

3.2. Artırılmış Gerçeklik Entegrasyonu: 3D modelleme, ameliyathanede artırılmış gerçeklik ile birleştirilerek cerrahi ekibin gerçek zamanlı anatomik görüntülerle çalışmasına olanak tanır. Bu teknoloji, minimal invaziv cerrahide devrim yarattığı gibi cerrahi ekibin ameliyat uyumunu da artırmaktadır.

4. EĞİTİM VE HASTA KATILIMI

3D baskılı modeller, tıp eğitiminde cerrahi tekniklerin (osteotomi, vida yerleştirme) simülasyonunu kolaylaştırırken, hasta eğitiminde tedavi sürecinin görselleştirilmesiyle bilinçli onam oranlarını yükseltmektedir.

4.1. Cerrahi Eğitim: Tıp öğrencileri ve uzmanlar, 3D baskılı kemik ve eklem modelleri üzerinde osteotomi, vida yerleştirme gibi teknikleri risksiz bir şekilde deneyimler. Özellikle karmaşık spinal cerrahilerde bu modeller, teorik bilgiyi pratiğe dönüştürür. Ayrıca kompleks tümör cerrahilerinde de ameliyatın yönetimini önceden kavramaları sağlanır.

4.2. Hasta İletişimi: Hastalar, 3D modeller aracılığıyla kendi anatomilerini ve tedavi sürecini görselleştirerek bilinçli onam verebilir. Örneğin, skolyozlu bir hasta, omurgasındaki eğriliğin cerrahi ile nasıl düzeltileceğini anlayabilir. Ayrıca travma, tümör vakalarında da kendilerinde olan patolojileri, yapılacak ameliyatı ve sonrasında ki rehabilitasyon süreçleri hakkında daha bilgili olurlar.

5. ARAŞTIRMA VE YENİLİKÇİ TEDAVİLER

Son yıllarda biyobaskı teknolojisindeki gelişmeler, kemik doku mühendisliği için biyoresorbabl ve biyoaktif iskelelerin üretimine olanak tanıyarak otogreft bağımlılığını azaltma potansiyeli taşımaktadır. Ancak, teknolojinin yaygın klinik entegrasyonu önündeki regülasyonel standartların eksikliği, maliyet etkinlik analizleri ve uzun dönem klinik veri gereksinimi gibi engellerin multidisipliner yaklaşımlarla ele alınması gerekmektedir.

5.1 Biomekanik Analiz: 3D modelleme, implantların stres dağılımını veya kemik iyileşme süreçlerini simüle etmek için kullanılır. Bu, daha dayanıklı tasarımların geliştirilmesini sağlar.

5.2. Biyobaskı: Kemik ve kıkırdak dokusu üretimi için biyomürekkep kullanılarak yapılan deneysel çalışmalar, rejeneratif tıbbın geleceğini şekillendiriyor. Örneğin, osteosarkom sonrası kemik rekonstrüksiyonunda biyobaskılı yapıların kullanımı üzerine araştırmalar devam etmektedir.

6. AVANTAJLAR VE KLİNİK SONUÇLAR

3D modelleme, ortopedide standart tedavileri kişiselleştirilmiş ve öngörülebilir bir sürece dönüştürmüştür. Teknolojinin hızla ilerlemesi, cerrahlara sınırsız bir inovasyon alanı sunarken, hastalar için daha güvenli ve etkili tedavilerin kapısını aralamaktadır.

6.1. Yüksek Başarı Oranı: Kişiselleştirilmiş yaklaşım, implant uyumsuzluğunu %30'a kadar azaltır.

6.2. Maliyet Etkinliği: Başarısız cerrahi girişimlerin ve revizyon ameliyatlarının önlenmesi, sağlık sistemine uzun vadede tasarruf sağlar.

6.3. Hasta Memnuniyeti: Anatomik restorasyonun daha iyi olması sağlayarak, fonksiyonel iyileşmeyi hızlandırır ve yaşam kalitesini artırır.

7. ZORLUKLAR VE SINIRLAMALAR

3D baskı teknolojisinin yukarıda bahsedilen faydaları mevcut iken, bu potansiyelin tam olarak kullanılabilmesi için teknik, ekonomik ve etik engellerin aşılması gerekmektedir.

7.1. Teknik Altyapı: 3D modelleme için yazılım ve donanım maliyetleri yüksektir. Ayrıca, tıbbi görüntülerin işlenmesi konusunda uzmanlık gereklidir.

7.2. Regülasyonlar: Kişiselleştirilmiş implantların klinik kullanımı için FDA veya CE onay süreçleri karmaşıktır ve zaman alır.

7.3. Etik Sorunlar: Biyobaskı gibi yenilikçi teknolojiler, hasta güvenliği ve etik standartlar açısından tartışmalara yol açabilir.

Sonuç olarak, 3D baskı teknolojisi, ortopedik cerrahide anatomiye özgünlük, fonksiyonel restorasyon ve minimal invazivlik prensiplerini birleştirerek kişiselleştirilmiş tedavi paradigmasını güçlendirmektedir. Bu bağlamda, teknolojinin cerrahi eğitim, implant tasarımı ve rejeneratif tıp alanlarındaki gelecek uygulamaları, klinik sonuçların daha da iyileştirilmesine katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

1. Ozturk AM, Ozer MA, Suer O, Derin O, Govsa F, Aktuglu K. Evaluation of the effects of using 3D - patient specific models of displaced intra - articular calcaneal fractures in surgery. Injury. 2022 Oct;53 Suppl 2:S40-S51.

2. Ozturk AM, Suer O, Derin O, Ozer MA, Govsa F, Aktuglu K. Surgical advantages of using 3D patient-specific models in high-energy tibial plateau fractures. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2020 Oct;46(5):1183-1194.
3. Öztürk AM, Süer O, Govsa F, Özer MA, Akçalı Ö. Patient-specific three-dimensional printing spine model for surgical planning in AO spine type-C fracture posterior long-segment fixation. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2022 Mar;56(2):138-146.
4. Ozturk AM, Suer O, Coban I, Ozer MA, Govsa F. Three-Dimensional Printed Anatomical Models Help in Correcting Foot Alignment in Hallux Valgus Deformities. *Indian J Orthop.* 2020 Apr 23;54(Suppl 1):199-209.
5. Öztürk AM, Süer O, Şirintürk S, Aktuğlu K, Govsa F, Özer MA. A retrospective comparison of the conventional versus three-dimensional printed model-assisted surgery in the treatment of acetabular fractures. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2020 Jul;54(4):385-393.
6. Ozturk, A.M., Ozer, M.A., Suer, O. et al. Patient-Specific Three-Dimensional Model for a Safe Surgical Pathway in Sacral Chondrosarcoma. *Indian J Surg Oncol* 2019 Mar;10(1):107–114.
7. Ozturk AM, Sirinturk S, Kucuk L, Yaprak F, Govsa F, Ozer MA, Cagirici U, Sabah D. Multidisciplinary Assessment of Planning and Resection of Complex Bone Tumor Using Patient-Specific 3D Model. *Indian J Surg Oncol.* 2019 Mar;10(1):115-124.
8. Ozturk V, Ozturk AM, Ozer MA, Govsa F. Applying a three-dimensional curved lumbar spine model to simulate surgery for training residents in pedicle screw insertion. *Surg Radiol Anat.* 2024 Dec 30;47(1):49.
9. Thiruchandran G, Dean O, Alim D, Crawford A, Salim O. Three-dimensional printing in orthopaedic surgery: A review of current and future applications. *J Orthop.* 2024 Jul 20;59:22-26.
10. Levesque JN, Shah A, Ekhtiari S, Yan JR, Thornley P, Williams DS. Three-dimensional printing in orthopaedic surgery: a scoping review. *EFORT Open Rev.* 2020 Aug 1;5(7):430-441.
11. Wixted CM, Peterson JR, Kadakia RJ, Adams SB. Three-dimensional Printing in Orthopaedic Surgery: Current Applications and Future Developments. *J Am Acad Orthop Surg Glob Res Rev.* 2021 Apr 20;5(4):e20.00230-11.

KEMİK İLİĞİ ÖDEMİNE ORTOPEDİK YAKLAŞIM

C. Sertaç SARUHAN

İzmir Şehir Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği

TANIM

Kemik iliği ödemi (KİÖ), manyetik rezonans görüntülemeye (MRG) sık görülen bir bulgu için kullanılan tanımlayıcı bir terimdir (1).

Semptomların özgüllüğü ve zayıf radyografik bulgular nedeniyle tanı zor olabilir. MRI, yağ baskılanmış, T2 ağırlıklı görüntülerde yüksek sinyal yoğunluğuna sahip kemiğin değişmiş sinyal alanını, genellikle T1 ağırlıklı görüntülerde orta veya düşük sinyal yoğunluğuyla birliktelik gösterir (1).

KİÖ sendromu, çeşitli benzer ve örtüşen durumlarla ilişkilendirilen alt ekstremitelerde ağırlı bir durumdur. KİÖ ile ilişkili hastalıkların etiyolojiye göre sınıflandırılması daha önce Starr ve arkadaşları (2) ve daha yakın zamanda Eriksen ve Ringel tarafından önerilmiştir (1). Alternatif olarak, KİÖ, altta yatan mekanizmaya göre; reaktif, iskemik ve mekanik olarak gruplandırılabilir (3). KİÖ'nin nedenini belirlemek çok önemlidir çünkü başarılı tedavi altta yatan mekanizmaya bağlıdır.

ETİYOLOJİ

Reaktif KİÖ

Vücudun eklem içi enfeksiyon, osteomyelit, inflamatuvar artrit veya tümörler gibi bir sürece verdiği inflamatuvar yanıttan kaynaklanır. Mekanik ve iskemik nedenlerin aksine, reaktif KİÖ lezyonları genellikle radyografilerde veya MRI'larda ek bulgulara sahip olabilir. Septik artrit ve osteomyelit durumunda, hasta ateş veya sepsis, etkilenen eklem hareket açıklığının sınırlı olması ve yürüme zorluğu ile gelebilir. Ayrıca yakın zamanda veya uzak bir odakta enfeksiyon öyküsü de olabilir. Tanıda laboratuvar incelemeleri, aspirasyon ve doku kültürleri ön plandadır (3). İnflamatuvar artrit, tutulumun evresine bağlı olarak, kemik değişiklikleri MRI'da değerlendirilebilir. Romatoid artrit MRG'deki KİÖ, radyografilerde kemik değişikliklerinden önce mevcut olabilen ve ilerleyici hastalık erozyonlarını ve kıkırdak hasarını gösterebilen inflamatuvar infiltratları ve artmış vaskülarizasyon şeklinde kendini gösterir (4). Benzer şekilde gut veya psödogutta ürik asit veya hidroksi-apatit kristallerinin doku birikimi MRI'da KİÖ'ni gösterebilir (5).

İskemik KİÖ

Osteonekroz (ON), dizin spontan osteonekrozu (SONK), artroskopi sonrası osteonekroz (PAON), osteokondritis dissekans (OCD) ve kompleks bölgesel ağrı sendromu (CRPS), MRI'da KİÖ'ni gösterebilir ve kemik perfüzyonunda azalma ile karakterizedir (3). Diz osteonekrozunda veya sekonder (atravmatik) osteonekrozunda, azalmış perfüzyon hücrel nekroza, yağlı kemik iliği infiltrasyonuna ve artmış intramedüller basınca neden olur (6). Genellikle 45 yaş altı hastaları etkiler, kadınlarda daha sık görülür ve sıklıkla çok sayıda eklemi etkileyen çoklu lezyonları içerir, bilateral olabilir (%80) ve hem femoral kondilleri hem de ilgili femur veya tibianın epifizini, diyafizini ve metafizini etkileyebilir. Doğrudan nedenleri (orak hücre hastalığı, keson hastalığı, Gaucher hastalığı ve miyeloproliferatif bozukluklar) ve dolaylı ilişkileri (alkol, kortikosteroidler, tütün ve obezite) olan çok sayıda durumla ilişkilendirilmiştir; en yaygın risk faktörleri kortikosteroid kullanımı ve alkol kötüye kullanımıdır (%90) (7). İkincil osteonekrozdan farklı olarak, SONK genellikle belirgin bir etiyolojiye sahip değildir ve osteonekrozla ilişkili risk faktörleriyle ilişkisi yoktur. SONK tipik olarak bir eklemi tutar, medial femoral kondil epifiz bölgesi en sık etkilenen yerdir (%94) ve en sık 60 yaşından büyük kadınları etkiler (7). PAON, artroskopik menisektomi, shaver destekli kondroplasti, ön çapraz bağ rekonstrüksiyonu ve lazer veya radyofrekans destekli debridmandan sonrası tanımlanmıştır ve idiyopatik vasküler hasardan kaynaklandığı düşünülmektedir (8). Bu değişiklikler artroskopik diz ameliyatından sonra hastaların %34'üne kadar görülebilir (9). Son olarak, kompleks bölgesel ağrı sendromu, etkilenen kemiklere kan akışını etkileyebilen anormal bir sempatik yanıttır. Klinik muayene bulgularıyla orantısız ağrı ile karakterizedir ve genellikle cerrahi bir prosedür veya yaralanmayı takip eder (10).

Mekanik KİÖ

KİÖ 'nin mekanik nedenleri arasında ekstremitenin veya eklemde yanlış hizalanması, bağ veya menisküs yaralanması, kemik ezilmesi veya yetersizlik kırığı, aşırı kullanım veya tekrarlayan stres yaralanması ve kemiğin kırığı bulunur. Burada, KİÖ iki şekilde meydana gelebilir. Birincisi, doğrudan travma veya kemik sıkışması meydana gelebilir ve subkondral kemikte hasar normal iyileşme ortamında devam edebilir veya kırıldak hasarı, yanlış hizalama veya menisküs yaralanmasına ikincil olarak eklem stresinde artış ile meydana gelebilir (3). İkinci olarak, normal bir eklemden bile subkondral kemik iyileşmesinin bozulması sonucu KİÖ ortaya çıkabilir.

GÖRÜNTÜLEME

KİÖ tanım gereği MRI'da gösterilen kemikteki değişmiş sinyallerdir. Bu değişiklikler T1 ağırlıklı görüntülerde orta veya düşük sinyal yoğunluğunda ve yağ baskılanmış T2 ağırlıklı sekanslarında yüksek sinyal yoğunluğundadır (2). Çoğu durumda, düz radyografilerde veya bilgisayarlı tomografide (BT) gösterilen KİÖ'ne dair bir kanıt görülmemiştir. Lokalize osteoporoz, osteomyelit veya kalçanın geçici osteoporozu gibi durumlarda BT veya radyografide KİÖ'nin konumuna karşılık gelen bölgelerde kemik bulguları olabilir.

Akut travmatik durum, tekrarlayan yüklem ve yetersizlik kırıkları genellikle başlangıçta MRI'da görünmeyen muhtemelen tespit edilemeyen bir kırık hattı veya mikro kırık ile kemik ödemi ile işaretlenir. Bu yaralanmalar en sık medial femoral kondilde görülür ancak lateral femoral kondilde veya tibial platoda da bulunabilir. Yetersizlik kırıklarında etkilenen kompartmanda kırıkta lezyonları ve menisküs yaralanmaları, sıklıkla radyal ve kök yırtıkları görülebilir (11).

KONSERVATİF TEDAVİ

MRI'da ağrısı ve KİÖ olan hastalar için ilk tedavi osteoartrit tedavisine paraleldir. Etkilenen ekstremitenin dinlendirilmesi önerilir ve 3 ila 6 hafta boyunca kısmi veya ağırlık vermeme semptomları iyileştirebilir (12). Oral nonsteroid antiinflamatuvar ilaçlar, altta yatan patolojiyi değiştirmeden semptomatik rahatlama sağlayabilir (3). Mekanik dizilim bozukluğunda semptomatik kompartmanı rahatlatmak için yükten kurtarıcı breys destek kullanılabilir ve osteoartrit varsa, intraartiküler kortikosteroid enjeksiyonu denenebilir.

KİÖ'nde görülen artmış kemik rezorpsiyonu ve yeniden şekillenmesi göz önüne alındığında, bifosfonatlar kronik KİÖ için kendi endikasyonu dışı bir tedavi olarak önerilmiştir. Pamidronat (intravenöz), klodronat (intravenöz) ve alendronatın (oral) etkinliği gösterilmiştir (13). Çeşitli çalışmalarda semptom süresinde azalma, ekstremit fonksiyonunda iyileşme ve MRI'da kalan KİÖ'nde azalma gösterilmiştir (14). Pamidronat ve klodronat böbrek toksisitesini önlemek için uzun süreli, yavaş, intravenöz uygulamaya ihtiyaç duyar, bu da dozlamayı zor ve pahalı hale getirir. Her ne kadar oral yolla alınsa da, alendronat iki haftada bir doz gerektirir ve zayıf enteral emilim klinik yanıtı geciktirebilir (13).

Benzer şekilde, osteoporoz tedavisinde kullanılan nükleer faktör kappa-B ligandının reseptör aktivatörüne bağlanan bir monoklonal antikor olan denosumab, kronik KİÖ tedavisinde uygulanmıştır. İntravenöz uygulanmasından önce ve sonra, hastalara yeterli D vitamini verilmeli ve kalsiyum seviyeleri izlenmelidir (15).

Prostasiklinler, özellikle iloprost, vazodilatör etkileri ve trombosit agregasyonunu inhibe etmesi nedeniyle tedaviye yardımcı olarak da önerilmiştir (16).

Yetersiz D vitamininin muhtemelen kemik mineral yoğunluğu ile ilişkisi nedeniyle altta yatan patolojiye katkıda bulunabileceğini düşündürmektedir (17). Bu, D vitamini takviyesinin düşünülmesi gereken basit bir tedavi olabileceğini düşündürmektedir, ancak daha geniş çaplı araştırmalar bu ilişkiyi doğrulamalıdır.

CERRAHİ TEDAVİ

KİÖ'nin cerrahi tedavisi, konservatif tedavinin başarısız olduğu durumlarda göz önüne alınmalıdır. Şüphelenilen altta yatan patolojiye bağlı olarak birden fazla prosedür önerilmiştir. Osteoartritin bir faktör olduğu düşünüldüğünde ve hastalar kilo verme, kortikosteroid enjeksiyonları, viskosuplementasyon ve fizik tedavi gibi geleneksel tedavilerden fayda görmediklerinde, cerrahi tedavi düşünülebilir. Cerrahi müdahale, dizilim bozukluğu derecesine, osteoartritin evresine ve hastanın yaşına bağlıdır (12). Erken osteoartrit prosedürleri arasında mikrokırık ve osteokondral transplantasyon veya otolog kondrosit implantasyonu gibi kırıkta restorasyon prosedürleri yer alır. Bu prosedürler, erken dönemde umut verici sonuçlar göstermiştir (18).

Dizilim bozukluğunu düşündüren bulgularla izole bir medial kompartıman tutulumuyla gelişen osteoartritte yüksek tibial osteotomi düşünülebilir. (19). Sonuç olarak, son evre osteoartritin tedavisi genellikle total diz artroplastisidir.

Kronik KİÖ'li veya reaktif lezyonla sabit bir kanıt olmaksızın osteonekrozu olan ve konservatif tedaviden fayda görmeyen hastalara kor dekompresyon (KD), kalsiyum fosfat (CaP) kemik greftleri ile KD veya daha yakın zamanda biyolojiklerle güçlendirilmiş kemik greft enjeksiyonları uygulanabilir. KD'nun (basıncı azaltmak ve kan akışını artırmak için ilgili bölgede delik açılması) yüksek intramedüller basınçları azaltarak KİÖ ile ilişkili semptomları azalttığı varsayılmaktadır (20). KD düşük morbiditeye sahiptir ve ayakta tedavi prosedürü olarak yapılabilir ancak ameliyat sonrası daha az ağırlık taşıma ve fizyoterapi gerektirir. CaP greft enjeksiyon ile birlikte KD (subkondroplasti [SCP]) yapısal dayanıklılık sağlar yük taşımaya izin verir (21). Daha yeni ve benzer bir prosedür, kemik grefti ile karıştırılmış otolog biyolojik ajanların doğrudan KİÖ'ne enjeksiyonunu içerir. İliak kanattan alına kemik iliği aspiratın işlenmesi ve CaP ile karıştırılması şeklinde yapılan bu işlemde umut vadeden sonuçlara ulaşılmıştır (22).

HİPERBARİK OKSİJEN TEDAVİSİ

KİÖ tedavisinde hiperbarik oksijen tedavisi (HBOT) konservatif sağaltıma bir alternatiftir. Hayvan deneylerinde hiperbarik oksijenin fibroblast proliferasyonunu ve kılcal anjiyogenezisi destekleyebileceği gösterilmiştir. Bu durum HBO'nin KİÖ'ni tedavi etmek için olası bir mekanizma olabileceğini düşündürür (23). Yapılan klinik bir çalışmada hiperbarik oksijenin geçici KİÖ tedavisinde etkili görüldüğünü ve sadece tıbbi tedaviye kıyasla kalça fonksiyonunun iyileşmesini hızlandırdığını göstermiştir (24). HBOT, plazmadaki tümör nekroz faktörü-A ve interlökin-6 seviyelerini düşürerek enflamasyonu azaltır ve KİÖ'li hastalarda ağrıda azalma görülebilir (25). Erken evre avasküler nekrozda gelişen KİÖ üzerine oldukça başarılı sonuçlar bildirilmiştir. HBOT'nin başlıca komplikasyonları barotravma ve klostrofobi ile ilişkilidir, nadir görülen ciddi komplikasyonlar arasında ise ilerleyici miyopi, dispne ve nöbetler bulunur. Bu nedenle kısıtlayıcı akciğer hastalığı, pnömotoraks ve kemoterapi HBOT için kontrendikasyon oluşturmaktadır.

Sonuç olarak KİÖ tedavisinde HBOT ile enflamasyon azalır ağrı hafifler, iyileşme süreci hızlanarak eklem fonksiyonları artar ve bu sayede hastanın yaşam kalitesi daha iyi bir noktaya gelir. Uygun klinik durumlarda hastalar cerrahi öncesi mutlaka HBOT açısından değerlendirilmelidir.

ÖZET

MRG'de KİÖ bir dizi tanıyı kapsar. Varlığı ağrı, kötüleşen kıkırdak dejenerasyonu, eklem içi patoloji ve gelecekte eklem replasmanı (artroplasty) ihtiyacı ile ilişkilendirilmiştir. Reaktif lezyonlara veya akut travmatik geçmişe dair kanıt yoksa, tedavisi osteoartrit ile paralel olmalıdır. Osteoartrit tedavi yöntemlerine ek olarak, bifosfonat tedavisi, prostasiklin tedavisi, yanlış hizalama düzeltilmesi, kor dekompresyonu, kalsiyum fosfat kemik grefti enjeksiyonlu subkondroplasti ve daha yakın zamanda biyolojik enjeksiyonlu SCP ağırlı KİÖ tedavisinde umut vadetmektedir.

KAYNAKLAR

- 1- Eriksen EF, Ringe JD: Bone marrow lesions: A universal bone response to injury? Rheumatol Int 2012;32:575-584.
- 2- Starr AM, Wessely MA, Albastaki U, Pierre-Jerome C, Kettner NW: Bone marrow edema: Pathophysiology, differential diagnosis, and imaging. Acta Radiol 2008;49:771-786.

- 3- Hofmann S, Kramer J, Breitenseher M, Pietsch M, Aigner N: Bone marrow edema in the knee. Differential diagnosis and therapeutic possibilities [in German]. *Orthopade* 2006;35:463-475.
- 4- Felson DT, Chaisson CE, Hill CL, et al: The association of bone marrow lesions with pain in knee osteoarthritis. *Ann Intern Med* 2001;134:541-549.
- 5- Diekhoff T, Engelhard N, Fuchs M, et al: Single-source dual-energy computed tomography for the assessment of bone marrow oedema in vertebral compression fractures: A prospective diagnostic accuracy study. *Eur Radiol* 2019;29:31-39.
- 6- Mont MA, Marker DR, Zywiol MG, Carrino JA: Osteonecrosis of the knee and related conditions. *J Am Acad Orthop Surg* 2011;19:482-494.
- 7- Mont MA, Marker DR, Zywiol MG, Carrino JA: Osteonecrosis of the knee and related conditions. *J Am Acad Orthop Surg* 2011;19:482-494
- 8- Mont MA, Baumgarten KM, Rifai A, Bluemke DA, Jones LC, Hungerford DS: Atraumatic osteonecrosis of the knee. *J Bone Joint Surg Am* 2000;82:1279-1290.
- 9- Hussain ZB, Chahla J, Mandelbaum BR, Gomoll AH, LaPrade RF: The role of meniscal tears in spontaneous osteonecrosis of the knee: A systematic review of suspected etiology and a call to revisit nomenclature. *Am J Sports Med* 2019;47: 501-507.
- 10- Chua K, Kang JYB, Ng FDJ, et al: Subchondroplasty for bone marrow lesions in the arthritic knee results in pain relief and improvement in function. *J Knee Surg* 2019; November 21 [Epub ahead of print]
- 11- Bonadio MB, Giglio PN, Helito CP, Pécora JR, Camanho GL, Deman MK: Subchondroplasty for treating bone marrow lesions in the knee: Initial experience. *Rev Bras Ortop* 2017;52: 325-330.
- 12- Sharkey PF, Cohen SB, Leinberry CF, Parvizi J: Subchondral bone marrow lesions associated with knee osteoarthritis. *Am J Orthop* 2012;41:413-417.
- 13- Ringe JD, Dorst A, Faber H: Effective and rapid treatment of painful localized transient osteoporosis (bone marrow edema) with intravenous ibandronate. *Osteoporos Int* 2005;16:2063-2068.

- 14- Simon MJ, Barvencik F, Luttke M, Amling M, Mueller-Wohlfahrt HW, Ueblicher P: Intravenous bisphosphonates and vitamin D in the treatment of bone marrow oedema in professional athletes. *Injury* 2014;45: 981-987.
- 15- Rolvien T, Schmidt T, Butscheidt S, Amling M, Barvencik F: Denosumab is effective in the treatment of bone marrow oedema syndrome. *Injury* 2017;48:874-879.
- 16- Baier C, Schaumburger J, Götz J, et al: Bisphosphonates or prostacyclin in the treatment of bone-marrow oedema syndrome of the knee and foot. *Rheumatol Int* 2013;33:1397-1402.
- 17-Horas K, Fraissler L, Maier G, et al: High prevalence of vitamin D deficiency in patients with bone marrow edema syndrome of the foot and ankle. *Foot Ankle Int* 2017;38:760-766.
- 18-Harris JD, Brophy RH, Siston RA, Flanigan DC: Treatment of chondral defects in the athlete's knee. *Arthroscopy* 2010;26: 841-852.
- 19- Kröner AH, Berger CE, Kluger R, Oberhauser G, Bock P, Engel A: Influence of high tibial osteotomy on bone marrow edema in the knee. *Clin Orthop Relat Res* 2007;454:155-162.
- 20- Arbeloa-Gutierrez L, Dean CS, Chahla J, Pascual-Garrido C: Core decompression augmented with autologous bone marrow aspiration concentrate for early avascular necrosis of the femoral head. *Arthrosc Tech* 2016;5:e615-e620.
- 21- Cohen SB, Sharkey PF: Subchondroplasty for treating bone marrow lesions. *J Knee Surg* 2016;29:555-563.
- 22- Kasik CS, Martinkovich S, Mosier B, Akhavan S: Short-term outcomes for the biologic treatment of bone marrow edema of the knee using bone marrow aspirate concentrate and injectable demineralized bone matrix. *Arthrosc Sports Med Rehabil* 2019;1:e7-e14.
- 23- M. Strauss Femoral head necrosis and hyperbaric oxygen therapy *Hyperb Med Pract* (2008), pp. 909-927
- 24- Capone A, Podda D, Ennas F, et al. Hyperbaric oxygen therapy for transient bone marrow oedema syndrome of the hip. *Hip Int.* 2011;21:211–6..
- 25- Gerardo B. Hyperbaric oxygen therapy ameliorates osteonecrosis in patients by modulating inflammation and oxidative stress. *J Enzyme Inhib Med Chem.* 2018;33:1501–5

İMMERSİYON PULMONER ÖDEM

Şamil Aktaş

İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi, Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp AD

TANIM VE TERMİNOLOJİ

Pulmoner ödem alveolakapiller membranda interstisyel planda ve daha ileri durumlarda alveol içinde sıvı birikmesine verilen genel bir isimdir. Daha şiddetli durumlarda alveol içine kanama gerçekleşir ki bu durumda da hemoptiziden söz edilir. Hava soluyan bir canlının alveollerinin ödem veya kan, sıvı ile dolması solunumu bozar ve giderek yaşamı ciddi biçimde tehdit eden durumlara yol açar. Genel tıp pratiğinde pulmoner ödeme yol açabilecek sayısız patolojiden bahsedilebilir. Bu patolojiler geleneksel olarak kardiyojenik ve non-kardiyojenik olarak iki grupta sınıflandırılır.

İmmersiyon Pulmoner Ödem (*Immersion Pulmonary Edema, IPE*) temel olarak sağlıklı kişilerde su içinde yapılan aktivitelere bağlı olarak gelişen pulmoner ödemi tanımlamak için kullanılır. Bu alandaki terminoloji son derece karışıktır. Serbest dalıcıların ve zıpkıncıların karşılaştığı durumlar yalnızca IPE ile tarif edilirken yüzücüler için “Yüzmeden Kaynaklanan Pulmoner Ödem” (*Swimming-induced pulmonary edema, SIPE*), scuba dalıcıları için “Scuba Dalışı Pulmoner Ödemi” (*Scuba diving pulmonary edema, SDPE*) terimleri kullanılmaktadır. Öte yandan benzer durumların karıştığı “Egzersiz Kaynaklı Pulmoner Ödem” (*Exercise-induced pulmonary edema, EIPE*), farklı mekanizmaların devreye girdiği “Yüksek İrtifa Pulmoner Ödemi” (*High-altitude pulmonary edema, HAPE*) durumları da bulunmaktadır. Bu isimlendirmelerde İngiliz ve Amerikan İngilizcesindeki edema/oedema yazılış farkı nedeniyle bazı yayınlarda kısaltmalarda ödem için E harfi değil O harfi de kullanılmaktadır. Eğer klinik olarak hemoptizi de görülmüşse adlandırmaya bu kez ödem yerine hemoptizi eklenmektedir.

Bu yazıda çeşitli dalış türlerinde (şnorkel yüzme, derin dalış ve uzun süreli performans soluk tutma sporları, zıpkınla balık avı ve scuba dalışı gibi) görülen pulmoner ödem ve/veya hemoptizi ele alınacaktır. Ancak mekanizma açıklanırken yüzme, koşu, egzersiz, yapay ventilasyon, üst solunum yolları daralması, anestezi sonrası at ve köpeklerde görülen pulmoner ödem gibi farklı durumlara da değinilecektir.

KLİNİK

İmmersiyon pulmoner ödeminde dalış sırasında solunum güçlüğü, öksürük, hırıltılı solunum, yorgunluk, taşipne, bazen kanlı olabilen köpüklü balgam, siyanoz, ajitasyon ortaya çıkar: Ağır olgularda durum bilinç kaybı ve kardiyopulmoner arreste kadar ilerleyebilir. Dinleme bulgusu olarak krepitasyon ve raller, görüntülemelerde pulmoner ödem bulguları, solunum fonksiyon testlerinde ilgili anormallikler ve hipoksemi bulguları saptanır (1-3).

Görüntüleme yöntemi olarak akciğer grafisi ve tomografi yanında akciğer ultrasonu da kullanılmaktadır.

Olguların çoğu sudan çıkartıldıktan sonra destek tedaviyle hızlı biçimde iyileşir. Oksijen solunumu, pozitif basınçlı solunum desteği durumu hafifletir. Görüntüleme bulguları ve akciğer fonksiyonları genellikle günler içinde ortadan kalkar. Yine de bu patolojiye bağlı ağır olguların hatta yaşamını kaybeden olguların bulunduğu da unutulmamalıdır (3).

TARTIŞMALI MEKANİZMA

İmmersiyon pulmoner ödem mekanizması için genel olarak kabul edilen mekanizma bunun kardiyojenik bir ödem olduğu yönündedir. Bu görüşe göre immersiyonun neden olduğu hidrostatik basınç toraks içine kan göllenmesine neden olur. Özellikle soğuk suda periferik vazokonstriksiyon ile merkeze dönen kan miktarı artar. Egzersiz de torasik kan miktarını artırır. Tüm bu faktörlerin sonucunda pulmoner arter basıncı, sol atrium ve ventrikül basıncı artışı ödem mekanizmasının temelidir. Hipertansiyon ve diğer çeşitli kalp hastalıklarına özel bir önem verilir. Yine dalış öncesi hidrasyona dikkat çekilir (4).

Sistemin diğer tarafı, yani hava pasajı açısından negatif basınç yaratan durumlar yardımcı faktör olarak kabul edilir. Bunlar bilhassa akciğer orta noktası ile regülatör veya ağız arasındaki su seviyesi farkından kaynaklanan negatif basınç, dalınan derinlik nedeniyle oluşan gaz dansitesi, kullanılan solunum ekipmanından kaynaklanan her türlü dirençtir.

Bu alandaki konsensuslar mekanizmanın kardiyolojik yönüne göre şekillenmiştir. Örneğin bu alandaki son konsensus; IPE geçiren bir kişinin bir daha basınçlı gaz dalışı yapmamasını, IPE geçiren bir kişinin altta yatan faktörler açısından (özellikle kardiyolojik patolojiler belirtilmiş ve bir kardiyolog önerilmiştir) muayene olmasını, dalmaması önerilmesine rağmen eğer kişi dalmayı seçerse bu durumun ölümcül sonuçları olabileceği konusunda uyarılmasını, altta yatan hastalıklarını tedavi ettirmesini ve özel şartlar sağlanarak dalmasını önermek şeklindedir. Yine konsensusta dekompresyon hastalığı ile bir bağlantı olmasa da çeşitli nedenlerle IPE ile

dekompresyon hastalığının aynı anda gelişmesinin riskli olacağına dikkat çekilmiştir. Son olarak IPE geçirenlerde hipertansiyon gelişme riskinin fazla olduğuna vurgu yapılmıştır (5).

Mekanizmanın hemodinamik olarak kabul edilmesinin bir sonucu olarak ileri sürülen öneriler, SIPE’den korunmak için yüzücülerin profilaktik olarak sildenafil kullanmasına kadar varmıştır (6, 7).

Bizim savunduğumuz görüş halen geniş kabul gören görüşten farklıdır. Bize göre her türlü IPE tamamiyle pulmoner bir hastalıktır. İleri sürülen hemodinamik faktörler ancak yardımcı faktör olarak değerlendirilebilir.

Öncelikle olayın hidrostatik basınç yönü normal hayatla bağdaşmamaktadır. Hidrostatik basınç özellikle en fazla boyuna kadar immersiyonda görüldüğüne göre plajlarda denize giren milyonlarca insanda bu durumun ortaya çıkması gerekir ki bu gerçekleşmemektedir. Yine yüzücülerde görülen IPE yatay pozisyonda ve basınç etkisinin çok düşük olduğu pozisyonda ortaya çıkmaktadır. Hele ki saatler süren uzun mesafe yüzmelerinde pulmoner ödem neredeyse hiç bildirilmemiştir.

Yine soğuk etkisi de tartışmalıdır. Çoğu olgunun aslında serbest ve scuba dalışı için konforlu su sıcaklıklarında geliştiği, buzlu sulara girme alışkanlığı olan bazı topluluklarda bu durumun hiç bildirilmediği açıktır.

Hidrostatik basınç ve soğuk nedeniyle akciğerin kan sektöründe artan basınç miktarı esasen hava tarafında oluşabilecek negatif basınçtan çok düşüktür. Maksimal inspiratuar basınç değerleri erkeklerde 100, kadınlarda 70 mmHg değerlerine kadar rahatça ulaşabilmektedir (8).

Esasen soluk tutarak yapılan dalışlarda akciğer iniş barotravması (sıkışma) saf IPE durumudur. Akciğer sıkışmasının bir sonucu olarak ödem ve kanamanın sebebi tıpkı orta kulak veya sinüs barotravması gibi damar sektöründeki basınç artışı değil, alveolakapiller membranın diğer tarafında oluşan negatif basınçtır.

Performans amaçlı soluk tutma sporcularının antrenman amaçlı yaptıkları “negatif dalış” (zorlu ekspirasyondan sonra soluk tutarak dalmak) sırasında ortaya çıkan IPE de doğrudan pulmoner sistemde ortaya çıkan negatif basınca bağlıdır.

Normal soluk tutma süresi, fizyolojik kesilme noktasında tamamlandıktan sonra “mücadele” fazı denen aşamaya geçilmektedir. Bu dönem ağırlıklı olarak sporcunun azmi oranında sürmektedir. Mücadele döneminin karakteristik özelliği karın kasılmalarıdır. Ağız kapalı olarak yapılan bu kasılmalar ile pulmoner sistemde anormal inspiratuar ve ekspiratuar basınçlara ulaşılmaktadır. Serbest dalıcılarda görülen IPE ve hemoptizi durumlarının hep bu dönemde ortaya çıkması dikkat çekicidir (9,10).

Egzersiz kaynaklı pulmoner ödemin niçin yüzücülerde ve triatlon yarışmacılarında ortaya çıktığı, aynı hatta daha fazla efor kapasitesi gerektiren diğer performans sporlarında neredeyse hiç görülmediği de dikkat çekicidir. İleri sürülen görüş farkın “immersiyon”da yattığı şeklindedir. Oysa diğer sporlar ile yüzme arasında temel bir fark daha bulunmaktadır. Bu da soluk alıp verme düzeninin yüzmede tamamen farklı oluşu ve inspirasyon süresinin son derece kısa olmasıdır. Bu durum inspiratuar negatif basınç yaratmaktadır. Özellikle triatlon ve deniz komandosı seçimi gibi rekabet ve zorlamanın anormal düzeyde olduğu yarışlarda ortaya çıkması, oysa aerobik düzeyde sürdürülen uzun mesafe yüzmelerde ortaya çıkmaması dikkat çekicidir. Benzer biçimde sürdürdükleri spor yüzme olan sporcularda da nadiren görülmektedir. Bu durum soluk alma tekniğine hakim bu sporcular yerine pulmoner ödemin niye triatletlerde, denizci askerlerde veya halka açık yüzme aktivitelerinde daha fazla olduğunu açıklamaktadır.

Scuba dalışlarında da durum farklı değildir. Üstelik, su altında çevre basıncına eşit basınçta hava soluyan dalıcılarda toraksa kan göllenmesi mekanizmasının savunulacak bir yönü yoktur. Scuba dalışında kullanılan regülatör ise doğrudan inspiratuar dirence yol açacak bir aygıttır. Regülatörün markası, modeli, performansı bununla doğrudan ilişkilidir. Oysa Scuba dalışına bağlı pulmoner ödem olgu sunumlarında su sıcaklığı, derinlik, kişinin kardiyolojik hastalıkları, hipertansiyonu vs sorgulanırken neredeyse hiçbirinde kullanılan regülatör ve bunun performansının sorgulanmamış oluşu hayret ettiricidir (11-14) .

IPE olgularının yaşlılarda daha fazla oluşu bu grupta rastlanılan kardiyovasküler hastalıklara ve bilhassa hipertansiyona bağlanmaktadır (14). Yine kadınlarda daha fazla oluşu da hemodinamiği etkileyen çeşitli ikincil faktörlerle açıklanmaya çalışılmaktadır. Oysa özellikle halka açık yüzme aktivitelerinde bu iki grubun baskın oluşu özellikle kadın ve erkek akciğerleri farklılıkları ve her iki grubun da daha yaygın olarak egzersiz performanslarının düşüklüğüne bağlanabilir (15,16).

IPE olguları ile ilişkilendirilen bir diğer konu da akciğer infeksiyonlarıdır. Solunum sistemi infeksiyonlarının hatta infeksiyon ortadan kalktıktan sonra da devam eden solunum yollarındaki daralmanın ventilatuar negatif basınç ile IPE oluşumuna katkıda bulunması son derece normaldir.

ÖNERİLER

IPE mekanizmasının yanlış kurgulanması yalnızca değiştirilme veya çözme imkanı olmayan konulara (immersiyon, su soğukluğu, egzersiz) odaklanılmakla kalmaz, yukarıda ele alındığı gibi uygun olmayan önerilere yol açar.

Oysa her türlü IPE’nin tamamen ventilatuar nedenlerle ortaya çıktığı kabul edildiğinde çeşitli gruplar için önerilerimiz şu şekilde sıralanabilir:

1. Hava yollarının her düzeyinde (ağız-burundan alveollere kadar) anatomik darlık veya fonksiyonel daralma durumları IPE için risk faktörüdür.
2. Her grup için ÜSYE sonrası aktivite daha yüksek risklidir. Belirti ve bulgular tamamen ortadan kalktıktan sonra, mümkünse normal SFT varlığı (özellikle uç hava yolları, örn: FEF 25-75) önerilir.
3. Her aktivite düzeyi için uygun performans kapasitesi önerilir. Düşük kapasite ile zorlu egzersiz yapmak IPE gelişiminin temel nedenlerinden biridir.
4. Serbest dalıcılar için; dalış derinliği önemlidir. Total akciğer kapasitesinin rezidüel volümün altına düştüğü derinliklerde ventilatuar negatif basınç (vakum etkisi) IPE'ye yol açar.
5. Serbest dalıcılar için; soluk tutma süresi önemlidir. Fizyolojik kesilme noktasından sonra mücadele fazında ortaya çıkan diyafram kasılması ventilatuar negatif basınç ile IPE'ye yol açar.
6. Scuba dalıcıları için; regülatör marka, modeli ve fonksiyonu önemlidir. Sualtı konusunda araştırma yapanlar bu konuya önem vermeli ve scuba regülatörleri için bir standart geliştirilmesine çalışılmalıdır.
7. Triatletler yüzme ve özellikle soluk alma tekniklerine çalışmalıdır.
8. Askeri sualtı komandoları eğitim programı amaca uygun olarak revize edilmelidir. Yüzme ve soluk alma tekniklerine önem verilmelidir. Yüzme konulu seçme/eleme programları (hız önemli ise) havuzda daha kısa mesafelerle, (dayanıklılık önemli ise) denizde süre kısıtlaması olmadan uzun mesafelerle yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Koehle M.S, Lepawsky M, McKenzie DC. Pulmonary oedema of immersion. Sports Med 2005;35(3):183-90.
2. Lindholm P, Lundgren CEG. The physiology and pathophysiology of human breath-hold diving. J Appl Physiol 106: 284–292, 2009.
3. Edmonds C. Scuba divers' pulmonary oedema: A review. Diving Hyperb Med 2009;39(4):226-31.
4. Wilmschurst PT. Immersion pulmonary oedema: a cardiological perspective. Diving Hyperb Med 2019;49(1):30-40.
5. Banham N, Smart D, Wilmschurst P, Mitchell SJ, Turner MS, Bryson P. Joint position statement on immersion pulmonary oedema and diving from the South Pacific Underwater

- Medicine Society (SPUMS) and the United Kingdom Diving Medical Committee (UKDMC) 2024. *Diving Hyperb Med*. 2024;54(4):344-349.
6. Moon RE, Martina SD, Peacher DF, et al. Swimming-Induced Pulmonary Edema: Pathophysiology and Risk Reduction With Sildenafil. *Circulation* 2016;133(10): 988–996.
 7. Martina SD, Freiburger JJ, Peacher DF, et al. Sildenafil: possible prophylaxis against swimming induced pulmonary edema. *Med Sci Sports Exerc*. 2017;49(9):1755-7.
 8. Pessoa IMBS, Parreira VF, Fregonezi GAF, et al. Reference values for maximal inspiratory pressure: A systematic review. *Can Respir J* 2014;21(1):43-50.
 9. Lin YC, Lally DA, Moore TO, Hong SK. Physiological and conventional breath-hold breaking points. *J Appl Physiol* 1974;37: 291–296.
 10. Kıyan E, Aktaş Ş, Toklu AS. Hemoptysis provoked by voluntary diaphragmatic contractions in breath-hold divers. *Chest* 2001;120: 2098–2100.
 11. Hampson NB, Dunford RG. Pulmonary edema of scuba divers. *Undersea Hyperb Med* 1997;24(1):29-33.
 12. Coulange M, Rossi P, Gargne O, et al. Pulmonary oedema in healthy SCUBA divers: new physiopathological pathways. *Clin Physiol Funct Imaging* (2010) 30, pp181–186.
 13. Gnadinger CA, Colwell CB, Knaut AL. Scuba diving-induced pulmonary edema in a swimming pool. *J Emerg Med* 2001;21(4):419-21.
 14. Gempp E, Demaistre S, Louge P. Hypertension is predictive of recurrent immersion pulmonary edema in scuba divers. *Int J Cardiol* 2014;172(2):528-9.
 15. Hårdstedt M, Kristiansson L, Seiler C, Braman Eriksson A, Sundh J. Incidence of Swimming-Induced Pulmonary Edema: A Cohort Study Based on 47,600 Open-Water Swimming Distances. *Chest*. 2021;160(5):1789-1798.
 16. Lindholm P, Lang MA, Tillmans F, eds. Barotrauma and SIPE in Freediving. *Proceedings of the San Diego Center of Excellence in Diving/Divers Alert Network 2023 Oct 27-28 Workshop*. San Diego, CA: Divers Alert Network; 2024. 108pp.

CHILDREN AND DIVING

Pieter-Jan van Ooij

Department Diving and Submarine Medical Center

Royal Netherlands Navy Ministry of Defence

Children are challenged to dive when looking on the internet. Diving schools attract children and adolescents to join their programs by inviting advertisements in the community.

The major diving school organisations engaged with this new group of diving participants and recognised that children might not be the same as adults. Therefore, they implemented limitations such as maximum dive depth.

People ask me,” Will you allow your children to dive? “Not until they are 16,” was my answer. But I questioned myself more and more, “What risks do children face when diving? Am I being too strict with these rules?” The literature reveals that major diving incidents in children usually involve the ENT tract, with eustachian tube dysfunction as the primary cause.

Unfortunately, children can also be victims of fatal diving accidents, as shown by the DAN data. While approximately 2% of children die during diving, this may not seem like a large number; however, behind every fatal dive, a family has lost a loved one.

Additionally, the DAN data indicated that 1.5% of minors are involved in diving incidents. As discussed in the previous study, ENT problems are the primary cause, followed by pulmonary barotraumas.

When engaging in risky leisure activities with your children, remember that they are not simply small adults. Children differ from adults on psychological, physiological, and anatomical levels.

First, children's eustachian tubes are more horizontally oriented than those of adults. This explains why children have greater difficulty clearing their ears and accounts for this population's high incidence of ENT problems.

Children have growth plates in their long bones. These growth plates are very active, especially during adolescence, leading to a growth spurt that begins earlier in females than in males. It has

long been disputed whether diving could affect these growth plates, particularly due to the bubbles generated while diving. Yet, no clinical evidence has been found to support this claim.

At the age of 8, the number of alveoli is, more or less, comparable to that of adults. There is still a slight increase in the number of alveoli until 18 to 20, but this increase is less significant than before the age of 8. Furthermore, children have smaller airways, less cartilage, immature cilia, and more mucous cells. These factors can contribute to increased airway resistance and greater mucous secretion.

We must remember that children have a larger body surface area. This, coupled with a higher metabolic rate and thinner skin, makes them more susceptible to hypothermia. This is a particular concern for diving that we should not overlook.

At the brain level, there are also several changes we should consider. First and foremost is the blood-brain barrier. Although the blood-brain barrier is functionally mature at birth, it undergoes functional postnatal modulation to create a suitable microenvironment for the developing brain. Furthermore, the brain requires increased oxygen to develop, leading to a higher cerebral blood flow. Theoretically, this could result in greater nitrogen uptake in the brain, which may increase the risk of nitrogen narcosis or cerebral decompression sickness. However, as mentioned earlier, none of this can be proven.

Psychologically, children and adolescents generally achieve full psycho-emotional development in adulthood. Until that point, incidents like this can occur. This so-called half-baked adolescent brain exists because the connection between the prefrontal cortex and the amygdala is not fully developed. Adding to this is that adolescents tend to prioritise reward over punishment due to the ventral striatum. This tendency makes risky decision-making seem more reasonable during diving.

Medical assessments are mandatory for the appropriate individuals to dive. This requirement also applies to children and adolescents. The first question one must ask is, who wants to dive? It is not uncommon for diving parents to prefer not to stay behind to look after their child. Wouldn't it be better if he also dives? This approach does not foster enthusiasm for diving in kids. On the contrary, if a child does not dare to dive, it creates a more dangerous situation.

When examining guidelines related to fitness for diving in children and adolescents, there is no uniform standard. These are the German guidelines. As you can see, almost all diseases that prohibit diving are similar to those for adult divers.

This also applies to the Spanish guidelines, which are quite similar to the German ones. In contrast to the German guidelines, they also advise against diving for those under 8 years old. The Dutch guidelines are concise but also recommend no diving under 8. These guidelines provide the diving medical physician with considerations to take into account when assessing a child diver. More importantly, it is advised that those evaluating children for diving should be trained for this purpose. The type of training is not specified. Finally, these are the most recent guidelines published by SPUMS. They contain fewer absolute contraindications compared to the German and Spanish guidelines. These guidelines are stricter regarding the age limit for diving, prohibiting those under 10 years old. Furthermore, they offer advice concerning the assessment, such as the risk of PFO, psychological maturity, and more.

To summarize, there are no universal guidelines for assessing children and diving. One should consider the immature psycho-emotional and physical development of the child, leading to case-by-case decisions. Additionally, there is general advice against allowing children to dive under the age of 8, although a recent recommendation from SPUMS has raised this limit to 10 years.

CHEST X-RAY, USEFUL OR NOT?

Pieter-Jan van Ooij

Department Diving and Submarine Medical Center

Royal Netherlands Navy Ministry of Defence

When people think about diving, they envision images like these: good visibility with spectacular flora and fauna. Yet, every year, divers die. In a report from the Divers Alert Network in 2018, they noted a fatality rate of 189 deaths. Most of these fatalities are related to recreational diving. And if we examine a medical cause, why do divers die?

Cardiac problems account for 33% of fatalities, making them the primary medical cause. However, lung-related issues also contribute to approximately 17% of divers' deaths. In his 2023 analysis of fatalities in Australia, Lippmann found a lower incidence, with 24% attributed to primary cardiac causes and about 7% due to pulmonary reasons. If the air in the lungs cannot be exhaled due to blocked airways from mucus or bronchoconstriction, the air remaining in these areas of the lungs will expand. This can result in pulmonary barotrauma, with arterial gas embolism being the most dangerous type.

But why should that trouble us? This is the case of a diver who conducted an inspection dive to 18 msw for 20 minutes. There was no fuss, just a regular dive like all those 2,000 dives he had completed. When he ascended to the surface, he felt tingling in his left arm and leg. Upon trying to board the diving vessel, he noticed that the strength in his arm and leg was deteriorating. He managed to get aboard, but he did not feel well. The Dive Medical Technician and the supervisor conducted a quick neurological test and concluded that he suffered from cerebral arterial gas embolism. He was treated using the US Navy Table 6. After the second oxygen block, he began to feel better and noticed an improvement in his strength. By the third oxygen block, his weakness and tingling sensations had vanished. Throughout the remainder of the treatment period, he remained symptom-free. He continued to feel well and symptom-free in the days following this initial treatment.

In the following week, a medical evaluation was conducted to determine if an explanation for his AGE could be found. As part of this evaluation, an HRCT was performed. Three small bullae on the dorsal side of the lung were identified, which might explain his AGE. One could argue that

these bullae might be a result of pulmonary barotrauma and not the cause of it. This was also our primary thought, but the respiratory physicians and radiologists at our Military Hospital were clear in their verdict. These bullae existed before the pulmonary diving accident. The chest x-ray taken during his initial assessment as a military diver revealed no issues such as bullae or scarring tissue.

We know that small, invisible bullae can develop through diving. Based on all this information, it was decided that he was permanently unfit for occupational and military diving.

The assessment of occupational and military divers differs from that of recreational divers. The former group's assessment is mandatory, whereas the latter is not. Both occupational and recreational divers undergo thorough lung function testing. A chest X-ray is only mandatory in many older assessments of occupational divers, such as those of the EDTC and HSE MA1.

But why is a chest X-ray used in any dive medical assessment? One reason is the concern that a diver may experience pulmonary barotrauma. Chest X-rays can exclude divers at greater risk for this. But is it the best tool we have? From the 1960s to the 1980s, it was the only method to detect lung abnormalities. HRCT was in its infancy and not as accessible as it is today. Lung diseases like tuberculosis were much more prevalent during that period, and besides the Mantoux test, a chest X-ray was a vital diagnostic tool for tuberculosis. Open tuberculosis could devastate the lungs, causing scarring and cavities. As mentioned earlier, any of this can lead to a permanent ban on diving. Chest X-rays' advantages are their wide availability, low costs, and minimal radiation exposure. In pulmonary medicine, HRCT increasingly serves as the gold standard for diagnosing several lung diseases. It provides physicians with much more information regarding bullae, scarring, air trapping, etc. However, unlike chest X-rays, they are not as widely available. Indeed, in some countries, HRCT can only be conducted under the supervision of a medical specialist such as a respiratory physician, surgeon, or cardiologist.

Furthermore, undergoing an HRCT is more expensive than a chest X-ray. Finally, the radiation exposure for patients might be higher with HRCT compared to a chest X-ray. However, the latest versions of HRCT can be performed with radiation in low-dose settings.

But is HRCT better than a chest X-ray? The French Navy thinks so and uses only HRCT in initial diving medical assessments. Still, this question runs within the field of diving medicine.

In 2023, Meintjes and colleagues studied the chest X-rays and assessments of 894 subjects. Abnormal chest X-rays, like pleural thickening, scarring, opacities, and pulmonary cysts, were found in 6.9% of the population. However, no bullae were mentioned in this study. They concluded

that chest X-rays have a role in their assessments, but each country should conduct similar evaluations for its population.

Wingelaar et al. compared the results of chest X-rays to those of HRCT within the same subjects. Based on a cohort of pulmonary barotrauma patients, we found that all had large lungs, as defined by the 1993 ERS reference values. Following this cohort's findings, the Surgeon General of the Navy ordered that military divers undergo HRCT as part of their initial or annual diving assessments. A total of 101 military divers, all males, fell within this group of individuals with large lungs. None had a history of lung conditions, such as pneumonia, tuberculosis, asthma, pneumothorax, etc. A chest X-ray was performed before their initial dive medical assessments. The HRCT, as part of the Large Lung study, was conducted at our Military Hospital.

Chest X-rays identified bullae or blebs in seven divers, but HRCT revealed that these anomalies were absent in three subjects and represented something different in four, such as sarcoidosis. While chest X-rays showed no anomalies in 94 subjects, HRCT identified coincidental findings like physiological air trapping, sarcoidosis, and pericardial cysts in 23 subjects, along with bullae or blebs in seven. The differences between the results of chest X-rays and HRCT were statistically significant. Among those with bullae or blebs, 71% were declared unfit to dive. Two were deemed fit to dive after a second HRCT three months later showed no bullae or blebs. Of the 34 subjects presenting anomalies on HRCT, 18 (53%) were disqualified from diving. We concluded that routine chest X-rays are unreliable and should not be used as a standard test for evaluating divers. Furthermore, due to a large number of incidental findings, it is not advisable to use HRCT routinely to assess divers but only under specific circumstances.

Bakker et al. conducted post-mortem HRCT on 130 subjects without a history of pulmonary complaints or diseases. Not all subjects died as a result of diving accidents. In one-third of the cases, bullae were found. This raises the question of whether bullae are more prevalent among a healthy population than we previously thought.

This brings us back to the French Navy. Bonnemaïson and colleagues studied 330 records of military diving candidates who underwent an initial assessment. Of the 307 candidates included, 25% had CT scan abnormalities. Seventy-six per cent of the abnormal scans were benign nodules. Abnormalities with an aerial component accounted for 13% of the abnormal scans, which included six emphysematous bullae (7.9%), similar to the population of Wingelaar et al. Based on their results, Bonnemaïson and colleagues concluded that low-dose HRCT should routinely be part of

the initial assessment of occupational divers and should be considered for recreational divers. This contrasts with the viewpoint of Wingelaar et al. I believe that routinely performing an HRCT would result in a high by-catch rate, potentially leading to disqualification on unproven grounds. a thorough history taken, followed by lung function testing, may be a better method for triaging those needing HRCT and those who do not.

To conclude

- No indication of routine Chest X-ray unless:
 - High prevalence of TB or other (occupational) lung diseases
- HR-CT is better but:
 - High incidence of bycatch
- More important:
 - Good history taking
 - Lung function according to international guidelines
 - Physical examination
 - Low dose (in- and expiration) HR-CT only on indication

KAMU SAĞLIK TESİSLERİNDE HİPERBARİK OKSİJEN TEDAVİ HİZMETLERİ

Yusuf YAVUZ

T.C. Sağlık Bakanlığı

Türkiye’de 2002 yılından sonra Sağlıkta Dönüşüm Programının hayata geçirilmesi ile sağlık hizmetlerinde önemli mesafeler kat edilmiş ve bu süreçte özellikle kritik hizmet alanlarının yönetimi gibi alanlarda yeni gelişmeleri gündeme getirmiş bu gelişmeler politika yapıcılar ile çok sayıda paydaşın etkileşimi ve katkılarıyla daha da ilerlemiştir.

Bu program çerçevesinde, “Bölge Merkezli Sağlık Planlaması” yaklaşımı benimsenmiş ve hiperbarik oksijen tedavisi birimlerinin de içinde olduğu bazı özel sağlık hizmetleri “Özellikli Sağlık Hizmetleri” olarak tanımlanmıştır.

Tıp biliminde ki gelişmeler, teknolojinin ilerlemesi, ülkelerin gelişmişliği ve demografik yapısı ile paralel bir seyir izleyen Özellikli Sağlık Hizmetleri; sağlık tesisleri bünyesinde ünite veya merkez olarak kurulan, hizmet gereklerine uygun olarak projelendirilmiş fiziki alan, özel teknolojik donanım, uzman ve/veya sertifikasyon sahibi nitelikli personel istihdamı ve faaliyet izni gerektiren sağlık hizmet birimleridir.

Özellikli sağlık hizmetleri içerisinde yer alan ve kullanım alanı gittikçe genişleyen hiperbarik oksijen tedavisi hizmetlerinde güncel gelişmeler ve bölge merkezli sağlık planlaması yaklaşımı ile sağlık alanındaki yatırımların doğru yerde ve doğru zamanda yapılarak, hizmetin kaliteli, etkili, hızlı, erişilebilir ve hakkaniyetli bir şekilde ülke geneline yaygınlaştırılmasını amaçlamıştır.

Belli bir aşamaya getirilmiş olan bu hizmetlerin sürekliliğinin sağlanması için yeterli insan gücü kapasitesinin oluşturulması, niteliğinin artırılması, kamu ve özel olmak üzere tüm sektörü kapsayacak şekilde planlanması ve hasta güvenliği eksenli hizmet sunumunu merkeze alarak gerekli uygulamaların bir an önce hayata geçirilmesi önem arz etmektedir.

Türkiye’de 30 sağlık hizmet bölgesinde aktif olarak hizmet veren toplam 52 Hiperbarik Oksijen Tedavi Merkezi bulunmaktadır. Bunlardan 23 merkez Sağlık Bakanlığı, 3 merkez üniversite ve 26 merkez de özel sağlık tesisi bünyesinde ve müstakil olarak hizmet veren merkezlerdir.

