriksi üretimi ve neovaskülarizasyon birbirlerine bağımlı basamaklardır. Neovaskülarizasyon sayesinde fibroblastlar tarafından kollajen sentezlenir, bu da doku matriksini oluşturur. Kollajenin üretilmesi esnasındaki hidroksilasyon tepkimeleri oksijen bağımlıdır. Doku oksijen basıncının 30-40 mmHg altında olduğu durumlarda bu enzimler çalışamaz ve kollajen sentezi olması gerektiği gibi yapılamaz (13). Yara dokularında

bu parsiyel oksijen basıncı çok daha düşüktür ve HBOT bu dokularda hiperoksiyi sağlayarak, kollajen sentezini hızlandırır (15).

Yara dokusunun hipoksik ortamının neovaskülarizasyonu uyarıcı bir etkisi vardır. Dolayısıyla aralıklı olarak uygulanan HBOT ile dönüşümlü olarak hem kollajen sentezi artar, hem de bu kollajenler kullanılarak vaskülarizasyon gerçekleşmiş olur.

Maturasyon fazında üretilen kollajenler çapraz bağlar kurarak bağ dokusunu oluşturur, bu fazın da gerçekleşmesi için dokudaki oksijen parsiyel basıncının en az 20-60 mmHg olması gerektiği bildirilmiştir (11). Aynı zamanda hiperbarik oksijenin antiödem ve bakterisidal etkileri de yara iyileşmesine katkı sağlar.

B. PEDIATRİK YAŞ GRUBU VE HİPERBARİK OKSİJEN TEDAVİSİ

Hiperbarik oksijen tedavisinin bilinen mekanizmaları tüm yaşlarda geçerlidir, erişkin ve çocuk hastalarda HBOT'nin dayandığı prensipler ve fizyolojik etki mekanizmaları farklılık göstermese de çocuk hastalarda HBOT uygulanırken, ortam şartları ve kullanılan tıbbi donanımının hastaya uyumu hayati önem taşır.

Çocuk doktorlarının HBOT uygulayan ekibe dahil edilmesi, tedavi öncesi planlama ve sürekli iletişim, görevi kolaylaştırır.

1. Pratik Hususlar

a. Lojistik ve İşbirliği

Hemen hemen tüm HBOT üniteleri erişkin ağırlıklı sağlık merkezlerinde ya da müstakil binalarında yer almaktadır. Bu da gereksinim durumunda çocuk hastaların birimler arası transferi anlamına gelir. Bu transferlerde genelde profesyonel sağlık personelinin hastaya eşlik etmesi gerekir. Farklı sağlık tesisleri arasında ekipman farklılığından ya da eksikliğinden çıkabilen problemlerin yanı sıra, tedavi planı ve saatlerinin aksaması da bir diğer sorundur. Fakat bu sorunlar hiçbir zaman HBOT endikasyonu koyulan pediatrik bir hastanın tedavisini engellememelidir (3).

b. Donanım

Tek kişilik basınç odaları kooperasyon uyumu olmayan yenidoğan ve küçük çocukların hiperbarik oksijen ile tedavisi için uygun değildir. Ayrıca dışarıdan müdahalenin kısıtlı olduğu tek kişilik basınç odaları hava yolu yönetimi gerekli hastalar için işlevsel değildir; sekresyonların aspirasyonu ya da endotrakeal tüpe müdahale edilmesi gerekebilir. Entübe

olmayan ya da ventile edilmeyen hastalarda dahi, çocuklarda çok sık görülen kusma ve sonrasında gelişebilecek aspirasyon tehlikeleri her zaman mevcuttur. Tek kişilik basınç odalarında bu durumlar ölümcül olabilir, müdahale amacıyla odanın basıncının hızlı düşürülmesi de yine hastanın sağlığını riske atacaktır. 1966'da Hutchinson ve ark.'nın Lancet dergisinde yayımladıkları ve daha sonra Glasgow'daki ölüm odası (death chamber) olarak adlandırılan çalışması buna en büyük örnektir (16).

Çok kişilik basınç odalarında hastaların oksijen solumakta kullandıkları cihazlardan yüksek basınçlı ortama oksijen geçişi istenmeyen bir durumdur ve oksijen miktarının artmasını engellemek için, kullanılan cihazlar bebeklere ve çocuklara uygun olmalıdır: Oksijen başlığı, uygun maske, uygun mekanik ventilatör gibi.

Hava yolu yönetimi açısından basınç odasında pediatrik hastalara uygun donanımın bulunması zorunludur: Uygun boyutta laringoskop ve endotrakeal tüp; aspiratör ve aspirasyon ekipmanları; airway ve laringeal maske. Çocukların çoğunda endotrakeal entübasyon, kafsız endotrakeal tüp kullanılarak yapılır. Ancak kafalı endotrakeal tüp kullanıldıysa kafın içindeki havanın sıvı ile değiştirilmesi gerekir, aynı uygulama idrar sondası kafi için de geçerlidir.

Hastaları monitörize etmekte kullanılan cihazlar da pediatrik ekipmanlarıyla beraber bulunmalıdır: Kardiyak elektrodlar, uygun tansiyon manşonu, nabız oksimetre, infüzyon pompaları dahil.

Çok kişilik basınç odalarında klima ve havalandırma sistemleri standart donanım olarak yer almaktadır. Statik elektrik oluşturabilecek giysiler ve radiant ısıtıcıların kullanımı mümkün değildir. Oda içerisindeki sıcaklığın kontrolü ise hipotermi ve hipertermiye bir erişkinden daha yatkın olan küçük çocuklar ve bebekler açısından çok daha önemlidir.

Direktiflere uyabilen büyük çocuklar da dahil olmak üzere küçük çocuklar ve bebeklerde HBOT uygulanması için en optimum ortam çok kişilik basınç odalarında mevcut olup, tedaviye uyum açısından küçük hastalara iki erişkinin (ebeveyn, sağlık personeli) eşlik etmesi uygundur. Ancak, sağlık personeli, ebeveyn varlığının tedaviyi zorlaştırdığını hissediyorsa, tedavinin herhangi bir aşamasında ebeveyni ayırabilir (12).

c. Termal Koruma

Basınç odasında dekompresyon esnasında meydana gelen soğuma, konvektif (Isınan ve soğuyan havanın oluşturduğu akımının etkisiyle vücuttan ısı kaybedilmesi) ve kondüktif (Vücut yüzeyinin temas ettiği cisimlere doğrudan ısı iletmesi sonucu ısı kaybedilmesi) yollarla ısı

kaybını arttırır. Yangın riski sebebiyle oksijen konsantrasyonunun güvenli seviyelerde tutulması için basınç odasının ventile edilmesi ise evaporasyon (buharlaşıma) yoluyla ısı kaybını arttırır.

Yenidoğanlarda HBOT uygulamasında hipotermi çekinilen ciddi bir durumdur. Bu yaş grubu çeşitli açılardan hipotermiye meyillidir: Vücut yüzey-kütle oranı yaş azaldıkça artar, bu da bebekler için daha fazla ısı kaybı anlamına gelir, vücudun kor ısını koruma kapasitesi ise sınırlıdır. Hasta bir çocuk kor ısını sabit tutmak için harcayacağı kaloriyi tolere edemez.

Pediyatrik hastalarda ısı kaybının saptanması ve önlenmesi çok önemlidir. Özellikle konuşma çağı öncesi bebekler, üşüme hissini belirtmeyecekleri için ve çok hızlı hipotermiye girebilecekleri için çok sıkı takip edilmelidir. Üşümeyle beraber gözlenebilen piloereksiyon, titreme, soğumuş cilt gibi bulgular geliştiğinde çok geç kalınmış olabilir (17).

Rutin takip olarak pediyatrik hastalarda kor sıcaklığın sürekli monitörizasyonu, ciddi ısı kaybına karşı en duyarlı yöntemdir. Hastaya erişimin sınırlı olduğu tek kişilik basınç odalarında problemler ile sürekli termal monitorizasyon gerekebilir. Bebeğe eşlik eden personelin bulunduğu çok kişilik basınç odalarında aralıklı kutanöz, rektal ya da otik vücut sıcaklığı takibi yeterli olabilir.

Pamuklu malzemeden üretilmiş battaniye kullanımı hem buharlaşmayla kaybedilen ısı miktarını hem de izolasyon sayesinde konveksiyon ve kondüksiyon yoluyla ısı kaybedilmesini azaltır. Önceden ısıtılmış battaniye ya da sıcak su torbaları gibi “ısı rezervuarı” özelliği olan ekipmanlar kullanılabilir. Basıncı birdenbire azalıp genişleyen gazın sebep olduğu, adyabatik soğumaya bağlı bu ekipmanların da hızlı ısı kaybettiği durumlarda, çok kişilik basınç odalarında, medikal bölmeler kullanılarak ısı kaynakları yenilenebilir (3).

d. Psikolojik Hazırlık ve Sedasyon

Küçük çocuklukta karşılaşılan her yeni durum bir “bilinmeyen” olduğu için, klasik yanıt korku şeklinde olmaktadır. Basınç odaları gibi kapalı ve kısıtlı ortamların da özellikle çocuk hastalar üzerinde korku uyandırıcı bir etkisi olmaktadır. Ajite ve korkmuş çocuk hastanın yönetimi de HBOT gibi bir prosedürde oldukça güç olabilir. Tedavi esnasında çoğu kez aile bireyleri eşlik ediyor olsa da, aileden ayrılması gereken bazı durumlar, çocuk hastada ek olarak korku uyandırabilir. Bu gibi durumlarda hastaya eşlik edecek sağlık personelinin çocuk hastanın yaş grubuna göre nasıl davranacağını bilmesi önemlidir (3).

Tedavinin elektif olarak uygulandığı vakalarda çocuklara tedavi öncesi eğitim verilebilir. Resimler, oyuncaklar kullanılarak veya hikayeler anlatılarak prosedürün oluşturduğu korku giderilebilir. Tedavi öncesi basınç odasının aile ile gezilmesi çocuk hastanın ortama alışmasına yardımcı olabilir. Tedavi sırasında da hastanın dikkatini dağıtacak televizyon, oyuncaklar ve çeşitli oyunlar faydalı olur, “dikkat dağıtıcı” etmeni çocuğun seçmesine izin vermek onda kontrol sahibi olduğu hissini uyandırarak, tedaviye daha rahat katılmasına yardım edebilir. Yine de her zaman olduğu gibi kıvılcıma ya da statik elektriklenmeye yol açabilecek materyal içeren oyuncaklar basınç odasının içine alınmamalıdır (3).

Acil durumlarda bu kooperasyonu sağlamak mümkün olmadığı için ve tedaviyi en kısa sürede olabildiğince acısız bir şekilde gerçekleştirebilmek adına, sedasyon kullanılabilir. Yine tedavi öncesi hazırlık ve dikkat dağıtmanın yetersiz olduğu ve hastanın ajite olduğu durumlarda sedasyon tercih edilmelidir. Sedasyon her ne kadar sık kullanılan bir prosedür olsa da benign bir prosedür olmadığı ve pediatrik hastaların kolaylıkla daha derin sedasyon durumlarına kayabileceği unutulmamalıdır. Amerikan Pediatri Akademisi pediatrik hastaların sedasyonu ile ilgili geniş bir kılavuz yayımlamıştır (18). Çocuk hastalar özellikle solunum depresyonu, laringospazm, apne ve kardiyovasküler sorunlar açısından sıkı takip edilmelidir. Eşlik edecek personelin pediatrik ileri yaşam desteği sertifikası sahibi olması özellikle önerilmektedir (3).

e. Kulak Eşitleme

Hiperbarik oksijen tedavisi başlangıcında dış ortam basıncı artar, orta kulak basıncı dış ortam basıncıyla eşitlenmediği takdirde Boyle Kanunu’na uygun olarak, orta kulaktaki hava hacmi küçülür ve negatif basınç oluşur. Oluşan bu negatif basınç, çevre dokular üzerinde vakum etkisi oluşturarak, ödem, eksüdasyon, hemaraji ve timpan zarda perforasyona neden olabilir. Valsalva manevrası ve yutkunma gibi bazı yöntemler kullanılarak östaki borusundan orta kulağa hava girişi sağlanır, böylece timpan membranın her iki tarafındaki basınç eşitlenerek, barotravma oluşumu engellenir.

Kulak eşitleme çocuklarda da erişkinlerden farklı değildir, hatta sağladığı rahatlama hissi daha önemlidir. Çocukların kulak eşitleyebilmesini zorlaştıran iki durum vardır. Birincisi bunu yapabilmesi için çocuğun basınç eşitleme ihtiyacını anlayabilmesi ve belli talimatları alabiliyor olması gerekir, ikincisi ise çocuklarda sıklıkla görülen östaki borusu disfonksiyonudur. Valsalva manevrası ya da östaki borusunu açacak manevralar (esneme, sakız çiğneme, yutkunma vb.), 4-6 yaş aralığındaki çocuklara öğretilir. Bebekler için de biberon

emmek östaki borusunun açılmasını sağlayabilir (3). Zaman zaman çığlık atmak veya ağlamak da östaki borusunun açılmasına neden olur, ancak çocuğun bakımıyla ilgilenenler için tahammül etmesi zordur ve aynı zamanda dayanılmaz bir acı belirtisi de olabilir. Östaki borusu disfonksiyonu ile ilişkili gelişen kulak ağrısını yönetmek için ayarında, son derece yavaş kompresyon etkili olabilir.

Barotravma sekelleri çocuklarda da erişkin ile aynıdır, ama orta kulak efüzyonunun rezolüsyonu çocuklarda daha uzun sürebilir ve bakteriyel otite dönüşebilir. Bazı cerrahlar bir yaşından küçük hastalara rutin olarak tedavi öncesi profilaktik miringotomi tüpü yerleştirmektedir (17). Bir ila üç gün sürecek HBOT için miringotomi (parasentez, timpanosentez), ventilasyon tüpünün yerleştirilmesini gerektirmeyebilir; bununla birlikte, prosedür muhtemelen ağrı kontrolü ve çocuğun kafasının hareket etmesini engellemek için sedasyon gerektirecektir. Tedavinin üç günden fazla sürmesi bekleniyorsa, miringotomi ve ventilasyon tüpünün yerleştirilmesi endikedir ve bir otolaringolog tarafından yapılmalıdır (3).

2. HBOT Endikasyonları

Pediyatrik popülasyonda HBOT'yi değerlendirecek bilimsel bir komite henüz mevcut değildir, fakat literatürde pediyatrik hastalar için HBOT'nin çeşitli kullanımları belgelenmiştir. Bunun dışında tıbbın birçok alanında sıklıkla yapıldığı gibi, HBOT için de yetişkin hastaların endikasyonları ve tedavi rejimleri çocukların tedavisine aktarılır ve pediyatrik yaş grubunun akciğer kapasitesi, fetal hemoglobin gibi farklı fizyolojik özellikleri ihmal edilir (19).

Erişkinlerde HBOT uygulanan bazı hastalıklar, yaş grubu itibarıyla çocuklarda görülmez. Aterosklerotik periferik vasküler hastalıklara pediyatrik yaş grubunda sık rastlanmaz fakat purpura fulminans gibi akut periferik iskemiler gelişebilir. Diyabetik ayak enfeksiyonu bebeklerde görülmez fakat konjenital malformasyonların düzeltilmesi için kapsamlı ve tekrarlanan rekonstrüktif ameliyatlar sebebiyle iyileşmeyen yaralar ve riskli flepler gelişebilir (3).

Hiperbarik oksijen tedavisinin endikasyonları, uygulanan ülkeye göre farklılık gösterebilmektedir. Avrupa'da ECHM, Amerika Birleşik Devletleri'nde ise UHMS bilimsel kanıtlara dayalı olarak HBOT endikasyonlarını belirleyen ve belirli aralıklarla güncelleyen kuruluşlardır. Bu kuruluşlar tarafından onaylanan endikasyonlarda da erişkin-çocuk ayrımı bulunmamaktadır. 2019 yılında UHMS'nin yayımladığı HBOT endikasyon listesi Tablo 2'de verilmektedir (20).

Tablo 2. UHMS tarafından belirlenen HBOT endikasyon listesi

UHMS HBOT Endikasyonları
Hava veya gaz embolisi
Karbonmonoksit zehirlenmesi, siyanid zehirlenmesi
Klostridial miyonekroz (Gazlı gangren)
Crush yaralanmaları, kompartman sendromu ve diğer akut travmatik iskemiler
Dekompresyon hastalığı
Arteriyel yetmezlikler
- Santral retinal arter oklüzyonu
- Problemlı yaralarda iyileşmenin desteklenmesi
Ciddi anemi
İntrakraniyal apseler
Nekrotizan yumuşak doku enfeksiyonları
Refrakter osteomyelit
Geç radyasyon hasarı (kemik ve yumuşak doku)
Riskli deri greft ve flepleri
Akut termal yanık
Ani idiyomatik sensörinöral işitme kaybı

2016 yılında Lille’de düzenlenen 10. Avrupa Hiperbarik Tıp Konsensüs Konferansı’ndan sonra ECHM, HBOT endikasyonlarını yayımlamıştır (Tablo 3). Bu tabloda belirlenen endikasyonlar “Kuvvetle Önerilen”, “Önerilen”, “Opsiyonel” olmak üzere 3 ayrı öneri sınıfına ayrılmıştır. Bu üç gruptaki endikasyonlar “kanıta dayalı tıp” kuralları esas alınarak derecelendirilmiş, yüksek kanıt düzeyine sahip olanlar A, orta düzeyde kanıt bulunanlar B ve düşük kanıt düzeyine dayananlar C olarak kabul edilmiştir. Belirlenmiş olan endikasyonların konsensüsca uzlaşısı durumları da “kuvvetli uzlaşısı” veya “uzlaşısı” şeklinde belirtilmiştir (4).

Tablo 3. ECHM tarafından belirlenen HBOT endikasyon listesi

ECHM HBOT Endikasyonları	Kamıt Düzeyi			Uzlaş Durumu
	A	B	C	
Kuvvetle Önerilen				
Karbonmonoksit zehirlenmesi		X		Kuvvetli uzlaş
Crush yaralanması ile birlikte açık kırıklar		X		Kuvvetli uzlaş
Diş çekimi sonrası osteoradyonekrozun önlenmesi		X		Kuvvetli uzlaş
Osteoradyonekroz (mandibula)		X		Kuvvetli uzlaş
Yumuşak doku radyonekrozu (sistit, proktit)		X		Kuvvetli uzlaş
Dekompresyon hastalığı			X	Kuvvetli uzlaş
Gaz embolisi			X	Kuvvetli uzlaş
Anaerobik veya miks bakteriyel enfeksiyonlar			X	Kuvvetli uzlaş
Ani işitme kaybı		X		Kuvvetli uzlaş
Önerilen				
Diyabetik ayak lezyonları		X		Kuvvetli uzlaş
Femur başı nekrozu		X		Kuvvetli uzlaş
Riskli greft ve flepler			X	Kuvvetli uzlaş
Santral retinal arter oklüzyonu			X	Kuvvetli uzlaş
Kırıkların eşlik etmediği crush yaralanmaları			X	Uzlaş
Osteoradyonekroz (mandibula dışındaki kemikler)			X	Uzlaş
Yumuşak doku radyonekrozu (sistit, proktit dışında)			X	Uzlaş
Radyasyon almış dokularda cerrahi/implant (koruyucu)			X	Uzlaş
İskemik ülserler			X	Uzlaş
Refrakter osteomiyelit			X	Uzlaş
Yanık, %20'den daha geniş alanı tutan 2. derece			X	Uzlaş
Pnömatosis sisteoides intestinalis			X	Uzlaş
Nöroblastoma, evre 4			X	Uzlaş
Opsiyonel				
Beyin hasarı (seçilmiş hastalarda)			X	Uzlaş
Larinks radyonekrozu			X	Uzlaş
Radyasyona bağlı santral sinir sistemi lezyonları			X	Uzlaş
Vasküler girişim sonrası reperfüzyon hasarı			X	Uzlaş
Ekstremitte reimplantasyonu			X	Uzlaş
Sistemik nedenlere bağlı seçilmiş iyileşmeyen yaralar			X	Uzlaş
Orak hücreli anemide yaralar ve ağrılı krizlerde			X	Uzlaş
İnterstisyel sistit			X	Uzlaş

Türkiye’de ise Sağlık Bakanlığı’nın özel hiperbarik oksijen merkezleri için kabul ettiği HBOT endikasyon listesi bulunmaktadır. Listedeki hastalıklardan aşırı kan kaybı SGK (Sosyal Güvenlik Kurumu) tarafından geri ödeme listesine alınmazken, kemiğin aseptik nekrozu bu listede bulunmadığı halde SGK tarafından geri ödemesi yapılmaktadır (Tablo 4) (21).

Tablo 4. Sağlık Bakanlığı tarafından belirlenen HBOT endikasyon listesi

Sağlık Bakanlığı HBOT Endikasyonları
Dekompresyon hastalığı
Hava veya gaz embolisi
Karbonmonoksit zehirlenmesi, siyanid zehirlenmesi, akut duman inhalasyonu
Klostridial miyonekroz (Gazlı gangren)
Nekrotizan yumuşak doku enfeksiyonu
Crush yaralanmaları, kompartman sendromu ve diğer akut travmatik iskemiler
Yara iyileşmesinin geciktiği durumlar (diyabetik, non-diyabetik)
Refrakter osteomyelit
Aşırı kan kayıplarına bağlı anemi
Geç radyasyon hasarı
Riskli deri greft ve flepleri
Termal yanıklar
İntrakraniyal apseler
Anoksik ensefolapati
Ani işitme kaybı
Retinal arter oklüzyonu
Kafa kemikleri, sternum ve vertebraların akut osteomyeliti

Bazı hastalıklarda HBOT birincil tedavi modalitesini temsil ederken, diğerlerinde cerrahi veya farmakolojik müdahalelere ektir.

Arteriyel Gaz Embolisi

Gaz embolisi dolaşım sistemine hava veya başka bir gazın girmesi ile oluşur. Bildirilen arteriyel gaz embolisi (AGE) vakalarının çoğu, hem erişkinde hem pediatrik popülasyonda, iyatrojenik olarak meydana gelmektedir. Yenidoğanlarda en çok mekanik ventilasyon komplikasyonu olarak pulmoner barotravma, santral ve umbilikal venöz kateterizasyon,

nörocerrahi ve açık kalp ameliyatı sırasında oluşur. Siyanotik kalp hastalığı olan çocuklarda ise, mevcut sağ-sol şant nedeniyle intravenöz girişim sonrası bile görülebilir.

İyatrojenik serebral arteriyel gaz embolisi prezentasyonu koma, epileptik nöbet, ensefalopati, arrest, duyu ve motor defisitler içerebilir; ancak birçok durumda, özellikle cerrahi sırasında, genel anestezi altında ortaya çıkar, dolayısıyla klinik belirtiler saptanamaz ve postoperatif, nörolojik bulguların görülmesinin ardından retrospektif teşhis edilir. Direkt AGE tanısını koydurabilecek kesin bir metod bulunmamaktadır. Serebral AGE tespiti için bilgisayarlı tomografi kullanılabilir.

Hiperbarik oksijen tedavisi, antihipoksik etki göstermesi dışında Boyle Kanunu uyarınca gaz kabarcıklarının hacmini küçültür ve kabarcığın rezolüsyonunu hızlandırır. Tanıdan itibaren hastanın HBOT için transfer edilmesi hayati önem taşır (2).

Karbonmonoksit Zehirlenmesi

Tatsız ve kokusuz yapısından dolayı “sessiz katil” olarak adlandırılan karbonmonoksit (CO), karbon bazlı yakıtların eksik yanması sonucu açığa çıkan son derece öldürücü bir gazdır. Türkiye’de karbonmonoksit zehirlenmesine bağlı 2008-2018 yılları arasındaki 10 yıllık dönemde, 2667 ölüm vakası bildirilmiştir (22).

CO gazı direk akciğer parankimini hasarlayabildiği gibi, sonrasında sebep olduğu serebral hipoksi ile de ölümcül olabilir (24). CO, hemoglobine (Hb) oksijenden 200-250 kat daha yüksek afiniteyle bağlanarak doku hipoksisine yol açmasının yanında, mitokondride sitokrom oksidaz enzimine bağlanarak elektron transport zincirini de inhibe eder (23).

Fetal hemoglobin konsantrasyonunun yüksek olduğu yenidoğanda, CO’nun fetal Hb’ye daha yüksek afinite göstermesi ve daha uzun yarılanma ömrü olması nedeniyle CO zehirlenmesi duyarlılığı daha fazladır.

Karbonmonoksit zehirlenmesi durumunda erişkinde; baş ağrısı, göğüs ağrısı, bilinç bulanıklığı, bayılma ve hatta ölüm görülebilir. Çocuk hastalarda ise, özellikle verbal çağa ulaşmamış çocuklarda; mide bulantısı, kusma ve ishal gibi nonspesifik belirtiler gösterebilir ve gastrointestinal hastalık ile karıştırılabilir. Bebekler emme güçlüğü ve iritabilite ile başvurabilir. Bu durumlarda karboksihemoglobin (COHb) seviyesi ölçümü tanı koydurucu olabilir.

Karbonmonoksit gazının Hb’ye afinitesi HBOT esnasında dahil oksijenden çok daha yüksektir; fakat HBOT sayesinde plazmada çözünen oksijen miktarı arttırılarak, dokuların

hipoksiye uğraması engellenir (Henry Kanunu). Ayrıca 3 ATA'da %100 oksijen solunması, 5 saat olan COHb yarılanma ömrünü 23 dakikaya indirir (24). Bunlar CO zehirlenmesinde HBOT'nin normobarik oksijen tedavisinden üstün özellikleridir.

Karbonmonoksit zehirlenmesinde HBOT endikasyonu olgunun klinik belirti, bulgu ve laboratuvar bulgularına göre belirlenir. Tartışmalı olsa da nörolojik semptomların veya muayenede anormal nörolojik bulguların olması, uç organ hasarı (kardiyak etkilenme), dirençli metabolik asidoz ve %40'ın üstünde COHb seviyesinin olması durumlarında HBOT önerilmektedir (25).

Tedavi sonrası iyileşen hastalarda da geç nörolojik sekel (GNS) görülebileceği unutulmamalıdır. GNS, İki gün ila beş hafta arasında değişen bir lucid interval sonrasında ortaya çıkabilen, parkinsonizmden kortikal körlüğe, konfüzyondan depresyona kadar uzanan geniş bir klinik yelpazeyi içerir (26). Kim ve Coe, CO zehirlenmesi tanısıyla tedavi edilmiş 107 çocuk hasta içeren serilerinde geç nörolojik sekel görülme insidansının % 10.9 olduğunu bildirmişlerdir (27). Koma olması durumunda da daha fazla görüldüğünü belirtmişlerdir. Hayvan deneylerinde mekanizma tam anlaşılamamış olsa da, HBOT'nin sitokrom oksidaza bağlı CO'nun eliminasyonunu hızlandırdığı ve beyin üzerinde nöroprotektif etkisi olduğu gösterilmiştir (28). Karbonmonoksit zehirlenmesi geçiren hastalar taburcu edilirken GNS konusunda mutlaka bilgilendirilmeli, nöroloji ve psikiyatri kliniklerine gereğinde başvurmaları yönünde uyarılmalıdır.

En iyi tedavi korunmadır ve kaza sonucu oluşan karbonmonoksit zehirlenmeleri önlenabilir. Halkın soba, doğal gaz ve kombi kullanımı ile ilgili eğitimi ve düzenli denetlemeler korunmada temel yaklaşımdır.

Gazlı Gangren ve Nekrotizan Yumuşak Doku Enfeksiyonları

Gazlı gangren, deri altı bağ dokusunu ve kasları tutan *Clostridium perfringens*'in neden olduğu, miyonekroz ile karakterize bir yumuşak doku enfeksiyonudur. Tedavi edilmediği takdirde progresyonu hızlı ve mortalitesi oldukça yüksek olan bir hastalıktır (29, 30).

Clostridium perfringens, alfa toksin (lesitinaz) yoluyla membran destrüksiyonu ve kılcal damar geçirgenliğinde artışa sebep olur. Pediatrik popülasyonda çoğunlukla travma ve hayvan ısırıklarından sonra görülür. Yaralanma hikayesine ek olarak şiddetli ağrı, yaranın koyu renkteki görüntüsü, yaranın kötü kokulu ve hemorajik akıntılı olması, ateş, bilinç bulanıklığı ve palpasyonla krepitasyon alınması durumlarında şüphelenilmelidir. Radyolojik tetkikte kas

içinde gaz gölgeleri saptanabilir. Gram boyamada gram pozitif basillerin görülmesiyle tanı konur ve acil tedavi gerektirir. Immunosupresif, nütropenik hastalarda da risk yüksektir ve bu hastalarda nontravmatik olarak *Clostridium septicum*'a bağlı vakalar da bildirilmiştir (31).

Hiperbarik oksijen tedavisinin alfa toksin üzerinde direk inhibe edici etkisi vardır, ayrıca yarattığı hiperoksijenasyon ile anaerobların yaşaması ve üremesi için gerekli şartları ortadan kaldırır. Antihipoksik, antibakteriyel özelliklerinden başka antiödem etkisi ile de yararlı olur. HBOT cerrahi debridmana öncelik taşır (2).

Nekrotizan fasiit, gazlı gangren kadar hızlı ilerlemese de ciddi morbidite ve mortalite tehlikesi olan bir hastalıktır. Genelde, aerobik ve anaerobik etkenlerin karışık üremesi görülür. En sık omfalit, nekrotizan enterokolit, varisella, stafilokoksik deri enfeksiyonları ve sünnnet sonrası balanit ile birlikte yenidoğanlarda görülür. HBOT'nin tedavide başarılı olduğu gösterilmiştir (32).

Akut Travmatik İskemi

Akut travmatik iskemide (ATI) bir dokunun kanlanmasını bozacak şekilde yumuşak doku, kas, tendon, kemik, sinir ve damar gibi farklı dokularda hasar oluşturabilen yüksek enerjili travmalar sonucu meydana gelir. Bu konuda en sık akla crush (ezilme) yaralanmaları gelse de çeşitli ateşli silah ya da kesici alet yaralanmaları, donuklar, reimplantasyonlar ve riskli greft-flepler de bu sınıfa dahildir (33).

Akut travmatik iskemilerde ana patolojik bulgu doku iskemisidir. Mikrosirkülasyonda bozulma nedeniyle ödem ve kompartman sendromu gelişebilir. 30-40 mmHg'lik kompartman içi basınçlara ulaşılmadan cerrahi tedavi gereklidir.

Gerekli cerrahi müdahale ile birlikte HBOT, doku oksijenizasyonunun sağlanması, nekrotik sınırın azaltılması ve antiödem etkinliğinden dolayı önerilmektedir (34). Tedaviye mümkün olan en kısa sürede başlanması önemlidir, HBOT'nin sıklığı ve süresi olgunun akut iskemik durumuna göre belirlenir (35).

Problemlili Yaralarda İyileşmenin Desteklenmesi

Hücresele çoğalmanın önemli olduğu durumlarda, HBOT'ye klinik yanıt açısından büyüme faktörlerinin bolluğu sayesinde genç hastalar, yetişkinlere kıyasla daha avantajlı bir konumdadır (36).

Yenidoğanda siyanotik konjenital kalp rahatsızlığına sekonder gelişen hipoksi sonucu iyileşmeyen yaralarda ve çocuklarda radyasyona bağlı doku hasarı için kullanıldığında, yetişkinlerde benzer koşullar için yaygın olarak tanımlanandan daha kısa süreli HBOT ile iyileşme sağlandığı gösterilmiştir (37).

Yara iyileşmesinde HBOT ile alınan başarılı sonuçlar, profilaktik kullanımının da araştırılmasına yol açmıştır. Bu amaçla yapılan bir çalışmada, nöromusküler skolyoz hastalarında profilaktik HBOT uygulanmasının, istatistiksel olarak anlamlı oranda postoperatif enfeksiyon gelişimini azalttığı bildirilmiştir (38).

Purpura Fulminans

Sıklıkla alt ekstremitelerde gelişen, ilerleyici purpurik lezyonlar ile karakterize klinik bir tablodur. Purpura fulminansın geçirilmiş varisella ya da streptokok enfeksiyonlarıyla, hemofilus, meningokok ya da *Escherichia coli* ile ilişkili sepsis ile, veya protein S ya da C eksikliği ile bağlantılı olduğu bildirilmiştir (39, 40). Küçük damar trombozlarıyla beraber yaygın intravasküler koagülasyon, endotel hasarı, masif kapiller kaçak ile doku ve cilt içine kanamalar ile karakterize, ölümle sonuçlanabilen ya da yaygın iskemi sebebiyle uzuv kaybına neden olan ciddi bir hastalıktır. Çalışmalarda da %90'a varan mortalite bildirilmiştir (39).

Birçok çalışmada HBOT'nin mortaliteyi azalttığı ve amputasyon sınırını distale çektiği bildirilmiştir (41, 42). Hiperbarik oksijenin başlama zamanlaması başarılı bir sonuç için çok önemlidir (43).

Osteomyelit

Tedaviye dirençli, tekrarlayan kronik osteomyelit veya uygun bir süre içinde yoğun medikal ve cerrahi tedaviye yanıt vermeyen akut osteomyelit, HBOT'den fayda görebilir.

Hiperbarik oksijen tedavisi, enfeksiyon nedeniyle kanlanması bozuk olan hipoksik kemik dokunun oksijenasyonunu düzeltir, böylelikle bakterilerin oksidatif mekanizma ile yok edilmelerini sağlar. Ayrıca hiperoksi ile ampisilin, vankomisin ve sefalosporinler gibi bazı antibiyotiklerin additif veya sinerjistik etkiye sahip olduğu gösterilmiştir (44).

Literatürde bildirilen birçok kronik osteomyelit olgusu altta yatan gelişimi kısıtlayan hastalıklara sahip çocuklarda görülmüştür. Genellikle, bu hastalar, eş zamanlı antibiyoterapi ve cerrahi girişim ile birlikte uzun süreli HBOT'ye ihtiyaç duyarlar (12).