ÖZEL HİPERBARİK OKSİJEN TEDAVİ MERKEZİNDE SORUMLU HEKİM OLMAK

YAŞANAN SORUNLAR VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Esra Artvinli Akgül

Özel Fora Hiperbarik Oksijen Tedavi Merkezi

GİRİŞ

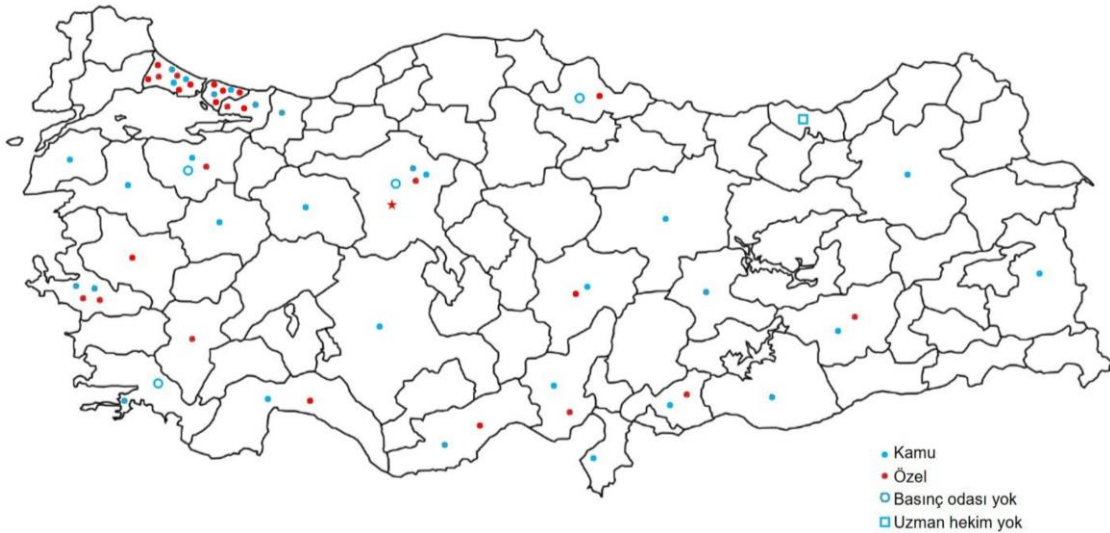
Hiperbarik oksijen tedavisi ülkemizde yaklaşık 25 yıldır sosyal güvence kapsamında aktif olarak uygulanmaktadır. Toplam 28 ilimizde hiperbarik oksijen tedavi (HBOT) merkezi mevcut olup toplam merkez sayısı 61'dir (Fig.1).

Özel sektörde yer alan HBO tedavi merkezleri, 14 ilde, 10'u İstanbul'da olmak üzere 26 kuruluştta hizmet vermektedir. Özel merkez sayısı toplamın %43'ünü oluşturmaktadır.

Uzman hekimlerin çoğunluğu büyük şehirlerde yerleşiktir. Uzman hekim sayısı özel/kamu oranı İstanbul'da 10/17, Ankara'da 2/10, İzmir'de 2/4, Bursa'da 2/3'tür (Tablo 1).

Çalışmamızda, özel merkezlerde yaşanan sorunlar ve çözüm önerileri irdelenecektir.

Fig-1: Ülkemizdeki HBOT merkezlerinin dağılımı



Tablo 1. HBOT merkez/uzman sayısı dağılımı

Şehir	Kamu/Uzman	Özel/Uzman	Şehir	Kamu/Uzman	Özel/Uzman
Adana	1/1	1/1	Kayseri	1/2	1/1
Ankara	3*/10	2/2	Kocaeli	1/2	2/2
Antalya	1/1	1/1	Kütahya	1/1	-
Balıkesir	1/1	-	Konya	1/2	-
Bursa	2*/3	1/2	Malatya	1/1	-
Çanakkale	1/1	-	Manisa	-	1/1
Denizli	-	1/1	Mersin	1/1	1/1
Diyarbakır	1/3	1/1	Muğla	2*/2	-
Erzurum	1/1	-	Samsun	1*/1	1/1
Eskişehir	1/3	-	Sakarya	1/1	-
Gaziantep	1/2	1/1	Sivas	1/1	-
Hatay	1/1	-	Şanlıurfa	1/1	-
İstanbul	5/17	10/10	Trabzon	1/0	-
İzmir	2/4	2/2	Van	1/2	-

*: Bir kurumda basınç odası yoktur.

MATERYAL METOD

Hastane içinde ve dışında hizmet vermekte olan kamu veya özel hiperbarik oksijen tedavi merkezlerinde sorumlu olan hekimlerle telefonla görüşülerek fikirleri alındı.

BULGULAR

Özel merkezlerin tümü SGK anlaşmalı olarak hizmet vermekte ve çoğunluğu bu yolla başvuran hastaların ödemeleri kurum tarafından yapılmakta, kısmen de hastalardan ek ücret alınmaktadır. İşleyiş ise Sağlık Bakanlığı'na belirlenmektedir. Buna göre sorunlar aşağıda sıralanmıştır:

1- Merkezlerde uzman hekimin sağlık kurulu raporu çıkarmadan tedavi yapamaması

SGK ile sözleşme gereğince uyulması gereken sağlıkta uygulama tebliğine göre tedaviye hasta kabulü için sağlık kurulu raporu aranmaktadır. Kamuda bu sorun, birkaç uzman bulunan merkezlerde daha kolay çözülebilmektedir. Ancak hiperbarik tedavi merkezi olmayan hastanelerden rapor çıkarılması daha sıkıntılıdır. Farklı branş hekiminden, kısıtlı bilgisi olan bir alanda öneride bulunması ve doz ayarlaması yapması beklenmesi sorunludur. Bütün bunlar hem iş yükü oluşturmakta, bu nedenle tedavinin optimal kullanımını engellemekte, hem de uzmanlık dalını itibarsızlaştırmaktadır.

2- Müstakil özel merkezlerin Sağlık Bakanlığı'nca icap nöbetlerine katılması

Müstakil özel merkezlerin ruhsatları ayaktan tedavi merkezleri yönetmeliğine uygun şekilde verilmektedir. Dolayısıyla 24 saat çalışma esasına göre yapılanmamışlardır. Maliyet etkinliği bakımından özelde personel sayısı kamuya göre kısıtlıdır ve daha uzun mesai yapılmaktadır. Bu şekilde örneğin Ankara'da 2023 verilerine göre mevcut her iki özel merkezde kamunun tedavi ettiğinin yaklaşık 2 katı kadar rutin hasta tedavisi yapılmıştır.

Özel merkezlerin tümüne yakınında birer uzman çalıştığı unutulmamalıdır. Haftanın 6 günü mesai yanında icap durumunda gelen konsültasyonlara cevap verilmesi ve mesai dışında evden gelerek kısıtlı personelle ekstra çalışılması beklenmektedir. Ertesi gün dinlenmek ya da icap nöbetiyle ilgili ödeme almak bir yana, SGK ödemeleri maliyeti karşılamaktan çok uzaktır.

Benzer şekilde hastane içinde çalışan özel merkezlerin icap nöbetine katılması, altyapı ve personel eksikliği sorunları nedeniyle kamuya kıyasla daha fazla baskı yaratmaktadır.

3- İzin kullanımında mesul müdürün görev devri yapamaması

Hiperbarik oksijen tedavisi uygulanan merkezlerin yönetmeliğe göre HBO tedavilerinin mesul müdür (uzman hekim) gözetiminde uygulanması gereklidir. Bu durum özelde tek çalışan uzman hekimin izin hakkını kullanmasına engel olmaktadır.

4- Hastane sistemi dışında çalışmanın getirdiği tıbbi destek yoksunluğu, bilimsel geri dönüş eksikliği, yönetsel sorumluluklar, personel eksikliği ve teknik kısıtlılıklar

SONUÇ

Çözüm önerileri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. SGK ile bir merkezde çalışan hekim ve basınç odası kapasitesiyle orantılı şekilde sınırlandırılmak üzere uzmanların kendi hastalarını rapor olmaksızın tedaviye almaları konusu tekrar gündeme getirilebilir. Nitekim benzer özellikteki fizik tedavi merkezlerinde uygulama bu şekilde yapılmaktadır.
2. Özel merkezlerin kısıtlı personelle yoğun çalışması, nöbet ertesi devam, artan maliyet sorunu ve acil hasta tanımı sıkıntısı gibi nedenlerle, icap nöbetine katılma uygulamasına son verilmelidir.
3. Kısıtlayıcı faktör uzman hekim sayısı olduğundan, kamu ve özel sektörde çalışan hekimlerden havuz oluşturulması yararlı olacaktır. Hekimlerin dönüşümlü şekilde çalışmasını sağlayacak yöntemler tartışılabilir.

4. Özelde çok sayıda hasta tedavi edildiğinden, verilerden yararlanılması ve bilimsel katkı oluşturması bakımından en azından kongre dönemlerinde, belirlenen konu başlıklarında çalıştay düzenlenmesi düşünölebilir. Ayrıca kamuda eğitim programlarında yer alan haftalık seminer programlarına izleyici olarak uzaktan erişime izin verilebilir. Bunun dışında özel sektörün olgu arşivlerinden kamunun tez ve bilimsel çalışmalarında yararlanılması yöntemi de önerilebilir.

Son olarak, HBO tedavisinin sofistike bir tedavi olduğu ve kısıtlı uzman sayısıyla her endikasyonu olan hastaya hizmet verilemeyeceğı unutulmamalı, tedaviyi yürüten hekimlerin özlük hakları gerek özelde gerek kamuda mutlaka gözetilmelidir.

HİPERBARİK OKSİJEN TEDAVİ KABİNLERİNDE GÜVENLİK

Serkan Seheroğlu

Barox Hiperbarik Sistemler

Hiperbarik Oksijen Tedavisi (HBOT), normal yaşamın sürdürüldüğü fiziksel koşullardan farklı bir ortamda gerçekleştirildiği için bazı riskleri de beraberinde getirmektedir. Hiperbarik tedavi kabinlerinde güvenliği tehdit eden etkiler üç ana başlık altında incelenebilir:

- 1- Basınç Etkisi: Yüksek basıncın ve sıkıştırılmış gazların oluşturduğu mekanik kuvvetlerin Etkisi.
- 2- Oksijen Kısmi Basınç Etkisi: Artan Parsiyel oksijen yoğunluğu nedeniyle yangın ve oksijen toksisitesi riski.
- 3- Çıkışı Kısıtlanmış, Kapalı Ortam Etkisi: Bu tür kabinlerde eğer basınç altındaysa dışarı çıkabilmek için iki yöntem bulunmaktadır. Ya kabin içerisindeki tüm basınç tahliye edilecek veya transfer (ön) bölmesi vasıtasıyla kabin dışına çıkılacaktır. Bu aşamada gerekli olan kompresyon / dekompresyon için gereken süre, sorundan uzaklaşmak için gerekli olan hayati süreyi belirler.

Belirtilen Etkilere bağlı olarak meydana gelen kazalar genellikle aşağıdaki nedenlerden kaynaklanmaktadır:

İnsan Hataları: Yetkin olmayan personelin yanlış müdahaleleri veya yönetim hataları.

Tasarım ve Üretim Hataları: Basınç odaları ve ilgili ekipmanların yetersiz mühendislik tasarımları.

Ekipman Arızaları: Mekanik, elektronik veya yazılım kaynaklı arızalar.

Prosedür Eksiklikleri: Yetersiz eğitim, belirsiz operasyonel prosedürler ve standart dışı uygulamalar.

1) Basınç odası içerisinde yangın

Yüksek oksijen kısmi basıncının getirdiği en büyük risk yangındır. Tarihsel olarak incelendiğinde, basınç odalarında meydana gelen kazaların büyük bir kısmında yangının önemli bir rol oynadığı ve bu tür olaylarda mortalitenin yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Basınç odası içerisindeki parsiyel oksijen basıncının olası bir yangın halinde ne kadar önemli olduğunun birkez daha ortaya koyması açısından EN 16081 Standardı doğrultusunda yapılması gerekli olan “2,0 bar basınçta 21 % O₂ ile 1 test, 1,5 bar basınçta 30 % O₂ ile 2 test, 21 % O₂ ile

maksimum çalışma basıncında **1 test** (Bizim örneğimizde 10 bar) olmak üzere üç farklı testin dört defa uygulanması sırasında kayıt edilen aşağıdaki Fotoğraf 1’de görülebileceği gibi alevin yayılma hızı ve parlama süresinin düşme hızı, basınç artışı ile beraber katlanarak artmaktadır.

Fotoğraf 1



Ayrıca, bilindiği üzere yangın nedeniyle oluşan hasarın büyüklüğü, yangının ne kadar sürede kontrol altına alındığı ile doğrudan ilişkilidir. Bu amaçla yangınların oluşumunu engellemek ve etkilerini en aza indirmek için aşağıdaki önlemler titizlikle uygulanmalıdır:

- Basınç odası ve iç mekânda kullanılacak tüm malzemelerin üretiminde yanmaya karşı dirençli materyallerin tercih edilmesi.

- b)** Basınç odası atmosferindeki oksijen seviyesinin %23'ün üzerine çıkmasının önlenmesi. Oksijen analizörünün kalibrasyonunun yapılması, sensör değişimlerinin ve ölçümlerin düzenli takip edilmesi.
- c)** Basınç odası içinde 42V'tan daha yüksek voltajlı cihazların kullanılmaması ve kıvılcım oluşturabilecek ekipmanlar için gerekli önlemlerin alınması.
- d)** Statik elektrik yükünün birikmesini önlemek amacıyla etkin bir topraklama sisteminin sağlanması.
- e)** Yangın battaniyesi ve yangın söndürme tüplerinin basınç odası içinde kolay erişilebilir konumda bulundurulması.
- f)** Yangın söndürme ajanının basınç odasının tamamına eşit şekilde yayılmasını sağlayacak, paslanmaz malzemeden üretilmiş yangın söndürme nozüllerinin yerleştirilmesi.
- g)** Hızlı tepki verebilen infrared sensörler başta olmak üzere, sesli ve görsel yangın algılama sistemlerinin bulundurulması.
- h)** Hem basınç odası içinden hem de dışından erişilebilen alternatifli, güvenli yangın söndürme aktivasyon sistemlerinin kurulması.
- i)** Yangın söndürme sisteminin basınç ve su seviyelerinin sürekli izlenerek kayıt altına alınması.
- j)** Yangın söndürme sistemlerinin periyodik bakım ve testlerle her an çalışmaya hazır halde tutulması.
- k)** Tank ve devrelerde oluşan korozyon veya mikroorganizmaların yangın söndürme sistemini tıkamasına engel olunması gereklidir ve su tankları donmaya karşı korunmalı.
- l)** Hasta ile birlikte içeri alınması uygun olmayan ekipmanların kullanılmaması (örneğin, petrol türevli yağ bulaşmış sedyeler).
- m)** Güvenlik önlemleri ile ilgili uyarı levhaları ve talimatların okunabilir ve stratejik noktalara yerleştirilmesi.
- n)** Basınç odasının düzenli olarak temizlenmemesi ve tozdan arındırılması.
- o)** Acil bir durum yaşanması halinde, hasta ve içeride bulunan sağlık personelinin tahliye işlemi tamamlanana kadar maskelerini çıkarmamaları gerektiği konusunda bilgilendirilmesi.
- p)** Basınç odası operatörünün yakınında, acil durumlarda hızlı müdahaleye olanak tanıyacak tam yüz maskeli, taşınabilir solunum setlerinin hazır bulundurulması.

2) Basınç Odası ve Ek Donanımlarda Basınca Bağlı Meydana Gelebilecek Patlamalar

Basıncın doğrudan etkisinin görüldüğü kazalar nadiren yaşansa da ciddi sonuçlar doğurabilir. Bu tür kazaları önlemek için alınması gereken önlemler şunlardır:

- a)** Basınç odasının ana şasisinin basınçlı kaplar standardına uygun olması ve tamamlanmış ürün için 2014/68/EU Basınçlı Kaplar Direktifi sertifikasının aranması. Türkiye Akreditasyon Kurumu tarafından yetkilendirilmiş kuruluşlarca sertifikalandırılması.
- b)** Kullanılan tüm basınçlı kaplarında ilgili standartlara uygun olup olmadığının denetlenmesi. (Hava tankları, yangın tankları vs.).
- c)** Vana ve boruların tamamının ilgili basınç standartlarına uygun üretilmesi.
- d)** Emniyet ventillerinin CE sertifikalı olması, üretici tarafından basınç test sertifikalarının sağlanması, her parçanın özel seri numarası taşıması ve takip edilebilir olması.
- e)** Tüm basınçlı kapların (basınç odası şasesi dahil) hesaplamaların ve üretim çizimlerinin kullanıcı tarafından da saklanması.
- f)** Her beş yılda bir tahribatsız muayene (NDT) kontrolleri yapılmalı ve testler uygulanmalıdır. Bu testler, Türkiye Akreditasyon Kurumu tarafından yetkilendirilmiş kontrol kuruluşlarınca sertifikalandırılmalıdır.
- g)** Basınç odalarının yerleştirileceği binaların, basınç odasının hidrostatik test sırasında artan ağırlığını taşıyabileceğine dair statik rapora sahip olması gerekmektedir. (Örneğin, 12 kişilik bir basınç odası normalde 18 ton iken, hidrostatik test sırasında 46 tona ulaşabilir).

3) Basınç Odasında Panik ve Arbede

Hiperbarik ortamda stres veya hastalar arasındaki iletişim problemleri nedeniyle panik ve arbede yaşanabilir. Bu tür durumları önlemek için alınması gereken önlemler:

- a)** Basınç odasında gerçekleşen konuşmaların dikkatle takip edilmesi ve gerektiğinde önleyici müdahale yapılması.
- b)** Problemlili hastaların, daha sakin ve anlayışlı bireylerle aynı gruba yerleştirilmesi.
- c)** Operatör ve iç yardımcı personelin yetkin, otoriter ve gerektiğinde yönlendirici olması.

4) Basınç Odasında Acil Müdahale Gerektiren Durumlar

Basınç odasında meydana gelebilecek acil durumlar için gerekli ekipman ve prosedürlerin eksiksiz bulundurulması gerekmektedir:

- a)** Medikal ekipmanın basınç odasında güvenli bir şekilde konumlandırılması.

- b) İç yardımcı personelin ilk müdahale konusunda eğitimli olması.
- c) Ön bölmenin kullanıma hazır durumda tutulması ve hızlı kompresyon/dekompresyon işlemlerinin mümkün kılınması.
- d) Basınç odasının kolay sedye erişimine uygun şekilde tasarlanması.
- e) Kullanılacak tüm acil müdahale ekipmanlarının EN 14931 Annex B standardına ve yürürlükteki yönetmeliklere uygun olması.

- 5) **Basınç Odası Kapılarının Sıkışması veya Kilitlerin İçeriden Açılamaması:** Yapısal tasarım hataları veya mekanik arızalar nedeniyle tahliye zorlaştırabilir.
- 6) **KontROLSÜZ Basınçlama veya Dekompresyon:** Ani basınç değişiklikleri ciddi sağlık riskleri oluşturabilir.
- 7) **Basınç Odasının Bulunduğu Ortamda Yangın:** Dış ortamda başlayan yangın, basınç odasına sıçrayabilir veya aşırı ısınmaya yol açabilir.
- 8) **Basınç Odasının Bulunduğu Bölgede Doğal Afet:** Deprem, sel veya diğer doğal afetler sırasında basınç odasında mahsur kalma riski.
- 9) **Basınç Odası Solunum Regülatörlerinde (BIBS) Meydana Gelebilecek Sorunlar:** Solunum sisteminde meydana gelebilecek arızalar, hastaların oksijen alımını etkileyebilir ve ciddi sağlık sorunlarına neden olabilir.

Bu tür risklerin minimize edilmesi için uluslararası standartlara uyumlu güvenlik prosedürleri, periyodik bakım kontrolleri ve yetkin personel eğitimi büyük önem taşımaktadır.

10) Genel Güvenlik Önerileri: Hiperbarik ortamın güvenliğinin sağlanması için temel unsurlar şunlardır:

- 1. **Eğitimli Operatör:** Tüm operasyonları güvenli bir şekilde yönetebilecek teknik bilgiye sahip olmalıdır.
- 2. **Eğitimli Personel:** Müdahale ekiplerinin ve sağlık personelinin ilgili uluslararası standartlara uygun eğitim alması sağlanmalıdır.
- 3. **Eğitimli Hasta:** Hastaların basınç odasında nasıl hareket etmeleri gerektiği konusunda düzenli olarak bilgilendirilmesi gerekmektedir.
- 4. **Düzenli Bakım:** Basınç odası ve tüm bileşenlerinin belirlenen sürelerde test edilmesi ve bakımının yapılması kritik önem taşımaktadır.

Bu unsurların etkin bir şekilde uygulanması, hiperbarik oksijen tedavi kabinlerinde hasta güvenliğini artıracak ve olası kazaları en aza indirecektir.

11) Hiperbarik Kabinlerin Sertifikasyon ve Uygunluk Kontrolleri

Avrupa Birliği mevzuatlarına göre hiperbarik kabinler temel olarak 2014/68/EU Basınçlı Kaplar Direktifi'ne tabi olup, bu standardın yanısıra birçok direktif ve standartla düzenlenmiştir.

Sertifikasyon süreci, onaylanmış bağımsız denetim kuruluşları tarafından gerçekleştirilmelidir ve aşağıdaki adımlarla doğrulanmalıdır.

CE belgesini doğrulamak için;

*NANDO web sitesine girin: <https://webgate.ec.europa.eu/single-market-compliance-space/notified-bodies/free-search>

*CE belgesinde belirtilen 4 haneli Onaylanmış Kuruluş (Notified Body) numarasını girin.

*Kuruluşun yetkilendirme alanlarını (örn. 2014/68/EU, MDR 2017/745) ve listede olup olmadığını kontrol edin.

ISO 13485 belgesini doğrulamak için;

*IAF Resmi Web Sitesine Girin <https://www.iafcertsearch.org/search/certification-bodies>

*ISO 13485 sertifikasını veren kuruluşun adını girin.

*Kuruluşun akredite olup olmadığını ve hangi standartlar için yetkili olduğunu kontrol edin.

Kuruluşun Web Sitesinde Doğrulama

*CE ve ISO belgelerini veren kuruluşların resmi web sitelerinde sertifika doğrulama sayfası olup olmadığını kontrol edin.

*Belgedeki numarayı girerek sertifikayı doğrulayın.

12) Hiperbarik Kabinlerin Periyodik Muayene sorunları

Basınç Odalarının gerek fabrika testleri gerekse ruhsatlandırma aşamasında yapılan değerlendirmelerin ardından sadece 6 ayda bir hava numunesi istenmesi eksik bir yaklaşım olmaktadır. Örneklerini defalarca gördüğümüz, kompresör arızalarından kaynaklı kabin basınç sistemine yağ kaçakları, sağlık ve güvenlik açısından risk yaratmaktadır.

Ayrıca yine örneklerini daha önce yaşamış olduğumuz kompresör hava emiş hatlarının kirli hava toplaması (örneğin, yüksek trafik yoğunluğu olan atmosferlerden veya Otopark gibi kirli atmosferlere sahip alanlardan hava emişinin yapılması).

Bu sorunların aşılabilmesi için, “Sürekli Solunum Hava Analizörü” kullanılmasını gerekmektedir. Fakat bu çözümün başlangıç maliyetinin ve periyodik bakımlarının pahalı olması nedeniyle kullanıcıların bu ürünlerden kaçındığını gözlemlenmiştir.

Bu nedenle ikincil tedbir olarak kabine en yakın basınçlı hava giriş noktasına, yağ buharını ve diğer bir çok zararlı gazları filtre edebilecek EK aktif karbon filtresi konulması yerinde bir önlem olarak karşımıza çıkmaktadır.

Yangın söndürme sisteminin, emniyet ventilinin, vanaların vb. kritik parçaların yetkili teknik servis tarafından periyodik olarak muayene edilmesi, gerekli durumlarda değiştirilmesi gerekmektedir. Değiştirilen tüm parçalar, montajdan önce üretici firma tarafından oksijene uygun olarak temizlenmeli ve yağ kalıntıları bırakılmamalıdır. Montaj tamamlandıktan sonra ise boru içleri uygun bir yöntemle ve uygun ajanlarla yıkanmalıdır. Tüm bu işlemler uygulayıcı tarafından, kullanılan temizleme ajanları ve yöntemleri belirtilerek deklarasyon olarak kullanıcıya sunulmalıdır.

Bu sistemle beraber çalışan cihazların ve basınç odasına uygulanan planlanmış/ planlanmamış bakım ve onarımlarının kaydının tutulması, gerektiğinde bu kayıtların takip edilebilir bir şekilde sunulabilmesi gerekmektedir.

SONUÇ

Hiperbarik oksijen tedavi odalarında güvenlik, multidisipliner bir yaklaşım gerektirmektedir. Yangın risklerinin azaltılması, uygun sertifikasyon süreçlerinin takip edilmesi ve personelin düzenli eğitimlerle bilinçlendirilmesi hayati önem taşımaktadır. Burada ele alınan güvenlik prosedürleri ve standartlara uygunluk denetimleri, HBOT uygulamalarının daha güvenli bir şekilde gerçekleşmesini yardımcı olmayı hedeflemektedir.

KAYNAKLAR

- 1- Sheffield PJ. Hyperbaric chamber fires: To what extent is the problem. Ed: Workman, WT. Hyperbaric facility safety: A practical guide. Best publish. 2010. 487-494.
- 2- Hiperbarik Oksijen Tedavisi Uygulanan Özel Sağlık Kuruluşları Hakkında Yönetmelik
- 3- DIN EN 16081:2011-11 (E) Hyperbaric chambers - Specific requirements for fire extinguishing systems - Performance, installation and testing
- 4- DIN 13256-3, Pressure vessels for human occupancy — Part 3: Fire extinguishing systems in pressure vessels; Safety requirements and testing,
- 5- EN 13445 Unfired pressure vessels — Part 1: General
- 6- NFPA 99, Standard for Health Care Facilities
- 7- ASME PVHO 1, Safety standard for pressure vessels for human occupancy
- 8- DIN EN 14931: Pressure vessels for human occupancy (PVHO) - Multi-place pressure chamber systems for hyperbaric therapy - Performance, safety requirements and testing

HEMORAJİK SİSTİT

Bengüsu Mirasoğlu

İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi, Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp AD

GİRİŞ

Hemorajik sistit, hematüri ve diğer üriner sistem yakınmaları ile seyreden yaygın mesane inflamasyonu durumudur. Akut hemorajik sistik genellikle infeksiyona bağlı gelişir ve tedaviye iyi yanıt verir. Kronik ya da tekrarlayan ya da ısrarcı hemorajik sistit ise genellikle malinite tedavisi ile ilişkili sıklıkla radyoterapi ve kemoterapi (KT) komplikasyonu (bazı kemotörapatiklerin) olarak gelişebilir. Hematopoietik kök hücre nakli (HKHN) sonrası gelişen viral infeksiyonlar da benzer tabloya yol açar. İnterstisyel sistit de nadir görülen nedenlerden biridir. Hiperbarik oksijen tedavisi (HBOT) pratiğinde “hemorajik sistit” olarak anılan durum KT komplikasyonu ve KT sonrası HKHN ile ortaya çıkan gruptur (1).

GENEL BİLGİLER

Çeşitli kemoterapötiklerin hemorajik sistite yol açabildiği bilinmektedir ancak özellikle siklofosfamid ve ifosmamid en yaygın ajanlardır. Oksazofosforin grubu bu ajanlar solid tümörler ya da lenfomalar gibi pek çok malignitenin tedavisinde kullanılır. Siklofosfomid ayrıca Wegener granulomatozu, romatoid artrit gibi bazı immun hastalıkların tedavisinde ve HKHN öncesinde hazırlık için de kullanılan bir ajandır. Siklofosfomid, akrolein adı verilen bir ürotoksik metabolit ortaya çıkarır. Akrolein, temel olarak doğrudan protein ve DNA hasarı oluşturarak ve serbest oksijen radikallerinin etkisi ile hücre ölümüne neden olur. Dolayısı ile üriner sistem özellikle de mesane epiteline temas ettiğinde de epitelin bütünlüğünü bozarak mukozal ve submukozal ödem, iskemi ve hücre kaybına neden olur. Sonuçta epitelyal dokunun kaybı ile açığa çıkmış olan telenjiyektazik kapillerlerden kanama meydana gelir (2). HKHN sonrasında ortaya çıkan hemorajik sistit ise Polyomavirüsler (BK virüs, JC virüs ve Simian virüs 40), bazı adenovirüsler gibi ürotropik virüsler ile ilişkilidir. Bu virüsler vücutta latent olarak bulunurlar (erişkinlerde seropozitifliğin %80 civarı olduğu gösterilmiştir) ve immunsupresyon durumunda zarar görmüş mesane mukozasında reaktif olurlar. Ayrıca virüs antijenlerine karşı immun yanıt geliştiği ve klinik tabloya katkı sağladığı düşünülmektedir. Nakil öncesi hazırlık (pre-conditioning) için ise çoğunlukla siklofosfamid ile immunsupresyon sağlanmaktadır. Dolayısı ile bu durum latent

virüsler için uygun bir ortam oluşmaktadır. Nakil için yapılan hazırlık kemoterapisinden sonra ilk 48 saat ile 1 hafta içinde ortaya çıkan hemorajik sistit erken başlangıçlı olarak kabul edilir. Geç başlangıçlı hemorajik sistit ise haftalar sonra bile ortaya çıkabilir. Bu iki durum histopatolojik olarak da benzerdir ve mukozal ve submukozal ödem, fibrozise neden olan hücrel hipoksi ve diffüz telenjektazi ile birlikte progresif endarterit ile karakterizedir. Bu özellikler radyoterapi ilişkili hemorajik sistit (radyasyon sistiti/radyonekroz) histopatolojisi ile büyük ölçüde örtüşmektedir (3).

Belirtiler ise hem KT ile indüklenen hem de nakil ilişkili hemorajik sistitte benzerdir ve ağrısız mikroskobik kanamadan üriner sistem oklüzyonuna yol açabilen şiddetli ağrılı kanamalara kadar değişken olabilir. Kanamalar uzun süreli hastane yatışları gerektirebilir ve hatta hayatı tehdit edici hale gelebilir. Hemorajik sistit, ortaya çıkan belirtilere göre derecelendirilmektedir (Tablo 1) (4).

Tablo 1: Droller ve ark. tarafından önerilen hemorajik sistit derecelendirmesi

Derece	Belirti
0	Görünür hematüri yok, ağrı yok
1	Mikroskopik hematüri, dizüri
2	Makroskopik hematüri
3	Küçük pıhtılar ile makroskopik hematüri
4	Şiddetli makroskopik hematüri, pıhtıların üriner sistemde oklüzyon oluşturması ve enstrümantasyon gerekliliği

Tanı çoğunlukla klinik ile konulur. İdrarda yapılan sitolojik inceleme ve virüslerin özel boyama yöntemleri ya da elektron mikroskopisi ile gösterilmesi de tanı açısından kıymetlidir. Görüntüleme yöntemleri genellikle faydalı değildir ancak üriner ultrasonografide mesane duvarının düzensiz kalınlaşması görülebilir. Sistoskopi de tanı açısından veri sağlamakla birlikte çoğunlukla tedavi için kullanılır.

Hemorajik sistit için kesin ve tam etkili bir tedavi algoritması yoktur, bu nedenle profilaksi çok önemlidir. İdrardaki toksik metabolit akroleini bağlayan Mesna profilakside ilk tercihtir. Ayrıca hiperhidrasyon (forse diürez) ve mesane irrigasyonu gibi destek yöntemler de kullanılır (5). Bu profilaktik yöntemler hastaların önemli bir kısmında etkili olabilir ancak tüm uygulamalara

rağmen hemorajik sistit gelişen hastaların sayısı da az değildir. Bazı hastalarda spontan remisyon olsa da bu oldukça kısıtlıdır. Şiddetli olmayan hematüri varlığında destek tedaviler (hiperhidrasyon, irrigasyon, eksiklerin yerine konması gibi) ile devam edilebilir. Bunlar da yetersiz kaldığında başvurulabilecek mesane içi uygulamalar (alüm, gümüş nitrat, formalin, prostaglandin) ve bazı cerrahi girişimler gibi çeşitli tedavi yöntemleri de vardır. Ayrıca viral etken varlığında başta sidofovir olmak üzere antiviraller kullanılabilir ancak bunların pek çoğunun etkinliği kesin gösterilememiş olmakla beraber ciddi komplikasyonlar da söz konusu olabilir (6,7). Hiperbarik oksijen tedavisi (HBOT) de non invazif bir yöntem olması ve iyi sonuçlar gözlenmesi nedeniyle son zamanlarda sıklıkla başvuru bir tedavidir.

HEMORAJİK SİSTITTE HBOT

HBOT'nin KT ilişkili hemorajik sistitte kullanımı ilk olarak 1990'ların başında bildirilmiştir. O zamandan beri onlarca KT ve hemorajik sistitte HBOT ile başarılı sonuçlar bildiren olgu raporu yayınlanmıştır (7). Benzer şekilde tam iyileşme ve takiplerde nüks görülmemesini kapsayan iyi sonuçlar bildiren olgu serileri de vardır (8,9). Bunların arasındaki en büyük serilerden biri geçtiğimiz yıllarda kliniğimizce yapılmış ve 25 hastanın sonuçları incelenmiştir. Bu seride hastaların %44'ünde tam iyileşme saptanmış, yalnızca %28'inin tedaviye yanıtızsız kaldığı görülmüştür. Ancak tedaviye yanıtızsız hastalarda uygulanan ortalama HBO seans sayısı üçtür ve diğer iyileşme görülen gruplardan belirgin şekilde azdır. Bu durum tedavi yanıtızsızlığının eksik tedavi ile ilgili olabileceğini akla getirmektedir. İyileşme izlenen hastalarda da takip süresince nüks olmamıştır (10). Portekiz'de yapılan bir çalışmada da HKHN sonrası hemorajik sistit gelişen ve HBOT uygulanan 61 hastanın %72'sinde tam iyileşme saptanmıştır (11). Yakın zamanda konvansiyonel tedavi ile HBOT alan hastaların sonuçlarını retrospektif olarak değerlendiren iki çalışma daha yayınlanmış ve tedaviye HBOT eklenmesi ile tam iyileşmenin arttığı, ölümlerin azaldığı saptanmıştır (12,13). Ayrıca, hasta serilerinde HBOT ile ilişkili ciddi bir komplikasyon bildirilmemiş olması, tedavinin güvenli bir seçenek olduğuna da işaret etmektedir.

Tüm bu iyi sonuçlara rağmen HBOT'nin hemorajik sistitte nasıl etki ettiği hala tam olarak açıklanamamış değildir. Zira konuyla ilgili deneysel ve temel çalışmalar da sınırlıdır. Yapılan çalışmalarda sıçanlarda oluşturulan hemorajik sistit modelinde HBOT'nin faydalı olduğu gösterilmiş, HBOT ile mesanede nekrotik alanların azaldığı, ödem ve fibrozisin sınırlandığı saptanmıştır (10). Sonuçlar klinik çalışmalarla paralel olsa da mekanizmaya yönelik veri kısıtlıdır. Çok yakın zamanda bu amaca yönelik olarak kliniğimizde yürütölmüş tez çalışmasında ise öncekilerden farklı sonuçlar elde edilmiştir. Siklofosfomid ile oluşturulan hemorajik sistitte HBOT

uygulan ve uygulanmayan hayvanlar arasında mukozal abrazyon, lökosit infiltrasyonu gibi histopatolojik bulgular arasında anlamlı bir fark saptanmamıştır. Benzer şekilde idrar ve serumda sitokin seviyeleri iki grupta karşılaştırılmış birkaç değer dışında anlamlı bir etki görülmemiştir (14). Dolayısı ile hala etki mekanizmasına yönelik tatmin edici bir veri yoktur.

Mekanizma tam açıklanmış olmasa da KT ve HKHN ilişkili hemorajik sistitte HBOT'nin kullanımı, histopatolojisinin radyoterapi ilişkili hemorajik sistite benzerliğine dayanmaktadır. HBOT için kabul edilen bir endikasyon olan radyasyon sistitinde olduğu gibi, bu hastalıkta da progresif endarterit, inflamasyon ve mesane mukozası ülserasyonu olduğu, bunların da altında yatan nedenin iskemi olduğu düşünülmektedir. HBOT, hipoksik üriner sistem epitelinde doku oksijenizasyonunu arttırarak, mukozal iyileşmeyi hızlandırmakta ve kalıcı iyileşme sağlamaktadır (15).

SONUÇ

HBOT, KT ve HKHN ilişkili hemorajik sistitte etkili ve güvenli bir tedavi seçeneği olabilir. Bu konuda randomize kontrollü çalışmalar yapılması zor olduğu ve etik kaygılar da oluşabileceği için, uluslararası rehberlerde HBOT'nin önerilmesi açısından mevcut verilerle değerlendirme yapılması düşünülmelidir. Bunun yanında etki mekanizmalarına yönelik temel çalışmalar hala tatmin edici değildir dolayısı ile bu tarz çalışmalara odaklanılması önemli bir eksikliği giderecektir.

KAYNAKLAR

1. Manikandan R, Kumar S, Dorairajan LN. Hemorrhagic cystitis: a challenge to the urologist. *Indian J Urol.* 2010;26:159–66. doi: 10.4103/0970-1591.65380.
2. Halder S, Dru C, Bhowmick NA. Mechanisms of hemorrhagic cystitis. *Am J Clin Exp Urol.* 2014;2:199–208.
3. Botta LM, Botta GP. Hemorrhagic cystitis: treatment with hyperbaric oxygen therapy in patients with acute lymphoblastic leukemia. *Clin J Oncol Nurs.* 2018;22:E146– E151. doi: 10.1188/18.CJON.E146-E151
4. Droller MJ, Saral R, Santos G. Prevention of cyclophosphamide-induced hemorrhagic cystitis. *Urology.* 1982;20:256–8. doi: 10.1016/0090-4295(82)90633-1.
5. Aldiwani M, Tharakan T, Al-Hassani A, Gibbons N, Pavlu J, Hrouda D. BK virus associated haemorrhagic cystitis. a systematic review of current prevention and treatment strategies. *Int J Surg.* 2019;63:34–42. doi: 10.1016/j.ijssu.2019.01.019.

6. Cesaro S, Dalianis T, Hanssen Rinaldo C, Koskenvuo M, Pegoraro A, et al. ECIL-6 Group. ECIL guidelines for the prevention, diagnosis and treatment of BK polyomavirus associated haemorrhagic cystitis in haematopoietic stem cell transplant recipients. *J Antimicrob Chemother.* 2018;73:12–21. doi: 10.1093/jac/dkx324
7. Jefferson FA, Linder BJ. Hemorrhagic Cystitis: Making Rapid and Shrewd Clinical and Surgical Decisions for Improving Patient Outcomes. *Res Rep Urol.* 2023 Jun 29;15:291-303. doi: 10.2147/RRU.S320684.
8. Savva-Bordalo J, Pinho Vaz C, Sousa M, Branca R, Campilho F, Resende R, et al. Clinical effectiveness of hyperbaric oxygen therapy for BK-virus-associated hemorrhagic cystitis after allogeneic bone marrow transplantation. *Bone Marrow Transplant.* 2012;47:1095–8. doi: 10.1038/bmt.2011.228
9. Urbaniak-Kujda D, Kapelko-Słowik K, Biernat M, Dybko J, Laszkowska M, Kuliczowski K. The use of hyperbaric oxygen therapy in the treatment of hemorrhagic cystitis after allogeneic stem cell transplantation from an unrelated donor. *Int J Hematol.* 2015;102:364–7. doi: 10.1007/s12185-015- 1832-y.
10. Ozturk H, Mirasoglu B, Aktas S. Hyperbaric oxygen treatment for refractory haemorrhagic cystitis occurring after chemotherapy and haematopoietic stem cell transplantation: retrospective analysis of 25 patients. *Diving Hyperb Med.* 2022 Mar 31;52(1):27-34. doi: 10.28920/dhm52.1.27-34.
11. Arana Ribeiro J, Alpuim Costa D, Gaio-Lima C, Guilherme Gonçalves-Nobre J, Portugal Rodrigues I, Trigo Miranda M, et al. Hyperbaric oxygen therapy in the treatment of late-onset hemorrhagic cystitis after allogeneic hematopoietic stem cell transplantation. *Sci Rep.* 2024 Oct 21;14(1):24658. doi: 10.1038/s41598-024-74858-8.
12. Hosokawa K, Aoki G, Ohata K, Takamatsu H, Nakagawa N, Imi T, Iwaki N ve ark. Effectiveness of hyperbaric oxygen therapy for virus-associated hemorrhagic cystitis after allogeneic hematopoietic stem cell transplantation. *Int J Hematol.* 2021 Jul;114(1):109-115. doi: 10.1007/s12185-021-03120-y
13. Qu Y, Zhao P, Ding X, Qiao X, Wang L, Li Y. Hyperbaric oxygen therapy improves the efficacy of conventional supportive treatment for late-onset hemorrhagic cystitis after allogeneic hematopoietic stem cell transplantation. *Hematology.* 2024 Dec;29(1):2356307. doi: 10.1080/16078454.2024.2356307.

14. Çağrı Can Makar, Siklofosfamid İle İndüklenen Hemorajik Sistit Sıçan Modelinde Hiperbarik Oksijen Tedavisinin Etkinliğinin Araştırılması (İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi, Tıpta Uzmanlık Tezi, 2023)
15. Degener S, Pohle A, Strelow H, Mathers MJ, Zumbé J, Roth S, et al. Long-term experience of hyperbaric oxygen therapy for refractory radio- or chemotherapy-induced haemorrhagic cystitis. BMC Urol. 2015;15:38. doi: 10.1186/s12894-015-0035-4.

MANDİBULA OSTEONEKROZLARI

F. Bahar Sezer

Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Çene Cerrahisi AD

Mandibula osteonekrozu, baş/boyun tümörlerinin radyasyon tedavisi, malign hastalıkların tedavisi için uygulanan kemoterapi ve bifosfonatlarla tedavi sonrasında ciddi bir komplikasyon olarak ortaya çıkmaktadır. Osteonekroz, nedeninden bağımsız olarak, kemik içi kan akışının bozulması sonucu canlı olmayan kemik dokusu olarak tanımlanır. Bu durum, kemikte trofik hasara ve osteositlerin ölümüne ve aynı zamanda kemik matriksinin ardışık dejenerasyonuna ve yıkımına yol açar. Radyoterapi, DNA'ya zarar vererek ve hücre apoptozunu tetikleyerek tümör hücrelerini etkili bir şekilde yok eder. Bu sebeple baş ve boyun kanserleri için köklü ve önemli bir tedavi yöntemidir. Bunun yanında radyoterapi sağlıklı dokuya zarar vererek siyaloadenit, kserostomi, trismus, mukozit, diş hassasiyeti, periodontal değişiklikler, enfeksiyon (kandidiyazis), tat bozuklukları, mide bulantısı, kusma ve deskuamasyon gibi hem ani hem de uzun süreli yan etkilere yol açabilir. Osteoradyonekroz (ORN), radyoterapinin en önemli olumsuz etkilerinden biri olarak kabul edilir ve radyoterapiden sonra, 3-6 aylık bir süre boyunca iyileşmeyen, açığa çıkmış kemik varlığı ile karakterizedir. İlerleyici bir yapıya sahip olan bu durum, her bir vakanın ciddiyetine karşılık gelen ağrı, şişlik, koku ve değişken derecelerde kemik kaybı gibi semptomlar gösterir. Literatür, baş ve boyun kanseri için radyoterapi gören hastalarda mandibular ORN gelişme oranının %1,2 ile %15 arasında değişebileceğini göstermektedir. Mandibular bölgenin kortikal yapısı ve diş çekimi gibi invaziv dental prosedürlerin sık görülmesi, bu bölgede ORN'lerin daha sık görülmesine katkıda bulunur. Radyoterapiden sonra yapılan cerrahi işlemler, yaşam boyu ORN riski taşır. ORN oluşma oranı, radyoterapiden sonraki ilk 2-4 yıl içinde zirveye ulaşır. Hasta ve tedavisiyle ilişkili faktörler, örneğin yetersiz ağız hijyeni, travma, alkol ve tütün tüketimi ve düşük vücut kitle indeksi (VKİ), hastalığın başlangıcını ve ilerlemesini etkileyebilir. Kemoterapinin kan damarlarına zarar verme ve ORN'ye katkıda bulunma potansiyeli olmasına rağmen, klinik çalışmalar henüz önemli bir korelasyon bulamamıştır. İlaça bağlı olarak çene kemiklerinde görülen osteonekroz baş-boyun radyoterapisi öyküsü bulunmayan ancak antianjiyojenik veya antirezorptif ilaç kullanan hastalarda ortaya çıkabilir (Medication Related Osteonecrosis of The Jaw: MRONJ). Maksillofasiyal bölgede 8 hafta içinde iyileşmeyen ekspoze veya intraoral ya da ekstraoral fistül oluşumuyla gözlenebilen nekrotik kemik dokusudur. En fazla nekrotik kemik gelişiminde etkili

olan ilaçlar temel olarak antirezorptif ajanlar olan bifosfonatlar ve denosumabdır (Rank ligand inhibitörü). Antianjiyojenik ajanlar arasından da çoğunlukla Bevasizumab ve Sunitinibdir. Bifosfonat grubu ilaçlar ilk kez 1990'lı yıllarda osteoporoz tedavisinde ve tümörlerin kemik içerisinde gelişmesini yavaşlatmak amacıyla, hormon replasman tedavilerine alternatif olarak kullanılmaya başlamıştır.

Bifosfonatların kullanıldığı hastalıklar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. Kemikte yüksek oranda metastaz yapan meme, prostat, akciğer kanserleri gibi kanserlerde intravenöz olarak kullanılır.

Malign tümör varlığında gelişebilen patolojik kırıklar, hiperkalsemi veya omurilik kanalının daralması gibi hayatı tehdit eden komplikasyonların azaltılması için kullanılır.

2. Kadınlarda postmenopozal dönemde osteoporoz için hem profilaktik, hem terapötik olarak kullanılır.

3. Fibröz displazi, Paget hastalığı, ankilozan spondilit gibi metabolik kemik hastalıklarını tedavi etmek için kullanılır.

4. Multipl myelomda, iskeletsel deformiteleri engellemek ve kemik yıkımına sebep olan metastatik lezyonları tedavi etmek amacıyla kullanılır. Osteogenezis imperfekta tanısı konulmuş pediatrik hastalarda, kemiğin fragilitatesini azaltmak amacıyla da kullanılır. Bifosfonat grubu ilaçların yan etkileri arasında; çene kemiklerinde osteonekroz, özofagal enflamasyon, mide problemleri, ateş, grip bulguları, kaslarda ve/veya kemiklerde ağrılar sayılabilir. RANK-L inhibitörlerinin aktivatör reseptörü olan, 2010'da FDA onayı alan, yeni bir ilaç olan Denosumab ise; osteoporoz ile meme ve prostat kanserinin kemik metastazlarının tedavisinde kullanılmaktadır. Yarılanma ömrü 25-32 gün olup, bifosfonatların tersine kemiğe bağlanmaz ve kemik remodellingi üzerine etkileri tedavi bırakıldıktan 6 ay sonra geriler. Öncü osteoklast hücrelerinin farklılaşmasını ve fonksiyonunu inhibe eder. Bifosfonatlar osteoklastlara, hidroksiapatit ve aktif kemik yapımını uyaran bölgelere seçici olarak bağlanarak etki gösterir. Ancak bisfosfonat grubu ilaçların yüksek dozlarda kullanılmaları, osteoblastlar ve osteoklastlarda sitotoksik etki oluşturur. Böyle durumlarda kemik rejenerasyonu sağlanamamaktadır. Ayrıca remodelasyonun azalmasına bağlı olarak avasküler nekroz oluşma riski artar. Bifosfonata bağlı osteonekrozun histolojik yapısı incelendiğinde aktif akut inflamasyonu olan alanlar ve nekrotik değişikliklerin yaygın olduğu alanlar ile birliktelikle, iltihabi ve nekrotik değişikliklerin olmadığı alanlar da mevcuttur. Nekrotik olmayan bölgelerde, Haversian kanallarından yoksun ve farklı derecelerde kalsifikasyon gösteren büyük kemik dokusu

kitleleri görülür. Diğer alanlarda ise aktif kemik iltihabı, kemik spikülleri, osteoklast benzeri hücreler ve büyük kemik dokusu kayıpları izlenir. Bu alanlar çoğunlukla polimorfonükleer fagositler, plazma hücreleri, monositler ve lenfositler, asellüler nekroz, ince duvarlı ve dilate kan damarları ve bazofilik kemik spiküllerini içeren inflamasyon ile karakterizedir. Mikrobiyolojik incelemede baskın olarak Aktinomiçes, takiben Streptokok, Kandida, Stafilokok, Klebsiella, Eikenella, Haemophilus, Fusobacterium, Escherichia izole edilmiştir. Bu ilaçların çene kemiklerinde özellikle kemik metabolizması döngüsünün daha yüksek olduğu alveolar kemikte nekroza sebep olduğu çalışmalarla ortaya konmuştur. Buna ek olarak oral mikrofloranın, periodontal aralık aracılığıyla çene kemikleri ile ilişkide olmasının ve çene kemiklerinin toruslar veya mylohyoid kenar gibi mukozanın ince olduğu kemik bölgelerinin travmaya maruz kalmasının da bu bölgelerde osteonekroz gelişme riskini artırdığı düşünülmektedir. Bütün bunlar göz önüne alındığında çene kemiklerinde oluşan nekroz, spontan (%40) ya da oral cerrahi işlemlere bağlı olarak (%60) gelişebilir. Kanser tedavisi gören ve oral antirezorptif ilaç kullanan hastalar, osteoporotik veya osteopenik bireylere kıyasla daha yüksek MRONJ riski taşımaktadır. MRONJ ile en sık ilişkilendirilen ilaçlar zolendronat ve denosumabtır. Zolendronat veya denosumab ile tedavi edilen kanser hastalarında MRONJ gelişim riski %5'ten düşük olup, bu oran %0–6,9 aralığında değişmektedir. Osteoporotik hastalarda oral bifosfonat tedavisi sonrası MRONJ riski %0,02–0,05; intravenöz zolendronat için %0,05; denosumab için ise %0,3 olarak bildirilmiştir. Antirezorptif tedavi süresinin uzaması, risk artışıyla doğrudan ilişkilidir. Lokal risk faktörleri arasında en önemlisi dentoalveolar cerrahi işlemlerdir. Diş çekimi sonrası MRONJ gelişme riski, osteoporotik bireylerde bifosfonat kullanımı ile %0–0,15, denosumab kullanımı ile %1; kanser hastalarında ise %1,6–14,8 arasında değişmektedir. Bifosfonata bağlı çenelerde gelişen osteonekroz %65 oranında mandibulada, %26 oranında maksillada, %9 oranında aynı anda hem mandibula hem maksillada görülebilmektedir. Olguların 1/3'ünde ağrı yoktur. 2/3 oranı ile kadınlarda daha sık gözlenir. Yapılan çalışmalara göre i.v. bifosfonat kullanımında, % 0.8-%12 osteonekroz gelişim riski bildirilmiştir. Oral bifosfonat kullanımında ise risk oldukça düşüktür. Ancak uzun dönem (3 yıldan fazla) ilaç kullanımında gelişebilir. Denosumab ilişkili çene kemiği osteonekrozu insidansı %0-%4,7 arasında bildirilmektedir. 2012 yılında Saad F ve ark. 52 olguyu içeren Denosumab ilişkili çene kemiği osteonekrozu çalışmasında cerrahi işleme bağlı %59,6 oral enfeksiyona bağlı %50 oranında osteonekroz gelişimi rapor etmiştir. Bu hastaların sadece %1'inde çenede kemiklere kan akışının engellenmesi sonucu osteonekroz oluştuğu, %5'inde ise hipokalsemi geliştiği bildirilmiştir. Amerikan Oral ve Maksillofasiyal Cerrahi (AAOMS) Birliği'ne göre ilaç kullanımına bağlı olarak çene kemiklerinde gelişen osteonekrozun kesin tanısı

için şu kriterler gerekir; devam eden ya da geçmişte uygulanmış antirezorptif veya antianjiyojenik ilaç tedavisi görmüş olmak, ekspoze nekrotik kemiğin en az 8 hafta süre ile var olması, baş-boyun bölgesine önceden radyoterapi uygulanmamış olması.

TEDAVİ YAKLAŞIMLARI

Tedavi yaklaşımları, AAOMS'un ilaca bağlı çene kemiklerinde görülen osteonekroz olgularına yönelik olarak 2014 yılında yayımladığı bildiride hastalığın evresine göre belirlenmiştir.

- Evre 0: Nekrotik kemik olduğuna dair klinik bir bulgu yok, ancak nonspesifik klinik bulgular ve semptomlar var ise; ağrı kesici ve antibiyotikler ile sistemik tedavi uygulanabilir.
- Evre 1: Ağız içinde üzeri mukoza ile örtülü olmayan nekrotik kemik var, ancak asemptomatik ve enfeksiyona dair bir bulgu yok ise; antibakteriyel ağız gargarası kullanımı, 3 ayda bir klinik takip ve hasta eğitimi ile devam eden ilaç tedavisi endikasyonu değerlendirilir.
- Evre 2: Ekspoze ve nekrotik kemik varlığıyla birlikte enfeksiyon bulguları, ağrı, eritem, pürülan eksuda (olmayabilir) var ise; oral antibiyotikler ile semptomatik tedavi, antibakteriyel ağız gargarası, ağrı kontrolü uygulanır ve yumuşak doku irritasyonu için yüzeysel debridman yapılır.
- Evre 3: Ekspoze ve nekrotik kemik bulunan hastada ağrı, enfeksiyon ve şu bulgulardan birinin veya daha fazlasının bulunması: alveolar kemikte geniş sınırlara yayılan ekspoze ve nekrotik kemik varlığı (mandibulanın inferior sınırı ve ramusu, maksillada maksiller sinüs ve zigomalar), patolojik kırık, ekstraoral fistül, oral, antral/oral veya nazal bölgelerin etkilenmesi veya maksiller sinüs ön duvarı boyunca uzanan osteoliz. Bu evrede antibakteriyel ağız gargarası, antibiyotik uygulaması ve ağrı kontrolü, cerrahi debridman veya uzun dönem enfeksiyon ve ağrı oluşumu var ise rezeksiyon yapılabilir.

MRONJ'nin önlenmesinin anahtarı, ilerlemesini ve ortaya çıkmasını etkili bir şekilde önlemek için erken bir aşamada tespit etmek üzere hastalığa yatkın yüksek riskli hastaları (örneğin, AAOMS evre 0) taramaktır. Bu nedenle, önleme tedaviden önce gelmelidir. Yayımlanmış çalışmalar, lokal enfeksiyon tedavisinin ve ağız hijyeninin MRONJ riskini azaltabileceğini göstermiştir. Onkologlar ve diş hekimleri arasındaki multidisipliner işbirliği ve yakın takip, MRONJ'nin önlenmesi ve tedavisinde kritik bir rol oynamaktadır. MRONJ'nin tüm aşamalarında ağız hijyeni ve periodontal sağlığa daha fazla dikkat edilmelidir. Uygun ağız hijyeninin

sürdürülmesi ve antibakteriyel ağız yıkamalarının kullanılması MRONJ'nin ilerlemesini geciktirmeye yardımcı olabilir.

Diş hekimleri için tedaviler, takip muayeneleri sağlayan bir takip sistemi ile mantıklı olmalıdır. Kanser tedavisi öncesi hastalar için değiştirilebilir risk faktörleri değerlendirmeli ve çekim, konservatif dental ve periodontal tedavi, gerekirse protezlerin ayarlanması gibi ön tedaviler ve son olarak ömür boyu günlük ağız bakımı taahhüdünün gerekliliği ve risk faktörlerinin (sigara ve kontrolsüz diyabet gibi) azaltılmasını teşvik edici eğitimler verilmelidir.

Kontrol edilebilir risk faktörleri en aza indirilmelidir. Tedavi süresince altı aylık takipler sıkı bir şekilde yapılmalı ve semptomların tekrarlaması halinde hemen doktora başvurulmalıdır. Diş hekiminin ağız muayenesini tamamlaması, ağız boşluğundaki yumuşak ve sert dokuların durumunu değerlendirmesi, ağız eğitimine devam etmesi ve risk faktörlerini kontrol etmesi önerilir. Hasta 8 hafta boyunca takip edilmeli ve sonuç diş hekimi tarafından değerlendirilmelidir. Birçok araştırmacı, diş çekimi veya diğer invaziv prosedürlerden önce ilaç alımının durdurulmasını önermektedir. Osteoporozis için antirezorptif ilaç kullanan hastalarda ilaç tatilinin faydalı olup olmadığını çürütmek için yeterli bilgi ve kaynak bulunmamaktadır. Ancak AAOMS komitesi, Damm ve Jones tarafından risk altındaki hastalar için tanımlanan modifiye ilaç tatili yaklaşımını gözden geçirmiş ve uzun süre (> dört yıl) ilaç kullanan hastalar için uygun bulmuştur. Kanser hastalarında cerrahi işlemlerden önce iv bifosfonat tedavisinin kesilmesine ilişkin bilgiler yetersizdir. Bununla birlikte, MRONJ gelişirse, doktor hastalığın durumuna bağlı olarak yumuşak doku iyileşmesi tamamlanana kadar ilaç tedavisini kesmeye karar verebilir. MRONJ'yi önlemek veya tedavi etmek için antianjiyojenik ilaç tedavisinin kesilmesi konusunu destekleyecek veya çürütecek bir bilgi yoktur ve bu konudaki araştırmalar devam etmektedir.

AAOMS öncelikle konservatif tedaviyi önerse de, Ristow ve ark. konservatif tedavinin tercih edildiği vakalarda başarı oranının %20 olduğunu, cerrahi tedavi uygulanan vakalarda ise başarı oranının %85'in üzerinde olduğunu belirtmiştir. Bu durum, üçüncü derece vakalar veya iyi tanımlanmış sökestr dışında, operatif olmayan tedavi başarısız olduğunda, daha temkinli bir yaklaşım olan operatif tedavinin düşünülmesi gerektiğini göstermektedir. Başarılı bir cerrahi tedavi için operasyon öncesi konservatif yöntemlerle bakteri yükünün azaltılması, cerrahi sırasında nekrotik kemiğin tamamen çıkarılması, nekroz bölgesindeki dişlerin çıkarılması ve keskin kemik kenarlarının düzeltilmesi, yara bölgesinin mukoperiosteal flep ile gerilimsiz primer kapatılması, kemiği dezenfekte ederek cerrahi başarısını artıran lazer, ozon, uzun süreli antibiyotik kullanımı önerilmektedir. Cerrahi sırasında vital ve nekrotik kemiği ayırt etmek için VELscope tekniği de

kullanılabilir. Etkili olduğu kanıtlanmış olmasına rağmen, cerrahi tedavide tedavi sonrası semptomların kötüleşmesi, patolojik kırıklar ve çene segmentlerinin kaybı gibi bazı dezavantajlar bildirilmiştir. Cerrahi tedavinin erken evrelerdeki hastaları tedavi ettiği henüz kanıtlanmamıştır ancak daha ileri MRONJ tedavisi için gerekli bir yöntemdir.

AAOMS tarafından önerilen tedavi yöntemlerine ek olarak, bazı yardımcı rejeneratif tedavilerin de MRONJ hastalarında iyileşmeyi olumlu yönde etkilediğini gösteren araştırma sonuçları bulunmaktadır. MRONJ tedavisinde rejeneratif tedavi seçenekleri arasında düşük doz lazer tedavisi, lazer ile cerrahi debridman, floresan boyama yöntemi rehberliğinde cerrahi debridman, trombosit konsantrasyonlarının kullanımı, ozon ve hiperbarik oksijen tedavisi, pentoksifiline, alfa-tokoferol, parathormon kullanımı veya lezyon içine kök hücre transplantasyonu yer almaktadır. Ozon tedavisi endojen antioksidan sistemleri indükler ve oksidasyon için gerekli olan ksantin/ksantin oksidaz enzim yolunu kırar. Ozon tedavisinin kan dolaşımını, eritrosit sayısını ve hemoglobin miktarını artırdığı, mononükleer fagositik sistemi aktive ettiği, kemik defektlerinin iyileşmesine olumlu katkıda bulunduğu ve antibakteriyel etkileri olduğu bildirilmiştir. Ozon tedavisinin ayrıca evre 1 ve 2 MRONJ’de hücre proliferasyonunu ve yumuşak doku iyileşmesini uyardığı bildirilmiştir.

Hiperbarik oksijenin (HBO) sonuçları tartışmalı olmakla birlikte, MRONJ tedavisinde daha az sıklıkla kullanılmaktadır. Bazı araştırmacılar HBO’nun yara iyileşmesini arttırdığını, ödem ve şişliği azalttığını, kök hücre mobilizasyonunu uyardığını ve bifosfonatların neden olduğu kemik rejenerasyonunun baskılanmasını azalttığını bildirmiştir. Hiperbarik oksijen tedavisi ile ilgili olumlu ve olumsuz sonuçlar gösteren çalışmalar mevcuttur. HBOT alan hastalar ile tek başına ameliyat geçiren hastalar arasında sonuçlarda dikkate değer bir farklılık olmadığını göstermektedir. Ancak, HBOT’nin tek başına uygulanması ile HBOT-cerrahi kombinasyonunu karşılaştırdığımızda, yani cerrahi dahil edildiğinde daha yüksek bir tedavi başarısı oranı mevcuttur. Özellikle, HBOT ve cerrahi kombinasyonunun sinerjik bir etki gösterdiği ve izole HBOT’ye kıyasla daha üstün sonuçlar elde edildiği söylenebilir. Bu bulgu, cerrahi müdahalenin belirli durumlarda tedavi sürecinde önemli bir rol oynayabileceği gerçeğine dikkat çekmektedir. Benzer şekilde, tek başına cerrahi grubu ve HBOT ile cerrahi tedavi gören grup incelendiğinde, HBOT’nin cerrahi tedaviyle birlikte uygulanmasının daha başarılı sonuçlar verdiği saptanmıştır. Farmakolojik tedavi, cerrahi ve HBOT (tümü) ORN yönetiminde önemli bir rol oynar. HBOT’nin cerrahiyle birlikte kullanımı, oldukça önemlidir. Kombine tedaviler tekil tedavilere kıyasla daha üstün sonuçlarla ortaya çıkarmaktadır. Tedavide multidisipliner yaklaşımların önemi büyüktür.

Bu çalışmaların tamamı, MRONJ tedavisi protokollerine PRF'nin entegrasyonunu desteklemekte ve hasta sonuçlarını önemli ölçüde iyileştirme potansiyelini vurgulamaktadır. Mauceri ve ark.'in çalışmasının sonuçları, ameliyat sonrası 6 ayda PRF ve PRF kullanılmayan gruplar arasında mukozal iyileşmede istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını göstermektedir. Ancak, daha erken bir takipte önemli bir bulgu ortaya çıkmaktadır: PRF grubu, kontrol grubuna kıyasla mukozal iyileşme gösteren hastaların yüzdesinin önemli ölçüde daha yüksek olduğunu göstermektedir. İlginç bir şekilde, ameliyat sonrası PRF'nin lokal uygulaması, ağrıyı önemli ölçüde azaltan önemli bir faktör olarak ortaya çıkmaktadır.

KAYNAKLAR

- 1- van Kaick G, Delorme S. Therapy-induced effects in normal tissue. *Radiologie* 2008; 48: 871-80.
- 2- Marx RE, Cillo JE, Jr, Ulloa JJ. Oral bisphosphonate-induced osteonecrosis: risk factors, prediction of risk using serum CTX testing, prevention, and treatment. *J Oral Maxillofac Surg* 2007; 65: 2397-410.
- 3- Pazianas M, Miller P, Blumentals WA, Bernal M, Kothawala P. A review of the literature on osteonecrosis of the jaw in patients with osteoporosis treated with oral bisphosphonates: prevalence, risk factors, and clinical characteristics. *Clin Ther* 2007; 29: 1548-58.
- 4- Almazrooa SA, Woo SB. Bisphosphonate and nonbisphosphonate-associated osteonecrosis of the jaw: a review. *J Am Dent Assoc* 2009; 140: 864-75.
- 5- Studer G, Gratz KW, Glanzmann C. Osteoradionecrosis of the mandibula in patients treated with different fractionations. *Strahlenther Onkol* 2004; 180: 233-40.
- 6- Studer G, Studer SP, Zwahlen RA, Huguenin P, Grätz KW, Lütolf UM, Glanzmann C. Osteoradionecrosis of the mandible: minimized risk profile following intensity-modulated radiation therapy (IMRT). *Strahlenther Onkol* 2006; 182: 283-8.
- 7- Sciubba JJ, Goldenberg D. Oral complications of radiotherapy. *Lancet Oncol* 2006; 7: 175-83.
- 8- Reuther T, Schuster T, Mende U, Kübler A. Osteoradionecrosis of the jaws as a side effect of radiotherapy of head and neck tumour patients – a report of a thirty year retrospective review. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2003; 32: 289-95.
- 9- Grotz KA, Riesenbeck D, Brahm R, et al. Chronic radiation effects on dental hard tissue (radiation caries). Classification and therapeutic strategies. *Strahlenther Onkol* 2001; 177: 96-104.

- 10- Pitak-Arnnop P, Sader R, Dhanuthai K, Masaratana P, Bertolus C, Chaine A, Bertrand JC, Hemprich A. Management of osteoradionecrosis of the jaws: an analysis of evidence. *Eur J Surg Oncol* 2008; 34: 1123-34.
- 11- Curi MM, Dib LL. Osteoradionecrosis of the jaws: a retrospective study of the background factors and treatment in 104 cases. *J Oral Maxillofac Surg* 1997; 55: 540-4.
- 12- Emsley J. Phosphor – ein Element auf Leben und Tod. Wiley-VCH, Weinheim 2001; 63-122.
- 13- Aapro MS. Management of bisphosphonate treatment in clinical practice. *Semin Oncol* 2007; 34 (6 Suppl 4): S28-S32.
- 14- Marx RE. Pamidronate (Aredia) and zoledronate (Zometa) induced avascular necrosis of the jaws: a growing epidemic. *J Oral Maxillofac Surg* 2003; 61: 1115-7.
- 15- Bamias A, Kastiris E, Bamia C, et al. Osteonecrosis of the jaw in cancer after treatment with bisphosphonates: incidence and risk factors. *J Clin Oncol* 2005; 23: 8580-7.
- 16- Durie BG, Katz M, Crowley J. Osteonecrosis of the jaw and bisphosphonates. *N Engl J Med* 2005; 353: 99-102.
- 17- Ruggiero SL, Dodson TB, Assael LA, Landesberg R, Marx RE, Mehrotra B; American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons. American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons position paper on bisphosphonate-related osteonecrosis of the jaws–2009 update. *J Oral Maxillofac Surg* 2009; 67 (5 Suppl): 2-12.
- 18- Mavrokokki T, Cheng A, Stein B, Goss A. Nature and frequency of bisphosphonate-associated osteonecrosis of the jaws in Australia. *J Oral Maxillofac Surg* 2007; 65: 415-23.
- 19- Marx RE, Sawatari Y, Fortin M, Broumand V. Bisphosphonate-induced exposed bone (osteonecrosis/osteopetrosis) of the jaws: risk factors, recognition, prevention, and treatment. *J Oral Maxillofac Surg* 2005; 63: 1567-75.
- 20- Woo SB, Hellstein JW, Kalmar JR. Narrative [corrected] review: bisphosphonates and osteonecrosis of the jaws. *Ann Intern Med* 2006; 144: 753-61.
- 21- Dannemann C, Gratz KW, Riener MO, Zwahlen RA. Jaw osteonecrosis related to bisphosphonate therapy: a severe secondary disorder. *Bone* 2007; 40: 828-34.
- 22- Grötz KA, al-Nawas B, Brahm R, Duschner H, Wagner W. Terminal end of the human odontoblast processes. *Clin Oral Investig* 2000; 4: 106-7.
- 23- Rhodus NL. Management of oral complications from radiation and chemotherapy. *Northwest Dent* 2010; 89: 39-42.

- 24- Pitak-Arnnop P, Hemprich A, Dhanuthai K, Pausch NC. A systematic review in 2008 did not show value of hyperbaric oxygen therapy for osteoradionecrosis. *J Oral Maxillofac Surg* 2010; 68: 2644-5.
- 25- Fritz GW, Gunsolley JC, Abubaker O, Laskin DM. Efficacy of pre- and postirradiation hyperbaric oxygen therapy in the prevention of postextraction osteoradionecrosis: a systematic review. *J Oral Maxillofac Surg* 2010; 68: 2653-60.
- 26- Bessereau J, Annane D. Treatment of osteoradionecrosis of the jaw: the case against the use of hyperbaric oxygen. *J Oral Maxillofac Surg* 2010 Aug;68(8):1907-10. doi: 10.1016/j.joms.2010.02.005.
- 27- Abu-Id MH, Aıl Y, Gottschalk J, Kreusch T. Bisphosphonate-associated osteonecrosis of the jaw. *Mund Kiefer Gesichtschir* 2006; 10: 73-81.
- 28- Hellstein JW, Marek CL. Bisphosphonate induced osteochemonecrosis of the jaws: an ounce of prevention may be worth a pound of cure. *Spec Care Dentist* 2006; 26: 8-12.
- 29- Grötz KA, Wüstenberg P, Kohnen R, et al. Prophylaxis of radiogenic sialadenitis and mucositis by coumarin/troxerutine in patients with head and neck cancer – a prospective, randomized, placebo-controlled, double-blind study. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2001; 39: 34-9.
- 30- Bagan JV, Jiménez Y, Hernández S, et al. Osteonecrosis of the jaws by intravenous bisphosphonates and osteoradionecrosis: a comparative study. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2009; 14: e616-9.
- 31- Hellstein JW, Marek CL. Bisphosphonate osteochemonecrosis (bis-phossy jaw): is this phossy jaw of the 21st century? *J Oral Maxillofac Surg* 2005; 63: 682-9.
- 32- Hellstein JW, Marek CL. Bis-phossy jaw, phossy jaw, and the 21st century: bisphosphonate-associated complications of the jaws. *J Oral Maxillofac Surg* 2004; 62: 1563-5.
- 33- Ruggiero, S.L.; Dodson, T.B.; Aghaloo, T.; Carlson, E.R.; Ward, B.B.; Kademani, D. American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons' Position Paper on Medication-Related Osteonecrosis of the Jaws—2022 Update. *J. Oral Maxillofac. Surg.* 2022, 80,920–943. [CrossRef] [PubMed].
- 34- Valente, N.A.; Chatelain, S.; Alfonsi, F.; Mortellaro, C.; Barone, A. Medication-Related Osteonecrosis of the Jaw: The Use of Leu-kocyte-Platelet-Rich Fibrin as an Adjunct in the Treatment. *J. Craniofacial Surg.* 2019, 30, 1095–1101. [CrossRef] [PubMed].

EK 1

HİPERBARİK OKSİJEN TEDAVİSİ (HBOT): DETAYLI AKADEMİK BAKIŞ VE DIŞ HEKİMLİĞİNDEKİ KLİNİK UYGULAMALARI

1. Tanımı ve Fizyolojik Temeli

Hiperbarik oksijen tedavisi (HBOT), hastaların özel olarak tasarlanmış bir basınç odasında, atmosfer basıncının oldukça üzerinde (genellikle 2-3 ATA) %100 saf oksijen soluması ile uygulanan bir tedavi biçimidir. Normal atmosferde, kandaki oksijenin çoğu hemoglobine bağlı taşınırken, HBOT altında plazmada çözünmüş serbest oksijenin miktarı dramatik şekilde artar. Bu durum, özellikle oksijenlenmenin bozulduğu hipoksik dokularda doku düzeyinde rejeneratif süreçlerin aktive olmasını sağlar.

HBOT, yalnızca oksijen taşıma kapasitesini artırmakla kalmaz; aynı zamanda hücresel düzeyde biyokimyasal süreçleri etkileyerek anjiyogenez (yeni damar oluşumu), fibroblast aktivitesi, kollajen sentezi ve epitelizasyonu da destekler. Ayrıca oksijenin yüksek basınç altında verilmesi, anaerobik mikroorganizmaların inhibisyonunu sağlar ve antibiyotik etkinliğini artırarak antimikrobiyal savunmayı güçlendirir.

2. Mekanizma: HBOT'nin Hücresel ve Moleküler Düzeyde Etkileri

- Doku oksijenasyonu: Normal basınçta 100 ml kanda 0.3 ml oksijen plazmada çözünmüşken, HBOT sırasında bu miktar 6 ml'ye kadar çıkar. Bu sayede oksijen difüzyonu 3-4 kat artar.
- Anjiyogenez: HBOT, vasküler endotelial büyüme faktörü (VEGF) ve fibroblast büyüme faktörü (FGF) gibi pro-anjiyojenik sitokinlerin ekspresyonunu uyararak yeni damar oluşumunu tetikler. Bu, yara iyileşmesi açısından kritik bir mekanizmadır.
- İmmünolojik Etkiler: Nötrofillerin bakterilere karşı oluşturduğu oksidatif patlama (oxidative burst) için oksijen gereklidir. HBOT ile bu reaksiyonlar desteklenir, fagositoz ve bakterisidal aktivite artar.
- İnflamasyon Baskılama: HBOT, proinflamatuvar sitokinlerin (IL-1, TNF- α) salınımını azaltırken, antiinflamatuvar yanıtı güçlendirerek kronik enflamasyonun çözülmesine katkıda bulunur.
- Oksidatif DNA onarımı: ROS üretimi artar, bu da hücre proliferasyonuna katkı sağlar; ancak bu etkinin kontrollü olması gerekir.

3. Kabul Gören Klinik Endikasyonlar (UHMS ve Sağlık Bakanlığı)

Aşağıdaki durumlar, HBOT'nin tıbbi ve yasal olarak uygulandığı başlıca endikasyonlardır:

- Radyasyon yaraları ve osteoradyonekroz (ORN): Radyoterapiye bağlı olarak gelişen kemik ve yumuşak doku nekrozu tedavisinde kullanılır.
- İlaça bağlı çene osteonekrozu (MRONJ): Bifosfonat ve denosumab gibi antirezorptif ajanlar sonrası görülen çene kemik nekrozlarında etkin bir destekleyici tedavidir.
- Diş hekimliğinde cerrahi sonrası doku iyileşmesi: Özellikle radyoterapi almış bireylerde implant yerleştirme ve diş çekimi gibi invaziv işlemler sonrasında kullanılır.
- Kronik iyileşmeyen yaralar: Diabetik ayak ülseri, bası yaraları vb.
- Akut enfeksiyonlar (nekrotizan fasiyit, osteomiyelit): Antibiyotik tedavisini destekler, dokunun oksijen ihtiyacını karşılar.

4. Diş Hekimliğinde HBOT Uygulamaları (2022–2025 Literatürüne Göre)

A) Osteoradyonekroz (ORN)

Kaynak: Geçkil, 2025 – Sistemantik Meta-analiz

Baş-boyun bölgesine radyoterapi almış bireylerde mandibular kemik, zayıf kan dolaşımı nedeniyle nekroza uğrayabilir. HBOT burada:

- İskemik kemiğe oksijen sağlayarak rejenerasyonu destekler.
- Cerrahiyle kombine edildiğinde lezyonun kapanma süresini kısaltır ve başarıyı artırır.
- ORN evresine bağlı olarak tek başına veya kombine şekilde uygulanabilir.

B) MRONJ (İlaça Bağlı Osteonekroz)

Kaynak: Kimura et al., 2024 – Vaka Serisi (Cureus)

Bifosfonat tedavisi gören hastalarda cerrahi sonrası ortaya çıkan çene nekrozlarında:

- HBOT, cerrahi gereksinimini ortadan kaldırabilir.
- SPECT ve PET gibi ileri görüntüleme teknikleriyle inflamasyonun azaldığı gösterilmiştir.
- 6 ay içinde kemik rejenerasyonu sağlanarak tam iyileşme sağlanabilmiştir.

C) Diş İmplantlarında HBOT

Re et al., 2019 – Derleme, Medical Gas Research

Radyoterapi almış hastalarda implant yerleştirilmesi genellikle risklidir. HBOT bu riski azaltır:

- Osseointegrasyon sürecinde osteoblast aktivitesini destekler.
- Radyasyon sonrası oluşan hipoksik çevreyi düzeltir.
- Başarı oranını %50'lerden %90'lara çıkaran vaka serileri mevcuttur.

D) Periodontal Hastalıklar ve Enfeksiyonlar

HBOT, periodontal cep içindeki anaerobik bakterilere karşı oldukça etkilidir:

- Subgingival patojenlerin oksijenle inaktive edilmesiyle doku iyileşmesi hızlanır.
- Aynı zamanda peri-implantitis tedavisinde de destekleyici olarak kullanılabilir.

5. Riskler, Kontrendikasyonlar ve Uygulama Sınırları

- Barotravma: En yaygın görülen komplikasyondur. Orta kulak, sinüs ve pulmoner barotravmalar olabilir.
- Klostrofobi: Kapalı basınç odaları bazı hastalarda panik oluşturabilir.
- Göz etkileri: Katarakt progresyonu gibi nadir ama bildirilmiş göz bulguları olabilir.
- Oksijen toksisitesi: Uzun süreli yüksek basınç altında oksijen solunması merkezi sinir sistemi etkileri oluşturabilir.

HBOT, bu nedenle yalnızca belirli merkezlerde, uzman gözetiminde ve doğru hasta seçimi ile uygulanmalıdır.

6. Sonuç ve Klinik Öneriler

Hiperbarik oksijen tedavisi, diş hekimliği ve çene cerrahisinde kanıta dayalı olarak etkili bir tamamlayıcı tedavi olarak değerlendirilmektedir. En çok fayda görülen alanlar:

- ORN ve MRONJ gibi osteonekrotik durumlar
- Yara iyileşmesinin bozulduğu vakalar
- Radyoterapi sonrası implant uygulamaları

- Periodontal cerrahiler sonrası enfeksiyon kontrolü

İlaç İlişkili Çene Osteonekrozu (MRONJ) ve HBOT:

Derinlemesine Akademik İnceleme (2021–2024)

HBOT'nin MRONJ Üzerindeki Biyolojik Etkileri

- Doku oksijenasyonunu artırarak hipoksik ortamlarda iyileşme potansiyelini yükseltir.
- ROS üretimini artırarak bakteriyel yükü baskılar.
- Anjiyogenez ve osteogenez süreçlerini uyararak kemik rejenerasyonunu destekler.
- Antibiyotik etkinliğini artırır, özellikle oral flora kaynaklı enfeksiyonlara karşı sinerjistik etki yaratır.

1. HBOT ile MRONJ'un İyileşmesi – Yaşlı Bireylerde Vaka Serisi

Kimura et al., 2024 – Cureus

- 3 yaşlı hastada MRONJ, HBOT ile konservatif tedaviyle başarılı şekilde yönetildi.
- SPECT ve PET görüntülemeleriyle lezyon bölgesinde kemik metabolizmasının aktive olduğu ve inflamasyonun azaldığı gösterildi.
- Cerrahisiz tedavi seçeneği olarak HBOT, özellikle sistemik hastalıkları olan yaşlı bireylerde dikkat çekicidir.

2. HBOT ve Cerrahi Kombinasyonu – Sistemik Derleme

Goker et al., 2021 – European Review for Medical and Pharmacological Sciences

- HBOT'nin cerrahiyle kombine edildiğinde hastaların %78'inde tamamen iyileşme sağlandığı bildirildi.
- Tek başına uygulandığında başarı oranı %35–50 civarında kalırken, cerrahiyle birlikte kullanıldığında bu oran %75'in üzerine çıkmaktadır.
- Özellikle evre 2 ve evre 3 MRONJ vakalarında HBOT'nin cerrahi sonrası nüks oranını azalttığı vurgulanmaktadır.

3. HBOT'nin Etkinliği – Randomize Kontrollü Çalışma

Sacco et al., 2019 – Applied Sciences (MDPI)

- Radyoterapi öyküsü olan ve MRONJ gelişen 30 hastalık bir kohortta HBOT'nin yara kapanma süresini %40 oranında kısalttığı gösterildi.

- Ayrıca HBOT alan grupta antibiyotik kullanım süresi ve doz ihtiyacı belirgin şekilde azalmıştır.

4. Konservatif Yaklaşımda HBOT – Vaka Raporu

Kumar et al., 2024 – Cureus

- Tek taraflı mandibular MRONJ lezyonu olan hasta, 20 seans HBOT sonrasında cerrahi gereksinim olmadan tamamen iyileşmiştir.

- Lezyon bölgesinde kemik yoğunluğu artışı radyografik olarak gösterilmiştir.

- HBOT ile hastaların yaşam kalitesinde ve çiğneme fonksiyonunda ölçülebilir artış bildirilmiştir.

5. HBOT + Lazer Kombinasyonu – Yeni Yaklaşımlar

Tolentino et al., 2019 – Wiley Online Library

- HBOT, düşük seviyeli lazer tedavisi ile kombine edildiğinde MRONJ iyileşmesinde sinerjistik etki gözlenmiştir.

- Bu kombinasyon, hücrel oksijen tüketimini artırarak osteoblast fonksiyonlarını uyarır, bu da kemik rejenerasyonunu kolaylaştırır.

Tartışmalar ve Sınırlılıklar

- HBOT her zaman tek başına yeterli olmayabilir. Özellikle evre 3 MRONJ vakalarında cerrahi müdahale ile birlikte uygulanmalıdır.

- Maliyet, seans gerekliliği (20–40 seans), basınç odası erişimi gibi lojistik kısıtlamalar mevcuttur.

- Literatürde bazı çalışmalar HBOT'nin etkisinin sınırlı olduğunu ve kanıt düzeyinin düşük olduğunu ileri sürmektedir

Klinik Öneri

- HBOT, MRONJ tedavisinde konservatif ve cerrahi yaklaşımlar için tamamlayıcı, destekleyici bir yöntemdir.

- Evre 1 ve 2 vakalarda tek başına denenebilir; evre 3 için cerrahiyle kombine edilmelidir.

- Yüksek riskli hastalarda (yaşlılar, sistemik hastalığı olanlar) cerrahiden kaçınmak için etkili bir alternatiftir.

PLASTİK VE REKONSTRÜKTİF CERRAHİ SONRASI HİPERBARİK OKSİJEN TEDAVİSİ

Abdullah Arslan

Konya Şehir Hastanesi Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Kliniği

Estetik cerrahi, güzellik ve fonksiyonel iyileşme amacıyla uygulanan cerrahi girişimleri kapsar. Ancak, her cerrahi müdahalede olduğu gibi estetik cerrahi sonrasında da bazı komplikasyonlar gelişebilmektedir. Hiperbarik oksijen tedavisi (HBOT) hastanın %100 saf oksijen soluduğu ve atmosfer basıncının üzerinde bir ortamda bulunduğu bir tedavi yöntemidir. Bu yöntem, dokulara ulaşan oksijen miktarını arttırarak yara iyileşmesini hızlandırır, enfeksiyon riskini azaltır ve doku rejenerasyonunu destekler (1).

Plastik ve estetik cerrahi uygulamalarından sonra görülen komplikasyonlar;

- **Doku Hipoksisi ve Nekroz:** Plastik cerrahi operasyonları sonrasında yetersiz kan dolaşımı nedeniyle doku oksijenlenmesi azalabilir ve nekroz gelişebilir. HBOT, oksijen basıncını arttırarak doku canlılığının korunmasına yardımcı olur.
- **Yara İyileşme Sorunları:** Estetik cerrahilerde, ameliyat kesilerinin doğru ve hızlı iyileşmesi büyük önem taşır. HBOT, fibroblast aktivitesini artırır, kollajen sentezini hızlandırır ve yara iyileşmesini destekler.
- **Enfeksiyonlar:** Oksijen yetersizliği, enfeksiyon riskini artırabilir. Özellikle anaerobik bakterilerin çoğalması HBOT ile engellenebilir. Hiperbarik oksijen, antibiyotiklerin etkinliğini arttırarak enfeksiyon tedavisini destekler.
- **Ödem ve İnflamasyon:** HBOT, antiinflamatuvar etkileri sayesinde ameliyat sonrası ödem ve inflamasyonu azaltarak hastanın iyileşme sürecini hızlandırır.

Günümüzde estetik cerrahi işlemler oldukça fazla sayıda uygulanmaktadır. Cilt dolgu ürünleri ve botulinium toksini hastane dışı polikliniklerde de uygulanabilmesi, bu tür uygulamaların çok hızlı bir şekilde yaygınlaşmasına neden olmuştur. Özellikle yüz bölgesinde, aklımıza gelebilecek her bölgeye hem botuliniam toksini hem de dolgu ürünleri uygulamaları yapılmaktadır. Bu uygulamalar esnasında arteriyel ve venöz damarlar içerisine uygulama yapılması sonucunda, damarın beslediği bölgede iskemi, ödem, inflamasyon ve ilerleyen süreçte nekroz gelişimi olabilmektedir. Bu tür vakalar özellikle yüz bölgesinde kalıcı hasarlar bırakabilmesi nedeniyle

uzun süreli adli süreçlere neden olabilmektedir. Bu türdeki vakalarda en kısa sürede ve sık şekilde HBO tedavisinin uygulanması komplikasyon oranlarını belirgin şekilde azaltmaktadır (2).

Nadir bir komplikasyon olsa bile dolgu enjeksiyonlarından sonra santral retinal arter tıkanıklığına bağlı görme kaybı gelişebilmektedir. Göz etrafına enjekte edilen dolgu malzemesinin venöz sistem içerisinde ilerleyerek, paradoksal proksimal emboli oluşturarak oftalmik artere, oradan da retinal artere ilerleyerek görme kaybına neden olabilmektedir. Bu duruma benzer vakalarda yüz güldürücü sonuçlar alabildiğimiz gibi, kalıcı görme kaybı yaşayan hastalar da bulunmaktadır (3).

Ülkemizde son yıllarda sağlık turizminin hızlı artışıyla beraber rinoplasti operasyonlarının sayısında da belirgin artış görülmüştür. Rinoplasti operasyonları sonrasında septum veya kolimella iskemi-nekrozu, konka nekrozu, burun ucu nekrozu gibi birçok komplikasyon görülebilmektedir. Yine bu tür komplikasyonlarda HBOT ile tedavilerde başarı şansı artmaktadır (4).

Flep-greft operasyonları, ekstremit replantasyonu, sinir tamirleri ve akut travmatik iskemiye bağlı doku onarımları rekonstruktif cerrahi işlemler arasında sayabiliriz. Bu işlemler hastanın ekstremitelerini ve fonksiyonlarını korumak, doku kaybını en aza indirmek amacıyla uygulanan işlemlerdir. Greft ve flep operasyonları sadece ekstremitelerde değil, vücudun birçok bölgesinde uygulanan cerrahi işlemlerdir. Tutması şüpheli deri greftleri ve flepler uzun yıllardır hiperbarik oksijen tedavisi endikasyonları içerisinde yer almaktadır (5).

Replantasyonlar oldukça zor, iyi eğitim almış doktorlar ve ekip takibi gerektiren işlemlerdir. Replantasyon sonrasında damar onarımlarının tam yapılmasına rağmen tromboz gelişimi, iskemi süresi ve özellikle iskemi-reperfüzyon hasarı gelişmesi ekstremitelerin surveyini etkilemektedir (6). Hastalara HBO tedavisinin uygulanması amputatın korunması açısından önem taşımakla beraber, hastaların en kısa sürede HBO tedavisine alınması bazı problemleri de beraberinde getirmektedir. Hastaların çoğu zaman multitravmalı olması, uzun operasyon süresine bağlı uzamış anestezi uygulanması, venöz dönüş problemi olan hastalarda operasyon yerinde kanama olması hastaların basınç odası içerisinde takiplerini çok daha dikkatli olunmasını gerektirmektedir.

Uzuv kopmalarında veya izole sinir yaralanmalarında tam kesi veya myelin kılıf hasarları bulunan hastalarda primer tedavi yöntemi cerrahi onarım yapılmasıdır. Mikrocerrahi gerektiren bir işlem olan sinir tamirlerinden sonra HBO tedavisin akut dönemde uygulanması sinir iyileşmesini belirgin şekilde arttırdığı birçok çalışma ile desteklenmektedir (7).

Meme küçültme, memeye silikon yerleştirilmesi ve son yıllarda sıklığı oldukça artan meme kanserlerinde operasyonlar sonrasında meme flep iskemileri görülebilmektedir. Bu tür vakalarda

meme başı kaybı, flep nekrozu gelişmesi, nekroz debridmanı sonrasında silikon çıkarılması, silikon kapsül reaksiyonu gelişmesi görülebilmektedir. Meme flep iskemilerinde HBO tedavisinin uygulanmasıyla iyi sonuçlar alındığı birçok çalışma ile gösterilmiştir (8,9).

Estetik ve plastik cerrahi sonrası gelişebilecek komplikasyonların önlenmesi ve tedavisinde HBOT, etkili bir destek tedavi yöntemi olarak görülmektedir. Doku oksijenlenmesini artırarak yara iyileşmesini hızlandırması, enfeksiyon riskini azaltması, flep iskemisini belirgin azaltması ve cerrahi sonuçları iyileştirmesi nedeniyle, plastik cerrahi alanında kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır.

KAYNAKLAR

- 1- Mortada H, González JE, Hussein YM, Al Jabbar I, Sultan F, Alrobaiea S, Neel OF. Efficacy of Hyperbaric Oxygen Therapy as an Adjunct in Aesthetic Surgery: A Systematic Review and Meta-analysis of Postoperative Outcomes and Complications. *Aesthetic Plastic Surgery*. 2025 Feb 26;1-5.
- 2- Oranges CM, Brucato D, Schaefer DJ, Kalbermatten DF, Harder Y. Complications of nonpermanent facial fillers: a systematic review. *Plastic and Reconstructive Surgery–Global Open*. 2021 Oct 1;9(10):e3851.
- 3- Madala S, Li J, Gluckstein J, Zhang-Nunes S. Management of visual complications of dermal filler injections. *Plastic and Aesthetic Research*. 2024 Feb 29;11:N-A.
- 4- Rossi Meyer MK, Kandathil CK, Saltychev M, Wei EX, Most SP. Effectiveness of Hyperbaric Oxygen Treatment in Facial Plastic and Reconstructive Surgery: A Systematic Review. *Facial Plastic Surgery & Aesthetic Medicine*. 2025 Feb 1;27(1):53-5.
- 5- Idris OA, Uridge AL, Hollins S, Steeg KV. Evaluating the role of hyperbaric oxygen therapy in enhancing skin graft outcomes: mechanisms, clinical evidence, and comparative efficacy. *Oxygen*. 2024 Oct 28;4(4):377-88.
- 6- Pejovic T, Kovacevic S, Brkic P, Ostojic JN. Hyperbaric oxygenation as the pretreatment and therapy in ischemia-reperfusion injury. *Zdravstvena zaštita*. 2022;51:55.

- 7- Ince B, Ismayilzada M, Arslan A, Dadaci M. Does hyperbaric oxygen therapy facilitate peripheral nerve recovery in upper extremity injuries? A prospective study of 74 patients. *European journal of trauma and emergency surgery*. 2022 Oct;48(5):3997-4003.
- 8- Spruijt NE, Hoekstra LT, Wilmink J, Hoogbergen MM. Hyperbaric oxygen treatment for mastectomy flap ischaemia: A case series of 50 breasts. *Diving and Hyperbaric Medicine*. 2021 Mar 31;51(1):2.
- 9- Nasr HY, Rifkin WJ, Muller JN, Chiu ES. Hyperbaric oxygen therapy for threatened nipple-sparing mastectomy flaps: An adjunct for flap salvage. *Annals of Plastic Surgery*. 2023 May 1;90(5S):S125-9.

NÖROLOJİK HASTALIKLARDA HİPERBARİK OKSİJEN TEDAVİSİ

Kemal Kutay Külahcı
Antalya Bilim Üniversitesi SHMYO

ÖZET

Sinir sistemini dokularının neredeyse hepsi hipoksik hasara duyarlıdır, bir kısmı ise hipoksi düzeldikten sonra bile ikincil hasarlar ile etkilenmeye devam eder. Hiperbarik oksijen (HBO) tedavisi antioksidan, antihipoksik, antiödem, antiinflamatuvar, antienfeksiyöz etkileri ile birçok nörolojik hastada kullanım alanı bulabilir. Yazımızda çeşitli başlıklar altında bunlara değinilmiş ve kanıtlanmış etkilerinin olup olmadığı belirtilmiştir. Ülkelerin HBO kullanım endikasyonları uluslararası kuruluş önerileri ve kendi deneyim ve ihtiyaçlarının bir harmanından oluşur. Ancak HBO tedavisinin nörolojik vakalardaki kullanımından doğan yayınlar uzman görüşü ile birleştğinde bu alanda kullanım konusunda bir liste çıkarılabildiği görülmüştür. HBO tedavisi diğer bütün tıbbi uygulamalar gibi kanıtlanmış ve olası faydaları, potansiyel riskleri ve kendine has maliyeti ile gelir. Uygulanma şekli nedeniyle plasebo gücü yüksek olmakla birlikte dayandığı fizik prensipler gereği sham grubu oluşturulması da zordur. Mevcut hastalık için başka bir tedavi alternatifi olmaması gerekçesi kullanılmamalıdır. Klasik kabul gören endikasyonların veya endikasyon dışı kullanımların merkezlerden verilerinin standartlaştırılmış formlar ile yeni endikasyonların oluşturulması amacıyla etkililik takibi için tek merkezde toplandığı dünya örnekleri mevcuttur.

GİRİŞ

HBO tedavisi, hastanın özel bir kabin içinde genelde 2-3 ATA basınçta bulunurken %100'e yakın oksijen soluduğu bir tedavidir. Seanslar genellikle 90-120 dk arası sürer ve günde 1-3 kez, toplamda 20-60 doz uygulanır. Oksijenin merkezi sinir sistemine (MSS) toksik etkileri nedeniyle 2,8 ATM'den yüksek basınçlarda oksijen solunması imkansızlaşır. HBO tedavisinin temelinde artan oksijen kısmi basınçları ile oksijen şelalesinde pozitif bir gradient oluşumu sayesinde hücre ve doku hipoksisinin giderilmesi yatar. Bu tedavi dekompresyon hastalığı (DH), gaz embolisi, karbonmonoksit (CO) zehirlenmesi, dirençli enfeksiyonlar, akut dolaşım bozuklukları ve yara iyileşmesi gibi durumlarda kullanılır.

HBO tedavisi, nörolojik bilimlerde çeşitli klinik kullanım alanlarına sahiptir. Beyin, vücut oksijeninin %20'sini tüketir ve oksijen yokluğuna en duyarlı organdır. HBO tedavisi, serebral gaz embolisi, serebral hipoksi, ödem, inme, periferik nöropatiler ve travmatik tablolar gibi patolojilerde kullanılır. Ayrıca, karbonmonoksit zehirlenmesi, tip II dekompresyon hastalığı, anoksik ensefalopati ve intrakranyal abseler gibi nörolojik durumlarda da etkilidir. HBO tedavisinin nörolojik bilimlerde ana tedavi ve yardımcı tedavi olarak kullanım alanları bulunmaktadır. HBO tedavisi, nörolojik hastalıklarda gen ekspresyonunu etkileyerek hücresel düzeyde önemli değişiklikler oluşturur. Özellikle inme gibi akut nörolojik durumlarda, HBO tedavisinin proinflatuar yanıtları baskılayarak beyin dokusunda hasarı azalttığı gösterilmiştir. Hayvan modellerinde yapılan mikroarray analizleri, HBO tedavisi uygulaması sonrası yüzlerce genin ifadesinin değiştiğini ve bu değişikliklerin stres yanıtı, sinyal iletimi ve nöronal iyileşme ile ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. Bu genetik yanıtlar, beyin hücrelerinin oksidatif strese karşı dayanıklılığını artırmakta ve tedaviye olumlu katkı sağlamaktadır. Ayrıca, insan hücrelerinde de HBO tedavisinin antioksidan ve hücre koruyucu genleri aktive ettiği gözlenmiştir. Bu bulgular, HBO tedavisinin nörolojik hastalıklarda moleküler düzeyde etkili bir destek tedavisi olabileceğini göstermektedir. Araştırmalar devam ettikçe, bu alanlardaki etkileri daha iyi anlaşılacak ve tedavi protokolleri geliştirilecektir (1-3).

Hipoksi, beyin metabolizmasını bozar, hafıza ve öğrenme süreçlerini etkiler, kan-beyin bariyeri (KBB) hasarı, beyin ödemine yol açar ve intrakraniyal basıncı artırarak ve trombosit ve kırmızı kan hücrelerinin agregasyonu ile beyin kan akışını azaltır. Normal koşullarda, hücrelerin oksijen kullanımı, hücre içindeki enerji harcama hızıyla, yani ATP'den ADP oluşma hızı tarafından kontrol edilir. Kapiller duvarından hücreye olan difüzyon mesafesi nadiren 50 µm'den fazladır ve normalde oksijen hücreye oldukça kolay ulaşabilir. Ancak, pO₂ kritik değer olan 1-3 mmHg'nin altına düşerse ve hücreler kapillerlerden daha uzakta bulunuyorsa, oksijen kullanımı difüzyonla sınırlıdır ve ADP tarafından belirlenmez. Bu durum, beyaz beyin maddesi gibi hipoksiye duyarlı bölgelerde daha belirgindir ve beyaz madde hasarına yol açabilir. HBO tedavisi, damarların daralmasına yol açarak doku oksijenasyonunu dengeler ve ödemi azaltır ve hasarı önleyebilir. Hasarlı beyin dokusunda enerji metabolizması normobarik oksijen tedavisi ile dahi iyileşebilir iken 2 ATA'ya kıyasla 1,5 ATA'da yapılan HBO tedavisinde daha dengeli bir iyileşme sağlandığı gösterilmiştir. HBO tedavisinde artan oksijen basıncı Pasteur etkisi ile glikolizi inhibe etmenin yanı sıra astrositlerden nöronal hücrelere mitokondri transferini kolaylaştırarak bu hücreleri nöroinflamasyona karşı daha dirençli hale getirir ve glial hücreler üzerindeki doğrudan etkisi de sinir sisteminin korunmasına yardımcı olur. HBO tedavisi, hücre apoptozunu inhibe eder ve

inflamasyonu azaltır. Ayrıca, kök hücrelerin aktivasyonunu teşvik eder ve beyin hasarının iyileşmesini hızlandırır. HBO tedavisi, nörogenez ve anjiyogenezi teşvik eder, beyin ödemi azaltır ve beyin dokusunun iyileşmesini destekler. Merkezi sinir sisteminde moleküler değişiklikler, bilişsel işlevlerin gelişmesi, fiziksel fonksiyonlarda iyileşme, uyku, duruş ve yürüyüşte olumlu etkiler sağlar.

HBO ön koşullandırma (HBO-PC), HBO tedavisinin koruyucu etkilerini artırmak amacıyla kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem, herhangi bir nörolojik hasar veya iskemi oluşmadan önce verilen bir hiperbarik tedavidir. HBO-PC, oksidatif hasara karşı koruma sağlayarak hücre ölümünü azaltır ve sinir fonksiyonel iyileşmesini teşvik eder (2,4-6).

NÖROLOJİ ALANINDA HBO TEDAVİSİNİN BİRİNCİL/İKİNCİL TEDAVİ OLARAK KULLANIMI

HBO tedavisinin nörolojik hastalıklar için yaygın olarak kullanılmamasının nedenleri arasında kurumsal çekincelerin yanı sıra tedaviye yönelik nihilizm sayılabilir. Jain, Textbook of Hyperbaric Medicine kitabında HBO Terapisinin Nörolojik Endikasyonları için şu tabloyu oluşturmuştur:

Tablo 1. HBO Terapisinin Nörolojik Endikasyonları (7).

1. Serebrovasküler hastalık

- Akut serebrovasküler tıkaçıcı hastalık
- Kronik inme sonrası evre
- Spastisite tedavisi
- Rehabilitasyona yardımcı
- Serebrovasküler cerrahiye ek
- İntrakraniyal/ekstrakraniyal baypas operasyonu için hasta seçimi
- İntrakraniyal anevrizma cerrahisi sonrası komplikasyonlar: beyin ödemi ve iskemisi
- Beyin koruyucu önlem olarak HBO altında karotis endarterektomi

2. Serebral hava embolisi

3. Kafa yaralanmaları: beyin ödemi ve artmış intrakraniyal basınç

4. Omurilik lezyonları

- Yaralanmadan sonraki 4 saat içinde akut travmatik parapleji
- Spinal dekompresyon hastalığı

- Omuriliğin iskemik hastalığı
 - Parapleji ve kuadriplejinin rehabilitasyonuna yardımcı
 - Kompresif omurilik lezyonu cerrahisi sonrası kalan nörolojik defisitler
5. **Kranial sinir lezyonları**
 - Optik sinir iskemisi: retina merkezi arterinin tıkanması
 - Yüz felci
 - Ani işitme kaybı
 - Vestibüler bozukluklar
 6. **Periferik nöropatiler**
 7. **Multipl skleroz**
 8. **Serebral yetmezlik** (zihinsel işlevin azalması): çoklu enfarkt demansı
 9. **Merkezi sinir sistemi ve örtülerinin enfeksiyonları**: beyin apsesi, menenjit
 10. **Radyasyon kaynaklı nekroz**: radyasyon miyelopatisi ve ensefalopati
 11. **Karbon monoksit zehirlenmesi**
 12. **Migren baş ağrıları**
 13. **Serebral palsy**

HBO tedavisini dozu, hastanın yanıtına göre özelleştirilmelidir ve hastalığın evresine göre değişir. Tedavi süresi, sıklığı, toplam tedavi sayısı ve hastalığın seyrine göre dozun zamanlaması gibi faktörler de önemlidir. HBO tedavisinin etkinliği, hastalığın patolojik hedeflerine bağlı olarak belirlenir. Hastalıklar ve patolojileri geliştikçe, farklı zamanlarda farklı HBO dozları gerekebilir. Ayrıca, hastalar ilaçlara karşı bireysel duyarlılıklar gösterir ve yan etkiler ve toksisite yaşayabilirler. Ne yazık ki, dozlama çalışmalarının eksikliği nedeniyle, akut veya kronik nörolojik durumlarda hastalar için bireyselleştirilmiş ideal HBO tedavisi dozu bilinmemektedir. Araştırmalar ve deneyim paylaşımları, hastalığın erken dönemlerinde 2 ATA üzeri basınçlarda daha az sayıda tedavi önerirken, nörolojik hasar oturduğunda 2 ATA altında basınçlarla daha fazla sayıda tedavi kullanıldığını göstermektedir. Ancak, birçok çalışma HBO uygulama sistemini belirtmediği için, hastalara uygulanan oksijen parsiyel basıncından emin olunamamaktadır. Ancak, çeşitli "kabul edilmiş" endikasyonlara geniş bir şekilde uygulandığında etkinlik ve fayda sağlayabileceği düşünülen HBO tedavisi esnasında beyin de vücutla birlikte basınç odasında bulunarak aynı terapötik etkilere maruz kaldığından tedavinin beyin hipoksi/iskemi koşullarında doğru dozda kullanıldığında faydalı olabileceği, tedavi edilemeyen koşullarda en azından denenmesi gerektiğini düşüncesi haklı hale gelir (8).

Yapılan tedavinin etkinliğinin değerlendirilmesi sonraki ve ek tedavilerin planlanması açısından önemlidir. Basınç odasında nörolojik muayene, HBO etkisini belirlemek için önemlidir. Herhangi bir hekim tarafından gerçekleştirilecek basit nörolojik muayene, 5 dakikadan kısa olmalı ve kompresyon, oksijenasyon ve dekompresyon aşamalarında en az üç kez tekrarlanmalıdır. Komatöz hastalar için ağırlı uyaranlara tepki, pupil reaksiyonu ve Glasgow koma skoru gibi testler yapılmalıdır. Paraplejik hastalarda duyuusal kayıp seviyesi ve kas gücü değerlendirmesi, hemiplejik hastalarda görme, motor güç ve spastisite testleri yapılmalıdır. HBO tedavisine yanıtı belirlemek ve tedavinin devamına karar vermek için bazen tek bir HBO tedavisine verilen yanıt kullansa da basınç odasında görülen etkiler tedavi sonrası kaybolabileceği gibi bazen de birkaç tedaviden sonra etkiler fark edilebilir (7).

Planlama ve değerlendirme açısından anatomik görüntüleme yöntemleri yerine veya gereğinde bunlarla birlikte fonksiyonel değerlendirme yapabilen görüntüleme yöntemleri de kullanılmalıdır. Örneğin SPECT beyin fonksiyon taraması, nörolojik bozuklukları ve bölgesel disfonksiyonları görsel olarak belgelemek ve ilk klinik tanıda dikkate alınmayan eşlik eden hastalıkları ortaya çıkarmak konusunda etkilidir. Teknikte kullanılan radyoaktif ilaç sadece çalışan nöronlar tarafından alınır; tutulum olmayan bölgeler ise yeterince çalışmıyor demektir. Bazen bu alanlarda nöron kaybından ziyade düşük seviyede çalıştığı için saptanamamış olan “beklemede olan nöronlar” bulunuyor olabilir. HBO tedavisi ile bunların işlevsel seviyeleri artırılabilir, hatta tam normal fonksiyona geri dönebilirler. Bu iyileşmiş fonksiyonel durum, SPECT beyin görüntülemesinde artan ve iyileşen radyoaktif ilaç alımı ile gösterilir (9).

Serebral Arteriyel Gaz Embolisi

İatrojenik arteriyel ve venöz gaz enjeksiyonunun yanı sıra, dalgıçların nefes tutarak çıkışlarında olduğu gibi akciğerlerin aşırı basınçlanması sonucu oluşan alveoler-kılcal damar bozulması nedeniyle atardamarlara (arteriyel gaz embolisi (AGE)) veya dekompresyon (dalış, yüksek irtifaya maruz kalma) sonucu doku kabarcığı oluşumu nedeniyle, yahut kesi yerindeki kılcal hidrostatik basıncın atmosfer basıncının altında olduğu bazı cerrahi işlemler sırasında toplardamarlara (venöz gaz embolisi (VGE)) gaz kaçabilir.

Hava embolileri, beynin küçük arter ve arteriollerine yerleşerek kan akışını engeller. Bu durum iskemik, hipoksi ve serebral ödem ile sonuçlanır. Hava kabarcığı çözülse bile, etkilenen alanda kan akışı tekrar sağlanamayabilir. Kabarcık, yabancı cisim gibi davranarak kan içinde biyokimyasal reaksiyonları başlatır. Trombositler aktive olur ve prostaglandinler gibi vazoaaktif maddeler salgılar. Kabarcık, damar duvarındaki endotel hücrelerine doğrudan temas ederek zarar

verebilir. Lökositlerin kenara çekilmesi (marjinyasyon ve rolling) ve aktivasyonu (adhezyon ve transmigrasyon hazırlığı), ikincil iskemiye tetikleyebilir. Kabarcık kalıcı olursa, trombositler ve fibrin birikimi ile çevrelenir ve kabarcığın yerinden çıkması engellenir.

Büyük kabarcıkların beyin hasarına neden olma potansiyeli tartışmasıdır, ancak kalp cerrahisinde küçük kabarcıklara maruz kalmanın önemi tartışmalıdır. Ameliyat sonrası nöropsikolojik bozukluklar, hastaların maruz kaldığı emboli sayısı ile pozitif korelasyon gösterir. Ancak, gaz ve partikül embolilerini ayırt etmek veya emboli boyutlarını doğru bir şekilde belirlemek için gerekli teknoloji henüz yaygın olarak mevcut değildir.

Arteriyel tıkanıklık nedeniyle bölgesel serebral kan akışı azalır ve etkilenen bölgede EEG aktivitesi durabilir. Bu değişiklikler serebral iskeminin tipik özellikleridir. Hava embolisinden hemen sonra KBB geçirgenliği artar iken diğer nedenlerden kaynaklanan vasküler tıkanıklıkta ise bu gecikmeli olur. Kısa süreli fokal iskemiler hücre kaybına yol açmaz ve bozulmaya neden olan süreçler potansiyel olarak geri dönüşümlüdür. Doku içinde meydana gelen diğer geri dönüşümlü süreç ise serebral ödemdir. Arteriyel embolizmde beyin ana endişe kaynağıdır, ancak koroner arterler de zaman zaman etkilenebilir.

Deney hayvanlarının beyin modelleri, MSS hasarının patofizyolojisini araştırmak ve çeşitli yeniden basınçlandırma programlarının etkinliğini karşılaştırmak için kullanışlıdır ancak bu çalışmaların çoğunda beyin damarlarına doğrudan hava enjekte edilir. Hava kabarcıkları enjekte edildiğinde, kan-beyin bariyerini bozulur sonrasında birkaç saat içinde kendini onarabilir. Hava embolisinin neden olduğu iskemik hipoksi, ciddi beyin enfarktı üretmez, ancak gri-beyaz madde birleşiminde derin kortikal tabakaların nekrozuna neden olur. Kabarcıkların mekanik etkisinden ziyade endotel hasarı veya kan bileşenlerindeki değişiklikler dolayısıyla oluşabilecek ikincil MSS hasarı çalışmalarda HBO tedavi başarısızlığını açıklayabilir ve bu çalışmaların sonuçları insanlara genellenemez.

Tanıda yüksek şüphe düzeyi önemlidir. Şüpheli durumlarda, aksi kanıtlanmadıkça hava embolisi var kabul edilmelidir. Bazı durumlarda, tanı sadece hiperbarik tedaviye başarılı yanıt sonrası kanıtlanır. Hava embolisinde kabarcığın boyutunu 6 kat yüzey alanını 3 kat küçülteceği düşüncesiyle genel kabul gören tedavi, hemen 6 ATA basınca kompresyon sonrası 2.8 ATA basınca yavaş dekompresyon ve oksijen tablosunun devamı olsa da veriler, hava embolisinin temizlenmesinin 2 ATA üzerindeki basınçlarda tedavi durumunda basınçtan bağımsız olarak oksijen ile yaklaşık 8 dakikada gerçekleştiği yönündedir. Matematiksel model ile 1 ATA basınçta

%40 oksijen tedavisinde klinik hava embolilerinin temizlenmesi 40 saat, BT de görülebilecek boyuttakiler için ise 15 saat olarak hesaplanmıştır.

Transkraniyal Doppler çalışmaları, kalp cerrahisi geçiren hastaların neredeyse tamamında mikroskobik serebral AGE bulunduğunu, ancak büyük serebral arter hava embolisinin nadir olduğunu göstermektedir. Büyük hava embolisi durumunda, ameliyat tamamlanır tamamlanmaz HBO önerilir.

Bazı yazarlar, venöz gaz embolisi için destekleyici bakımı, arteriyel gaz embolisi için ise HBO tedavisini birinci basamak tedavi olarak önermektedir. HBO kullanımı için kriter, hava embolisinin kaynağından ziyade klinik belirtilerdir, özellikle nörolojik olanlar.

HBO tedavisi olmaksızın hava embolisinin genel ölüm oranını %30 iken kontrollü prospektif çalışmalar, HBO tedavisinin olaydan sonraki 12 saat içinde verilmesi durumunda ölüm oranının %15'in altına düşürülebileceğini göstermiştir. Tedavi, geri döndürülemez hasar oluşuktan sonra etkisiz görünmekle birlikte minör embolizasyonlarda gecikmiş tedavi protokolleri geliştirilmesi gereklidir.

Halihazırda heparinize edilmiş hastalarda sonuçlar daha iyi olmasına rağmen yeni hemoraji riski nedeniyle ek/yeni Heparin tedavisi risklidir. Asetilsalisilik asit daha güvenli olmakla birlikte oral kullanımda ancak 30 dakikada etkisi başlar. Başarılı HBO tedavileri sonrası geç serebral ödem oluşabileceği için steroid kullanılabilir ancak oksijen toksisite ihtimalini arttırabileceği akılda tutulmalıdır. Profilaktik lidokain kullanımı infarkt alanını, aritmileri ve nöbetleri azaltabilir. Hipoksik alandaki enerji üretimi sonucu artan glukozdan laktat oluşumu infarkt alanını genişlettiğinden dekstrozu/laktatlı sıvı kullanımından kaçınılmalıdır.

Literatürdeki arteriyel gaz embolisi örnekleri incelendiğinde HBO tedavisi serebral ödem için de kullanılabilir, masif emboli sonrasında 48 saat içinde ilk uygun zamanda yapılmalıdır, Hipotermi nöroprotektif etkiler yanı sıra kabarcık boyutunda küçülme de yapacağından gaz embolisinde kullanılabilir.

Bazen gaz embolileri sonrası spontan düzelme olabilse de bunların bir kısmında tedaviye rağmen prognozu iyi olmayan tekrar kötüleşme görülebilir. Kimin nüks edeceğini tahmin etmek mümkün olamayacağından, kendiliğinden iyileşen hava embolisi hastalarının da kaçırılmış dekompresyon varlığında DH önlemek için kullanıldığı gibi vakit kaybetmeden HBO tedavisi alması gereklidir. HBO tedavisi, lökosit aracılı iskemik-reperfüzyon yaralanmasını antagonize eder, kabarcıkların

dağılımı sonrası geri beyin kan akışına yeniden embolizasyonunu sınırlandırır, diğer organları embolik hasardan korur, serebral ödemi geriletir, geç beyin enfarktı olasılığını azaltır.

Kesin tanı koyma zorluğuna karşın konvansiyonel yöntemler ile tedavini yetersiz kalması ve HBO tedavisi ile alınacak pozitif sonuç ile tanı doğrulanabileceği için nörolojik defisitleri olan hava embolisi şüpheli vakalarda HBO tedavisi kesinlikle gereklidir. Erken tedavi, geç tedaviden daha iyi sonuçlar verir, ancak 60 saate kadar bildirilen pozitif yanıtlar nedeniyle HBO tedavisi hastanın her aşamasında düşünülmelidir (10).

Dekompresyon Hastalığı

İnert gaz satürasyonu sonrası damar ve doku içi kabarcık oluşumu ile giden bu nedenle bütün dokularda az veya çok hasar yaratabilen, nörolojik bulgularını dağılım, süre ve süreklilik açısından klasik nörolojik hastalıkların tutulumlarına çoğunlukla uymayan uzmanlık alanımızın gelişiminde temel dayanak olan bu konu genişliği ve grubumuz içinde bilinirliği nedeniyle bu sunumun dışında tutulmuştur.

Ayrıntılandırmadan değinmek gerekirse kabarcıklar esas patolojik neden sayılsa da spinal kord ve beyinde hasara yol açan mekanizmalar tartışmalıdır. Nörolojik dekompresyon hastalığında, gaz kabarcıkları endotele mekanik etkiler yapar ve iskemik hipoksinin tetiklediği nötrofil invazyonu sonucu serbest oksijen radikalleri oluşur. Gaz embolisi, kan-beyin bariyerini bozarak ödeme yol açar. Spinal kord, beyinden daha zayıf kan akımına sahip olduğu için gaz kabarcıkları daha az elimine olur ve bu da spinal kordda santral enfarkt oluşumuna neden olabilir. Spinal kordda izlenen patolojik özellikler arasında hemorajik infarkt, ödem, kabarcık defektleri, aksonal dejenerasyon ve demyelinizasyon bulunur.

Paralitık kabuklu deniz ürünleri zehirlenmesi, kontamine dalış gazı, oksijen toksisitesi, hipoglisemi, termal stres, su aspirasyonu, inme ve spinal hematoma ve atipik olgularda multipl skleroz da hastanın diğer olası hastalık ve maruziyetleri durumları göz önüne alındığında ayırıcı tanıları arasında bulundurulmalıdır.

Erken rekompresyon, dekompresyon hastalığının tek etkili tedavisidir ve gecikmiş durumlarda bile HBO tedavisi uygulanması önerilir. HBO tedavisi, vasküler endotele lökosit adezyonunu inhibe eder, kan damarı geçirgenliğini ve ödemi azaltır, lipid peroksidasyonunu bloke eder ve yara iyileşmesini artırır. Tedavi semptomları tamamen düzelene veya iyileşme durana kadar devam ettirilmelidir. Hastalarda tam iyileşme oranı ortalama %50-70 arasında olup HBO tedavisi yeterince hızlı uygulanırsa %80-90 a ulaşabilir. Görüldüğü üzere tedavi etkinliği, semptom

başlangıcı ile tedavi arasındaki zaman arttıkça azalır. Bu nedenle, küçük semptomlar bile göz ardı edilmemelidir ve tedavi sonrası hastalar, semptomların tekrarlaması açısından gözlemlenmelidir (11).

Spinal dekompresyon hastalığının spinal iskemiyle benzeşen fizyopatolojik özellikleri, bu hastalarda da HBO tedavisi kullanım rasyonelini oluşturabilir.

Karbonmonoksit Zehirlenmesi

Endojen olarak da vücudumuzda bir miktar üretilen ve bulunan CO hemoglobine oksijenden daha yüksek affinitesi nedeniyle doku hipoksisi yaratmanın yanı sıra oksidatif fosforilasyonu da sekteye uğratması nedeniyle normoksik dokularda dahi ATP üretimini kısıtlayarak hasar yaratabilir. HBO tedavisinin primer tedavi olarak kullanıldığı bu durum akut toksisite ilk etkilenimden ziyade olası geç sekelleri ile nörolojinin konusu olmaktadır.

Etkilenmiş hastalarda psikolojik bozukluklar, Karboksihemoglobin (COHb) seviyeleri %2.5 ile %5 arasında olduğunda dahi uygun testlerle tespit edilebilir. Akut maruziyet sırasında daha yüksek COHb seviyeleri bilinç kaybı, koma ve nöbetlere yol açabilir. Akut CO maruziyeti sonrası zararlı etkiler, COHb konsantrasyonunun düşmesiyle sona ermez. Beyindeki oksidatif metabolizma CO tarafından bağımsız olarak değiştirilebilir. CO'nun sitokrom oksidaz ile bağlanması, hipoksik olmayan bir mekanizma ile beyin toksisitesini açıklayabilir. CO zehirlenmesinin merkezi sinir sistemi üzerindeki etkilerine en duyarlı hücreler asteroitlerdir. CO maruziyeti ile ani ölümden beyin ödemi olmaksızın peteşiler görülürken erken ölümlerde otopsi bulguları beyin ödemi ve globus pallidus ile substantia nigra nekrozu gösterir. Zehirlenmeden günler veya haftalar sonra ölen hastalarda ödem genellikle kaybolur, dejeneratif ve demiyelinizan değişiklikler görülür. Sağ kalanlarda ise beyin atrofisi ve beyaz madde hasarı kaynaklı Parkinson hastalığına yol açabilir.

Enerji üretimindeki uzamış açık ile oluşan birincil ve ikincil beyaz madde hasarı, gecikmiş nöropsikiyatrik sendromlara yol açabilir. CO zehirlenmesinin gecikmiş nöropsikolojik sekelleri arasında akinezik mutizm, apallik sendromu, apraksi, ataksi, konvülsif bozukluklar, kortikal körlük, sağırılık, deliryum, demans, depresyon, azalmış IQ, disgrafi, Gilles de la Tourette sendromu, baş ağrıları, hafıza bozuklukları, hareket bozuklukları, optik nörit, periferik nöropati, kişilik değişikliği, psikozlar, multipl skleroz benzeri semptomlar, zaman-mekan disorientasyonu, idrar kaçırma ve görsel agnozi yer alır.

Nörolojik belirtiler bahsedildiği gibi genellikle gecikmiş sekeller olarak ortaya çıkar. genellikle maruziyetten sonra günler haftalar içinde ortaya çıksa da yıllar sonra da ortaya çıkabildiği

görülmüştür. Periferik sinir sistemini de etkileyerek periferik nöropatiye neden olan CO zehirlenmesinde bu durumun anoksi ve CO'nun toksik etkileri yanı sıra komatöz hastada sinirlerin pozisyonel sıkışması ile de gelişebilir.

Tedavide HBO tedavisi, atmosferik %100 oksijen solunumu (NBO)'dan daha etkilidir ve CO zehirlenmesinde plazmayı yeterli oksijenle doyurarak yaşamı sürdürebilir, hemoglobin ve sitokrom oksidazdan CO'yu uzaklaştırıp CO'yu hızla düşürür, beyin ödemi azaltır ve bağışıklık aracılı gecikmiş nörolojik disfonksiyonu önler.

Karbon monoksit (CO) zehirlenmesinin gecikmiş sekellerinin önlenmesi ve tedavisi için HBO tedavisi akut aşamada etkili olabilir. HBO, CO zehirlenmesinin neden olduğu nöropsikiyatrik sekelleri azaltır ve beyin görüntülemesinde anormallikler olan hastalarda bilişsel bozuklukları tersine çevirebilir. HBO tedavisi, gecikmiş nörolojik sekellerin (DNS) insidansını azaltır. HBO tedavisinin etkinliği, mitokondriyal oksidatif metabolizmanın iyileştirilmesi, lipid peroksidasyonunun inhibisyonu ve nötrofillerin beyin damarlarına yapışmasının engellenmesi gibi mekanizmalara dayanır. HBO tedavisi, COHb seviyelerine bakılmaksızın ciddi zehirlenme vakalarında ve hamile hastalarda uygulanmalıdır. HBO tedavisi, CO zehirlenmesinin akut semptomatik vakalarında tercih edilmelidir (12).