Radyasyon Hasarı

Radyasyon doku hasarlarında HBOT kullanımının gerekçesi; radyasyona maruz kalmış dokularda neovaskülarizasyonu sağlamak, fibroblastik proliferasyonu arttırmak ve yara iyileşmesini geliştirmektir.

Radyasyon tedavisini takip eden maksillofasiyal veya dental prosedürlerden önce profilaktik HBOT önerilmektedir (45). Ayrıca Ewing sarkomu ve rabdomyosarkom gibi kemik ve yumuşak doku kanserlerinde uygulanan radyoterapi sonrası gelişen, iyileşmesi zor yaralar ve kemik nekrozları için HBOT kullanımının, sonucu iyileştirdiği gösterilmiştir (46).

Termal Yanık

Yanık yaraları kompleks yaralardır; gelişen hemokonsantrasyon ve trombüs oluşumu, mikrovasküler hasarın yaygınlaşmasına yol açar. Enfeksiyona yatkınlık normal iyileşme sürecini olumsuz etkiler. HBOT'nin ana hedefleri ödemi azaltmak, canlı dokuyu korumak, konak savunmasını güçlendirmek ve yara kapanmasını desteklemektir (47).

İntrakraniyal Apse

Antibiyotiklerin ve nörocerrahi tekniklerin ilerlemesi ile birlikte bu tür apseler nadir görülmektedir. Siyanotik kalp hastalığı olan ya da bağışıklığı baskılanmış çocuklarda hematojen yolla yayılım sonucu gelişebilir. Erişilemeyen bölgelerdeki multipl apselerde, bağışıklığı baskılanmış hastalarda, cerrahi kontrendikasyon varlığında, iğne aspirasyonu ve geniş spektrumlu antibiyotik tedavisi ile klinik yanıt elde edilemediği durumlarda HBOT düşünülebilir (12).

Hipoksik/Anoksik İskemik Ensefalopati

Hiperbarik oksijen tedavisinin, nöroprotektif etkisi dolayısıyla perinatal hipoksik iskemik ensefalopatide faydalı olabileceği öne sürülmüştür. Bu teori özellikle hayvanlarda oluşturulan deneysel serebral iskemi modelleri üzerinde yapılan çalışmalardan kaynaklanmaktadır (48). Hayvan deneylerinde HBOT'nin nöroprotektif etkisi, kısmen hasarlı beyin dokusunda apoptozisi azaltmasına dayandırılmaktadır (49).

Ani İşitme Kaybı

Ani işitme kaybı (AİK), 72 saatten daha kısa sürede meydana gelen, ardışık en az üç frekansta ortalama 30 desibel veya daha fazla oranda sensörinöral karakterde görülen işitme kaybıdır. İç kulak hipoksisini gidermesi ve bu yolla tüylü hücrelerin canlılığını devam ettirmesi

sebebiyle HBOT önerilir (50). Literatürde pediatrik AİK vakalarında da HBOT uygulamaları yer almaktadır (51).

Retinal Arter Oklüzyonu

Retinal arter tıkanıklığı, ani ağrısız genelde tek taraflı görme kaybı şeklinde ortaya çıkan bir hastalıktır ve tüm dünyada körlüğün en sık sebeplerinden biridir. HBOT'nin de acil endikasyonları içersinde yer almaktadır. 30 yaş altında görülme sıklığı 1/50.000 olarak bildirilmekte ve sıklıkla metabolik hastalığı olan ve trombofiliye yatkınlık yaratan durumlarda görülmektedir (52).

Retinal arter oklüzyonunda HBOT'nin amacı, koryoretinal oksijenasyonu arttırarak retinanın canlılığını ve fonksiyonlarını korumaktır.

Bu hasta grubunda HBOT, erişkinlerde olduğu gibi pediatrik hastalarda da kullanılabilir.

Avasküler Nekroz

Avasküler Nekroz (AVN) trabeküler kemik ve kemik iliğinin ölümüdür ve esas olarak femur başında görülür (53). Patogenezin kemikteki mikro dolaşımın bozulmasıyla ortaya çıkan iskemiden kaynaklandığına inanılmaktadır. Avasküler nekroz ayrıca kemik iliği ödemi nedeniyle kemik içi basınç artışıyla da ilişkilidir. Bu vakalarda venöz hipertansiyon ve kötü venöz drenajın femur başını etkilediği gösterilmiştir. Hiperbarik oksijen perfüzyonu artırır ve ödemi azaltır, bu nedenle intraosseöz basıncı azaltarak hızla mikrosirkülasyonu iyileştirir. Ayrıca kemiğin modelizasyonundan sorumlu osteoblastların ve osteoklastların aktivitesini düzenler (54).

Hiperbarik oksijen tedavisi destek tedavisi olarak önerilir. HBOT'nin hastalığın erken evrelerinde uygulanması halinde kemiğin yapısal bozulmasının engelleyebileceği gösterilmiştir (55).

Dekompresyon Hastalığı

Dekompresyon hastalığı, Henry Kanunu uyarınca dokularda çözünmüş olan nitrojen ve helyum gibi inert gazların çevresel basınçtaki azalma sonucunda oluşturduğu serbest kabarcıklar nedeniyle ortaya çıkan klinik tablodur ve HBOT'nin acil endikasyonlarından biridir. Çoğu dekompresyon tablosu, hayvan araştırmalarına veya yetişkin dalgıçlardan elde edilen ampirik verilere dayanmaktadır, ancak verilerin hiçbiri çocuklarla ilgili değildir.

Dalış sporunun çocuk yaş grubuna inmesi ve havacılık ile uzay uçuşları konusundaki ilerlemeler göz önüne alındığında, ilerleyen zamanlarda pediatrik yaş grubunda bu hastalıkla daha sık karşılaşacağı anlamı çıkarılabilir (12).

Serebral Palsi

Serebral palsy, erken beyin gelişimi sırasında oluşan hasardan kaynaklanan bir grup motor sendromu tanımlayan bir terimdir. Günümüzde bu konudaki çalışmalar takip ediliyor olsa da, serebral palside HBOT'yi destekleyecek yeterli kanıt henüz mevcut değildir (3).

Otizm

Otizm; sosyal etkileşimin bozulması, kısıtlayıcı ve tekrarlayan davranışlar ile karakterize nörogelişimsel bir bozukluktur. Günümüzde otizm spektrum bozukluğu için HBOT uygulanması önerilmemektedir (3).

3. HBOT Komplikasyonları

Hiperbarik oksijen tedavisinde çeşitli komplikasyonlar görülebilir (Tablo 5) (3).

Tablo 5. HBOT komplikasyonları

HBOT Komplikasyonları	
Basınç değişikliğinin neden olduğu	Otik barotravma
	Sinüs barotravması
	Akciğer barotravması
	Barodontalji
	Vücutta hava içeren boşluğun rüptürü
Oksijen toksisitesinin neden olduğu	Nörolojik – kas seğirmesi, konvülsiyon
	Pulmoner – trakeobronşit (öksürük, dispne ve göğüste sıkışma), akciğer fonksiyonlarında bozulma
	Oküler – geri dönüşümlü tünel görüşü, geçici miyopi, uzun süreli tedaviden sonra katarakt

Hiperbarik oksijen tedavisine bağı gelişen en sık komplikasyonlar, vücutta bulunan sınırlı genişlemeye sahip kapalı boşluklardaki (orta kulak, sinüsler, akciğerlerde hava hapsine neden olan lezyonlar; mukosel, buşon gibi tıkayıcı kitlelerin oluşturduğu hava boşlukları) basınç değişimleriyle oluşan hasara bağı görülür.

Orta kulak ve sinüs barotravması, özellikle konjesyon varlığında, en sık karşılaşılan yaralanmalardır. Bu yan etki koopere hastalarda, kulak eşitleme ve östaki borusu fonksiyonunu arttıracak işlemler (Valsalva manevrası, esneme, çiğneme, yutkunma) konusunda rehberlik edilerek önemli ölçüde engellenebilir. Sistemik/lokal dekonjestanlar da faydalı olabilir. Nonkoopere küçük hastalarda ya da bilinci kapalı hastalarda HBOT öncesi timpanosentez uygulanabilir. Muller-bolla ve ark. 2006 yılında serebral palsy tanılı 111 hasta üzerinde yaptıkları çalışmada, 1,75 ATA'ta uygulanan HBOT grubunda %50 oranında orta kulak ve sinüs barotravması tespit etmişler ve ikinci sıklıkta (%3,6) da kulak ağrısı gördüklerini bildirmişlerdir (56).

Pulmoner barotravma akciğerdeki lezyonlara bağı ya da nefes tutmakla hapsolmuş havanın, HBOT'nin sonunda basıncın azalması esnasında (dekompresyon) genişlemesiyle oluşur. Bu genişleme sonucu alveol rüptürüyle başlayan ve geniş bir spektruma yayılabilen yaralanmalar görülebilir.

Oksijen toksisitesi, atmosferik basınçta yüksek konsantrasyonda ya da yüksek basınçta kısa süreli oksijene maruziyet durumlarında ortaya çıkabilir (2). Atmosferik basınçta, %50 FiO₂ (Solunan her 100 birim hava molekülü içindeki toplam oksijen molekülü) altında trakeobronşit semptomları ile başlayan oksijen toksisitesi nadiren görülür ve gelişmesi 4-22 saat alır. 3 ATA'da hiperbarik şartlarda ise %100 oksijen solunurken erken evre pulmoner oksijen toksisitesi semptomları 3 saatte gelişebilir (57). *Pulmoner oksijen toksisitesi* semptomları trakeobronşiyal irritasyon, azalmış siliyer aktiviteye bağı substernal ve plevral ağrı şeklinde ortaya çıkabilir. Devamında azalmış vital kapasiteye, difüzyon kapasitesinde bozulmalara ve en sonunda atelektaziye neden olabilir (3).

Santral sinir sistemi oksijen toksisitesi kendisini görme bozuklukları, tinnitus, mide bulantısı, yüzde seyirmeler, baş dönmesi, sersemlik hali ve epileptik nöbet ile gösterebilir. Epileptik nöbet ile prezente olan oksijen toksisitesi, nörolojik sekel bırakmadan, oksijen basıncının azaltılmasıyla tamamen geçer. Epileptik nöbet çok korkulan bir komplikasyon olmasına karşın literatürde son derece nadir görüldüğü (1/62.614) bildirilmektedir (58).

Hiperbarik oksijen tedavisinin çocuklarda pulmoner veya santral sinir sistemi oksijen toksisitesi geliştirme riski yetiştikenden yüksek değildir. Bu nedenle, tedavi protokollerinin çocukların tedavisi için rutin olarak değiştirilmesi önerilmez.

Genel olarak adölesan ve büyük çocuklarda görülen komplikasyonlar erişkinlerle büyük benzerlik taşır. Fakat HBOT'nin prematüre ve yenidoğanlara özgü etkileri ve komplikasyonları da vardır. Preterm ve term yenidoğanlarda normobarik %100 oksijenin serebral kan akımının azalması, tidal volüm değişikliği ve okside glutatyon oranında azalma gibi fizyolojik etkileri olduğu iyi bilinmektedir. Bu yaş grubuna özgü başlıca komplikasyonlar; prematüre retinopatisi (ROP), bronkopulmoner displazi (BPD) ve duktus arteriozusun erken kapanmasıdır.

Prematüre retinopatisinin yüksek parsiyel oksijen basıncına maruz kalmayla ilişkili olduğu kabul edilmiştir; ama gelişiminin multifaktöriyel olduğunu ve oksijene maruziyet öyküsü olmadan da ortaya çıkabildiğini gösteren yayınlar da mevcuttur (59, 60). ROP gelişimini arttıran etmenler neonatal sepsis, oksijen maruziyeti ve düşük gestasyonel yaştır (61). Özellikle 23-25 gestasyonel haftadaki yenidoğanlarda, oksijenle ilişkili ROP gelişme riskinin en yüksek olduğu gösterilmiştir. Bazı çalışmalar oksijen tedavisinin hipoksiye bağlı neovaskülarizasyonu azaltarak ROP'un ikinci evresi üzerinde yararı olabileceğini savunmaktadır. Retinanın vaskülarizasyon açısından dikkatli incelenmesi, premature hastalarda HBOT'nin risklerinin belirlenmesinde yardımcı olabilir (3).

Bronkopulmoner displazi, prematüre yenidoğanlarda respiratuvar distres sendromunun tedavisi için kullanılan mekanik ventilasyon ve yüksek inspirasyon parsiyel oksijen basıncına bağlı geliştiği düşünülen ciddi sekeldir. Mekanizması tam olarak aydınlatılamamış olsa da, hayvan deneylerinde oksijenin bronş ve alveolar epitel üzerinde toksik etkisi olduğu gösterilmiştir. Yine benzer hayvan çalışmalarında doğumu takip eden ilk haftalarda akciğer gelişimine zarar verdiği gösterilmiştir, fakat insanlarda bu bulguları destekleyen sonuçlar gösterilmemiştir (3).

Duktus arteriozusun kapanmasında, oksijen güçlü bir uyarandır. HBOT alan gebe koyunlarda duktal akımın önemli ölçüde azaldığı gösterilmiştir (62). Bu gebelikte HBOT için bir sorun teşkil etmez, ancak duktus bağımlı konjenital kalp hastalığı olan bebekler için potansiyel bir sorunu temsil eder. Ciddi konjenital pulmoner çıkış darlıklarında sistemik dolaşım duktal akımın sürekliliğine bağlıdır. Hiperbarik oksijen maruziyeti ani duktal konstriksiyona bağlı olarak kalp debisinde fatal bir düşüşe yol açabilir. Çok nadir görülen bir

olay olmasına rağmen kompleks konjenital kalp hastalığı öyküsü olan bir bebeği tedavi ederken bu olasılık akılda tutulmalıdır (3).

4. HBOT Kontrendikasyonları

Hiperbarik oksijen tedavisi kontrendikasyonları ve HBOT’de risk oluşturabilecek durumlar Tablo 6’da ve Tablo 7’de verilmiştir (3). Tedavi edilmemiş pnömotoraks HBOT sırasında oluşan basınç değişiklikleriyle tansiyon pnömotoraksa dönüşerek yaratabileceği hayati tehlike nedeniyle kesin kontrendikasyondur. Pnömotoraksı olan hastaya mutlaka HBOT uygulanması gerekiyorsa, basınç odasına alınmadan önce göğüs tüpü takılmalıdır.

Tablo 6. HBOT kontrendikasyonları

HBOT Kontrendikasyonları	
Hava hapsi nedeniyle	<i>Tedavi edilmemiş pnömotoraks</i> Tedavi edilmemiş akut şiddetli bronkospazm İntraoküler gaz (dekompresyon hastalığı hariç) İçi boş orbital protez Hava hapsine neden olabilecek diğer nadir yapılar: Pnömatosel vb.

Tedaviye başlama kararı verirken, göreceli risklere bağlı çıkabilecek komplikasyonlar, potansiyel faydalara karşı tartılmalıdır. Göreceli riski olan bir hastanın HBOT’ye alınmasına karar verilmişse tedavinin acil müdahalenin mümkün olduğu koşullarda, sağlık personelinin gözetiminde ve çok kişilik basınç odasında uygulanması doğru olacaktır.

Tablo 7. HBOT’de göreceli riskler

HBOT’de Göreceli Riskler	
Hava hapsi nedeniyle	Kronik obstrüktif akciğer hastalığı, amfizem Yakın zamanda geçirilmiş pnömotoraks Spontan pnömotoraks öyküsü Toraks cerrahisi/travması Dental sorunlar: kaviteler, dolguda çatlak olması, periapikal kist

Oksijen toksisitesi nedeniyle	Akut/retrobulbar optik nörit
	Prematüre retinopatisi
	Aktif bleomisin/dokсорubisin tedavisi
Basınç değışikliğı nedeniyle	Akut üst solunum yolu enfeksiyonu
	Otitis media
	Mastoidektomi
	Koklear implant
	İmplantе cihazlar (Pacemaker, defibrilatör, şant)
Diğеr	Unstabil konjestif kalp yetmezliğı
	Kontrolsüz epilepsi
	Kontrolsüz yüksek ateş
	Kontrolsüz hipertansiyon
	Hipoglisemi, brittle (oynak) diyabet
	Klostrofobi

5. HBOT Protokolleri

Ayrıntılı çalışmalar, yetişkinler için hiperbarik oksijene maruz kalmanın güvenli sınırlarını açıkça tanımlamıştır. Pediatrik yaş grupları için bu sınırları belirleyen bir çalışma henüz yapılmamıştır. Çocuklarda HBOT uygulamalarını tarif eden literatüre ve pratik deneyime dayanarak, çocukların genel olarak oksijen toksisitesi riski altında oldukları düşünülmemektedir. Halihazırda çocuk hastaların tedavisinde erişkin tedavi tabloları kullanılmaktadır ve pediatrik hastaların tedavisinde bu tablolarının değiştirilmesi gerektiğini destekleyen kanıt yoktur (63).

III. HASTALAR VE YÖNTEM

Bu çalışma, Ocak 1990 tarihinden Aralık 2020 tarihine kadar, İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi, Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Anabilim Dalı'nda, HBOT görmüş 0-14 yaş grubu çocuk hastaların incelendiği, tanımlayıcı epidemiyolojik ve klinik yönleri olan bir araştırmadır.

A. HASTA SEÇİMİ VE VERİLERİN TOPLANMASI

Ocak 1990 tarihinden Aralık 2020 tarihine kadar, 30 yıllık zaman diliminde, İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi, Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Anabilim Dalı'na başvuran 0-14 yaş grubu hastalara ait verilere, hasta dosyalarından geriye dönük olarak ulaşıldı.

Tüm hastalar için başvuru anındaki yaşları, cinsiyetleri gibi demografik veriler; kronik hastalık, hangi tanı ile HBOT endikasyonu alındığı, hastayı Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp kliniğine yönlendiren birim, hastanın yatarak takip edildiği klinik, mekanik ventilasyon ile takip edilip edilmediği, tedavi başlangıç ve taburcu olduğu tarihi; hastanın kaç seans HBOT aldığı, başlangıç tedavisinin acil ya da elektif olması, HBOT protokolü, hastanın herhangi bir seans sırasında hiperbarik ortama bağlı yaşadığı zorluk, hastanın ilk 7 seans sırasında hiperbarik ortama bağlı yaşadığı zorluk, hastanın tedavileri sırasında meydana gelen komplikasyonlar, ilk 7 HBOT seansı sırasında gelişen komplikasyonlar, HBOT sonlandırma nedenleri, taburcu olduğundaki klinik durumu kaydedildi. Ayrıca hasta dosyası, hasta başka bir hastanede ya da serviste yatarak HBOT alıyorsa gününbirlik transferi sırasında gerçekleşen komplikasyonlar açısından incelendi.

Tarama sonucunda HBOT endikasyonu konulan tanılara göre hastalar gruplandırıldı ve bu tanılara özel parametreler kaydedildi. Bunlar:

Akut travmatik iskemi grubunda yer alan tanılar için;

- ***Crush yaralanması*** tanısı için; yaralanma mekanizması ve türü, etkilenen ekstremiteler, kırık varlığı, kompartman sendromu varlığı, HBOT'tan önceki cerrahi operasyon, kazadan HBOT alan kadar geçen süre, HBOT sırasındaki cerrahi operasyon verileri,
- ***Reimplantasyon*** tanısı için; etyoloji, reimplantasyon nedeni, etkilenen ekstremiteler, kompartman sendromu varlığı, reimplantasyondan HBOT alana kadar geçen süre, HBOT alırken uygulanan cerrahi operasyon bilgileri,

- **Riskli greft-flep** tanısı için; operasyon nedeni, önceki revizyon sayısı, uygulanan operasyon etkilenen ekstremit, ameliyattan HBOT alana kadar geçen süre verileri,
- **Postoperatif iskemi** tanısı için; eşlik eden hastalık, cerrahi operasyon nedeni, etkilenen ekstremit, cerrahi operasyona bağlı gelişen komplikasyon, ameliyattan HBOT alana kadar geçen süre, HBOT alırken uygulanan cerrahi operasyon bilgileri,
- **Elektrotermal yanık** tanısı için; yanık nedeni ve derecesi, etkilenen bölge, kazadan HBOT'ye kadar geçen süre, HBOT alırken uygulanan cerrahi işlem bilgileri,

Karbonmonoksit zehirlenmesi tanısı için; zehirlenme kaynağı, duman inhalasyonu varlığı, maruziyet süresi, ortamda etkilenen başka kişilerin olup olmadığı bilgisi, ilk başvuru yakınmaları, ilk başvuru merkezinde ölçülen COHb düzeyi, hastanın Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp kliniğine başvuru anındaki Glasgow koma skalası, olaydan HBOT alana kadar geçen süre bilgileri,

Osteomiyelit tanısı için; osteomiyelit gelişim nedenleri, immunosupresyon varlığı, etkilenen bölge, şikayet süresi, doku kültürü sonucu, kullanılan antibiyoterapi, HBOT sırasındaki cerrahi işlem verileri, tedavi başlangıcındaki ve bitimindeki lökosit ve sedimentasyon ölçümleri,

Akut periferik iskemiler tanı grubuna giren hastalıklar için; eşlik eden hastalık, iskemi etyolojisi, gelişen komplikasyon, etkilenen bölge, iskemiden HBOT'ye kadar geçen süre, HBOT seans sayısı, HBOT alırken uygulanan cerrahi işlem verileri,

Ani işitme kaybı tanısı için; işitme kaybı öncesi üst solunum yolu enfeksiyonu varlığı veya akustik travma öyküsü, etkilenen kulak, ek semptom, etkilenen frekans aralığı, tedavi öncesi ve sonrası hava yolu saf ses ortalaması değerleri,

Problemli yaralar grubunda olan tanılar için; yara iyileşmesinde gecikmeye yol açabilecek durumlar, cerrahi işlem geçirdiyse operasyon sebebi, etkilenen bölge, şikayet süresi verileri,

Avasküler nekroz tanısı için; etyoloji, etkilenen bölge, MR görüntülemeleri, hareket kısıtlılığı olup olmadığı, ağrı olup olmadığı, şikayet süresi bilgileri,

Hemorajik sistit tanısı için, primer hastalık, bulgular başlamadan önce alınan son tedavi, şikayet süresi verileri,

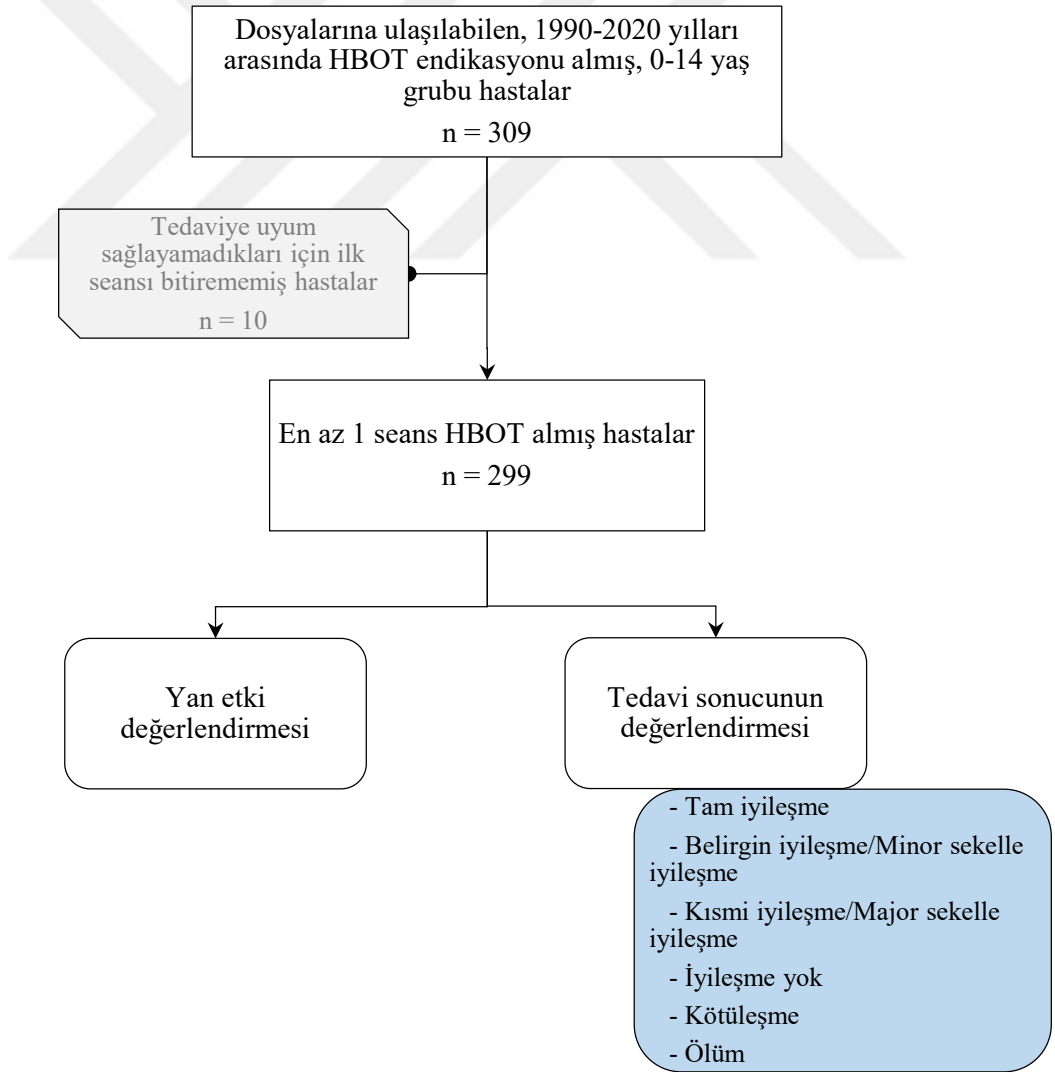
Retinal arter oklüzyonu tanısı için; retinal arter oklüzyonuna eğilim yaratabilecek durumlar, etkilenen göz, tedavi öncesi ve sonrası göz dibi ve görme alanı muayene bulguları, görme kaybından HBOT'ye kadar geçen süre verileri,

Nekrotizan yumuşak doku enfeksiyonu tanısı için; etyoloji, etkilenen bölge, HBOT öncesi uygulanan cerrahi işlem, antibiyotik tedavisi ve görüntüleme verileri,

Hipoksik iskemik ensefalopati tanısı için; etyoloji, olaydan HBOT alıncaya kadar geçen süre, ilk görüntüleme verileri idi.

Dosyalarına ulaşılamayan hastalar çalışma dışı tutuldu. Dosyası olan fakat verilerinde eksiklikleri bulunun olgular mevcut verileriyle çalışmaya alındı. Hastaların çalışmaya alınma ve değerlendirme algoritması Şekil 6'da gösterilmektedir.

Şekil 6. Hasta seçimi ve değerlendirme algoritması



B. HBOT'NİN UYGULANMASI

İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi, Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Anabilim Dalı kliniğinde 1990 yılından itibaren HBOT uygulanmaktadır. Bu tarihten günümüze kadar geçen sürede farklı basınç odaları ve protokoller ile HBOT uygulanmıştır (Tablo 8):

1990-1998 yılları arasında tedavi, maksimum 10 ATA çalışma basınçlı Patterson® marka, iki bölmeli, 10 hasta kapasiteli çok kişilik basınç odasında yapılmıştır. HBOT'de acil tedavi protokolü, 60 ft'te 25'er dakika 3 oksijen periyodu ve 5'er dakika 2 hava molası olarak belirlenmiştir. Acil tedavi; karbonmonoksit zehirlenmesi, hayatı tehdit eden yumuşak doku enfeksiyonları, akut travmatik/periferik iskemi, santral retinal arter oklüzyonu ve ani işitme kaybında başlangıç tedavisi olarak uygulanmıştır. Rutin tedavi, 45-50 ft'te, 20'şer dakika 3 oksijen periyodu ve 5'er dakika 2 hava molası ile uygulanmıştır. Her iki protokolde de tedavi, 10-15 dakikalık kompresyon ile başlamış ve 10-15 dakikalık dekompresyon ile sonlanmıştır. Bazı özellikli hastalarda, hastalığa ve yanıt verme süresine göre tedavi protokollerinde değişiklikler yapılmıştır. Oksijen, hastanın genel durumu ve fiziksel özelliklerine göre entübasyon tüpü, maske ya da oksijen başlığı ile sağlanmıştır.

1998 Temmuz ayında meydana gelen kaza nedeniyle Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp kliniğinde 2000 yılına kadar tedavilere ara verilmekle birlikte 1999 Gölcük Depremi sonrası İstanbul Tıp Fakültesi servislerinde yatarak tedavi gören depremzedeler, HBOT açısından takipleri Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp kliniğince yürütülmekle beraber, anlaşmalı özel HBOT merkezlerinde tedavi almışlardır.

2000-2008 yılları arasında tedavi, maksimum 3 ATA çalışma basınçlı Kurnichev® (2000-2008) ve Sechrist® (2003-2008) marka tek kişilik basınç odalarında yapılmıştır. Basınçlandırma oksijen ile yapılmış olup 2 ATA'da 60 dakika süre ile HBOT uygulanmıştır. Tedavi, 10-15 dakikalık kompresyon ile başlamış ve 10-15 dakikalık dekompresyon ile sonlanmıştır.

2009 yılında, Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Anabilim Dalı'nda günümüzde de kullanılmakta olan, maksimum 6,5 ATA çalışma basınçlı Hipertech® marka, çift bölmeli, 12+2 hasta kapasiteli çok kişilik basınç odası kurulmuştur. Bu basınç odasında HBOT, 45 ft'te, 25'er dakika 3 oksijen periyodu ve 5'er dakika 2 hava molası ile uygulanmaktadır. Tedavi, 10-15 dakikalık kompresyon ile başlar ve 10-15 dakikalık dekompresyon ile sonlanır. Oksijen,

hastanın genel durumu ve fiziksel özelliklerine göre entübasyon tüpü, küvoz, maske ya da oksijen başlığı ile sağlanmaktadır.

2019 Ağustos ile 2020 Haziran tarihleri arasında basınç odasının bakıma girmesi ve Mart 2020’de başlayan COVID-19 pandemisi sebebiyle HBOT uygulanmamıştır.

2020 Haziran ayından itibaren tekrar hasta kabul etmeye başlayan Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Anabilim Dalı basınç odası ünitesi COVID-19 pandemisi sebebiyle yarı kapasitede çalışmaktadır.

Her endikasyon için öngörülen toplam seans sayısına ve tedavi sıklığına; olgu bazında, hastanın genel durumuna ve tedaviye yanıtına göre, uzman görüşüyle karar verilir. Kullanılan tedavi tabloları, aynı endikasyonlarla tedaviye alınan erişkinler için de geçerlidir.

Tablo 8. Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Anabilim Dalı’nda yıllar içinde uygulanan HBOT protokolleri

HBOT Protokolleri	
1990-1998	Acil: 60 ft, 3x25 dk O ₂ , 2x5 dk hava molası Rutin: 45-50 ft, 3x20 dk O ₂ , 2x5 dk hava molası
1999	45-50 ft, 3x20 dk O ₂ , 2x5 dk hava molası
2000-2008	2 ATA 60 dk O ₂
2009-2020	45 ft, 3x25 dk O ₂ , 2x5 dk hava molası

Hiperbarik oksijen tedavisi sırasında en az bir Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp uzmanı hazır bulunur, basınç odası dışında seansı yöneten operatör ve basınç odası içinde eğitimli bir sağlık çalışanı da tedaviye katılır. Bu şekilde, hastalar seans sırasında gelişebilecek herhangi bir komplikasyona karşı yakından izlenir. Genel durumu kötü ve gerektiğinde acil müdahale ihtiyacı olabilecek hastalara, tedavi boyunca basınç odasında çocuk hekimi de eşlik edebilir. Bunun yanında uyumu kolaylaştırmak için, tedavi sırasında hastaya ebeveyni eşlik edebilir.

Hasta ve yakınları tedaviye alınmadan önce görevli hekim tarafından HBOT hakkında bilgilendirilir ve kulak eşitleme eğitimi verilir. Pediatrik yaş grubu için hastaların velilerinden sözlü ve yazılı tedavi onamları alınır. Hastada, HBOT başlangıcında kompresyon sırasında kulak ağrısı veya rahatsızlık ortaya çıkarsa, kompresyon durdurulur ve rahatsızlık geçene kadar

basınç düşürülür. Daha sonra basınç odası daha yavaş bir hızda tekrar basınçlandırılır. Birkaç denemeye rağmen ağrı devam ederse hasta dışarı alınır ve otoskop ile muayene edilir. Gerekirse sistemik veya nazal dekonjestanlar başlanır ve iyileşene kadar HBOT'ye ara verilir.

C. TANIMLAMALAR

1. Yaş Grupları

Çalışmaya alınan 0-14 (168 aydan küçük) yaş grubu çocukların başvuru anındaki yaşları; yenidoğan (0-4 hafta), süt çocuğu (1-12 ay), oyun çocuğu (1-3 yaş), okul öncesi çocuğu (4-5 yaş), okul çocuğu (6-10 yaş) ve erken adölesan (11-14 yaş) olarak gruplara ayrıldı (64).

2. HBOT Endikasyonları

Hiperbarik oksijen tedavisi endikasyonları, 11 ana kategoride; akut travmatik iskemi, karbonmonoksit zehirlenmesi, osteomiyelit, akut periferik iskemi, ani işitme kaybı, problemlili yara, avasküler nekroz, hemorajik sistit, retinal arter oklüzyonu, nekrotizan yumuşak doku enfeksiyonu, hipoksik iskemik ensefalopati ve diğerleri olarak sınıflandırıldı. Endikasyonlar, görülme sıklığına göre sıralanarak ele alındı.

a. Endikasyonlara Göre Tedavi Sonuçlarının Derecelendirilmesi

Hiperbarik oksijen tedavisinde iyileşme klinik olarak belirlendi. Tedavi sonuçlarını değerlendirmek için hastaların taburcu olduklarındaki klinik durumları; tam iyileşme, belirgin iyileşme, kısmi iyileşme, iyileşmenin olmaması, kötüleşme ve ölüm olarak derecelendirildi. Bu derecelendirmede, her endikasyona özgün klinik durumlar aşağıda açıklanmaktadır.