İntrakranial Enfeksiyonlar

Direk antimikrobiyal etkisi yanı sıra, antimikrobiyal ajanların etkinliğini artırabilen, biyofilm üzerinde yıkıcı özellikler gösteren, hipoksi ile indüklenebilen faktörleri uyarıp enfeksiyona bağlı hipoksik çevreyi düzeltebilen HBO tedavisi nörolojinin ilgi alanına girebilecek Mukormikozis, intrakraniyal apse, subdural ve epidural ampiyem gibi bazı enfeksiyon hastalıklarında da kullanılır (1).

Rinosebral Mukormikoz

Mukormikoz, bağışıklığı baskılanmış hastalarda, yanıklarda, uzun süreli kortikosteroid tedavisi görenlerde veya kötü kontrollü diyabetiklerde (ketoasidoz eşlik eden) görülen yıkıcı bir mantar hastalığıdır. Enfeksiyonun ana yerleri rinosebral bölge, akciğerler ve bağırsaktır. Amfoterisin B (AMB) öncesi ölüm oranı %70 iken, AMB kullanımı ile %40'a düşmüştür.

Rinosebral mukormikoz, hastalığın beyin yayılımı olduğunda ölümcül olur. Tedavinin temel unsurları cerrahi, AMB ve altta yatan nedenin ortadan kaldırılmasıdır. Hızlı teşhis ve tedavi esastır. Orbital eksenterasyon gibi radikal prosedürler tüm vakalarda düşünülmelidir. HBO tedavisi oksijeni oklüde damarların distaline ulaştırarak lokal doku sağkalımını arttırmak, asidozu azaltmak

ve fungisidal etki sağlamak amacıyla kullanılır. HBO tedavisi, agresif debridman, cerrahi ve AMB tedavisine rağmen ilerleyen mukormikoz kaynaklı beyin apsesi olan hastalarda kullanılmıştır (13).

Beyin Absesi

Çeşitli mikroorganizmalar ile olan beyin apselerinde sıklıkla bulunan anaeroplara birinci basamak tedavi olan antibiyoterapide başarıya neden olabilir. Cerrahi drenaj, çözülmeyen kapsüllü apseler ve artmış kafa içi basınç durumlarında uygulanır. Beyin apseleri yüksek ölüm oranına sahiptir ve hayatta kalanlarda ciddi nörolojik sekeller görülür. HBO tedavisi beyin apselerinin erken evrelerinde oksijen girişini kolaylaştırarak anaeroplara için bakterisidal etkili olur, kan-beyin bariyerinde aralıklı açılma ile antibiyotiklerin apselere ulaşmasını kolaylaştırır ve antibiyotiklerle sinerjik etki gösterir, ayrıca beyin ödemi ve kafa içi basıncını azaltır. Diğer tedavilere ek HBO kullanımı beyin apselerinin çözülmesini hızlandırır ve hastanede kalış süresini kısaltan güvenli ve etkili bir yardımcı tedavidir (14).

Radyasyon Hasarları

HBO tedavisi, serebral radyasyon hasarlarının bir kısmının tedavisinde etkili bulunmuş ve hastaların çoğunda radyolojik ve klinik iyileşme sağlamıştır. Klinik veriler, HBO tedavisinin inflamasyon ve nekroz ortaya çıkmadan önce uygulanmasının daha etkili olabileceğini göstermektedir (15).

Radyasyon Miyeliti: Radyasyon miyeliti, servikal omurilikte radyasyon tedavisi sonrası ortaya çıkan bir durumdur. Radyasyon yaralanması genellikle interstisyel doku hasarı ve mikrovasküler endotel hasarı ile tromboza ve ikincil bölgesel iskemilere neden olur. HBO tedavisi teorik olarak iskemik dönemde radyasyon yaralanmasının etkilerini azaltmalıdır, ancak HBO tedavisinin radyasyon etkilerini artırdığı da gösterilmiştir. Radyasyonun olumsuz nörolojik etkileri, maruziyetten birkaç ay sonra klinik olarak ortaya çıkabilir.

Radyasyon miyeliti için HBO tedavisinin etkinliği, çeşitli hasta gruplarında araştırılmıştır. Tedavi edilen hastaların çoğunda klinik iyileşme gözlemlenmiştir. HBO tedavisinin radyasyon miyelopatisinde faydalı olduğu sonucuna varılmıştır, ancak tedavi radyasyondan hemen sonra değil, en az 2 ay sonra uygulanmalıdır. Kontrollü çalışmalar, HBO tedavisinin bu hastalıktaki değerini kanıtlamak için gereklidir (16).

Radyasyon Ensefalopatisi: Radyasyon ensefalopatisi, beyin tümörleri için radyasyon tedavisi sonrası ortaya çıkabilir ve bazen beyin tümörünün nüksü veya genişlemesi ile karıştırılabilir. Beyin radyoterapisi vakalarının %10'una kadar görülebilir ve insidans, radyasyon dozu ve maruz kalan

beyin alanına bağlıdır. Radyasyon ensefalopatisi için tedaviler arasında steroidler, vitamin E, vazodilatörler ve HBO tedavisi ve deneysel olarak intravenöz bevacizumab (VEGF için monoklonal antikor) bulunur.

Radyasyon kaynaklı nekroz (RIN), radyoaktif implantlar ve stereotaktik radyocerrahi gibi agresif odak tedavilerinin bir komplikasyonudur ve HBO tedavisi burada da cerrahi ve steroid tedavisine önemli bir ek olabilir.

Radyasyon ensefalopatisi ve RIN vakalarında HBO tedavisi sonucunda bildirilen subjektif, klinik ve radyolojik sonuçlarda iyileşme verilerine rağmen nonspesifik gecikmiş radyasyon hasarında herhangi bir iyileşmeye yol açmaması nedeniyle tedavideki yeri ve potansiyel değeri için daha fazla deneyim gereklidir (16).

Radyasyon Kaynaklı Optik Nöropati (RION): RION, baş ve boyun radyoterapisinde anterior görme yoluna 10 Gy'den büyük tek doz veya 50 Gy'yi aşan kümülatif dozdan yıllar sonra dahi gelişebilen açıklanamayan, ağrısız görme kaybı, görme alanı defektleri, pupiller anormallikler ve renk görme bozuklukları ile ortaya çıkabilen MRI ile tanınabilen yıkıcı bir komplikasyondur. Vasküler tıkanıklık, demiyelinizasyon, serbest radikal hasarı, hücresel DNA'ya doğrudan zarar ve kan-beyin bariyerine zarar nedeniyle oluştuğu varsayılır. Belirlenmiş bir tedavisi yoktur, HBO tedavisi uygulama dönemlerinde görülen iyileşmelerin tedaviyi bıraktınca tekrar kötüleştiği bildirilmiştir. Kortikosteroidler ve serbest radikal temizleyiciler, özellikle akut fazlarda denenebilir (16).

Beyin Ödemi

Beyin ödemi, merkezi sinir sistemi bozukluklarında sık görülen bir bulgudur ve kafa içi basıncı (KİB) artmasına neden olabilir. Beyin ödemi, damarların vasomotor yanıtın bozulması ile plazma proteinlerinin beyin dışı alana sızması (vazojenik), interselüler alanda birikim (sitotoksik) ve hidrosefaliye özgü olduğu gibi sıvının ventrikülden periventriküler beyaz maddeye kaçması (intersitisyel) şeklinde üç tipte olabilir. Lokalize ödem, fokal vasküler ve demiyelinizan lezyonlardan kaynaklanan nörolojik defisitleri ağırlaştırabilir. Modern nörogörüntüleme teknikleri ile fokal beyin ödemi in-vivo olarak gösterilebilir. KİB; beynin kendisini, BOS ve kranial boşluktaki kan hacminin toplamını temsil eder. Bu bileşenlerden herhangi birinin azaltılması KİB'i düşürebilir. Beyin ödemi ve artmış KİB durumunda geleneksel tedaviler kortikosteroidler, osmotik diüretikler, hiperventilasyon, barbitürat koması ve ventriküler drenajdır.

HBO tedavisinin beyin metabolizması üzerindeki etkisi, sağlıklı durumda ve beyin yaralanmalarında farklılık gösterse de genellikle beyin kan akışını (CBF) azaltır. Bu nedenle HBO, beyin ödemi veya artmış KİB sonucunda CBF'nin bozulduğu durumlarda faydalı olabilir. Pasteur etkisi ile glikolizi inhibe ederek beyin metabolizmasını dengeler ve beyin ödemini azaltan HBO tedavisinin bu etkisi kullanılan basınç, maruziyet süresi ve beyin bölgesine göre değişir. HBO tedavisinin KBB üzerindeki etkisi üzerine yapılan bazı erken dönem hayvan çalışmaları, HBO tedavisinin normal hayvanlarda beyin damar duvarlarının geçirgenliğini artırdığını öne sürmüştür. Ancak, bu bulgular daha sonraki çalışmalarda doğrulanmamıştır. KBB, bazı hastalıklarda (örneğin, serebrovasküler iskemide) bozulur ve HBO, KBB'nin geçirgenliğini azaltabilir. HBO tedavisi kadar olmasa da HBO tedavisi de fokal iskemiden sonra erken ve geç dönemde KBB hasarını ve ödemi azaltabilir. Ancak HBO tedavisinin en önemli etkisi olan oksijen artışı, hasar sonrası oluşup ilerleyen, hipoksi – ödem – artan hipoksi – ikincil hasar döngüsünü kırar.

Klinik ve prelinik çalışmalar, ciddi travmatik beyin yaralanmalarında HBO tedavisini sonrası olumlu etkileri göstermektedir. HBO tedavisi, nörolojik bozukluklarda hipoksiyi giderir, mikrosirkülasyonu iyileştirir, vazokonstriktif etkisiyle beyin ödemini azaltır ve kısmen hasar görmüş dokuyu korur. Ayrıca, beyin metabolizmasını iyileştirir ve beyin lezyonlarının ikincil etkilerinin ilerlemesini önler (7).

İnme

İnme, beyne kan akışının bozulması nedeniyle ani nörolojik defisitlerin ortaya çıkmasıdır. İskemik ve hemorajik inme olarak ikiye ayrılır. İskemik inme, beyin arterlerinin tıkanması sonucu oluşur. Hemorajik inme ise hipertansiyon veya anevrizma yırtılması nedeniyle meydana gelir. Serebrovasküler hastalık, beyin damarlarının patolojik süreçlerinden kaynaklanan anormallikleri ifade eder. İnme nedenlerinin %70'i iskemik enfarktılardır. Bunlar büyük damar hastalığı, küçük damar hastalığı (laküner inme) ve embolik hastalık olarak sınıflandırılır. Beyin, oksijen ve glikoz eksikliği nedeniyle nekroz veya enfarktüs geçirir. İlk 3 saat, tedavi için kritik bir penceredir. İskemik ve hemorajik olmak üzere iki ana inme türü vardır. İnme belirtileri, etkilenen arter sistemine göre değişir. Yaygın belirtiler arasında hemipleji ve afazi bulunur. Serebrovasküler hastalığın ana nedeni aterosklerozdur. Enfarktüsün üç evresi vardır: koagülasyon nekrozu, likefaksiyon nekrozu ve kavitasyon. Enfarktüsün histolojik değişiklikleri merkezi, reaktif ve marjinal zonlar olarak sınıflandırılır.

Reaktif zon, nöronal nekroz, lökosit infiltrasyonu ve neovaskülarizasyon içerir. Marjinal zon ise şişmiş astrositler ve küçülmüş nöronlar içerir. Geleneksel enfarktüs kavramı, beyin dokusunun

birkaç dakikadan fazla kan ve oksijen eksikliğinden öldüğünü öne sürer, ancak bu artık geçerli değildir. Kan akışının kesilmesi nadiren tamdır ve kan akışı normalin %15-20'sine düşmüş olsa bile nöronal yapı korunabilir. Enfarktüs ve normal beyin arasında, "penumbra" adı verilen ve anatomik olarak sağlam ancak işlevsel olmayan nöronlar içeren üçüncü bir bölge bulunur. Bu nöronlar canlandırılabilir ve penumbra bölgesinde az miktarda kan akışı korunur. Burada kritik parametrenin oksijen mevcudiyeti olduğu varsayılabilir.

Beyin iskemisi sonrası biyokimyasal olaylar, beyin metabolik reaksiyonlarına bağlıdır. Glutamat, inme biyomarkeri olarak kullanılır ve yüksek seviyeleri eksitotoksik yaralanmaya neden olabilir. Reperfüzyon yaralanması, kan akışının yeniden başlamasıyla oluşur ve hücre hasarına yol açabilir. Bu yaralanmada kalsiyum dengesi kaybı, serbest radikal oluşumu, lökosit aracılı yaralanma ve akut hiperkolesterolemi gibi mekanizmalar rol oynar. Serbest oksijen radikalleri, hücrelere zarar vererek protein oksidasyonu, DNA iplikçiklerinin yıkımı, hücre içi kalsiyum artışı ve zar lipidlerinin peroksidasyonuna neden olabilir. Bu zarar, prostaglandinler, interferonlar ve TNF- α gibi dokuya zarar veren mediatörlerin oluşumuna yol açabilir. Serbest radikallerin zararlı etkisi, antioksidan savunma sistemleri ve hücre onarım mekanizmaları tarafından kontrol edilir. Ancak, bu mekanizmalar bazen yetersiz kalabilir. Antioksidanlar, serbest radikalleri etkisiz hale getirmek için kullanılır, ancak doğal antioksidanların hastalık önleme konusunda etkili olması için hücre içinde üretilmesi gerekir.

Serbest radikal üretimi, iskemiyi takiben reperfüzyon sırasında artar ve bu, miyelin hasarına yol açabilir. Oksijenin oksidatif stresi arttıracak düşüncesi HBO tedavisinin de iskemik nörolojik durumlarda uygulanmasını tartışılır kılmiştir. Ancak, HBO tedavisinin hastalarda zararlı oksidatif stres oluşturduğuna dair ikna edici bir kanıt yoktur ve hiperoksik perfüzyon nöronları ve aksonları korur. Deneysel çalışmalarda, global iskemiden sonra HBO uygulanması ile serbest radikal üretimi artsa bile beyin hasarını artırmamıştır. HBO tedavisinin serebral iskemide kullanımı üzerine yapılan çalışmalar devam etmektedir ve mevcut yayınların gözden geçirilmesi, bu tedavinin inme için daha fazla araştırılmasını desteklemektedir.

İskemik inmeden iyileşme, kollateral kan akışının varlığı, beyin ödeminin gerilemesi ve penumbra bölgesinin enfarktüstten kaçması gibi faktörlere bağlıdır. Kollateral kan akışının varlığı, motor iyileşme ile pozitif korelasyon gösterir. Beyin ödeminin gerilemesi ve penumbra bölgesinin korunması, iyileşme sürecinde önemli rol oynar. Penumbra bölgesinin büyüklüğü, iyileşme potansiyelini belirlemede kritik bir faktördür. Klinik iyileşme süresi değişkendir ve motor iyileşme genellikle ilk 3 ayda gerçekleşir, ancak fonksiyonel iyileşme 6 ay ile 1 yıl arasında devam edebilir.

İnme sonrası iyileşme süreci, nöroplastisite kavramına dayanır. Nöroplastisite, MSS'nin kendi yapısal organizasyonunu ve fonksiyonunu değiştirme yeteneğidir. Bu süreç, daha önce etkisiz olan yolların açığa çıkması veya yeni dendritik bağlantıların oluşumu ile sinaptik filizlenmeyi içerir. Bu mekanizmalar, inme sonrası fonksiyonel iyileşmenin temelini oluşturur ve rehabilitasyon sürecinde önemli rol oynar.

Akut iskemik inme sonrası etkilenen dokuda 5000'den fazla genin ifadesi değişmektedir. HBO tedavisi, bu gen ifadelerini olumlu yönde değiştirerek, inflamatuvar yanıtı azaltmakta ve lökosit birikimini sınırlayarak lezyon hacmini küçültmektedir. Bu bulgular, beynin oksijene bağımlı moleküler mekanizmalarının anlaşılmasına önemli katkılar sunmaktadır. HBO tedavisinin nöroprotektif etkisi için ideal olarak ilk 3 saat içinde kullanılması gerektiği önerilmektedir. HBO tedavisinin akut inme yönetimindeki rolü, iskemiye ve hipoksiye hafifletme yeteneğine dayanır. HBO, mikro dolaşım bozukluklarını iyileştirmede de önemli bir rol oynar. HBO, plazmada çözünmüş oksijenin basınç altında dokuları beslemesini sağlar, oksijenin ekstrasvasküler olarak difüzyonunu kolaylaştırır, kanın viskozitesini azaltır, trombosit agregasyonunu azaltır ve kırmızı kan hücrelerinin bükülebilirliğini artırır. Ayrıca, beyin ödemi hafifletir, kan-beyin bariyerinin geçirgenliğini azaltır, nöronların şişmesini azaltır ve penumbra bölgesinin oksijenlenmesini iyileştirir. HBO tedavisi, kemik iliği kök hücrelerini iskemik bölgeye mobilize eder, trofik faktörlerin ifadesini uyarır ve nörogenezi artırır.

HBO tedavisinin akut inmedeki rolü iyi tanımlanmamıştır. Bu aşamada spontan iyileşme gerçekleştiği için, HBO tedavisinin etkisini değerlendirmek için kontrollü çalışmalar yapılmalıdır. Ancak HBO tedavisinin inme tedavisinde başarısız olmasının nedenleri arasında tedaviye geç başlama, yetersiz örneklem büyüklüğü ve aşırı basınç kullanımının yer aldığı savunulduğundan etkin doz belirleme çalışmaları da planlanmalıdır.

Aşırı basınç fikri, Holbach ve arkadaşlarının 1977 de beyin hasarında HBO tedavisinin beyin metabolizması üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmalarına dayanır. 1.5 ve 2.0 ATA basınçta %100 oksijenle tedavilerin glikoz, laktat ve oksijenin, arteriyel ve venöz ölçülen değer farkı (AVD)'nın değerlendirdiği çalışmasına dayanır. 1.5 ATA grubunda AVD glikoz ve AVD laktatta orta derecede artış gözlenirken. AVD oksijen sabit kalmıştır, bu da beyin glikoz metabolizmasının dengelenmesine yol açmıştır. Ancak 2 ATA'da yapılan HBO tedavisi ile, AVD glikoz artmış ve AVD oksijen azalmıştır. Yazarlar bu bulgular ışığında hasarlı beyinde 1.5 ATA'da HBO tedavisinin faydalı etkileri olduğu, ancak basıncın 2 ATA'ya çıkarılmasının zararlı etkileri olduğu

sonucuna varmıştır. Yine muhtemelen bu nedenle inmede HBO tedavisi için sıklıkla 2 ATA veya altında tedavi basınçlarıyla karşılaşmaktayız.

Geleneksel inme tedavi yöntemleri genellikle tatmin edici değildir ve birçok cerrahi prosedürün rolü tartışmalıdır. Modern inme patofizyolojisi kavramları, HBO tedavisinin inme yönetiminde kullanılmasına rasyonel bir temel sağlar. Hayvan deneyleri ve kontrolsüz insan denemeleri, inme sonrası HBO tedavisinin etkinliğini ve güvenliğini göstermiştir. Çalışmalar incelendiğinde 1.5 ATA, serebral iskemik yaralanmanın iyileşmesi için optimal gibi görünmektedir.

Fachklinik Klausenbach'ta (FRG), inme hastalarının rehabilitasyonunda eşzamanlı HBO tedavisi ve fizik tedavi kullanılmıştır. HBO tedavisi seansları sırasında hastaların objektif değerlendirilmesi, %100 yanıt oranı (spastisite veya motor güçte iyileşme veya her ikisi) göstermiştir. İyileşme başlangıçta geçici olsa da, çoğu vakada günlük tedavilerle (1.5 ATA, 45 dakika) 6 hafta boyunca sürdürülebilmektedir. En önemli bulgu, HBO koşullarında spastisitenin çarpıcı şekilde azalması ve fizik tedaviyle birlikte HBO tedavisi tekrarlandığında bu faydanın uzamasıdır.

Uzun süreli takip çalışmaları, inmeden kaynaklanan kronik sakatlığın ve şiddetli spastisite insidansının azalıp-azalmayacağını belirlemek için gereklidir. HBO tedavisinin spastisiteyi hafifletme mekanizması kesin olarak gösterilmemiştir. Ancak, en olası açıklama, etkilenen beyin bölgelerindeki nöronların fonksiyonlarının iyileşmesi ile ilgili olduğudur. Spastisiteden etkilenen kaslarda doku pO₂'sinin artması ikincil bir rol oynar.

EC/IC bypass ameliyatı, büyük bir kraniyal arterdeki tıkanıklığı bypass etmek için geliştirilmiştir. Bu ameliyatın en yaygın türü, yüzeysel temporal arter ile orta serebral arter dalları arasındaki anastomozdur. 80'li yıllarda bu prosedürün yaygın endikasyonları arasında TIA, iki taraflı karotis tıkanıklığı, karşı taraf karotis stenozuyla birlikte tek taraflı karotis tıkanıklığı, intrakraniyal arterlerin tıkalı hastalığı, genel serebrovasküler yetersizlik, Moyamoya hastalığı, genelleşmiş serebral yetersizlik ve dev intrakraniyal anevrizmaların tedavisi için preoperatif yardımcı önlem yer alıyordu. HBO tedavisi, EC/IC bypass ameliyatı için hasta seçimi konusunda yardımcı olabilir. HBO tedavisine yanıt veren hastalar, beyin lezyonlarının geri dönüşebilir olduğunu gösterir ve bu hastalar ameliyattan fayda görebilir. Ancak ameliyat riskinden kaçınmak amacıyla bu hastalar uzun süreli HBO tedavisiyle de takip edilebilir. HBO tedavisine yanıt vermeyen hastalar ise büyük olasılıkla ameliyattan fayda görmeyecektir.

İnme başlangıcından sonraki ilk birkaç saat içinde veya kurtarılabilir beyin dokusu görüntüleme kanıtı olan hastalarda uygulandığında, HBO, trombolitik veya nöroprotektif ilaçların uygulanma penceresini uzatmak için kullanılabilir görünmektedir. Önceki çalışmalar, doku reperfüzyonunda uzun vadeli faydayı değerlendirmemiştir. Modern inme trombolizi ve ileri nörogörüntüleme çağında, HBO tedavisinin yenilenen bir önemi olabilir. Subakut ve kronik evrelerde ise rehabilitasyon yardımı olarak HBO kullanımı güvenlidir. Kronik inme sonrası evrede bazı hastalar, uzun süreli fizik tedavi ve HBO kombinasyonu ile ameliyata gerek kalmadan yönetilebilir. HBO, vasküler patolojiyi değiştirmez, ancak penumbra bölgesindeki kısmen etkilenen nöronları aktive ederek beyin fonksiyonunu iyileştirir. FDA, merkezi ve bu endikasyon için tedaviler sağlık sigortası ve Medicare tarafından karşılanmaktadır (3,7,17).

Anoksik Ensefalopati

Tam global beyin iskemi/anoksi, kalp durması gibi ciddi geçici beyin hasarlarına neden olur ve reperfüzyon hiperemisi ile progresif iskemi ile karakterizedir. Bu durum, ATP'nin tükenmesi, membran iyon pompalarının başarısızlığı ve hücre şişmesi ile sonuçlanır. İkincil yaralanma, inflamatuvar süreçlerle devam eder. Bu süreçlerin karmaşıklığına inflamasyon ve mikro dolaşımın değişken aktivasyonu eklenir. İskemik süreç sırasında vasküler endotel ve kan-beyin bariyerinde hasar meydana gelir. Bu süreç, aylar ve yıllar boyunca değişen hücre tiplerinin infiltrasyonu ile değişir. Bu nedenle, tedaviler zaman ve mekanda son derece spesifik olmalıdır.

HBO tedavisi, serebral iskemide hücrel oksijenlenmeyi artırarak, mitokondriyal enerji üretimini destekler, oksidatif stresi ve inflamasyonu azaltır, eksitotoksik metabolitleri düşürür, iyon kanallarını aktive ederek nöroprotektif etki sağlar, kan-beyin bariyerini stabilize eder, apoptozisi inhibe eder ve sinir sistemi rejenerasyonunu teşvik eder. HBO tedavisinin tek bir uygulamasının bile beyin fonksiyonlarının iyileşmesi üzerindeki dramatik etkisi, hücreyi aynı anda hem koruyan hem de enerji veren güçlü bir ilaç etkisi olduğunu gösterir.

HBO tedavisinin yan etkileri düşük olup, tedavi genellikle güvenlidir ve beyin yaralanmalarının tedavisinde önemli bir potansiyele sahiptir. HBO tedavisinin etkili olabilmesi için erken müdahale önemlidir. Beyin hasarından sonraki 3 saat içinde uygulandığında, hastaların %75'inden fazlasında belirgin iyileşme veya iyileşme gözlenmiştir. HBO tedavisinin, devam eden zararlı süreçleri durdurduğu, hipoksi veya anoksiyi tersine çevirdiği ve hücreleri yeniden enerji verdiği düşünülmektedir. Tedavi geciktikçe, daha düşük basınçlar ve daha fazla tedavi gerekmektedir.

Koma ve global serebral iskemi/anoksi birçok nedenden kaynaklanabilir. HBO tedavisi, bu durumlarda dünya çapında 2800'den fazla hastada ve çeşitli hayvan modellerinde kullanılmıştır. HBO protokolleri değişiklik gösterse de sonuçlar genellikle olumlu olup, klinik durum ve bilinçte iyileşme gibi çeşitli fizyolojik ve biyokimyasal ölçümlerde iyileşme sağlamıştır. Bu tutarlı başarı oranı, HBO tedavisinin global iskemi/anoksi ve komanın farklı aşamalarındaki ortak beyin patofizyolojik süreçleri üzerindeki genel etkisini göstermektedir. HBO tedavisinin yaygın kullanımı, beyin yaralanmalarının tedavisinde devrim yaratabilir.

HBO, özellikle başka bir tedavi seçeneği bulunmayan durumlarda, önemli bir etkiye sahip basit bir tedavi olarak görülmektedir. HBO tedavisinin nörolojik yaralanmalarda sabit bir yaklaşım yerine, hastanın tedaviden fayda sağladığı sürece devam edilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Tekrarlayan HBO tedavisi uygulamaları, beyin onarımını teşvik edici ve trofik etkilere sahip olabilir. HBO tedavisinin etkinliğini ve tedavi sürecindeki son noktayı değerlendirmek için yüksek çözünürlüklü kamera ile SPECT beyin görüntüleme kullanılabilir (8).

Otoimmün hastalıklar

Multipl skleroz (MS), sinir sisteminin kronik dejeneratif bir hastalığıdır. Birden fazla reaktif skleroz alanı bulunur ve zaman içinde yayılır. Belirtiler kendiliğinden düzelebilir, ancak genellikle miyelin kılıflarında kalıcı hasar bırakır. Bu hasar, MRI ile beyaz madde hiperintensiteleri olarak görülebilir. MRI, ödem ve sklerozu ayırt edemez. Atak sonrası genellikle klinik muayenede normal fonksiyon geri döner ancak uyarılmış potansiyel yanıtına bakan testlerde ileti gecikmesi saptanır.

Hipoksi-indüklenebilir faktör transkripsiyon proteinlerinin keşfi ile hastalığın temelinde yatan oksijen eksikliği nedeni karmaşık değişiklikleri açıklığa kavuşmuştur. MS lezyonları, oksijen difüzyon mesafesini artıran ödem ile karakterizedir, bu nedenle HBO tedavisi mantıklıdır. KBB hafif bozulması sinir dokusunun su içeriğini artırabilir, ancak daha ciddi bozulma, plazma bileşenlerinin, özellikle proteinlerin, hücre dışı alana ve ardından sinir dokusuna sızmasıyla ilişkilidir. Bu tür bariyer bozulması, sinir sistemindeki en hassas hücre olan oligodendrositlere ve bunların miyelin kılıflarına zarar verir. En ciddi bariyer bozulması, kırmızı kan hücrelerinin perivenüler sızmasıyla ilişkilidir. Hemoglobinin parçalanmasından serbest demir salınımı, hidroksil radikal oluşumuna ve doku nekrozuna yol açar. HBO, hücresel oksijen seviyelerini artırarak inflamasyonu azaltır ve kök hücrelerin salınımını teşvik eder. Bu tedavi, akut MS atağı alanlarında normal aerobik metabolizmayı yeniden başlatır ve ciddi doku hipoksisini hafifletir. HBO tedavisi, MS hastalarında beyin ödemi azaltarak semptomları iyileştirir. İzole akut ataklar

için normobarik oksijen tedavisinin yararlı olabileceği de bildirilmiştir. MRI ile yapılan çalışmalarda, tedavi sonrası lezyonların kaybolduğu gözlemlenmiştir.

HBO tedavisi, kan-beyin bariyerindeki bozulmayı ve inflamasyonu azaltarak MS ataklarının yönetiminde önemli bir rol oynar. Tedavi, oksijenin plazma oksijen gerilimini artırarak hücrelere daha fazla oksijen ulaşmasını sağlar. Bu, hücresel oksijen seviyelerini artırarak inflamasyonu azaltır ve kök hücrelerin salınımını teşvik eder. HBO tedavisi, MS hastalarında beyin ödemi azaltarak semptomları iyileştirir.

MR spektrofotometri ile akut lezyonlarda hipoksinin gösterilmesi ve hipoksi-indüklenebilir faktör proteinlerinin inflamatuvar yanıtı kontrol etmesi, oksijen tedavisinin acil kullanımını destekler. Kronik MS hastaları üzerinde yapılan uzun süreli çalışmalar, HBO tedavisinin hastalığın seyrini olumlu yönde etkilediğini göstermektedir. Tedaviye yanıt, hastalığın daha az ilerlemiş olduğu hastalarda daha iyi olup, tedavi sıklığı ve sürekliliği ile ilişkilidir. Düzenli ve uzun süreli tedavinin sosyal ve ekonomik avantajları açıktır. Tedavinin ciddi yan etkileri yok denecek kadar nadirdir (18).

Multipl skleroz (MS) tedavisinde HBO tedavisinin etkinliğini değerlendirmede beyin görüntüleme yöntemleri, özellikle MRI, yol gösterici olmaktadır. MRI lezyonlarının düzelmesi, HBO tedavisinin etkili olduğuna ve daha uzun süre devam ettirilmesi gerektiğine işaret eder. Akut lezyon çevresindeki ödemin çözülmesi, HBO tedavisinin etki mekanizmasını da gösterebilir. Ayrıca, beyin perfüzyon SPECT görüntüleme, düşük maliyeti ve nesnel bilgi sağlaması nedeniyle MRI'ya tamamlayıcı olarak hastalığın takibinde kullanılabilir(19).

Serebral Palsi

Serebral palsi (CP), gelişimin erken aşamalarında beyindeki lezyonlar veya anomalilerden kaynaklanan, ilerleyici olmayan ancak değişken motor bozuklukları içeren bir grup sendromdur. Çocukluk döneminin en yaygın fiziksel engelidir ve dünya genelinde prevalansı 1000 canlı doğumda 2.1'dir. CP, doğum öncesi, doğum sırasında ve doğum sonrası dönemde ortaya çıkabilir. Enfeksiyonlar, travmatik beyin yaralanmaları, boğulma ve çocuklarda felç gibi nörolojik sorunlar CP kapsamına girer. CP tanısı doğumdan hemen sonra veya genellikle 15-24 ay arasında konulabilir. Spesifik semptomlar geç çocukluk döneminde ortaya çıkabileceğinden, CP yıllarca yanlış teşhis edilebilir. Beyin MRI veya otopsi ile yapılan çalışmalar, neonatal ensefalopati ve perinatal asfiksi ile ilişkili akut hasarı göstermiştir. Bu bulgular, perinatal dönemde HBO tedavisinin CP'nin gelişimini önlemede değerli olabileceğini göstermektedir.

Retrolental fibroplazi (ROP), HBO tedavisi ile ilişkilendirilmemiştir. Sürekli %80 oksijene maruz kalan farelerde retinopati gelişirken, 1.8 ATA oksijene maruz kalan farelerde retinopati görülmemiştir. Serebral palsy modeli farelerde, 3.0 ATA HBO tedavisinin retina üzerinde yapısal etkisi olmadığı bulunmuştur. Hipoksik-iskemik ensefalopati olan yenidoğanlarda, HBO serum antioksidan seviyelerini iyileştirmiş ve retinal hasara neden olmamıştır. HBO tedavisinin ROP'u indüklediğine dair kanıt yoktur.

HBO tedavisi, Rusya'da pediatrik hastalarda yaygın olarak kullanılmıştır. HBO, solunum yetmezliği, doğum yaralanmaları ve yenidoğan hemolitik hastalığında kullanılmış ve yüksek serum bilirubin seviyelerini azaltarak nörolojik bozuklukların gelişimini önlemiştir. Erken kullanım (doğumdan 1-3 saat sonra) %75 iyileşme sağlamıştır. İtalya'da fetüsler üzerinde yapılan tedaviler beyin hasarını azaltmıştır. Çin'de HBO, neonatal resüsitasyonda geniş deneyime sahiptir ve ölüm oranını azaltmış, nörolojik sekelleri iyileştirmiştir. Kronik fazda, literatür HBO tedavisinin CP tedavisinde faydalı olduğunu göstermektedir. HBO, spastisiteyi azaltmış ve motor kontrolü iyileştirmiştir. Tedaviye erken başlanması önerilmektedir. HBO tedavisinin yan etkileri genellikle tedavi durdurulduğunda kaybolur.

CP, çeşitli etiyolojilere sahip nörolojik bir bozukluktur, bu nedenle benzer patomekanizmalara sahip hasta alt gruplarıyla denemeler yapmak zordur. Çeşitli dozlarda HBO tedavisi ile yapılan çalışmalar, CP tedavisinde daha hızlı, daha büyük ve daha kalıcı iyileşmeler göstermektedir. Bazı çalışmalar, tedavi sonrası 6 aya kadar takip ve kalıcı bilişsel iyileşmeler kaydetmiştir. Genellikle 40 veya daha fazla tedavi önerilir. HBO tedavisinin dozajını kişiselleştirmek için kontrollü çalışmalar devam etmelidir. Ancak, pediatrik nöroloji topluluğundaki olumsuz görüşleri değiştirmek için nesiller boyu doğru yürütülen çalışmalara ihtiyaç vardır. HBO tedavisi, CP için önerilmektedir ve kalıcı iyileşmeler sağlayabilecek başka bir tedavi yoktur. Ancak, nöbet bozuklukları olan hastalarda dikkatli olunmalı ve oksijen duyarlılığı/ aşırı doz belirtileri izlenmelidir. Kişiselleştirilmiş tıp yaklaşımı, HBO tedavilerinde uygulanmalıdır (20).

Baş Ağrıları

Baş ağrıları, iş gücü ve üretkenlik kaybına neden olarak ekonomik bir yük oluşturur ve hastaların yaşam kalitesini olumsuz etkiler. Vasküler baş ağrıları, migren ve küme baş ağrıları içerir. Çoğu hasta yeni farmakolojik ajanlardan yarar sağlar. Ancak, koruyucu ve farmakolojik tedavilere yanıt vermeyen veya farmakolojik tedavinin kontrendike olduğu hastalarda yeni tedavi alternatifleri araştırılmaktadır. Vasküler baş ağrılarında sıklıkla etken olan vazodilatasyon nedeniyle HBO uygulaması, migren ve küme baş ağrılarının tedavisinde kullanılan bir yöntemdir. Oksijenin

serebral kan akışını azaltarak baş ağrısını hafiflettiği gösterilmiştir. Oksijenasyonun terapötik etkisi, oksijen kaynağının yanı sıra oksijenin kısmi basıncındaki artışla da ilişkilidir. Yeni veriler, oksijenin kısmi basıncındaki minimum bir artışın bile hücrel reaksiyonları tetiklemeye etkili olduğunu göstermiştir. HBO ise arteriyel oksijen miktarını daha fazla artırır ve daha belirgin vazokonstriksiyona yol açar. Bu nedenle, migren ve küme baş ağrılarının tedavisinde HBO tedavisinin NBO'dan daha etkili olduğu düşünülmüştür.

HBO tedavisinin vazokonstriktif özelliklerinden dolayı ağrıyı inhibe etmesi muhtemeldir, ancak mekanizması tam olarak bilinmemektedir. Bir hipotez, HBO tedavisinin nitrik oksit (NO) düzenleyici sistemi etkileyebileceğidir. NO güçlü bir vazodilatördür ve fokal nörojenik inflamasyona sahiptir. HBO tedavisinin nazal mukozadaki P maddesine karşı immünreaktivitede azalma gözlenmiştir. Ayrıca, HBO tedavisi alan hastalarda serotonin bağlanmasında bir plato düzeyi gözlenmiştir, bu da serotoninergik yolun HBO tedavisinin etki mekanizmasında rol oynayabileceğini düşündürmektedir. HBO tedavisinin analjezik etkisine, nöroproteksiyon, antiinflamatuvar etki ve değişmiş sinir aktivitesinin inhibisyonu katkıda bulunuyor olabilir.

Açık çalışmalarda HBO tedavisinin vasküler baş ağrılarında etkili olduğu bildirilmiştir. HBO tedavisinin maliyeti ve erişilebilirliği göz önüne alındığında, standart tedaviye yanıt vermeyen hastalar üzerinde daha fazla araştırma yapılmalıdır. NBO, ucuz, güvenli ve kolay uygulanabilir olduğundan, kullanılmaya devam edecektir (21-23).

Migren

Migren, başın bir tarafını etkileyen ve bulantı, kusma, görme bozuklukları gibi semptomlarla karakterize edilen epizodik baş ağrılarıdır. Migren, auralı ve aurasız olmak üzere iki tipe ayrılır. Kadınlarda %24,6, erkeklerde %8,5 prevalansa sahiptir.

HBO tedavisi, migren ataklarında etkili olabilir. Fife ve ark. tarafından yapılan çalışmada, HBO tedavisi uygulanan hastaların %92'sinde tam rahatlama sağlanmıştır. Myers ve ark. ise HBO tedavisinin NBO'dan daha etkili olduğunu göstermiştir. Eftedal ve ark. tarafından yapılan çalışmada, HBO tedavisinin migren baş ağrısı ataklarında profilaktik rolü araştırılmıştır. HBO tedavisi, baş ağrısı saatlerinde azalma sağlamış ancak gruplar arasında anlamlı fark bulunmamıştır.

Sonuç olarak, HBO tedavisi migren baş ağrılarında etkili olabilir ve oksijenin serebral arterleri daraltarak ağrıyı hafifletebilir. Ancak, hiperbarik odaların erişilebilirliği kullanımını sınırlandırır (21,23).

Küme Tipi Baş Ağrısı

Küme baş ağrısı, göz çevresinde şiddetli ağrı atakları ile karakterizedir ve genellikle konjonktival kızarıklık, gözyaşı, burun tıkanıklığı gibi belirtiler eşlik eder. Ataklar 15 dakikadan üç saate kadar sürebilir ve günde sekiz defa meydana gelebilir.

NBO ve HBO tedavileri, küme baş ağrılarında kullanılır. HBO, NBO'ya dirençli hastalarda etkili olabilir. Weiss ve ark. tarafından yapılan çalışmada, HBO tedavisi ile baş ağrısı ve burun tıkanıklığı tamamen durmuştur. Pascual ve ark. ise HBO tedavisinin baş ağrısı sıklığı ve süresini azalttığını göstermiştir.

Di Sabato ve ark. tarafından yapılan plasebo kontrollü çalışmalarda, HBO tedavisi alan hastalarda ağrıda iyileşme gözlenmiştir. Nilsson Remahl ve ark. ise HBO ve NBO tedavilerini karşılaştırmış ve her iki tedavinin de etkili olduğunu bulmuştur. Ancak, HBO için optimal tedavi protokolü henüz belirlenmemiştir (21,23).

Dural Ponksiyon Sonrası Baş Ağrısı (DPSBA)

Dural ponksiyon sonrası baş ağrısı (DPSBA), kafatası içindeki oluşumların hacim sabitliği prensibine (Monro-Kellie doktrini) göre, düşen BOS basıncının kompensatuar venodilatasyona neden olması veya BOS azalması nedeniyle beynin aşağıya doğru yer değiştirmesi ve ağrıya duyarlı intrakraniyal yapılarda gerilme meydana gelmesi nedeniyle geliştiği düşünülmektedir. Tedavi kayıp BOS sıvısının yerine konulması, BOS kaçak bölgesinin kapatılması, Serebral vazodilatasyonun önlenmesi ile sağlanabilir. Güncel literatürde, tedavide kullanılan kafein, etkisini vazokonstriksiyon yaparak gösteren temel bir ajandır. HBO tedavisi denenmiş etkili bulunamamıştır (21).

Hipoksik Baş Ağrısı

Yüksek rakımda yaşayan insanlar üzerinde yapılan araştırmalar, migren ile kandaki düşük kısmi oksijen basıncı arasında bir ilişki olduğunu göstermiştir. Aklimatize olmadan 2500 metre üzerindeki irtifa maruziyeti dağcılarda baş ağrısına neden olur. Normobarik oksijen inhalasyonu, akut dağ hastalığının hipoksik baş ağrısını hafifletebilir (21).

Trigeminal Nevralji

Trigeminal nevralji (TN), tetikleyici faktörler tarafından uyarılan beşinci kraniyal sinirin bir veya daha fazla dalında paroksizmal, tek taraflı ağrı ile ortaya çıkan ciddi bir nöropatik yüz ağrısıdır. Yeni ICD-11 kapsamında hem kronik birincil ağrı hem de kronik ikincil periferik nöropatik ağrı

olarak sınıflandırılabilir. Gu ve arkadaşları, sıçanlarda siyatik sinirin kronik daralma yaralanmasından oluşan hayvan modelinde tekrarlayan HBO tedavisinin hızlı, doza bağlı ve uzun süreli bir termal hiperaljezi ve mekanik allodini inhibisyonu ürettiğini gösterdiler.

HBO tedavisinin, idiyopatik TN ve sinir hasarının neden olduğu nöropatik ağrısı olan ve 1 aydır karbamazepin kullanan 42 hastada yaptığı (1.8 ATA'da 70 dk 10 seans HBO – NBO) karşılaştırmalı çalışmasında on günün sonunda oranla VAS ağrı şiddetinde anlamlı bir azalma ve gerekli karbamazepin dozunda 60. günde belirginleşen ve 90 güne kadar süren önemli bir azalma olduğunu saptadılar.

Bu çalışma, HBO tedavisinin sadece periferik nöropatilerde değil, aynı zamanda kraniyal nöropatik ağrının tedavisinde etkili olabileceğini düşündürmektedir. Ayrıca Diyabetik nöropati, Poliradikülönörit, Nöropatik ağrı, İlaç kaynaklı nöropati sendromu gibi periferik veya travmatik optik nöropati, arteriyel iskemik optik nöropati, CO zehirlenmesine bağlı optik nöropati, radyasyon zehirlenmesi sonrası optik nöropati gibi çeşitli optik nöropatilerde HBO tedavisi kullanılmış ve değişik oranlarda başarılı sonuçlar rapor edilmiştir (21-23).

Nöropatik Ağrı

Kronik ağrı, 2019 yılında Uluslararası Hastalık Sınıflaması'nda (ICD-11) bazı nöropatik ağrı durumlarının primer ve sekonder olarak yeniden sınıflandırılmasına yol açmıştır. Primer nöropatik ağrı bozuklukları, tanımlanmış biyolojik ve psikolojik koşullardan bağımsız olmaları bakımından sekonder olanlardan farklıdır. Periferik nöropatik ağrı, trigeminal nevralji (TGN), post herpetik nevralji, periferik sinir hasarı sonrası kronik nöropatik ağrı, ağrılı polinöropati ve ağrılı radikulopati olarak beş gruba ayrılır.

Nöropatik ağrı tanısı için kullanılan dört ana kriter: ağrının periferik veya santral bir nöroanatomik dağılıma uyması, somatosensorial veya sensorial sistemi etkileyen bir hastalık veya lezyonu düşündüren öykünün olması, bunların anatomik dağılımının en az bir test ile doğrulanması, bahsedilen hastalık veya lezyonun en az bir test ile doğrulanması maddelerini içerir. Nöropatik ağrı tedavisinde antidepresanlar, gabapentinoidlerdir, opioidler, antikonvülsanlar ve gerektiğinde nörostimülasyon veya hedefe yönelik ilaçlar ile basamaklandırılmıştır.

Artan kanıtlar, bir dizi nöropatik ağrı durumunda HBO tedavisinin kalıcı etkinlik ve minimum yan etkilerle kullanılabileceğini göstermektedir. Hayvan modelleri, HBO tedavisinin antialodinik ve antinosiseptif etkilerini ortaya koymuştur. Siyatik sinirde kronik daralma yaralanması modeli, HBO tedavisinin nöropatik ağrıda etkili olduğunu göstermiştir. HBO tedavisinin mekanizmaları

arasında inflamasyonun inhibisyonu, nöronal apoptoz ve artmış endojen opioidlerin ekspresyonu yer alır. Ayrıca, nitrik oksit sentaz izoformlarının ekspresyonu da HBO tedavisini takiben zayıflar.

Sisplatin kaynaklı periferik nöropatide yapılan araştırmalar, HBO tedavisinin mekanik allodiniyi önemli ölçüde iyileştirdiğini göstermiştir. Hiperoksijenasyon, kronik bölgesel ağrı sendromu gibi derin doku hipoksisinin kanıtlarını gösteren nöropatik ağrı durumlarının tedavisi için bir seçenek olma potansiyeline sahiptir. HBO tedavisi, doku ödemi ve inflamasyonun birincil bileşenler olduğu kronik ağrı durumlarında semptomların azalmasına katkıda bulunabilir. HBO tedavisinin kronik ağrı bozukluklarının tedavisinin altında yatan ikincil etkiler arasında ROS ve RNS üretiminin ve nitrik oksit sentetaz ekspresyonunun azalması yer alır.

Sonuç olarak, HBO tedavisinin farklı kronik nöropatik ağrı durumlarında potansiyel yararlarını gösteren çalışmalar vardır. Ancak, araştırmaların çoğunluğunun hayvan deneyi düzeyinde olması ve uygulanan modalitelerdeki heterojenlik, sonuçların yorumlanması ve kliniğe uygulanmasında sorun yaratmaktadır. Yeni, kontrollü ve geniş örneklemli çalışmalara ihtiyaç vardır (22,23).

Kompleks Bölgesel Ağrı Sendromu (KBAS) Tedavisinde HBO

KBAS, kronik bir birincil ağrı sendromudur ve ağrı dağılımı belirli sinir bölgesi veya dermatomla sınırlı değildir. Hiperaleji, allodini, vazomotor, sudomotor/ödem ve motor/trofik değişiklikler eşlik edebilir. İnflamatuar ve bağışıklıkla ilgili faktörler, değişmiş sempatik sinir sistemi işlevi, iskemik reperfüzyon hasarı ve oksidatif stres, KBAS'da rol oynayan mekanizmalardır.

HBO tedavisi, KBAS hastalarında anti-inflamatuar aktivite ve derin doku oksijen saturasyonunu artırarak etkili olabilir. Randomize kontrollü çalışmalarda, HBO tedavisi eklem hareket açıklığında iyileşme ve ödemde azalma sağlamıştır. Travma sonrası bilek KBAS'u olan hastalarda yapılan çalışmada, HBO tedavisi ağrı skorlarını düşürmüştü, hareket açıklığını iyileştirmiş ve ödemi azaltmıştır (22).

Radyasyona Bağlı Pleksus Nöropatilerinde HBO Tedavisi

HBO tedavisi, radyoterapiye bağlı brakial ve sakral pleksusta nöropati üzerinde değerlendirilmiştir. Pritchard ve ark. tarafından yapılan çalışmada, radyasyona bağlı brakial pleksopatili hastalar tedavi ve kontrol gruplarına ayrılmıştır. Araştırmanın 1. yılında gruplar arasında sıcak duyu eşik, ağrı ve yaşam kalitesi ölçümlerinde farklılık saptanmamıştır. Ancak, HBO grubundaki bazı hastalarda sıcak duyu eşiklerinde ve kronik kol lenf ödeminde normalleşme gözlenmiştir. Videtic ve Venkatesan tarafından sunulan bir vakada, radyoterapiye bağlı sakral

pleksopati olan bir hastada HBO tedavisinin yararlı etkileri rapor edilmiştir. Hastanın ağrısı, HBO tedavisi sonrası minimum doz amitriptilin dışında hiçbir ağrı kesici kullanmadan kontrol altına alınmıştır (22).

Postherpetik Nevraljide HBO Tedavisi

Postherpetik nevralji (PHN), primer herpes zoster enfeksiyonundan sonra devam eden, genellikle allodini ve kaşıntı ile ilişkili kalıcı tahriş ve aralıklı nöropatik ağrıdır. Peng ve ark. tarafından yapılan çalışmada, akut herpes zoster enfeksiyonu gelişen hastalar HBO tedavisi ve kontrol gruplarına ayrılmıştır. HBO tedavisi, kabarcıkların çözülme süresi, skar oluşum süresi ve PHN gelişen hastaların yüzdesi gibi ölçümlerle değerlendirilmiştir.

HBO tedavisi, kontrol grubuna göre daha yüksek terapötik etkinlik göstermiştir (%97'ye karşı %81). HBO grubunda kalıcı PHN gelişimi ve skar oluşum süresi önemli ölçüde azalmıştır. Ayrıca, ağrı ve depresyon skorları HBO grubunda daha düşük bulunmuştur. Bu bulgular, HBO tedavisinin konvansiyonel farmakolojik tedavi ile kombinasyonunun tek başına farmakolojik tedaviden daha etkili olduğunu göstermektedir (22).

Otizm

Otizm spektrum bozukluğu (ASD), sosyal iletişim bozukluğu, sınırlı ilgi alanları, tekrarlayan davranışlar ve duyuşal girdilere aşırı veya az tepki verme ile karakterize edilen bir nörogelişimsel bozukluktur. ABD'de prevalansı 68 çocuktan 1'idir. Tedavi genellikle davranış analizi ve terapidir, bazı semptomlar için ilaç tedavisi kullanılır. HBO tedavisinin ASD tedavisinde etkinliği minimal veya yok olarak kabul edilir (23).

Yeni Doğanlarda Hipoksik-İskemik Ensefalopati (HİE)

Hipoksik-iskemik ensefalopati (HİE), beyne yeterli oksijen akışının sağlanamaması sonucu ortaya çıkan, hücrel enerji eksikliği, iyon dengesizlikleri ve oksidatif stresle karakterize bir durumdur. Bu durum, hücre ölümüne ve ciddi nörolojik hasara yol açabilir. Zararın boyutu, oksijen yoksunluğunun süresine ve şiddetine ile metabolik iyileşme kapasitesine bağlı olarak değişir, Erken müdahaleler, beyin hasarını önlemek veya azaltmak için çok önemlidir. Hipotermi gibi tedaviler faydalı bulunmuş olsa da bu tedaviler yan etkilere sahip olabilir. Patofizyoloji, mitokondriyal fonksiyon bozukluğu ile başlar, bu da ATP üretiminin durmasına yol açar ve iyon pompalarının bozulmasına, sitotoksik ödemin oluşmasına neden olur. Ayrıca, kalsiyum girişi, oksidatif stres ve eksitator toksisite gibi inflamatuvar yolların aktivasyonu, hücrel zararı artırır. Zarar, oksidatif stres, eksitator toksisite ve NFkB yolu gibi inflamatuvar yolların aktivasyonu ile

artar. Bu yollar, pro-inflamatuar sitokinlerin serbest bırakılmasını tetikler. Ayrıca, glutamat üretimi, nitrik oksit sentezi ve damar değişiklikleri gibi faktörler de inflammatuar yanıtta katkıda bulunur.

Son 40 yılda yenidoğan hipoksik-iskemik ensefalopati (HIE) nedeniyle ölüm ve hastalık oranlarında önemli bir değişiklik olmamıştır. Her yıl dünya genelinde yenidoğan ölümlerinin yaklaşık %25'i ve 5 yaşındaki ölümlerin %8'i doğumda asfiksi belirtileri ile ilişkilidir. Orta ila şiddetli HIE tanısı konan bebeklerin %50-60'ında ölüm veya orta ila şiddetli engellilik görülebilir. Hipoksik-İskemik Ensefalopati (HIE) tedavisinde, HBO tedavisi rasyoneli ve etkileri üzerine yapılan çalışmaların sonuçları önemli avantajlar göstermektedir. HBO tedavisi özellikle beyin dokularındaki oksijen seviyelerini restore etme ve anti-inflamatuar etkileri nedeniyle HİE tedavisi için umut verici bir seçenek olarak öne çıkmaktadır. HBO, aerobik metabolizmayı sürdürüp ATP tükenmesini engeller, kalsiyum salınımını azaltır ve prostaglandinler ve tromboksanlar gibi inflammatuar mediatörlerin üretimini inhibe eder. Aynı zamanda, oksidatif hasarı azaltmaya yardımcı olan glutatyon ve antioksidan enzimlerin üretimini artırarak antioksidan etkiler gösterir. ROS üretimini azaltarak, endotel hasarını sınırlar ve doku ödeminin önlenmesine yardımcı olur. Ayrıca, HBO, BCL-2 ve hemoksijenaz 1 (HO-1) gibi çeşitli sinyal yolları aracılığıyla apoptozisi modüle eder ve Nogo A ve hipoksiye bağlı faktörler gibi zarar verici faktörleri baskılar.

Erken nöroproteksiyon sağlayan kesin bir tedavi henüz bulunmamıştır. Son zamanlarda hipoterminin yararlı etkileri üzerine çeşitli raporlar yayınlanmış olsa da istatistiksel olarak anlamlı bir etki gösterememiştir. HBO, sadece MSS üzerinde değil, aynı zamanda sistemik inflammatuar yanıtta etki ederek reperfüzyon yaralanmasına karşı koruma sağlar. Bu özellikleri, HİE'nin erken evrelerinde özellikle yeni doğanlar için etkili bir tedavi seçeneği haline getirmektedir.

Pediyatrik hastalar yetişkinlerden farklı değildir, ancak yenidoğanlar öyledir. HBO tedavisini, gebeliğin 34.5 haftasından önce ve 1.2 kg ağırlığın altında olan yenidoğanlarda kullanımı önerilmemektedir. Yenidoğanların basınç odasında tedavisi için bazı özel hususlara dikkat edilmelidir. En büyük sorunlardan biri, yenidoğana uygun Hiperbarik ventilatör ve IV pompalar gibi tıbbi ekipmanın eksikliğidir. Tedavi sırasında hipotermi ve oksijen toksisitesinden kaçınmak için de özel önlemler alınmalıdır. Pulmoner oksijen toksisitesi durumunda pulmoner surfaktan hazır bulundurulmalıdır. Merkezi sinir sistemi oksijen toksisitesi de dikkate alınmalıdır. Bispektral indeks monitörü (BIS), HBO tedavisi sırasında frontal EEG'yi izlemek için kullanılabilir; ayrıca hastanın sedasyonunu değerlendirmeye yardımcı olur ve merkezi sinir sistemine (CNS) bağlı oksijen toksisitesi ile ilgili erken anormal EEG aktivitesini tespit etmek için yararlı bir araç olabilir.

Yenidoğanlarda başka tür HBO toksisitesi bildirilmemiştir. Prematüre retinopatisi ile ilgili büyük endişeler olmasına rağmen, bazı yayınlar bunu IR hasarı olarak tanımlamaktadır. HBO, uzun süreli oksijen maruziyetinden sonra koruyucu etkiler göstermektedir ve ROP'a neden olduğuna dair kanıt yoktur.

HİE, yaşamın ilk dakikasında Apgar skoru 3'ün altında ve 5. dakikasında 5'in altında olan yenidoğanlarda daha sık görülür. Resüsitasyon çabaları 8 dakikadan uzun sürdüğünde ve pH 7.2'nin altında olanlarda yenidoğan YBÜ izleminin devamlılığı gerekir. Genellikle, 4 saat içinde beyin ödemi ve 6 saat içinde nöbetler geçirirler, bu da zaten kritik olan beyin durumlarını daha da kötüleştirir. Sánchez-Rodríguez'in bu hastaların tedavisi için deneyimleri sonucunda önerisi mümkün ise ilk 6 saatte değilse mümkün olan en erken dönemde, basınç odasındaki şartlar yenidoğan YBÜ'ye yaklaştırılmaya çalışılarak, mümkünse miringotomi yaptırdıktan sonra, 15 dakikalık (yaklaşık 1 psi/dakika) dalış ve çıkış hızıyla, 1,8-2 ATA basınçta, 20 dakika oksijen, 5 dakika hava, 20 dakika oksijenin solunacak şekilde HBO tedavisi uygulanmasıdır.

Tedavi ettikleri hastalarda HBO sırasında yenidoğanların çok stabil olduğu ve kardiyotonik ilaç dozlarının azaltılması gerektiği gözlemlenmiştir. Tüm hastalar ekstübe edilmiş ve HBO tedavisinden sonraki 6 saat içinde kardiyotonik ilaç gerektirmemiş. Hastaların genel durumunda, özellikle vital bulgularında ve cilt rengine dramatik değişiklikler olmuş. 3 ve 6 aylık takiplerde tüm bebeklerin nörolojik muayenesinin normal olduğu ve durumlarında gerileme olmadığı bildirilmiştir. 5 yıllık takibin yapılabildiği 2 hastadan biri normalmiş, diğerinde hafif dikkat eksikliği saptanmış.

Yenidoğanları hiperbarik odada tedavi etme korkusunun aşılması, bu hastaların yönetimi için daha iyi ve uygun ekipman geliştirilmesi ve çok merkezli, çok uluslu, prospektif, randomize ve kontrollü bir çalışmaların planlanması ile, HBO tedavisinin yenidoğanlarda hipoksik-iskemik ensefalopati ve nekrotizan enterokolit üzerindeki yararlı etkileri gösterilebilir. Bu durumda HBO tedavisi, HİE gelişmiş yenidoğanların morbidite ve mortalitesini önemli ölçüde değiştirebilir, hastaların, ailelerinin ve toplumun yaşam kalitesinde büyük bir fark yaratabilir ve hastalık yükünü azaltarak, güvenli ve düşük yan etkiyle uygulanabilen maliyet etkin bir tedavi haline gelebilir (24).

İskemik Beyin Damar Hastalığı ve Dejeneratif Hastalıklara Bağlı Demans

Nörolojik yaşlanma, genetik, çevresel faktörler ve serbest radikal reaksiyonları gibi etmenlerin birleşimiyle açıklanabilir. Serbest radikal teorisi, yaşlanmanın ana nedenlerinden biri olarak, oksidatif hasarın birikmesiyle ilgilidir. Bu teorinin destekleyici verileri, serbest radikallerin mitokondriyal DNA'ya zarar vererek yaşlanma sürecini hızlandığını gösterir. Ayrıca yaşlanma

ile hipoksi arasındaki ilişki, yaşlanma sürecinde oksijen kullanımının azalmasıyla ilişkilidir. Yaşlılıkta serebral kan akışı ve metabolizma bozulmaya başlar, beyin hücrelerinde birikmiş metabolik atıklar, artan serbest radikal üretimi ve glutamat seviyesi gibi değişiklikler, nörodejeneratif hastalıklara yol açabilir.

Beynin oksijen ve enerji gereksinimlerini karşılamak, nörolojik fonksiyonları desteklemek için hayati öneme sahiptir. Düzenli fiziksel egzersiz, beyin kan akışını iyileştirir ve nörolojik yaşlanmayı yavaşlatabilir. HBO tedavisi yaşlı bireylerin rehabilitasyon sürecinde fiziksel kapasitesini artırabilir, özellikle ağrı, felç veya kas spazmları nedeniyle fiziksel egzersiz yapamayan yaşlı bireylerde HBO tedavisi, hareket kabiliyetini artırabilir ve rehabilitasyon sürecini kolaylaştırabilir. Beyin egzersizleri (mental jogging), fiziksel egzersiz ve nootropik ilaçlar ile birleştğinde, HBO tedavisinin beyin fonksiyonları ve genel fiziksel performansı artırma potansiyeli vardır.

Demans, hafıza, günlük yaşam problemlerini çözme kapasitesi, öğrenilmiş motor becerilerin performansı, sosyal becerilerin doğru kullanımı ve duygusal tepkilerin kontrolü gibi yüksek kortikal işlevlerin küresel bir bozulması olarak tanımlanır. Alzheimer hastalığı, yaşlılarda en sık görülen demans şeklidir. AH'nin genetik ve genetik olmayan faktörlerin etkileşimi yoluyla ortaya çıktığı kabul edilir. Genetik faktörler arasında amiloid beta (A β) öncü protein, presenilin 1 ve presenilin 2'deki kalıtsal mutasyonlar ve apolipoprotein E gibi risk genleri bulunur. Genetik olmayan faktörler arasında beyin travması, serebrovasküler hastalıklar, tip 2 diyabet, entelektüel aktivite, uyku bozuklukları ve hipoksi yer alır. Serebral hipoperfüzyon ve hipoksinin A β oluşumu ve birikimi ile sonuçlandığı fikrinden yola çıkılarak HBO tedavisi etkinliğine yönelik çalışmalar yapılmıştır. HBO tedavisi ile indüklenen vasküler değişiklikler, tedaviden haftalar sonra devam eden serebral perfüzyon artışına ve serebral hipoksinin azalmasına neden olmuştur. Az sayıda hasta grubunda ise HBO tedavisi sonrası erken dönemde nörokognitif testlerde kısmi düzelme gözlenmiş, ancak bu olumlu etkinin uzun süre devam etmediği dikkati çekmiştir.

İnme sonrası demans, inme geçiren hastalarda yaygındır ve Alzheimer hastalığından sonra ikinci en yaygın demans nedenidir. Vasküler risk faktörleri bu demans türünde baskındır ve inme risk faktörlerinin erken tedavisi, demansın ilerlemesini önleyebilir. Dünyada bilişsel bozulmanın önde gelen nedeni olan vasküler demansta (vasküler bilişsel bozulma) bu bozulma yaşamın günlük işlerini etkileyecek kadar ciddi olup, tek bir entelektüel performans kategorisiyle sınırlı değildir ve bilinç seviyesinden bağımsızdır. Gelişimindeki ana nedenler, büyük ve küçük damarları etkileyebilen damar tıkanıklığı, hipertansif anjiyopati, amiloid anjiyopati veya mikroembolizmden

kaynaklanan küçük damar hastalığı, kan basıncının düşmesi ve damar daralması ile ilişkili hipoperfüzyondur.

Tedaviye başlamadan önce demans türünü belirlemek önemlidir. Vasküler demans, Alzheimer gibi dejeneratif demanslardan daha iyi tedavi edilebilir ve önlenelidir. Tedavi seçenekleri arasında antiplatelet tedavi, hemoreolojiyi iyileştiren ajanlar, beyin kan akışını artırıcılar, nootropikler, nöroprotektifler ve ergot türevleri bulunur. Ancak, mevcut ilaçların demansı önemli ölçüde iyileştirdiğine dair kesin bir kanıt yoktur.

HBO tedavisi, güvenli ve iyi tolere edilebilen bir tedavi olup, yeni çalışmalarla desteklenirse AD ve VD için umut verici bir yöntem olabilir. Çeşitli çalışmalarda, HBO tedavisi ile vasküler demans (VD) hastalarında motor ve kognitif performansta artış, bellek sorunu olan Alzheimer tipi demans (AD) ve amnestik hafif bilişsel bozukluk (HBB) olgularında nöropsikolojik test performansındaki sırasıyla 1 ve 3 ay süren olumlu düzelme, ilerlemiş vakalarda 8 hafta diğerlerinde 20 gün tedavi ile beyin glukoz metabolizmasına da olumlu etkiler gösterilmiştir HBO tedavisinin majör nöron kaybı olan ciddi vakaları geri döndüremeyeceği ve bu nedenle erken hastalık evrelerinde etkili olabileceği göz önünde tutulmalıdır. HBO tedavisi ile ilerleyici dejeneratif hastalıklar için elde edilen iyileşmelerin hastalığın doğası gereği kısa süreli olması nedeniyle idame tedavileri gerekebilir.

Parkinson hastalığında oksidatif stresin dopaminerjik nöronal dejenerasyonda önemli bir rol oynadığı düşünülmektedir ve tedavisinde kullanılan levodopa ve dopamin agonistleri, motor semptomları hafifletir ancak dopaminerjik nöron dejenerasyonunu önlemez. Bu nedenle, nöronal ölümü önleyebilecek yeni tedavilere ihtiyaç vardır. HBO tedavisinin substantia nigra'da dopamin sentezini düzenleyen tirozin hidroksilaz içeren nöronları koruduğu hayvan deneyi ile gösterilmiştir. Hastalarda HBO tedavisinin potansiyel etkinliği ile aşırı ROS üretimine bağlı olası yan etkiler arasındaki dengeyi değerlendirmek için gelecekteki araştırmalara ihtiyaç vardır.

HBO tedavisi, hipoksiyi tersine çevirerek yaşlı hastalarda beyin fonksiyonlarını iyileştirme ve metabolik stresle başa çıkabilme kapasitesini artırma potansiyeline sahiptir ancak sağlıklı yaşlılarda mental performansı artırmaz ve yaşlanmayı durdurmak veya tersine çevirmek için kullanılamaz. Tedavi ile yaşlılarda zihinsel işlev bozukluklarını tersine çevirdiğine dair bir kanıt bulunmadığından riskler minimal olsa bile yaşlıları hiperbarik ortamlara maruz bırakmak önerilmemektedir (16,17,23,25,26).

Medulla Spinalis Hasarı (SCI)

HBO tedavisi, omurilik yaralanmalarında (SCI) beyin yaralanmalarına benzer şekilde kullanılır. HBO tedavisinin ödem ve iskemiye azaltma yeteneği, bu tedavinin anahtar faktörleridir. Travmatik miyelopatiler, omurilik ve damarlarının doğrudan yaralanması ve vazoparalizi sonucu oluşan iskemik ve ödemli durumlarla karakterizedir. Omurilik mikrodamarlarının zarar görmesi, gri maddeye kan akışının ve oksijenin azalmasına neden olur. Yaralanmanın ilk saatlerinde anatomik veya fizyolojik hücresel bozulmalar meydana gelebilir. HBO tedavisi, yaralanmadan sonraki 2-4 saat içinde uygulanmalıdır. Bu zaman dilimi, omurilik yaralanmasının kalıcı anatomik bozulmalara yol açan patofizyolojik değişikliklerinin ilerlemesi ile ilgilidir. Bu zaman dilimi, SCI'nin patofizyolojik sonuçlarının ilerlemesiyle ilgili fırsat penceresini temsil eder. Yaralanmadan sonraki 2-4 saat içinde tedavi edilen hastalar HBO tedavisine yanıt verebilir. Klinik izleme, somatosensory-evoked potentials (SSEPs) ile yapılmalıdır. MRI, omurilikte anatomik bozulma göstermemelidir. CT ve düz röntgen filmleri de anatomik bozulma göstermemelidir. HBO tedavisine yaralanmadan en geç 4 saat sonra başlanmalıdır. Tedavi seansları, başlangıç ve sonraki klinik değerlendirme ve tedavi öncesi ve sonrası SSEPs'e bağlı olarak 1.5 veya 2 ATA'da yapılır. Klinik veya elektrodyagnostik iyileşme varsa, HBO tedavisine devam edilir. Hastanın omurgası, servikal yaralanmalarda her zaman uygun hizalamada tutulmalıdır.

Omurilik yaralanmaları için çeşitli cerrahi ve ilaç tedavileri geliştirilmiştir. Geleneksel cerrahinin rolü, baskı yapan lezyonların çıkarılması ve kemik omurganın stabilizasyonu ile sınırlıdır. Şu anda, kök hücre nakli ve omurilik rejenerasyonu için araştırmalar devam etmektedir. Son çeyrek yüzyılda SCI araştırmalarındaki büyük ilerlemeler arasında SSEP, rCBF, omurilik dokularının morfolojisini ve içeriğini detaylandırma yöntemleri ve HBO kullanımı bulunmaktadır.

Nöronal hasar, kesi değil ezilme şeklinde ise, HBO fayda sağlayabilir. HBO, omuriliğin gri maddesindeki iskemiye hafifletir. HBO, beyaz maddede oluşan ödemi azaltır. HBO, omurilik maddesindeki yaralanma bölgesindeki biyokimyasal bozuklukları, örneğin laktik asidozu düzeltir.

İlk deneysel çalışmalar, HBO tedavisinin omurilik yaralanmalarında (SCI) kullanılabileceğini göstermiştir. HBO, doku oksijen seviyelerini artırarak, nörolojik hasarı tersine çevirerek ve laktik asit birikimini düzelterek iyileşmeyi destekler. Çeşitli hayvan çalışmaları, HBO tedavisinin motor iyileşmeyi artırdığını ve omurilik fonksiyonlarını koruduğunu göstermiştir. HBO tedavisinin inflamatuvar ortamı değiştirerek aksonal uzama ve fonksiyonel iyileşmeyi teşvik edebileceği öne sürülmüştür. Klinik çalışmalarda HBO tedavisi gören hastaların iyileşme oranları anlamlıdır. Bu konudaki araştırmalar ve klinik deneyimler, HBO tedavisinin ciddi şekilde yaralanmış ancak

tedaviye yanıt veren travmatik miyelopati hastalarının yönetiminde önemli bir yer tuttuğunu desteklemektedir, ancak daha fazla araştırma gereklidir.

HBO tedavisi, SCI hastalarının rehabilitasyonunda önemli bir rol oynar. HBO, fiziksel egzersiz kapasitesini artırır, yorgunlukla ilişkili metabolik komplikasyonları azaltır ve spastisiteyi hafifletir. HBO, omurilik sıkışması ve iskemik lezyonların tedavisinde de etkili olabilir. HBO tedavisinin, cerrahi sonrası iyileşme oranını artırdığı ve omurilik fonksiyonlarının geri kazanılmasına yardımcı olduğu gösterilmiştir. HBO tedavisinin, epidural spinal apse tedavisinde de faydaları bildirilmiştir (14,27).

Periferik Sinir Yaralanmaları

Genellikle ekstremitelerin travmatik yaralanmalarının bir parçası olan periferik sinir yaralanmaları yaygındır. Mekanik hasar, ezilme, laserasyonlar, penetran travma, gerilme, yüksek hızlı travma, donma ve iyatrojenik yaralanmalar gibi durumlar ile nöronlar, Schwann hücreleri veya miyelin kılıfta hasarlar oluşabilir. Nöropraksi, haftalar veya aylar içinde iyileşen hafif yaralanmalardır. Aksonotmezis, genellikle ezilme veya gerilmeden kaynaklanan ve tam bir periferik dejenerasyonu takip eden yaralanmalardır. Nörotmezis ise sinirin tüm temel yapılarının kopmuş olduğu durumu ifade eder.

Sinir hasarında azalmış kan akışı, hipoksi ve ödem kısır döngüsü etkindir ve mümkün olan en kısa sürede tedavi etmek önemlidir. Periferik sinir hasarında kalıcı vasküler disfonksiyon ve endonöryal hipoksi nöropatik ağrının gelişmesine katkıda bulunur. Periferik sinir yaralanmalarının yönetimi öncelikle cerrahi onarım ve altta yatan nedenin tedavisi şeklindedir. Özellikle mikrocerrahideki gelişmeler ve yeni cerrahi teknikler periferik sinir yaralanmalarında iyileşme oranını arttırmıştır olup bazı sorunlar hala devam etmektedir. Yavaş ve bazen düzensiz olabilen sinir rejenerasyonunu iyileştirme ve yaralanmadan sonra iyileşmeyi arttırmaya yönelik tekniklerin arayışı devam etmektedir.

HBO tedavisi sinir yaralanmalarında, hipoksi ve ödemi azaltarak kötüleşen döngüyü kırar, sinirlerdeki oksijen seviye artışı ile aksonal transportu hızlandırıp rejenerasyon için gerekli maddelerin bölgeye taşınmasını sağlayabilir. Deneysel çalışmalar, HBO tedavisinin sinir iyileşmesini aktive ettiğini ve ezilme yaralanmalarında periferik sinir iyileşmesini hızlandırabileceğini göstermektedir. Ayrıca, HBO tedavisinin periferik sinir yaralanmalarında aksonal rejenerasyonu artırdığı ve sinir greft iyileşmesini hızlandırdığı belirtilmektedir. Bu, HBO tedavisinin periferik sinirlerin hipoksisine karşı koymak için en etkili yöntem olarak kullanılması

için bir gerekçe sağlar. Ayrıca, HBO tedavisinin nöropatik ağrı gibi komplikasyonları engellemede etkili olabileceği düşünülmektedir.

Sinir ezilme yaralanması veya sinir transeksiyonu ve onarımı HBO tedavisi için tanınan endikasyonlar arasında listelenmemiş olsa da, hayvan deneysel çalışmaları ve klinik vaka raporları, HBO tedavisinin sinir travması sonrasında nörolojik iyileşmeyi başlatmada ve nöropatik ağrı gibi komplikasyonları önlemede faydalarını göstermiştir. Periferik sinir yaralanmalarında HBO kullanımı için rasyonel bir temel olduğundan, daha fazla klinik çalışma yapılması gerekmektedir (22,28).

Travmatik Beyin Hasarı

Hiperbarik oksijenasyon nöroşirürjide beyin ödemi tedavisinde etkilidir. HBO tedavisi, oksijen seviyesini artırarak ve beyin kan akışını azaltarak merkezi sinir sistemi hastalıklarında kullanılır. Ancak, tedavi karmaşıktır ve dikkatle izlenmelidir. HBO tedavisinin hem terapötik başarı hem de kötüleşme potansiyeli vardır.

Travmatik beyin yaralanması (TBI) tedavisinde, beyin hasarını ve ardından gelen iskemiye, ödemi ve artmış kafa içi basıncını yönetmek önemlidir. HBO tedavisi, cerrahi olmayan vakalarda veya cerrahiye ek olarak kullanılabilir. HBO, beyin kan akışını azaltarak ve oksijen seviyesini artırarak iskemiye hafifletir ve KİB'yi düşürür. Tedaviye travmadan sonraki 12 saat içinde başlanmalı, hava molaları kullanılarak 1.5-2 ATA basınçta uygulanmalı ve hastanın klinik durumu, KİB ve beyin metabolizması ölçümlerine göre ayarlanan periyotlarla tekrarlanmalıdır. Tedavi sırasında intrakraniyal basınç monitörü kullanılmalı ve bir beyin cerrahı hastanın yanında bulunmalıdır. Juguler venöz glukoz, pH ve laktik asit belirlemeleri yapılmalı, laktik asit konsantrasyonu azaltılmalı ve pH artırılmalıdır. Beyin perfüzyon basıncı yeterli olmalı (70 mmHg veya üzeri) ve hastanın terapötik seviyede antikonvülsan kullanması gerekmektedir. İlk 48 saat boyunca hiperventilasyon ve barbitürat koması gibi yöntemler KİB'yi azaltmak için uygulanabilir.

Son yıllarda kronik TBI sonuçlarına, özellikle sarsıntı sonrası sendrom (PCS) ve travma sonrası stres bozukluğu (PTSD) gibi durumlara daha fazla dikkat çekilmektedir. HBO tedavisi, TBI/PCS ve PTSD semptomlarını hafifletmede umut verici sonuçlar göstermesine rağmen PCS ve ilgili bozukluklar için etkili bir tedavi olduğuna dair net bir kanıt yoktur, ancak TBI'da faydalı olabileceğine dair bazı işaretler vardır (6,14,27).

Vestibulokohlear ve Fasyal paraliziler

HBO, vertebrobaziler dolaşım bozukluklarına bağlı kokleovestibüler sendromların tedavisinde kullanılmıştır. Vertigo ve tinnitusun ortadan kalkması ve işitme iyileşmesi gözlemlenmiştir. HBO, labirent iskemisine yanıt vermiş ve geçici vertebrobaziler iskemisi olan hastalarda iyi sonuçlar vermiştir. Akut nörosensoriyel işitme kaybı olan hastalarda HBO ve ilaç tedavisinin mikro dolaşımı iyileştirdiği belirtilmiştir.

Bell's palsy, ani başlangıçlı tek taraflı yüz felcidir. Nedeni bilinmemektedir, ancak yüz sinirinin sıkışması sonucu oluşur. Vakaların %70-80'inde kendiliğinden iyileşir. Tedavi yöntemleri arasında kortikosteroidler ve cerrahi dekompresyon bulunur. HBO tedavisinin Bell's palsy tedavisinde diğer yöntemlerle birlikte kullanımının tedavi etkinliğini artırdığı ve iyileşme süresini kısalttığı bildirilmiştir. HBO tedavisinin prednizondan daha etkili olduğu gözlemlenmiştir. Ancak, bu konuda kesin bir çalışma yapılmamıştır (29).

Optik Nörit

Nonarteritik iskemik optik nöropati (NAION), orta yaşlı ve yaşlı bireylerde ani tek taraflı görme kaybı ile ortaya çıkan ciddi bir hastalıktır. Optik disk ödemi, disk kenarı kanamaları ve genellikle alt görme alanını etkileyen görme kaybı ile karakterizedir. NAION, kısa posterior siliyer arterlerdeki perfüzyon yetersizliğinden kaynaklanır.

Risk faktörleri arasında hipertansiyon, diyabet, gece hipotansiyonu ve küçük disk oranı bulunur. Tedavi yöntemleri arasında optik sinir kılıfı dekompresyonu, yüksek doz steroidler ve nöroprotektif ajanlar yer alır, ancak bu yöntemlerin etkinliği kanıtlanmamıştır. HBO tedavisi, optik sinirin oksijenlenmesini artırarak ve mikro vasküler bozulmayı azaltarak teorik olarak faydalı olabilir.

Bojic, HBO tedavisi gören NAION hastalarında görme ve görme alanında iyileşme bildirmiştir. Ancak, optik atrofi olan hastalarda iyileşme gözlemlenmemiştir. Beiran, HBO tedavisi ile görme kaybı yaşayan bir hastada görme iyileşmesi bildirmiştir. Arnold, HBO tedavisinin NAION hastalarında faydalı olmadığını belirtmiştir. Erken HBO tedavisi, hemodiyaliz sırasında veya sonrasında akut görme kaybı yaşayan hastalarda önerilmektedir. Arteritik iskemik optik nöropati (AION) ise dev hücreli arterit ile ilişkilidir ve yüksek doz steroid tedavisi gerektirir. HBO tedavisinin AION tedavisinde teorik olarak faydalı olabileceği düşünülmektedir (30).

Nöromüsküler Hastalıklar

Kas distrofisi gibi hastalıklarda HBO tedavisi geçici iyileşmeler sağlayabilir, ancak uzun vadede etkili değildir. Kas distrofileri, kasların kalıtsal dejeneratif bozukluklarıdır ve etiyolojisi nöromüsküler sistemle ilişkilidir. Bazı teorilere göre, kas distrofisinin ana bozukluğu iskelet kaslarına olan vasküler beslenmede azalmadır. HBO tedavisi, kas distrofisi olan hastalarda geçici iyileşmeler sağlayabilir, ancak uzun vadede etkili değildir. Örneğin, Hirotani ve Kuyama (1974) tarafından yapılan bir çalışmada, Duchenne tipi ve ekstremit-kemer tipi kas distrofisi olan hastalar HBO tedavisi görmüş ve geçici iyileşmeler gözlemlenmiştir. Ancak, 5 yıl sonra kontrol ve tedavi grupları arasında fark kalmamıştır. Rusya'da yapılan bir başka çalışmada, HBO tedavisi ile birlikte anabolik hormonlar, amino asitler, vitaminler ve kas elektrostimülasyonu kullanılmış ve 3 yıl boyunca klinik semptomların ilerlemediği gözlemlenmiştir. Ancak, son 40 yılda bu alanda ilerleme kaydedilmemiştir ve HBO tedavisinin bu endikasyon için kullanımı için rasyonel bir temel bulunmamaktadır. Kas distrofisi tedavisinde moleküler genetik ve gen tedavisi alanında önemli ilerlemeler kaydedilmektedir.

Myastenia gravis, otoimmün bir hastalıktır ve hastaların %85'inde asetilkolin reseptörüne karşı antikor bulunur. Li ve arkadaşlarının (1987) çalışmasında, HBO ile tedavi edilen hastaların %88.9'u iyileşme gösterirken, HBO ve steroidlerle tedavi edilenlerde bu oran %86.5, sadece steroidlerle tedavi edilen kontrol grubunda ise %45'tir. Ancak, son otuz yılda bu alanda daha fazla çalışma yapılmamış ve HBO tedavisinin immünosupresif etkisi kesin olarak kanıtlanmamıştır. Bu nedenle, şu anda myastenia gravis tedavisinde HBO kullanımı önerilmemektedir. Bu alanlarda daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir (23).

YENİ UFUKLAR, HATALAR VE SORUMLULUKLAR

Modern tıpta hastalıklar giderek daha karmaşık hale gelmekte ve tedavi stratejileri bireyselleştirilmiş, çok yönlü yaklaşımlar gerektirmektedir. HBO tedavisi, multidisipliner tedavi yaklaşımının bir parçası olarak daha fazla yer bulmaktadır ve tamamlayıcı/alternatif tıp uygulamalarıyla birlikte kullanılabilir. Özellikle doku yenilenmesi, yara iyileşmesi ve felç sonrası rehabilitasyon gibi süreçlerde HBO tedavisinin rejeneratif tedavilerle birlikte kullanımı dikkat çekmektedir. HBO tedavisi, inme rehabilitasyonunda uykuda olan nöronları aktive eder, spastisiteyi hafifletir, motor gücünü artırır ve inme tekrarlamalarını azaltır. Travmatik beyin yaralanmalarında serebral ödemi azaltır, bilişsel fonksiyonları iyileştirir ve baş ağrılarını giderir. Paralizili hastalarda spastisiteyi hafifletir, vital kapasiteyi ve egzersiz kapasitesini artırır.

HBO tedavisinin gelecekte tıpta daha önemli bir rol oynayacağı öngörülmektedir. Gelişmiş ülkelerde hiperbarik odaların yaygınlaşması beklenirken hem hekimler hem de hastalar arasında bu tedaviye yönelik farkındalık artmaktadır.

Hiperbarik tıbbın diğer sağlık alanlarındaki gelişmelere ayak uydurabilmesi ve tedavi sonuçlarının iyileştirilmesi için bazı önlemler önerilmektedir. Hekimlerin yeni biyoteknolojilere hâkim olması, HBO tedavisinin diğer tedavi yöntemleriyle entegrasyonunun artırılması, hastalıklarda kişiselleştirilmiş yaklaşımların benimsenmesi önemlidir. Ayrıca, üniversitelerde hiperbarik tıp kürsüleri kurulmalı ve araştırmalar için politikacılar ile fon sağlayıcı kuruluşlardan destek alınmalıdır

HBO tedavisinin farklı hastalıklardaki yeri, mevcut bilimsel kanıtlara dayalı olarak belirlenmelidir. Her ne kadar bazı hastalıklar için başka tedavi seçeneği bulunmasa da, bu durum HBO tedavisine öncelik verilmesi gerektiği anlamına gelmemektedir. Tedavi kararı, bilimsel temellere, hasta yararına ve multidisipliner yaklaşıma göre şekillendirilmelidir.

HBO tedavisinin endikasyon dışı kullanımı giderek artmakta, ancak bu artışa paralel olarak bilimsel araştırmalar ve fonlamalar yeterince desteklenmemektedir. HBO tedavisinin etik ve güvenli bir şekilde kullanılabilmesi için, özellikle endikasyon dışı uygulamalarda, bu alanda veri toplanmasına ihtiyaç vardır. Bu verilerin en olası kaynakları ise hali hazırda endikasyon dışı tedavi uygulayan klinikler ya da bu tedavileri alan hastalar olabilir.

Chan ve Brody (2001), ulusal bir HBO tedavisi kayıt sistemi önererek, HBO tedavisinin henüz onaylanmamış hastalıklardaki etkilerini değerlendirmeyi amaçlamıştır. Böyle bir sistem, tedavinin etkinliği ve güvenliği hakkında veri sağlayabilir ve etik ilkelere uygun çalışan merkezlerin tanınmasına yardımcı olabilir. Bu sistemin oluşturulması için hastaların bilgilendirilmiş onamının alınması ve yerel etik kurulların onayı gereklidir. Kayıt sistemine dahil edilecek endikasyonlar belirlenirken, mevcut alternatif tedavilerin maliyeti ve etkinliği, HBO tedavisini destekleyen veriler, tedavinin risk ve yarar dengesi, hastalığın toplumdaki yükü ve kamu talebi gibi faktörler göz önünde bulundurulmalıdır.

Böyle bir sistem, tedavinin etkinliğini doğrudan kanıtlayamasa bile, tedaviden fayda görmeyen hasta gruplarını tanımlayabilir, hangi hasta özelliklerinin iyileşme ile ilişkili olduğunu ortaya koyabilir ve gelecekte yapılacak kontrollü çalışmalara temel oluşturabilecek protokolleri şekillendirebilir.

HBO tedavisi, hastaların sık ziyaret ettiği, destekleyici bir ekip ve diğer hastalarla etkileşime girdiği bir ortamda uygulanır. Bu tedavi, plasebo veya katılım etkisi yaratabilir ve hastalar arasında dayanışmayı artırarak "HBO ritüeli" olarak adlandırılan olumlu bir etki oluşturabilir.

Özellikle, sonuçların sübjektif olduğu veya psikolojik etkilere açık olduğu durumlarda ya da doğrulayıcı testlerin yanlış yorumlanabileceği hastalıklarda, HBO₂'nin etkili olduğu algısı oluşabilir. Bu süreçte, iyi niyetle uygulamadan yana olan klinisyenler de gerçekten faydalı olduklarına inanabilirler.

Medya kanalları, oksijenin doğal bir ihtiyaç olduğu ve eksikliğinin birçok hastalığa neden olduğu yönünde bilgi yayarak, HBO tedavisi talebini artırabilir.

HBO tedavisinin genel olarak bilinen veya yazı boyunca değinilen kanıtlanmış etkilerine rağmen sıklıkla endikasyon dışı kullanımının haber olması Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp uzmanlarının meslektaşları arasında alternatif tıp uygulayıcıları veya daha kötüsü olarak anılmasına neden olarak kesin endikasyon olduğu durumlarda bile hastaların yönlendirilmesini azaltabilir.

Ayrıca etki mekanizmasına dayandırarak yapacağımız genişletilmiş tıbbi açıklamalarımız ile olası faydaya inandırabileceğimiz savunmasız hastalarda doğacak tedavi isteği veya gerçekçi olmayan beklentilere dayanan tedavi isteği ile gelen hastaların kabul edilmesi kasıtlı veya kasıtsız sömürü yaratacağından etik alanda kalmanın tek yolu bu hastaların tedavileri için para talep edilmemesi olacaktır (6,31,32)

KAYNAKÇA

- 1 Ekmekci Ö. Enfeksiyonlar ve otoimmün tablolar. Toğrol RE, editör. Hiperbarik Tıp ve Nöroloji Pratiğinde Kullanımı. 1. Baskı. Ankara: Türkiye Klinikleri; 2022. p.41-4.
- 2 Toğrol RE. Temel bilimsel temelleri, fiziği ve fizyolojisi ve nörolojik bilimlerde birincil ve ikincil tedavi olarak kullanımı/endikasyonları. Toğrol RE, editör. Hiperbarik Tıp ve Nöroloji Pratiğinde Kullanımı. 1. Baskı. Ankara: Türkiye Klinikleri; 2022. p.9-16.
- 3 Jain, K.K. (2017). Research in Hyperbaric Medicine. In: Textbook of Hyperbaric Medicine. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47140-2_45
- 4 Jain, K.K. (2017). Effects of Diving and High Pressure on the Human Body. In: Textbook of Hyperbaric Medicine. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47140-2_3

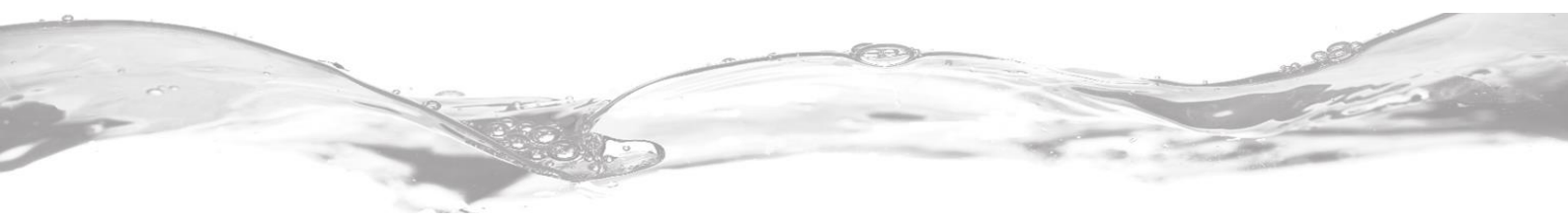
- 5 Jain, K.K. (2017). Hypoxia. In: Textbook of Hyperbaric Medicine. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47140-2_5
- 6 Michael H. Bennett, Simon J. Mitchell, Off-Label Indications for Hyperbaric Oxygen Therapy by in Hyperbaric medicine practice. 4th edition, H.T. Whelan and E.P. Kindwall, Editors. 2017, Best Publishing Group: North Palm Beach, FL. p.1328-1363
- 7 Jain, K.K. (2017). The Use of HBO in Treating Neurological Disorders. In: Textbook of Hyperbaric Medicine. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47140-2_18
- 8 Harch, P.G. (2017). HBO Therapy in Global Cerebral Ischemia/Anoxia and Coma. In: Textbook of Hyperbaric Medicine. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47140-2_20
- 9 Uszler, J.M. (2017). Neurophysiologic SPECT Brain Function Imaging and Hyperbaric Oxygen Therapy. In: Textbook of Hyperbaric Medicine. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47140-2_10
- 10 Jain, K.K. (2017). Cerebral Air Embolism. In: Textbook of Hyperbaric Medicine. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47140-2_12
- 11 Çelikkaş E, Genç G. Dekompresyon hastalığı, nörolojik anlamı, tedavisi, nörolojik görünümü. Toğrol RE, editör. Hiperbarik Tıp ve Nöroloji Pratiğinde Kullanımı. 1. Baskı. Ankara: Türkiye Klinikleri; 2022. p.20-6.
- 12 Jain, K.K. (2017). Carbon Monoxide and Other Tissue Poisons. In: Textbook of Hyperbaric Medicine. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47140-2_13
- 13 Jain, K.K. (2017). HBO Therapy in Infections. In: Textbook of Hyperbaric Medicine. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47140-2_14
- 14 Jain, K.K. (2017). HBO Therapy in Neurosurgery. In: Textbook of Hyperbaric Medicine. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47140-2_21
- 15 Gündüz ZB. Hiperbarik oksijen tedavisi ve kullanıldığı diğer nörolojik hastalıklar. Toğrol RE, editör. Hiperbarik Tıp ve Nöroloji Pratiğinde Kullanımı. 1. Baskı. Ankara: Türkiye Klinikleri; 2022. p.49-55.
- 16 Jain, K.K. (2017). HBO Therapy in the Management of Radionecrosis. In: Textbook of Hyperbaric Medicine. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47140-2_17

- 17 Jain, K.K. (2017). Role of Hyperbaric Oxygenation in the Management of Stroke. In: Textbook of Hyperbaric Medicine. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47140-2_19
- 18 James, P.B. (2017). Oxygen Treatment for Multiple Sclerosis Patients. In: Textbook of Hyperbaric Medicine. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47140-2_22
- 19 Jain, K.K. (2017). Personalized Hyperbaric Medicine. In: Textbook of Hyperbaric Medicine. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47140-2_46
- 20 Harch, P.G. (2017). HBO in the Management of Cerebral Palsy. In: Textbook of Hyperbaric Medicine. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47140-2_23
- 21 Şenol MG. Baş ağrıları ve hiperbarik oksijen tedavisi. Toğrol RE, editör. Hiperbarik Tıp ve Nöroloji Pratiğinde Kullanımı. 1. Baskı. Ankara: Türkiye Klinikleri; 2022. p.45-8.
- 22 Ergin N. Hiperbarik oksijen tedavisi ve periferik sinir sistemi hastalıklarında kullanımı. Toğrol RE, editör. Hiperbarik Tıp ve Nöroloji Pratiğinde Kullanımı. 1. Baskı. Ankara: Türkiye Klinikleri; 2022. p.56-63.
- 23 Jain, K.K. (2017). HBO Therapy in Miscellaneous Neurological Disorders. In: Textbook of Hyperbaric Medicine. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47140-2_24
- 24 Sánchez-Rodríguez, E.C. (2017). Use of Hyperbaric Oxygenation (HBO) in Neonatal Patients. In: Textbook of Hyperbaric Medicine. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47140-2_34
- 25 Jain, K.K. (2017). Hyperbaric Oxygenation in Geriatrics. In: Textbook of Hyperbaric Medicine. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47140-2_35
- 26 Toğrol RE. Hiperbarik oksijen tedavisinin geleceği-yeni ufuklar, yeni kullanım alanları. Toğrol RE, editör. Hiperbarik Tıp ve Nöroloji Pratiğinde Kullanımı. 1. Baskı. Ankara: Türkiye Klinikleri; 2022. p.70-7.
- 27 Faralli, F., Fiorito, A., Bosco, G. (2017). HBO in Military Medicine. In: Textbook of Hyperbaric Medicine. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47140-2_43
- 28 Jain, K.K. (2017). Hyperbaric Oxygenation in Traumatology and Orthopedics. In: Textbook of Hyperbaric Medicine. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47140-2_30

- 29 Jain, K.K. (2017). HBO Therapy in Otolaryngology. In: Textbook of Hyperbaric Medicine. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47140-2_31
- 30 Murphy-Lavoie, H., LeGros, T., Butler, F.K., Jain, K.K. (2017). HBO Therapy and Ophthalmology. In: Textbook of Hyperbaric Medicine. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47140-2_32
- 31 Jain, K.K. (2017). The Future of Hyperbaric Medicine. In: Textbook of Hyperbaric Medicine. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47140-2_47
- 32 Fife, C.E., Eckert, K.A., Workman, W.T. (2017). Ethical Issues, Standards, and Quality Control in the Practice of Hyperbaric Medicine. In: Textbook of Hyperbaric Medicine. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47140-2_48



SERBEST BİLDİRİLER



S01- HİPERBARİK OKSİJEN TEDAVİSİNİN DİĞER UZMANLIK DERNEKLERİNİN DÜZENLEDİĞİ ULUSAL KONGRELERDEKİ YERİ

Şamil Aktaş

İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi, Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp AD

GİRİŞ VE AMAÇ

Hiperbarik oksijen tedavisi (HBO) endikasyonları oldukça geniş bir yelpazeye yayılmıştır. Gerek Sağlık Bakanlığı'nın endikasyon listesinde (1) gerek uluslararası derneklerin kabul ettiği endikasyon listelerinde birbirinden oldukça farklı uzmanlık alanlarının tedavi alanına giren endikasyonlar bulunmaktadır (2, 3). Öte yandan HBO kullanımının ülkelere göre farklı endikasyonlara odaklandığı, farklı uzmanlık dalları tarafından daha fazla kullanıldığı bilinmektedir.

Uzmanlık derneklerinin periyodik olarak düzenlediği ulusal kongreler hem mezuniyet sonrası eğitimin önemli bir parçası, hem de klinik kullanımda olan tedavilerin bir göstergesidir. Bu çalışmada ulusal kongrelerde hiperbarik oksijen tedavisinin ne ölçüde yer aldığını göstermek amaçlanmıştır.

GEREÇ VE YÖNTEM

Hiperbarik oksijen tedavisinin endikasyon listesi gözönüne alınarak ilgili olduğu düşünülen uzmanlık dallarına ait son beş yıl içinde düzenlenen (2020-2024) ulusal kongrelerin programlarına ve bildiri kitaplarına ulaşıldı. Kongrelerde panel, konferans, sempozyum vs adlarıyla yer alan “oturumlar” ve poster ve sözel sunumlardan oluşan “serbest bildiriler” tarandı. Taramalarda “hiperbarik oksijen”, “hyperbaric oxygen”, “HBO” ve “HBOT” kelimeleri arandı. Oturumların doğrudan hiperbarik oksijenle ilgili olması aranırken serbest bildirilerde konunun hiperbarik oksijenle doğrudan ilişkisi olması aranmadı. Bildirilerde hiperbarik oksijenden söz edilmesi yeterli kabul edildi.

BULGULAR

Çeşitli uzmanlık dallarının dernekleri veya vakıfları tarafından son beş yılda (2020-2024) düzenlenen en fazla katılımlı ulusal kongrelerde hiperbarik oksijen konulu oturumlar ve hiperbarik oksijen kelimesi geçen serbest bildiriler **Tablo 1**'de sunulmuştur. Serbest bildiri sayısı kongrelerde sunulan toplam serbest bildiri sayısına oranlanarak ağırlığı saptandı. Ayrıca oturum konuşmaları veya serbest bildirilerin ne kadarının sualtı hekimliği ve hiperbarik tıp (SHvHT) uzmanları

tarafından yapıldığı veya isminin bildirilerde yer alıp almadığı tablonun en sağ sütununda gösterildi.

Tablo 1. Çeşitli uzmanlık dallarının ulusal kongrelerinde (2020-2024) hiperbarik oksijen tedavisi

UZMANLIK DALI	DERNEK TOPLANTI ADI (Sayı)	OTURUM	SERBEST BİLDİRİ (%)	SHvHT Uzmanı
Yara tedavisi	Yara Bakım Derneği (4)	3	18 (%3,8)	6
Enfeksiyon Hastalıkları ve Klinik Mikrobiyoloji	KLİMİK Ulusal Kongre (4)	Ø	3 (%0,2)	1
	UDAİS (2)	1	5 (%11,6)	2
Plastik Rekonstrüktif ve Estetik Cerrahi	TPRECD Ulusal Kurultay (5)	Ø	29 (%1,5)	Ø
Kulak Burun Boğaz Hastalıkları	TKBB-BBC Ulusal Kongre (4)	Ø	21 (%1,3)	2
Göz Hastalıkları	TOD Ulusal Kongre (4)	Ø	26 (%0,6)	1
Endokrinoloji ve Metabolizma Hastalıkları	TDC-TDV Ulusal Diyabet Kongresi (5)	Ø	2 (%0,6)	Ø
Acil Cerrahi	UTACD Ulusal Kongre (2)	Ø	1 (%0,5)	1
Nöroloji	TND Ulusal Kongre (4)	Ø	16 (%0,4)	2
Radyasyon Onkolojisi	UROK (3)	Ø	1 (%0,3)	Ø
Genel Cerrahi	TCD Ulusal Kongre (2)	Ø	3 (%0,3)	Ø
Ortopedi ve Travmatoloji	TOTBİD Ulusal Kongre (5)	2 konu	6 (%0,3)	Ø
Üroloji	TÜD Ulusal Kongre (4)	Ø	2 (%0,2)	1
Aile Hekimliği	AHEKON (4) TAHUD (5)	Ø	Ø	Ø
Deri ve Zührevi Hastalıklar	TDD Ulusal Kongre (4)	Ø	2 (%0,1)	Ø
Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon	TFTRD Ulusal Kongre (2)	Ø	1 (%0,2)	Ø
Kalp ve Damar Cerrahisi	TKDCD (3) UVECD (2)	Ø	Ø	Ø
	Ulusal Kongre	3	Ø	2

Hiperbarik oksijen konulu oturumlar en fazla Yara Kongreleri ve Kalp Damar Cerrahisi Kongrelerinde yer almıştır. Ulusal diyabetik ayak infeksiyonu simpozyumunda da bir HBO oturumu bulunmaktadır. Oturumların neredeyse tamamı yara tedavisi konuludur ve kalp damar

cerrahisi oturumlarından biri dışındakilerin tamamı sualtı hekimliği ve hiperbarik tıp uzmanları tarafından sunulmuştur. Ortopedi kongrelerinde de iki oturumda HBO tedavisine değinilmiştir.

Hiperbarik oksijen kelimesi içeren serbest bildirilere sayı olarak sırasıyla plastik cerrahi, göz hastalıkları ve kulak burun boğaz kongrelerinde rastlanmıştır. Öte yandan kongrelerde sunulan toplam bildirilere oranı açısından en sık bildiri UDAİS ve yara kongrelerinde bulunmaktadır. Bunu plastik cerrahi ve kulak burun boğaz kongreleri izlemektedir. Serbest bildirilerin büyük çoğunluğunda Sualtı ve Hiperbarik Tıp (SHvHT) Uzmanı yer almamaktadır.

Yara kongrelerinde en sık rastlanan konular diyabetik ayak, ekstremitasyon yaraları ve özellikle deprem yaralanmalarını kapsayan travmatik yaralardır. Kongrelerde yer alan üç oturumun tümü SHvHT uzmanı tarafından sunulmuştur. 18 serbest bildirinin ise yalnızca altısında SHvHT uzmanının adı yer almaktadır.

Enfeksiyon Hastalıkları ve Klinik Mikrobiyoloji alanında son beş yılda düzenlenen 4 ulusal kongrede (Klinik) yalnızca 3 bildiride HBO kelimesi geçmiştir. Toplam bildiri sayısına oranı binde 2 düzeyindedir. Bildirilerden diyabetik ayak konulu olanı SHvHT uzmanlarının ismini içermektedir. Diğer bildiriler ani işitme kaybı+ menenjit ve nekrotizan fassit konuludur ve hastaların HBO'ya yönlendirildiğinden bahsedilmektedir. Yazarlar arasında SHvHT uzmanı yer almamaktadır. Enfeksiyon hastalıkları alanında iki yılda bir düzenlenen UDAİS toplantılarında ise HBO konulu bir oturum düzenlenmiş ve SHvHT uzmanı tarafından sunulmuştur. UDAİS toplantılarında HBO konulu 5 bildiri yer almaktadır. Toplam bildiri sayısı düşük olduğundan 5 bildiri %11,6'lık bir orana denk gelmektedir. Bu bildirilerin ikisi SHvHT uzmanı tarafından sunulmuştur. Bildiri konuları, toplantının amacı gereği diyabetik ayaktır.

Plastik Rekonstrüktif ve Estetik Cerrahi alanında düzenlenen beş ulusal kongrede 29 bildiri ile HBO en fazla sayıda serbest bildiride anılmıştır. Toplam serbest bildiri sayısı 1885 olduğundan oran %1,5 civarındadır. Bildirilerin hiçbirinde SHvHT uzmanı ismi geçmemektedir. Sunuların tamamı plastik cerrahi uzmanları tarafından yapılmıştır. Bildirilerden biri kemik grefti+ HBO konulu deneysel hayvan çalışmasıdır. Diğer bildirilerde genellikle hastalara daha önce HBO uygulandığı veya hastanın HBO tedavisine sevk edildiği şeklinde geçmektedir. Konular; deprem yaralanmaları, diyabetik ayak, nekrotizan fassit, ekstremitasyon, Fournier gangreni, pyoderma gangrenozum, farklı estetik cerrahi uygulamaları gibi oldukça çeşitlidir.

Göz Hastalıkları alanında son beş yılda düzenlenen 4 ulusal kongrede HBO konulu bir oturum yer almamıştır. Bununla birlikte 26 bildiride HBO'dan bahsedilmektedir. Ancak toplam serbest bildiri sayısının yüksekliği nedeniyle (4255) bu bildirilerin toplam bildiri sayısına oranı oldukça düşüktür (%0,6). Bu bildirilerin yalnızca birinde SHvHT uzmanı adı yer almaktadır. Beklendiği gibi

HBO'ya değinilen bildirilerin çoğunluğunda retinal arter veya retinal arter dal tıkanıklıkları ele alınmaktadır. Farklı konu olarak kornea yanığı ve örümcek sokması konuları dikkati çekmektedir. Kulak Burun Boğaz Hastalıkları alanında son beş yılda düzenlenen 4 ulusal kongrede HBO konulu bir oturum yer almamışken 21 bildiride HBO'ya değinilmiştir. Bunların toplam bildiri sayısına oranı %1,3'tür. Bu 21 bildiriden yalnızca ikisinde (biri deneysel çalışma) SHvHT uzmanı yazarlar arasında yer almaktadır. En sık ele alınan konu beklendiği üzere ani işitme kaybıdır. Ancak kafa tabanı osteomyeliti, boyun bölgesi nekrotizan fassiti, yumuşak doku nekrotizan enfeksiyonu, radyonekroz, mukormikoz, malign otitis eksterna gibi konular da bulunmaktadır.

Son beş yıl içinde düzenlenen dört Nöroloji kongresinde 16 bildiride HBO konu edilmiştir. Bunların ikisinde SHvHT uzmanı adı yer almaktadır. Bunların biri Tip II dekompresyon hastalığı, diğeri CO geç sekeli konuludur. Bildirilerde yalnızca CO zehirlenmesi ele alınmamıştır. Konular arasında retinal arter oklüzyonu, ani işitme kaybı, optik nöropati, radyasyon myelopatisi, pnömosefalus gibi konular da bulunmaktadır.

Ortopedi ve Travmatoloji alanında düzenlenen beş ulusal kongrede femur başı avasküler nekroz ve kemik iliği ödemi konulu oturumlarda tedavi modalitelerinden biri olarak hiperbarik oksijene genişçe yer almıştır. Bu konular bir ortopedist tarafından sunulmuştur. Kongrelerde femur başı avasküler nekrozu, diyabetik ayak ve depremde Crush yaralanması konulu 6 bildiride HBO tedavisine değinilmiştir. Bildirilerin yazarlarının tümü ortopedisttir.

Endokrinoloji ve Metabolizma Hastalıkları kongrelerinde diyabetik ayak konulu iki bildiri, Acil Cerrahi kongrelerinde gastrointestinal barotravma konulu bir bildiri, Radyasyon Onkolojisi kongrelerinde çene osteonekrozu konulu bir bildiri, Genel Cerrahi kongrelerinde diyabetik ayak, yumuşak doku radyonekrozu ve pnömatozis intestinalis konulu üç bildiri, Üroloji kongrelerinde hemorajik sistit ve overaktif mesane konulu iki bildiri, Deri ve Zührevi Hastalıklar alanında kalsifilaksi ve Nicolau Sendromu konulu iki bildiri, Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon kongrelerinde avasküler nekroz konulu tek bildiri yer almıştır. Bu bildirilerden acil cerrahi ve üroloji kongrelerinde sunulan iki bildiride SHvHT uzmanı ismi yer almıştır.

Değişik dernekler tarafından düzenlenen çok sayıdaki Aile Hekimliği kongrelerinde HBO konulu ne oturum ne de HBO'ya değinilen bir bildiri bulunmaktadır. Kalp Damar Cerrahisi alanında iki yılda bir yapılan ulusal kongrelerde de HBO konusu yer almamaktadır. Dönüşümlü olarak yapılan diğer toplantı, ulusal vasküler ve endovasküler cerrahi kongrelerinde ise üç oturum yara+ HBO konusunu taşımaktadır. Bunlardan ikisi SHvHT uzmanı tarafından sunulmuştur.

TARTIŞMA

Uzmanlık dallarına ait son beş yılın kongre kitapçıklarına internet ortamından ulaşıldı. COVID-19 nedeniyle 2020 yılında planlanan bazı toplantılar iptal edildi ya da online olarak gerçekleştirildi. Kongrelerin programlarına ulaşılsa da bazılarının bildiri kitaplarına ulaşmak mümkün olmadı. Bu nedenle serbest bildirilere ilişkin verilerde eksiklikler bulunabilir.

Hiperbarik oksijen tedavisi endikasyonları, bilimsel temelleri açısından kanıta dayalı tıp yöntemi ile ayrılabilir. Yine bu endikasyonlar etki mekanizmasının uygunluğuna göre primer ve adjuvan endikasyonlar olarak farklı sınıflara ayrılabilir. Başka değerlendirme yöntemleriyle; tavsiye edilen, önerilen, şiddetle önerilen vs gibi kategorilere ayrılabilirler.

Bununla birlikte bir basınç odasına hangi hastalıkların daha fazla girdiği bu bilimsel değerlendirmelerden çok daha farklı etmenlere bağlıdır: O ülkede, hatta ilde hangi hastalıkların daha az veya fazla olduğu, merkezin özel veya kamu hastanesi olup olmaması, merkezin yataklı olup olmaması, merkezin diğer tedavi yetenekleri, basınç odasının türü, kapasitesi, merkezin ulaşım imkanları, HBO tedavi ücretleri, acil hastaları nakleden kurum ve kuruluşların davranış farklılıkları, merkez hekimlerinin ilgi alanları gibi HBO tedavisinin doğrudan kendisinden bağımsız çok çeşitli etken önem kazanır. Önemli bir faktör de HBO endikasyonlarının asıl sahibi olan uzmanlık gruplarının HBO tedavisi hakkındaki bilgi ve ilgi durumlarıdır.

Ülkemizde hangi hastaların daha fazla tedavi edildiği ile ilgili çok fazla çalışma bulunmamaktadır. 2013 yılında düzenlenen 6. HİTAM Toplantısında “Ne tedavi ettik? Ne tedavi ediyoruz? Ne tedavi etmeliyiz?” konulu bir oturum düzenlenmiş ve bu oturumda bir üniversite hastanesi, bir devlet hastanesi ve bir özel merkez deneyimlerine yer verilmiştir (4-7). Benzer bir çalışma 2020 yılında düzenlenen 13. HİTAM toplantısında bu kez İzmir ili örneğinde yapılmıştır (8). Çalışmaların ortak sonucu, hastaların ezici çoğunluğunun (%36-59) diyabetik ayak da dahil olmak üzere kronik yara hastalarından oluşmasıdır. Bu endikasyonun tedavi süreci uzun seanslar gerektirdiğinden hasta/seans sayısı açısından durum daha da belirgindir (%49-72). Böylece ülkemizde herhangi bir seansta basınç odalarındaki hastaların yarısı ila üçte ikisinin kronik yara hastaları olduğu ortaya çıkmaktadır. Hasta sayısı açısından merkeze göre değişmekle birlikte takip eden endikasyonların; ani işitme kaybı, retinal arter oklüzyonu ve karbonmonoksit zehirlenmesi olduğu görülmektedir.

2011-2021 yılları arasında ABD, İngiltere, Avustralya gibi ülkelerde tedavi edilen hastaların değerlendirildiği çok merkezli bir çalışmada en sık tedavi edilen endikasyonun radyasyon nekrozu olduğu belirtilmektedir (9). Bunu kronik yara ve karbonmonoksit zehirlenmesi izlemektedir. ABD’de 2023 yılında 27 merkezin katıldığı bir çalışmada HBO tedavisine en sık alınan endikasyonun yine radyasyon geç hasarı olduğu bunu kronik yara ve karbonmonoksit

zehirlenmesinin takip ettiği gör÷lmektedir (10). ÷lkemizde son derece düşük oranlı hasta sayılarına sahip radyasyon hasarları bu serilerde ilk sırayı tutarken ÷lkemizde önemli bir yer tutan ani işitme kaybı, retinal arter oklüzyonu ve kemiğın avasküler nekrozları çok az yer bulmaktadır. HBO endikasyonlarını doğrudan ilgilendiren uzmanlık alanlarında HBO tedavisi hakkındaki bilgi düzeyi basınç odalarına hasta yönlendirilmesinde hayati bir yer tutmaktadır. Bu bilgi düzeyini değerlendirmenin bir yolu ilgili alanların dergilerinde yer alan yayınların değerlendirilmesi, bir diğeri de o alanlarda düzenlenen ulusal kongrelerin incelenmesidir. Kongrelerde panel, konferans gibi oturumlardaki davetli konuşmalar, ilgili alan akademisyenleri tarafından konudan haberdar olduğunun işaretidir. Konunun sözlü veya poster sunumlarda yer alması ise tedavinin kullanıldığının göstergesidir. Çalışmamızdan çıkan sonuç kronik yara endikasyonu bir kenara bırakılırsa ne davetli konuşmalarda ne de serbest bildirilerde HBO tedavisinin yeterince yer almadığı, ilgili alan hekimlerince yeterince bilinmediğine işaret etmektedir. Ayrıca ilgili dal toplantılarına sualtı hekimliği ve hiperbarik tıp uzmanlarımızın çok az katkıda bulunduğu da ortaya çıkmaktadır.

SONUÇ

Çeşitli uzmanlık dallarının ulusal kongrelerinde hiperbarik oksijen tedavisinin oturumlarda ve serbest bildirilerde daha fazla yer alması için gayret gösterilmelidir.

KAYNAKLAR

1. Hiperbarik oksijen tedavisi uygulanan özel sağlık kuruluşları hakkında yönetmelik. RG: 24480, Tarih: 01.08.2001.
2. UHMS. Hyperbaric Medicine Indications Manual (ed) Huang ET, 15th ed. Best Publ, Florida, 2023.
3. 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 Hyperb Med. 2017;47(1):24-32.
4. Aktaş Ş. Ne tedavi ettik? Ne tedavi ediyoruz? Ne tedavi etmeliyiz? 6. Ulusal Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Toplantısı. 12-13 Nisan 2013, İstanbul. Toplantı Kitabı s: 7-8.
5. Mirasoğlu B. Ne tedavi ettik? Ne tedavi ediyoruz? Ne tedavi etmeliyiz? Üniversite hastanesi verileri. 6. Ulusal Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Toplantısı. 12-13 Nisan 2013, İstanbul. Toplantı Kitabı (ed) Aktaş Ş. s: 9-29.

6. Gümüş İ. Ne tedavi ettik? Ne tedavi ediyoruz? Ne tedavi etmeliyiz? Devlet hastanesi verileri. 6. Ulusal Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Toplantısı. 12-13 Nisan 2013, İstanbul. Toplantı Kitabı (ed) Aktaş Ş s: 30-42.
7. Gülgün C. Ne tedavi ettik? Ne tedavi ediyoruz? Ne tedavi etmeliyiz? Özel merkez verileri. 6. Ulusal Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Toplantısı. 12-13 Nisan 2013, İstanbul. Toplantı Kitabı (ed) Aktaş Ş s: 43-57.
8. Aydın F, Özer EE. SBÜ İzmir Bozyaka Eğitim ve Araştırma Hastanesi Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Kliniğinde 3 yıllık süreçte tedavi edilen hastaların değerlendirilmesi. 13. Ulusal Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Toplantısı. 15-18 Ekim 2020, İstanbul. Toplantı Kitabı (ed) Gümüş T s: 149-158.
9. Harlan NP, Ptak JA, Rees JR et al. International Multicenter Registry for Hyperbaric Oxygen Therapy: Results through June 2021. Undersea Hyperb Med, 2022;49(3):275-287.
10. Silverman EM, Zhang L, Buckey JC. Multicenter Hyperbaric Outcomes Registry: 2023 Q3 Update. Pressure Third Quarter 2023, p: 12.

S02- BİR YÜZÜCÜ VE DALICI HASTALIĞI: İMMERSİYON PULMONER ÖDEM VAKASI

Lale Atlı¹, Münire Kübra Özgök Kangal²

¹Uzunada Deniz Komutanlığı, Deniz Kuvvetleri Komutanlığı, İZMİR

²Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp AD. ANKARA

GİRİŞ

İmmersiyon pulmoner ödemi (IPE), birçok kişi tarafından scuba dalgıçlarında pulmoner ödem (SDPE) ve yüzmeye bağlı pulmoner ödem (SIPE) için bir şemsiye terim olarak kullanılır. Bu durumların her ikisi de benzer semptomlar, teşhis ve tedavi gösterirler. Kesin insidans oranları, maruziyetin süresi ve yoğunluğundaki farklılıklar nedeniyle farklılık gösterebilir. Günümüzde IPE insidansı yaklaşık %1.1 olarak bildirilmektedir (1). Patofizyolojisi tam olarak anlaşılamamıştır. Aşırı hidrasyon, soğuk su, negatif inspiratuar basınç, astım, diyabetes mellitus, ilaçlar (beta blokerler gibi), altta yatan kardiyak patoloji, fiziksel efor, önceki IPE atakları, sistemik ve pulmoner hipertansiyon gibi birçok predispozan faktör vardır (2,3).

IPE belirtileri tipik olarak yüzdükten 10 dakika sonra başlar. Dalıcılarda ise dalış boyunca çeşitli zamanlarda başladığı bildirilmiştir; ancak çıkışta semptomlarda kötüleşme olur. IPE'nin, dalgıçlar yüzeye çıkarken dekompanasyon periyodunun başlarında başlayan bir miyokard iskemisinden kaynaklandığına inanılmaktadır. Semptomlar köpüklü balgamla birlikte hafif nefes darlığından aşırı hemoptizi, hipoksemi ve ölüme kadar geniş bir yelpazeyi kapsar (2,4). Kan basıncı tipik olarak yükselir ve hastalar aşırı yorgunluktan şikayet eder. Ağır vakalarda, aspirasyon veya ölümlerle sonuçlanabilecek miyokard hasarı ve/veya bilinç kaybı olabilir (5).

IPE, dalışla ilgili diğer hastalıklarla birlikte bulunabilir veya başka dalış hastalıkları ile karıştırılabilir. Bunlara pulmoner barotravma, dekompresyon hastalığı ve aspirasyon pnömonisi de dahildir. IPE ayırıcı tanısı oldukça önemlidir çünkü tedavi yaklaşımında farklılıklar olacaktır. Bu yazıda dalış eğitimi esnasında IPE gelişen bir olgu sunumu anlatılacaktır.

VAKA

Vakamız bilinen herhangi bir hastalığı veya ilaç kullanımı olmayan, profesyonel dalış eğitimi almakta olan 28 yaşında bir erkek dalıdır. Daha önce serbest dalış deneyimi olmamıştır. Olgu serbest dalış eğitimi safhasında, ilk dalış öncesinde su yüzeyinde yaklaşık yarım saat statik apne disiplini çalışmış. Sonra sabit ağırlık kemeri ile 5 metreye iniş ve çıkışla birlikte toplamda 1 dakikayı aşmayacak bir sürede sorunsuz bir serbest dalış gerçekleştirmiştir. Dalıştan önce ve sonra su yüzeyinde toplamda yaklaşık bir saat şnorkelle yüzdüğü öğrenilmiştir. Ardından hiç dinlenme periyodu olmadan serbest dalış eğitiminin 8 metrelik dalış safhasına geçilmek üzere denizin 8 metre derinlikteki kısmına doğru inerken öksürüğü başlamış ve bu nedenle çıkış yapmıştır. Öksürük ile beraber pembe köpüklü balgam çıkarmaya başlayan hasta bot ile hemen kıyıya alınmıştır. İlk muayenede hastanın dispneik olduğu görülmüş, hızla ambulansa alınıp 5 dakika içerisinde revire nakli sağlanmıştır. Ambulansta hastaya maske ile 5 lt/dk oksijen solutulmuştur. Kıyıda, ambulansta ve revirde yaklaşık 1 su bardağı (200 ml) kadar balgam çıkardığı gözlenmiştir. Revirde 10 ml daha balgam çıkarmıştır. Balgamın açık pembe renkte, yer yer taze kan içeren halde, köpüklü ve kremamsı olduğu görülmüştür. Alınan anamnezde dalış eğitiminden önce sıvı alımının yeterli düzeyde olduğu anlaşılmıştır.

Revire ulaşıldığında hastanın dalış elbisesi çıkarılmış ve sıcak tutulmaya çalışılmıştır. Solunum distressi olduğu için rezervuarlı maske ile 7 lt/dk oksijen solutulmaya başlanmış ve dik pozisyonda tutulmuştur. Hastanın kan basıncı 120/70 mmHg, kalp hızı 100 atım/dakika, solunum sayısı 22/dakika, sPO₂ %96 ve ateşi 36.7°C olarak ölçülmüştür. Derin inspiryum yapamadığı, solunumunun yüzeysel olduğu görülmüştür. Akciğer oskültasyonunda bazallerde yoğun olmak üzere tüm bölgelerde inspiratuvar raller duyulmuştur. Akciğer grafisi çekilmiş, bazallerde daha yaygın miktarda pulmoner ödem olduğu görülmüş ve ayırıcı tanıda iniş veya çıkış pulmoner barotravma ve tuzlu su aspirasyon sendromu da göz önünde bulundurulmuş olup fakat alınan anamnezde aspirasyon tariflenmediği, çok derin dalış olmaması ve nefes tutarak hızlı çıkış yapma öyküsü olmadığı için tanı olarak immersiyon pulmoner ödem üzerinde yoğunlaşmıştır. Tedavisi de IPE yönünde yapılmıştır.