Akut İskemi: Travmatik ve nontravmatik periferik iskemileri içine alan bu hastalık grubunda tedavi sonuçları;

- Tam iyileşme:
 - Fonksiyon ve doku kaybı olmaksızın iyileşme veya fonksiyon kaybına sebep olacak uzuv sorunu olmaksızın, sadece minimal yumuşak doku kaybı ile iyileşme,
 - Ödem ve iskeminin tamamen geçmesi,

- Belirgin iyileşme:
 - o Minör sekel (eklem hareket kısıtlılığı vb.) ile iyileşme; sınırlı debridman veya minör amputasyonla birlikte başarılı greft-flep uygulanması ya da bölgenin rekonstrüksiyona hazır hale gelmesi,
 - o Ödemin gerilemesi ve iskeminin sınırlanması, demarkasyon hattının oturması,
- Kısmi iyileşme:
 - o Majör sekel (ekinizm, düşük ayak; ortez veya protez ihtiyacı vb.) ile hayatta kalma; geniş debridman veya amputasyonla birlikte başarılı greft-flep uygulanması ya da bölgenin rekonstrüksiyona hazır hale gelmesi,
 - o Ödem ve iskeminin gerilemiş olması ile beraber demarkasyon hattının henüz oturmamış olması,
- İyileşme yok: İyileşmenin izlenmemesi,
- Kötüleşme ve ölüm: Hastanın yarasının veya durumunun kötüleşmesi ve hayatını kaybetmesi olarak değerlendirildi.

Minör amputasyon: Alt ekstremitede metatarsofalangeal, üst ekstremitede metakarpofalangeal eklem seviyesinin distalinde kalan, günlük hayatta belirgin fonksiyon ve iş gücü kaybına yol açmayan amputasyonlar.

Majör amputasyon: Alt ekstremitede transmetatarsal seviyeden, üst ekstremitede metakarpal seviyeden başlayan tüm amputasyonlar.

Karbonmonoksit Zehirlenmesi: Karbonmonoksit zehirlenmesi için tedavi sonuçları;

- Tam iyileşme: Şikayet ve bulguların tamamen düzelmesi ve Glasgow koma skalasının (GKS) 15 olması,
- Belirgin iyileşme: Şikayet ve bulguların belirgin düzelmesi ve GKS'nin 13-14 olması,
- Kısmi iyileşme: Nörolojik sekel varlığı ve GKS'nin 8-9 olması,
- İyileşme yok: Hastada düzelme saptanmaması ve GKS'de değişiklik olmaması,
- Kötüleşme: Hastanın klinik durumunun kötüleşmesi ve GKS'nin gerilemesi olarak değerlendirildi.

Osteomiyelit: Osteomiyelit için tedavi sonuçları;

- Tam iyileşme: Laboratuvar değerlerindeki düzelme ile birlikte fonksiyon kaybı olmadan yaranın ya da fistülün tamamen kapanması,
- Belirgin iyileşme: Laboratuvar değerlerindeki düzelme ile birlikte minör sekel (eklem hareket kısıtlılığı vb.) ile iyileşme; yara boyutunda küçülme ve akıntının geçmesi, bölgenin rekonstrüksiyona hazır hale gelmesi,
- Kısmi iyileşme: Laboratuvar değerlerindeki kısmi düzelme ile birlikte minör sekel ile iyileşme; yara boyutunda küçülme ve akıntının azalması,
- İyileşme yok: Enfeksiyon bulgularının gerilememesi ve iyileşmenin izlenmemesi,
- Kötüleşme: Enfeksiyon bulgularının ilerlemesi ve yaranın genişlemesi olarak değerlendirildi.

Ani İşitme Kaybı: Ani işitme kaybı için tedavi sonuçları Siegel kriterlerine göre belirlendi (65);

- Tam iyileşme: İşitme kazancına bakılmaksızın nihai işitme eşiği <25 dB,
- Belirgin iyileşme: >15 dB'lik işitme kazancı ile nihai işitme eşiği 25-45 dB,
- Kısmi iyileşme: >15 dB'lik işitme kazancı ile nihai işitme eşiği >45 dB,
- İyileşme yok: 15 dB'den az işitme kazancı,
- Kötüleşme: -

Problemli Yara: Yara iyileşmesinde sorun görülen hastaların tedavi sonuçları;

- Tam iyileşme: Akıntı olmaksızın tam cilt epitelizasyonu,
- Belirgin iyileşme: Akıntı olmaksızın yara boyutlarında küçülme,
- Kısmi iyileşme: Akıntının azalmakla birlikte sebat etmesi ve yara boyutlarında beklenenden az küçülme,
- İyileşme yok: Yarada iyileşmenin izlenmemesi,
- Kötüleşme: Yaranın genişlemesi ve enfeksiyon bulgularının artması olarak değerlendirildi.

Avasküler Nekroz: Avasküler nekroz için tedavi sonuçları;

- Tam iyileşme: Hareket kısıtlılığında tam düzelme, ağrının geçmesi; MR görüntülemeye medüller kemikteki ödemin tamamen geçmesi,
- Belirgin iyileşme: Hareket kısıtlılığında belirgin düzelme, ağrının geçmesi; MR görüntülemeye medüller kemikteki ödemde belirgin azalma,

- Kısmi iyileşme: Hareket kısıtlılığında düzelme, ağrıda gerileme; MR görüntülemesinde medüller kemikteki ödemde kısmi azalma,
- İyileşme yok: Hareket kısıtlılığında ve ağrıda değişiklik görülmemesi,
- Kötüleşme: Hareket kısıtlılığında ve ağrıda artış olarak değerlendirildi.

Hemorajik Sistit: Hemorajik sistit için tedavi sonuçları;

- Tam iyileşme: Hematürinin ve mesane irritasyon bulgularının tamamen geçmesi,
- Belirgin iyileşme: Makroskopik hematürinin geçmesi ve mesane irritasyon bulgularında belirgin düzelme,
- Kısmi iyileşme: Gross hematürinin azalması ve mesane irritasyon bulgularında kısmi düzelme,
- İyileşme yok: İyileşmenin izlenmemesi,
- Kötüleşme: Hematürinin artması olarak değerlendirildi.

Retinal Arter Oklüzyonu: Retinal arter oklüzyonu için tedavi sonuçları;

- Tam iyileşme: Görmede tam düzelme,
- Belirgin iyileşme: Görmede belirgin düzelme; görme kaybı olan alanda parmak sayabilme,
- Kısmi iyileşme: Görmede kısmi düzelme; görme kaybı olan alanda ışık ve hareket algısını kazanma,
- İyileşme yok: Görmede kazanımın olmaması,
- Kötüleşme: Görme kaybının ilerlemesi olarak değerlendirildi.

Nekrotizan Yumuşak Doku Enfeksiyonu: Nekrotizan yumuşak doku enfeksiyonu için tedavi sonuçları;

- Tam iyileşme: Laboratuvar değerlerindeki düzelme ile birlikte fonksiyon kaybı olmadan enfeksiyon bulgularının tamamen geçmesi,
- Belirgin iyileşme: Laboratuvar değerlerinin ve enfeksiyon bulgularının tama yakın düzelmesi; minimal fonksiyon kaybı ile bölgenin rekonstrüksiyona hazır hale gelmesi,
- Kısmi iyileşme: Laboratuvar değerlerindeki kısmi düzelme; belirgin fonksiyon kaybı ile birlikte enfeksiyon bulgularının gerilemesi ve enfekte alanın küçülmesi,
- İyileşme yok: Enfeksiyon bulgularının gerilememesi ve iyileşmenin izlenmemesi,
- Kötüleşme: Enfeksiyon bulgularının ilerlemesi olarak değerlendirildi.

Hipoksik İskemik Ensefalopati: Hipoksik iskemik ensefalopati için tedavi sonuçları;

- Tam iyileşme: Nörolojik şikayet ve bulguların tamamen düzelmesi,
- Belirgin iyileşme: Nörolojik şikayet ve bulguların belirgin düzelmesi ile birlikte hafif nörolojik sekel mevcudiyeti,
- Kısmi iyileşme: Nörolojik şikayet ve bulguların kısmi düzelmesi ile birlikte günlük yaşam aktivitelerini bozacak düzeyde nörolojik sekel mevcudiyeti,
- İyileşme yok: Nörolojik şikayet ve bulgularda düzelme saptanmaması,
- Kötüleşme: Nörolojik şikayet ve bulguların ilerlemesi olarak değerlendirildi.

Diğer Endikasyonlar: Hiperbarik oksijen tedavisine alınmış birer hastanın olduğu septik artrit, spinal apse, mukozit ve retina nekrozu tanıları için tedavi sonuçları;

- Tam iyileşme: Tedavi başlangıcındaki şikayet ve bulguların tamamen geçmesi,
- Belirgin iyileşme: Tedavi başlangıcındaki şikayet ve bulguların tama yakın düzelmesi,
- Kısmi iyileşme: Belirgin iyileşme olmaksızın tedavi başlangıcındaki şikayet ve bulguların gerilemesi,
- İyileşme yok: Tedavi başlangıcındaki şikayet ve bulgularda değişiklik saptanmaması,
- Kötüleşme: Tedavi başlangıcındaki şikayet ve bulguların ilerlemesi olarak değerlendirildi.

3. HBOT Sırasında Karşılaşılan Güçlükler ve Yan Etkiler

Tedavide karşılaşılan güçlükler ve yan etkiler (komplikasyonlar), hastanın birimler arası gününbirlik transferi sırasında gelişen komplikasyonlar; hiperbarik ortam ve kapalı sisteme bağlı, artan atmosferik basınç veya oksijen konsantrasyonu ile ilgili olaylar olarak tanımlandı.

D. VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Her hasta için ilgili verilerin çıkarılması, eksik verilerin net bir şekilde ortaya konması ve daha sonra verilerin karşılaştırılması ve analiz edilmesi amacıyla Microsoft 365® Excel programında veri tabloları oluşturuldu ve hasta verileri bu tablolara kaydedildi.

1. İstatiksel Analiz

İstatistiksel hesaplamalar IBM® SPSS Statistics 22.0 programı kullanılarak yapıldı.

Verilerin tanımlayıcı istatistiklerini ifade etmek amacıyla, sürekli değişkenler için ortalama, standart sapma, medyan, minimum ve maksimum, çeyrekler arası aralık ve mod değerleri; kesikli değişkenler için ise sayı ve yüzde değerleri hesaplandı.

Başlangıç analizleri olarak normal dağılımın değerlendirilmesinde Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk testleri kullanıldı.

Ordinal olan değişkenler arası ilişkiler için korelasyon katsayıları ve istatistiksel anlamlılıklar Spearman testi ile hesaplandı. Korelasyon gücü açısından $r=0,00-0,24$ zayıf; $r=0,25-0,49$ orta; $r=0,50-0,74$ güçlü; $r=0,75-1,00$ çok güçlü olarak kabul edildi.

Aynı grupta, iki farklı zamanda yapılan ölçümlerin karşılaştırılması için eşleştirilmiş t testi ve gruplar arası karşılaştırmalarda nonparametrik verilerde Mann Whitney U testi kullanıldı.

İstatistiksel anlamlılık sınırı $p<0,05$ olarak kabul edildi.

E. ONAY

Araştırmanın etik kurul onayı, 30.09.2021 tarih ve 508161 sayı ile İstanbul Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan alındı (Ek 1).

IV. BULGULAR

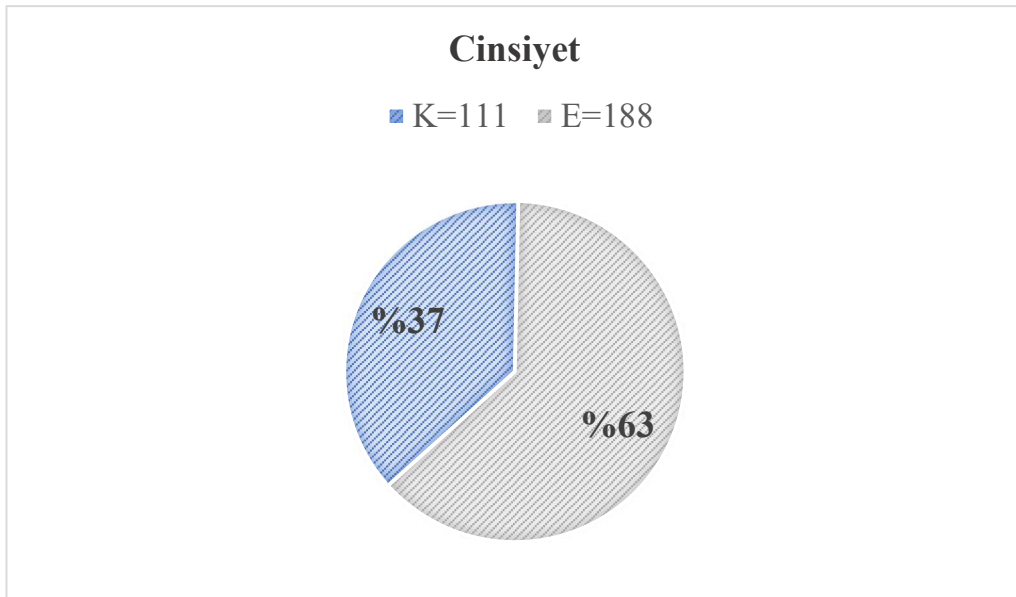
A. HBOT ALAN ÇOCUK HASTALARIN GENEL ÖZELLİKLERİ

Ocak 1990 – Aralık 2020 tarihleri arasında, 30 yıllık çalışma süresi boyunca, Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Anabilim Dalı'nda, 14 yaşından (168 aydan) küçük 299 çocuğa bir dizi tanıyla en az 1 seans HBOT uygulandığı belirlendi. Tedaviye alınan en küçük hasta 2 günlük iken mod yaş değeri 12 (30 olgu, %10) ve medyan yaş değeri 7 olarak saptandı. Hastaların yaş gruplarına göre dağılımı Tablo 9'da verilmektedir.

Tablo 9. HBOT uygulanan çocuk hastaların yaş gruplarına göre dağılımı

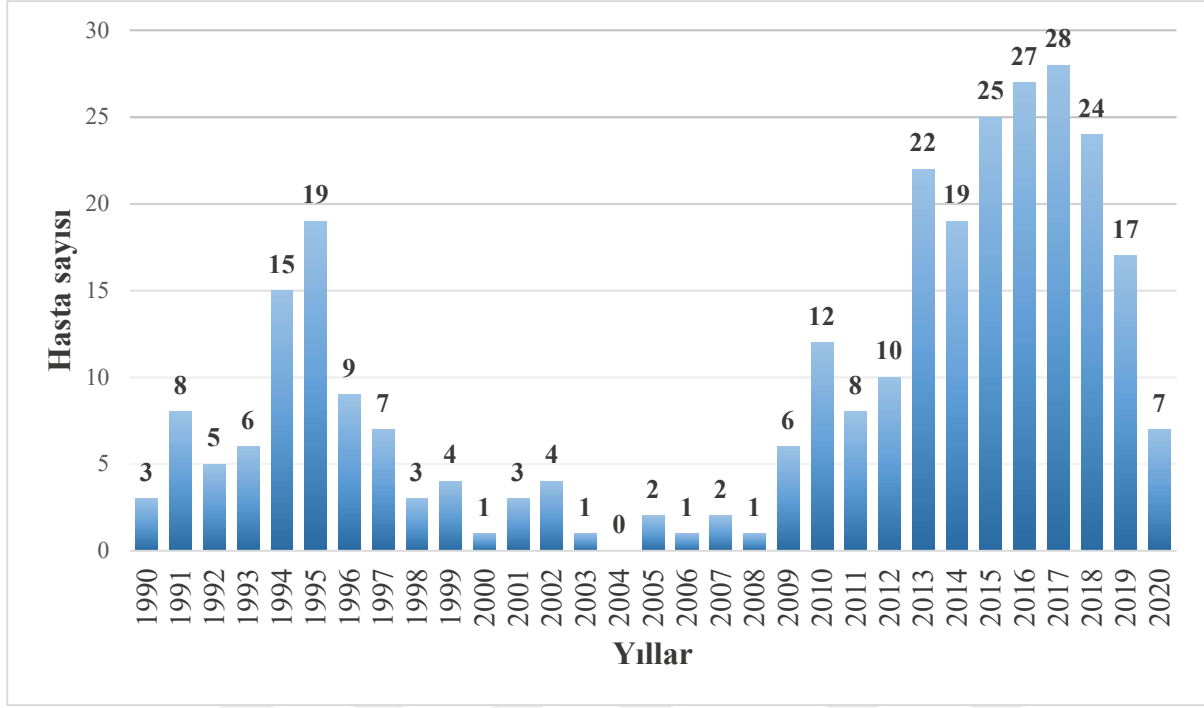
Yaş grupları		n (%)
Yenidoğan	(0-4 hafta)	4 (1,4)
Süt çocuğu	(1-12 ay)	21 (7)
Oyun çocuğu	(1-3 yaş)	45 (15)
Okul öncesi çocuğu	(4-5 yaş)	38 (12,7)
Okul çocuğu	(6-10 yaş)	115 (38,5)
Erken adölesan	(11-14 yaş)	76 (25,4)
Toplam		299 (100)

Tedaviye alınan hastaların 188'inin (%63) erkek, 111'inin (%37) kız olduğu tespit edildi (Şekil 7).



Şekil 7. HBOT uygulanan çocuk hastaların cinsiyete göre dağılımı

Hastaların yıllara göre dağılımı incelendiğinde; 1990-1999 yılları arasında 79 (%26,5), 2000-2008 yılları arasında tek kişilik basınç odalarının kullanımında olduğu dönemde 15 (%5) ve 2009-2020 yılları arasında 205 (%68,5) hastaya tedavi uygulandığı saptandı (Şekil 8).



Şekil 8. HBOT uygulanan çocuk hastaların yıllara göre dağılımı (n=299)

Hastaları, Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp kliniğine yönlendiren birimler incelendiğinde 299 hastadan 278 hastanın verisine ulaşıldı. Verisine ulaşılan 278 hastanın 172'sinin (%62) İstanbul Tıp Fakültesi birimlerinden konsülte edildiği saptandı. İstanbul Tıp Fakültesi dışındaki merkezlerden sevk edilen 106 hastanın 89'unun (%32) İstanbul'dan, 17'sinin (%6) il dışından geldiği belirlendi.

İstanbul Tıp Fakültesi'nden konsülte edilen hastaların; Ortopedi ve Travmatoloji (79 hasta), Pediatri (49 hasta), Plastik Cerrahi (11 hasta), Acil Cerrahi (11 hasta), Kulak Burun Boğaz Hastalıkları (6 hasta), Acil Dahiliye (5 hasta), Kalp ve Damar Cerrahisi (3 hasta), Çocuk Ürolojisi (3 hasta), Enfeksiyon (2 hasta), Çocuk Cerrahisi (1 hasta) ve Göz Hastalıkları (2 hasta) birimlerinden Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp kliniğine yönlendirildiği saptandı.

İstanbul Tıp Fakültesi dışından, İstanbul'da bulunan kliniklerden sevk edilen 89 hastanın 4'ünün Anadolu Yakası'ndaki ve 85'inin Avrupa Yakası'ndaki hastanelerden refere edildiği tespit edildi.

İl dışı merkezlerden 17 hasta sevk edildiği saptandı. Bu merkezlerin; Tekirdağ (9 hasta), Edirne (5 hasta), İzmir (1 hasta), Diyarbakır (1 hasta) ve Erzurum (1 hasta) illerinde bulunduğu belirlendi.

Hiperbarik oksijen tedavisi uygulanan 299 hastadan 157'sinin (%52,5) yatarak takip edildiği tespit edildi. Bu 157 hastadan 52'sinin (%33) başvuru anında değerlendirilerek İstanbul Tıp Fakültesi Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Anabilim Dalı servisine yatırılan hastalar olduğu görüldü, 105'inin (%67) ise başka servislerde yatırılarak takip edilirken Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp kliniğine HBOT için gününbirlik transfer edildiği saptandı. Başka servislerde yatan 105 hastadan 93'ünün (%88,5) İstanbul Tıp Fakültesi servislerinde, ağırlıklı olarak Ortopedi ve Travmatoloji yoğun bakım ünitesi ve servislerinde (44 hasta, %47) ve Pediatri yoğun bakım üniteleri ve servislerinde (23 hasta, %25), tedavi altında olduğu belirlendi. Dış merkezlerde yatırılarak tedavi gören 12 (%11,5) hastanın HBOT için İstanbul Tıp Fakültesi Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp kliniğinde gününbirlik, ayaktan tedavi aldığı saptandı. Bu 12 hastadan 1'inin il dışından (Çerkezköy Devlet Hastanesi, Tekirdağ) olduğu tespit edildi.

Hiperbarik oksijen tedavisi alan 299 hastadan 20'sinin (%6,7) yoğun bakım ünitelerinde takip edildiği belirlendi. On beş çocuğun İstanbul Tıp Fakültesi Yoğun Bakım ünitelerinde, Çocuk Yoğun Bakım (10 hasta), Acil Travma Yoğun Bakım (4 hasta), Yenidoğan Yoğun Bakım (1 hasta), Ortopedi ve Travmatoloji Yoğun Bakım (1 hasta), takip edilmekte olduğu görüldü. Dış merkez yoğun bakım ünitelerinde takip edilen dört hastadan birinin, HBOT için il dışından (Çerkezköy Devlet Hastanesi, Tekirdağ); üçünün İstanbul Avrupa Yakası'ndaki merkezlerden Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp kliniğine gününbirlik transfer edildiği saptandı.

Yoğun bakım ünitelerinde takip edilen 20 hastanın 9'unun mekanik ventilasyon desteği altındayken HBOT aldığı tespit edildi. Entübe olan bu dokuz hastadan yedisinin CO zehirlenmesi tanısı ile tedavi aldığı, bir hastanın hipoksik iskemik ensefalopati ve diğer hastanın purpura fulminans teşhisleriyle HBOT aldığı belirlendi.

Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp servisine yatarak HBOT alan 52 çocuktan 33'ünün (%63,4) erkek, 18'inin (%34,6) kız olduğu tespit edildi. Yatırılarak takip edilen en küçük hasta 3,5 yaşında iken ortalama hasta yaşının 9,4 olduğu saptandı. Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp servisine yatan hastaların yıllara göre dağılımı incelendiğinde; 1990-1999 yılları arasında 27 (%52), 2000-2008 yılları arasında yedi (%13,5) ve 2009-2020 yılları arasında 18 (%34,5) hastanın yatarak tedavi aldığı saptandı. Yatarak tedavi gören hastaların medyan yatış süresinin

72,5 gün olduğu saptandı. Yatarak tedavi görülen en kısa süre 1 gün ve en uzun süre 221 gün olarak tespit edildi.

Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp kliniğinde 299 hastanın, toplam 5110 HBOT seansı aldığı tespit edildi. En az 1, en çok 146 seans uygulandığı belirlendi. Tek seans alan 86 (%28,8) hasta olduğu görüldü.

Hiperbarik oksijen tedavisi uygulanan 299 hastadan 196'sının (%65,5) acil, 103'ünün (%34,5) elektif olgu olarak değerlendirildiği saptandı.

B. HBOT ALAN ÇOCUK HASTALARIN ENDİKASYONLARA GÖRE İNCELENMESİ

Hiperbarik oksijen tedavisi alan hastaların endikasyonlara göre dağılımları, demografik özellikleri ve aldıkları HBOT seans sayıları Tablo 10'da verilmektedir.

Hiperbarik oksijen ile tedavi edilen 299 olgu arasında, akut travmatik iskemi hastalık grubundan sonra, en yaygın tanının karbonmonoksit zehirlenmesi (91 hasta, %30,5) olduğu görüldü.

Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp servisine yatırılarak takip edilen 52 olgu arasında ise en yaygın tanının osteomyelit (28 hasta, %54) olduğu tespit edildi.

Tablo 10. HBOT uygulanan çocuk hastaların tanıları, demografik özellikleri ve HBOT seans sayıları

Endikasyon	n (%)	Yaş medyan yıl (aralık)	Cinsiyet erkek:kız	HBOT seans sayısı medyan (min,mak)
<i>Akut travmatik iskemi</i>	101 (33,8)			
Crush yaralanması	68	6,5 (1,5-13)	49:19	10,5 (1, 68)
Reimplantasyon	6	7,5 (1,5-13)	6:0	7,5 (3, 17)
Riskli greft-flep	12	9,5 (2-13,5)	7:5	10,5 (6, 31)
Postoperatif iskemi	11	6,5 (0,5-12)	6:5	5 (3, 18)
Elektrotermal yanık	4	11 (3-11)	2:2	9,5 (2, 20)
<i>CO zehirlenmesi</i>	91 (30,4)	6 (20 gün-14 yaş)	52:39	1 (1, 8)

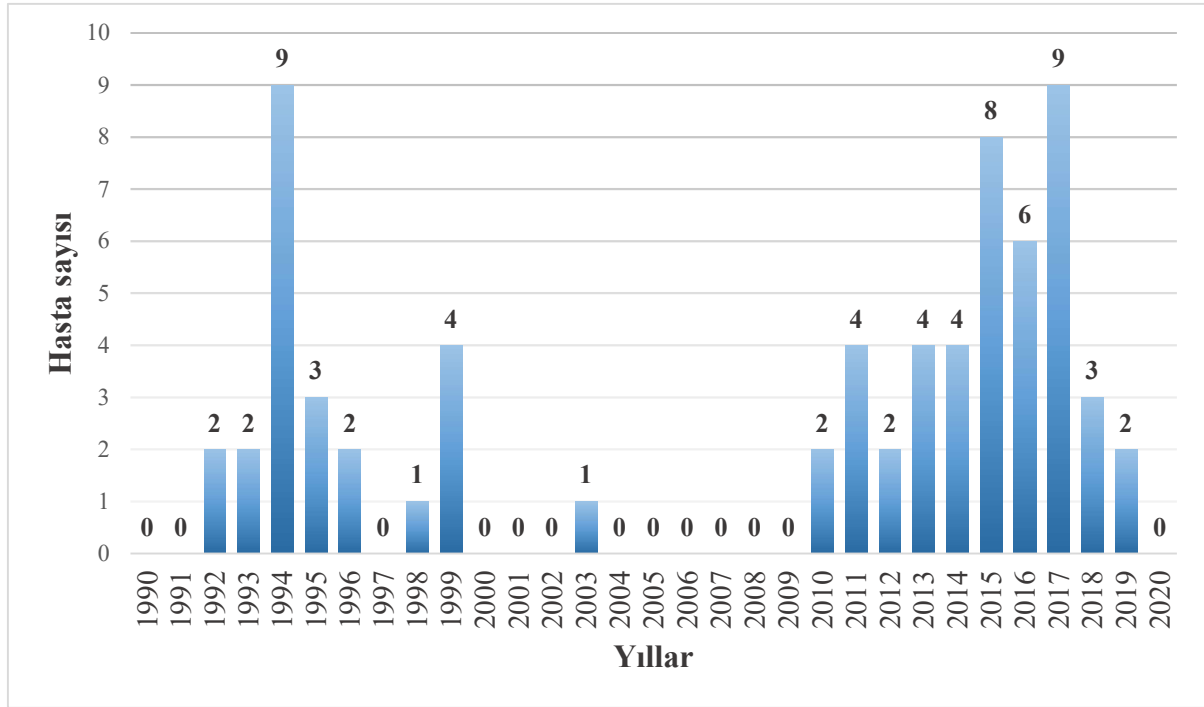
<i>Osteomyelit</i>	38 (12,7)			
Akut osteomyelit	5	11 (8-13)	1:4	58 (16, 98)
KROM	33	10 (7-14)	24:9	59 (18, 146)
<i>Akut periferik iskemi</i>	18 (6)			
Arteriyel oklüzyon	5	0,25 (2 gün-2 yaş)	3:2	12 (2, 47)
Vasküler kompresyon	2	2,5 (2 ay-13 yaş)	2:0	3,5 (3, 4)
Purpura fulminans	7	2 (10 gün-6 yaş)	2:5	7 (2, 34)
Vaskülit	4	6,5 (1-14)	1:3	13,5 (7, 31)
<i>Ani işitme kaybı</i>	14 (4,7)	9,5 (6,5-13)	7:7	19,5 (9, 40)
<i>Problemlı yara</i>	9 (3)			
Cerrahi yara	5	1,5 (8 ay-4,5 yaş)	4:1	9 (18, 5)
İyileşmeyen yara	4	7,5 (0,5-10)	2:2	12,5 (2, 15)
<i>Avasküler nekroz</i>	7 (2,4)	6 (3,5-14)	6:1	30 (1, 81)
<i>Hemorajik sistit</i>	7 (2,4)	12 (6-14)	5:2	10 (3, 39)
<i>Retinal arter oklüzyonu</i>	4 (1,3)	10,5 (2-12)	3:1	14,5 (4, 23)
<i>NYDE</i>	3 (1)	6 (4-12)	2:1	9 (8, 26)
<i>HİE</i>	3 (1)	2 (1,5-11,5)	2:1	6 (6, 7)
<i>Diğer</i>	4 (1,3)			
Septik artrit	1	13	0:1	41
Spinal apse	1	11,5	1:0	30
Mukozit	1	6	1:0	3
Retina nekrozu	1	6,5	0:1	5
Toplam	299 (100)	7 (2 gün-14 yaş)	188:111	8 (1, 146)

min: minimum, mak: maksimum, KROM: Kronik refrakter osteomyelit, NYDE: Nekrotizan yumuşak doku enfeksiyonu, HİE: Hipoksik iskemik ensefalopati

1. Akut Travmatik İskemi

a. Crush Yaralanması

Crush yaralanması tanısı ile HBOT alan 68 hasta saptandı. Tedaviye alınan en küçük hastanın 1,5 ve en büyük hasta 13 yaşında olduğu belirlendi. Medyan yaş değeri 6,5 olarak hesaplandı. Hastaların 49'unun (%72) erkek, 19'unun (%28) kız olduğu tespit edildi. Crush yaralanması tanısıyla HBOT uygulanan olguların yıllara göre dağılımı Şekil 9'da verilmektedir.



Şekil 9. Crush yaralanması tanısı ile HBOT uygulanan hastaların yıllara göre dağılımı (n=68)

En sık yaralanma sebebinin trafik kazası olduğu tespit edildi (Tablo 11).

Tablo 11. Crush yaralanması tanısı ile HBOT alan hastalarda yaralanma sebepleri (n=68)

Yaralanma sebebi			
	n (%)		n (%)
Araç dışı trafik kazası	30 (44)	Enkaz altında kalma	4 (7)
Trafik kazası*	7 (10)	Düşme	3 (4)
Ağır cisim düşmesi	12 (18)	Kesici delici alet yaralanması	3 (4)
Sıkışma	7 (10)	Ateşli silah yaralanması	2 (3)

* 7 hastanın trafik kazalarının oluş şekline ulaşılamadı.

Crush yaralanması sebebiyle tedaviye kabul edilen 68 hastadan 3'ünün dış merkez Ortopedi ve Travmatoloji servislerinden refere edildiği, diğer hastaların ise İstanbul Tıp Fakültesi cerrahi branşlarından danışıldığı saptandı. Yirmi altı hastanın Ortopedi ve Travmatoloji servislerinden, 24 hastanın Acil Ortopedi ve Travmatoloji biriminden; üç hastanın Plastik Cerrahi servisinden, beş hastanın Acil Plastik Cerrahi biriminden; bir hastanın Genel Cerrahi Travma servisinden, üç hastanın Acil Genel Cerrahi Travma biriminden; iki hastanın Acil Travma Yoğun Bakım ünitesinden ve bir hastanın Çocuk Acil biriminden konsülte edildiği belirlendi.

Hiperbarik oksijen tedavisi için danışılan 67 hastadan 39'unun yatarak tedavi görmekte olduğu saptandı. Bir hastanın dış merkez Ortopedi ve Travmatoloji servisinde yatmakta olduğu, 38 hastanın ise İstanbul Tıp Fakültesi'nin muhtelif servislerinde takip altında olduğu tespit edildi. Yirmi yedi hastanın Ortopedi ve Travmatoloji servislerinde; dört hastanın Plastik Cerrahi servisinde; dört hastanın Acil Genel Cerrahi Travma biriminde; iki hastanın Acil Travma Yoğun Bakım ünitesinde ve bir hastanın Çocuk Acil biriminde yatarak takip edilmekte olduğu saptandı. On üç hasta için, hastalar danışıldıktan sonra Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp servisine yatış kararı verildiği belirlendi. Sonuçta 68 hastanın 52'sinin (%76,5) yatarak takip edilirken HBOT'ye başlatıldığı görüldü.

Hastalar klinik durumları ve yaralanma türleri açısından incelendi, 68 hastadan 63 hastanın verisine ulaşıldı. Altmış üç hastanın 31'inde (%49), konsülte edildikleri sırada kompartman sendromunun olduğu saptandı. Kompartman sendromunun eşlik ettiği yaralanmalar Tablo 12'de gösterilmektedir.

Tablo 12. Crush yaralanması ile başvuran ve kompartman sendromu gelişmiş hastaların yaralanma türleri

Yaralanma türü	Kompartman sendromu n
Açık kırık	15
Multipl kırık	7
Ciddi ezilme	4
Degloving (Avülsiyon) yaralanması	4
Geniş yumuşak doku yaralanması	1
Toplam	31

Açık kırık gelişen 17 hastanın olduğu görüldü. Gustillo-Anderson açık kırık sınıflamasına göre bunların yedisinin damar yaralanması da içeren ciddi olarak tanımlanan tip 3C; ikisinin tip 3B; beşinin tip 3A ve üçünün tip 2 açık kırıklar olduğu belirlendi. Tip 2 açık kırığı olan iki hasta hariç tüm açık kırıklara kompartman sendromunun eşlik ettiği tespit edildi. Diğer yaralanmaların; kırık (22 hasta), subampütasyon (2 hasta), geniş yumuşak doku yaralanması (2 hasta), ciddi ezilme (4 hasta), degloving (9 hasta) ve diğer yumuşak doku yaralanmaları (7 hasta) olduğu saptandı.