Hastaya toplamda normobarik şartlarda 5-7 lt/dk %100 oksijen 3 saat boyunca rezervuarlı maske ile solutulmuştur. Hastaya 1 adet ventolin nebulize halde uygulanmış, intravenöz yoldan serum fizyolojik içerisinde 1 ampul Avil, 1 ampul 40 mg Prednol verilmiştir. 1,5 saat içerisinde hastanın dispnesi gerilemiş, normobarik oksijen 4 lt/dk'ya indirilip nazal maskeye geçilmiştir. Olaydan 4 saat sonra hastanın solunumu düzelmiştir ancak derin inspiryumunun son kısmında batma hissinin

halen devam etmekte olduğu görülmüştür. Hastanın acil tedavisinin tamamlanmasının ardından revirden taburcu edilirken, ileri tetkiklerin yapılması ve profesyonel dalış eğitimine devamının sağlık açısından uygunluğunun değerlendirilmesi amacıyla Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi'ne sevk edilmiştir. (Resim 1-3) Hastadan solunum fonksiyon testi (SFT), toraks yüksek rezolüsyonlu bilgisayarlı tomografi ve ekokardiyografi istenmiştir. Hastada pulmoner barotravma veya kardiyolojik açıdan bir patoloji saptanmamıştır ancak astım tanısı konulmuştur. Tabi olduğu yönetmelik gereği dalışa devam etmemesi yönünde karar alınmıştır.

TARTIŞMA

Bu yazıda bilinen herhangi bir hastalığı olmayan sağlıklı genç bir dalıcıda serbest dalış eğitiminin ilk gününde IPE gelişimi ve başarılı tedavisinin ardından, ileri tetkiklerinde sadece astım saptanan bir olgu anlatılmıştır. SIPE, herhangi bir komorbidite olmaksızın, mükemmel fiziksel durumda olan erkeklerde daha yaygın olarak ortaya çıkma eğilimindedir. Hatta tipik olarak askeri veya savaş yüzücülerinde ve triatletlerde görülür; ağır fiziksel efor ve muhtemelen artan hava yolu direnci ile ilişkilidir (5). Volk ve ark. (6), ABD Donanması SEAL (Sea-Air-Land) eğitimi (özel kuvvetler) almış, sağlıklı genç 2117 erkekten 106'sının (%5) yüzmeye bağlı pulmoner ödem (SIPE) yaşadığını bildirilmiştir. İsrail Savunma Kuvvetleri'ne katılan genç askerlerde görülen SIPE'nin tekrarlama olasılığının ise %22,9 olduğu bildirilirken; İsveç'teki nehir yarışlarına katılmış yüzücülerde yapılan bir çalışmada da SIPE görülme sıklığının dört yıl içinde %0,44 düzeyinde olduğu raporlanmıştır. (7,8). Olguların insidansının değişkenliği dikkat çekerken tamamının olgumuzdaki gibi sağlıklı genç ve fiziksel kondisyonunun tam olan popülasyon olduğu görülmektedir. Diğer yandan olgumuzda aşırı hidrasyon olmamasına rağmen suya girdikten sonra 1 saat boyunca yüzmesi IPE'den şüphelendiren noktalardan biri olmuştur.

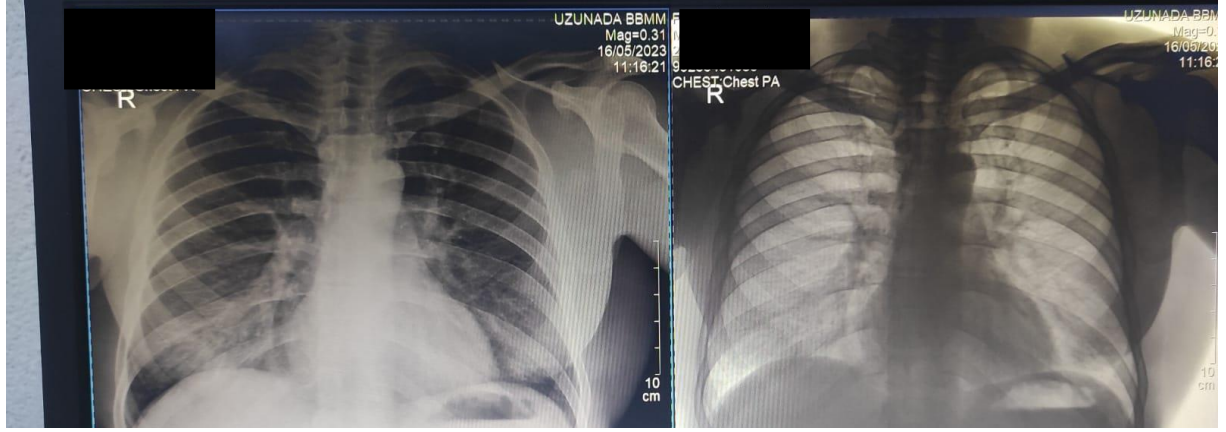
Bir dalıcı da dalış esnasında gelişen dispne, hemoptizi ve öksürük durumunda ayırıcı tanıda pulmoner barotravma, tuzlu su aspirasyon sendromu, aspirasyon pnömonisi, dekompresyon hastalığı, arteriyel gaz embolisi gibi durumlar akla gelmelidir. Dekompresyon hastalığı ile SDPE arasında bilinen bir ilişki bulunmamakla birlikte, semptomları suda yükselme ile başlayan ve bir miktar kafa karışıklığına neden olan birçok SDPE vakası olmuştur. SDPE'yi dekompresyon hastalığı ve arteriyel gaz embolisinden ayırt etmek çok önemlidir çünkü SDPE'de hiperbarik oksijen tedavisi endike değildir. Olgumuz serbest dalış gerçekleştiren ve DCS yönünden riskli bir

dalış profili olmayan bir vaka idi; bu nedenle DCS tanısından uzaklaştırıldı. Diğer yandan bu vakalarda klinik benzerliği nedeniyle aspirasyon pnömonisi de dışlanmalıdır (9). Vakamızda aspirasyon öyküsünün olmaması ve normobarik oksijen tedavisi ile kliniğindeki hızlı düzelme de bizi pnömoni tablosundan da uzaklaştırdı. İniş ve çıkış pulmoner barotravması da ayırıcı tanıda önemli idi. Ancak vakamızda derinliğin sadece 8 metre olması iniş pulmoner BT'dan bizi uzaklaştırırken, semptomların iniş esnasında başlamış olması ve nefes tutarak hızlı çıkış öyküsünün olmaması da çıkış pulmoner barotravmasından ve AGE'den uzaklaştırmıştır. Son olarak literatürde yaşça daha büyük yüzücülerde ve dalgıçlarda, dalışın fizyolojik etkileriyle tetiklenen nöksleri açıklayabilen, geri dönüşümlü stres kardiyomiyopatileri de kaydedilmiştir. Bizim hastamız genç bir triatletti ve ileri kardiyolojik tarama muayenelerinde patoloji saptanmadı.

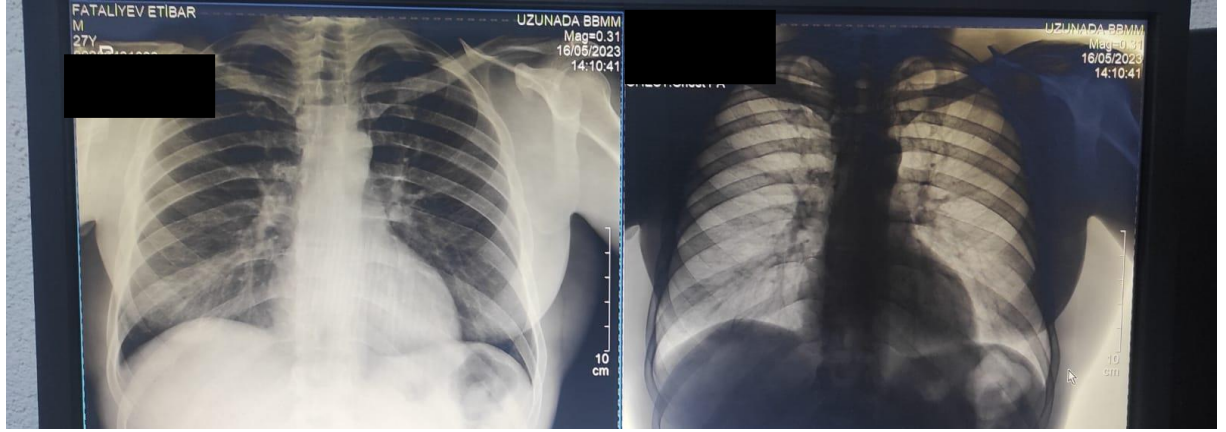
Sudan çıkarıldıktan sonra, bazı IPE vakaları yoğun resüsitasyona ihtiyaç duysa da tipik olarak hızlı bir iyileşme olur. Bilinç kaybı ve hatta ölüm raporları da vardır. Destekleyici tedavi ile birkaç gün içinde semptomların tamamen gerilemesi, görüntüleme ve laboratuvar sonuçlarının normalleşmesi sağlanır. Bizim vakamızda semptomlar 1,5 saat içerisinde geriledi. IPE vakalarında yaklaşık %30'luk bir rekürrens oranı vardır, ancak birçok insan IPE ardından dalışı bıraktığından veya ilk atağı yaşadından sonra nadiren dalış yaptığından bu muhtemelen hafife alınan bir tahmindir. Bu nedenle, bu kişilere ileride gerçekleştireceği dalışlarda bu durumun tekrarlanabileceği dikkatle anlatılmalıdır. Kişi IPE riskini arttıran davranışlar hakkında bilgilendirilmelidir. Bu bağlamda, yüzme veya dalış öncesinde ve esnasında aşırı efor sarfetmemesi, fazla hidrasyondan ve termal koruma kullanarak soğuk maruziyetinden kaçınması önerilir (2,10,11,12). Dalışa devamı durumunda yaşayabileceği riskler detaylı biçimde değerlendirilmeli ve tartışılmalıdır. Olgumuzda ilerideki misyonunun yeterliliği açısından sağlık açısından detaylı bir incelemeye tabi tutulmuştur. Yapılan ileri tetkiklerde astım tespit edilmesi sebebiyle dalış ve yüzme esnasında da bu durumun tekrar edebileceği detaylı biçimde anlatılmıştır.

IPE genç sağlıklı sporcularda dalış ve yüzme esnasında gelişebilen önemli bir hastalıktır. Ancak dalıcılarda sualtında iken gelişen semptomlar nedeniyle ani kontrolsüz çıkış ile ek olarak pulmoner barotravmaya sebebiyet verebilirken ayrıca su aspirasyonu ile aspirasyon pnömonisi ve boğulmaya kadar varabilen oldukça tehlikeli bir klinik tabloya varabilir. Bu açıdan dalıcılarda IPE daha farklı bir öneme sahiptir. Bu nedenle tedaviye hızla yanıt veren bu vakalarda rekürrens ihtimali hakkında dalıcılara detaylı bir danışmanlık verilmelidir.

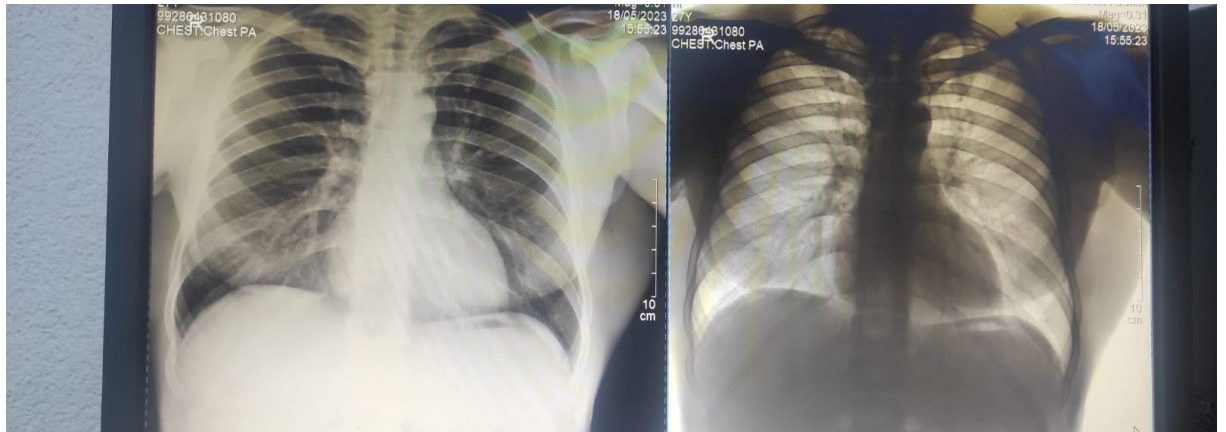
RESİMLER



Şekil 1: Hastanın revire ilk başvurusu sırasında çekilen PA akciğer grafisi



Şekil 2: hastanın tedavi sonrası çekilen PA akciğer grafisi



Şekil 3: Hastanın tedaviden 2 gün sonra çekilen PA akciğer grafisi

REFERANSLAR

- 1- A. Boussuges, K. Ayme, G. Chaumet, E. Albier, M. Borgnetta, and O. Gavarry, "Observational study of potential risk factors of immersion pulmonary edema in healthy divers: exercise intensity is the main contributor," *Sports Medicine-Open*, vol. 3, pp. 1–8, 2017.
- 2- M. Kumar and P. D. Thompson, "A literature review of immersion pulmonary edema," *Phys Sportsmed*, vol. 47, no. 2, pp. 148–151, 2019.
- 3- O. Castagna, S. de Maistre, B. Schmid, D. Caudal, and J. Regnard, "Immersion pulmonary oedema in a healthy diver not exposed to cold or strenuous exercise," *Diving Hyperb Med*, vol. 48, no. 1, p. 40, 2018.
- 3- E. Hohmann, V. Glatt, and K. Tetsworth, "Swimming induced pulmonary oedema in athletes—a systematic review and best evidence synthesis," *BMC Sports Sci Med Rehabil*, vol. 10, pp. 1–10, 2018.
- 5- J. Vinkel, P. Bak, P. Juel Thii Knudsen, and O. Hyldegaard, "Forensic case reports presenting immersion pulmonary edema as a differential diagnosis in fatal diving accidents," *J Forensic Sci*, vol. 63, no. 1, pp. 299–304, 2018.
- 6- C. Volk *et al.*, "Incidence and impact of swimming-induced pulmonary edema on Navy SEAL candidates," *Chest*, vol. 159, no. 5, pp. 1934–1941, 2021.
- 7- M. Hårdstedt, C. Seiler, L. Kristiansson, D. Lundeqvist, C. Klingberg, and A. B. Eriksson, "Swimming-induced pulmonary edema: diagnostic criteria validated by lung ultrasound," *Chest*, vol. 158, no. 4, pp. 1586–1595, 2020.
- 8- Y. Adir *et al.*, "Swimming-induced pulmonary edema: clinical presentation and serial lung function," *Chest*, vol. 126, no. 2, pp. 394–399, 2004.
- 9- G. Bosco, A. Rizzato, R. E. Moon, and E. M. Camporesi, "Environmental physiology and diving medicine," *Front Psychol*, vol. 9, p. 72, 2018.
- 10- R. Smith, J. O. M. Ormerod, N. Sabharwal, and C. Kipps, "Swimming-induced pulmonary edema: current perspectives," *Open Access J Sports Med*, pp. 131–137, 2018.
- 11- R. Morishima, K. Nakashima, S. Suzuki, N. Yamami, and M. Aoshima, "A diver with immersion pulmonary oedema and prolonged respiratory symptoms," *Diving Hyperb Med*, vol. 48, no. 4, p. 259, 2018.
- 12- B. M. Keuski, "Updates in diving medicine: evidence published in 2017-2018.," *Undersea Hyperb Med*, vol. 45, pp. 511–520, 2018.

S03- HİPERBARİK OKSİJEN TEDAVİSİ UYGULANAN HASTALARDA BÖBREK FONKSİYON TESTLERİNİN DEĞİŞİMİNİN RETROSPEKTİF İNCELENMESİ

Lale Atlı¹, Münire Kübra Özgök Kangal², Bayram Koç³

¹Uzunada Deniz Komutanlığı, Deniz Kuvvetleri Komutanlığı, İZMİR

²SBÜ, Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp AD.

³SBÜ, Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi, İç Hastalıkları AD.

GİRİŞ

Böbreklerimiz, vücudumuzda embriyolojik açıdan en farklılaşmış organlarımızdandır. Yaklaşık otuz farklı hücre tipini içinde bulunduran bu mucizevi organın çok karmaşık fizyolojik süreçleri vardır (1) .

Hiperbarik oksijen tedavisi (HBOT)’nin hasarlı ve sağlam böbreğe farklı etkileri olabileceği düşünülerek birçok hayvan çalışması yapılmıştır ve sağlıklı sıçanlarda renal fonksiyon açısından güvenli olduğu ortaya konmuştur (2). Aynı zamanda iskemi reperfüzyon modeli oluşturulduğunda hiperbarik oksijenin lipid membranlarda oksijen radikal peroksidasyonunu azaltarak yararlı etki oluşturacağı bulunmuş (3) ve oksidatif stres ve doku hasarına karşı böbrekleri koruduğu ispatlanmıştır (4).

Diyabetes mellitusu olan ve HBOT alan hastalarda kreatinin ve proteinüri seviyeleri retrospektif olarak incelenmiş ve kreatinin seviyelerinde anlamlı bir değişiklik olmazken idrar stribi ölçüm yöntemiyle bakılan proteinüri seviyelerinin istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde azaldığı bulunmuştur (5).

HBOT, endikasyon listesi oldukça uzun bir tedavi yöntemidir. Bu çalışmada HBOT’nin böbrek fonksiyonları üzerindeki etkisini görmeyi amaçladık. Bu amaç doğrultusunda çalışmamızda herhangi bir hastalık sebebiyle hiperbarik oksijen tedavisi alan hastaların hiperbarik oksijen tedavisi öncesi ve sonrası böbrek fonksiyon testleri analiz edilmiş ve alt grupları da içeren geniş kapsamlı bir değerlendirme yapılmıştır.

MATERYAL METOD

Bu çalışmanın protokolü, Sağlık Bilimleri Üniversitesi (SBÜ) Gülhane Bilimsel Araştırmalar Etik Kurulu'nun 06.05.2021 tarihinde yapılan toplantısında 2021/200 proje/karar numarasıyla uygun bulunmuştur.

Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Kliniğine 1 Ocak 2017- 1 Ocak 2021 tarihleri arasında en az 15 seans HBOT uygulanan herhangi bir sebeple tedavi öncesi ve sonrası BFT (üre, kreatinin, GFR, Na⁺, K⁺) istenmiş olan hastalar çalışmaya retrospektif olarak dahil edilmiştir. Hastaların tedavi öncesi ve sonrası BFT'leri retrospektif olarak dosyalarından taranarak elde edilmiştir. Çalışmamıza ABH'si olan hastaları hemodinamik olarak stabil durumda olmadıkları için dahil etmedik.

Çalışmaya Dahil Etme Kriterleri:

1. Hastaların herhangi bir endikasyonla en az 15 seans HBOT almış olması.
2. Hastaların 18 yaşından büyük olması
3. Hastaların BFT'lerinin HBOT öncesi ve en az 15 seans sonrasında istenmiş olması.

Çalışmadan Dışlama Kriterleri:

1. Hastaların verilerinin eksik olması
2. Hastaların başlangıç ve en az 15 seans sonraki BFT'lerinin bulunmaması
3. Hastaların 18 yaşından küçük olması
4. Hastaların nefrotoksik ilaç kullanması.
5. ABH hastaları

HBOT, Sağlık Bilimleri Üniversitesi Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi Sualtı Hekimliği-Hiperbarik Tıp Kliniğinde çok kişilik basınç odasında uygulanmıştır. Basınç odası, 2.4 ATA basınca 15 dakika içerisinde ortam havası ile komprese edilerek ulaştırıldı. Hastalar tedavi basıncında 90 dakika boyunca kaldı ve basınç odasının dekompresyonu da 15 dakikada gerçekleştirildi. Hastalar O₂'i, O₂ maskesi veya O₂ başlıkları ile tedavinin 10. dakikasında almaya başladılar. Hastalar toplamda 3 defa olmak üzere 30 dakikalık periyotlarla %100 O₂ soludular. Oksijen periyotları aralarında toplamda 2 defa uygulanan 5 dakikalık hava molaları bulunmaktaydı.

Çalışmaya dahil edilen tüm hastaların böbrek fonksiyonları ile ilgili verileri, retrospektif olarak hastane veri sisteminden taranan venöz kan örneği testlerinden elde edildi. Rutin biyokimya testlerinden üre, kreatinin, GFR, Na⁺, K⁺ değerleri elde edilmişti ve kaydedildi.

Hastaların diğer tüm demografik verileri (doğum tarihi, başvuru tarihi, HBOT endikasyonu, HBOT seans sayısı, anamnez, özgeçmiş ve kullanılan ilaçlar) hastane veri sisteminden elde edildi.

Verilerin Ölçümleri

Na⁺ ve K⁺ ölçümü, SBÜ Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi Biyokimya Laboratuvarında Beckman Coulter Access AU5800 cihazı vasıtasıyla Miks-Buffer-Referans solüsyonu kullanılarak ölçüldü.

Üre ve kreatinin ölçümü, SBÜ Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi Biyokimya Laboratuvarında Beckman Coulter Access AU5800 cihazı vasıtasıyla üre ve kreatinin kiti kullanılarak ölçüldü

SBÜ Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi Biyokimya Laboratuvarında hesaplanan tGFR (tahmini glomerüler filtrasyon hızı) diğer adıyla MDRD (The Modification of Diet in Renal Disease) aşağıdaki formülasyon ile elde edildi:

$$\text{GFR (MDRD)} = 186 \times P_{kr}^{-1,154} \times \text{yaş}^{-0,203} \times \text{Cinsiyet}$$

İstatistiksel Analizler

İstatistiksel analizler SPSS versiyon 25.0 programı yardımıyla gerçekleştirildi. Değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu histogram grafikleri ve Kolmogorov-Smirnov testi ile incelendi. Tanımlayıcı analizler sunulurken ortalama, standart sapma, ortanca, min-max değerler kullanıldı. Normal dağılım göstermeyen (nonparametrik) değişkenler iki grup arasında karşılaştırılırken Mann Whitney U Testi kullanıldı. Ölçülen değerlerdeki HBOT sonundaki değişim gruplar arasında Tekrarlayan Ölçümler Analizi ile incelendi. Ölçümsel verilerin birbirleri ile analizinde Spearman Korelasyon Testi'nden faydalandı. P-değerinin 0.05'in altında olduğu durumlar istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar şeklinde değerlendirildi.

SONUÇLAR

Çalışmaya 102 erkek ve 45 kadın olmak üzere toplam 147 kişi alındı. Yaşları ortalaması $59,47 \pm 14,21$ (20-93) yıl idi. Çalışmaya dahil edilen tüm hastaların hangi endikasyon tanısı ile HBOT uygulandığı, sigara kullanımı, antibiyotik kullanımı ve var olan kronik hastalıkları Tablo 1’de gösterildi.

Hastalara ait HBOT öncesi ve HBOT sonundaki üre, kreatinin, GFR, Na^+ , K^+ değerlerindeki değişimler incelendi ve sadece Na^+ ’da HBOT sonunda anlamlı bir artış olduğu saptandı. (Tablo 2).

Tablo 1: Hastalara Ait Demografik Veriler

	n / Ort $\pm$ s.s.	Medyan (Min/Max)
	Cinsiyet	
Erkek	102(%69)	(39)
Kadın	45(%31)	(61)
Yaş	$59,47 \pm 14,21$	61 (20-93)
	HBOT Endikasyonları	
Operasyon sonrası iyileşmeyen yara	26(%17,69)	
Ayak bileği ve ayağın açık yarası	58(%39,46)	
Periferik vasküler hastalık	14(%9,52)	
Kronik osteomyelit	21(%14,29)	
Alt ekstremitte arterlerinin embolizm ve trombozu	2(%1,36)	
Derinin kronik ülseri	5(%3,40)	
Protez enfeksiyonu	3(%2,04)	
Radyasyon sistiti	1(%0,68)	
Spondilodissit	5(%3,40)	
Deri ve subkutan dokunun lokal enfeksiyonu	5(%3,40)	
Travmanın tanımlanmamış erken komplikasyonu	2(%1,36)	
Malign otitis eksterna	3(%2,04)	
Tutması şüpheli greft/flep	1(%0,68)	
Alt ekstremitenin ülseri	1(%0,68)	
HBOT seans sayısı	$28,45 \pm 6,44$	30 (15-40)
	Sigara kullanımı	
Sigara(paket/yıl)	43(%29,25)	
Sigara süresi	$38,11 \pm 29,53$	30 (5-165)
	Eşlik Eden Kronik Hastalıklar	

DM	99 (%67,35)	
DM süresi	17,16±10,28	16 (0,5-47)
HT	56(%38,10)	
HT süresi	12,52±10,83	10 (1-40)
KBY	45(%30,61)	
KAH	5(%3,40)	
PAH	27(%18,37)	
Antibiyoterapi kullanımı	124(%84,35)	

Tablo 2: Hastaların Laboratuvar Değerleri

	HBOT Öncesi		HBOT Sonrası		<i>p</i>
	Ort±s.s.	Medyan (Min/Max)	Ort±s.s.	Medyan (Min/Max)	
Sodyum	136,76±4,32	137 (122-145)	138,3±3,59	138 (124-150)	0,001
Potasyum	4,37±,50	4,39 (3,09-5,9)	4,33±,44	4,35 (2,86-5,53)	0,302
Üre	44,33±30,12	38 (11-237)	44,53±27,22	37 (13-178)	0,517
Kreatinin	1,32±1,27	0,97 (0,45-8,88)	1,3±1,08	1 (0,5-9,34)	0,083
GFR	75,21±28,43	79 (5-155)	72,95±28,28	75 (5-147)	0,083

Ölçülen değerlerdeki değişim tüm endikasyon tanıları ayrı ayrı olacak şekilde incelendi ve karşılaştırıldı. Travmanın tanımlanmamış erken komplikasyonu olanlarda GFR değeri artarken, olmayanlarda azaldı. Travmanın tanımlanmamış erken komplikasyonu olanlarda kreatinin 2 değeri, travmanın tanımlanmamış erken komplikasyonu olmayanlara göre daha düşük bulundu. (Tablo 3). (p1: ölçülen parametrelerin HBOT öncesi ve HBOT sonrası kendi içlerindeki anlamlılık değerlerini; p2: ölçülen parametrelerin HBOT sonucundaki değişimlerinin anlamlılık değerlerini yansıtır).

Tablo 3: Travmanın Tanımlanmamış Erken Komplikasyonunda BFT Değerlendirilmesi

	Travmanın Tanımlanmamış Erken Komplikasyonu				p^1	p^2
	Yok		Var			
	Ort±s.s.	Medyan (IQR)	Ort±s.s.	Medyan (IQR)		
Sodyum1	136,67±4,30	137 (135-139)	141,5±3,54	141,5 (139-144)	0,081	0,491
Sodyum2	138,25±3,59	138 (136-140)	141±2,83	141 (139-143)	0,199	
Potasyum1	4,37±,50	4,39 (4,03-4,68)	4,48±,56	4,48 (4,08-4,87)	0,758	0,543
Potasyum2	4,33±,44	4,35 (4,08-4,62)	4,18±,20	4,18 (4,04-4,32)	0,459	
Üre1	44,5±30,27	38 (27-51)	32±15,56	32 (21-43)	0,492	0,531
Üre2	44,82±27,30	37 (27-53)	24±4,24	24 (21-27)	0,090	
Kreatinin1	1,33±1,28	0,97 (0,83-1,26)	0,84±,07	0,84 (0,79-0,89)	0,266	0,762
Kreatinin2	1,31±1,08	1,03 (0,87-1,24)	0,7±,05	0,7 (0,66-0,73)	0,036	
GFR1	75,03±28,46	79 (59-96)	88,5±31,82	88,5 (66-111)	0,520	0,041
GFR2	72,47±28,12	74 (56-92)	108±19,80	108 (94-122)	0,067	

Kronik osteomyelit olanların K^+ değerini anlamlı bir şekilde düştüğü ama kronik osteomyelit olmayanların K^+ değerinin değişmediği görüldü. (Tablo 4). Kronik osteomyelit olanlar ile olmayanlar arasında ölçülen değerler bakımından anlamlı ilişki bulunmadı.

Tablo 4: Kronik Osteomyelitte BFT Değerlendirilmesi

	Kronik Osteomiyelit				p^1	p^2
	Yok		Var			
	Ort±s.s.	Medyan (IQR)	Ort±s.s.	Medyan (IQR)		
Sodyum1	136,58±4,38	137 (135-139)	138,17±3,66	139 (138-140,5)	0,074	0,492
Sodyum2	138,22±3,63	138 (136-141)	138,92±3,37	139 (137-141,5)	0,525	
Potasyum1	4,34±,49	4,37 (4-4,68)	4,62±,47	4,54 (4,36-4,76)	0,064	0,025
Potasyum2	4,34±,43	4,35 (4,07-4,63)	4,22±,48	4,34 (4,11-4,52)	0,718	
Üre1	44,72±30,72	39 (27-50,5)	42,05±26,86	33 (26-51)	0,584	0,098
Üre2	45,97±28,60	37 (27-53,5)	36,05±14,79	33 (26-43)	0,169	
Kreatinin1	1,37±1,36	0,98 (0,85-1,27)	1±,34	0,92 (0,8-1,13)	0,253	0,658
Kreatinin2	1,35±1,15	1,03 (0,87-1,35)	1,03±,31	0,97 (0,84-1,16)	0,437	
GFR1	73,13±27,94	77,5 (57-93)	87,71±28,80	88 (71-104)	0,069	0,289
GFR2	71,41±28,56	72,5 (54-92)	82,19±25,21	85 (72-96)	0,100	

TARTIŞMA

Çalışmamızda HBOT öncesi ve sonrası üre, kreatinin, GFR, Na^+ , K^+ değerlerindeki değişim incelenmiş ve sadece Na^+ 'daki artış anlamlı bulunmuştur ($p:0,001$). Sokolşanskii I.F.ve ark, Wistar soyundan beyaz sıçanların kan serumu ve musculus gastroknemius'undaki K^+ , Na^+ konsantrasyonunu 0.191 ve 0.392 MPa'lık basınç altındaki oksijen maruziyetinde incelemiştir. Dinamik ve statik oksijenasyonun toplam süresi 60 dakika olduğunda kastaki Na^+ konsantrasyonunun arttığını bulmuşlardır(6). Gambini G ve ark, normal deneklerde, bir basınç odasında kardiyopulmoner sistem üzerindeki mutlak basıncın (ATA) artmasının, Na^+ tutucu sirotik hastalarda hem diürez hem de natriürez ve ANP ve renin-anjiyotensin-aldosteron sistemi üzerinde modifikasyon sağlayamadığını bulmuşlardır(7). Bu çalışmalar ışığında HBOT alan hastalarımızın serum Na^+ değerlerindeki anlamlı değişimin, hücresel düzeyde membrandan elektrolit iletiminin, basınç ve artan oksijenizasyonla açıklanabileceği ve bu açıklamalar için daha çok hücresel düzeyde insan çalışmasına ihtiyaç duyulacağı görülmektedir.

Çalışmamızda hastaların HBOT endikasyonlarına göre ölçülen değerlerdeki değişim karşılaştırılmıştır. Ayak bileği ve ayağın açık yarası varlığına göre karşılaştırılmış ve anlamlı ilişki bulunmamıştır. Sedlacek M. ve ark., sekiz yıllık bir süre içinde HBOT uygulanan 94 DM hastasının böbrek fonksiyon değerlerinin retrospektif incelemesini yapmıştır. Kreatinin seviyelerinde, HBOT öncesi ve sonrası istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir (ortalama ($\text{postkreatinin} + \text{prekreatinin}/2$) = 0,10 mg/dl)(5). Bu çalışma, bizim çalışmamızdaki hasta popülasyonunun %67,35'inin DM tanısına sahip olması nedeniyle bizim çalışmamızla benzer sonuçlar barındırmakla birlikte üre ve GFR konusunda aydınlatıcı olamamıştır. Ayrıca örneklemeleri sadece diyabetik hastalardan oluşmaktadır.

Çalışmamızda Ölçülen değerlerdeki HBOT sonrasındaki değişim kronik osteomyelit varlığına göre karşılaştırılmış ve kronik osteomyelit olanların K^+ değerinin düştüğü($p=0,025$) ama kronik osteomyelit olmayanların K^+ değerinin değişmediği görülmüştür. Kronik osteomyelit olanlar ile olmayanlar arasında ölçülen değerler bakımından anlamlı ilişki bulunmamıştır. Yapılan bir çalışmada, cerrahi debridmanın yanı sıra oral ve intravenöz antibiyotik kombinasyonu verilmiş kronik osteomyelit tanısı almış hastalarda hipokaleminin nedeninin anlamlı bir şekilde antibiyotik kullanımına bağlı olduğu gösterilmiştir(8). Bizim çalışmamızdaki hipokalemik durum da HBOT alan kronik osteomyelit tanılı hastalarımızın uyguladığımız tedavi öncesinde ve sürecinde çoklu antibiyoterapi almaları ile açıklanabilir. Söz konusu çalışmada bahsi geçen antibiyotikler, hastanemizde de kronik osteomyelit tanısıyla tedavi verilen hastalarda sıklıkla kullanılmaktadır.

Çalışmamızda travmanın tanımlanmamış erken komplikasyonu tanısı ile HBOT verilen hastalarda GFR değerinin anlamlı artışı saptanmıştır. ($p=0,041$) çalışmamıza dahil ettiğimiz ‘travmanın tanımlanmamış erken komplikasyonu’ tanılı hastalarımız çoğunlukla travmatik periferik iskemi, crush injury(9) gibi olgular olduğu için rabdomiyoliz ve beraberinde akut tübüler hasar bu hastalarda beklenen bir durumdur. Travmatik periferik yaralanmaların %85’ine yakın bir bölümünde rabdomiyoliz gelişmektedir(10). Yıkılan kas dokunun ana maddesi miyogloblin böbrek tübüleri için toksiktir. Miyogloblin tıkaçları rabdomiyolize bağlı ABH’ye hipovolemi ve renal vazokonstriksiyon ile katkı sağlar(11). Travmaya sekonder gelişen ABH’de böbrek fonksiyon testleri bozulur. Tedaviye aldığımız hastalar olaydan sonra primer resüsitasyonu ve hospitalizasyonu yapılmış, hidrate edilmiş ve renal etkilenimin akut safhasını atlarmış olarak merkezimize başvurmaktadır. Halihazırda HBOT’nin, renal iyileştirici etkisi olan hemoksijenaz-1(HO-1) enziminin seviyesini artırdığı birçok çalışma ile ispatlanmıştır(12–15). Çalışmamızdaki renal iyileşmeyi HBOT’nin etkisine bağlamak yanlış olmayacağı gibi, ABH tablosunun zamanla gerilemesine bağlı bir renal onarım olarak da açıklayabiliriz. Travmatik yaralanmalarda oluşan böbrek hasarında böbrek fonksiyon testlerinin tedavi sürecinde zamanla iyileşmesi beklenen bir durumdur. HBOT’nin HO-1 düzeyindeki artış etkisinin renal iyileşme konusundaki becerisini aydınlatacak olan insan çalışmalarına ihtiyaç vardır.

Çalışmamızda ölçülen değerlerdeki HBOT sonrasındaki değişim KBH ve KAH varlığına göre karşılaştırılmış ve anlamlı bir değişim görülmemiştir. Bu grupta GFR1, GFR2 değerleri daha düşük iken, Üre1, Üre2, Kreatinin1, Kreatinin2 değerleri daha yüksek bulunmuştur. Mevcut kronik hastalıkların gidişatında beklenen renal bozulma bulguları ne yazık ki HBOT ile anlamlı bir şekilde değişmemiştir. KBH olan hastalarda anlamlı hipernatremi gözlenmiştir ($p=0,003$). KBH tanılı hastalar disnatremiye yatkınlık oluşturma yüzdesi en yüksek grubu temsil eder(16). Literatürde de KBH tanılı hastalarda HBOT’nin hipernatremi yapıcı etkisi raporlanmamıştır. İleri çalışmalar bu konuyu aydınlatmalıdır.

Çalışmamızın belli başlı bazı kısıtlılıkları mevcuttur. Bunlardan ilki retrospektif bir çalışma olmasından dolayı veri eksikliği bulunan hastaların çalışma dışı bırakılmış olmasıyla birlikte örneklemimizin daralmasıdır. Eğer prospektif yöntemle hastaları takip edebilseydik sayı ve mevcut tanıların dağılımını daha iyi ayarlayabilirdik. Ayrıca çalışmamız en az 15 seans HBOT alan hastaların BFT’lerini değerlendirmek üzerine kurgulanmıştı. Seans sayısının daha fazla olması HBOT’nin kronik etkilerini daha iyi yansıtabilirdi. Diğer yandan seans sayısı hastadan

hastaya değişmektedir. Son olarak BFT açısından daha anlamlı olacak idrarda protein miktarı bakılamamıştır.

ÇÖZÜM

Çalışmamızda en az 15 seans HBOT uygulanan hastaların böbrek fonksiyonları üzerinde olumlu ya da olumsuz bir etki saptanmamıştır. Sadece HBOT sonunda sodyum değerlerinde anlamlı bir artış saptanmıştır. ($p=0,001$) Alt grup analizlerinde ise HBOT sonunda sadece travmanın tanımlanmamış erken komplikasyonu tanısıyla tedaviye aldığımız iki hastada GFR’de istatistiksel olarak anlamlı bir iyileşme gözlenmiştir. Ancak hasta grubunun küçük olduğu unutulmamalıdır. HBOT’nin böbrek fonksiyonları üzerine daha kapsamlı ve prospektif çalışmalar planlanmalıdır.

KAYNAKLAR

1. George AL, Jr, Neilson EG. Böbreğin Hücresel ve Moleküler Biyolojisi. In: Fauci AS, Kasper DL, Longo DL, Braunwald E, Hauser SL, Jameson JL, et al., editors. Harrison’s Principles of Internal Medicine. 2013. p. 1741–7.
2. Collins AJ. Kidney Dialysis Treatment for Victims of the Armenian Earthquake. <http://dx.doi.org/10.1056/NEJM198905113201930> [Internet]. 2010 Jan 14 [cited 2022 Jun 12];320(19):1291–2. Available from: <https://www.nejm.org/doi/pdf/10.1056/NEJM198905113201930>
3. Gurer A, Ozdogan M, Gomceli I, Demirag A, Gulbahar O, Arikok T, et al. Hyperbaric Oxygenation Attenuates Renal Ischemia–Reperfusion Injury in Rats. Transplant Proc [Internet]. 2006;38(10):3337–40. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0041134506014321>
4. He X, Xu X, Fan M, Chen X, Sun X, Luo G, et al. Preconditioning with hyperbaric oxygen induces tolerance against renal ischemia-reperfusion injury via increased expression of heme oxygenase-1. J Surg Res [Internet]. 2011 Oct [cited 2022 Jun 12];170(2). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21816440/>
5. Sedlacek M, Harlan NP, Buckey JC. Renal Effects of Hyperbaric Oxygen Therapy in Patients with Diabetes Mellitus: A Retrospective Study. Int J Nephrol [Internet]. 2021 [cited 2022 Jun 12];2021. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34816821/>

6. Sokolianskiĭ IF. [Changes in the concentration of sodium and potassium ions in the blood and gastrocnemius muscle in hyperoxia]. *Fiziol Zh.* 41(3–4):81–5.
7. Gambini G, Fioroni E, Guerra M, Moscatelli A, Valori C. [Increase in absolute atmospheric pressure in hyperbaric chamber in cirrhosis with ascites: lack of natriuretic response and increase of atrial natriuretic peptide]. *Minerva Med.* 1994 Mar;85(3):77–81.
8. Falcone C, Compostella L, Camardo A, Truong LVS, Centofanti F. Hypokalemia during antibiotic treatment for bone and joint infections. *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology.* 2018;28(3):389–95.
9. MŞ S. Doğal afetler sonrası oluşan Crush (ezilme) yaralanmaları: Marmara depremi deneyimi. *İÜ Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Sürekli Tıp Eğitimi Etkinlikleri.* 2007;55:29–42.
10. Zager RA. Rhabdomyolysis and myohemoglobinuric acute renal failure. *Kidney Int.* 1996;49(2):314–26.
11. Sever MS. Crush Sendromu ve Marmara Depreminde Çıkarılan Dersler. *Lebib Yalkın Yayınları ve Basım İşleri AŞ İstanbul, Turkey.* 2002;15–52.
12. Çebi G. HBO Tedavisinin Kas Yıkımına Bağlı Böbrek Hasarına Etkisi: Hem Oksijenaz 1'in Rolü. [Ankara]; 2015.
13. Liu Y, Sun X, Liu J, Kang Z, Deng X. Heme oxygenase-1 could mediate the protective effects of hyperbaric oxygen preconditioning against hepatic ischemia–reperfusion injury in rats. *Clin Exp Pharmacol Physiol.* 2011;38(10):675–82.
14. Huang T, Tsai P, Wang T, Huang C, Huang C. Hyperbaric oxygen attenuation of lipopolysaccharide-induced acute lung injury involves heme oxygenase-1. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2005;49(9):1293–301.
15. Padgaonkar Va, Gıblin Fj, Fowler K, Leverenz Vr, Reddan Jr, Dziedzic Dc. Heme oxygenase synthesis is induced in cultured lens epithelium by hyperbaric oxygen or puromycin. *Exp Eye Res.* 1997;65(3):435–43.
16. Kovesdy CP. Significance of hypo-and hyponatremia in chronic kidney disease. *Nephrology Dialysis Transplantation.* 2012;27(3):891–8.

S04- DALGIÇLARDA DİKKAT EKSİKLİĞİ VE HİPERAKTİVİTE BOZUKLUĞU PREVALANSI VE DÜRTÜSELLİK DÜZEYLERİ: KARŞILAŞTIRMALI BİR DEĞERLENDİRME

Çağrı Can Makar¹, Soner Uludağ², Herdem Aslan Genç³,

Akın Savaş Toklu⁴

¹Yunus Emre Devlet Hastanesi, Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Bölümü

²Sivas Numune Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Bölümü

³Koç Üniversitesi Tıp Fakültesi, Çocuk ve Ergen Psikiyatrisi AD

⁴İ.Ü, İstanbul Tıp fakültesi, Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp AD

GİRİŞ

Dikkat Eksikliği ve Hiperaktivite Bozukluğu (DEHB), bireyin dikkat süresi, organizasyon becerileri ve dürtü kontrolünde kalıcı zorluklarla kendini gösteren bir nörogelişimsel bozukluktur (1). DSM-5'e göre, bu bozukluk, dikkat eksikliği, hiperaktivite ve dürtüsellik belirtilerinin bir kombinasyonu ile karakterize olup, bu semptomlar bireyin sosyal, akademik veya mesleki işlevselliğini belirgin şekilde olumsuz etkiler. DEHB'nin semptomları genellikle 12 yaşından önce ortaya çıkar ve en az iki farklı ortamda (evde, okulda, işte vb.) belirgin şekilde gözlemlenmelidir (1). Çocukluk çağında DEHB prevalansı %5-7 arasında değişirken, vakaların %50-66'sı yetişkinlik dönemine kadar devam etmektedir (2,3).

Dünya çapında erişkinlerde yaygınlığın araştırıldığı çalışmalarda ise %3,4 tahmini sıklık bildirilmektedir (4). Toplum çalışmalarında tedavi alan erişkinlerin oranı ise %0,1 gibi çok düşük seviyelerde saptanmıştır. Bu durum, tanı konulmamış geniş bir erişkin DEHB popülasyonunun varlığına işaret etmektedir (5,6). Ülkemizde erişkin DEHB'ye yönelik toplum temelli çalışmaların oldukça sınırlı olması, tanı oranlarının düşüklüğünü açıklamaktadır. Çalışmalar özel hasta gruplarında (bipolar bozukluk, alkol bağımlılığı vb) ya da çocuk DEHB hastalarının ebeveynleri gibi özellikli gruplarla sınırlı kalmıştır. Ancak bu örneklemeler, genel popülasyonu temsil etmediğinden, gerçek hasta sıklığını yansıtmakta yetersiz kalmaktadır (7). Hem ülkemizde hem de dünya genelinde çoğunlukla DSM-4 ve daha eski kriterlere dayanan çalışmaların da yanıltıcı sonuçlar verdiği düşünülmektedir.

Çocukların aksine, yetişkinlerde DEHB belirtileri **daha çok** dikkatsizlik ve organizasyonel zorluklarla kendini gösterir (8). DEHB; işe yoğunlaşma ve başladığı işi tamamlama zorlukları, organizasyon eksikliği, düşük benlik saygısı ve dürtüsellik gibi belirtilerle erişkin bireyin sosyal, akademik ve mesleki yaşamını olumsuz etkileyebilmektedir. Ayrıca, erişkin DEHB'li bireylerin yaklaşık %80'inde yaşam boyu en az bir psikiyatrik eş tanı bulunduğu bildirilmiştir (7,9). Bu veriler, DEHB'nin erişkin yaşamdaki etkisinin hem bireysel hem de toplumsal düzeyde ciddiyetle ele alınması gerektiğini göstermektedir.

Ekstrem sporlarla uğraşan bireylerde DEHB belirtilerinin yaygın olduğu ve bu durumun risk alma davranışlarıyla ilişkili olabileceğini öne süren çalışmalar bulunmaktadır (10,11). Bazı bulgular, DEHB'li bireylerin yüksek uyarılma gerektiren ve risk içeren aktivitelere yönelme eğiliminde olduğunu ortaya koymaktadır. Bu eğilimin, ödül işleme süreçlerindeki farklılıklar ve striatal dopamin düzeyleriyle ilişkili olabileceği bildirilmiştir (12,13). Dolayısıyla, dalgıçlar ve yüksek irtifa dağcılar gibi ekstrem ortamlarda bulunan bireylerde, DEHB'ye sahip olanların doğal bir seçim sürecine uğramış olabileceği düşünülmektedir.

Bu aktivitelerin yüksek dikkat ve özdenetim gerektirmesi, güvenlik açısından ayrıca önem taşımaktadır. Literatürde, DEHB'nin dikkatsizlik ve dürtüsellik semptomlarının güvenlik performansı üzerinde olumsuz etkiler yaratabileceği belirtilmektedir (14,15). Örneğin, dalgıçlarda dikkat eksikliği, hayati öneme sahip prosedürlerin ihmal edilmesine neden olabilirken (16), yüksek irtifa dağcılarında dürtüsellik, tehlikeli karar alma süreçlerini etkileyerek kaza riskini artırabilir (17). Bu nedenle, ekstrem ortamlarda görev yapan bu iki farklı grupta DEHB'nin potansiyel etkilerinin anlaşılması, hem bireysel güvenlik hem de operasyonel başarı açısından büyük önem taşımaktadır.

Ek olarak, hiperbarik (dalgıçlar) ve hipobarik (dağcılar) ortamlara maruz kalmanın bilişsel işlevler üzerindeki etkileri iyi bilinmektedir. Parsiyel oksijen basıncındaki değişimlerin yürütücü işlevler, karar verme ve reaksiyon süreleri üzerinde anlamlı etkileri olduğu gösterilmiştir (18,19). Özellikle yüksek irtifa maruziyeti sırasında oluşan hipobarik hipoksi, prefrontal korteksin işlevselliğini bozarak yürütücü işlevleri olumsuz etkileyebilmektedir (20). Bu bağlamda, yürütücü işlev bozuklukları ile karakterize edilen DEHB gibi bir durumun, bu ortamlardaki bilişsel performansla nasıl etkileşime girdiği önemli bir araştırma sorusu olarak öne çıkmaktadır.

Bu araştırma, Türkiye'deki dalgıç popülasyonunda DEHB belirtileri ve dürtüsellik düzeylerini incelemeyi amaçlamaktadır. Veriler, yüksek irtifa dağcılar ve genel popülasyondan oluşturulacak

iki farklı gruba karşılaştırılacaktır. Bu çalışma, DEHB'nin ekstrem aktivitelerle uğraşan bireylerdeki etkisini anlamayı hedeflemekte olup, özellikle dalgıç popülasyonunda bu durumun sıklığını tespit etmeye, yaratabileceği olası riskleri değerlendirmeye ve bu gruba yönelik koruyucu stratejiler geliştirilmesine katkıda bulunmayı amaçlamaktadır.

MATERYAL VE METOT

Bu çalışma, Türkiye'de profesyonel veya rekreasyonel amaçlı aletli dalış yapan bireylerde erişkin DEHB sıklığını araştırmak ve bu sıklığı farklı gruplarla kıyaslamak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışma, İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'nun 18.02.2022 tarih ve 744674 sayılı toplantısında etik yönden uygun bulunmuştur. Katılımcılar gönüllülük esasıyla çalışmaya dahil edilmiş ve çevrimiçi bilgilendirilmiş gönüllü onam formunu onayladıktan sonra ankete katılmışlardır.

Katılımcılar ve Çalışma Grupları

Çalışmaya sosyal medya grupları üzerinden yayınlanan duyurular ile ulaşılan toplam 407 gönüllü katılımcı dahil edilmiştir. İsmi tekrarlayan iki katılımcı ve anket formunu anlamsız harfler ve rakamlarla dolduran 2 katılımcı çalışmaya dahil edilmemiştir. Çalışma dört farklı grup üzerinde yürütülmüştür:

1. Kontrol Grubu: Ekstrem veya profesyonel spor yapmayan bireyler.
2. Amatör Dalgıçlar: Rekreasyonel amaçlı dalış yapan, sertifikalı ancak mesleki olmayan dalıcılar.
3. Profesyonel Dalgıçlar: Mesleği gereği düzenli olarak dalış yapan bireyler (örneğin; ticari dalgıçlar, askeri dalgıçlar, sualtı kurtarma ekipleri vb.).
4. Profesyonel Dağcılar: Çok yüksek irtifa tırmanışları (≥ 3500 m) yapan bireyler (21).

Veri Toplama ve İşleme Süreci

Anket, çevrimiçi platformlar aracılığıyla katılımcılara ulaştırılmıştır. Veriler, anonim olarak Microsoft Excel programına aktarılmış ve analiz için hazırlanmıştır. Anketin ilk bölümünde katılımcı onayı ve bilgilendirilmiş gönüllü onam formu yer almış, ardından demografik bilgiler, dalış geçmişi ve tıbbi özgeçmişe dair sorular sorulmuştur. Katılımcıların önceden DEHB tanısı alıp almadıkları gibi bilgiler demografik veri formunda sorgulanmıştır. Sonraki bölümlerde ise ASRS-5 ve BIS-11 ölçekleri uygulanmıştır.

Kullanılan Ölçekler

I. ASRS-5: DSM 5 için Erişkin DEHB Öz Bildirim Tarama Ölçeği

Bu ölçek, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından erişkinlerde DEHB belirtilerini taramak amacıyla geliştirilmiş olup, DSM-IV ölçütlerine uygun olarak oluşturulan 18 maddelik ASRS-v1.1 ölçeğinin, DSM-5'e göre yeniden düzenlenmiş kısa formudur. Çalışmamızda katılımcıların DEHB belirtileri 6 maddeden oluşan ASRS-5 ölçeği ile değerlendirilmiştir. ASRS-5 toplam puanı 0-24 arasında değişmektedir. (22,23). Çalışma kapsamında katılımcılar belirli kesme noktalarına göre üç risk kategorisine ayrılmıştır:

- Düşük Risk: 0-9 puan
- Orta Risk: 10-13 puan
- Yüksek Risk: 14-24 puan

Her grup için bu sınıflandırmaya göre riskli birey yüzdeleri hesaplanmıştır. Ayrıca gruplar, ortalama ASRS-5 puanları ve risk kategorileri açısından karşılaştırılmıştır.

II. BIS-11: Barratt Dürtüsellik Ölçeği-11

Katılımcıların dürtüsellik düzeylerini belirlemek için kullanılan, **30 maddeden oluşan likert tipi bir özbildirim ölçeğidir** (24,25). BIS-11'in Türkçe versiyonu, orijinal versiyonun faktör yapısından bazı farklılıklar içerecek şekilde uyarlanmış olup, faktör analizi sonucunda dürtüsellik farklı bileşenlerini değerlendiren yeni bir yapı oluşturulmuştur. Bu analizler sonucunda, maddeler belirli faktörler (alt kırılımlar) altında gruplandırılmış ve dürtüsellik farklı yönleri tanımlanmıştır. Çalışmamızda, daha spesifik bileşenleri ölçen birinci düzey faktörler yerine, dürtüsellik genel yapısını anlamaya yönelik ikinci düzey faktörler kullanılmıştır. Bu faktörler:

- **Faktör 1:** Motor Dürtüsellik ve Dikkatsizlik. Dürtüsel karar alma, düşünmeden hareket etme, dikkatsiz davranışlar içerir.
- **Faktör 2:** Bilişsel Kararsızlık ve Değişkenlik. Karar vermede zorluk, bilişsel dağınıklık ve zihinsel geçişlerin hızlanmasını kapsar.
- **Faktör 3:** Planlamadan Yoksunluk. Geleceğe yönelik plan yapmama, kararları anlık verme eğilimi içerir.

Her grup, hem BIS-11 toplam puanı hem de bu üç alt faktör düzeyinde karşılaştırılmıştır.

İstatistiksel Analiz

Tüm istatistiksel analizler IBM SPSS Statistics 28.0 yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sürekli değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro-Wilk testi ile değerlendirilmiştir. Yaş, ASRS toplam puanı, Barratt toplam puanı ve alt boyutları gibi değişkenlerin bazı gruplarda normal dağılım göstermediği belirlendiğinden, parametrik olmayan yöntemler tercih edilmiştir.

Gruplar arasında ASRS toplam puanı ve Barratt toplam puanı gibi sürekli değişkenlerin karşılaştırılması için Kruskal-Wallis testi uygulanmış, anlamlı fark bulunan durumlarda Bonferroni düzeltmeli Mann-Whitney U testi ile ikili karşılaştırmalar yapılmıştır. ASRS risk kategorileri ve DEHB tanısı almış bireylerin gruplara dağılımı gibi kategorik değişkenler ise Ki-kare testi ile analiz edilmiştir. Dalış yılı ve toplam dalış saati ile ASRS-5 puanı arasındaki ilişkiyi değerlendirmek için Spearman korelasyon analizi uygulanmıştır. Parametrik olmayan dağılım gösteren değişkenler için Kruskal-Wallis testi kullanılmıştır.

Cinsiyetin ve yaştan ASRS toplam puanı, Barratt toplam puanı ve alt boyutları üzerindeki etkisini kontrol etmek amacıyla kovaryans analizi (ANCOVA) ve lojistik regresyon modelleri kullanılmıştır. Post-hoc analizlerde Bonferroni düzeltmesi uygulanarak çoklu karşılaştırmalardaki hata riski minimize edilmiştir. İstatistiksel anlamlılık sınırı $p < 0.05$ olarak kabul edilmiştir.

BULGULAR

Örneklem Dağılımı ve Demografik Özellikler

Bu çalışmada katılımcılar toplam dört gruba ayrılmıştır:

- Kontrol grubu (n=89),
- Amatör dalgıçlar (n=158),
- Profesyonel dalgıçlar (n=141)
- Dağcılar (n=19).

Gruplar yaş ve cinsiyet bakımından dengelenmemiştir; bu değişkenler üzerinde herhangi bir eşleştirme veya düzeltme yapılmamıştır. Yaş dağılımı açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur. Dağcı grubu, diğer gruplara kıyasla daha ileri yaş ortalamasına sahiptir ($p < 0.05$). Ayrıca, cinsiyet dağılımı açısından gruplar arasında belirgin farklılıklar tespit edilmiştir ($p < 0.0001$). Kontrol grubunda kadın oranı diğer gruplardan daha yüksekken, dalış ve dağcılık gruplarında erkek oranı baskındır (Tablo 1).

Tablo 5 Grupların Örneklem Dağılımı ve Demografik Özellikleri (n=407)

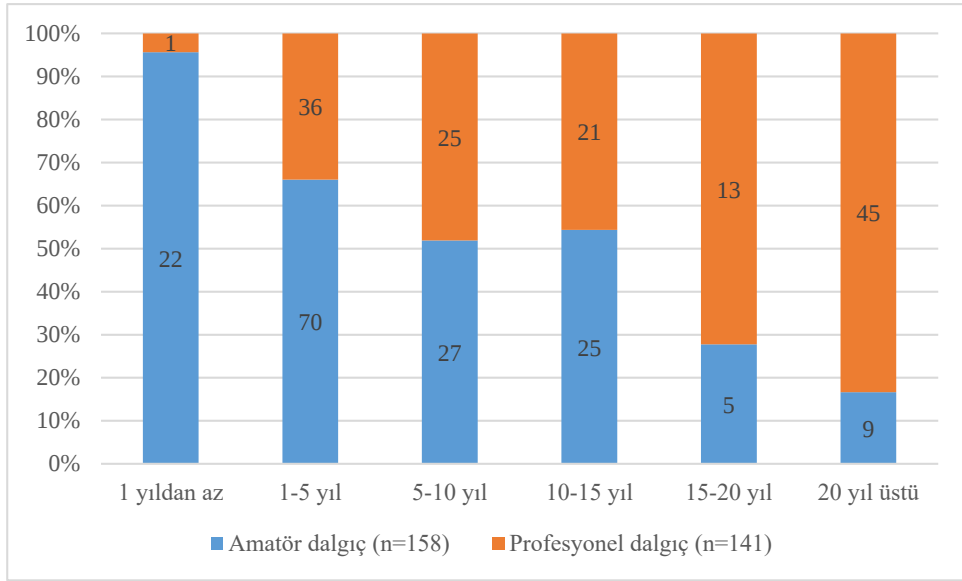
Grup	(n)	Yaş	Erkek/Kadın	Boy(cm)	Ağırlık(kg)
		Ort. (std)		Ort. (std)	Ort. (std)
Kontrol	89	37,6 (10,5)	46/43 (0,93)	175,3 (6,2)	74,8 (8,3)
Amatör Dalgıç	158	35,4 (12,0)	98/60 (1,63)	176,1 (6,5)	75,4 (7,9)
Profesyonel Dalgıç	141	38,6 (14,0)	122/19 (6,42)	175,9 (5,8)	74,6 (8,1)
Dağcı	19	47,6 (9,9)	15/4 (3,75)	174,5 (6,3)	73,2 (7,5)

Dalış Yılı ve Toplam Dalış Saati

Dalış yılı; ilk dalışın yapıldığı tarihten günümüze kadar geçen yıl olarak tanımlanmıştır. Dalış yılı grupları; 1 yıldan az, 1-5 yıl arası, 5-10 yıl arası, 10-15 yıl arası, 15-20 yıl arası ve 20 yıldan fazla olarak kesitlere ayrılmıştır. Farklı gruplardan bu kesitlere düşen dalgıç sayıları elde edilen kategorik veri üzerinden kıyaslanmıştır.

Toplam dalış saati, sualtında geçirilen tahmini zaman olarak tanımlanmış ve grupların ortalamaları karşılaştırılmıştır. Profesyonel dalgıç grubunun toplam dalış saati ortalaması (**Ort = 3819, Std = 9567**, Ortanca=1500) amatör dalgıçlardan (**Ort = 475, Std = 1402**, Ortanca=90) anlamlı derecede yüksektir (**p < 0.001**). 20 yıl ve üzeri dalış deneyimine sahip bireylerin çoğunluğu profesyonel dalgıç grubunda yer almaktadır (Şekil 1).

Dalış yılı ve toplam dalış saati ile **ASRS-5 ve BIS-11 puanları** arasında anlamlı bir korelasyon bulunmamıştır (**p > 0.05**). Bu bulgular, dalış deneyiminin DEHB belirtileri ya da dürtüsellik seviyesi ile doğrudan ilişkili olmadığını göstermektedir.