Yaralanmaların çoğunun (73 yaralanma, %84) alt ekstremiteye lokalize olduğu belirlendi (Tablo 13).

Tablo 13. Crush yaralanması tanısı ile HBOT alan hastalarda etkilenen bölgeler

Etkilenen uzuv												
	Kulak	Kol	Önkol	El	El parmak	Perine	Uyluk	Diz	Krus	Ayak/Ayak bileği	Ayak parmak	Toplam
n	1	5	3	4	1	1	9	1	31	22	9	87

14 hastada birden fazla bölgeyi etkileyen yaralanma mevcuttu.

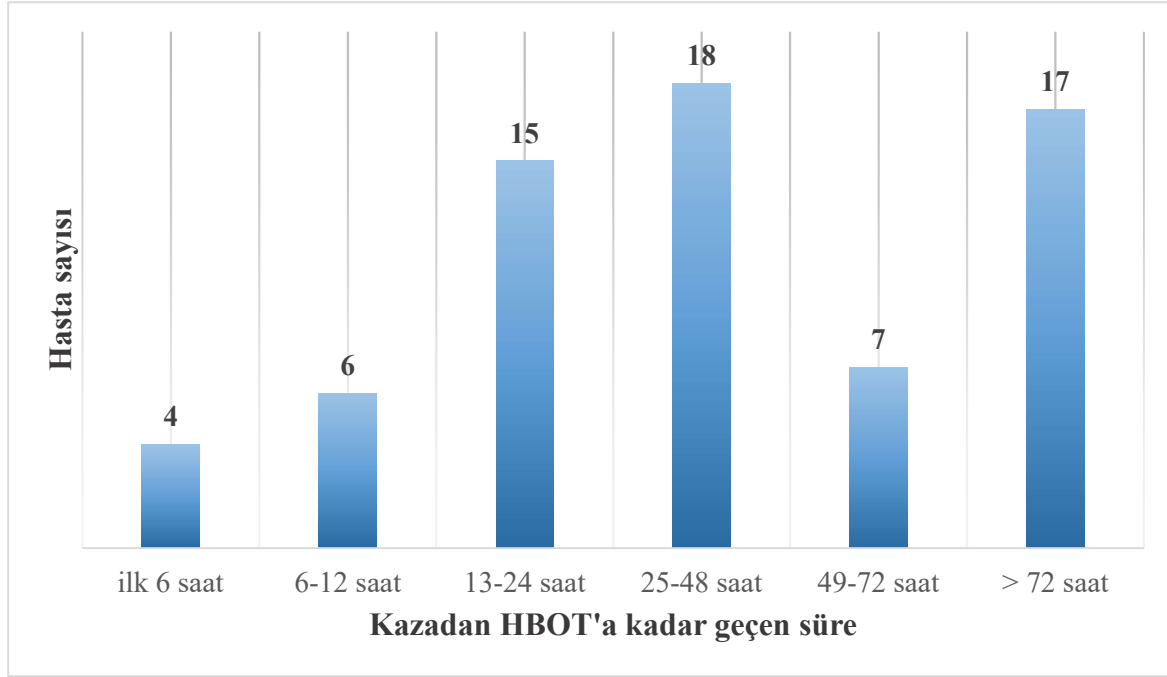
Altmış sekiz hastadan 44'ünün HBOT'ye başlamadan önce geçirdiği cerrahi işlem bilgisine ulaşılabildi. Ampütasyon öyküsü olan hastalardan birine Syme, diğerine ayak parmak ampütasyonu uygulandığı tespit edildi (Tablo 14).

Tablo 14. Crush yaralanması tanılı hastalara, HBOT başlanmadan önce uygulanan cerrahi işlemler (n=cerrahi işlem=58)

Cerrahi işlem			
	n		n
Fiksasyon/Osteosentez	17	Revaskülarizasyon	4
Defekt tamiri	14	Ampütasyon	2
Fasyotomi	12	Debridman	2
Primer sütürasyon	7		

14 hastaya, 2 farklı girişim uygulandı.

Hastaların tedaviye başlama süreleri değerlendirildiğinde 68 hastadan 67'sinin verilerine ulaşıldı. Kazadan sonraki ilk 6 saatte ilk seanslarını alan dört (%6) hasta tespit edildi (Şekil 10). Tedavi uygulanan 68 hastadan 58'inin (%85) acil, 10'unun (%15) elektif vaka olarak değerlendirildiği saptandı.



Şekil 10. Crush yaralanması tanılı hastaların, ilk HBOT seanslarına kadar geçen süreye göre dağılımları

Hiperbarik oksijen tedavisi seansları devam ederken hastalara uygulanan cerrahi işlemler incelendiğinde 65 hastanın verisine ulaşıldı. Altmış beş hastadan 35'ine cerrahi işlem uygulandığı saptandı. Hastalara, HBOT seansları devam ederken uygulanan cerrahi işlemler Tablo 15'te özetlenmektedir.

Tablo 15. Crush yaralanması tanılı hastalara, HBOT seansları devam ederken uygulanan cerrahi işlemler (n=cerrahi işlem=54)

Cerrahi işlem			
	n		n
Debridman	24	Fasyotomi	4
Graft	15	Artrodez	1
Flep	5	İlizarov	1
Ampütasyon	4		

16 hastaya, birden fazla girişim uygulandı.

Ampütasyon uygulanan hastalar incelendiğinde; bir hastaya sol alt ekstremité dezartikülasyonu, bir hastaya dizüstü ampütasyonu, iki hastaya da ayak parmak ampütasyonu uygulandığı tespit edildi.

Crush yaralanması tanısı ile tedavi alan hastalarda uygulanan medyan seans sayısı değeri 10,5 olarak hesaplandı. En az 1, en çok 68 seans HBOT uygulandığı tespit edildi.

Hiperbarik oksijen tedavisi sırasında iki hastanın kulak eşitlemede zorluk yaşadığı, kulak eşitlemede zorluk yaşayan hastalardan birinde orta kulak barotravması geliştiği saptandı. Bir hastanın ajitasyon gösterirken üç hastanın anksiyete yaşadığı tespit edildi. Tedavi sırasında yaşanan zorluklar sebebiyle tedavisine devam etmeyen ya da tedavisi sonlandırılan hasta bulunmadığı tespit edildi.

Crush yaralanması sebebiyle HBOT alan çocukların tedavi sonuçları değerlendirildiğinde; 23 (%33) hastanın tam iyileştiği, 24 (%35) hastada belirgin iyileşme sağlandığı, 17 (%25) hastada kısmi iyileşme izlendiği, üç (%4,5) hastada iyileşmenin olmadığı ve bir (%1,5) hastanın öldüğü saptandı.

Belirgin iyileşme sağlanan bir hastada HBOT öncesi sağ transtibial ampütasyon planlandığı fakat ekstremitenin kurtarıldığı tespit edildi.

Kısmi iyileşme gösteren 17 çocuktan birinde periferik embolizasyon gelişmesi nedeniyle sağ dizüstü ampütasyonu uygulandığı, bir hastada damar anastomozunun oblitere olması sebebiyle sol alt ekstremité dezartikülasyonu uygulandığı tespit edildi. Kısmi iyileşme gösteren hastalardan ikisinde düşük ayak deformitesi, birinde ekinizm geliştiği belirlendi.

İyileşme izlenmeyen üç hastanın da planlanan tedavilerine devam etmediği saptandı. Bu hastalardan birinin tedavisinin, ebeveyn isteği üzerine sonlandırıldığı tespit edildi; sonlandırma talebinin nedeni hakkında bilgiye ulaşamadı.

Ölen hastanın, trafik kazası sonucu iskiüm kolu fraktürü ve perinede ağır doku yaralanması gelişen Acil Travma Yoğun Bakım ünitesinde takip edilen 11 yaşında erkek bir çocuk olduğu tespit edildi. Toplam 14 seans HBOT alan hastanın, yoğun bakımdaki takipleri sırasında sepsise girdiği ve hayatını kaybettiği saptandı.

Hiperbarik oksijen tedavisi öncesi kompartman sendromu varlığı ile tedaviye yanıtın kötü olması arasında orta dereceli istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon tespit edildi ($r=-0,445$; $p=0,000$) (Tablo 16).

Tablo 16. Crush yaralanmasında HBOT öncesi kompartman sendromu gelişmiş olması ile tedavi bitimindeki klinik durum arasındaki ilişki (n=63)

Tedavi sonucu	Kompartman sendromu		^d p (r)
	Var	Yok	
Tam iyileşme	3	18	0,000 (-0,445)
Belirgin iyileşme	14	9	
Kısmi iyileşme	13	2	
İyileşme yok	0	3	
Kötüleşme/Ölüm	1	0	

^d Spearman korelasyon testi

Kazadan HBOT'ye başlayıncaya kadar geçen süre ile tedaviye yanıt arasında orta dereceli korelasyon saptandı (Tablo 17). İlk 24 saatte HBOT'ye başlayan grupta tedavi yanıtı anlamlı derecede daha iyi olduğu görüldü ($r=-0,331$; $p=0,006$).

Tablo 17. Crush yaralanmasında HBOT alana kadar geçen süre ile tedavi bitimindeki klinik durum arasındaki ilişki (n=67)

Tedavi sonucu	Kazadan HBOT alana kadar geçen süre		^d p (r)
	0-24 st	> 24 st	
Tam iyileşme	14	9	0,006 (-0,331)
Belirgin iyileşme	7	16	
Kısmi iyileşme	2	15	
İyileşme yok	2	1	
Kötüleşme/Ölüm	0	1	

^d Spearman korelasyon testi

b. Reimplantasyon

Reimplantasyon tanısı ile HBOT alan altı hasta saptandı. Tedaviye alınan en küçük hastanın 1,5 yaşında, en büyük hastanın ise 13 yaşında olduğu tespit edildi. Tüm hastaların cinsiyetinin erkek olduğu belirlendi. Olguların yıllara göre dağılımı incelendiğinde; 1994 yılında üç, 1997 yılında bir, 2013 yılında bir, 2014 yılında bir hastanın HBOT aldığı saptandı.

Reimplantasyon sebebiyle tedaviye kabul edilen altı hastadan birinin Erzurum Tıp Fakültesi Kalp ve Damar Cerrahisi kliniğinden sevk edildiği ve Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp servisine yatırılarak takip edildiği tespit edildi. Beş hastanın ise İstanbul Tıp Fakültesi cerrahi birimlerinden konsülte edildiği saptandı. İki hastanı Ortopedi ve Travmatoloji

servislerinden, bir hastanın Plastik Cerrahi servisinden ve bir hastanın Kulak Burun Boğaz Hastalıkları servisinden danışıldığı belirlendi.

Hastaların özellikleri, yaralanma mekanizması, reimplantasyon nedeni, reimplantasyondan HBOT'ye kadar geçen süre, HBOT seans sayısı ve tedavi sonuçları Tablo 18'de özetlenmektedir.

Tablo 18. Reimplantasyon tanısı ile HBOT alan hastaların klinik özellikleri

Hasta	Yaş (yıl)	Cinsiyet	Yaralanma mekanizması	Reimplantasyon nedeni	İlk HBO (saat)	HBO seans	Sonuç
1	9	E	Trafik kazası	Sağ ayak bileği subtotal amputasyonu	48	3	İyileşme yok
2	6	E	Sıkışma ve ezilme	Sol kol total amputasyonu	60	14	İyileşme yok*
3	5	E	Trafik kazası	Sol tarsometatarsal amputasyonu	6	4	İyileşme yok†
4	13	E	Trafik kazası	Sol kulak amputasyonu	5 gün	8	Belirgin iyileşme
5	11	E	Trafik kazası	Sol el bileği subtotal amputasyonu	9 gün	17	İyileşme yok‡
6	1,5	E	Sıkışma	Sol ayak 1. parmak amputasyonu	15	7	İyileşme yok§

* Septik şok gelişti, sol kol amputasyonu yapıldı.

† Sol bacak transtibial amputasyonu yapıldı.

‡ Tedaviye devam etmedi.

§ Ebeveyn isteği üzerine tedaviye devam etmedi.

Altı hastanın üçünde konsülte edildiklerinde kompartman sendromu gelişmiş olduğu tespit edildi. HBOT seansları devam ederken bir hastaya debridman uygulandığı saptandı.

Reimplantasyon tanısıyla tedavi alan hastalarda uygulanan medyan seans sayısı 7,5 olarak hesaplandı. En az 3, en çok 17 seans HBOT uygulandığı tespit edildi. Dokuz gün önce reimplantasyonu gerçekleştiren çocuk hariç tüm hastaların acil vaka olarak değerlendirildiği belirlendi. Hiçbir hastada HBOT'ye bağlı yan etki gelişmediği belgelendi.

Hastaların tedavi sonuçları değerlendirildiğinde; kulak reimplantasyonu yapılan hastada reimplante edilen kulakta soğukluğun geçtiği ve siyanotik görünümün azaldığı tespit edildi.

Ayak bileği subtotal amputasyonu sebebiyle reimplantasyon yapılan hastanın tedavisinin, 3 seans HBOT sonrası gelişme görülmemesi üzerine sonlandırıldığı saptandı.

Tedaviye devam etmeyen ve tedavisi sonlandırılan hastaların, takip edildikleri servislerden taburcu olduklarındaki klinik durumlarının bilgisine ulaşılamadı.

c. Riskli Graft-Flep

Riskli graft-flep tanısı ile HBOT alan 12 olgu saptandı. Daha önce crush yaralanması sebebiyle tedavi alan ve kısmi iyileşme sağlanan bir hastanın, riskli flep tanısı ile tekrar HBOT'ye başlatıldığı görüldü. Tedaviye alınan en küçük hastanın 2 yaşında olduğu, en büyük hastanın ise 13,5 yaşında olduğu tespit edildi. Hastaların yedisinin (%55,5) erkek, beşinin (%44,5) kız olduğu belirlendi. Hastaların yıllara göre dağılımı incelendiğinde; 1997 yılında bir, 2001 yılında bir, 2002 yılında bir, 2009 yılında bir, 2010 yılında bir, 2011 yılında bir, 2015 yılında bir, 2016 yılında üç, 2018 yılında bir ve 2020 yılında bir hastanın tedaviye alındığı görüldü.

Bu tanıyla tedavi uygulanan hastaları yönlendiren birimler incelendiğinde 12 hastadan 11'inin verisine ulaşıldı. İki hastanın dış merkez Üroloji kliniği tarafından ve bir hastanın dış merkez Plastik Cerrahi birimi tarafından sevk edildiği, kalan sekiz hastanın İstanbul Tıp Fakültesi cerrahi birimlerinden konsülte edildiği saptandı. Bu sekiz hastadan birinin Ortopedi ve Travmatoloji servisinde, birinin Acil Cerrahi servisinde, birinin Acil Travma Yoğun Bakım ünitesinden, ikisinin Üroloji servisinde, ikisinin Plastik Cerrahi biriminden ve birinin Kulak Burun Boğaz Hastalıkları servisinde danışıldığı tespit edildi.

Hastaların özellikleri, ameliyat sebebi, önceki revizyon sayısı, yapılan operasyon, ameliyattan HBOT'ye kadar geçen süre, HBOT seans sayısı ve tedavi sonuçları Tablo 19'da özetlenmektedir.

Tablo 19. Riskli graft-flep tanısı ile HBOT alan hastaların klinik özellikleri

Hasta	Yaş (yıl)	Cinsiyet	Ameliyat nedeni	Önceki revizyon sayısı	Ameliyat	İlk HBO (saat)	HBO seans	Sonuç
1	10	E	Trafik kazasına bağlı doku defekti	-	Sol krus rekonstrüksiyonu, greft	-*	19	Belirgin iyileşme
2	9,5	K	Trafik kazasına bağlı doku defekti	-	Sol ayak transmetatarsal amputasyon güdüğü kapatılması, greft	-*	11	Belirgin iyileşme
3	11	E	Hipospadias	-	Hipospadias tamiri, greft	-	11	Tam iyileşme
4	9,5	K	Trafik kazasına bağlı doku defekti	1	Sol topuk rekonstrüksiyonu, flep	-*	31	Belirgin iyileşme
5	12	K	Trafik kazasına bağlı doku defekti	1	Sol topuk rekonstrüksiyonu, flep	-*	18	Belirgin iyileşme

6	5,5	K	Konjenital aural atrezi	-	Sol kulak kepçesi rekonstrüksiyonu, flep	48	10	Belirgin iyileşme
7	6	E	Trafik kazasına bağlı doku defekti	1	Sol krus rekonstrüksiyonu, flep	24	6	Kısmi iyileşme
8	11	E	Hipospadias	1	Hipospadias tamiri, greft	8 gün	10	Tam iyileşme
9	5,5	K	Yanığa bağlı skar	4	Yüzde skar revizyonu, greft	72	8	İyileşme yok
10	13,5	E	Trafik kazasına bağlı doku defekti	-	Sağ uyluk rekonstrüksiyonu, greftonaj	-*	19	Kısmi iyileşme†
11	2	E	Hipospadias	-	Hipospadias tamiri, greft	96	7	Belirgin iyileşme
12	3	E	Hipospadias	2	Hipospadias tamiri, greft	20	7	Belirgin iyileşme

* HBOT'ye revizyon öncesi başlandı.

† Takip eden primer ekip tarafından HBOT sonlandırıldı.

Riskli greft-flep tanısıyla tedavi alan hastalarda uygulanan medyan seans sayısı 10,5 olarak hesaplandı. En az 6, en çok 31 seans HBOT uygulandığı belirlendi. Tedavi uygulanan 12 hastadan 5'inin acil, 7'sinin elektif vaka olarak değerlendirildiği saptandı. Beş hastaya revizyon öncesi HBOT başlandığı tespit edildi.

Hiperbarik oksijen tedavisi sırasında bir hastanın ilk seanslarda anksiyete yaşadığı ve maskeyi tolere edemediği için başlık ile oksijen soluduğu, aynı hastada başka bir seansta dekompresyon esnasında gastrik distansiyon geliştiği ve projektıl tarzda kusması olduğu saptandı. Bu hasta için kolostomisinin olduğunun ve düzgün çalıştığının, kusma sonrasında başka sorun yaşanmadığının not edildiği görüldü. İki hastanın ise kulak eşitlemede zorluk yaşadığı ve birinde sinüs barotravması gerçekleştiği tespit edildi, diğerinde barotravma görülmediği saptandı. Tedavi sırasında yaşanan zorluklar sebebiyle tedavisine devam etmeyen ya da tedavisi sonlandırılan hastanın olmadığı görüldü.

Hastaların tedavi sonuçları değerlendirildiğinde; iyileşme izlenmeyen hastanın, yüzündeki yanık skarına bağlı daha önce çok sayıda revizyon geçiren ve son operasyonunda uygulanan greftlerde, 8 seans HBOT'nin sonunda dolaşım kusuru devam etmekte olan, 5,5 yaşındaki kız çocuğu olduğu görüldü; hastanın takip edildiği servisten taburcu olduğundaki klinik durumunun bilgisine ulaşılamadı.

d. Postoperatif İskemi

Postoperatif iske mi tanısı ile HBOT alan 11 hasta saptandı. Tedaviye alınan en küçük hastanın 6 aylık oldu ğu en büyük hastanın ise 12 yaşında oldu ğu belirlendi. Hastaların altısının (%54,5) erkek, beşinin (%45,5) kız oldu ğu tespit edildi. Hastaların yıllara göre dağılımı incelendi ğinde; 2010 yılında bir, 2015 yılında bir, 2016 yılında iki, 2017 yılında iki, 2018 yılında üç, 2019 yılında bir ve 2020 yılında bir hastanın tedaviye alındığı görüldü.

Bu tanıyla tedavi uygulanan hastalardan birinin dış merkez Üroloji klini ği tarafından yönlendirildi ği, 10 hastanın ise İstanbul Tıp Fakültesi cerrahi birimlerinden konsülte edildi ği tespit edildi. Bu hastaların dokuzunun Ortopedi ve Travmatoloji biriminden, birinin ise Üroloji klini ğinden danışıldığı görüldü.

Hastaların özellikleri, eşlik eden hastalık, ameliyat sebebi, gelişen komplikasyon, ameliyattan HBOT'ye kadar geçen süre, HBOT seans sayısı ve tedavi sonuçları Tablo 20'de özetlenmektedir.

Tablo 20. Postoperatif iske mi tanısı ile HBOT alan hastaların klinik özellikleri

Hasta	Yaş (yıl)	Cinsiyet	Eşlik eden hastalık	Ameliyat nedeni	Komplikasyon	İlk HBO (saat)	HBO seans	Sonuç
1	8,5	E	-	Sünnet	Glans peniste nekroz	-	18	Tam iyileşme
2	2,5	E	Proteus sendromu	Sa ğ ayak gigantizm	Ayakta ödem, sütür hattında iske mi	7 gün	4	Belirgin iyileşme
3	12	K	-	Sol ayak gigantizm	Sütür hattında iske mi	14 gün	18	Kısmi iyileşme*
4	6,5	E	-	Sa ğ ayak polisindaktili	Ayakta ödem, sütür hattında iske mi	72	5	Belirgin iyileşme
5	10	K	Serebral palsi	Pes ekinovarus	Sa ğ ayakta ödem, sütür hattında iske mi	22	3	Kısmi iyileşme*
6	6	E	-	Sünnet	Glans peniste ödem, nekroz	48	3	Belirgin iyileşme
7	6 ay	E	-	Amniyotik bant sendromu	Düzel tme operasyonu sonrası sol el 2. parmakta iske mi	34	3	İyileşme yok
8	6	K	Artrogripozis multipleks konjenita	Bilateral pes ekinovarus	Sütür hatlarında iske mi	6 gün	5	Belirgin iyileşme†
9	3,5	E	4. kromozom anomalisi	Bilateral pes ekinovarus	Sütür hatlarında iske mi, ayaklarda ödem	21	5	Belirgin iyileşme

10	11	K	Spina bifida	Pes ekinovarus	Sol ayak sütur hattında iskemi riski†	24	10	Belirgin iyileşme
11	10	K	Larsen sendromu	Patella dislokasyonu	Sol dizde ödem, sütur hattında iskemi	96	14	Tam iyileşme

* Tedaviye devam etmedi.

† Primer hekimleri tarafından aldığı tedavinin yeterli görülmesi sebebiyle HBOT sonlandırıldı.

‡ Daha önce aynı bölgeden 3 kez opere olan hasta, iskemi riski sebebiyle HBOT'ye kabul edildi.

Postoperatif iskemi tanısıyla tedavi alan hastalarda uygulanan medyan seans sayısı 5 olarak hesaplandı. En az 3, en çok 18 seans HBOT uygulandığı tespit edildi. Tedavi uygulanan 11 hastadan 7'sinin acil, 4'ünün elektif vaka olarak değerlendirildiği saptandı.

Hiperbarik oksijen tedavisi sırasında anksiyete atağı gelişen serebral palsi hastası dışında sorun yaşayan hasta olmadığı belirlendi. Tedavi sırasında yaşanan zorluklar sebebiyle tedavisine devam etmeyen ya da tedavisi sonlandırılan hasta bulunmadığı saptandı.

Hiperbarik oksijen tedavisi seansları devam ederken iki hastanın nekrotik dokularının debride edildiği tespit edildi.

Hastaların tedavi sonuçları değerlendirildiğinde; artrogripozis multipleks konjenita sebebiyle bilateral ayak deformitesi düzeltimi operasyonu geçiren ve iskemi gelişen hastada HBOT ile belirgin iyileşme gözleendiği saptandı. Hastanın tedavisinin, primer hekimleri tarafından HBOT'nin yeterli olduğu düşüncesi ile sonlandırıldığı belirlendi.

Kısmi iyileşme gözlenen hastaların, planlanan HBOT'ye devam etmeyen hastalar olduğu görüldü. İyileşme izlenmeyen, tedaviye devam etmeyen ve primer hekimleri tarafından tedavisi sonlandırılan hastaların, takip edildikleri servislerden taburcu olduklarındaki klinik durumlarının bilgisine ulaşılamadı.

e. Elektrotermal Yanık

Elektrotermal yanık tanısı ile HBOT alan dört olgu saptandı. Tedaviye alınan üç hastanın 11 yaşında, bir hastanın ise 3 yaşında olduğu görüldü. Hastaların ikisinin erkek, ikisinin kız olduğu tespit edildi. Hastaların yıllara göre dağılımı incelendiğinde; 1994 yılında bir, 1996 yılında bir, 2000 yılında bir, 2015 yılında bir hastanın tedaviye alındığı görüldü.

Bu tanıyla tedavi uygulanan tüm hastaların İstanbul Tıp Fakültesi birimlerinden konsülte edildiği belirlendi. Dört hastadan ikisinin Acil Cerrahi kliniğinden, birinin Acil Travma Yoğun Bakım nitesinden ve birinin Çocuk Acil servisinden danışıldığı tespit edildi.

Hastaların özellikleri, yanık nedeni ve derecesi, etkilenen bölge, olaydan HBOT'ye kadar geçen süre, HBOT seans sayısı ve tedavi sonuçları Tablo 21'de özetlenmektedir.

Tablo 21. Elektrotermal yanık tanısı ile HBOT alan hastaların klinik özellikleri

Hasta	Yaş (yıl)	Cinsiyet	Yanık nedeni	Yanık derecesi	Etkilenen bölge	İlk HBO (gün)	HBO seans	Sonuç
1	11	E	Elektrik yanığı, yüksek gerilimli yaralanma	2-3. derece	Sol el ve önkol; boyun, göğüs ve karın	5	20	Kısmi iyileşme*
2	11	K	Elektrik yanığı, yüksek gerilimli yaralanma	2-3. derece	Her iki kol, gövde	4	5	İyileşme yok†
3	11	E	Elektrik yanığı, yüksek gerilimli yaralanma	3. derece	Sağ kol	6	2	İyileşme yok‡
4	3	K	Elektrik yanığı, düşük gerilimli yaralanma	2. derece, derin	Her iki el	4	14	Tam iyileşme

* Sol kol dirsek altı amputasyonu uygulandı.

† Takip eden primer ekip tarafından HBOT sonlandırıldı.

‡ Sağ dirsek üstü amputasyonu uygulandı.

İki hastaya, Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp kliniğine konsülte edilmeden önce kompartman sendromu gelişmesi sebebiyle fasyotomi uygulandığı saptandı.

Tüm hastaların kazadan sonra 4 gün ve üzerindeki sürelerde HBOT için refere edildiği, hepsinin acil vaka olarak değerlendirildiği tespit edildi. Bu tanıyla tedavi alan hastalarda en az 2, en çok 20 seans HBOT uygulandığı belirlendi. Hiçbir hastada HBOT sırasında zorluk yaşanmadığı ve HBOT'ye bağlı yan etki belgelenmediği görüldü.

Hastaların tedavi sonuçları değerlendirildiğinde; her iki elinde yanıkları olan hastanın sağ elindeki yaraların kapandığı, sol elindeki yarasına uygulanan greftin ise başarılı olduğu saptandı.

Sol kolda, boyunda, göğüste ve karında yanıkları olan hastaya sol kol dirsek altı amputasyonu uygulandığı; vücudunun diğer bölgelerinde oluşan yanık yaralarındaki nekrotik dokuların debride edildiği ve granüle olan yaralara uygulanan greftlerin başarılı olduğu tespit edildi.

İyileşme izlenmeyen iki hasta incelendiğinde; bilateral üst ekstremitesinde ve gövdesinde yanık yaraları olan, HBOT için konsülte edildiğinde her iki önkolunda fasyotomisi

bulunan bir hastanın tedavisinin, 5 seans sonunda takibini yapan primer ekip tarafından sonlandırıldığı tespit edildi.

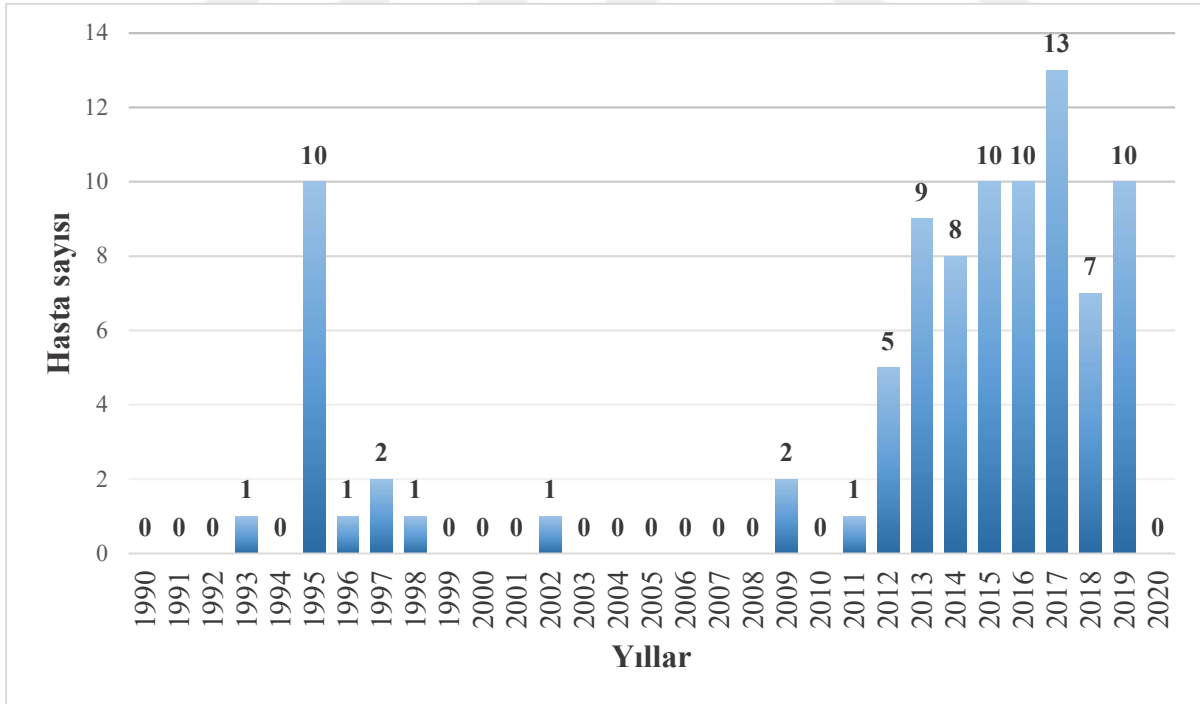
Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp kliniğine başvurusunda sağ eli ödemli ve nekrotik olan hastaya ise hasta 2 seans HBOT aldıktan sonra sağ dirsek üstü amputasyonu uygulandığı belirlendi.

İyileşme izlenmeyen ve primer hekimleri tarafından tedavisi sonlandırılan hastaların, takip edildikleri servislerden taburcu olduklarındaki klinik durumlarının bilgisine ulaşılamadı.

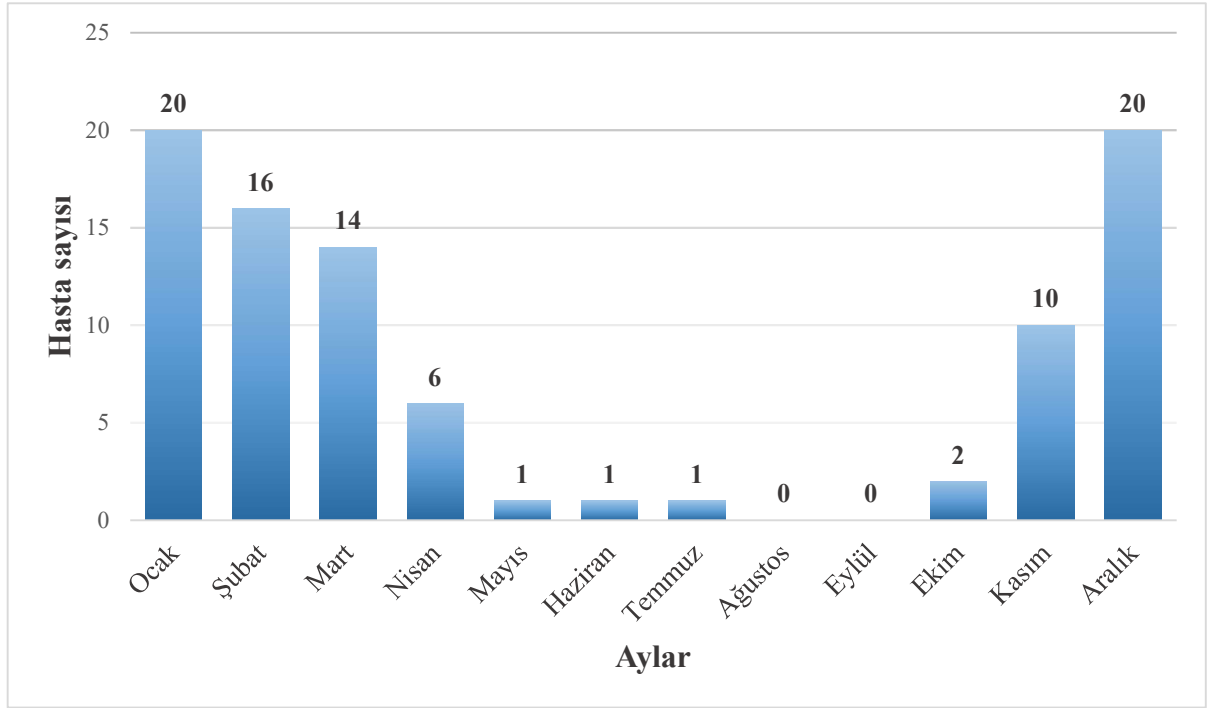
2. Karbonmonoksit Zehirlenmesi

Karbonmonoksit zehirlenmesi tanısı ile HBOT alan 91 hasta saptandı. Bu tanı ile HBOT alan en küçük hastanın 20 günlük olduğu, en büyük hastanın ise 14 yaşında olduğu belirlendi. En sık görülen yaş grubunu 12 aylıktan küçük (11 olgu, %12) bebeklerin oluşturduğu görüldü. Hastaların 52'sinin (%57) erkek, 39'unun (%43) kız olduğu tespit edildi.

Karbonmonoksit zehirlenmesi tanısıyla HBOT uygulanan olguların yıllara ve aylara göre dağılımı Şekil 11'de ve Şekil 12'de verilmektedir.



Şekil 11. CO zehirlenmesi tanısı ile HBOT uygulanan hastaların yıllara göre dağılımı (n=91)



Şekil 12. CO zehirlenmesi tanısı ile HBOT uygulanan hastaların aylara göre dağılımı (n=91)

Çoğu olayın kasım ve mart ayları (80 vaka, %88) arasında meydana geldiği tespit edildi.

Zehirlenmeye sebep olan CO kaynağının, en sık soba olduğu saptandı (Tablo 22). Çalışmada, herhangi bir hastada siyanür zehirlenmesi geliştiği belgelenmedi.

Tablo 22. CO zehirlenmesi tanısı ile HBOT alan hastalarda zehirlenmeye neden olan kaynaklar

CO Kaynağı	n (%)
Soba (odun/kömür/doğalgaz)	56 (62)
Şofben	11 (12)
Kombi	10 (11)
Yangın	10 (11)
Mutfak tüpü	3 (3)
Ocak (doğalgaz)	1 (1)
Toplam	91 (100)

Olguların karbonmonoksit maruziyet süresi incelendiğinde 57 hastanın verisine ulaşıldı; bu hastaların 17'sinin (%30) 1 saat ve daha az süre, 9'unun (%16) 2-3 saat, 17'sinin (%30) 4-6 saat ve 14'ünün (%24) 7-12 saat boyunca karbonmonoksit gazına maruz kaldığı tespit edildi.

Karbonmonoksit zehirlenmesinden ailenin diğer üyelerinin de etkilendiği 57 (%63) olgu olduğu tespit edildi. Ayrıca çalışmaya dahil olan hastaların, 26'sının 2 kardeş ve 12'sinin 3 kardeş olmak üzere, HBOT'ye birlikte alındığı görüldü.

Karbonmonoksit zehirlenmesi sebebiyle HBOT alan hastaları konsülte eden klinikler incelendiğinde 90 hastanın verisine ulaşıldı. On üç (%14,4) hastanın il dışından sevk edildiği, 43 (%47,8) hastanın ise İstanbul ili Avrupa Yakası'ndaki hastanelerden refere edildiği tespit edildi. İstanbul Tıp Fakültesi Acil Dahiliye, Acil Pediatri birimlerinden ve Çocuk Yoğun Bakım ünitesinden konsülte edilen 34 (%37,8) hastanın olduğu saptandı. Karbonmonoksit zehirlenmesi ile Edirne'den sevk edilen bir hastanın, tedavisinin devamı için Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp servisine yatırıldığı belirlendi. Yoğun bakım ünitelerinden konsülte edilen yedi hasta olduğu tespit edildi. Bir hastanın il dışından (Çerkezköy Devlet Hastanesi, Tekirdağ) sevk edildiği, altı hastanın İstanbul Tıp Fakültesi Çocuk Yoğun Bakım ünitesinden konsülte edildiği saptandı. Bu tanı ile yoğun bakım ünitelerinde takip edilmekte olan bütün hastaların entübe olduğu tespit edildi.

Hastaların klinik durumları incelendiğinde, 55 hastanın CO zehirlenmesine bağlı birden fazla belirti ve bulgusu olduğu saptandı. İlk başvuru merkezde bildirilen en sık şikayetlerin bulantı (%25,3) ve kusma (%25,3) olduğu görüldü (Tablo 23).

Tablo 23. CO zehirlenmesi tanısı ile HBOT alan hastaların acil servis başvurusunda belirti ve bulguları

Belirti ve Bulgular			
	n (%)		n (%)
Bulantı	23 (25,3)	Taşikardi	2 (2,2)
Kusma	23 (25,3)	Presenkop	2 (2,2)
Bilinç kaybı	20 (21,9)	Karın ağrısı	2 (2,2)
Baş ağrısı	17 (18,7)	İnkontinans	2 (2,2)
Konfüzyon	17 (18,7)	Aseptomatik	2 (2,2)
Uykuya meyil	16 (17,6)	Anormal EKG (QT uzaması)	1 (1,1)
Baş dönmesi	8 (8,8)	Artmış derin tendon refleksi	1 (1,1)
Epileptik nöbet	7 (7,7)	Babinski bulgusu	1 (1,1)
Halsizlik/güçsüzlük	7 (7,7)	Emmede güçlük	1 (1,1)
Troponin yüksekliği	4 (4,4)	Baş tutamama	1 (1,1)
Kardiyak arrest (Başarılı CPR)	3 (3,3)	Görme kaybı	1 (1,1)
İrritabilite	3 (3,3)	İnhalasyon hasarı	1 (1,1)

55 hastada, birden fazla belirti ve bulgu vardı.

Duman inhalasyonu olan 10 hastanın yangınzede olduğu ve bu hastaların birinde inhalasyon hasarının mevcut olduğu saptandı. Yangından kurtarılan hastalarda yanık gelişmediği tespit edildi. Yangınzede hastalardan üçünün olay yerinde başarılı resüsitasyon öyküsünün olduğu görüldü.

Doksan bir hastanın 7'sinin (%7,7) hala mekanik ventilasyon desteği altındayken HBOT aldığı tespit edildi. Yedi entübe hastanın dördünde karbonmonoksit zehirlenmesinin yangın kaynaklı olduğu, iki hastada kaynağın soba olduğu ve bir olguda ise kaynağın şofben olduğu belirlendi.

İlk başvuru merkezinde ölçülen COHb değeri verileri 91 hastanın 77'sinde mevcuttu. Ortalama serum COHb seviyesi %26,3 (SD=10) olarak hesaplandı, en düşük değerin %4 ve en yüksek değerin %57 olduğu tespit edildi. Hastaların 41'inde (%53) COHb seviyesinin %25'ten yüksek olduğu görüldü (Tablo 24).

Tablo 24. CO zehirlenmesi tanısı ile HBOT alan hastaların acil serviste ölçülen ilk COHb seviyeleri

COHb	n (%)
≤ %25	36 (47)
%25-40	34 (44)
> %40	7 (9)
Toplam	77 (100)

Hastaların, Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp kliniğine başvurdıkları andaki GKS değerleri incelendiğinde, 91 olgudan 66'sının (%72,5) GKS'sinin 15 olduğu tespit edildi (Tablo 25). Entübe hastaların üçünün GKS'sinin 4 ve dördünün GKS'sinin 3 olduğu saptandı.

Hastaların tedaviye başlama süreleri değerlendirildiğinde 91 hastadan 80'inin verilerine ulaşıldı. Olaydan sonraki ilk 6 saatte 53 (%66,25) olgunun ve 6-12 saat arasında 27 (%33,75) olgunun ilk HBOT seanslarını aldığı görüldü. Karbonmonoksit zehirlenmesinden ≥ 10 saat sonra HBOT alan sekiz hastadan ikisinin tedavisinin yanlış tanılar (sırasıyla üst solunum yolu enfeksiyonu ve epilepsi) nedeniyle geciktiği; dördünün ise ciddi komplikasyonlar (yangın kurbanları, mekanik ventilasyon ihtiyacı) nedeniyle geç sevk edildiği saptandı.

Tedavi uygulanan 91 hastanın hepsinin HBOT endikasyonunun acil olarak değerlendirildiği tespit edildi.

Karbonmonoksit zehirlenmesi nedeniyle 91 hastaya toplam 123 seans HBOT uygulandığı belirlendi. Seksen bir (%89) hastaya 1 seans, üç hastaya 2 seans, iki hastaya 3 seans, bir hastaya 4 seans, iki hastaya 5 seans ve iki hastaya 8 seans HBOT uygulandığı saptandı. Dört ve üzeri seans uygulanan tüm hastaların, yoğun bakım ünitesinde takip edilen ve mekanik ventilasyon ihtiyacı olan hastalar olduğu görüldü.

Hiperbarik oksijen tedavisi sırasında iki hastanın kulak eşitlemede zorluk yaşadığı, bir hastanın oksijen başlığına direnç gösterdiği, bir hastanın ise anksiyetesi olduğu tespit edildi.

Hastaların Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp kliniğine başvurdıkları ve klinikten taburcu oldukları andaki GKS değerleri Tablo 25'te gösterilmektedir.

Tablo 25. CO zehirlenmesi tanısı ile HBOT alan hastaların, Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp kliniğine başvurdıkları andaki ve klinikten taburcu oldukları andaki GKS değerleri

Glasgow koma skalası	Başvuru n (%)	Tedavi sonu n (%)
3-entübe	4 (4,4)	5 (5,5)
4-entübe	3 (3,3)	1 (1,1)
4-7	3 (3,3)	-
8-12	2 (2,2)	1 (1,1)
13-14	13 (14,3)	2 (2,2)
15	66 (72,5)	82 (90,1)
Toplam	91 (100)	91 (100)

Karbonmonoksit zehirlenmesi sebebiyle HBOT alan çocukların tedavi sonuçları değerlendirildiğinde; 82 (%90,1) hastanın tam iyileştiği, iki (%2,2) hastada belirgin iyileşme sağlandığı, bir (%1,1) hastada kısmi iyileşme izlendiği, dört (%4,4) hastada iyileşmenin olmadığı ve iki (%2,2) hastada kötüleşme olduğu saptandı.

Kısmi iyileşme sağlanan bir hastada zehirlenme kaynağının soba olduğu ve 6 saat maruziyet süresinin olduğu saptandı. İlk başvuru merkezindeki semptomu bilinç kaybı olarak kaydedilen hastanın HBOT'ye 10 saat sonra başladığı belirlendi. Hastanın konsülte edildiği sırada entübe olduğu, 8 seans HBOT sonrası mekanik ventilasyon ihtiyacının kalmadığı fakat nörolojik sekelleri (GKS:9) sebebiyle Çocuk Nörolojisi kliniğine devralındığı saptandı.

Klinik durumlarında değişiklik görülmeyen dört hastanın da entübe olduğu tespit edildi. Dört hastadan üçünün zehirlenme kaynağının yangın olduğu, bir hastada ise kaynağın şofben

olduğu tespit edildi. Şofben nedeniyle zehirlenen hastanın acil servise bilinç kaybı ile başvurduğu, yangın sebebiyle zehirlenen hastaların birinde bilinç kaybı, ikisinde kardiyak arrest öyküsünün olduğu saptandı. Hastaların maruziyet sürelerine ve Çocuk Yoğun Bakım ünitesinden taburcu olduklarındaki klinik durumlarının bilgisine ulaşılamadı.

Kötüleşme görülen iki hastadan birinin başvuru GKS'sinin 4 olduğu ve spontan solunumunun bulunduğu, zehirlenme kaynağının soba olduğu ve maruziyet süresinin 6 saat olduğu tespit edildi. Acil servise başvuru şikayetinin konvülsiyon olduğu saptandı. Olaydan 4,5 saat sonra HBOT'ye başlayan hastanın 2 seans aldıktan sonra yoğun bakım ünitesindeki takibinde spontan solunumunun kaybolduğu ve entübe edildiği belirlendi. Kötüleşme görülen diğer hastanın başvuru GKS'sinin 4 olduğu, entübe takip edildiği ve zehirlenme kaynağının yangın olduğu tespit edildi. Olay yerinde kardiyak arrest öyküsü olan hastada inhalasyon hasarının da olduğu görüldü. HBOT'ye olaydan 12 saat sonra başlayan ve 5 seans alan hastanın yoğun bakım ünitesindeki takiplerinde genel durumunun bozulduğu belirlendi. Hastaların, Çocuk Yoğun Bakım ünitesinden taburcu olduklarındaki klinik durumlarının bilgisine ulaşılamadı.

Olguların taburcu olduklarındaki klinik durumları ile ilk başvuru merkezinde ölçülen COHb düzeyleri arasında anlamlı bir ilişki saptanmadı ($p=0,766$) (Tablo 26).

Tablo 26. CO zehirlenmesinde ilk ölçülen COHb seviyesi ile tedavi bitimindeki klinik durum arasındaki ilişki (n=77)

Tedavi sonucu	İlk ölçülen COHb seviyesi			^d p
	≤ %25	%25-40	> %40	
Tam iyileşme	33	33	6	0,766
Belirgin iyileşme	0	1	0	
Kısmi iyileşme	1	0	0	
İyileşme yok	1	0	1	
Kötüleşme	1	0	0	

^d Spearman korelasyon testi

Olguların taburcu olduklarındaki klinik durumları ile zehirlenmeden HBOT alana kadar geçen süre arasında anlamlı bir ilişki saptanmadı ($p=0,614$) (Tablo 27).

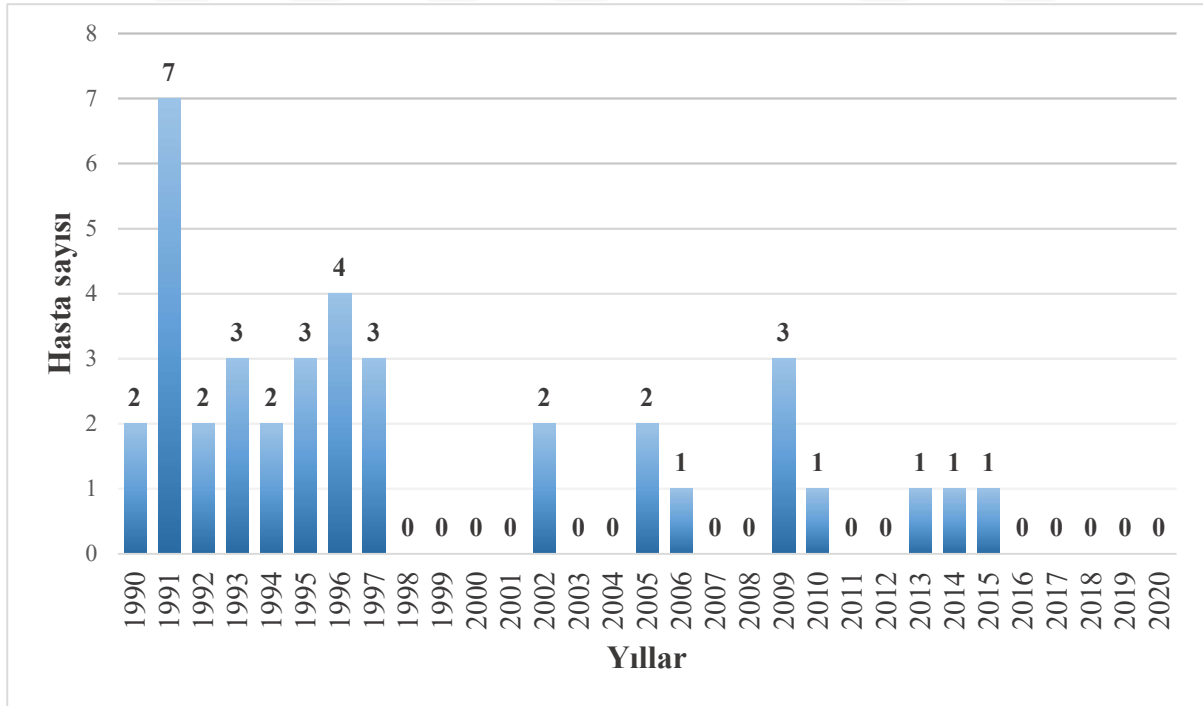
Tablo 27. CO zehirlenmesinde HBOT alana kadar geçen süre ile tedavi bitimindeki klinik durum arasındaki ilişki (n=80)

Tedavi sonucu	Olaydan HBOT alana kadar geçen süre		^d p
	≤ 6 st	6-12 st	
Tam iyileşme	49	24	0,614
Belirgin iyileşme	1	1	
Kısmi iyileşme	0	1	
İyileşme yok	2	0	
Kötüleşme	1	1	

^d Spearman korelasyon testi

3. Osteomiyelit

Osteomiyelit tanısı ile HBOT alan 38 olgu saptandı. Geçmeyen veya tekrarlayan şikayetleri sebebiyle farklı zamanlarda ikinci kez HBOT başlanan dört hastanın olduğu belirlendi. Tedaviye alınan en küçük hasta yaşının 6 olduğu görüldü ve medyan yaş değeri 10 olarak hesaplandı. Hastaların 25'inin (%66) erkek, 13'ünün (%34) kız olduğu tespit edildi. Bu tanı ile HBOT uygulanan olguların yıllara göre dağılımı Şekil 13'te verilmektedir.



Şekil 13. Osteomiyelit tanısı ile HBOT uygulanan hastaların yıllara göre dağılımı (n=38)

Bu tanı ile HBOT alan 38 hastanın 28'sinin (%74) kronik refrakter osteomyelit, 4'ünün (%11) akut osteomyelit, 4'ünün (%11) mandibula osteomyeliti, 1'inin (%3) kafa tabanı kemikleri osteomyeliti ve 1'inin (%3) sternum osteomyeliti nedeniyle başvurduğu saptandı.

Hastaların osteomyelit gelişim nedenleri incelendiğinde 37 hastanın verisine ulaşıldı, en sık sebebin travma (13 olgu, %35) olduğu tespit edildi (Tablo 28).

Osteomyelit tanılı hiçbir hastada immunosupresyon varlığı belgelenmedi.

Hemotojen osteomyeliti olanlarda bakteriyemiye sebep olan enfekte odak bilgisine ulaşılamadı.

Eşlik eden yabancı cisim enfeksiyonunun üç hastada olduğu belirlendi.

Osteomyelit sebebiyle patolojik fraktür gelişmiş üç hasta tespit edildi.

Tablo 28. Osteomyelit tanısı ile HBOT uygulanan hastalarda osteomyelit gelişim nedenleri

Osteomyelit gelişimine yol açan nedenler	n
Travma	13
Septik artrit	2
Hematojen yayılım	4
Nöropati	
- Meningosel sekeli	1
- Meningomyelosel sekeli	3
- Herediter duyuşal nöropati	3
- Mononöropati	1
Cerrahi işlem	
- Femur hipoplazisi sebebiyle uzatma operasyonu	1
- Diş çekimi	1
- Dens subluksasyonu sebebiyle oksipitoservikal enstrümantasyon	1
- Pulmoner stenoz sebebiyle pulmoner kapak değişimi	1
Kemik mimariyi etkileyen genetik hastalık	
- Papillon-Lefèvre sendromu	1
- Osteogenezis imperfekta	1
Toplam	33

4 hasta aynı şikayetlerle iki kez tedavi aldı.

Osteomyelit odaklarının çoğunun (n=27) alt ekstremiteye lokalize olduğu saptandı (Tablo 29).

Tablo 29. Osteomiyelit tanısı ile HBOT alan hastalarda etkilenen bölgeler

Etkilenen bölge									Toplam
	Çene	Ense	Sternum	Kol	Uyluk	Diz/Krus	Ayak/Ayak bileği	Ayak parmak	
n	3	1	1	1	5	11	8	3	33

4 hasta aynı şikayetlerle iki kez tedavi aldı.

Hastaların şikayet süreleri incelendiğinde 36 hastanın verisine ulaşıldı ve medyan şikayet süresi 5 ay olarak bulundu. Şikayet sürelerinin 10 gün ila 9 yıl arasında değişmekte olduğu görüldü.

Hastaların 34'ünün yatarak takip edilirken HBOT aldığı saptandı. Dış merkez Pediatri servisinde tedavi görmekte iken HBOT'ye devam eden bir hasta hariç hepsinin İstanbul Tıp Fakültesi servislerinde takipli olduğu belirlendi. Yirmi sekiz hastanın Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp servisinde takip edildiği, iki hastanın Ortopedi servislerinde, bir hastanın Pediatri servisinde, bir hastanın Enfeksiyon Hastalıkları servisinde, bir hastanın Kalp ve Damar Cerrahisi servisinde yatarak tedavi gördüğü tespit edildi. Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp servisinde yatarak takip edilen 28 hastanın medyan yatış süresi 100 gün olarak hesaplandı. Yatarak tedavi görülen en kısa sürenin 24 gün ve en uzun sürenin 221 gün olduğu görüldü.

Otuz sekiz hastadan 27'sinin doku kültürü sonuçlarına ulaşıldı. En sık üreyen etken olarak *Staphylococcus aureus* (16 olgu) tespit edildi. Otuz sekiz hastanın 19'unda (%50) çoğul antibiyotik kullanımının olduğu belirlendi.

Hiperbarik oksijen tedavisi seansları devam ederken 13 (%34) hastaya cerrahi işlem uygulandığı tespit edildi (Tablo 30). Hiçbir hastaya amputasyon uygulanmadığı saptandı.

Tablo 30. Osteomiyelit tanılı hastalara HBOT seansları devam ederken uygulanan cerrahi işlemler (n=cerrahi işlem=20)

Cerrahi işlem			
	n		n
Debridman	7	Enstrümantasyon çıkarılması	2
Sekestrektomi	3	Fenestrasyon	1
Graft-flep	3	Yara yeri revizyonu	1

3 hastaya birden fazla girişim uygulandı.

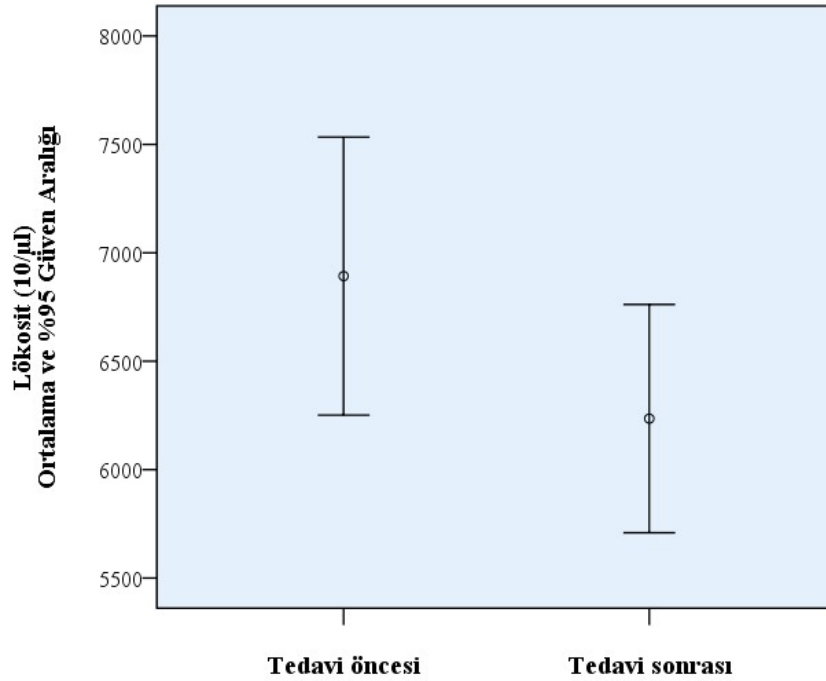
Osteomyelit tanısıyla HBOT alan hastalarda uygulanan seans sayısının medyan değeri 58,5 olarak hesaplandı. En az 16, en çok 146 seans HBOT uygulandığı tespit edildi.

Hiperbarik oksijen tedavisi sırasında 14 hastanın kulak eşitlemede zorluk yaşadığı, kulak eşitlemede zorluk yaşayan hastaların beşinde orta kulak barotravması ve birinde sinüs barotravması geliştiği saptandı.

Zeka geriliği nedeniyle tam kooperasyon kurulamayan, 18 seans HBOT alan ve son seanslarda devam eden ajitasyon hali olan bir hastanın tedavisinin sonlandırıldığı tespit edildi. Tek kişilik basınç odasında 54 seans HBOT aldıktan sonra tedavisi sonlandırılan bir diğer hastanın tedavisinin sonlandırılma nedeni ise kendine zarar verme davranışı geliştirdiğinin tespit edilmesi olarak belirlendi.

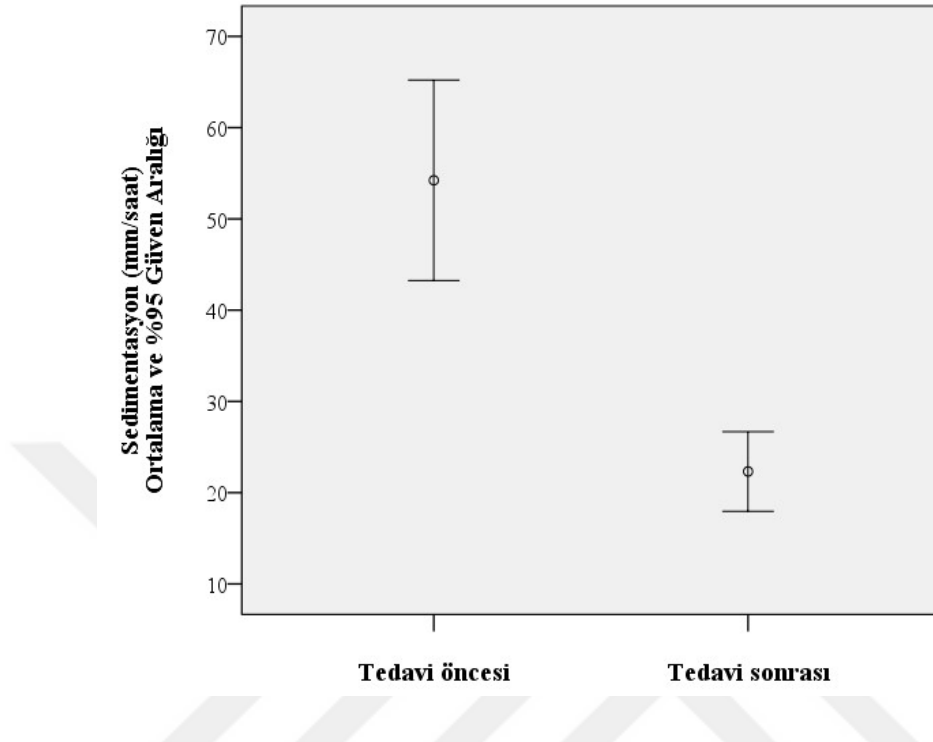
Osteomyelit tanısıyla uygun antibiyoterapi, yara bakımı ve HBOT ile yatarak takip edilen hastaların tedavi başlangıcında ve sonunda ölçülen laboratuvar değerleri incelendiğinde 34 hastadan 22'sinin lökosit düzeylerine, 31'inin ise sedimentasyon değerlerine ulaşıldı.

Tedavi başlangıcında ve sonunda ölçülen lökosit düzeyleri arasındaki değişim istatistiksel olarak anlamlı bulundu (Eşleştirilmiş t testi, $p=0,031$) (Şekil 14).



Şekil 14. Osteomyelit tanısı ile yatarak tedavi gören hastaların tedavi öncesi ve sonrası lökosit düzeyleri (n=22)

Tedavi başlangıcında ve sonunda ölçülen sedimentasyon değerleri arasındaki değişim istatistiksel olarak anlamlı bulundu (Eşleştirilmiş t testi, $p=0,000$) (Şekil 15).



Şekil 15. Osteomiyelit tanısı ile yatarak tedavi gören hastaların tedavi öncesi ve sonrası sedimentasyon değerleri (n=31)

Osteomiyelit sebebiyle HBOT alan çocukların tedavi sonuçları değerlendirildiğinde; 10 (%26) hastanın tam iyileştiği, 16 (%42) hastada belirgin iyileşme sağlandığı, sekiz (%21) hastada kısmi iyileşme izlendiği, üç (%8) hastada iyileşmenin olmadığı ve bir (%3) hastada kötüleşme olduğu saptandı.

İyileşme izlenmeyen üç hastadan birinin seans sırasındaki ajitasyon davranışı nedeniyle tedavisinin sonlandırıldığı, diğer hastaların ise planlanan tedavilerine devam etmediği saptandı.

Kötüleşme izlenen çocuğun osteogenezis imperfekta hastası olduğu, 4 yıldır çene hattı boyunca çok sayıda açık yarasının bulunduğu, mandibula osteomiyeliti tanısı ile 36 seans HBOT aldığı; fakat yaralarının genişlediği tespit edildi.

Aynı şikayetlerle ikinci kez HBOT alan dört hasta incelendi:

Bir hastanın 6 ay önce, travma sonrası gelişen, sol krusta fistülizasyon gösteren ve tibiada patolojik fraktüre sebep olan, kronik refrakter osteomyelit nedeniyle antibiyotik tedavisi altında 117 seans HBOT aldığı, kısmi iyileşme göstererek taburcu olduğu saptandı. Fakat, Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp poliklinik takiplerinde tekrar yatışına karar verildiği ve antibiyotik tedavisi ile birlikte 61 seans HBOT sonrası akıntısının geçmesi üzerine belirgin iyileşme göstererek taburcu olduğu tespit edildi.

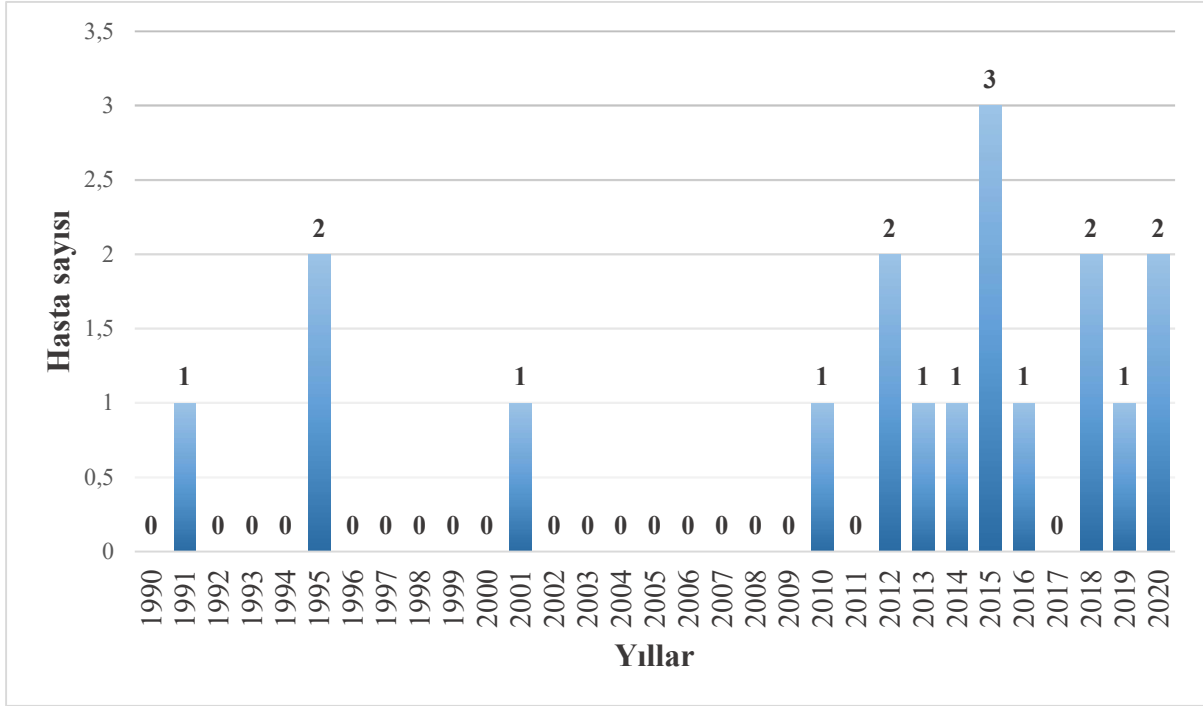
Bir hastanın travma sonrası gelişen, sol krusta fistülizasyon gösteren akut osteomyelit tanısı ile 16 seans HBOT aldığı fakat tedaviye devam etmediği saptandı. Hastanın, 5 ay sonra şikayetlerinin geçmemesi sebebiyle tekrar başvurduğu, kronik refrakter osteomyelit tanısı ile 77 seans HBOT aldığı ve belirgin iyileşme göstererek taburcu olduğu tespit edildi.

Bir hastanın Papillon-Lefèvre sendromu tanısı olduğu, mandibula osteomyeliti sebebiyle 49 seans HBOT sonrası ağız içindeki fistülden gelen akıntının azaldığı ve kısmi iyileşme göstererek taburcu olduğu tespit edildi. İki yıl sonra aynı şikayetlerle başvurduğu, 54 seans HBOT alırken akıntının yine azaldığı; fakat kendine zarar verme davranışı geliştirmesi nedeniyle hastanın HBOT'sinin sonlandırıldığı saptandı.

Hereditör duyuşal nöropatisi olan bir hastanın ise, sol ayak birinci parmak plantar yüzde gelişen ve bir yıl sonra nüks eden yarası sebebiyle Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp servisinde iki kez yatarak tedavi aldığı tespit edildi. Antibiyoterapi, HBOT ve yükten kurtarma ile takip edilen hastanın yarasının tamamen kapandığı belirlendi.

4. Akut Periferik İskemi

Akut periferik iskemi tanısı ile HBOT alan 18 olgu saptandı. Yeni gelişen lezyonları sebebiyle ikinci kez başvuran bir hastanın olduğu belirlendi. Tedaviye alınan en küçük hastanın 2 günlük olduğu görüldü. Hastaların medyan yaş değeri 1,5 olarak hesaplandı. Hastaların sekizinin (%44,5) erkek, 10'unun (%55,5) kız olduğu tespit edildi. Olguların yıllara göre dağılımı Şekil 16'da verilmektedir.