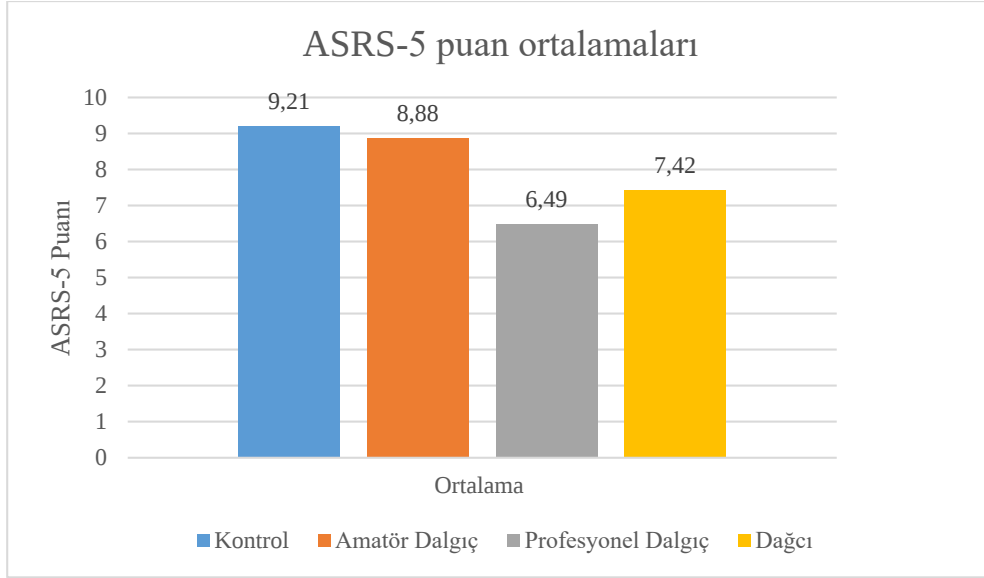
Şekil 4 Gruplara göre dalış yılı dilimleri

ASRS-5 Puanlarının Gruplara Göre Karşılaştırılması

Gruplar arasındaki ASRS-5 toplam puan ortalamaları karşılaştırılmış ve istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p < 0.05$). Post-hoc analiz sonuçlarına göre profesyonel dalgıçlar, kontrol ve amatör dalgıçlara kıyasla anlamlı derecede daha düşük ASRS-5 puanına sahiptir ($p < 0.05$). Dağcı grubu, kontrol ve amatör dalgıçlara kıyasla daha düşük bir ortalama göstermesine rağmen, profesyonel dalgıç grubuna benzer sonuçlar vermiştir fakat hiçbir grup ile dağcı grubu arasında istatistik anlamlılık bulunmamıştır (Tablo 2 ve Şekil 2).

Tablo 6 Gruplara Göre ASRS-5 Puan Ortalamaları ve Ortancaları

Grup	Ort ($\pm$ Std)	Ortanca
Kontrol (n=89)	9.21 ($\pm$ 4,83)	9,0
Amatör dalgıç (n=158)	8,88 ($\pm$ 4,43)	8,5
Profesyonel dalgıç (n=141)	6,49 ($\pm$ 3,46)	6,0
Dağcı (n=19)	7,42 ($\pm$ 4,11)	7,0



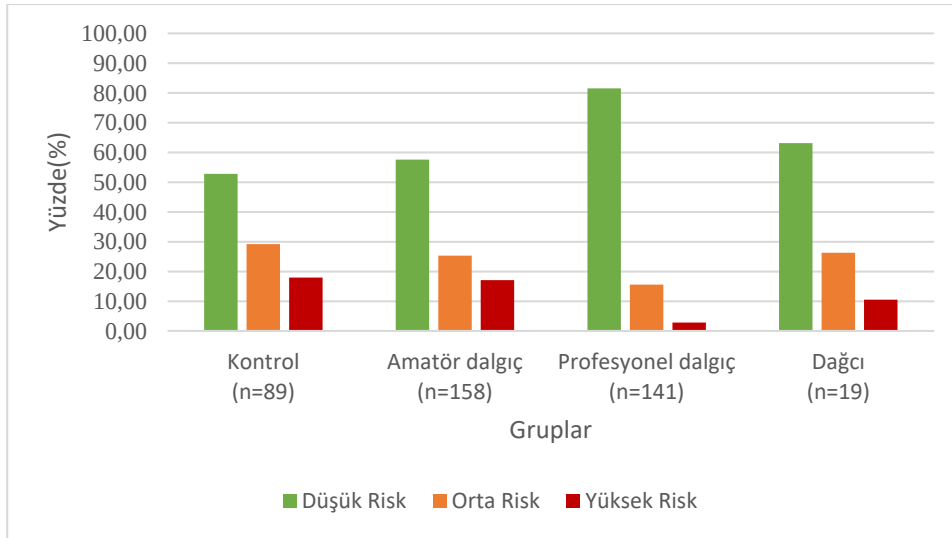
Şekil 5 Gruplara Göre ASRS-5 Puan Ortalamaları

ASRS-5 Risk Kategorilerine Göre DEHB Riskli Birey Dağılımı

ASRS-5 puanlarına göre bireyler düşük, orta ve yüksek risk gruplarına ayrılmıştır. Ki-kare testi sonucunda, gruplar arasında DEHB riskli birey dağılımı açısından anlamlı fark olduğu görülmüştür ($p < 0.05$). Post-hoc analizler, profesyonel dalgıç grubundaki yüksek riskli birey oranının kontrol grubuna ve amatör dalgıç grubuna kıyasla anlamlı derecede düşük olduğunu göstermektedir ($p < 0.05$). Amatör dalgıç ve kontrol grupları benzer risk dağılımlarına sahipken, dağcı grubu küçük örneklem nedeniyle anlamlı farklılık göstermemektedir (Tablo 3 ve Şekil 3).

Tablo 7 ASRS- 5'e göre DEHB riskli birey dağılımı

Grup	Düşük Risk %	Orta Risk %	Yüksek Risk %
Kontrol	52,80 (n=47)	29,21 (n=26)	17,98 (n=16)
Amatör dalgıç	57,59 (n=91)	25,32 (n=40)	17,08 (n=27)
Profesyonel dalgıç	81,56 (n=115)	15,60 (n=22)	2,84 (n=4)
Dağcı	63,16 (n=12)	26,32 (n=5)	10,53 (n=2)



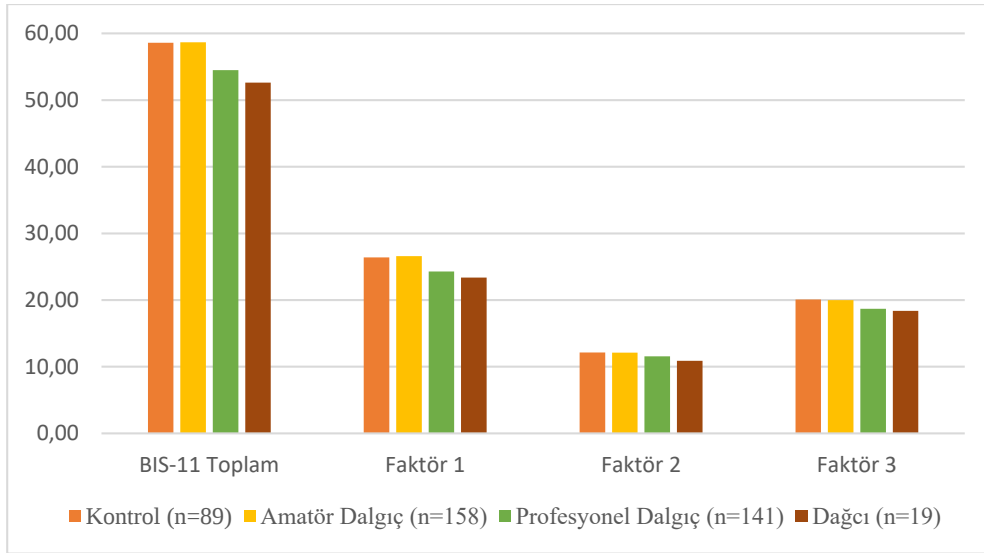
Şekil 6 ASRS- 5'e göre DEHB riskli birey dağılımı

BIS-11 ve Alt Faktör Puanlarının Gruplara Göre Karşılaştırılması

Shapiro-Wilk testi ile normal dağılmadığı tespit edilen gruplar için Kruskal-Wallis testi uygulanmış, gruplar arasında BIS-11 puanı ve 3 alt kırılım açısından anlamlı bir fark olduğu saptanmıştır ($p < 0.05$). Post-hoc analizler, profesyonel dalgıçların BIS-11 toplam puanının, kontrol ($p = 0.012$) ve amatör dalgıç ($p = 0.003$) gruplarına göre anlamlı şekilde düşük olduğunu göstermiştir. Alt faktörler açısından, profesyonel dalgıçların Faktör-1 (Motor Dürtüsellik ve Dikkatsizlik), Faktör-2 (Bilişsel Kararsızlık ve Değişkenlik) ve Faktör-3 (Planlamadan Yoksunluk) puanlarının da diğer gruplara kıyasla daha düşük olduğu gözlemlenmiştir ($p < 0.05$, **Tablo 4 ve Şekil 4**).

Tablo 8 BIS-11 ve Alt Faktör Puanları

	BIS-11	Faktör-1	Faktör-2	Faktör-3
Grup	ort±std	ort±std	ort±std	ort±std
Kontrol	58,61±9,49	26,39±5,24	12,12±2,30	20,09±3,38
Amatör dalgıç	58,69±10,60	26,59±6,01	12,11±2,63	19,99±3,54
Profesyonel dalgıç	54,50±9,15	24,28±4,97	11,55±2,66	18,68±3,25
Dağcı	52,63±7,11	23,37±4,76	10,89±1,44	18,37±2,13



Şekil 7 BIS-11 ve Alt Faktör puanları

Yaş ve Cinsiyetin ASRS-5 ve BIS-11 Üzerindeki Etkisi

Yaş ve cinsiyetin ASRS-5 puanları üzerinde anlamlı bir etkisi olduğu tespit edilmiştir. Yaş ile ASRS-5 puanları arasında zayıf ama istatistiksel olarak anlamlı bir negatif korelasyon tespit edilmiştir (Spearman $r = -0.156$, $p = 0.0016$). Bu sonuç, yaş arttıkça ASRS-5 puanının hafif bir düşüş eğiliminde olduğunu göstermektedir.

Cinsiyet açısından değerlendirildiğinde, kadınların ASRS-5 puan ortalaması erkeklere göre daha yüksek bulunmuştur (Kadınlar: 8,98, Erkekler: 7,63, $p < 0.05$). Ayrıca, kadın katılımcılarda ASRS-5 puanlarının dağılımı daha geniş olup (standart sapma kadınlarda daha yüksek), ortanca değerler de kadınlar için daha yüksektir. Bununla birlikte, yaş ve cinsiyetin etkisini yok ederek ASRS-5 puanları arasındaki grup farklılıklarını değerlendiren ANCOVA sonuçları, yaşın ASRS-5 puanları üzerinde etkili olduğunu ($p = 0.0022$), ancak cinsiyetin anlamlı bir etkisi olmadığını göstermektedir ($p = 0.3098$, $p > 0.05$). Ayrıca bu test gruplar arasında yaş ve cinsiyet etkisi kontrol edildiğinde bile ASRS-5 puanları açısından anlamlı farkın korunduğunu göstermiştir ($p = 0.000032$).

ASRS-5 puanları arasındaki post-hoc Tukey test sonuçları; yaş ve cinsiyet etkisi kontrol edildikten sonra bile profesyonel dalgıçların ASRS-5 puanlarının, kontrol ve amatör dalgıç gruplarına kıyasla anlamlı şekilde düşük olduğunu göstermiştir ($p < 0,05$).

BIS-11 toplam puanı ve Faktör-3 (Planlamadan Yoksunluk), yaş değişkeninden anlamlı şekilde etkilenmiştir. Ancak diğer alt kırılımlar açısından yaşın etkisi anlamlı bulunmamıştır ($p > 0,05$).

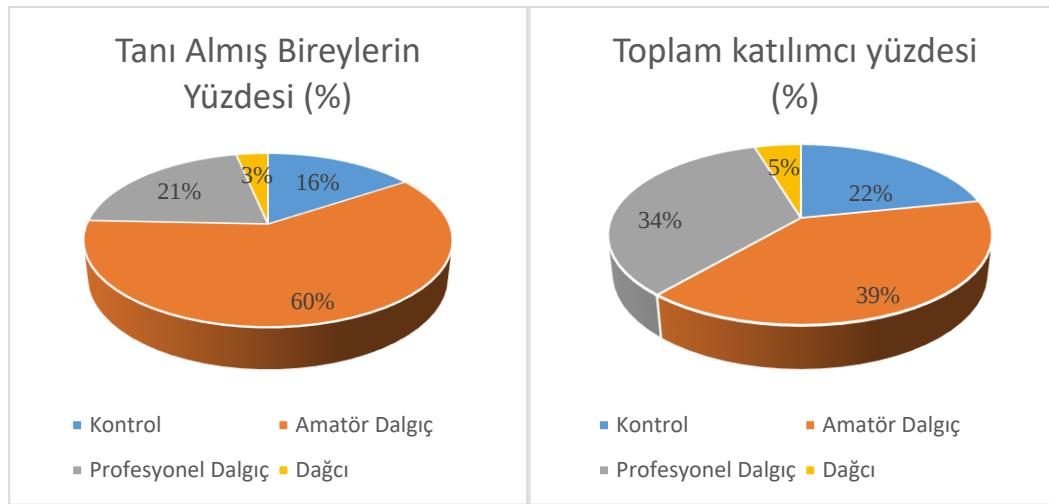
Yaş ile BIS-11 toplam puanı arasında zayıf bir negatif korelasyon tespit edilmiştir (Spearman $r =$

-0,15, $p = 0,0019$). Bu durum, yaş arttıkça bireylerin dürtüsellik düzeylerinin azaldığını göstermektedir.

BIS-11 puanı ve tüm alt faktörler açısından, kadınlar ve erkekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamaktadır ($p > 0,05$). Yaş ve cinsiyetin etkisini ortadan kaldıran ANCOVA sonuçları gruplar arasında BIS-11 toplam puanı ($p = 0,0012$), bilişsel dürtüsellik (Faktör 1) ve planlamadan yoksunluk (Faktör 3) alt kırılımları açısından gruplar arasında anlamlı farkın korunduğunu göstermiştir. Motor dürtüsellik (Faktör 2) açısından gruplar arasındaki fark ise ortadan kalkmıştır. Post-hoc Tukey test sonuçlarına göre **profesyonel dalgıçlar, yaş ve cinsiyet etkileri giderildiğinde bile hem amatör dalgıçlardan hem de kontrol grubundan anlamlı şekilde daha düşük dürtüsellik puanlarına sahiptir.** Bu fark, özellikle Faktör 1 (bilişsel dürtüsellik) ve Faktör 3 (planlamadan yoksunluk) alt boyutlarında belirgindir. ($p < 0,05$).

Önceden DEHB Tanısı Almış Bireylerin Gruplara Dağılımı

Önceden DEHB tanısı almış bireylerin gruplar arasındaki dağılımı incelendiğinde, en yüksek oran amatör dalgıç grubunda (%60,00) gözlemlenirken, en düşük oran profesyonel dalgıç grubunda (%3,33) tespit edilmiştir. Yapılan Ki-kare testi sonucunda, tanı almış bireylerin gruplar arasında rastgele dağıldığı ve belirli bir grup içinde anlamlı bir yoğunlaşmanın olmadığı belirlenmiştir ($p > 0,05$).



Şekil 8 Önceden DEHB tanılı birey dağılımı

DEHB Tanısı Öyküsü, ASRS Puanı ve İş Kazaları Arasındaki İlişkiler

Ailesinde DEHB tanısı öyküsü bulunan bireylerin ASRS toplam puanlarının, aile öyküsü olmayan bireylere kıyasla anlamlı derecede daha yüksek olduğu bulunmuştur ($p < 0,05$). Ancak bireyin kendisinin DEHB tanısı almış olması ile ASRS puanı arasında anlamlı bir ilişki tespit edilmemiştir.

($p > 0,05$). Bu durum, özbildirim ölçeklerinin tanısal doğruluk sınırlılığıyla ilişkili olabilir. Ayrıca, iş kazası geçirme öyküsü ile ASRS toplam puanı arasında anlamlı bir korelasyon saptanmamıştır ($p > 0,05$).

TARTIŞMA

Dikkat Eksikliği ve Hiperaktivite Bozukluğu (DEHB), dikkat, dürtü kontrolü ve yürütücü işlevlerde bozulmalara neden olan bir durum olup, yüksek risk içeren aktivitelerde performansı etkileyebilir. Özellikle dalış gibi karmaşık bilişsel ve motor beceriler gerektiren ortamlarda, DEHB belirtilerinin potansiyel etkileri daha kritik hale gelmektedir. Ancak, dalış popülasyonunda DEHB ve dürtüsellik düzeylerinin yaygınlığına dair literatürde sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışma, dalgıç popülasyonunda DEHB sıklığını ve dürtüsellik seviyelerini değerlendirmek, bu parametreleri yüksek irtifa dağcılığı ve genel popülasyon ile kıyaslayarak ekstrem sporlarla uğraşan bireylerde DEHB'nin potansiyel etkilerini anlamaya yönelik bilimsel bir temel oluşturmayı amaçlamaktadır. Elde edilen bulgular, dalış güvenliği açısından riskleri değerlendirmek ve koruyucu stratejiler geliştirmek için önemli bir temel oluşturacaktır.

Ülkemizde erişkin DEHB sıklığına dair toplum temelli araştırmalar oldukça sınırlıdır. Mevcut veriler daha çok özel hasta grupları ya da DEHB tanısı almış çocukların ebeveynleri üzerinde yapılan çalışmalardan elde edilmiştir. Örneğin, bipolar bozukluğu veya alkol bağımlılığı olan bireylerde erişkin DEHB oranlarının belirgin şekilde yüksek olduğu, DEHB'li çocukların ebeveynlerinde ise bu oranın %24'ün üzerine çıktığı bildirilmektedir. Genel erişkin psikiyatri polikliniğine başvuran bireylerde yapılan bir tarama çalışmasında ise DEHB sıklığı %2'nin altında bulunmuştur (7)

Çalışmamızda, profesyonel dalgıçların hem dikkat eksikliği ve hiperaktivite bozukluğu (DEHB) belirti düzeyi hem de dürtüsellik semptom düzeyinde, hem amatör dalgıçlara hem de genel popülasyona kıyasla anlamlı şekilde daha düşük puanlar gösterdiği saptanmıştır. ASRS-5 toplam puanı açısından profesyonel dalgıçların daha düşük ortalamalara sahip olması, profesyonel dalış pratiğinin dikkat eksikliği semptomlarıyla negatif bir ilişki içinde olabileceğini düşündürmektedir.

Ayrıca, profesyonel dalgıç grubundaki yüksek riskli DEHB oranının (%2,84), hem kontrol (%17,98) hem de amatör dalgıç grubuna (%17,08) kıyasla anlamlı şekilde daha düşük bulunması, bu örnekleme DEHB'ye yatkınlığın oldukça sınırlı olduğunu ortaya koymaktadır.

BIS-11 analizleri de benzer şekilde, profesyonel dalgıçların dürtüsellik alt boyutlarında en düşük puanlara sahip olduğunu göstermiştir. Planlamadan yoksunluk (Faktör-3) ve bilişsel kararsızlık (Faktör-2) gibi alt alanlarda da düşük skorlar elde edilmesi, bu grubun daha kontrollü ve bilinçli karar alma süreçlerine sahip olduğunu düşündürmektedir. Yaş ve cinsiyet gibi potansiyel karıştırıcı değişkenlerin kontrol edilmesine rağmen bu farkların anlamlılığını koruması, bulgularımızın istikrarlı olduğunu göstermektedir.

Profesyonel meslek gruplarında erişkin DEHB'yi inceleyen ulusal ve uluslararası çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu kısıtlı literatür içinde, özellikle Van Wijk ve Meintjes'in dalgıç popülasyonu üzerinde yürüttüğü çalışmalar öncü nitelikte kabul edilmektedir (16,26).

Çalışmamızda gözlenen düşük riskli birey oranı (%2,84), Van Wijk ve Meintjes'in Güney Afrika donanma dalgıçları üzerinde gerçekleştirdiği çalışmadaki %2,6'luk DEHB prevalansı ile büyük ölçüde örtüşmektedir (26). Söz konusu çalışmada, DSM-5 kriterlerine dayalı klinik değerlendirme sonucunda saptanan bu düşük oran, donanma dalgıçlarının seçici ve disiplinli yapısıyla ilişkilendirilmiştir.

Buna karşılık, Van Wijk'in 2020 yılında 245 ticari dalgıç üzerinde gerçekleştirdiği bir diğer çalışmada, özbildirim yöntemiyle değerlendirilen DEHB prevalansı %5,7 olarak bulunmuştur (16). Bu oran, hem donanma dalgıçlarına hem de bizim çalışmamıza kıyasla daha yüksektir. Ayrıca, benzer ölçüm yöntemi (AASS-5) ile genel iş gücü örnekleminde tespit ettikleri %3,3'lük prevalanstan da yüksektir (27). Bu durum, ticari dalgıç grubunun DEHB açısından daha riskli bir profil sunabileceğine işaret etmektedir. Ancak kullanılan yöntem, tanı kriterleri ve değerlendirme araçları gibi metodolojik etkenlerin de sonuçlar üzerindeki etkisinin dikkatle incelenmesi gerektiği düşünülmektedir.

Bu farkın açıklanmasında iki temel etken ön plana çıkmaktadır. Birincisi, kullanılan ölçme aracıdır. Ticari dalgıç çalışmasında AASS-5 özbildirim ölçeği kullanılmışken, donanma örnekleminde doğrudan klinik görüşme gerçekleştirilmiştir. Öz bildirim ölçeklerinin DEHB prevalansını olduğundan yüksek raporlama eğilimi taşıdığı bilinmektedir. Nitekim aynı örnekleme DSM-5 kriterlerine göre %5,7 olarak belirlenen prevalans, WHO Set-A kriterlerine göre %2,0'ye düşmektedir. Bu bulgu, kullanılan yöntemin elde edilen sonuçlar üzerindeki etkisini açıkça ortaya koymaktadır.

İkinci olarak, örneklem farklılığı da sonuçların yorumlanmasında önemlidir. Bizim çalışmamızda, donanma, polis, itfaiye, sanayi dalgıçları ve dalış eğitmenlerinden oluşan, farklı mesleki

geçmişlere sahip bireylerden meydana gelen karma bir profesyonel dalgıç örneklemini yer almaktadır. Bu grup, disiplin ve dikkat gereksinimi açısından yüksek eşığe sahip bireyleri içermekte olup, yalnızca ticari dalgıçlardan oluşan örneklemelerden metodolojik olarak ayrılmaktadır.

SONUÇ

Bu çalışmada kullanılan metodolojik yaklaşım, elde edilen bulguların güvenilirliğini ve karşılaştırılabilirliğini artırmıştır. Tüm gruplara aynı yöntemin (özbildirim yoluyla uygulanan ASRS-5) kullanılması, verilerin tutarlılığını sağlamış; DSM-5 kriterlerine dayalı, Türkçe geçerlilik ve güvenilirliği kanıtlanmış güncel bir ölçeğin tercih edilmesi, ölçüm kalitesini güçlendirmiştir. Ayrıca yalnızca DEHB belirtileri değil, dürtüsellik düzeyi de BIS-11 ölçeği aracılığıyla çok boyutlu şekilde değerlendirilmiş, bu sayede davranışsal özellikler daha ayrıntılı biçimde analiz edilmiştir.

Elde edilen bulgular, profesyonel dalgıçların hem ASRS-5 toplam puanı hem de yüksek riskli birey oranı açısından diğer gruplara göre anlamlı derecede daha düşük değerlere sahip olduğunu ortaya koymuştur. Bu durum, BIS-11 alt faktörleriyle de desteklenmiş; özellikle planlamadan yoksunluk ve bilişsel kararsızlık boyutlarında gözlenen düşük puanlar, profesyonel dalgıçların daha kontrollü, planlı ve bilinçli kararlar alabilen bireyler olabileceğini düşündürmektedir.

Bu noktada, bazı spekülasyon ama anlamlı sorular ortaya çıkmaktadır: Dalış eğitimi ve profesyonel deneyim zamanla bireylerin DEHB belirtilerini ve dürtüsellik düzeylerini azaltıcı bir etki yaratmakta mıdır? Yoksa zaten bu semptomlara daha az sahip bireyler mi profesyonel dalış kariyerine yönelmektedir? Ya da dürtüsel eğilimleri daha belirgin olan bireyler, bu yüksek dikkat ve özdenetim gerektiren mesleki ortamlarda doğal bir eleme süreciyle sistem dışında mı kalmaktadır?

Sonuç olarak, elde edilen veriler profesyonel dalgıçların DEHB açısından düşük risk taşıyan bir grup olduğunu göstermekte; bu durumun, mesleki seçim süreçlerinin bir yansıması olabileceği düşünülmektedir. Gelecekte yapılacak çalışmalarda, bu seçilimin alt gruplar (donanma, sanayi, polis, itfaiye dalgıçları vb.) üzerindeki farklılaşmalarını ve bu ilişkinin nedenselliğini ortaya koyacak uzunlamasına araştırmaların planlanması önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

1. American Psychiatric A. Diagnostic and statistical manual of mental disorders. 5th ed. Arlington, VA: American Psychiatric Publishing; 2013.
2. Barkley RA, Fischer M, Smallish L, Fletcher K. The persistence of attention-deficit/hyperactivity disorder into young adulthood as a function of reporting source and definition of disorder. *Journal of Abnormal Psychology*. 2002;111(2):279-89.
3. Faraone SV, Biederman J, Mick E. The age-dependent decline of attention deficit hyperactivity disorder: A meta-analysis of follow-up studies. *Psychological Medicine*. 2006;36(2):159-65.
4. Fayyad J, De Graaf R, Kessler R, Alonso J, Angermeyer M, Demyttenaere K, et al. Cross-national prevalence and correlates of adult attention-deficit hyperactivity disorder. *Br J Psychiatry*. 2007;190:402-9.
5. Clarke S, Heussler H, Kohn MR. Attention deficit disorder: not just for children. *Intern Med J*. 2005;35(12):721-5.
6. Greydanus DE, Pratt HD, Patel DR. Attention deficit hyperactivity disorder across the lifespan: the child, adolescent, and adult. *Dis Mon*. 2007;53(2):70-131.
7. Çak HT, Tufan AE. Erişkin Dikkat Eksikliği Hiperaktivite Bozukluğu: Nörobiyoloji, Tanı Sorunları ve Klinik Özellikler. *Psikiyatride Güncel Yaklaşımlar*. 2015;7(2):178–92.
8. Asherson P. Clinical assessment and treatment of attention deficit hyperactivity disorder in adults. *Expert Review of Neurotherapeutics*. 2005;5(4):525-39.
9. Kessler RC, Adler L, Barkley R, Biederman J, Conners CK, Demler O, et al. The prevalence and correlates of adult ADHD in the United States: results from the National Comorbidity Survey Replication. *Am J Psychiatry*. 2006;163(4):716-23.
10. Smith JA. Attention deficit hyperactivity disorder in extreme sports: A comparative study. *Journal of Neuropsychology*. 2018;22(4):411-25.

11. Williams RT. Prevalence of ADHD traits in adventure sports athletes. *Journal of Sports Psychology*. 2019;47(5):122-30.
12. Cherkasova MV, Faridi N, Casey KF, et al. (2017). Exploratory Decision-Making in Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *NeuroImage: Clinical*, 13, 51-59. DOI: 10.1016/j.nicl.2016.11.015.
13. Faraone SV, Rostain AL, Montano CB, et al. (2022). Adult ADHD and the World of Work. *The Lancet Psychiatry*, 9(2), 91-102. DOI: 10.1016/S2215-0366(21)00411-6.
14. Kessler RC, Lane M, Stang PE, Van Brunt DL. The prevalence and workplace costs of adult attention deficit hyperactivity disorder in a large manufacturing firm. *Psychological Medicine*. 2009;39(1):137-47.
15. Shoham R, Sonuga-Barke E, Yaniv I, Pollak Y. ADHD is associated with a widespread pattern of risky behavior across activity domains. *Journal of Attention Disorders*. 2019;23(8):844-52.
16. Van Wijk CH, Meintjes WAJ. Adult attention-deficit/hyperactivity disorder prevalence among commercial divers in South Africa. *Diving and Hyperbaric Medicine*. 2020;50(2):164-7.
17. Johnson LM. Risk-taking behaviors and ADHD symptoms in high-altitude climbers. *Journal of Risk Research*. 2020;23(3):350-62.
18. Bahrke MS, Shukitt-Hale B. (2020). Effects of Altitude on Mood, Behavior, and Cognitive Function. *Sports Medicine*, 50(4), 743-756. DOI: 10.1007/s40279-019-01230-5.
19. Taylor MR, Oliver SJ, Kipps C, et al. (2021). The Effect of High-Altitude Hypoxia on Cognitive Performance: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Physiology*, 12, 681038. DOI: 10.3389/fphys.2021.681038.
20. Burgess KR, Ainslie PN, Johnson BD. (2019). Hypoxia and the Brain: From Mechanisms to Management. *Comprehensive Physiology*, 9(3), 1269-1303. DOI: 10.1002/cphy.c180034.
21. Paralikar SJ, Paralikar JH. High-altitude medicine. *Indian J Occup Environ Med*. 2010 Jan;14(1):6-12. doi: 10.4103/0019-5278.64608. PMID: 20808661; PMCID: PMC2923424.

22. Ustun, B., Adler, L. A., Rudin, C., Faraone, S. V., Spencer, T. J., Berglund, P., Gruber, M. J., Kessler, R. C. (2017). The World Health Organization Adult Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder Self-Report Screening Scale for DSM-5. *JAMA Psychiatry*, 74(5), 520-526. DOI: 10.1001/jamapsychiatry.2017.0298.
23. Aslan Genç, H., Çarkaxhiu Bulut, G., Yorguner Küpeli, N., Yazgan, Y., & Bulut, S. (2021). DSM-5 için Erişkin DEHB Öz Bildirim Tarama Ölçeği (ASRS-5) Türkçe çeviri ve uyarlama çalışması. *Türk Psikiyatri Dergisi*, 32(2), 89-98.
24. Güleç, H., Tamam, L., Güleç, M. Y., Turhan, M., Karakuş, G., Zengin, M., & Stanford, M. S. (2008). Barratt Dürtüsellik Ölçeği-11'in Türkçe uyarlamasının psikometrik özellikleri. *Klinik Psikofarmakoloji Bülteni*, 18(4), 251-258.
25. Patton, J. H., Stanford, M. S., & Barratt, E. S. (1995). Factor structure of the Barratt Impulsiveness Scale. *Journal of Clinical Psychology*, 51(6), 768-774. DOI: 10.1002/1097-4679(199511)51:6<768::AID-JCLP2270510607>3.0.CO;2-1.
26. Van Wijk CH, Meintjes WAJ. Associations Between Adverse Underwater Events and ADHD Diagnosis Among Military Divers. *J Atten Disord*. 2021;25(6):848-50.
27. Van Wijk CH. Adult ADHD in the South African workplace: the usefulness of a self-report screening measure and preliminary prevalence estimates. *South African Journal of Psychology*. 2019;50(2):262-273. doi:10.1177/0081246319870780.

S05- HİPERBARİK OKSİJEN TEDAVİSİ SIRASINDA VE SONRASINDA TRANSKÜTAN OKSİJEN BASINCI DÜZEYLERİNİN TAKİBİ

Bekir Özcan, Şamil Aktaş

İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi

Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Anabilim Dalı

GİRİŞ

Oksijen, hücresel düzeyde enerji üretiminin temel yapıtaşıdır ve hiperbarik oksijen tedavisi (HBOT), doku oksijenasyonunu artırarak birçok klinik durumda destekleyici rol üstlenmektedir. HBOT sırasında, dokulara ulaşan oksijen miktarında belirgin bir artış gözlenmekte, ancak bu artışın tedavi sonrasında ne kadar süre devam ettiği halen tartışmalıdır. Bu çalışma, HBOT süresince ve sonrasında transkütan oksijen basıncı (TcPO₂) düzeylerinin seyrini değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

GEREÇ VE YÖNTEM

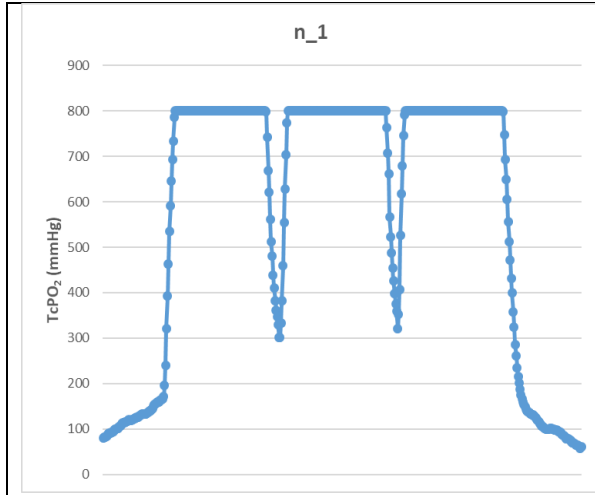
Çalışmaya yaş ortalaması $36,89 \pm 12,86$ olan 9 katılımcı dahil edilmiştir. Bunlardan 4'ü ani işitme kaybı, 4'ü kemiğin avasküler nekrozu tanılı hasta, 1'i ise sağlıklı gönüllüdür. Katılımcılara standart HBOT protokolü uygulanmış ve seans öncesi, seans sırası ve seans sonrası olmak üzere farklı zamanlarda TcPO₂ ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler sağ ön kolun ventral yüzeyinden alınmış ve 15 saniyelik aralıklarla toplam 10 dakika boyunca izlenmiştir. TcPO₂ ölçümleri transkütan oksijen monitörü ile gerçekleştirilmiştir. Verilerin istatistiksel analizi IBM SPSS 30.0 programı ile yapılmış; normal dağılım Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk testleriyle değerlendirilmiş, ölçümler arası farklar ise İlişkili Gruplar T Testi ve Wilcoxon testi ile analiz edilmiştir.

BULGULAR

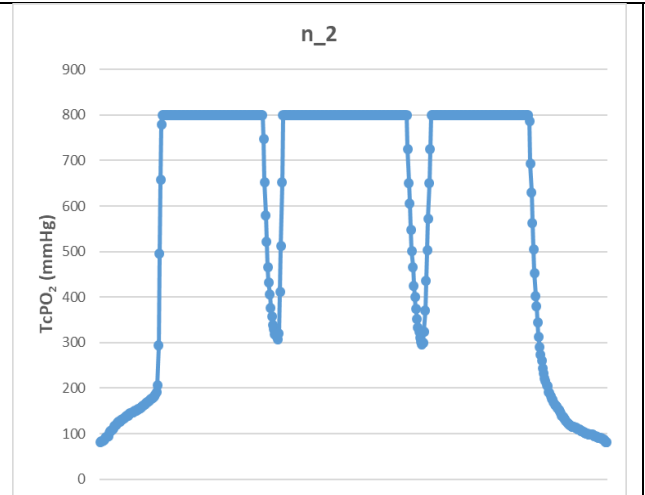
HBOT sırasında TcPO₂ düzeylerinde anlamlı bir artış gözlemlenmiştir. Tedavi süresince doku oksijen basıncının supranormal değerlere ulaştığı, tedavi sonrasında ise bu düzeylerin kademeli olarak düştüğü belirlenmiştir. Ortalama TcPO₂ değeri, HBOT sonrası ilk 5-6 dakikalık sürede yüksek seyretmiş, 6. dakikadan itibaren ise anlamlı şekilde azalarak başlangıç seviyelerine dönmüştür. Bu sonuçlar, oksijenin dokularda uzun süre birikmediğini, metabolik süreçlerde hızla tüketildiğini göstermektedir.

Tablo 1. Katılımcıların demografik verileri (AİK: Ani işitme kaybı, AVN: Kemiğin avasküler nekrozu)

CİNSİYET	YAŞ (yıl)	BOY (cm)	KİLO (Kg)	TANI
E	24	177	66	AİK
E	26	172	70	İÇ YARDIMCI
K	46	166	95	AİK
K	44	160	68	AVN
K	56	164	74	AİK
E	48	181	91	AVN
E	28	178	82	AVN
E	41	168	72	AİK
E	19	186	61	AVN
ORT	36,89	172,44	75,44	
SD	12,86	8,63	11,53	



Şekil 1. 1 no'lu denneğin TcPO₂ değerleri



Şekil 2. 2 no'lu denneğin TcPO₂ değerleri

Deneklerin tedavi öncesi, tedavi süresince ve tedavi bitişinden 10 dakika sonraya kadar TcPO₂ değerleri grafikler halinde gösterilmektedir.

Tablo 2. Deneklerin TcPO₂ değerleri

Denek	TEDAVİ ÖNCESİ	TEDAVİ SONU	1. DK	2. DK	3. DK	4. DK	5. DK	6.DK	7.DK	8.DK	9.DK	10.DK
1	80	107	100	101	99	96	89	81	76	69	64	60
2	81	128	119	114	110	105	100	98	94	90	88	82
3	80	132	118	108	99	90	84	82	80	80	78	76
4	86	106	85	84	80	80	78	80	78	78	82	80
5	88	222	184	152	132	116	110	102	98	90	84	78
6	86	138	124	114	109	102	94	92	90	88	90	82
7	79	180	153	135	126	115	107	99	96	94	88	82
8	68	139	125	114	109	104	102	99	88	86	82	78
9	78	88	86	82	80	78	78	76	76	70	68	70
ORT	80.7	137.8	121.6	111.6	104.9	98.4	93.6	89.9	86.2	82.8	80.4	76.4
SD	5.9	41.0	31.6	22.2	17.8	13.7	12.0	10.1	8.9	9.0	9.0	7.3
P		0.003	0.004	0.003	0.004	0.007	0.023	0.051	0.130	0.555	0.946	0.176

Deneklerden tedavi öncesi, tedavi bitişi ve tedavi bitişinden sonra birer dakika aralarla 10 dakika boyunca elde edilen TcPO₂ değerlerinin ortalamaları gösterilmektedir.

TARTIŞMA

Bu çalışmada elde edilen bulgular, HBOT'nin doku oksijenasyonunu geçici olarak artırdığını, ancak bu etkinin kısa süreli olduğunu ortaya koymaktadır. Bazı literatür kaynaklarında HBOT sonrası oksijen basıncının 1-2 saat yüksek kaldığı yönündeki iddialara karşın, bu çalışmada TcPO₂ değerlerinin kısa sürede normale döndüğü gözlemlenmiştir. Bu durum, oksijenin fizyolojik olarak dokularda depolanmayan ve sürekli tüketilen bir gaz olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca, çalışmanın örnekleminde yer alan farklı klinik tanı gruplarında benzer TcPO₂ seyirlerinin izlenmiş olması, bu etkinin genellenebilirliğini desteklemektedir.

SONUÇ

HBOT, doku oksijenasyonunu kısa süreli olarak artırmakta, ancak bu artış seans sonrasında hızla azalmaktadır. Transkütan oksijen ölçümleri, HBOT'nin doku üzerindeki etkisinin geçici olduğunu ve oksijenin metabolik süreçlerde hızla tüketildiğini göstermektedir. Tedavi sonrası oksijen basıncı yüksekliğinin uzun süre devam ettiğine dair varsayımlar bu çalışmada doğrulanmamıştır. Bu nedenle HBOT protokollerinin planlanmasında, doku oksijenasyonunun kısa süreli etkisinin dikkate alınması önerilmektedir.

Bu tez çalışması, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (BAP) tarafından TTU-2024-40800 proje koduyla desteklenmiştir. Sağladıkları destekten dolayı İstanbul Üniversitesi BAP Birimi'ne teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

1. Jain KK. Textbook of Hyperbaric Medicine. 6th ed. Springer; 2017.
2. Tibbles PM, Edelsberg JS. Hyperbaric-oxygen therapy. N Engl J Med. 1996;334(25):1642-1648.
3. Bitterman N. CNS oxygen toxicity. Undersea Hyperb Med. 2004;31(1):63-72.
4. Feldmeier JJ. Hyperbaric Oxygen 2003: Indications and Results: The Hyperbaric Oxygen Therapy Committee Report. UHMS; 2003.
5. Mathieu D. Handbook on Hyperbaric Medicine. Springer Science & Business Media; 2006.
6. Sheffield PJ. Tissue oxygen measurements with respect to soft-tissue wound healing with normobaric and hyperbaric oxygen. Hyperbaric Oxygen Rev. 1985;6:18-46.
7. Löndahl M, Katzman P, Nilsson A, Hammarlund C. Hyperbaric oxygen therapy facilitates healing of chronic foot ulcers in patients with diabetes. Diabetes Care. 2010;33(5):998-1003.
8. Kindwall EP, Whelan HT. Hyperbaric Medicine Practice. 3rd ed. Best Publishing Company; 2008.
9. Bakker DJ. Hyperbaric oxygen therapy and the diabetic foot. Diabetes Metab Res Rev. 2000;16(S1):S55-58.
10. Weaver LK. Hyperbaric oxygen therapy indications. 13th ed. Undersea and Hyperbaric Medical Society; 2014.
11. Buras JA. Basic mechanisms of hyperbaric oxygen in the treatment of ischemia–reperfusion injury. Intensive Care Med. 2000;26(9):1361-1363.
12. Thom SR. Hyperbaric oxygen: its mechanisms and efficacy. Plast Reconstr Surg. 2011;127(Suppl 1):131S-141S.
13. van Hulst RA, Klein J, Lachmann B. Gas embolism: pathophysiology and treatment. Clin Physiol Funct Imaging. 2003;23(5):237-246.
14. Nylander G, Nordström H, Franzén L, Larsson J. Effects of hyperbaric oxygen treatment on intramuscular PO₂ in rats. J Orthop Res. 1986;4(4):425-430.
15. Kalliainen LK. Wound healing and hyperbaric oxygen treatment. Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg. 2004;12(6):486-490.

S06- HİPERBARİK OKSİJEN TEDAVİSİ UYGULANAN ÇOCUK OLGULARIN RETROSPEKTİF ANALİZİ

Selin Gamze Sümen

SBÜ, Hamidiye Uluslararası Tıp Fakültesi Dr. Lutfi Kırdar Şehir Hastanesi

Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp AD

GİRİŞ

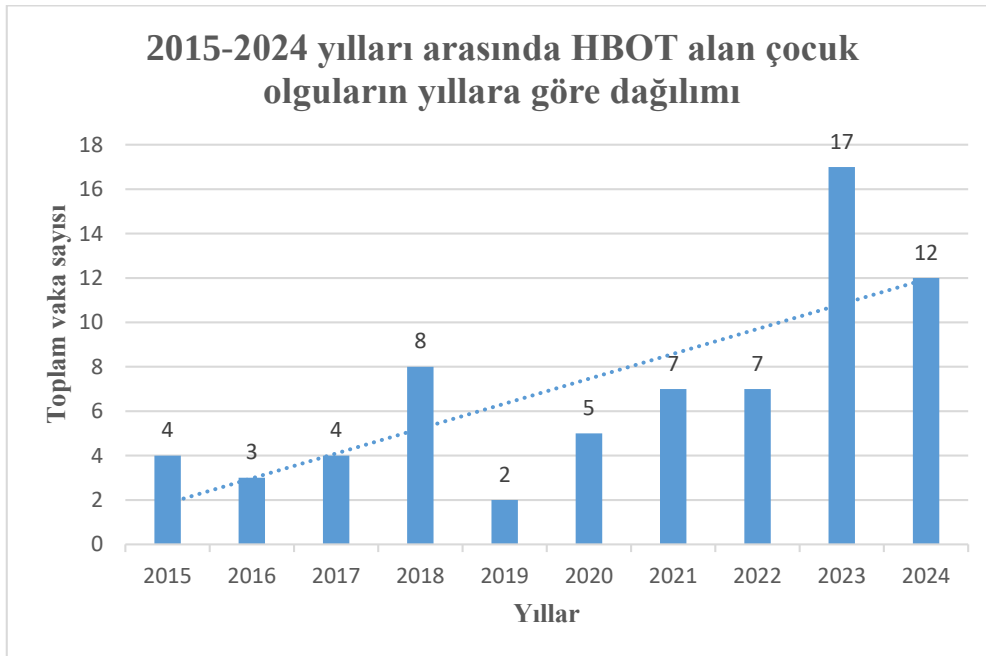
Temel bilimler ve klinik araştırmalardaki sonuçlar, hiperbarik oksijen tedavisinin (HBOT) standart oksijen tedavilerine kıyasla daha faydalı etkileri olduğunu ortaya koymuştur. Bu etkiler; hiperoksi, ödem azaltmak, immunmodülatuvar etki, klostridial bakteri toksin üretimini baskılamak, dokuda yer kaplayan gaz kabarcığı hacmini küçültmek, reperfüzyon hasarını önlemek ve inflamatuvar süreçlerdeki fonksiyonlardır. Ayrıca tedavinin önemli bir özelliği iskemik kemik dokusunda oksijenlenmeyi artırarak osteoblastik aktiviteyi hızlandırmaktır (1,2). HBOT yaygın olarak erişkin yaş grubundaki hastalarda pek çok hastalığın tedavisinde farklı ihtiyaçları karşılamak üzere kullanılır. Farklı bir yaş grubu olan çocuklarda ise, erişkinlere benzer bazı endikasyonlarda güvenle kullanıldığı bilinmektedir. Belli başlı endikasyonlar; karbonmonoksit zehirlenmesi, akut travmatik iskemiler (crush sendromu/kompartman sendromu), ani idiopatik sensörinöral işitme kaybı, ani görme kaybı (santral retinal arter tıkanıklığı), kronik osteomyelit vb.dir (2,3). Önemli bir ayrıntı, HBOT'nin dünyada ve ülkemizde erişkin yaş grubuna kıyasla çocuklarda daha az tercih edildiğidir. Bu farklılığın bazı sebeplere bağlı olduğu düşünülür. Buradan yola çıkarak, biz de çalışmamızda kliniğimize HBOT için yönlendirilen çocukların tedavi endikasyonları açısından retrospektif olarak değerlendirmeyi amaçladık.

YÖNTEM

Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Dr. Lutfi Kırdar Şehir Hastanesi, Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Kliniğinde 2015-2025 yılları arasında, tedaviye alınan çocuk hastaların (0-18 yaş altı) hastanedeki kayıtları retrospektif olarak incelendi. Hastalar Hipertech 2009 Zyron çok kişilik basınç odasında, 2-3 ATA (Absolute atmosfer basıncı) basınç altında %100 oksijen solutularak tedavi uygulanmıştı. Olguların demografik özellikleri, yıllara ve endikasyonlarına göre dağılımı dikkate alınarak analiz edildi.

BULGULAR

Kliniğimizde belirlenen tarihler arasında 18 yaş altı toplam 69 çocuk hasta hiperbarik oksijen tedavisi uygulandı. Hastaların 22'si kadın, 47'si erkekti. Yaş ortalaması 11,68 olup, yaş aralığı 28 gün ile 17 yıl arasında değişmekteydi. Vakalar sıklığına göre endikasyon sınıflandırması; crush/kompartman sendromu %36,23, ani idiyopatik sensörinöral işitme kaybı (SNİK) % 15,9, karbon monoksit zehirlenmesi %13, kemiğin idiyopatik aseptik nekrozu %8,69, kronik osteomyelit %5, yanık %4 ve diğer olgulardı. Hiperbarik oksijen tedavisi uygulanan hastaların tedavi süreçlerinde medikal ve cerrahi işlemlerle birlikte interdisipliner bir yaklaşım mevcuttu. Tedavi edilen olguların toplam sayısının yıl bazlı dağılımına bakıldığında HBOT yönlendirilen olguların sayısında bariz bir artış olduğu gözlemlendi. (Grafik-1). Tedaviye kendi isteği veya yönlendiren hekimin isteği ile devam edemeyen hastaların oranı %23 civarındaydı. Olguların yaklaşık %77'si ise uygun görülen tedavi protokolünü tamamlayabildi. Olguların en küçüğü 28 günlüktü ve diğer olgu ise 1 aylıktı. İkinci olgu Patent Ductus Arteriosis+Atriyal Septal Defekt+Pulmoner Atrezi tanılarına yönelik yapılan cerrahi işlem sonrasında sol bacak ve ayakta kritik iskemi bulguları ile tedaviye alındı. 28 günlük bebekte ise girişimsel işlem sonrası sol ayakta kritik iskemi tanısı mevcuttu. Toplamda tüm olgulara 954 seans HBOT uygulandı ve tedavilerde ciddi bir yan etki ile karşılaşılmadı.



Grafik-1: Tedavi edilen olguların toplam sayısının yıllara göre dağılımı

TARTIŞMA

HBOT uygulamaları çocuklarda erişkinlere benzer endikasyonlar için tercih edilir. CO zehirlenmesi, ani görme kaybı, crush yaralanması/kompartman sendromu ve hipoksik ensefalopati acil endikasyonlar arasındadır (1). Farklı nedenlerden kaynaklanan yara iyileşmesi problemlerinde ise rutin günlük uygulamalarla tedaviler uygulanır. Araştırmamızda olguların çoğunluğunu crush yaralanması/kompartman sendromu grubu oluşturdu. Ardından gelen diğer endikasyon grubu ise ani idiyopatik işitme kaybıydı. Literatür incelendiğinde Freitas ve ark. 134 çocuk hastanın HBOT uygulamalarının sonuçları yaş ortalaması biraz daha yüksek 14 yaş olup, endikasyonlar içinde olguların çoğu CO zehirlenmesi tanısı ile tedavi almıştı. 2006-2012 yılları arasında tedavi endikasyonlarında CO zehirlenmesi grubunu ani idiyopatik işitme kaybı izlemektedir (4). Bizim verilerimize baktığımızda, tedaviye aldığımız olguların içinde CO zehirlenmesinin sayısı daha azdı. Bu farklılığın nedeni, İstanbul gibi büyük bir şehirde ısınmak için artık soba yerine doğalgaz kullanılıyor olmasına bağlanabilir. Ayrıca ilimizde başka illerden daha fazla sayıda HBOT merkezi bulunmaktadır. Olgular bu merkezler arasında dağıldığından merkezimize başvuran hasta sayısı düşük olabilir. CO zehirlenmesinde HBOT konusunda kısıtlı sayıda araştırma vardır. Geç sekel ile ilgili sonuçlar bilinmemektedir. Crush yaralanması/kompartman sendromu olgularının daha fazla sayıda olması, hastanemizin bölgedeki en büyük ve eski travma merkezlerinden olması ile ilişkilendirilebilir. Bu nedenle bu tür vakalar daha fazla tedavi şansına sahip olabilmektedir.

Yaş dağılımına baktığımızda bir yaş altında en küçüğü 28 günlük ve 1 aylık iki olgumuz vardı. Literatürde yenidoğanlarda kullanımında etkinliği ve güvenilirliği ile kısıtlı sayıda olgu sunumu yayınlar mevcuttur (5). 1990 yılında yara iyileşmesi gecikmiş dört yenidoğanda hiperbarik oksijen kullanımı rapor edilmiştir. Hiperbarik oksijen tedavi sonrasında yara iyileşmesinin hızlandığı gözlemlenmiştir. Ayrıca çocukların hiçbirinde ciddi yan etkilere rastlanmamıştır (6). Başka bir çalışmada 0-12 ay bebeklerde tedavi sonucunda çoğu hastada akut belirtilerin tamamen düzeldiği (n = 40,% 74) HBOT ile ilişkili herhangi bir komplikasyonun gelişmediğinden bahsedilir. Her iki çalışmada, HBOT'un bebekler için güvenli ve etkili bir tedavi olabileceğinden bahsedilir (6,7). Sonuçlarımız, literatürde yer alan çocuk olguların verileriyle benzerlik göstermektedir. Pek çok olgunun progresyonuna bakıldığında HBOT'nin etkinliği ortaya konmaktadır. HBOT çocuk olgularda da geniş endikasyon alanı ile etkili ve güvenli bir tedavi seçeneği olarak kabul edilir. HBOT uygulanan çocuk hastalarda endikasyon çeşitliliği, coğrafi bölge, kurulum merkezi ve erişilebilirliğe göre değişiklik gösterebilir.

SONUÇ

Çalışmamız, HBOT'nin çocuklarda çeşitli endikasyonlarda etkinliğini ve tedavi süreçlerinin başarıyla yönetildiğini ortaya koymaktadır. Hiperbarik oksijen tedavisi, etkili bir tedavi olup, çocuk hastalarda iyileşme süreçlerini hızlandıran önemli bir seçenektir. Çocuk hastalarda HBOT'nin uygulanması ile kısıtlı sayıda çalışma vardır. Çocuk hastalar için bilimsel komitelerce hazırlanacak endikasyonların güncellendiği ve tedavi protokollerini içeren uzlaşi raporlarına ihtiyaç bulunmaktadır.

KAYNAKLAR

- 1.Siewiera J, Mews J, Królikowska K, Kalicki B, Jobs K. Hyperbaric oxygenation in pediatrics: indications in the light of evidence - based medicine. Dev Period Med. 2019;23(2):142-148. doi: 10.34763/devperiodmed.20192302.142148. PMID: 31280252; PMCID: PMC8522372.
2. 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 Hyperb Med. 2017 Mar;47(1):24-32. doi: 10.28920/dhm47.1.24-32. Erratum in: Diving Hyperb Med. 2017 Jun;47(2):131-132. doi: 10.28920/dhm47.2.131-132. PMID: 28357821; PMCID: PMC6147240.
3. Aydin F. Hyperbaric oxygen treatment in children: experience in 329 patients. Diving Hyperb Med. 2023 Sep 30;53(3):203-209. doi: 10.28920/dhm53.3.203-209. PMID: 37718293; PMCID: PMC10735713.
4. Freitas C, Salazar L, Duarte-Costa S, Fraga C, Monteiro S, Camacho Ó. Hyperbaric Medicine in Pediatrics - reality of a Portuguese reference center. Rev Paul Pediatr. 2024 Jul 8;43:e2023230. doi: 10.1590/1984-0462/2025/43/2023230. PMID: 38985051; PMCID: PMC11251448.
5. Mirasoglu B, Cetin H, Ozdemir Akgun S, Aktas S. Hyperbaric oxygen treatment for intrauterine limb ischaemia: a newborn in the chamber. Diving Hyperb Med. 2021 Jun 30;51(2):220-223. doi: 10.28920/dhm51.2.220-223. PMID: 34157740; PMCID: PMC8426121.
- 6.Vazquez RL, Spahr RC. Hyperbaric oxygen use in neonates. A report of four patients. Am J Dis Child. 1990 Sep;144(9):1022-4. doi: 10.1001/archpedi.1990.02150330082027. PMID: 2396616.
7. Ozgok Kangal K, Mirasoglu B. Hyperbaric oxygen treatment for infants: retrospective analysis of 54 patients treated in two tertiary care centres. Diving Hyperb Med. 2024 Mar 31;54(1):9-15. doi: 10.28920/dhm54.1.9-15. PMID: 38507905; PMCID: PMC11227964.

S07- TRAVMATİK OPTİK NÖROPATİDE HİPERBARİK OKSİJEN TEDAVİSİNİN ERKEN DÖNEM UYGULAMASI: OLGU SUNUMU

M. Savaş İlbasmış¹, Levent Demir²

¹ Kayseri Şehir Hastanesi Hava-Uzay Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Kliniği

² Kayseri Şehir Hastanesi Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Kliniği

GİRİŞ

Travmatik optik nöropati (TON), optik sinirin travma sonucu hasar görmesiyle ortaya çıkan ve görme kaybına yol açabilen ciddi bir durumdur. TON, genellikle kafa veya orbita travmaları sonrası gelişir ve optik sinirin direkt veya indirekt yaralanmalarına bağlı olarak ortaya çıkabilir (1). Bu durum, optik sinirde iskemi, ödem ve aksonal dejenerasyon gibi patolojik süreçlere neden olarak kalıcı görme kaybı riski taşır (2).

Hiperbarik oksijen tedavisi (HBOT), TON tedavisinde potansiyel bir seçenek olarak değerlendirilmektedir. HBOT, artan parsiyel oksijen basıncı ile doku oksijenasyonunu iyileştirerek iskemik dokuların yeniden canlanmasını sağlar ve anti-ödem etkisiyle sinir hasarını azaltabilir (3). Ayrıca, HBOT'in anti-enflamatuar ve anti-apoptotik etkileri, nöroprotektif mekanizmalar üzerinden sinir hücrelerinin iyileşmesine katkıda bulunur (4). Bu olgu sunumunda, sağ göz TON tanısı alan bir hastada erken dönemde uygulanan HBOT'nin klinik seyri ve fonksiyonel iyileşme sonuçları literatür eşliğinde tartışılmaktadır.

OLGU

25 yaşında kadın hasta, sağ gözüne tornavida sapı çarpması sonucu sağ gözde ani görme kaybı şikâyeti ile acil servise başvurmuştur. Travma sonrası hasta, gözünde şiddetli ağrı ve tamamen görme kaybı yaşadığını bildirmiştir.

Yapılan nörolojik muayenede hastanın bilinci açık, koopere ve oryante olup, Glasgow Koma Skalası (GKS) 15 puan olarak değerlendirilmiştir. İlk yapılan oftalmolojik muayenede sol göz normal bulgular gösterirken, sağ göz kapağında belirgin pitoz ve ekimoz tespit edilmiştir. Sağ gözün hareketleri her yönde kısıtlı olmakla birlikte, özellikle yukarı bakışta daha belirgin kısıtlılık rapor edilmiştir. Ayrıca sağ gözde görme keskinliği p- (ışığı dahi algılayamama) ve ışık refleksi (IR) negatif olarak tespit edilmiştir. Biyomikroskop muayenede kornea saydam, epitel defekti

saptanmamış, ön kamara forme sakin, hücre ve reaksiyon bulunmamakta ve siedel negatif. İris ve lens doğal herhangi bir bölgeden vitre geleni tespit edilmemiştir. Konjonktiva sağ gözde nazalde 2*2 mm lik konjonktiva kesisi mevcut hafif tenon kesisi mevcut sklera intakt. Fundus dilatasyonu ardından yapılan göz dibi muayenesinde bilateral optik disk sınırları net seçiliyor. Maküla ve optik disk doğal görünümde. Seçilebilen retinal alanlar yatışık tespit edilmiştir.

Hastaya yapılan kraniyal bilgisayarlı tomografi (BT) ve manyetik rezonans görüntüleme (MRG) incelemelerinde sağ optik sinirde kontüzyon ve ödem ile uyumlu bulgular saptanmıştır. Bu görüntüleme bulguları, travmatik optik nöropati tanısını doğrulamıştır.

Tanı sonrası hasta, acil olarak yüksek doz intravenöz kortikosteroid (metilprednizolon 1g/gün) tedavisine alınmıştır. Ayrıca travma sonrası 36 saat içinde hiperbarik oksijen tedavisi (HBOT) protokolüne dahil edilmiştir. HBOT, 2.4 ATA basınçta, %100 oksijen solunumu ile günde 1 seans, her seans 120 dakika süreyle toplam 15 seans olarak uygulanmıştır.



Şekil 9.Hastanın göz travmasından 2 gün sonra, HBOT ilk seans öncesi, 10.seans sonunda ve 15 seans HBOT tamamlandıktan 10 gün sonra çekilen sağ göz fotoğrafları.

SONUÇLAR

HBOT öncesi hastanın konjontivası sütüre edilmiştir. HBOT 5. Seans itibari ile sağ göz P+ olmuş ve IR pozitif alınmaya başlanmıştır.

HBOT'nin 15. seansının tamamlanmasından sonra hastanın görme keskinliğinde belirgin iyileşme belirtileri gözlenmiştir. Bu aşamada hasta, el hareketlerini algılayabilir duruma gelmiştir. HBOT tedavisinin tamamlanmasından 10 gün sonraki kontrol muayenesinde ise daha belirgin ilerlemeler

kaydedilmiştir. Sağ göz kapağındaki pitoz tamamen düzelmiş, göz hareketleri her yönde serbest hale gelmiş ve görme keskinliği 20/20 düzeyine yükselmiştir (Şekil.1).

Yapılan detaylı göz muayenesinde görme alanı değerlendirmelerinde gelişme kaydedilmiş; santral skotomda belirgin küçülme ve periferik görme alanında genişleme tespit edilmiştir. Göz Arkası Basınç Değerinde (GAPD) belirgin azalma ve optik disk ödeminde önemli ölçüde gerileme izlenmiştir.

Tedavi sonrasında hastanın görme fonksiyonlarındaki iyileşme, optik koherens tomografi (OKT) ile de objektif olarak değerlendirilmiş ve belgelenmiştir. OKT bulguları, optik sinir hasarının önemli ölçüde iyileştiğini göstermiştir.

TARTIŞMA-SONUÇ

Bu olgu sunumu, TON tanısı alan bir hastada erken dönemde uygulanan HBOT'nin görme fonksiyonlarında anlamlı iyileşme sağlayabileceğini göstermektedir. HBOT'nin nöroprotektif etkileri, hasarlı optik sinirde oksijenasyonu artırarak ve ödemi azaltarak sinir hücrelerinin iyileşmesine katkıda bulunmuş olabileceği değerlendirilmiştir. Bu bulgular, HBOT'nin iskemik ve travmatik sinir hasarlarında etkinliğini gösteren önceki çalışmalarla uyumludur (3,4).