Şekil 16. Akut periferik iskemi tanısı ile HBOT uygulanan hastaların yıllara göre dağılımı (n=18)

Hastaların 12'sinin, İstanbul'daki muhtelif merkezlerden (Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, 6 olgu) sevk edildiği, altısının İstanbul Tıp Fakültesi birimlerinden danışıldığı saptandı. Dört hastanın İstanbul Tıp Fakültesi Pediatri yoğun bakım üniteleri ve servislerinden, bir hastanın Kalp ve Damar Cerrahisi kliniğinden, bir hastanın Ortopedi ve Travmatoloji kliniğinden konsülte edildiği tespit edildi. İki hastanın takip ve tedavisinin Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp servisine yatırılarak yapıldığı belirlendi. Beş hastanın yoğun bakım ünitesinde takip edilirken HBOT aldığı, bu hastaların üçünün dış merkezden, ikisinin de İstanbul Tıp Fakültesi'nden refere edildiği saptandı.

Bu tanı ile HBOT alan 18 hastanın 5'inin (%27,7) arteriyel oklüzyon, 2'sinin (%11,1) vasküler kompresyon, 7'sinin (%38,8) purpura fulminans ve 4'ünün (%22,2) vaskülit nedeniyle başvurduğu görüldü.

Arteriyel oklüzyon tanısı ile tedavi alan hastaların özellikleri, eşlik eden hastalık, iskemi etyolojisi, etkilenen bölge, iskemiden HBOT'ye kadar geçen süre, HBOT seans sayısı ve tedavi sonuçları Tablo 31'de özetlenmektedir.

Tablo 31. Arteriyel oklüzyona bağlı gelişen periferik iskemi sebebiyle HBOT alan hastaların klinik özellikleri

Hasta	Yaş (yıl)	Cinsiyet	Eşlik eden hastalık ve olası etyoloji	Etkilenen bölge	İlk HBO (gün)	HBO seans	Sonuç
1	2	K	Şigelloza bağlı septik emboli	Sol ayak 1. ve 4. parmaklar siyanotik	3	16	Belirgin iyileşme
2	1	E	Retinablastom, anjiyografi sonrası iskemi	Sol ayak 4. ve 5. parmaklarda nekrotik lezyonlar	-	12	Belirgin iyileşme
3	10 gün	E	İntrauterin hipoksi, sepsis	Glans peniste ve sol gluteal bölgede nekroz	6	2	Kısmi iyileşme
4	2 gün	K	Aksiller arterde intrauterin tromboz gelişmesi	Sol önkolda yaygın iskemi	2	47	Belirgin iyileşme*
5	3 ay	E	Prematürite, hidrocefali, sepsis	Sol el parmak distallerinde iskemi	-	8	Belirgin iyileşme

* Omuz dezartikülasyonu planlanan hastanın ekstremitesi kurtarıldı.

Vasküler kompresyona bağlı gelişen iskemi sebebiyle tedavi alan hastaların özellikleri, iskemi etyolojisi, gelişen komplikasyon, iskemiden HBOT'ye kadar geçen süre, HBOT seans sayısı ve tedavi sonuçları Tablo 32'de özetlenmektedir.

Tablo 32. Vasküler kompresyona bağlı gelişen periferik iskemi sebebiyle HBOT alan hastaların klinik özellikleri

Hasta	Yaş (yıl)	Cinsiyet	İskemi nedeni	Komplikasyon	İlk HBO (saat)	HBO seans	Sonuç
1	2 ay	E	Saç turnike sendromu	Sol ayak 4. parmak siyanotik ve ödemli	13	3	Belirgin iyileşme
2	13	E	Unutulmuş parmak turnikesi	Sağ ayak 1. parmak siyanotik ve ödemli	-	4	Belirgin iyileşme

Purpura fulminansa bağlı gelişen iskemi sebebiyle tedavi alan hastaların özellikleri, purpura fulminansa eğilim yaratan durumlar, gelişen komplikasyon, iskemiden HBOT'ye kadar geçen süre, HBOT seans sayısı ve tedavi sonuçları Tablo 33'te özetlenmektedir.

Tablo 33. Purpura fulminansa bağı gelişen periferik iskemi sebebiyle HBOT alan hastaların klinik özellikleri

Hasta	Yaş (yıl)	Cinsiyet	Predispozan faktör/hastalık	Komplikasyon	İlk HBO (gün)	HBO seans	Sonuç
1	6	K	Meningokoksemi	Bilateral ayak distalleri iskemik, her iki diz etrafında nekrotik lezyonlar	23	34	Tam iyileşme
2	2	K	Gastroenterit	Bilateral uyluk yan yüzde ve sol kalçada ekimotik lezyonlar	2	22	Tam iyileşme
3	3	E	Ateş, benzatin penisilin enjeksiyonu	Sağ kalça enjeksiyon sahasında ekimoz ve sağ alt ekstremitede multipl ekimotik lezyon	3	15	Belirgin iyileşme
4	7 ay	K	Meningokoksemi	Ekstremitte distallerinde ve akral bölgelerde yaygın ekimotik döküntü	3	7	Tam iyileşme
5	5 ay	K	Meningokoksemi*	Yaygın purpurik döküntü, sağ bacadaki morarma	-	3	Kısmi iyileşme
6	5,5	E	Varisella	Alt ekstremitede yaygın nekroze döküntüler	2	2	Kısmi iyileşme†
7	10 gün	K	Sepsis, annede MTHFR ve Faktör V Leiden mutasyonu	Sağ el parmak distallerinde nekroz, iskemi	-	4	Tam iyileşme

* Mekanik ventilasyon desteğindeyken HBOT'ye alındı.

† Tedavisine başka bir merkezde devam etmek üzere ayrıldı.

MTHFR: Metilentetrahidrofolat redüktaz

Vaskülitlere bağı gelişen iskemi sebebiyle tedavi alan hastaların özellikleri, iskemi etyolojisi, gelişen komplikasyon, iskemiden HBOT'ye kadar geçen süre, HBOT seans sayısı ve tedavi sonuçları Tablo 34'te özetlenmektedir.

Tablo 34. Vaskulite bağı gelişen periferik iskemi sebebiyle HBOT alan hastaların klinik özellikleri

Hasta	Yaş (yıl)	Cinsiyet	İskemi nedeni	Komplikasyon	İlk HBO (gün)	HBO seans	Sonuç
1	10	K	Nekrotizan vaskülit	Bilateral el ve ayak parmak uçlarında; dil ucunda morarma, ödem	18	15	Belirgin iyileşme
2	12	E	Ig A vaskülit (HSP)	Bilateral el ve ayakta nekrotik döküntüler	-	31	Tam iyileşme
3*	1	K	SLE'ye bağı vaskülit	Sol ayakta siyanoz	7	12	Belirgin iyileşme
4*	3	K	SLE'ye bağı vaskülit	Sağ el 2. parmakta siyanoz	5	7	Belirgin iyileşme

* Aynı hasta yeni lezyonlar ile tekrar başvurdu.

HSP: Henoch-Schönlein purpurası, SLE: Sistemik lupus eritematozus

Akut periferik iskemi tanısı ile tedavi alan hastalarda uygulanan seans sayısı medyan değeri 10 olarak hesaplandı. En az 2, en çok 47 seans HBOT uygulandığı tespit edildi. Tedavi uygulanan 18 hastanın 2'si hariç hepsinin acil vaka olarak değerlendirildiği saptandı.

Hiperbarik oksijen tedavisi sırasında bir hastanın kulak eşitlemede zorluk yaşadığı fakat hastada kulak barotravması gelişmediği ve hastaya profilaktik miringotomi uygulandığı tespit edildi. Tedavi sırasında yaşanan zorluklar sebebiyle tedavisine devam etmeyen ya da tedavisi sonlandırılan hasta olmadığı belirlendi.

Hiperbarik oksijen tedavisi seansları devam ederken iki hastaya fasyotomi, bir hastaya ise debridman uygulandığı saptandı.

Hastaların tedavi sonuçları değerlendirildiğinde; 18 hastanın 5'inde tam iyileşme, 10'unda belirgin iyileşme, 3'ünde kısmi iyileşme izlendiği görüldü.

Aksiller arterdeki tromboz sebebiyle sol önkolunda intrauterin iskemi gelişmiş olan ve omuz dezartikülasyonu planlanan, 2 günlük iken HBOT'a başladıktan sonra kolundaki iskemide dramatik gerileme izlenen hastaya, tedavinin 9. gününde kompartman sendromu şüphesi ile fasyotomi uygulandığı tespit edildi. Uygun yara bakımı ile birlikte 47 seans HBOT sonrası, hastanın ekstremitesinin kurtarıldığı belirlendi.

5. Ani İşitme Kaybı

Ani işitme kaybı tanısı ile HBOT alan 14 hasta saptandı. Tedaviye alınan en küçük hastanın 6,5 yaşında olduğu, en büyük hastanın ise 13 yaşında olduğu belirlendi. Hastaların yarısının erkek, yarısının kız olduğu tespit edildi. Hastaların yıllara göre dağılımı incelendiğinde; 1996 yılında bir, 1998 yılında bir, 2010 yılında bir, 2011 yılında bir, 2014 yılında iki, 2016 yılında dört, 2018 yılında bir, 2019 yılında iki ve 2020 yılında bir hastanın tedaviye alındığı görüldü.

Hastaları, Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp kliniğine yönlendiren birimler incelendiğinde 11 hastanın verilerine ulaşıldı. Üç hastanın İstanbul Tıp Fakültesi Kulak Burun Boğaz Hastalıkları biriminden konsülte edildiği, sekiz hastanın dış merkez Kulak Burun Boğaz Hastalıkları kliniklerinden refere edildiği tespit edildi. Bir hastanın takip ve tedavisinin Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp servisine yatırılarak yapıldığı saptandı.

Hastaların 11'inde tek taraflı işitme kaybı mevcut olduğu, üçünde bilateral işitme kaybı geliştiği tespit edildi.

Üç hastada üst solunum yolları enfeksiyonunu müteakip işitme kaybı geliştiği saptandı. Hiçbir hastada akustik travma öyküsü yoktu.

Ek semptomlar incelendiğinde üç hastada tinnitus ve iki hastada vertigo şikayetleri olduğu saptandı.

Bir hastanın ani işitme kaybı gelişmeyen kulağında konjenital işitme kaybı olduğu görüldü.

Bu tanı ile altı hastanın sistemik kortikosteroid tedavisi aldığı, iki hastanın ise lokal kortikosteroid tedavisi gördüğü tespit edildi.

Etkilenen frekans aralığının; dört olguda 125-8000 Hz, dokuz olguda 250-8000 Hz ve bir olguda 1000-8000 Hz olduğu saptandı. Tüm hastalarda Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp kliniğine başvuru anında 50 dB ve üzerinde işitme kaybı olduğu belirlendi (Tablo 35).

Tablo 35. AİK tanısı ile HBOT alan hastaların özellikleri, başvurdıkları ve taburcu oldukları andaki hava yolu saf ses ortalaması değerleri, HBOT seans sayıları ve tedavi sonuçları

Hasta	Yaş (yıl)	Etkilenen Kulak	HBOT öncesi	HBO seans	HBOT sonrası	Sonuç
			Saf ses ortalaması (dB)		Saf ses ortalaması (dB)	
1	12	Sağ	91	19	10	Tam iyileşme
1		Sol	90		10	Tam iyileşme
2	9	Sağ	90	18	35	Belirgin iyileşme
3	6,5	Sağ	68	24	30	Belirgin iyileşme
3		Sol	67		30	Belirgin iyileşme
4	13	Sağ	68	10	45	Belirgin iyileşme*
4	13	Sol	120	10	120	İyileşme yok*
5	9	Sol	98	19	88	İyileşme yok
6	13	Sol	92	9	37	Belirgin iyileşme†
7	9,5	Sağ	55	10	8	Tam iyileşme
8	10	Sol	50	20	50	İyileşme yok
9	9	Sol	120	20	120	İyileşme yok
10	8	Sol	95	20	115	İyileşme yok
11	12,5	Sol	120	19	120	İyileşme yok
12	13	Sağ	80	20	65	Kısmi iyileşme
13	8	Sol	62	20	50	İyileşme yok
14	12	Sol	115	40	55	Kısmi iyileşme

* Tedaviye devam etmedi.

† Tedaviye uyum sağlayamadığı için tedaviden ayrıldı.

Ani işitme kaybı tanısı konulduktan sonra HBOT alana kadar geçen sürenin medyan değeri 5,5 gün (1 gün, 25 gün) olarak hesaplandı. Tanı konulduktan sonraki 7 gün içinde HBOT'ye başlayabilen 9 hastanın olduğu tespit edildi.

Ani işitme kaybı tanısı ile tedavi alan hastalarda uygulanan seans sayısı medyan değeri 19,5 olarak bulundu. En az 9, en çok 40 seans HBOT uygulandığı saptandı. Tüm hastaların elektif vaka olarak değerlendirildiği belirlendi.

Hiperbarik oksijen tedavisi sırasında beş hastanın kulak eşitlemede zorluk yaşadığı saptandı, üç hastada barotravma geliştiği tespit edildi, bunların ikisine miringotomi uygulandığı belirlendi. Ayrıca kulak eşitlemede zorluk yaşayan fakat barotravma tespit edilmeyen bir hastaya profilaktik miringotomi uygulandığı saptandı. Kulak eşitlemede güçlük yaşayan bir hastanın ise tedaviyi tolere edemediği için tedaviden ayrıldığı görüldü.

Hastaların tedavi sonuçları değerlendirildiğinde; 17 kulağın 3'ünde tam iyileşme, 5'inde belirgin iyileşme ve 2'sinde kısmi iyileşme izlendiği, yedi kulağın tedaviye yanıt vermediği belirlendi (Tablo 35).

Ani işitme kaybı tanısı konulduktan sonra HBOT'ye başlayıncaya kadar geçen süre ile tedaviye yanıt arasında güçlü korelasyon tespit edildi (Tablo 36). İlk 7 gün içinde HBOT'ye başlayan grupta tedavi yanıtı anlamlı derecede daha iyi olduğu saptandı ($r=-0,569$; $p=0,017$).

Tablo 36. Ani işitme kaybında tanı konulduktan sonra HBOT alana kadar geçen süre ile tedaviye yanıt arasındaki ilişki (n=kulak sayısı=17)

Tedavi sonucu	Tanı konulduktan sonra HBOT alana kadar geçen süre		^d p (r)
	0-7 gün	> 7 gün	
Tam iyileşme	3	-	0,017 (-0,569)
Belirgin iyileşme	5	-	
Kısmi iyileşme	1	1	
İyileşme yok	3	4	

^d Spearman korelasyon testi

6. Problemli Yara

Yara iyileşmesindeki sorunlar nedeniyle HBOT alan dokuz olgu saptandı. Tedaviye alınan hastaların medyan yaş değeri 3,5 olarak hesaplandı. En küçük hastanın 7 aylık, en büyük hastanın ise 10 yaşında olduğu görüldü.

Hastaların altısının (%44,5) erkek, üçünün (%55,5) kız olduğu tespit edildi. Hastaların yıllara göre dağılımı incelendiğinde; 1992 yılında bir, 2007 yılında bir, 2010 yılında bir, 2013 yılında iki, 2018 yılında üç, 2020 yılında bir hastanın tedaviye alındığı görüldü.

Hastaları, Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp kliniğine yönlendiren birimler incelendiğinde yedi hastanın verisine ulaşıldı. Bir hastanın dış merkez Beyin Cerrahisi kliniğinden yönlendirildiği, altı hastanın İstanbul Tıp Fakültesi birimlerinden danışıldığı tespit edildi. Dört hastanın İstanbul Tıp Fakültesi Pediatri yoğun bakım üniteleri ve servislerinden; bir hastanın Kalp ve Damar Cerrahisi servisinde ve bir hastanın Çocuk Cerrahisi kliniğinden konsülte edildiği görüldü. İki hastanın takip ve tedavisinin Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp servisine yatırılarak yapıldığı belirlendi. İki hastanın, İstanbul Tıp Fakültesi Çocuk Yoğun Bakım ünitesinde takip edilirken HBOT aldığı saptandı.

Yara iyileşmesini desteklemek için HBOT alan dokuz hastadan beşinin postoperatif yara yeri enfeksiyonuna bağlı yara iyileşmesinde gecikme, birinin distrofik epidermolizis büllozaya bağlı iyileşmeyen yara, birinin lenfomatoid papüloza bağlı iyileşmeyen yara sebebiyle ve ikisinin altta yatan ailevi Akdeniz ateşi hastalığından muzdarip olup iyileşmeyen yara nedeniyle başvurduğu tespit edildi.

Cerrahi yarada kapanmada gecikme sebebiyle tedavi alan hastaların özellikleri, operasyon sebebi, etkilenen bölge, şikayet süresi, HBOT seans sayısı ve tedavi sonuçları Tablo 37’de özetlenmektedir.

Tablo 37. Cerrahi yarada iyileşmede gecikme sebebiyle HBOT alan hastaların klinik özellikleri

Hasta	Yaş (yıl)	Cinsiyet	Şikayet	Şikayet süresi (gün)	HBO seans	Sonuç
1	9 ay	E	Perianal fistül operasyonu sonrası yarada kapanmama	25	18	Belirgin iyileşme
2	3,5	E	Sırttaki konjenital dev nevüs eksizyonu sonrası yarada kapanmama	30	9	Belirgin iyileşme
3	4,5	E	Kifoz düzeltici ameliyatlardan sonra sırtta kapanmayan yaralar	17	10	Belirgin iyileşme
4	1,5	K	VSD operasyonu sonrası sternum hattında süturdan akıntı gelmesi*	30	7	Tam iyileşme
5	8 ay	E	VSD operasyonu sonrası sternum hattında yarada kapanmama, akıntı*	13	5	Tam iyileşme

* Görüntülemelerinde osteomyelitte dair bulgu saptanmadı.

VSD: Ventriküler septal defekt

İyileşmeyen yara sebebiyle tedavi alan hastaların özellikleri, yara iyileşmesinde gecikmeye yol açabilecek durumlar, hastanın şikayeti ve şikayet süresi; HBOT seans sayısı ve tedavi sonuçları Tablo 38’de özetlenmektedir.

Tablo 38. İyileşmeyen yara sebebiyle HBOT alan hastaların klinik özellikleri

Hasta	Yaş (yıl)	Cinsiyet	Predispozan hastalık	Şikayet	Şikayet süresi (gün)	HBO seans	Sonuç
1	7 ay	E	Distrofik epidermolizis bülloza	Tüm vücutta yaygın bül ve yara	-	15	Kısmi iyileşme
2	10	K	Lenfomatoid papüloz	Sol el 2. parmakta yara	30	12	İyileşme yok
3	10	E	Ailevi Akdeniz ateşi	Sol ayak bileğinde yara	30	13	Tam iyileşme
4	5	K	Ailevi Akdeniz ateşi	Perianal bölgede yara	30	2	İyileşme yok*

* Tedaviye devam etmedi.

Yara iyileşmesindeki sorunlar nedeniyle tedavi alan hastalarda uygulanan seans sayısı medyan değeri 10 olarak hesaplandı. En az 2, en çok 18 seans HBOT uygulandığı belirlendi. Tedavi uygulanan tüm hastaların elektif vaka olarak değerlendirildiği saptandı.

Hiperbarik oksijen tedavisi sırasında karşılaşılan güçlükler ve yan etkiler incelendiğinde; ventriküler septal defekt operasyonundan sonra sütur hattından akıntı gelmesi sebebiyle HBOT’ye başlanan 1,5 yaşındaki kız hastada, ilk seansında, birinci hava molasından 15 dk sonra 1-2 saniye süren çevresel uyaranlara tepki vermediği konvülsiyon görüldüğü belirlendi. Oksijenden ayrılan ve seansı sonlandırılan hastanın 2 hafta önce kafa travması öyküsü olduğu tespit edildi. Kontrollerinde anomali saptanmayan hastanın planlı tedavisine devam ettiği ve tekrar sorun yaşamadığı saptandı.

Hiperbarik oksijen tedavisi seansları devam ederken bir hastaya debridman ve flep uygulandığı belirlendi.

Hastaların tedavi sonuçları değerlendirildiğinde; dokuz hastanın üçünde tam iyileşme, üçünde belirgin iyileşme, birinde kısmi iyileşme izlendiği, iki hastada ise iyileşme izlenmediği tespit edildi. İyileşme izlenmeyen hastalardan birinin, ailevi Akdeniz ateşi tanılı 1 aydır perianal bölgesinde yarası olan ve 2 seans HBOT sonrası tedaviye devam etmeyen 5 yaşında bir kız çocuğu olduğu belirlendi. İyileşme izlenmeyen diğer bir hastanın ise lenfomatoid papüloz nedeniyle sol el 2. parmakta yarası olan 10 yaşında bir kız çocuğu olduğu saptandı, tedavisi devam ederken hastaya uygulanan flebin başarısız olduğu tespit edildi.

7. Avasküler Nekroz

Avasküler nekroz tanısı ile HBOT alan yedi hasta saptandı. Tedaviye alınan en küçük hastanın 3,5 yaşında olduğu belirlendi ve medyan yaş 6 olarak hesaplandı. Hastaların altısının erkek, birinin kız olduğu tespit edildi.

Hastaların yıllara göre dağılımı incelendiğinde; 2010 yılında bir, 2013 yılında bir, 2017 yılında iki, 2018 yılında üç hastanın tedaviye alındığı görüldü.

Hastaları, Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp kliniğine yönlendiren birimler incelendiğinde; tüm hastaların dış merkez Ortopedi (6 hasta) ve Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon (1 hasta) kliniklerinden yönlendirildiği saptandı. Bir hastanın takip ve tedavisinin Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp servisine yatırılarak yapıldığı tespit edildi.

Hastaların özellikleri, öykü ve yakınmaları, MR görüntülemeleri ve HBOT seans sayısı ve tedavi sonuçları Tablo 39’da özetlenmektedir.

Tablo 39. Avasküler nekroz tanısı ile HBOT alan hastaların klinik özellikleri

Hasta	Yaş (yıl)	Cinsiyet	Öykü ve yakınma	Görüntüleme	HBO seans	Sonuç
1	4,5	E	4 ay önce düşme sonrası sol kalçasında ağrı, topallama	Sol femur başında medüller kemikte ödem, femur başı sferik formu korunmuş.	81	Belirgin iyileşme
2	10	K	2 aydır sağ kalçada ağrı	Sağ femur başında medüller kemikte ödem, femur başı sferik formu korunmuş.	23	Belirgin iyileşme
3	14	E	5,5 aydır sağ kalçada ağrı	Sağ femur başı üst kontüründe hafif çökme, çevre medüller kemikte ödem.	30	Belirgin iyileşme
4	3,5	E	7 aydır sağ kalçada ağrı	Sağ femur başı ossifikasyon merkezinde nekroz, çevre medüller kemikte ödem	1	İyileşme yok*
5	6	E	8 aydır sol bacakta aksama	Sol femur başında medüller kemikte ödem	2	İyileşme yok†
6	12	E	Sol bacakta kısalık, 2 ay önce sol ayak bileğinde nontravmatik kırık sonrası geçmeyen ağrı	Sol talusta medüller kemikte ödem	47	Belirgin iyileşme
7	5,5	E	2,5 yıl önce düşme sebebiyle sol ayak bileğinde gelişen kırık sonrası geçmeyen ağrı	Sol subtalar eklem çevresinde medüller kemikte ödem	60	Belirgin iyileşme

* Tedaviye uyum sağlayamadığı için tedaviden ayrıldı.

† Tedavisine başka bir merkezde devam etmek üzere ayrıldı.

Hiperbarik oksijen tedavisi seansları devam ederken hastalara ortopedik girişim uygulanmadığı tespit edildi.

Avasküler nekroz tanısı ile tedavi alan hastalarda uygulanan seans sayısının medyan değeri 30 olarak bulundu. En az 1, en çok 81 seans HBOT uygulandığı saptandı. Tüm hastaların elektif vaka olarak değerlendirildiği görüldü.

Hiperbarik oksijen tedavisi sırasında iki hastanın kulak eşitlemede zorluk yaşadığı, kulak eşitlemede zorluk yaşayan hastalardan birinde orta kulak barotravması geliştiği saptandı, hastanın nazal dekonjestan tedavisi ile HBOT'ye sorunsuz devam ettiği belirlendi. Kulak eşitlemede güçlük yaşayan diğer hastanın, tolere edemediği için tedaviden ayrıldığı tespit edildi. Bir hastanın ilk seanslarda anksiyetesinin olduğu fakat planlanan tedavisine devam ettiği belirlendi.

Hastaların tedavi sonuçları değerlendirildiğinde; tedaviye devam etmeyen iki hasta dışında tüm hastalarda belirgin iyileşme sağlandığı saptandı.

8. Hemorajik Sistit

Hemorajik sistit tanısı ile HBOT alan yedi hasta saptandı. Tedaviye alınan en küçük hastanın 6 yaşında olduğu tespit edildi, medyan yaş değeri 12 olarak bulundu. Hastaların beşinin erkek, ikisinin kız olduğu saptandı. Hastaların yıllara göre dağılımı incelendiğinde; 2007 yılında bir, 2008 yılında bir, 2010 yılında bir, 2011 yılında bir, 2013 yılında iki ve 2020 yılında bir hastanın tedaviye alındığı görüldü.

Hastaları, Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp kliniğine yönlendiren birimler incelendiğinde; dış merkez Pediatrik Hematoloji-Onkoloji birimlerinden yönlendirilen iki hasta haricinde tüm hastaların, İstanbul Tıp Fakültesi Pediatrik Hematoloji-Onkoloji servisinde konsülte edildiği saptandı.

Tüm hastalarda makroskopik hematürinin ve mesane irritasyon bulgularının olduğu görüldü.

Hastaların özellikleri, primer hastalık, bulgular başlamadan önce alınan son tedavi, şikayet süresi, HBOT seans sayısı ve tedavi sonuçları Tablo 40'ta özetlenmektedir.

Tablo 40. Hemorajik sistit tanısı ile HBOT alan hastaların klinik özellikleri

Hasta	Yaş (yıl)	Cinsiyet	Kanser türü	Tedavi	Şikayet süresi (gün)	HBO seans	Sonuç
1	12	K	AML	KİT	-	10	Tam iyileşme
2	9	E	ALL	KİT	-	10	Tam iyileşme
3	12	E	AML	KİT	10	39	Tam iyileşme
4	14	E	ALL	KİT	-	12	Tam iyileşme
5	13,5	E	ALL	KT	14	6	Belirgin iyileşme*
6	6	K	Pelvik RMS	KT	-	3	Tam iyileşme
7	14	E	ALL	KT	7	3	Kötüleşme†

* Kemoterapi başlanacağı için tedaviden ayrıldı.

† Tedaviye gelmeyen hastanın yoğun bakım ünitesine alındığı öğrenildi.

AML: Akut miyeloid lösemi, ALL: Akut lenfoblastik lösemi, RMS: Rabdomyosarkom

KİT: Kemik iliği transplantasyonu, KT: Kemoterapi

Hemorajik sistit tanısı ile tedavi alan hastalarda uygulanan seans sayısı medyan değeri 10 olarak hesaplandı. En az 3, en çok 39 seans HBOT uygulandığı tespit edildi. Tüm hastaların elektif vaka olarak değerlendirildi görüldü. Hiçbir hastada HBOT sırasında zorluk yaşanmadığı ve HBOT'ye bağlı yan etki belgelenmediği saptandı.

Hastaların tedavi sonuçları değerlendirildiğinde; kötüleşme izlenen hastanın mesanesinden kanamasının arttığı, hemodinamisinin kötüleştiği, bu sebeple yoğun bakım ünitesine alındığı tespit edildi. Planlı kemoterapi kürü sebebiyle tedavisi sonlandırılan hasta ile yoğun bakım ünitesine alınan hastanın, primer takipli oldukları merkezlerden taburcu olduklarındaki klinik durumlarının bilgisine ulaşılamadı.

9. Retinal Arter Oklüzyonu

Ani görme kaybı gelişen ve retinal arter oklüzyonu tanısı ile HBOT alan dört hasta saptandı. Tedaviye alınan en küçük hastanın 2 yaşında olduğu, en büyük hastanın yaşının ise 12 olduğu belirlendi. Hastaların üçünün erkek, birinin kız olduğu tespit edildi. Hastaların yıllara göre dağılımı incelendiğinde; 2013 yılında bir, 2016 yılında bir, 2018 yılında bir ve 2019 yılında bir hastanın tedaviye alındığı görüldü.

Hastaları, Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp kliniğine yönlendiren birimler incelendiğinde; üç hastanın İstanbul Tıp Fakültesi birimlerinden konsülte edildiği ve bir hastanın Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları kliniğinden yönlendirildiği saptandı. Bir hastanın takip ve tedavisinin Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp servisine yatırılarak yapıldığı belirlendi.

Hastaların özellikleri, retinal arter oklüzyonuna eğilim yaratabilecek durumlar, etkilenen göz, göz ve görme alanı muayene bulguları, görme kaybından HBOT'ye kadar geçen süre, HBOT seans sayısı ve tedavi sonuçları Tablo 41'de özetlenmektedir.

Tablo 41. Retinal arter oklüzyonu tanısı ile HBOT alan hastaların klinik özellikleri

Hasta	Yaş (yıl)	Cinsiyet	Etyoloji	Etkilenen göz	Muayene	İlk HBO (saat)	HBO seans	Sonuç
1	2	E	KBY	Bilateral	Bilateral papil ödem, göz teması kuramama	72	4	Kısmi iyileşme*
2	9	E	MTHFR gen mutasyonu, Hiperhomosisteinemi	Sol	Santralde hareket algılama yok	27	23	Belirgin iyileşme
3	12	E	Homosisteinemi	Sağ	Total görme kaybı	9	9	İyileşme yok
4	12	K	Etyoloji bulunamadı	Sağ	Üst nazal kadranda ışık algısı yok	13	20	Belirgin iyileşme

* Tedaviye devam etmedi.

KBY: Kronik böbrek yetmezliği, MTHFR: Metilentetrahidrofolat redüktaz

Retinal arter oklüzyonu tanısı ile tedavi alan hastalarda uygulanan seans sayısının medyan değeri 14,5 olarak bulundu. En az 4, en çok 23 seans HBOT uygulandığı görüldü. Tüm hastaların acil vaka olarak değerlendirildiği saptandı. Hastalarda HBOT sırasında zorluk yaşanmadığı ve HBOT'ye bağlı yan etki belgelenmediği tespit edildi.

Hastaların tedavi sonuçları değerlendirildiğinde; kronik böbrek yetmezliği tanısı ile Çocuk Nefrolojisi servisinde takip edilirken sabit bir noktaya odaklanamadığı fark edilen 2 yaşındaki hastanın 4 seans HBOT sonunda göz teması kurmaya başladığı tespit edildi, daha sonra hastanın tedaviye devam etmediği saptandı.

Sağ gözde total görme kaybı olan hastada 9 seans sonunda klinik yanıt alınamadığı tespit edildi.

Sol göz, santral görme alanında görme kaybı olan hastanın 23 seans sonunda santralde 1 m'den parmak saymasının pozitif olduğu saptandı.

Sağ göz, üst nazal kadranda ışık algısı olmayan hastanın 20 seans sonunda tüm kadrarlarda 1 m'den parmak saymasının pozitif olduğu belirlendi.

10. Nekrotizan Yumuşak Doku Enfeksiyonu

Nekrotizan yumuşak doku enfeksiyonu tanısı ile HBOT alan üç olgu saptandı. Tedaviye alınan hastaların yaşlarının sırasıyla 6, 12 ve 4 olduğu tespit edildi. Hastaların ikisinin erkek, birinin kız olduğu belirlendi. Hastaların yıllara göre dağılımı incelendiğinde; 1990 yılında bir, 1995 yılında bir ve 2002 yılında bir hastanın tedaviye alındığı görüldü.

İki hastanın gazlı gangren tanısı ile HBOT aldığı bir hastanın ise sellülit nedeniyle tedavi edildiği saptandı.

Hastaların ikisinin, İstanbul Tıp Fakültesi Ortopedi biriminden konsülte edildiği; bir hastanın ise dış merkez Çocuk Hastalıkları kliniğinden sevk edildiği tespit edildi.

Düşme sonrası sağ önkolda açık kırık gelişen ve alçı ile takip edilen 6 yaşındaki erkek hastanın; kazadan 7 gün sonra Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp kliniğine danışıldığı ve septik tabloda olduğu saptandı. Konsültasyondan 3 gün önce hastaya sağ kol amputasyonu uygulandığı ve amputasyon güdüğünün enfekte olduğu tespit edildi. Gazlı gangren tanısı ile uygun antibiyotik tedavisi ile birlikte acil HBOT uygulanan hastanın güdüğünün 9 seans sonunda başarı ile kapatıldığı ve belirgin iyileşme sağlandığı belirlendi.

Düşme sonrası sağ krus ve ayağını yaralayan 12 yaşındaki erkek hastanın; kazadan 2 gün sonra danışıldığında ağrılı, ödemli, kötü kokulu, akıntılı ve kas dokusunda yer yer nekrotik bölgeler içeren yarasının olduğu saptandı. Gazlı gangren tanısı ile uygun antibiyotik tedavisi ile birlikte acil HBOT uygulanan hastanın 8 seans sonunda yarasının rekonstrüksiyona hazır hale geldiği ve belirgin iyileşme sağlandığı belirlendi.

Kawasaki sendromu sonrası diz çevresinde ödem, eritem ve sıcaklık artışı gelişen 4 yaşındaki kız hastanın; MR görüntülemesinde sol diz çevresinde sellülit lehine bulgular raporlandığı tespit edildi. Antibiyotik tedavisi ile birlikte 26 seans HBOT alan hastanın sol dizindeki ödemin, eritemin ve sıcaklık artışının gerilediği ve akut faz reaktanları negatifleştiği, hastada tam iyileşme sağlandığı belirlendi.

Hastalarda HBOT sırasında zorluk yaşanmadığı ve HBOT'ye bağlı yan etki gelişmediği saptandı.

11. Hipoksik İskemik Ensefalopati

Hipoksik iskemik ensefalopati tanısı ile HBOT alan üç olgu saptandı. Tedaviye alınan hastaların sırasıyla 11,5, 1,5 ve 2 yaşlarında olduğu belirlendi. Hastaların birinin kız, ikisinin erkek olduğu görüldü. İki hastanın 2010 yılında, bir hastanın 2017 yılında tedaviye alındığı tespit edildi.

Şahitli bilinç kaybı öyküsü olan 11,5 yaşındaki kız çocuğunun kraniyal manyetik rezonans (MR) görüntülemesinde kortikal nekroz raporlandığı tespit edildi. İskemi etyolojisinin bulunamadığı saptandı. Hastanın, olaydan 4 gün sonra, İstanbul Tıp Fakültesi Çocuk Yoğun Bakım ünitesi tarafından konsülte edildiği ve bilinci kapalı, spontan solunumu olan hastanın acil HBOT'ye alındığı görüldü. Takiplerinde bilinci açılan hastanın anlamsız sesler çıkardığı ve tüm ekstremitelerinde kas gücünün 3-4/5 olduğu ve kısmi iyileşme gözlemlendiği belirlendi. Yedi seans sonunda genel durumunda ve fizik muayenesinde daha fazla gelişme saptanmayan hastanın tedavisi sonlandırıldığı saptandı.

Fallot tetralojisi sebebiyle dış merkezde ameliyat olmasının ardından göz teması kuramayan ve sağ hemiparezi gelişen 1,5 yaşındaki erkek çocuğunun kraniyal MR görüntülemesinde mutlipl iskemik infarktlar raporlandığı tespit edildi. Hastanın, olaydan 48 saat sonra Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp kliniğine sevk edildiği ve acil HBOT'ye alındığı görüldü. Altı seans sonunda hastanın göz teması kurmaya başladığı ve sağ ekstremitelerde hareketlerinde artma gözlemlendiği belirlendi; kısmi iyileşme olarak kaydedildi. Daha sonra hastanın tedavisine devam etmediği saptandı.

Fallot tetralojisi sebebiyle dış merkezde opere olan 2 yaşındaki erkek çocuğunun postoperatif generalize nöbet geçirmesi üzerine yapılan tetkiklerinde yaygın beyin ödemi geliştiği saptandı. Hastanın dış merkez Çocuk Yoğun Bakım ünitesinde takip edildiği, mekanik ventilasyon desteği altında olduğu ve elektroensefalografide nörolojik aktivite saptanmadığı görüldü. Hastanın, olaydan 4 gün sonra Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp kliniğine refere edildiği ve acil HBOT'ye alındığı tespit edildi. Altı seans sonunda hastanın genel durumunda ve yapılan tetkiklerinde değişiklik olmadığı ve HBOT'nin hastayı takip eden primer ekip tarafından hastanın fayda görmediği düşüncesiyle sonlandırıldığı belirlendi; iyileşme yok olarak kaydedildi.

Hastalarda HBOT sırasında zorluk yaşanmadığı ve HBOT'ye bağlı yan etki gelişmediği saptandı.

12. Diğer

Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp kliniğinde çocuk hastalara, başka tanılarla da HBOT uygulandığı tespit edildi. Bu tanılardan aşağıda bahsedilmektedir.

Septik artrit; juvenil romatoid artrit tanılı, sağ dizindeki ağrı sebebiyle uygulanan intraartiküler steroid enjeksiyonu sonrası dizinde şişlik gelişen ve atroskopi ile debridman yapılan 13 yaşındaki kız çocuğunun, İstanbul Tıp Fakültesi Ortopedi servisi tarafından konsülte edildiği saptandı. Sağ diz eklem hareketlerinin kısıtlı ve ağrılı olduğu belirlendi. Çekilen kemik sintigrafisinde osteomyelit tespit edilmediği artritik değişiklikler saptandığı görüldü. Elektif vaka olarak değerlendirilerek HBOT'ye başlandığı ve ilk seanslarda anksiyetesi olmakla birlikte tedaviye devam ettiği tespit edildi. Kırk bir seans HBOT sonunda akut faz reaktanlarının gerilediği, eklem hareket açıklığının arttığı ve ağrısı azaldığı saptandı; belirgin iyileşme olarak kaydedildi.

Spinal apse; ilk 2,5 yaşındayken lomber apsesi gelişen, 11,5 yaşındaki erkek hastanın, tekrarlayan apseler sebebiyle dört kez operasyon öyküsünün olduğu görüldü. Son operasyondan 5 gün sonra Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Beyin Cerrahisi kliniği tarafından yönlendirildiği belirlendi. Hastanın lomber bölgedeki sütur hattından akıntısının olduğu ve MR görüntülemesinde vertebra osteomyeliti ve spondilodiskit tespit edilmediği saptandı. Elektif vaka olarak değerlendirilerek HBOT başlandığı ve HBOT sırasında ilk seanslarda kulak eşitlemede zorlanmakla birlikte tedaviye devam ettiği belirlendi. Otuz seans HBOT sonunda akıntısının kalmadığı ve tedaviye başlamadan önce yürürken ve oturken bel ağrısı olan hastanın şikayetlerinin gerilediği saptandı; belirgin iyileşme olarak kaydedildi.

Mukozit; ALL tanılı 6 yaşındaki erkek çocuğuna kemoterapiden sonra peniste kaşıntı ve ekimoz gelişmesine bağlı olarak mukozit tanısı konulduğu ve İstanbul Tıp Fakültesi Pediatrik Hematoloji-Onkoloji servisi tarafından konsülte edildiği saptandı. Elektif vaka olarak değerlendirilerek HBOT başlandığı ve HBOT sırasında zorluk yaşamadığı görüldü. Üç seans sonunda klinik iyileşme görülmeyen hastanın tedavisinin sonlandırıldığı tespit edildi.

Retina nekrozu; diffüz büyük B hücreli lenfoma tanılı, sitomegalovirüs retinitine bağlı retina nekrozu gelişen ve sağ gözde görme kaybı olan 6,5 yaşındaki kız çocuğunun, dış merkez Pediatrik Hematoloji-Onkoloji kliniği tarafından yönlendirildiği saptandı. Acil vaka olarak değerlendirilerek HBOT'ye alındığı ve 5 seans HBOT sonrasında görmesinde değişiklik olmayan hastaya intraoküler foskarnet tedavisi başlandığı, bu tedaviye bağlı göz küresinde hava bulunabileceği ihtimali nedeniyle HBOT'nin sonlandırıldığı belirlendi.

C. TEDAVİ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Hastaların HBOT sonuçları incelendiğinde; 299 hastanın 136'sında (%45,5) tam iyileşme, 84,5'inde (%28,3) belirgin iyileşme ve 40'ında (%13,4) kısmi iyileşme olduğu saptandı. İyileşme sağlanan 260,5 (%87,2) hastaya karşılık tedaviye yanıt vermeyen 38,5 (%12,8) hasta olduğu görüldü (Tablo 42). Mekanik ventilasyon desteği gereken dokuz hastada iyileşme oranı %33,3 olarak tespit edildi.

Tablo 42. Endikasyonlara göre HBOT sonuçları

Endikasyon	n	Tam iyileşme	Belirgin iyileşme	Kısmi iyileşme	İyileşme yok	Kötüleşme	Ölüm
<i>Akut travmatik iskemi</i>	101						
Crush yaralanması	68	23	24	17	3		1
Reimplantasyon	6		1		5		
Riskli greft-flep	12	2	7	2	1		
Postoperatif iskemi	11	2	6	2	1		
Elektrotermal yanık	4	1		1	2		
<i>CO zehirlenmesi</i>	91	82	2	1	4	2	
<i>Osteomiyelit</i>	38						
Akut osteomiyelit	5	1	2	1	1		
KROM	33	9	14	7	2	1	
<i>Akut periferik iskemi</i>	18						
Arteriyel oklüzyon	5		4	1			
Vasküler kompresyon	2		2				
Purpura fulminans	7	4	1	2			
Vaskülit	4	1	3				
<i>Ani işitme kaybı</i>	14*	2	3,5	2	6,5		
<i>Problemlili yara</i>	9						
Cerrahi yara	5	2	3				
İyileşmeyen yara	4	1		1	2		
<i>Avasküler nekroz</i>	7		5		2		
<i>Hemorajik sistit</i>	7	5	1			1	
<i>Retinal arter oklüzyonu</i>	4		2	1	1		

<i>NYDE</i>	3	1	2				
<i>HİE</i>	3			2	1		
<i>Diğer</i>							
Septik artrit	1		1				
Spinal apse	1		1				
Mukozit	1				1		
Retina nekrozu	1				1		
Toplam	299	136 (%45,5)	84,5 (%28,3)	40 (%13,4)	33,5 (%11,2)	4 (%1,3)	1 (%0,3)

* 14 hasta ve 17 kulak değerlendirildi, tedaviye yanıt açısından her kulak 0,5 sayıldı.

Crush yaralanması (5 olgu), reimplantasyon (2 olgu) ve yanık (2 olgu) tanıları ile HBOT alan dokuz (%3) olguda, nörolojik defisite veya majör amputasyona bağlı majör sekel geliştiği belirlendi.

Karbonmonoksit zehirlenmesi (1 olgu) ve hipoksik iskemik ensefalopati (3 olgu) tanısı ile HBOT uygulanan dört (%1,4) olguda nörolojik sekelin olduğu saptandı. Hastaların takip edildikleri primer birimlerden taburcu olduklarındaki klinik durumlarının bilgisine ulaşılamadı.

Hiperbarik oksijen tedavisi sırasında ölüm olmadığı, ancak bir çocuğun HBOT tamamlanmadan yoğun bakım takiplerinde sepsis nedeniyle hayatını kaybettiği tespit edildi.

D. TEDAVİ SIRASINDA KARŞILAŞILAN GÜÇLÜKLERİN VE YAN ETKİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Hiperbarik oksijen tedavisi esnasında 299 hastadan 41'inin (%13,7), ortama ve donanımına bağlı muhtelif güçlükler (anksiyete, başlığa/maskeye uyumsuzluk vb.) yaşadığı saptandı. On dört (%4,7) hastada ise HBOT'ye bağlı yan etki (kulak/sinüs barotravması, gastrik distansiyon, epileptik nöbet) görüldüğü belirlendi. HBOT için birimler arası transferler sırasında komplikasyon gelişmediği görüldü. HBOT sırasında karşılaşılan güçlükler ve meydana gelen advers olaylar,

Tablo 43'te özetlenmektedir.

Hastalarda hipotermi, hipotansiyon, hipoglisemi, pulmoner oksijen toksisitesi, ROP veya pulmoner barotravma gelişmediği saptandı. Gelişen yan etkilerin; mortaliteye, kronik hastalığa veya sakatlığa neden olmadığı görüldü.

Tablo 43. HBOT sırasında karşılaşılan güçlük ve yan etkilerin, endikasyonlara göre dağılımı

Endikasyon	n	Kulak eşitlemede zorlanma	Kulak BT	Anksiyete	Ajitasyon	Başlığa/ maskeye uyumsuzluk	Sinüs BT	Gastrik distansiyon/ kusma	SSS oksijen toksisitesi	Endikasyondaki oranları
<i>Akut travmatik iskemi</i>	101*	4	1	5	1	1	1	1		14,4
<i>CO zehirlenmesi</i>	91	2		1		1				4,4
<i>Osteomiyelit</i>	38	14	5		1		1			55,2
<i>Akut periferik iskemi</i>	18	1								5,5
<i>Ani işitme kaybı</i>	14	5	3							57
<i>Problemli yara</i>	9								1	11
<i>Avasküler nekroz</i>	7	2	1	1						57
<i>Hemorajik sistit</i>	7									
<i>Retinal arter oklüzyonu</i>	4									
<i>NYDE</i>	3									
<i>HİE</i>	3									
<i>Diğer</i>	4	1		1						50
Toplam	299	29 (%10)	10 (%3,3)	8 (%2,7)	2 (%0,6)	2 (%0,6)	2 (%0,6)	1 (%0,3)	1 (%0,3)	18,4

* Bir hastada anksiyete, maskeye uyumsuzluk ve gastrik distansiyon oldu.

BT: Barotravma, SSS: Santral sinir sistemi

Santral sinir sistemi oksijen toksisitesi oranı 5110 seansta 1 olarak tespit edildi. Cerrahi yarada iyileşme problemi sebebiyle tedaviye alınan 1,5 yaşındaki kız hastada, ilk seansta, 2,4 ATA'da ikinci oksijen periyodunda, konvülsiyon görüldüğü saptandı. Hastanın epileptik nöbete zemin hazırlayabilecek 2 hafta önce gelişmiş kafa travması öyküsü olduğu, fakat buna yönelik yapılan tetkiklerinde anomali saptanmadığı ve hastanın HBOT'ye sorunsuz devam ettiği belirlendi.

Orta kulak barotravması gelişen 10 çocuğun 2'sinde hemotimpanum görüldüğü saptandı.

Kulak eşitlemede sıkıntı yaşayan dört hastaya miringotomi uygulandığı ve bu hastaların ikisinde orta kulak barotravması geliştiği tespit edildi.

Hiperbarik oksijen tedavisi sırasında karşılaşılan güçlüklerin ve yan etkilerin %72,8'inin ilk 7 seansta görüldüğü saptandı (Tablo 44).

Tablo 44. HBOT sırasında karşılaşılan güçlükler ve yan etkilerin, ilk 7 seansta ve 7. seanstan sonra görülme sıklığı

Güçlükler ve yan etkiler	n	İlk 7 seans	7. seans sonrası
Kulak eşitlemede zorlanma	29	21	8
Kulak barotravması	10	7	3
Anksiyete	8	6	2
Ajitasyon	2	1	1
Başlığa/maskeye uyumsuzluk	2	2	
Sinüs barotravması	2	2	
Gastrik distansiyon (kusma)	1		1
SSS oksijen toksisitesi (epileptik nöbet)	1	1	
Toplam	55	40 (%72,8)	15 (%27,2)

Kulak eşitlemede güçlük çeken ve çekmeyen çocukların yaşları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu tespit edildi ($p=0,045$). Buna karşılık kulak barotravması yaşayan ve yaşamayan çocukların yaşları arasında anlamlı bir farklılık saptanmadı ($p=0,310$) (Tablo 45). Bu analizlerde, tedavi sırasında kendini ifade edemeyecek bilinci kapalı ve entübe hastalar dışlandı ve konuşmaya başlama yaşı olan 18 ay, yaş için alt sınır olarak belirlendi.

Tablo 45. Tedavinin herhangi bir aşamasında kulak eşitleme güçlüğü veya kulak barotravması yaşama durumuna göre, çocukların yaşlarının karşılaştırılması (n=261)

	Yaş medyan yıl (IQR)	^d p
Kulak eşitlemede güçlük		
Var (n=29)	9,9 (4,8)	0,045
Yok (n=232)	8 (6)	
Kulak barotravması		
Var (n=10)	9,3 (2,8)	0,310
Yok (n=251)	8 (6)	

^d Mann-Whitney U testi

IQR: Çeyrekler arası aralık (Interquartile range)

E. TEDAVİYE DEVAM

Çalışmada, iyileşme izlenmeyen 33 hastadan 13'ünün (%39,4) ve kısmi iyileşme kaydedilen 40 hastadan 6'sının (%15) tedaviye devam etmediği saptandı. Belirgin iyileşme gözlenen hastalarda tedaviye devam etmeme oranı %4,7 (4/85) olarak bulundu.

İki hastanın, tedavilerine başka merkezlerde devam edecek olmaları sebebiyle tedaviden ayrıldığı tespit edildi.

Üç hastanın planlanmış tedavilerinin, hastaları takip eden primer hekimler tarafından, hastanın tedaviden daha fazla fayda görmediği düşüncesi ile sonlandırıldığı görüldü.

İki hastanın tedavisinin ebeveyn talebiyle sonlandırıldığı saptandı. Tedaviyi reddetme nedenlerinin bilgisine ulaşamadı.

Bir hastanın tedavisinin, planlı kemoterapi kürüne başlayacak olması sebebiyle ve diğer bir hastanın tedavisinin ise intraoküler enjeksiyon sonrası göz küresinde hava olabileceği ve hiperbarik ortama bağlı komplikasyon gelişme ihtimali nedeniyle sonlandırıldığı belirlendi.

İkisi CO zehirlenmesi, biri hemorajik sistit tanılı üç hastanın, genel durumlarının kötüleşmesi sebebiyle tedaviye devam edemediği saptandı.

En az bir seans HBOT almış dört hastanın ise HBOT'ye uyum sağlayamama sebebiyle tedaviye devam edemediği belirlendi.

F. TEDAVİYE UYUM

Hiperbarik oksijen tedavisi başlanan 309 çocuk hastadan 10'unun tedaviye uyum sağlayamama nedeni ile ilk seansı tamamlayamadığı tespit edildi. Tamamlayamama sebepleri; kulak eşitleyememe (3 olgu), anksiyete-ajitasyon davranışı gösterme (3 olgu), başlığa uyum sağlayamama (3 olgu) ve klostrofobi (1 olgu) olarak saptandı.

Bunlardan başka, 1 seans HBOT alan avasküler nekroz tanılı bir hasta ile 9 seans HBOT alan ani işitme kaybı tanılı bir hastanın kulak eşitlemede güçlük yaşamaları sebebiyle tedaviden ayrıldığı belirlendi.

Ayrıca osteomiyelit tanılı bir hastanın tedavisinin, takiplerinde gelişen kendine zarar verici davranışların HBOT seansı sırasında da görülmesi sebebiyle, 54 seans sonra sonlandırıldığı görüldü. Yine osteomiyelit tanılı bir diğer hastanın tedavisinin sonlandırılma nedeni ise süregelen ajitasyon davranışı ve zeka geriliği sebebiyle hastayla tam kooperasyon kurulamaması olarak belirlendi. Bu hastanın tedavisi sonlandırılmadan önce, 18 seans HBOT aldığı tespit edildi.

Tedavi başlanan 309 hasta baz alındığında, 0-14 yaş grubu hastaların HBOT'ye uyum oranları %95,5 olarak saptandı.

V. TARTIŞMA

Pediyatrik popölasyondaki HBOT uygulamaları konusunda, literatürde kanıta dayalı çalışma eksiğı mevcuttur. Bu konudaki yayınlar, genel olarak olgu bildirimleri ve erişkin çalışmalardan yapılan çıkarımları içeren makalelerdir. Pediyatrik grupta, daha çok akut ve hayati tehlike oluşturan durumlarda HBOT kullanılması ve çocuk hastaların kendi içlerinde de farklı yaş gruplarına ayrılabilmeleri; randomize, kontrollü çalışma yapılmasını zorlaştırmaktadır.

Literatürde Türkiye’den, olgu düzeyinde bildirimler dışında, pediyatrik yaş grubunda HBOT endikasyonlarıyla ilgili yapılmış herhangi bir çalışma yer almamaktadır. Bu konuda ilgili literatürde geçen, Türkiye’den tek veri ise “*Physiology and Medicine of Hyperbaric Oxygen*” adlı kitabın “*Hyperbaric Oxygen Therapy in Newborn, Infants and Pediatric Patients*” bölümünde yer alan, yazarların kişisel iletişim ile elde ettiklerini belirttikleri çocuk hastalardaki HBOT endikasyonlarının dökümüdür (12). “*Reports From Different Countries on The Treatment of The Pediatric Patient*” başlığı altında yer alan bu dökümde, 2002-2006 yılları arasında Gülhane Askeri Tıp Akademisi’nde tedaviye alınan 47 çocuk hastanın bilgileri aktarılmıştır (yaş aralığı, 10 ay-7 yaş). En sık HBOT endikasyonu CO zehirlenmesi olarak bildirilirken (30 olgu, %63); AİK, crush yaralanması, iyileşmeyen yara, hipoksik iskemik ensefalopati, otizm, purpura fulminans, periferik fasiyal paralizisi, termal yanık ve boğulayazma tanıları ile de HBOT uygulandığı belirtilmiştir. İstanbul Tıp Fakültesi Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp kliniğinde tedavi edilen çocuk hastalarda yürütölen bu çalışmada da akut travmatik iskemi (crush yaralanması, reimplantasyon, riskli greft-flep, postoperatif iskemi ve elektrotermal yanık) hastalık grubundan sonra en sık HBOT endikasyonu, CO zehirlenmesi olarak saptandı.

Çalışmada, İstanbul Tıp Fakültesi Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp kliniğinde HBOT endikasyonu alan tanılar; UHMS, ECHM ve Sağlık Bakanlığı’na onay verilmiş endikasyonlarla örtüşmektedir. Bunların dışında hemorajik sistit, septik artrit ve uzun kemiklerin akut osteomiyeliti gibi tanılarla da HBOT uygulanan ve başarılı sonuçlar alınan olguların olduğu saptandı.

Literatürde yaşlara göre HBOT ile ilgili kriterlerin yer aldığı bir kılavuz bulunmamaktadır. Bu araştırmanın yürütöldüğü klinikte, geç adölesan (>14 yaş) dönemden itibaren hastalar endikasyon açısından erişkinlerle bir değerlendirilmektedir. Bu sebeple çalışmada çocuk yaş grubu, 0-14 yaş olarak belirlendi.

Çalışma dahilinde birçok endikasyon yer aldığı ve çalışma 30 yıllık bir süreyi kapsadığı için; farklı dönemlerde, farklı tanılar ile HBOT uygulanan hastaların tedavi sonuçlarının değerlendirilmesinde, aynı endikasyonda dahi, standart bir yöntemden söz etmek mümkün değildir. Bu yüzden literatürdeki örnekler incelenerek her endikasyon için bir ölçek oluşturulup, buna göre her hastanın tedavi sonucu tek tek değerlendirilmiştir. Bugün dahi birçok endikasyonda hastaların tedavi sonuçları uzman görüşü ve klinik tecrübeye dayanarak değerlendirilmektedir. Tedavi değerlendirmesi hekimden hekime değişiklik göstermekte olup, objektif kriterlerin olmaması tek formatta veri kaydını ve bu bağlamda geriye dönük çalışmalar yapılmasını zorlaştırmaktadır (66).

Literatürde yer alan benzer araştırmalardan Waisman ve ark., 1980-1997 yılları arasında, yaşları 2 ay-18 yaş arasında değişmekte olan 139 hastayı inceledikleri çalışmada; en sık görülen HBOT endikasyonlarını, CO zehirlenmesi (%79) ve travmatik iskemi (%9,2) olarak bildirilmişlerdir (67). Daha güncel bir bildiride de Hart ve ark. 1974-2005 yıllarında arasında HBOT almış 419 çocuk hastada HBOT endikasyonlarını; CO zehirlenmesi (%25), termal yanık (%16), akut travma (%15) ve orak hücreli anemi (%5) olarak sunmuşlardır (68). Özellikle CO zehirlenmesi endikasyonu oranlarının çalışmalar arasında farklılık göstermesi, tedavi bölgelerinin coğrafi ve sosyo-ekonomik özelliklerinden etkilenmektedir.

Çalışmada; crush yaralanması, akut periferik iskemi ve CO zehirlenmesi gibi tanılarla tedaviye alınan hastaların son 10 yılda artmış olduğu görülmektedir; bunun sebebinin hastaları ilk değerlendiren ekiplerin (Ortopedi ve Travmatoloji, Pediatri ve Acil klinikleri vb.) HBOT endikasyonları konusunda, artan yayınlar ve bilimsel toplantılarla zaman içinde bilgilenmeleri olduğu düşünülmektedir. Öte yandan bölümler arası kooperasyon sorunları sebebiyle tedaviye devamda sıkıntılar ve hastaların tedaviye alınma sürelerinde gecikmeler görülebilmektedir.

Araştırmada, crush yaralanması, reimplantasyon, riskli greft-flep, postoperatif iskemi ve elektrotermal yanık endikasyonları; akut travmatik iskemi başlığı altında değerlendirildi. Bu hastalar çalışmanın en büyük grubunu oluşturmaktadır (%34).

Çalışmada, crush yaralanmalarında kompartman sendromunun eşlik ettiği olgularda, tedavi yanıtının istatistiksel olarak anlamlı derece daha kötü olduğu tespit edildi. Ayrıca crush yaralanmalarında ilk 24 saatte tedaviye başlanan olgularda görülen tedavi yanıtının, daha geç başlananlara oranla anlamlı oranda daha iyi olduğu saptandı. Bu sonuç, literatür ile de uyumluluk göstermektedir (69-71).

Reimplantasyon sonrası HBOT'nin faydaları, literatürde gösterilmiştir (72). Bu çalışmada, reimplantasyon tanısı ile tedavi uygulanan olguların %84'ünde olumlu yanıt alınamadığı görüldü. Bu endikasyonda zaman çok önemli bir faktördür, çalışmada hastaların operasyondan sonra konsülte edilme sürelerinin uzunluğu göze çarpmaktadır.

Çalışmada, riskli greft-flep tanısı ile; trafik kazalarına bağlı doku kaybı, hipospadias, kulak atrezisi ve yanığa bağlı gelişen skar nedeniyle yapılan rekonstrüksiyonlar sonrası HBOT uygulandığı saptandı. Yanığa bağlı gelişen skar olgusu dışında tüm hastalarda iyileşme görüldüğü tespit edildi. Son yıllarda, bukkal greft ile hipospadias tamiri ve revizyonları sonrası HBOT uygulaması öne çıkmaktadır (73). Yine son yıllarda, büyük kompozit greftler kullanılarak yapılan pediatrik fasiyal rekonstrüksiyon olgularında HBOT'nin faydalı olduğu bildirilmektedir (74).

Araştırmada yer alan postoperatif iskemi olgularının çoğunluğu konjenital deformasyonlara bağlı rekonstrüksiyon uygulanması gereken hastalardı ve bir hasta dışında hepsinde (%90) iyileşme sağlandığı tespit edildi. Postoperatif iskemilerde, hastanın HBOT'ye başlama zamanı incelendiğinde, sürenin 21 saat ile 14 gün gibi geniş bir aralıkta olduğu görülmektedir. Bunun bir nedeni, hastayı takip eden primer ekibin iskeminin ilk ne zaman görüldüğünü bildirmemesi ve bu sebeple hastalar değerlendirilirken operasyondan HBOT alıncaya kadar geçen zamanın baz alınması olabilir.

Oldukça kompleks bir yaralanma olan yanığın, bu konuda uzmanlaşmış yanık merkezlerinde takip ve tedavi edilmesi gerekmektedir ve İstanbul Tıp Fakültesi'nde yanık ünitesi bulunmamaktadır. Çalışmada, termal yanık tanısı ile tedaviye alınan hasta saptanmaması bu duruma bağlanmaktadır. Bununla birlikte çalışmada, elektrotermal yanık nedeniyle HBOT uygulanan dört olgu tespit edildi. Elektrotermal yanıklarda, elektrik akımının geçtiği damarlarda oluşan trombüsler sebebiyle periferik iskemi gelişen bu hastalarda, yanık yaraları daha da komplike hale gelebilir. Ayrıca gelişen iskemi ve ödeme bağlı olarak kompartman sendromu gelişebilir; nitekim çalışmada iki hastada, tedaviye kabul edildiklerinde kompartman sendromunun mevcut olduğu saptandı. Enfeksiyona yatkınlık da yanık yaraları için ek bir morbidite ve mortalite sebebidir. Bu fizyopatolojik basamakların tümünde HBOT'nin faydaları mevcuttur ve özellikle mortaliteyi önlemede yarar sağlar (75). Bu çalışmada da elektrotermal yanık endikasyonu ile HBOT uygulanan hastalarda mortalite görülmedi.

Nörolojik defisite veya majör amputasyona bağlı majör sekel gelişen akut travmatik iskemi tanılı dokuz olguda bu sekellerin, altta yatan hastalık sürecinin veya yaralanmanın ilerlemesini kontrol etmek amacıyla uygulanan gerekli cerrahi prosedürlerin bir sonucu olduğu tespit edildi. Bununla birlikte, çoğu hasta dosyasında HBOT öncesi planlanan amputasyon seviyeleri belirtilmediği için, HBOT sayesinde amputasyon seviyesinin distale çekildiği olguların ayrımı yapılamadı ve bu hastaların tedavi sonucu kısmi iyileşme ya da iyileşme yok olarak değerlendirildi.

Çalışmada CO zehirlenmesi, akut travmatik iskemilerden sonra en çok görülen tanıydı (%30). Bu tanıyla gelen hastalarda en sık şikayet, bulantı ve kusma olarak saptandı. Pediatrik popülasyonda bu semptomların nonspesifik olduğu göz önüne alındığında; anamnez, olası bir CO zehirlenmesi tanısının hızlı konulması açısından önem taşımaktadır, bu durum özellikle nonverbal yaş gruplarında hayati olabilir.

İstanbul Tıp Fakültesi Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp kliniğinde CO zehirlenmesi tanısı ile HBOT uygulanan hastaların 23'ünde (%25,2) zehirlenmeye bağlı ilk prezentasyonun bilinç kaybı olduğu tespit edildi. Öte yandan, hastaların tedaviye alınmadan önceki değerlendirilmeleri sırasında GKS'si 8'in altında olan sadece 10 (%11) hasta olduğu görüldü ve tedaviye alınan hastaların %72,5'inin GKS'sinin 15 olduğu saptandı. Semptomlar geçmiş olsa dahi, nörolojik etkilene öyküsünde HBOT uygulanmasının amacı geç nörolojik sekel oluşumunu engellemektir (76). Çalışmada, hastaların uzun dönem takipleri mevcut olmadığından, geç nörolojik sekel gelişimi değerlendirilemedi.

Çalışmada, ilk başvuru merkezinde ölçülen COHb değeri ile iyileşme derecesi arasında anlamlı bir ilişki saptanmadı. Hastaların CO kaynağına maruziyet süresi, hastaneye başvuru süresi ve maruziyetten tetkik alınana kadar geçen süreçte almış olduğu tedaviler; ilk bakılan COHb değerlerini etkilemektedir (77), dolayısıyla bu ölçüt endikasyon belirlenmesinde daha çok yardımcı bir görev almaktadır.

Karbonmonoksit zehirlenmesinde 24 saatten fazla zaman geçen olgulara semptomsuz iseler HBOT önerilmemektedir (78). Çalışmada, CO zehirlenmesi tanısıyla danışılan tüm hastaların ilk 12 saat içinde HBOT'ye alındığı tespit edildi.

Çalışmada, osteomyelit tanısıyla HBOT uygulanan çocuk hasta sayısının 2000'li yıllardan itibaren azaldığı tespit edildi. Gelişen cerrahi tekniklerin ve daha etkili antibiyoterapi uygulamalarının, bu durumda rol aldığı düşünülebilir (79, 80).

Literatürde, yassı kemiklerin akut osteomiyelitinin tedavisinde HBOT'nin faydalı olduğu bildirilmektedir ve Sağlık Bakanlığı'nın HBOT endikasyonları arasında da “*Kafa kemiklerinin, sternumun ve vertebranın akut osteomiyeliti*” mevcuttur (67, 81, 82). Bu çalışmada, sadece yassı kemiklerdeki akut osteomiyelit olgularına değil aynı zamanda uzun kemiklerdeki akut osteomiyelit olgularına da HBOT uygulandığı ve yüksek oranda iyileşme sağlandığı görüldü.

Çocuklarda görülen kronik osteomiyelit olgularının altında travma haricinde predispozan faktörler de bulunmaktadır (67). Bu araştırmada da etyolojide, nöropati ve kemik mimariyi etkileyen genetik hastalıkların mevcudiyeti tespit edildi.

Tüm endikasyonlar arasında en çok HBOT seansının (medyan 58) osteomiyelit tanımlı hastalara uygulandığı saptandı. Bunun nedeni hastalığın doğası gereği tedavinin uzun sürmesidir (12).

Çalışmada osteomiyelit sebebiyle hiçbir hastaya amputasyon uygulanmadığı saptandı. Fakat hastaların poliklinik takipleri çalışma dahilinde olmadığı için rekürrens sıklığı görüldüğü bu hastalıkta; hastalar, rekürrens açısından değerlendirilemedi.

Araştırmada, osteomiyelit tanısıyla HBOT başlanan hastaların medyan şikayet süresinin 5 ay olduğu ve bu süre içerisinde çoğunlukla konvansiyonel tedaviye yanıt alınamadığı tespit edildi. HBOT başlanan ve yatarak tedavi (debridman, antibiyoterapi, yara bakımı) alan hastaların tedavi öncesi ve sonrası enfeksiyon markerları incelendiğinde, lökosit ve sedimentasyon değerlerinde anlamlı oranda düşme olduğu görüldü.

Çalışmada, arteriyel oklüzyon, vasküler kompresyon, purpura fulminans ve vaskülit sebebiyle akut periferik iskemi gelişen ve HBOT uygulanan hastaların tümünde olumlu yanıt alındığı saptandı. Literatürde, HBOT uygulanan infantlarda vasküler endotelial büyüme faktörünün etkisiyle kapiller proliferasyonun, doza bağlı sinerjik şekilde arttığı gösterilmiştir (83). Bu bağlamda, bebeklerde tam arteriyel oklüzyon olsa dahi ekstremiteler sağkalımı şansının daha yüksek olacağı düşünülebilir. Bu araştırmada da intrauterin dönemde aksiller arterinde oklüzyon gelişen 2 günlük bir yenidoğanda omuz dezartikülasyonu planlanırken, HBOT sayesinde hastanın ekstremitelerinin kurtarıldığı tespit edildi. Bu hastanın aynı zamanda araştırmanın kapsadığı süre içinde İstanbul Tıp Fakültesi Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp kliniğinde tedaviye alınan en genç hasta olduğu görüldü.

Araştırmada, İstanbul Tıp Fakültesi Sualtı Hekimliği kliniğinde ilk kez 1996 yılında ani işitme kaybı tanısıyla pediatrik bir hastanın HBOT aldığı saptandı; oysa AİK tanısının, UHMS endikasyon listesine 2011 yılında dahil edildiği bilinmektedir (20). Literatürde de pediatrik AİK olgularında HBOT uygulamaları sayılı araştırmada bildirilmiştir (51). Bu çalışmada, AİK nedeniyle HBOT uygulanan hastaların kulaklarının %56'sında iyileşme saptandı. 2001 yılında İnci ve ark. tarafından yürütülen, 43 hasta ve 50 kulak içeren çalışmada da fayda gören kulak oranı %54 olarak raporlanmıştır (84).