Erken dönemde başlanan HBOT, sinir hasarının ilerlemesini önleyerek görme kaybının geri dönüşünü desteklemede önemli bir rol oynayabilir. Özellikle travma sonrası ilk 48 saat içinde uygulanan HBOT'nin, iskemik pencerenin kapatılmasında ve re-perfüzyonun sağlanmasında kritik olduğu bildirilmiştir (5). Ancak, bu sonuçların daha geniş hasta gruplarında yapılacak randomize kontrollü çalışmalarla desteklenmesi gerekmektedir. HBOT, şiddetli TON tedavisinde umut vadeden bir adjuvan tedavi seçeneği olarak kabul edilebilir.

Sonuç olarak, erken dönemde uygulanan HBOT, görme fonksiyonlarının korunması ve iyileştirilmesinde önemli bir rol oynayabilir. Bu tedavi yaklaşımı, multidisipliner bir bakış açısıyla değerlendirilmeli ve hastaların klinik durumlarına göre kişiselleştirilmelidir. Gelecekte yapılacak çalışmalar, HBOT'nin TON tedavisindeki etkinliğini daha net ortaya koyacaktır.

KAYNAKLAR

1. Levin, L. A., Beck, R. W., Joseph, M. P., Seiff, S., & Kraker, R. (1999). The treatment of traumatic optic neuropathy: the International Optic Nerve Trauma Study. *Ophthalmology*, 106(7), 1268-1277.
2. Steinsapir, K. D., & Goldberg, R. A. (2011). Traumatic optic neuropathy. *Survey of Ophthalmology*, 56(4), 281-303.
3. Weaver, L. K. (2014). Hyperbaric oxygen therapy for carbon monoxide poisoning. *Undersea & Hyperbaric Medicine*, 41(4), 339-354.
4. Thom, S. R. (2011). Hyperbaric oxygen: its mechanisms and efficacy. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 127(1), 131S-141S.
5. Rockswold, S. B., Rockswold, G. L., Zaun, D. A., & Liu, J. (2013). A prospective, randomized clinical trial to compare the effect of hyperbaric to normobaric hyperoxia on cerebral metabolism, intracranial pressure, and oxygen toxicity in severe traumatic brain injury. *Journal of Neurosurgery*, 118(6), 1317-1328.

Anahtar Kelimeler: Travmatik Optik Nöropati, Hiperbarik Oksijen Tedavisi, Görme Kaybı, Nöroproteksiyon

S-08 ÇOCUK HASTALARDA TRAVMATİK/İSKEMİK DURUMLARDA HİPERBARİK OKSİJEN TEDAVİSİ DENEYİMİMİZ

Münire Kübra Özgök Kangal¹, Kübra Canarslan Demir¹, Elif Akargül², Taylan Zaman¹,

¹SBÜ Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp

²SBÜ Gülhane Tıp Fakültesi, Hava ve Uzay Hekimliği

GİRİŞ

Hiperbarik oksijen tedavisi (HBOT) periferik/travmatik iskemik durumlar gibi çeşitli klinik endikasyonlarda yaygın olarak kullanılan bir tedavi yöntemidir (1). Bu endikasyonlardan bazıları çocukluk çağında da sık görülmekte olup, son yıllarda pediatrik hastaların HBOT'ye yönlendirilme oranı artmıştır (2). Yapılan çalışmalar akut iskemik durumlar ve ciddi enfeksiyonlar nedeniyle tedavi edilen çocuklarda HBOT'nin güvenli bir şekilde uygulanabildiğini göstermektedir (3).

Travmatik/periferik iskemik durumlar, çocuklarda ciddi morbiditeye yol açabilen acil durumlardan biridir. Özellikle yanıklar, crush yaralanmaları ve ilaç ekstrevasyonu gibi nedenler ekstremitelerde dolaşımını bozarak doku perfüzyonunun azalmasına neden olabilir. HBOT'nin hipoksi ile ilişkili hasarı sınırlayarak doku iyileşmesini desteklediği gösterilmiş olsa da, çocuk hastalarda bu tedavinin etkinliği ve klinik sonuçları hakkında veriler sınırlıdır. Çocukluk çağında periferik iskemik travmaların HBOT ile yönetimine ilişkin daha fazla kanıtı ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada, çocuk yaş grubu travmatik periferik iskemi olgularında HBOT'nin sonuçlarını ve tedavi sürecinde karşılaşılan zorlukları değerlendirmeyi amaçladık.

GEREÇ-YÖNTEM

Çalışmaya, 1 Ocak 2017-31 Ekim 2019 yılları arasında 1-18 yaş aralığında, 1 Kasım 2019- 1 Şubat 2025 yılları arasında 0-18 yaş grubunda olan Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Kliniği'ne akut periferik iskemi ve ilişkili komplikasyonlar nedeniyle başvuran ve en az bir seans HBOT uygulanan çocuk hastalar dahil edildi. Hasta dosyalarından ve hastane otomasyon sisteminden hastaların cinsiyet, yaş, altta yatan hastalık, kullanılan ilaç, iskemik lezyonun bulunduğu bölge, HBOT gecikme süresi, renk değişikliği bulunması, nabızların palpabl olup olmama durumu, ödem ve ağrı varlığı, uygulanan HBOT seans sayısı, hangi cihazla tedavi uygulandığı, HBOT sonrası nekroz varlığı, cerrahi girişim gerekliliği ve eğer gerektiye ne

tür cerrahi uygulandığı ve hastaların tedavi için refakatçi ihtiyacı olup olmamasına dair veriler toplandı. Hastaların HBOT sonundaki durumları iskemi/nekroz tamamen gerilediyse tam iyileşme, kısmi gerilediyse veya minör amputasyon ihtiyacı varsa kısmi iyileşme, majör amputasyon gerektiyse veya ölümlle sonuçlandıysa tedavi başarısız olarak sınıflandırıldı.

SONUÇLAR

Çalışmamızda akut periferik iskemi nedeniyle HBOT uygulanan toplam 22 çocuk hasta mevcuttu. Hastaların 12'si (%54.5) erkekti, yaş ortalaması 9.1 ± 6 idi. Hastaların 16'sında (%72.7) ilişkili altta yatan tanı konulmuş bir hastalık yoktu. İki hastada kardiyak anomaliler, bir hastada Aicardi Goutierres Sendromu, bir hastada lökomoid reaksiyon, bir hastada ise poliarteritis nodosa, bir hastada ise ALL bildirilmişti. Hastaların çoğunluğu (n=13, %61.9) ilaç kullanmıyordu. İskemik lezyonun bulunduğu bölgeler sıklık sırasına göre alt ekstremitte (n=15, %68.2), üst ekstremitte (n=4, %18.2), iki hastada (%9.1) alt ve üst ekstremitte ve bir hastada (%4.5) üst ekstremitte ve gluteus idi. İlk başvuruda hastaların çoğunda (n=12, %54.5) siyanotik renk değişimi veya nekrotik görünüm mevcuttu. İlgili ekstremitede nabız muayeneleri 18 hastada (81.8%) normaldi. Ödem 10 hastada (%47.6), ağrı ise 13 hastada (%72.2) mevcuttu. Hastaların çoğunluğu (n=20, %90.9) çok kişilik basınç odasında, iki hasta ise (%9.1) hem tek kişilik hem de çok kişilik basınç odasında tedaviye alınmıştı. HBOT'ye gecikme süresi ortancası 10 (1-180) gün, uygulanan ortalama HBO seans sayısı ise 13.5 (2-40) olarak hesaplandı. Tedavi sonunda nekrozu mevcut olan 10 hasta (45.5%) vardı. HBOT sürecinde cerrahi uygulama gereken 14 hasta (%63.6) oldu. Yapılan cerrahiler sıklık sırasına göre debridman (n=6, %46.2), amputasyon (n=5, %38.5), amputasyon ve flep (n=1, %7.7) olarak kaydedildi. Tedavi boyunca refakatçi ile giren çocukların sayısı 12 (%57.1) idi. HBOT sonunda üç hastada (%13.6) tam iyileşme, 13 hastada (59.1%) kısmi iyileşme, altı hasta (27.3%) başarısız olarak sınıflandırıldı. Amputasyon olan hastalar ve olmayanlar arasında yaş, HBOT gecikme süresi ve HBOT seans sayısı arasında anlamlı ilişki saptanmadı (sırasıyla $p=0.415$, $p=0.965$, $p=0.535$). Diğer yandan tedavi öncesi siyanoz/nekroz varlığı ile amputasyon arasında da anlamlı ilişki saptanmadı ($p=1.000$). Tedaviden önce ilgili ekstremitede nabız palpe edilen hastalarda amputasyon oranının daha düşük olduğu görüldü (Tablo 1) ($p=0.046$). Tedavi öncesi ödem varlığı ve ağrı varlığının amputasyon ile arasında anlamlı ilişki saptanmadı (sırasıyla $p=0.361$, $p=0.651$).

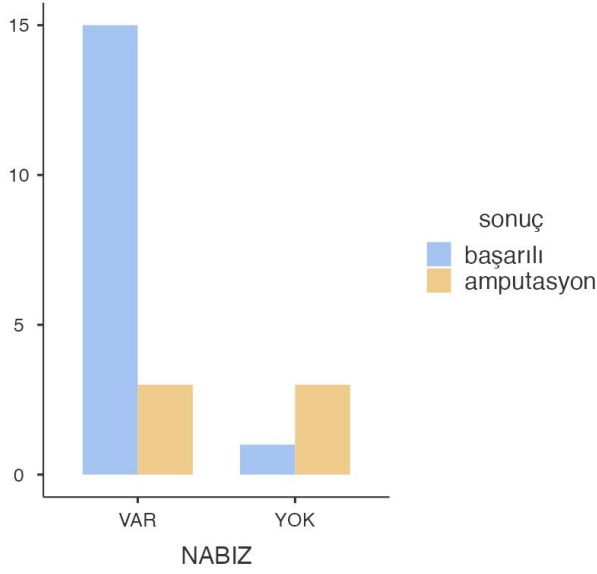
TARTIŞMA

Bu çalışmada, HBOT alan çocuk hastaların büyük çoğunluğunda tam veya kısmi iyileşme sağlandığı gözlemlendi. HBOT hipoksik dokularda oksijenasyonu artırarak ve antiinflamatuvar, antiödem, antiinfektif etkileri ile doku iyileşmesini desteklemiştir.

Pediyatrik hastalarda travmatik periferik iskemi nadir görülmekle birlikte, kötü prognozlu olabilen bir durumdur. Literatürde, ciddi arteriyel tromboemboli gelişen ve HBOT'ye geç yönlendirilen hastalarda amputasyon gerektiği bildirilmiştir. Bir çalışmada, alt ekstremitede ciddi arteriyel tromboemboli gelişen ve üst uyluktan başlayarak soluk-mor renk değişikliği gösteren bir term yenidoğan, semptomların başlamasından yedi gün sonra HBOT'ye yönlendirilmiş ve sonuç olarak diz altı amputasyon geçirmiştir (4). Fakat erken dönemde ve yoğun bir protokolle uygulanan HBOT'nin tam iyileşme sağlayabildiğine dair vakalar da mevcuttur. Kangal ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada total brakial arter oklüzyonu ve ciddi ekstremité iskemisi ile doğan bir bebekte, doğum sonrası 48. saatte başlanan ve yoğun bir programla uygulanan HBOT sonrasında tam iyileşme sağlandığı rapor edilmiştir (3).

Her ne kadar HBOT güvenli bir tedavi yöntemi olarak kabul edilse de, pediatrik hasta grubuna uygulandığında bazı özel zorluklar ortaya çıkmaktadır. Çalışmamızda, çocuk hastaların %57,1'ine tedavi süresince refakatçi eşliğinde basınç odasında eşlik edilmiştir. Küçük yaştaki çocuklarda görülen anksiyete, hareketsiz kalma gerekliliği, kulak barotravması riski ve Valsalva manevrasına uyum güçlüğü, HBOT'ye uyumu zorlaştırabilmektedir. Bu nedenle, çocuk hastaların tedavi öncesinde dikkatli bir şekilde değerlendirilmesi ve tedavi sürecinde özel önlemlerin alınması önem arz etmektedir. Ayrıca, pediatrik hastalarda HBOT'nin güvenliği ve etkinliği konusundaki farkındalık eksikliği ve mevcut şüpheler, çocuk hastaların bu tedaviye yönlendirilmesinde gecikmelere yol açabilmektedir.

Sonuç olarak bu çalışmada elde edilen veriler, HBOT'nin çocuk hastalarda travmatik periferik iskemi yönetiminde faydalı bir tedavi seçeneği olduğunu göstermiştir. Özellikle ekstremitéde nabzın palpe edilebilir olması amputasyon riskini azaltan önemli bir faktör olarak öne çıkarken, başvuru gecikmesi, seans sayısı ve siyanoz/nekroz varlığı gibi parametrelerle amputasyon arasında anlamlı bir ilişki saptanmamıştır. Bu bulgular, HBOT'nin bazı durumlarda zamanlama ve seans sayısından bağımsız olarak fayda sağlayabileceğini düşündürmektedir. Cerrahi müdahale gereksiniminin yüksek olması ise HBOT'nin tek başına yeterli olmayabileceğini, multidisipliner yaklaşımın önemini ortaya koymaktadır.



Tablo 1: HBOT öncesinde nabızların palpabl olması ile HBOT sonunda amputasyon arasındaki ilişki

KAYNAKLAR

- 1) Moon RE, editor. Hyperbaric oxygen therapy indications. 14th ed. North Palm Beach (FL): Best Publishing Company; 2019.
- 2) 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;13:7–12. doi: 10.1016/s0883-9441(98)90023-5.
- 3) Ozgok Kangal K, Mirasoglu B. Hyperbaric oxygen treatment for infants: retrospective analysis of 54 patients treated in two tertiary care centres. Diving Hyperb Med. 2024 Mar 31;54(1):9-15. doi: 10.28920/dhm54.1.9-15. PMID: 38507905; PMCID: PMC11227964.
- 4) Wiebers J, Purdy I, Lieber M, Milisavljevic V. Hyperbaric oxygen in treatment of neonatal arterial thromboembolism of lower extremities. J Perinatol. 2006;26:777–9. doi: 10.1038/sj.jp.7211606. PMID: 17122788

S09- SÜNNET SONRASI PENİSTE NEKROZ GELİŞEN ÜÇ VAKADA HİPERBARİK OKSİJEN TEDAVİSİ UYGULAMASININ SONUÇLARI: OLGU SUNUMU

M. Kübra Özgök Kangal₁, Gözde Büşra Sarıyerli Dursun, Ertan Dikmen, Taylan Zaman SBÜ
Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp AD

GİRİŞ-AMAÇ

Sünnet, penisin ucunu kaplayan derinin (prepisyum) çıkarılması anlamına gelir ve dünya genelinde en yaygın gerçekleştirilen cerrahi işlem olup; dini, kültürel ve tıbbi nedenlerle yapılmaktadır (1). Tıbbi nedenler arasında patolojik fimozis ve tekrarlayan balanit, sünnet için kabul görmüş tıbbi endikasyonlardır (2). Dünya genelinde her üç erkekten biri sünnetlidir ve bu işlemin genel komplikasyon oranı %1,5 (0–16%) olup, şiddetleri farklılık göstermektedir. Erkek sünneti risksiz ve komplikasyonsuz değildir ve tüm aileler, bu olası komplikasyonlar konusunda bilgilendirilmelidir. Erkek sünneti, yaygınlığına rağmen, özellikle bir yenidoğanın kendi sünneti için onay verip vermeyeceği konusunda bir dizi etik ve ahlaki tartışma bulunmaktadır (3). Biz bu sunumumuzda sünnet operasyonu sonrası SBÜ Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesinde tarafımıza danışılan üç sünnet sonrası komplikasyon vakasını ve hiperbarik oksijen tedavisinin (HBOT), komplikasyon sonrası doku iyileşmesine etkilerini ve klinik sonuçlarını anlatacağız.

VAKALAR

Birinci vakamız 3 yaş erkek hasta Temmuz 2020’de ev şartlarında sünnet edildi. 10 gün sonrasında ekstremilerde yaygın ekimotik alanlar ve glans peniste nekroz olması üzerine tarafımıza yönlendirilen hastaya 4 seans HBOT uygulandı. Son yapılan inspeksiyonda hastanın iskemik glans dokusunun gelişine kıyasla oldukça düzeldiği görüldü ancak özel sebeplerle hasta tedaviye devam etmedi. Hastanın sonraki takiplerinde ekstremitelelerdeki ekimotik alanlara yönelik gerekli branş konsültasyonları neticesinde hastaya aplastik anemi tanısı konduğu ve kemik iliği transplantasyonu (KİT) uygulandığı öğrenildi.

İkinci vakamız 4 yaş erkek hasta Şubat 2022’de sünnet edildi. 5 gün sonrasında peniste total nekroz şikayetiyle tarafımıza yönlendirilen hastaya 16 seans HBOT uygulandı. HBOT ile eşzamanlı olarak debridman ve greftleme operasyonu uygulandı. 16 seansın sonunda nekrotik alanlar tamamen kaldırıldı ve canlı

granülasyon dokusuna ulaşıldı. Doku kaybı görülmedi. Üçüncü vaka, 3 yaş erkek hasta Ağustos 2024’de evde sünnet yapılırken glans kesisi oldu. Çocuk cerrahisi tarafından opere edilen hasta tarafımıza danışıldı. Doku kaybı mevcut olup, glans boyunca yer yer nekrotik ve siyanotik alanlar mevcuttu. Hastaya acil şartlarda 2 seans HBOT uygulandı; ancak hasta yakınları kendi isteğiyle tedaviye devam etmediler.

TARTIŞMA

Sünnet nedeniyle oluşabilecek çok sayıda olası komplikasyon vardır. Akut komplikasyonları ağrı, kanama, enfeksiyon, gecikmiş yara iyileşmesi, glans kesisi ve glans nekrozudur. Bunlar arasında en sık görülenler sırasıyla ağrı, kanama ve enfeksiyondur. Kronik komplikasyonları ise; iatrojenik fimozis, cilt köprüsü oluşumu, meatal stenoz, fistül oluşumu, iatrojenik hipospadias ve psikolojik travmadır (4). Sünnet sonrası glans iskemisi pediatrik literatürde yaygın olarak bildirilmiştir. Bununla birlikte, glans iskemisi etiopatogenezi iyi bilinmemektedir. Glans iskemisi için en sık bildirilen neden, lokal anestezikler kullanılarak yapılan dorsal sinir bloğudur (5). Kompresyon pansumanı, sıkı dikişler ve monopolar elektrokoterin aşırı kullanımı, sünnet sonrası glans iskemisi için diğer potansiyel nedenlerdir. Literatürde altı farklı çalışmadaki penis başı iskemisi olgusunun tedavisinde, HBOT’nin tek tedavi olarak veya Pentoksifilin ile kombinasyon halinde uygulandığı vakalarda HBOT’dan sonra nekroz ve iskeminin hızlı bir şekilde çözüldüğü kaydedildi (6). Pentoksifilin, eritrosit esnekliğini artıran ve kan viskozitesini azaltan bir ajandır; bu da iskemik organda doku perfüzyonunun ve mikrosirkülasyonun iyileşmesine yol açar. Bu olgularda yaşanan iskemik süreçlerde HBOT, oksijen seviyelerini artırarak, anjiyogenezi ve doku reperfüzyonunu iyileştirerek doku rejenerasyonunu hızlandırması nedeniyle destek tedavi olarak akılda bulundurulmalıdır.

KAYNAKLAR

- 1-WHO, UNAIDS. Male Circumcision: Global Trends and Determinants of Prevalence, Safety and Acceptability. Worls Health Organization; 2007
- 2-Latifoglu O, Yavuzer R, Ünal SE, Sari A, Çenetoglu S, Baran NK. Complications of circumcision. Eur J Plast Surg. 1999;22:85–8.
- 3-Svoboda JS. Nontherapeutic circumcision of minors as an ethically problematic form of iatrogenic injury.AMAJethics. 2017;19(8):815–24. 10.1001/journalofethics.2017.19.8.msoc2-1708

- 4-Examination of short and long term complications of thermocautery, plastic clamping, and surgical circumcision techniques. Tuncer AA, Erten EE. Pak J Med Sci. 2017;33:1418–1423. doi: 10.12669/pjms.336.13640.
- 5-Soh CR, Ng SBA, Lim SL. Dorsal penile nerve block. Paediatr Anaesth. 2003; 13:329-333.
- 6-Haşegan A, Mihai I, Bratu D, Bacilă C, Roman MD, Mohor CI, Teodoru A, Birsan S, Mutu C, Chibeleian C, Totan M, Grigore N, Iancu G, Dura H, Boicean A. Severe Acute Ischemia of Glans Penis after Achieving Treatment with Only Hyperbaric Oxygen Therapy: A Rare Case Report and Systematic Literature Review. J Pers Med. 2023 Sep 12;13(9):1370. doi: 10.3390/jpm13091370. PMID: 37763138; PMCID: PMC10533140.

S10- İŞ KAZALARINDA HİPERBARİK OKSİJEN TEDAVİSİ

UYGULAMALARI: OLGU SERİSİ

Münire Kübra Özgök Kangal, Ahmet Uğur Avcı, Muhammet Fatih Karaca, Taylan Zaman

SBÜ Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi Sualtı ve Hiperbarik Tıp Anabilim Dalı

GİRİŞ

Uluslararası çalışma örgütü (ILO) tahminlerine göre dünya çapında 395 milyon çalışan, ölümcül olmayan iş kazası geçirmektedir. ILO'nun yeni tahminlerine göre, her yıl yaklaşık üç milyon işçi iş kazaları ve meslek hastalıkları nedeniyle hayatını kaybetmektedir (1). İş kazaları, iyileşme sürelerinin uzamasına ve ciddi ekonomik kayıplara yol açabilmektedir. Hiperbarik oksijen tedavisi (HBO₂) özellikle endüstriyel kazaların potansiyel sonuçları olan akut travmatik periferik iskemiler, karbon monoksit zehirlenmesi, dekompresyon hastalığı, iyileşmeyen yaralar ve ani işitme kayıpları gibi durumların tedavisinde öne çıkmaktadır. Bu yazıda kliniğimizde 2024 yılında iş kazası nedeniyle “akut travmatik periferik iskemiler” endikasyonu ile HBO₂ uyguladığımız toplam 4 vaka incelenecektir.

VAKALAR

Vaka 1

25 yaşında ek hastalığı bulunmayan erkek hasta, 23.07.24 tarihinde iş yerinde sol ayağının üzerinden forklift geçmesi üzerine dış merkeze başvurmuş. İlk muayenede, sol ayak 1. 2. 3. ve 4. parmaklarında avülsiyon tarzında yaralanma, ayak başparmak proksimalinden 3. parmak distaline uzanan yaklaşık 4x1 cm boyutunda 0.5 cm derinliğinde düzgün sınırlı kesi görülmüştür. Grafilerde herhangi bir fraktür saptanmamıştır. Hasta aynı günde ortopedi tarafından ameliyata alınmış; ancak post-operatif sütür hattı ekimotik ve ödemli olarak görülmüştür. 31.07.24 tarihinde crush hasarı sonucu ayak parmaklarında siyanotik alanları nedeniyle tarafımıza danışılmıştır. Fizik muayenesinde sol ayak 2. parmağın distal falanksında, 3. parmağın proksimal falanksında siyanoz görülmüştür. El doppleri ile ayak nabızları bifazik alınmıştır. Ayak soğuk ve ödemli izlenmiştir. Hasta kazanın 8. gününde ilk HBO₂ seansı uygulanmış olup toplam 27 seansa tamamlanmıştır. HBO₂ 2,4 ATA'da %100 oksijenle 120 dakika olarak uygulanmıştır. Tedavi sonunda parmaklardaki siyanoz tamamen gerilemiş ve ayak iyileşmiştir.

Vaka 2

51 yaşında ek hastalığı olmayan erkek hasta 13.09.2024 tarihinde sol el üstüne makina diski düşmesi sonucu başparmak proksimal interfalangeal eklemden kopma meydana gelmiş. Aynı günde hastanemizin acil servisine başvurmuş ve plastik cerrahi tarafından acil şartlarda replantasyon operasyonu yapılmış. Ampute parmak Kirschner teli ile fiksasyon sağlanmış. Post-operatif sütür hattında siyanotik alanlar nedeniyle tarafımıza danışılan hastanın yapılan fizik muayenesinde parmak ödemli ve siyanotik görünümde izlenmiştir. Hasta olaydan 5 gün sonra ilk HBO₂ seansını almış, 2,4 ATA'da %100 oksijenle 120 dakika olarak toplam 19 seans HBO₂ uygulanmıştır. Tedavi sonunda hastanın parmağındaki ödem ve siyanoz tamamen gerilemiştir.

Vaka 3

41 yaşında ek hastalığı olmayan erkek hasta 21.11.2024 tarihinde inşaatta çalışırken sol ayağının üstüne palet düşmesi üzerine dış merkezde acil servisine başvurmuş. İlk muayene notunda sol ayak 1.falanks ve 2.3.4.5 metatars distal kırığı saptandığı belirtilen hastaya ayak dorsalinde metatars distal seviyesinde horizontal olarak yaklaşık 8 cm boyutunda primer sütür atılmıştır. Sonrasında hastanemize yönlendirilen hasta ortopedi ve plastik cerrahi tarafından ameliyat edilmiştir. Sol ayak parmakların Kirschner telleri distal falankstan metatars proksimaline kadar fiksasyonu sağlanmış olup aynı gün HBO₂ için danışılan hastaya kazanın 2. gününde ilk HBO₂ seans uygulanmıştır. 9.seanstan sonra tedavisini kendi isteğiyle yarım bırakan hastanın seansları haliyle sonlandırılmıştır.

Vaka 4

Diabetes mellitus ve koroner arter hastlığı öyküsü olan 48 yaş erkek hasta 15.05.2024 tarihinde çatı tamiri yaparken elektrik yanığı gelişmesi sonucu hastanemize başvurmuş ve skalpte elektrik yanığı olan hasta yanık merkezinde takip edilmiştir. 26.06.2024 tarihinde skalpe free latissimus flebi yapılmış ancak 04.07.2024 tarihinde Flebin nekroza gitmesi üzerine hasta tarafımıza danışılmıştır. Tarafımızca yapılan fizik muayenede, hastanın scalp sol yarımını kaplayan orta hattan temporal kemiğe kadar uzanan siyah-mor görünümde sütür hatları belirgin şekilde izlenmiştir. Hasta kazadan 50 gün sonra ilk HBO₂ seansını almış olup toplam 31 seans tedavi uygulanmıştır. Bu süreçte hastaya beyin sinir cerrahisi ve plastik cerrahi tarafından debridman, transpozisyon flep ve amniyotik membran uygulaması yapılmıştır. Tedavi sürecinin sonunda yara alanının yaklaşık %90'ı tamamen kapanmıştır.

TARTIŞMA

Literatürde, akut travmatik iskemi vakalarında HBO₂ uygulanmasıyla doku nekrozu ve enfeksiyon gelişmesi ile amputasyon oranlarının azaltılabileceği bildirilmiştir (2,3). Yüksek kanıt düzeyi olan randomize kontrollü bir çalışmada HBO₂ uygulanan hastaların %94'ünde tam iyileşme sağlanırken, kontrol grubunda bu oranının %34 olduğunu bildirilmiştir (3). Başka bir çalışmada, açık kırıkları olan crush yaralanmalarında HBO₂ ile amputasyon oranlarında azalma gözlemlenmiştir (4). Akut kas-iskelet travmalarında HBO₂ kullanıldığı çok merkezli randomize kontrollü klinik bir çalışmada, HBO₂'nin doku nekrozu ve enfeksiyonları azaltmada etkili olduğu gösterilmiştir (5). Bir vaka raporunda, HBO₂'nin yardımcı tedavi olarak kullanılmasının el crush yaralanmalarının tedavisinde faydalı olabileceği, daha iyi fonksiyonel sonuçlar elde edilmesine ve gereksiz amputasyonların önlenmesine katkı sağlayabileceği gösterilmiştir (6). Aktif çalışan genç popülasyonda ekstremité kaybı ile sonuçlanabilecek iş kazalarının hem fiziksel hem de sosyal boyutta getireceği zorluklar aşıkardır. Bu seride özellikle akut travmatik periferik iskemi ile ilişkili iş kazalarının kliniğimize konsülte edildiği; ancak sadece iki hastanın erken dönemde HBO₂ tedavisine başlanabildiği görülmüştür. Bu hastalarda eşlik eden vasküler yaralanmanın olma ihtimali yara iyileşmesini ve yapılan cerrahilerin başarısını düşürmektedir. Erken dönemde HBO₂ tedavisinin uygulanması hiperoksijenasyon, anti-ödem ve anti-enfektif etkileriyle yara iyileşmesini ve yapılan cerrahilerin başarısını arttıracaktır. Gelecekte HBO₂'nin mesleki tıp protokollerine entegre edilmesi hasta sonuçlarını iyileştirebilir, işe dönüşü hızlandırabilir ve iş kazalarıyla ilişkili uzun dönem sonuçlarının hafifletilmesinde yardımcı olabilir.

VAKA 1



VAKA 2



VAKA 3



VAKA 4



KAYNAKLAR

1. www.ilo.org/resource/news/nearly-3-million-people-die-work-related-accidents-and-diseases.
2. Lindstrom T, Gullichsen E, Lertola K, Niinikowski J. Effects of hyperbaric oxygen therapy on perfusion parameters and transcutaneous oxygen measurements in patients with intramedullary nailed tibial shaft fractures. *Undesea Hyper Med*. 1998;25:87-91.
3. Bouachour G, Cronier P, Gouello JP, et al. Hyperbaric oxygen therapy in the management of crush injuries: a randomized double-blind placebo controlled clinical trial. *J Trauma*. 1996;41:333-9.

4. Schoeppenthau H, Endermann K, Kemmer A. Hyperbaric oxygen therapy in crush injuries: Experiences of the HBOT- and Trauma Center Murnau, Germany. *EJUH*. 2004;4:98-100.
5. Millar IL, Lind FG, Jansson KA, Hájek M, et al, Hyperbaric Oxygen for Lower Limb Trauma (HOLLT): an international multi-centre randomised clinical trial *Diving Hyperb Med*. 2022;52:164-74.
6. Neto PH, Ribeiro ZB, Pinho AB, Almeida CHRd, Maranhão CAdA, Goncalves JdCC. Hyperbaric oxygen therapy for the treatment of a crush injury of the hand: a case report. *J Trauma Inj*. 2022;35(3):209-214.

S11- HİPERBARİK OKSİJEN TEDAVİSİ HİPOSPADİAS VE EPİSPADİAS CERRAHİSİ SONRASI KOMPLİKASYONLARI AZALTABİLİR Mİ?

Taylan Zaman¹, Sümeyye Çandır¹, Gamze Aydın²

M. Kübra Özkök Kangal¹

¹ SBÜ- Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp

² SBÜ- Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Hava ve Uzay Hekimliği

GİRİŞ

Hipospadias ve epispadias, erkek ürogenital sisteminde görülen konjenital anomaliler arasındadır. Her iki durumda da cerrahi düzeltme gerekli olup, postoperatif iyileşme süreci tedavi başarısını belirleyen kritik faktörlerden biridir.

Cerrahi sonrası komplikasyonların azaltılması, yara iyileşmesinin hızlandırılması ve doku rejenerasyonunun desteklenmesi amacıyla alternatif tedavi yöntemleri giderek önem kazanmaktadır. Bu bağlamda, hiperbarik oksijen tedavisi (HBOT) yara iyileşmesini hızlandırıcı etkisi ve enfeksiyon riskini azaltıcı özellikleri, postoperatif komplikasyonların azaltılmasında potansiyel bir tedavi seçeneği olarak araştırılmaktadır. Bu çalışma, HBOT'nin hipospadias ve epispadias cerrahisi sonrası doku iyileşmesine etkilerini ve klinik sonuçlarını incelemeyi amaçlamaktadır.

GEREÇ VE YÖNTEM

2017-2025 yılları arasında kliniğimize başvuran tüm hipospadias ve epispadias hastaları çalışmaya dahil edildi. Hastaların demografik verileri, HBOT'ye başlama süreleri, seans sayıları ve hastanede kalış süreleri değerlendirildi ve tanımlayıcı istatistikleri yapıldı. Tedavi başarı oranları ve komplikasyon gelişimi analiz edildi.

BULGULAR

Çalışmaya yedi hipospadias, dört epispadias olmak üzere toplam 11 hasta dahil edilmiştir. Hipospadias hastalarının ortalama yaşı $4,4 \pm 2,6$, epispadias hastalarının ise $6,3 \pm 7,8$ 'dir. Hipospadias hastaları postoperatif ortalama $4,0 \pm 3,2$, epispadias hastaları ise $3,8 \pm 5,5$ gün sonra HBOT'ye başlamıştır. Hipospadias hastalarına uygulanan HBOT seanslarının median değeri 6, epispadias hastalarında ise 13'tür. Hastanede yatış süresi hipospadias hastalarında $12,0 \pm 6,9$, epispadias hastalarında ise $18,0 \pm 9,8$ gündür. Hipospadias hastalarının tamamında ödem, siyanoz

ve dolaşım bozukluğu gerilerken, hiçbirinde debridman gerekmemiştir. Epispadias hastalarından sadece birinde debridman amacıyla cerrahi müdahale gerekmiştir.

TARTIşMA

Bu çalışmada, hipospadias ve epispadias hastalarında postoperatif HBOT'nin iyileşme süreci üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Bulgularımız, her iki hasta grubunda da HBOT'nin postoperatif dönemde olumlu etkiler sağladığını göstermektedir.

Hipospadias hastalarının yaş ortalamasının epispadias hastalarına kıyasla daha düşük olması ($4,4\pm2,6$ yıl ve $6,3\pm7,8$ yıl) dikkat çekicidir. Bu yaş farkı, epispadiasın daha nadir görülen ve genellikle daha kompleks cerrahi girişimler gerektiren bir durum olmasından kaynaklanabilir. Literatürde de epispadias vakalarının genellikle daha uzun bir postoperatif iyileşme sürecine ihtiyaç duydukları bildirilmiştir (1).

Postoperatif HBOT'ne başlama süresi hipospadias ve epispadias hastaları arasında benzerlik göstermektedir. Ancak epispadias hastalarının HBOT seans sayısının daha yüksek olması (medyan 13) ve hastanede yatış süresinin daha uzun olması ($18,0\pm9,8$ gün), epispadiasın daha kompleks bir cerrahi süreci ve postoperatif komplikasyon riskleri ile ilişkili olabileceğini düşündürmektedir (2).

Hipospadias hastalarında ödem, siyanoz ve dolaşım bozukluklarının tamamında gerileme gözlenmiş ve hiçbir hastada cerrahi debridman gerekmemiştir. Bu durum, HBOT'nin hipospadias hastalarında erken doku iyileşmesine katkı sağladığını düşündürmektedir. Buna karşın, epispadias hastalarından birinde cerrahi debridman ihtiyaç doğmuştur. Epispadias hastalarında cerrahi sonrası komplikasyon gelişme riskinin daha yüksek olduğu bilinmektedir (3). Bu bağlamda, HBOT'nin epispadias hastalarında da yara iyileşmesini destekleyici etkisi olduğu düşünülse de, bu hastalar için daha uzun ve yoğun bir tedavi süreci gerekebilmektedir (4). Ayrıca, hastanede yatış süresinin epispadias hastalarında daha uzun olması, bu hasta grubunun daha yoğun bir takip ve tedavi gerektirdiğini göstermektedir (4).

Bu çalışmanın temel kısıtlamalarından biri hasta sayısının görece az olmasıdır. Daha geniş hasta gruplarında yapılacak alışmalar, HBOT'nin hipospadias ve epispadias cerrahisi sonrasındaki etkinliğini daha net ortaya koyabilir.

SONUÇ

Bu çalışma, hipospadias ve epispadias cerrahisi sürecinde HBOT'nin yara iyileşmesini hızlandırmada ve komplikasyonları azaltmada etkili olabileceğini düşündürmektedir. HBOT özellikle postopertif erken dönemde ödem ve dolaşım bozukluğunun düzeltilmesinde faydalı olarak iyileşme süreci ve cerrahi başarı oranlarında etkili olabilir. Özellikle yetersiz doku perfüzyonunun olduğu durumlarda HBOT'nin yardımcı bir tedavi olarak etkili olabileceğini düşünüyoruz.

KAYNAKLAR

- 1) Lambert, S. M. (2015). Transitional care in pediatric urology. *Seminars in Pediatric Surgery*, 24(2), 73–78. doi:10.1053/j.sempedsurg.2015.
- 2) Fisch M. Urethral reconstruction in children. *Curr Opin Urol*. 2001 May;11(3):253-5. doi: 10.1097/00042307-200105000-00001. PMID: 11371775.
- 3) Wiener JS, Huck N, Blais AS, Rickard M, Lorenzo A, Di Carlo HNM, Mueller MG, Stein R. Challenges in pediatric urologic practice: a lifelong view. *World J Urol*. 2021 Apr;39(4):981-991. doi: 10.1007/s00345-020-03203-1. Epub 2020 Apr 23. PMID: 32328778.
- 4) Grady RW, Mitchell ME. Management of epispadias. *Urol Clin North Am*. 2002 May;29(2):349-60, vi. doi: 10.1016/s0094-0143(02)00027-7. PMID: 12371226.
- 5) Tom S. Neuman MD FACP FACPM, Stephen R.Thom_MD
- 6) Migliorini F. Bianconi F. · Bizzotto L. · Porcaro A.B. · Artibani W. ,Acute Ischemia of the Glans Penis after Circumcision Treated with Hyperbaric Therapy and Pentoxifylline:Case Report and Revision of the Literature,2016;1-3.

S12- PENİL NEKROZ GELİŞEN HASTALARDA HİPERBARİK OKSİJEN TEDAVİSİ KULLANIMI

Abdullah Arslan, Didem Döndüren

Konya Şehir Hastanesi Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Kliniği

GİRİŞ

Glans penisin iskemik komplikasyonları nadir görülen durumlardır ve genellikle travma, yanlılıkla uygulanan vazokonstriktör solüsyonlar, diyabetes mellitus, sünnet ve vaskülit gibi nedenlerden kaynaklanır. Çocukluk çağında sünnet komplikasyonları ve travmalar önemli etiyolojik faktörler olarak dikkat çekmektedir (1).

Hiperbarik oksijen tedavisi (HBOT) akut travmatik iskemilerde uzun yıllardır uygulanan ve tedavi başarısını artıran bir yöntemdir. HBOT, hemoglobinden bağımsız olarak kanda çözünmüş oksijenin kısmi basıncını artırarak iskemik dokuların nekroza ilerlemesini önlemekte ve yara iyileşme sürecini hızlandırmaktadır. HBOT inflamasyonu azaltarak endotel proliferasyonu yoluyla doku rejenerasyonunu arttırmaktadır (2).

Glans iskemisinde dikkate alınan başlıca faktörler bez ödemi, anesteziye bağlı vazokonstriksiyon ve hematomdur. Başka bir neden, vasküler tıkanıklığa bağlı dorsal penil sinir bloğu anestezisi olabilir. Ancak bu komplikasyonun nadirliği genetik veya bireysel faktörler gibi diğer önemli teorileri gündeme getirir. Mevcut literatür, hiperbarik oksijen tedavisinin bu gibi vakalarda tedavi seçeneği olarak önemini vurgulamaktadır. HBOT ile birçok akut iskemi vakalarında hızlı ve başarılı tedavi sağlandığı bildirilmiştir (3).

Yapılan sistematik literatür taramalarında, sünnet sonrası gelişen glans penis iskemisi vakalarında HBOT'un etkili olduğu, erken müdahale ile amputasyon gibi ciddi komplikasyonların önlenebileceğini göstermiştir. Çocuk ürolojisi ve hiperbarik tıp uzmanlarının multidisipliner yaklaşımla HBOT'yi erken dönemde uygulanması klinik sonuçların başarısını arttırdığı tespit edilmiştir. Bu çalışmada, travma ve saç kılı dolanması nedeniyle glans penis nekrozu gelişen iki erkek çocuk hasta değerlendirilmiştir.

OLGULAR

İlk olgu, 11 yaşındaki erkek hasta, soba kapağının penisine düşmesi sonucu glans peniste ezilme yaralanması gelişmiş. Cerrahi işlem düşünülmeyen fakat ezilme bölgesinde dolaşım bozukluğu olan hastaya ertesi gün hiperbarik oksijen tedavisi (HBOT) başlandı. Cerrahi müdahaleye gerek kalmadan, medikal tedaviye ek olarak 10 seans HBOT uygulandı ve penil nekrozda belirgin gerileme gözlemlendi. Hastaya ek cerrahi müdahalede bulunulmasına gerek kalmadan sekelsiz iyileşme sağlandı.

İkinci olgu, 9 yaşındaki erkek hasta, saç dolanması nedeniyle glans penis de nekroz gelişmesi nedeniyle çocuk ürolojisi bölümü tarafından cerrahi debridman işlemi uygulandıktan sonra HBOT başlandı. HBOT başladıktan 13 gün sonra nekroz zemini uygun hale gelince hastaya bukkal greft ile yara kapatma işlemi yapıldı. Greft uygulandıktan sonra da hiperbarik oksijen tedavisine devam eden hastaya toplamda 20 seans HBOT uygulandı. Hastanın glans penisinde yara tamamen kapatılarak şifa ile tedavisi sonlandırıldı.

TARTIŞMA

Çocukluk çağında glans penis iskemileri en sık sünnet komplikasyonlarına bağlı olarak görülmektedir. Dini nedenlerle dünya genelinde sünnet işlemi sıklıkla uygulanan bir işlemdir. Çocukluk çağında penis travmalarının büyük çoğunluğunu sünnet işlemlerine bağlı komplikasyonlar oluşturmaktadır. Sünnet olduktan sonra oluşan glans iskemisi (GI), düşük bir insidansa sahip olsa bile çok ciddi bir komplikasyondur; özellikle pediatrik hastalar için yaşamı tehdit edici bile olabilir. Ayrıca, iskemiyeye yol açan kesin etiyoloji hala belirsizdir ve literatürde sınırlı sayıda vaka olması nedeniyle tedavi için özel kılavuzlar yoktur. Akut GI'nin bir başka nedeni sünnet işlemi sırasında enjeksiyon bölgesinde gelişen iskemik endotel yaralanmaları, hematoma ve ödemdir. Tedavi eksikliği veya gecikmesi durumunda glans penis nekrozu ve penisin fizyolojik işlevlerinin geri döndürülemez kaybı gibi ciddi komplikasyonlar ortaya çıkabilmektedir (1,3-5).

Kılavuzlar, iskemik organa yeterli oksijen sağlamak için hiperbarik oksijen tedavisi, pentoksifilin gibi vazodilatörler ve enoksaparin gibi antikoagülanlar ile farklı tedavi alternatifleri sunmaktadır. Diğer tedavi alternatifleri arasında iloprost, kortikosteroidler ve peridural anestezi bulunmaktadır. Bazı çalışmalarda glans iskemisinin daraltıcı dikişler ve sıkıştırıcı cerrahi bandajlar sonucu

oluştugu bildirilmektedir. Bazı çalışmalarda etiyolojik faktör olarak monopolar diatermi kullanımı da dikkati çekmektedir (1).

Penil iskemi vakalarında doğru tedavi konusunda literatürün çok az olmasına rağmen, çalışmalarda hiperbarik oksijen tedavisinin en iyi seçenek olduğunu, hastalar için birçok klinik fayda sağladığını ve monoterapi olarak veya diğer ilaçlarla birlikte başarıyla sonuçlandığını belirtmektedir. Hipoksinin birçok ürolojik hastalığa müdahale edip kötüleştirebileceği, hatta diğer tedavilere dirençli akut iskemiye yol açabileceği gerçeğinden dolayı, hiperbarik oksijen tedavisinin hipoksiyi önlemedeki klinik faydası vurgulanmaktadır (1,2).

Literatürde HBOT'un etkinliği birçok çalışmada vurgulanmıştır. Polak ve ark. sünnet sonrası HBOT ile başarılı bir şekilde tedavi edilen iki yenidoğan hastayı tanımlamıştır (6). Ayrıca, Migliorini F ve ark. 24 yaşındaki bir hastada pentoksifilin ile kombinasyon halinde HBOT'nin etkili klinik sonuçlar verdiğini belirtmiştir. Pentoksifilin, eritrosit esnekliğini artıran ve kan viskozitesini azaltmada önemli kabul edilen bir ajandır; bu da iskemik organda doku perfüzyonunun ve mikrosirkülasyonun iyileşmesine yol açar (1).

Pablo Garrido-Abad ve ark. 3 yaşında bir erkek çocuğunda sünnet sonrası peniste akut iskemi gelişen hastada hiperbarik oksijen tedavisinin ilk seansından sonra akut semptomlarda düzelme görüldüğünü ve bunun her HBOT uygulamasında kalıcı iyileşme oluşturduğunu belirtmişlerdir. Hastanın takibinde renkli doppler ultrasonografisinde vasküler dolaşımın normal olduğu ve hastada idrara çıkışında zorluk veya miksiyonda problem gelişmediğini gözlemlemişlerdir. Çalışmalarda hiperbarik oksijen tedavisinin monoterapide ve diğer ilaçlarla birlikte kullanıldığında en hızlı çözümün elde edildiği kaydedilmiştir (7).

Öte yandan, hiperbarik oksijen tedavisine başlamadan önce diğer ilaçların kullanıldığı çalışmalarda, akut semptomların remisyonu daha fazla zaman gerektirmiş ve bu da normal organ fonksiyonunun restorasyonunu tehlikeye atmıştır. Akut glans iskemisinde uygulayıcıların temel endişelerinden biri, organın normal fonksiyonunu geri kazandırmak ve daha fazla komplikasyonu önlemektir.

SONUÇ

Glans peniste nekroz gelişen vakalarda erken dönemde başlanan HBOT'nin olumlu sonuçlar sağladığı gözlemlenmiştir. HBOT, nadir ancak ciddi komplikasyonlarla seyreden penil iskemi

vakalarında etkin bir tedavi seçeneği olabileceği düşünülmektedir. Literatürdeki bulgular doğrultusunda, HBOT'nin iskemik dokularda hızlı iyileşme sağladığı ve doku perfüzyonunu artırarak olumlu klinik sonuçlar verdiği görülmektedir. HBOT'nin, akut iskemik süreçlerde erken dönemde uygulanmasının, ilerleyen dönemde ortaya çıkabilecek fonksiyonel kayıpları önlemede kritik bir rol oynadığı düşünülmektedir. Gelecekte yapılacak geniş ölçekli klinik çalışmalar HBOT'nin etkinliğini daha iyi anlamamıza yardımcı olacaktır.

KAYNAKLAR

1. Migliorini F, Bianconi F, Bizzotto L, Porcaro AB, Artibani W. Acute Ischemia of the Glans Penis after Circumcision Treated with Hyperbaric Therapy and Pentoxifylline: Case Report and Revision of the Literature. *Urol Int*. 2018;100(3):361-363. doi: 10.1159/000444399. Epub 2016 Feb 13. PMID: 26871688.
2. Bush N, Snodgrass W. Hyperbaric Oxygen Therapy Improves Oral Graft Take in Hypospadias Staged Tubularized Autograft Reoperations. *J Urol*. 2019 Sep;202(3):617-622. doi: 10.1097/JU.000000000000145. Epub 2019 Aug 8. PMID: 30747872.
3. Fahmy MAB, Sabra TA, Abdelmohsen SM. Management of penile post-circumcision ischemia by pentoxifylline infusion and hyperbaric oxygen therapy. *BMC Urol*. 2023 Jul 12;23(1):117. doi: 10.1186/s12894-023-01284-9. PMID: 37438810; PMCID: PMC10339483.
4. Haşegan A, Mihai I, Bratu D, Bacilă C, Roman MD, Mohor CI, Teodoru A, Birsan S, Mutu C, Chibelea C, Totan M, Grigore N, Iancu G, Dura H, Boicean A. Severe Acute Ischemia of Glans Penis after Achieving Treatment with Only Hyperbaric Oxygen Therapy: A Rare Case Report and Systematic Literature Review. *J Pers Med*. 2023 Sep 12;13(9):1370. doi: 10.3390/jpm13091370. PMID: 37763138; PMCID: PMC10533140.
5. Pepe P, Pietropaolo F, Candiano G, Pennisi M. Ischemia of the glans penis following circumcision: case report and revision of the literature. *Arch Ital Urol Androl*. 2015 Mar 31;87(1):93-4. doi: 10.4081/aiua.2015.1.93. PMID: 25847907
6. Polak N, Fischelev G, Lang E, Wang Z, Neheman A, Ben Haim Y, Hadanny A, Efrati S. Hyperbaric Oxygen as Salvage Therapy for Neonates Suffering From Critical Ischemia of the Glans Penis After Circumcision. *Urology*. 2021 Mar;149:e48-e51. doi: 10.1016/j.urology.2020.09.006. Epub 2020 Sep 18. PMID: 32956687.
7. Garrido-Abad P, Estéve-Sánchez DA, Fernández-Arjona M. Superficial glans ischemia after penile prosthesis successfully treated by conservative treatment. *Revista Internacional de Andrología*, 2021. 19(4), pp.281-284.

S13- KARBONMONOKSİT ZEHİRLENMESİNE BAĞLI ST SEGMENT ELEVASYONLU AKUT MİYOKARD ENFARKTÜSÜ GELİŞEN HASTADA HİPERBARİK OKSİJEN TEDAVİSİ UYGULANMASI VAKA SUNUMU

Abdullah Arslan, Hikmet Başar

Konya Şehir Hastanesi, Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Kliniği

GİRİŞ

Karbonmonoksit (CO) renksiz, kokusuz, toksik bir gazdır. Kanda hemoglobinin oksijeni bağlamasını, hücre düzeyinde mitokondriyal sitokrom enzim sistemini inhibe ederek hücrelerin oksijenli solunumunu bozar ve hipoksiye neden olur. Buna bağlı olarak başta oksijen ihtiyacı yüksek olan santral sinir sistemi ve kardiyovasküler sistem olmak üzere birçok sistemde çeşitli klinik tablolar oluşturabilir (1).

Hiperbarik oksijen tedavisi (HBO) kanda hemoglobinden bağımsız şekilde, plazmada çözünen oksijen miktarını arttırarak CO zehirlenmelerinde temel bir tedavi yöntemi olarak uzun yıllardır kullanılmaktadır. HBO tedavisi CO zehirlenmelerinde mortalite ve morbiditeyi azaltmaktadır (2,3). Bu vakada soba zehirlenmesi sonrası ST elevasyonlu akut miyokard enfarktüsü gelişen hastanın koroner anjiyografi sonrası hiperbarik oksijen tedavisine alınmasından bahsedilecektir.

OLGU

78 yaşında kadın hasta odasında gece yarısı sularında sobayı yakıp yattıktan sonra sabaha karşı kalkan ve duman kokusunu fark eden yakınları tarafından zorlukla uyandırılmış. Uyandıktan sonra kısa süreli bir bilinç kaybının akabinde evden çıkarılıp ambulansa alınırken bilinci yerine gelmiş. Ambulansta ve acil serviste rezervuarlı maske ile oksijen alan hastanın gelişinden yarım saat sonra 10 dakika süren iskemik göğüs ağrısı gelişmesi sonrası çekilen elektrokardiyografisinde AVR’de ST elevasyonu D1, D2, AVL, V5 ve V6’da ST depresyonu ve T negatifliği saptandı (Resim 1). Laboratuvar tetkiklerinde karboksihemoglobin düzeyi: %28.3, laktat: 3.22, CK-MB: 1.51, Troponin I: 0.02 idi. Takiplerinde Troponin I değerinin 23.62 (Referans aralığı: 0.00-0.06) olması üzerine kardiyoloji bölümüne danışılan hasta akut miyokard enfarktüsü tanısıyla koroner anjiyografiye

alındı. Sol ön inen arter (LAD) proksimal segmentte %45 darlık ve sağ koroner arter (RCA) %99 tomboze görüldü. RCA'ya 1 adet DES (Drug-Eluting stent) implante edildi. İşlem sonrası bekletilmeden sedyede, kum torbasıyla ve monitörize olarak 45 feette 3x25 dakika hiperbarik oksijen tedavisine alındı. 2. ve 3. seanslarına yine monitörize olarak alınan hasta daha sonra hasta kendi isteği ile seanslara devam etmedi.

TARTIŞMA

CO zehirlenmesi halen en sık görülen zehirlenme nedenlerinden birisidir ve geniş bir klinik skalada ortaya çıkabilmektedir. Renksiz kokusuz bir gaz olmasıyla beraber yarılanma ömrünün özellikle oksijen verilen hastalarda kısa olması maruziyet net olarak bilinmediği takdirde tanı koymayı zorlaştırabilmektedir (3,4).

Karbon monoksit (CO), geniş bir kardiyotoksisite yelpazesine neden olabilir. Bunlar; EKG değişiklikleri (QT uzaması, ST depresyonu, T negatifliği, non spesifik T dalga amplitüt değişiklikleri), aritmiler, ST elevasyonlu veya elevasyonsuz miyokard enfarktüsleri, yaygın duvar hareket bozuklukları, sol ventrikül disfonksiyonu ve akut kalp yetmezliğidir (1,2).

Karbonmonoksit toksisitesi olan hastaların üçte birinden fazlasında, elektrokardiyogram (EKG) veya kardiyak biyo belirteç ölçümleriyle kardiyotoksisite varlığı gösterilmektedir (1,2). Hasar mekanizmaları arasında karboksihemoglobin oluşumuna bağlı yaygın hipoksemi, mitokondriyal sitokrom solunum zincirinin bozulması, miyoglobine bağlanma ve inflamasyon yer almaktadır.

Klinik tablo geniş bir yelpazede değişkenlik gösterebilir. Bazı hastalarda yalnızca kardiyak biyo belirteçlerde geçici bir artış ve düşüş gözlenirken, anjiyografi akut tıkanıklık olmaksızın yaygın koroner arter hastalığını gösterebilir (1). Kalay ve ark. karboksihemoglobin seviyeleri, beyin natriüretik peptid seviyeleri ve ventriküler ejeksiyon fraksiyonları arasında anlamlı bir korelasyon bulmuştur. Çalışmalarında, kardiyak biyo belirteçleri yüksek olan tüm hastalar koroner anjiyografiye yönlendirilmiş, ancak ilginç bir şekilde, tüm hastaların koroner anjiyografileri normal bulunmuştur. Ayrıca, ventriküler fonksiyon bozukluğu tespit edilen vakaların çoğunda bu durum hızla düzelmiştir.

Chien-Cheng Huang ve ark. 1999-2012 yılları arasında karbonmonoksit zehirlenmesi yaşayan 25737 hasta üzerinde yaptıkları araştırmada hiperbarik oksijen tedavisi alan özellikle erkek

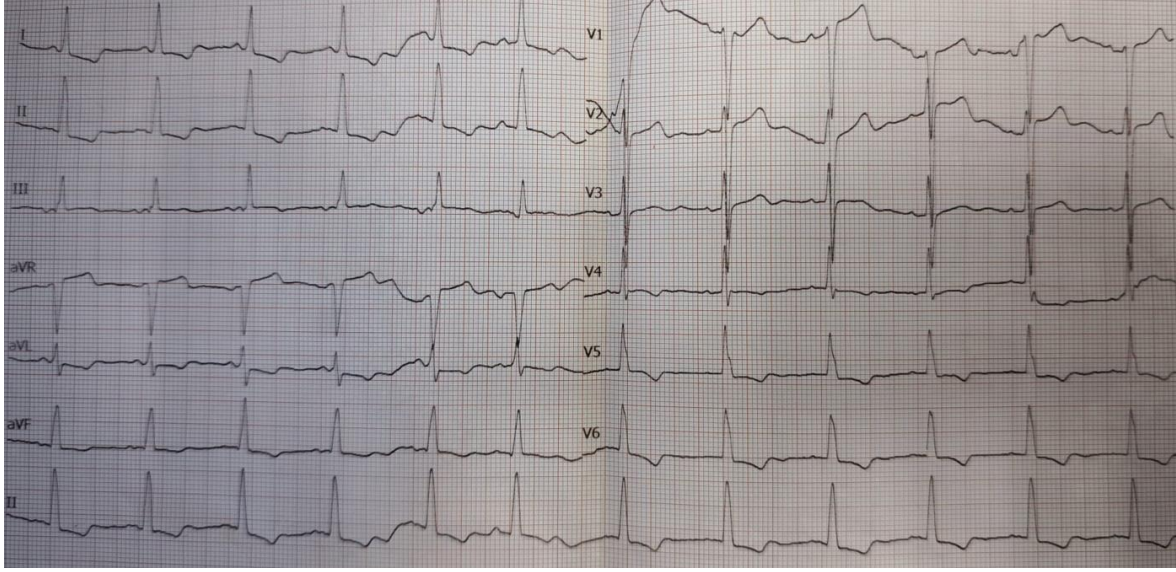
hastalarda 2 hafta içinde miyokard enfarktüsü geçirme riskinin almayanlara göre anlamlı olarak azaldığı görülmüştür (3).

Christopher R. Henry ve ark. 2006 yılında yayınladıkları bir çalışmada karbonmonoksit zehirlenmesi yaşayan 230 hasta ortalama 7,6 yıl takip edilmiştir. Bu hastalardan 85'i (%37) kardiyotoksisite yaşamış ve bu hastalarında 32'si takip sürecinde ölmüştür. Kardiyotoksisite yaşamayan hastalarda ise bu oran 22/145 (%15)'dir (4).

Akut miyokard enfarktüsü sonrası yapılan acil koroner anjiyografiyi takiben gelişebilecek çok sayıda komplikasyon mevcuttur. Bunlar; miyokard enfarktüsüne bağlı olarak akut kalp yetmezliği, aritmiler, mekanik komplikasyonlar (sol ventrikül serbest duvar rüptürü, papiller kas rüptürü, vb.), perikardit, iletim bozuklukları ve anjiyografiye bağlı olarak; kanama, emboli, peritoneal kanama, vasküler yaralanma, kontrast nefropatisi ve psoudoanevrizmadır. Bu tür hastaları hiperbarik oksijen tedavisine alırken klinisyenlerin mevcut komplikasyonlar konusunda tetikte olması, erkenden tanıyıp gereken müdahaleyi yapabilecek donanımda olması gerekmektedir. Bu nedenle bu hasta HBO tedavisine immobil, monitorize, girişimin yapıldığı sol femoral arter üzerine kum torbası konularak ve deneyimli bir iç yardımcıyla alınmıştır. Ayrıca karbonmonoksit zehirlenmesi sonrası mortalitenin en önemli belirleyicisi kardiyak etkilenme olup miyokardda ağır iskemi gelişmesi miyokard enfarktüsü, aritmiler ve akut kalp yetmezliği ile mortaliteye neden olabilmektedir.

SONUÇ

Karbonmonoksit zehirlenmesine bağlı akut miyokard infarktüsü nadir görülen bir durum olmasına karşın tedavi ve takibi önem taşımaktadır. Hastaların öncelikle koroner anjiyografiye alınması ve sonrasında HBO tedavisi uygulanması multidisipliner bir yaklaşım gerektirmektedir. Aynı zamanda CO zehirlenmeleri sonrasında HBOI tedavisinin ilk 6 saatte uygulanması önerildiğinden, koroner anjiyografi uygulanan hastaların HBO tedavisine alınması sırasında kum torbası, kanama, ani kardiyak arrest gibi olası riskler göz önüne alınarak yapılmalıdır.



Resim 1. AVR’de ST elevasyonu D1, D2, AVL, V5 ve V6’da ST depresyonu ve T negatifliği

KAYNAKLAR

1. Kalay N, Ozdogru I, Centinkaya Y, ve ark. Cardiovascular effects of carbon monoxide poisoning. Am J Cardiol 2007; 99: 322-324.
2. Satran D, Henry CR, Adkinson C, ve ark. Cardiovascular manifestations of moderate to severe carbon monoxide poisoning. J Am Coll Cardiol 2005; 45: 1513-1516.
3. Chien-Cheng Huang, Chung-Han Ho, Yi-Chen Chen, ve ark. Effects of Hyperbaric Oxygen Therapy on Acute Myocardial Infarction Following Carbon Monoxide Poisoning Cardiovasc Toxicology 2020 Jun;20(3):291-300.
4. Christopher R. Henry, BS; Daniel Satran, MD; Bruce Lindgren, MS; ve ark. Myocardial Injury and Long-term Mortality Following Moderate to Severe Carbon Monoxide Poisoning JAMA. 2006;295(4):398-402

S14- RADYOTERAPİ İLİŞKİLİ KOMPLİKE YARALARDA HİPERBARİK OKSİJEN TEDAVİSİNİN YERİ

Hazal Doğaner¹, Veysel