Bu araştırmada ayrıca AİK tanısı konulduktan sonra HBOT alana kadar geçen süre ile tedavi sonucu arasındaki ilişki incelendi, 7 günden önce ve 7 günden sonra tedaviye alınan hastaların tedavi sonuçları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptandı. Bu analize göre erken tedaviye alınan hastalar, tedaviye belirgin oranda daha iyi cevap vermektedir.

Literatürde yer alan pediatrik avasküler nekroz olgularının hemen hepsi altta yatan hemato-onkolojik bir hastalık ile ilişkili olmasına rağmen, bu çalışmada avasküler nekroz tanısı ile HBOT başlanan çocuk hastaların hiçbirinde altta yatan kanser ya da kemoterapi öyküsünün olmadığı görüldü (85-87). ECHM'nin HBOT endikasyonları listesinde bu tanı "*Femur başı nekrozu*" olarak geçmektedir, bu çalışmada ise HBOT'ye kabul edilen yedi hastanın beşinde femur başının etkilendiği, iki hastada ise etkilenen kemiğin talus olduğu tespit edildi. Bu tanı ile tedavi alan hastalarda, tedaviye devam etmeyen iki hasta haricinde belirgin iyileşme gözlemlendiği saptandı. Hastaların uzun dönem takipleri olmadığı için HBOT sonrası dönemde ortopedik bir girişim gerekip gerekmediği bilinmemektedir.

Radyoterapiye bağlı gelişen sistit olgularında HBOT kullanımı önerilmektedir (4). Literatürde, daha çok erişkin popülasyonda yapılan çalışmalar bulunsada da kemoterapiye ya da kemik iliği transplantasyonuna sekonder gelişen pediatrik hemorajik sistit olgularının tedavisinde de HBOT'nin faydalı olduğu gösterilmiştir (88, 89). Bu çalışmada, hemorajik sistit olgularının tamamının kemoterapi görmüş veya kemik iliği transplantasyonu yapılmış hastalar olduğu görüldü. HBOT'nin hasarlı dokuların iyileşmesini indüklediği, ödemi azalttığı ve hasarlı hipoksik ürotelyum ile çevresindeki normal doku arasındaki oksijen gradyanını yükselterek kılcal damar anjiyogenezisini desteklediği ve bunun sonucunda kalıcı doku iyileşmesini sağladığı varsayılmaktadır (90).

Pediatrik yaş grubunda retinal arter oklüzyonu nadir görülmekte olup, hastalık, altta yatan tromboza eğilim ile ilişkilidir (91, 92). Nadir görülse de, erişkinlerde olduğu gibi pediatrik

hastalarda da HBOT'nin faydalı olduğu olgu bazında bildirilmiştir (93). Bu çalışmada da bir hasta hariç tedaviye alınan tüm hastalarda olumlu sonuçlar alındığı tespit edildi.

Literatürde, nekrotizan yumuşak doku enfeksiyonlarında uygun cerrahi girişime ve antibiyotik tedavisine eklenen HBOT ile mortalitenin ve amputasyon oranının düştüğüne yönelik kanıtlar içeren birçok yayın bulunmaktadır. Bu yayınların toplu olarak değerlendirilmesinde, HBOT uygulanmayan toplam 217 olguda mortalitenin %45,2 olmasına karşın, HBOT uygulanan 978 olguda mortalitenin %19,3 olduğu aktarılmıştır. Yine HBOT uygulanmayan olgularda %50-55 düzeyinde bulunan amputasyon oranına karşılık HBOT uygulanan olgularda bu oranın %17-18 olduğu bildirilmiştir (94). Bu araştırmada da gazlı gangren tanısı alan iki hastanın, HBOT başlanmasıyla beraber septik tablodan çıktığı ve yaralarının geniş debridman gerektirmeden rekonstrüksiyona hazır hale geldiği saptandı.

Literatürde yer alan deneysel çalışmalarda anoksiyi izleyen ilk 2 saat içinde uygulanan HBOT'nin anoksiye bağlı hasarın ağırlığını belirgin şekilde azalttığı gösterilmektedir (95). Bu çalışmada hipoksik iskemik ensefalopati tanısıyla tedaviye alınan üç hastanın ikisinin tedaviye devam etmediği, birinde ise daha fazla nörolojik gelişme kaydedilmemesi sebebiyle tedavinin sonlandırıldığı saptandı. Çalışmada ayrıca HBOT'ye en erken 48 saat sonra başlandığı görüldü. Epifanova ve ark. yaptıkları çalışmada geç kalınmış olgularda dahi HBOT kullanılmasında yarar olduğu savunulmuştur (96). Çin'den yayımlanan birçok çalışmada yenidoğanlarda gelişen hipoksik iskemik ensefalopati olgularında HBOT'nin mortaliteyi ve nörolojik sekeli azalttığı bildirilmiş olsa da bu kaynakların kanıt kalitesi tartışma konusudur (97).

Çalışmada, ana endikasyonlar dışında septik artrit, spinal apse, mukozit ve retina nekrozu tanılarıyla da HBOT uygulandığı görüldü. Bu hastalarda, bilimsel veriler ışığında uzman görüşü ile, HBOT'nin etki mekanizmaları göz önünde bulundurularak tedaviye başlama kararı alınmaktadır.

Çalışmanın kapsadığı 30 yıllık dönemde değerlendirilen çocuk hastaların %87,2'sinde olumlu sonuç alındığı görüldü. Tek ölüm vakasının, geniş doku yaralanması olan bir hastada sepsis komplikasyonu olarak meydana geldiği saptandı ve HBOT ile ilişkili olduğu düşünülmeydi. Literatürde yer alan benzer çalışmalarda Waisman ve ark. 139 hastada, %92, Yu ve ark. 72 hastada %60 ve Frawley ve ark. 112 hastada %60 olumlu yanıt bildirmişlerdir (63, 67, 98).

Pediyatrik yaş grubunda, HBOT uygulanması esnasında karşılaşılan güçlükler ve yan etkiler erişkin popülasyonda görülen durumlar ile benzerlikler taşımaktadır (56). Bu

araştırmada, HBOT sırasında en sık karşılaşılan güçlük, kulak eşitlemede problem olarak tespit edildi. Tedavi sırasında gelişen en sık yan etki ise kulak barotravması olarak belirlendi. Çalışmada, seans sırasında kulak eşitlemede zorluk yaşayan 29 hastanın 10'unda kulak barotravması görüldüğü saptandı. Seans sonlarında rutin otoskopik muayene yapılmadığından, çalışmadaki kulak barotravması ile ilgili veriler sınırlıdır.

Çalışmada görülen yan etkiler endikasyon bazında incelendiğinde, en çok yan etkinin osteomiyelit tanısı ile HBOT alan grupta ortaya çıktığı görüldü. Bu durum osteomiyelit hastaların aldığı HBOT seans sayılarının diğer hasta gruplarından daha fazla olmasıyla ilişkilendirildi.

Araştırmada, çocuk hastalarda HBOT esnasında görülen güçlüklerin ve yan etkilerin %72,8 oranında ilk 7 seans içinde ortaya çıktığı görüldü. Literatürde de özellikle çocuk hastaların, ilk seansları takip eden seanslarda tedaviye alıştığı, anksiyete ve panik gibi güçlüklerin azaldığı bildirilmiştir (19).

En sık karşılaşılan sorun olan kulak eşitlemede güçlük çeken hastaların yaşları incelendiğinde, güçlük yaşayan hastaların yaş medyan değerlerinin, yaşamayanlara oranla daha yüksek olduğu ve aradaki farkın da istatistiksel olarak anlamlı olduğu saptandı. Bu durumun, büyük çocukların sorunlarını daha iyi dile getirebilmesinden ve küçük çocukların yaşadığı huzursuzluk, ağlama gibi tepkilerin sebebinin tam olarak değerlendirilememesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. En sık görülen yan etki olan kulak barotravması açısından yaş medyan değerleri arasında ise anlamlı bir farklılık saptanmadı.

Çalışmada oksijen toksisitesi görülme sıklığı da değerlendirildi. Çocuklarda genelde oksijen başlığı kullanıldığı göz önüne alındığında ve oksijen başlığından kaçığın maskeye kıyasla daha az olduğu düşünüldüğünde, 5110 seansta bir oksijen toksisitesi görülmesi (%0.02); tedavide verilen hava molalarının seansları oksijen toksisitesine karşı güvenli hale getirdiğini göstermektedir. Oksijene bağlı gelişen epileptik nöbet oranlarında literatürde farklılıklar vardır. Frawley ve ark. tarafından yapılan çalışmada seans bazında %0,3 oranında epileptik nöbet bildirilmişken, Waisman ve ark. yürüttüğü çalışmada hasta bazında oksijen toksisitesi oranı %1,4 olarak bildirilmiştir (63, 67). Yıldız ve ark. ise 80.000 tedavi seansı üzerinden yaptıkları çalışmada epileptik nöbet oranını 1:40.339 olarak bildirmişlerdir (99).

İstanbul Tıp Fakültesi Sualtı Hekimliği kliniğinde 2000-2008 yılları arasında tek kişilik basınç odaları bulunması nedeniyle bu dönemde yalnızca 15 çocuk hastanın tedaviye alındığı

saptandı. Bu, tekli basınç odalarında çocuk hasta yönetiminin zor olmasından kaynaklanmış olabilir (12).

Çalışmada, iyileşme izlenmeyen hastalarda tedaviyi bırakma oranı %39,4 olarak belirlendi, kısmi iyileşme kaydedilen hastalarda ise bu oranın %15 olduğu saptandı. Burada tespit edilebilen başlıca sebepler, ebeveynlerin tedaviden ayrılma isteği ve hastayı takip eden primer ekibin “hastanın tedaviden fayda görmediği düşüncesi” idi. Tedavinin devamının gerekliliği açısından ebeveynlerin yeterli bilgilendirilmesinin ve diğer branşlarla olan iletişimin daha güçlü kurulmasının, tedaviye devamın arttırılmasında fayda sağlayacağı düşünülmektedir.

Çocuk hastalarda önemli bir husus da tedaviye uyumdur. Çalışmada, özellikle tedaviye uyum sağlayamadığı için HBOT’ye devam etmeyen hastalar incelendiğinde; 10 hastanın daha ilk seans bitirilemeden tedaviyi terk ettiği ve en az 1 seans almış dört hastanın ise yine tedaviye uyum sağlayamadıkları için tedavilerinin sonlandırıldığı saptandı. Tedaviye uyumu arttırmak için çocuğa seans sırasında basınç odasında eşlik edecek refakatçinin süreç konusunda iyi bilgilendirilmesi, gerektiği takdirde yavaş kompresyon yapılması ve zorunlu durumlarda uygun sedasyonun sağlanması önem arz etmektedir. Ek olarak tedaviye uyumu geliştirmek için basınç odası ortamı çocuklara daha uygun hale getirilebilir.

Çalışmada geniş bir zaman dilimindeki hasta verileri geriye dönük olarak değerlendirildi. Doğal olarak bu zaman diliminde değişen yaklaşımlar dolayısıyla bazı karşılaştırmalar yapılamadı. Bu durum, endikasyon bazında tartışılan konulara ek olarak çalışmanın genel sınırlılığını oluşturmaktadır. Bir başka sınırlılık ise HBOT etkinliğinin genellikle sadece hekimin yargısına dayalı olarak değerlendirilmesidir. Ayrıca, kompleks hastalıklarda HBOT’nin tüm tedavideki rolünü değerlendirmek zordur.

VI. SONUÇ

Bu çalışma, bu alanda geniş bir birikimin değerlendirildiği az sayıda çalışmadan biridir ve Türkiye’de yapılan ilk çalışmadır. Çalışmada, çocuk hastalarda HBOT’nin güvenli ve başarılı bir şekilde uygulandığı ortaya koyulmuştur. Otuz yıllık bu tecrübenin sunulması, pediatrik hastaların HBOT endikasyonları açısından değerlendirilmesinde ve tedavinin yönetim sürecinde fayda sağlayacak, ayrıca planlanacak klinik çalışmalara yol gösterecektir.



VII. KAYNAKLAR

1. Bertan M, Güler Ç. Halk Sağlığı Temel Bilgiler. Ankara: Güneş Kitabevi. 1995.
2. Çimşit M. Hiperbarik Tıp: Teori ve Uygulama. 1 ed. Ankara: Eflatun Yayınevi; 2009.
3. Kindwall EP, Whelan HT. Hyperbaric Medicine Practice: Best Publishing Company; 2008.
4. 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. 2017;47(1):24.
5. Behnke AR, Shaw L. The use of oxygen in the treatment of compressed air illness. Nav Med Bull. 1937;35:1-12.
6. Douglas T, Lawson D, Ledingam IM, Norman J, Sharp G, Smith G. Carbon Monoxide Poisoning. Journal of Occupational and Environmental Medicine. 1962;4(5):287.
7. Hutchison JH, Kerr MM. The use of hyperbaric oxygen in asphyxia neonatorum and the respiratory distress syndrome. Acta Anaesthesiol Scand Suppl. 1966;25:397-8.
8. Brengola GM. Resuscitation of the asphyxial infant. Acta Anaesthesiol. 1968;19:Suppl 5:253-66.
9. Koufalik E. Use of hyperbaric oxygenation in neonatal pediatrics. Folia Clin Int (Barc). 1966;16(5):250-3.
10. Jain KK. Textbook of Hyperbaric Medicine. Springer International Publishing; 2016. p. 11-22.
11. Hunt TK, Mining M, Company M. Wound Healing and Wound Infection: Theory and Surgical Practice: Appleton-Century-Crofts; 1980.
12. Neuman TS, Thom SR. Physiology and Medicine of Hyperbaric Oxygen Therapy: Elsevier Health Sciences; 2008.
13. Levin ME, Bowker JH, Pfeifer MA. Levin and O'Neal's The Diabetic Foot: Elsevier Health Sciences; 2008.
14. Sanford NE, Wilkinson JE, Nguyen H, Diaz G, Wolcott R. Efficacy of hyperbaric oxygen therapy in bacterial biofilm eradication. J Wound Care. 2018;27(Sup1):20-8.
15. Sheffield PJ. Tissue oxygen measurements with respect to soft tissue wound healing with normobaric and hyperbaric oxygen. HBO rev. 1985;6:18-46.
16. Hutchison JH, Kerr MM, Inall JA, Shanks RA. Controlled trials of hyperbaric oxygen and tracheal intubation in asphyxia neonatorum. The Lancet. 1966;287(7444):935-9.
17. Keenan HT, Bratton SL, Norkool DM, Brogan TV, Hampson NB. Delivery of hyperbaric oxygen therapy to critically ill, mechanically ventilated children. J Crit Care. 1998;13(1):7-12.
18. Hoffman GM, Nowakowski R, Troshynski TJ, Berens RJ, Weisman SJ. Risk reduction in pediatric procedural sedation by application of an American Academy of Pediatrics/American Society of Anesthesiologists process model. Pediatrics. 2002;109(2):236-43.
19. Janisch T, Stollenwerk A, Siekmann UP, Kopp R. Treatment of children with Hyperbaric Oxygenation: an Europe-wide survey. Minerva Pediatr. 2020.
20. Moon RE. Indications for Hyperbaric Oxygen Therapy. 14 ed. Moon RE, editor. Florida USA: Best Publishing Company; 2019.

21. Hiperbarik Oksijen Tedavisi Uygulanan Özel Sağlık Merkezleri Hakkında Yönetmelik Resmi Gazete 2001.
22. Can G, Sayılı U, Sayman ÖA, Kuyumcu ÖF, Yılmaz D, Esen E, et al. Mapping of carbon monoxide related death risk in Turkey: a ten-year analysis based on news agency records. *BMC public health*. 2019;19(1):1-7.
23. Goldbaum LR, Orellano T, Dergal E. Mechanism of the toxic action of carbon monoxide. *Ann Clin Lab Sci*. 1976;6(4):372-6.
24. Pace N, Strajman E, Walker EL. Acceleration of carbon monoxide elimination in man by high pressure oxygen. *Science*. 1950;111(2894):652-4.
25. Ernst A, Zibrak JD. Carbon monoxide poisoning. *New England journal of medicine*. 1998;339(22):1603-8.
26. Lacey DJ. Neurologic sequelae of acute carbon monoxide intoxication. *Am J Dis Child*. 1981;135(2):145-7.
27. Kim JK, Coe CJ. Clinical study on carbon monoxide intoxication in children. *Yonsei Med J*. 1987;28(4):266-73.
28. Myers RA, Snyder SK, Linberg S, Cowley RA. Value of hyperbaric oxygen in suspected carbon monoxide poisoning. *Jama*. 1981;246(21):2478-80.
29. Audureau E, Hua C, De Prost N, Hemery F, Decousser J, Bosc R, et al. Mortality of necrotizing fasciitis: relative influence of individual and hospital-level factors, a nationwide multilevel study, France, 2007–12. *British Journal of Dermatology*. 2017;177(6):1575-82.
30. Malangoni MA. Necrotizing soft tissue infections: are we making any progress? *Surgical infections*. 2001;2(2):145-52.
31. Bar-Joseph G, Halberthal M, Sweed Y, Bialik V, Shoshani O, Etzioni A. Clostridium septicum infection in children with cyclic neutropenia. *J Pediatr*. 1997;131(2):317-9.
32. Sawin RS, Schaller RT, Tapper D, Morgan A, Cahill J. Early recognition of neonatal abdominal wall necrotizing fasciitis. *Am J Surg*. 1994;167(5):481-4.
33. Mirasoğlu B. Akut Travmatik İskemiler ve Hiperbarik Oksijen Tedavisi. In: Gülmez İ, Sevim D, editors. Sağlık Bilimleri Örnek Araştırmalar El Kitabı. İstanbul: Nobel Akademik Yayıncılık; 2018. p. 551-9.
34. Greaves I, Porter K, Smith JE. Consensus statement on the early management of crush injury and prevention of crush syndrome. *J R Army Med Corps*. 2003;149(4):255-9.
35. Aktaş Ş. Deprem ve crush sendromu: hiperbarik oksijen tedavisinin kullanımı. 22 Pediatri Günleri, Deprem ve Crush Sendromu Paneli; 18-21 Nisan; İstanbul 2000. p. 20-30.
36. Vazquez RL, Spahr RC. Hyperbaric oxygen use in neonates: a report of four patients. *American Journal of Diseases of Children*. 1990;144(9):1022-4.
37. Ashamalla HL, Thom SR, Goldwein JW. Hyperbaric oxygen therapy for the treatment of radiation-induced sequelae in children. The University of Pennsylvania experience. *Cancer*. 1996;77(11):2407-12.
38. Inanmaz ME, Kose KC, Isik C, Atmaca H, Basar H. Can hyperbaric oxygen be used to prevent deep infections in neuro-muscular scoliosis surgery? *BMC surgery*. 2014;14(1):1-6.
39. Dudgeon DL, Kellogg DR, Gilchrist GS, Woolley MM. Purpura fulminans. *Arch Surg*. 1971;103(3):351-8.

40. Mahasandana C, Suvatte V, Chuansumrit A, Marlar RA, Manco-Johnson MJ, Jacobson LJ, et al. Homozygous protein S deficiency in an infant with purpura fulminans. *J Pediatr*. 1990;117(5):750-3.
41. Kuzemko JA, Loder RE. Purpura fulminans treated with hyperbaric oxygen. *Br Med J*. 1970;4(5728):157.
42. Dollberg S, Nachum Z, Klar A, Engelhard D, Ginat-Israeli T, Hurvitz H, et al. Haemophilus influenzae type b purpura fulminans treated with hyperbaric oxygen. *J Infect*. 1992;25(2):197-200.
43. Nogay H, Aydin S, Aktaş S, Çimşit M. Molecular and immunological mechanism of action of HBO in the treatment of purpura fulminans. 13th European Immunology Meeting; 22-25 June; Amsterdam 1997.
44. Mendel V, Reichert B, Simanowski H, Scholz H-C. Therapy with hyperbaric oxygen and cefazolin for experimental osteomyelitis due to Staphylococcus aureus in rats. *Undersea & hyperbaric medicine*. 1999;26(3):169.
45. Chavez JA, Adkinson CD. Adjunctive hyperbaric oxygen in irradiated patients requiring dental extractions: outcomes and complications. *Journal of oral and maxillofacial surgery*. 2001;59(5):518-22.
46. Davis JC, Dunn JM, Gates GA, Heimbach RD. Hyperbaric oxygen: a new adjunct in the management of radiation necrosis. *Archives of Otolaryngology*. 1979;105(2):58-61.
47. Aktaş Ş. Travmada Hiperbarik Oksijen Kullanımı. In: Doğan R, Taştepe İ, Liman T, editors. *Travma*. Ankara: MN Medikal & Nobel; 2006. p. 853-60.
48. Calvert JW, Yin W, Patel M, Badr A, Mychaskiw G, Parent AD, et al. Hyperbaric oxygenation prevented brain injury induced by hypoxia–ischemia in a neonatal rat model. *Brain research*. 2002;951(1):1-8.
49. Calvert JW, Zhou C, Nanda A, Zhang JH. Effect of hyperbaric oxygen on apoptosis in neonatal hypoxia-ischemia rat model. *Journal of Applied Physiology*. 2003;95(5):2072-80.
50. Racic G, Maslovara S, Roje Z, Dogas Z, Tafrar R. Hyperbaric oxygen in the treatment of sudden hearing loss. *ORL*. 2003;65(6):317-20.
51. Skarzynski PH, Rajchel J, Skarzynski H. Sudden Sensorineural Hearing Loss in Children: A Literature Review. *Journal of Hearing Science*. 2016;6(4):9-18.
52. Sundy M, Malihi M, Chang EY, Amphornphruet A, Ryder S, Nikpoor N, et al. Retinal Artery Occlusions in Healthy Children. *Journal of VitreoRetinal Diseases*. 2017;1(4):257-60.
53. Schroer W. Current concepts on the pathogenesis of osteonecrosis of the femoral head. *Orthopaedic review*. 1994;23(6):487-97.
54. Peskin B, Shupak A, Levin D, Norman D, Jacob Z, Boss JF, et al. Effects of non-weight bearing and hyperbaric oxygen therapy in vascular deprivation-induced osteonecrosis of the rat femoral head. *Undersea Hyperb Med*. 2001;28(4):187-94.
55. Gunes AE, Aktas S. A review of hyperbaric oxygen therapy for avascular necrosis. *Acta Medica Mediterranea*. 2017;33(1):29-34.
56. Muller-Bolla M, Collet J, Ducruet T, Robinson A. Side effects of hyperbaric oxygen therapy in children with cerebral palsy. *Undersea Hyperb Med*. 2006;33(4):237-44.
57. Bitterman N, Bitterman H. Oxygen toxicity. *Handbook on Hyperbaric Medicine*. 2006:731-65.

58. Hadanny A, Meir O, Bechor Y, Fishlev G, Bergan J, Efrati S. Seizures during hyperbaric oxygen therapy: retrospective analysis of 62,614 treatment sessions. *Undersea Hyperb Med.* 2016;43(1):21-8.
59. Ricci B, Calogero G. Oxygen-induced retinopathy in newborn rats: effects of prolonged normobaric and hyperbaric oxygen supplementation. *Pediatrics.* 1988;82(2):193-8.
60. Lucey JF, Dangman B. A reexamination of the role of oxygen in retrolental fibroplasia. *Pediatrics.* 1984;73(1):82-96.
61. Chen M, Cital A, McCabe F, Leicht KM, Fiascone J, Dammann CE, et al. Infection, oxygen, and immaturity: interacting risk factors for retinopathy of prematurity. *Neonatology.* 2011;99(2):125-32.
62. Assali N, Kirschbaum T, Dilts Jr P. Effects of hyperbaric oxygen on uteroplacental and fetal circulation. *Circulation Research.* 1968;22(5):573-88.
63. Frawley G, Bennett M, Thistlethwaite K, Banham N. Australian paediatric hyperbaric oxygen therapy 1998–2011. *Anaesthesia and intensive care.* 2013;41(1):74-81.
64. Neyzi O, Bundak R. Büyüme – Gelişme ve Bozuklukları. In: Neyzi O, Ertuğrul T, editors. *Pediatrici.* vol 1. 3 ed. İstanbul: Nobel Tıp Kitapevi; 2002. p. 79-132.
65. Siegel LG. The treatment of idiopathic sudden sensorineural hearing loss. *Otolaryngologic Clinics of North America.* 1975;8(2):467-73.
66. Saunders PJ. Hyperbaric oxygen therapy in the management of carbon monoxide poisoning, osteoradionecrosis, burns, skin grafts, and crush injury. *International journal of technology assessment in health care.* 2003;19(3):521-5.
67. Waisman D, Shupak A, Weisz G, Melamed Y. Hyperbaric oxygen therapy in the pediatric patient: the experience of the Israel Naval Medical Institute. *Pediatrics.* 1998;102(5):E53.
68. Hart G., Strauss M., R. A. Treating The Pediatric Patient With Hyperbaric Oxygen: A Thirty Year Experience. 31st Annual Meeting of the EUBS; 7-10 Sept. 2005; Barcelona2005.
69. Çimşit M. Akut travmatik periferik iskemiler. *Hiperbarik Tıp.* 1 ed. Ankara: Eflatun Yayınevi; 2009. p. 275-94.
70. Greensmith EJ. Hyperbaric oxygen therapy in extremity trauma. *JAAOS-Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons.* 2004;12(6):376-84.
71. Dougherty JE. The role of hyperbaric oxygen therapy in crush injuries. *Critical care nursing quarterly.* 2013;36(3):299-309.
72. Chung-Wei C, Yun-Qing Q, Zhong-Jia Y. Extremity replantation. *World Journal of Surgery.* 1978;2(4):513-21.
73. Anand S, Krishnan N, Bajpai M. Utility and safety of hyperbaric oxygen therapy as a rescue treatment in complicated cases of hypospadias: A systematic review and meta-analysis. *J Pediatr Urol.* 2021.
74. Camison L, Naran S, Lee WW, Grunwaldt LJ, Davit AJ, Goldstein JA, et al. Hyperbaric Oxygen Therapy for Large Composite Grafts: An Alternative in Pediatric Facial Reconstruction. *Journal of plastic, reconstructive & aesthetic surgery : JPRAS.* 2020;73(12):2178-84.
75. Cimşit M, Aktaş S. Adjunctive hyperbaric oxygen therapy contributes healing in electrical injury: a case report of high voltage electrical injury. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg.* 2005;11(2):172-7.

76. Thom SR, Bhopale VM, Fisher D. Hyperbaric oxygen reduces delayed immune-mediated neuropathology in experimental carbon monoxide toxicity. *Toxicology and applied pharmacology*. 2006;213(2):152-9.
77. Tintinalli JE, Stapczynski JS, Ma OJ, Cline D, Meckler GD, Yealy DM. *Tintinalli's emergency medicine: a comprehensive study guide*: McGraw-Hill Education New York; 2016.
78. Çimşit M. Karbon Monoksit Zehirlenmesi. *Hiperbarik Tıp*. 1 ed. Ankara: Eflatun Yayınevi; 2009. p. 205-18.
79. Parsons B, Strauss E. Surgical management of chronic osteomyelitis. *The American journal of surgery*. 2004;188(1):57-66.
80. Lazzarini L, Lipsky BA, Mader JT. Antibiotic treatment of osteomyelitis: what have we learned from 30 years of clinical trials? *International journal of infectious diseases*. 2005;9(3):127-38.
81. Mills C. The role of hyperbaric oxygen therapy in the treatment of sternal wound infection. *European journal of cardio-thoracic surgery*. 2006;30(1):153-9.
82. Siondalski P, Keita L, Sićko Z, Zelechowski P, Jaworski Ł, Rogowski J. Surgical treatment and adjunct hyperbaric therapy to improve healing of wound infection complications after sterno-mediastinitis. *Pneumonologia i alergologia polska*. 2003;71(1-2):12-6.
83. Wang SK, Lemmon GW, Drucker NA, Motaganahalli RL, Dalsing MC, Gutwein AR, et al. Results of nonoperative management of acute limb ischemia in infants. *Journal of vascular surgery*. 2018;67(5):1480-3.
84. Inci E, Edizer DT, Tahamiler R, Guvenc MG, Oktem F, Enver O, et al. Prognostic factors of sudden sensorineural hearing loss in children. *The Journal of International Advanced Otology*. 2011;7(1):62-6.
85. Lackner H, Benesch M, Moser A, Smolle-Jüttner F, Linhart W, Raith J, et al. Aseptic osteonecrosis in children and adolescents treated for hemato-oncologic diseases: a 13-year longitudinal observational study. *Journal of pediatric hematology/oncology*. 2005;27(5):259-63.
86. Bernbeck B, Christaras A, Krauth K, Lentrodt S, Strelow H, Schaper J, et al. Bone Marrow Oedema and Aseptic Osteonecrosis in Children and Adolescents with Acute Lymphoblastic Leukaemia or Non-Hodgkin-Lymphoma Treated with Hyperbaric-Oxygen-Therapy: An Approach to Cure? *Klinische Pädiatrie*. 2004;216(06):370-8.
87. Scherer A, Engelbrecht V, Bernbeck B, May P, Willers R, Gobel U, et al. MRI evaluation of aseptic osteonecrosis in children over the course of hyperbaric oxygen therapy. *Rofo*. 2000;172(10):798-801.
88. Ibrahim M, Bhyravabhotla K, Khalaf B, Van Meter K, Saba NS, Safah H, et al. The utility of hyperbaric oxygen therapy in post-transplant cyclophosphamide-induced hemorrhagic cystitis: a case report and review of the literature. *Journal of Medical Case Reports*. 2021;15(1):1-4.
89. Bratsas K, Stephanides A, Spyropoulos E, Zachariades B, Androulakis P. Hyperbaric oxygen therapy for cyclophosphamide induced refractory hemorrhagic cystitis in a child. *The Journal of urology*. 2004;172(2):679.
90. Decker DB, Karam JA, Wilcox DT. Pediatric hemorrhagic cystitis. *J Pediatr Urol*. 2009;5(4):254-64.

91. Brown GC, Magargal LE, Shields JA, Goldberg RE, Walsh PN. Retinal arterial obstruction in children and young adults. *Ophthalmology*. 1981;88(1):18-25.
92. Greven CM, Slusher MM, Weaver RG. Retinal arterial occlusions in young adults. *American journal of ophthalmology*. 1995;120(6):776-83.
93. Celebi AR, Kadayifcilar S, Eldem B. Hyperbaric oxygen therapy in branch retinal artery occlusion in a 15-year-old boy with methylenetetrahydrofolate reductase mutation. *Case Rep Ophthalmol Med*. 2015.
94. Aktaş Ş. Anaerob infeksiyonlarda hiperbarik oksijen tedavisi. *Ankem dergisi* 2001;15(3):611-6.
95. Wang X-L, Yang Y-J, Wang Q-H, Yu X-H, Xie M, Liu C-T, et al. Effect of hyperbaric oxygen therapy administered at different time on white matter damage following hypoxic-ischemic brain damage in neonatal rats. *Zhongguo Dang dai er ke za zhi= Chinese Journal of Contemporary Pediatrics*. 2007;9(4):308-12.
96. Epifanova N, Luzhnikov E, Ishmukhametov A, Khvatov V, Kukshina A, Fedorova N, et al. Time course of toxic hypoxic encephalopathy during combined therapy including hyperbaric oxygenation. *Anesteziologiya i reanimatologiya*. 2002(2):17-20.
97. Liu Z, Xiong T, Meads C. Clinical effectiveness of treatment with hyperbaric oxygen for neonatal hypoxic-ischaemic encephalopathy: systematic review of Chinese literature. *Bmj*. 2006;333(7564):374-81.
98. Yu T, Poon C, Moore P, Terry M, Gold P, Lo T. A 10-Year Retrospective Study of The Effectiveness of Hyperbaric Oxygen Therapy in Treating Critically Ill Pediatric Patients. *UHMS Annual Scientific Meeting*; June 26-28; Salt Lake City, Utah2008.
99. Yıldız Ş, Aktaş Ş, Cimşit M, Ay H. Seizure incidence in 80,000 patient treatments with hyperbaric oxygen. *Aviation, space, and environmental medicine*. 2004;75(11):992-4.

VIII. EKLER

Ek 1.

Tarih ve Sayı: 30.09.2021-508161



T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
İstanbul Tıp Fakültesi Dekanlığı



Sayı :E-29624016-050.99-508161
Konu :Prof. Dr. Salih AYDIN hk.

Sayın Prof. Dr. Salih AYDIN
Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp

Sorumlu araştırmacılığını üstlendiğiniz ve Dr. Zeynep CANAZ' ın yürüteceği 2021/1414 dosya numaralı "Hiperbarik Oksijen Tedavisi Uygulanmış 0-14 Yaş Grubu Hastaların Değerlendirilmesi" başlıklı çalışma, kurulumuzun 30/07/2021 tarih ve 15 sayılı toplantısında görüşülerek etik yönden uygun bulunmuş olup, tutanaklar ekte sunulmuştur.

Bilgilerinizi rica ederim.

Prof. Dr. Ali Yağız ÜRESİN
Kurul Başkanı

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Belge Doğrulama Kodu :BSN2S97YCZ Pin Kodu :38192
İstanbul Tıp Fakültesi Dekanlığı Çapa/Fatih/İSTANBUL
Tel : 0 212 414 21 38/414 20 00-31561 Faks : 0 212 414 21 38 / 635 11 93
e-posta : itf-dekanlik@istanbul.edu.tr Elektronik Ağ : http://istanbul.tip.istanbul.edu.tr
Kep Adresi: istanbuluniversitesi@hs01.kep.tr

Belge Takip Adresi : <https://www.turkiye.gov.tr/istanbul-universitesi-ebys>

Bilgi için : Cihan KILIÇ
Dahili : 31346



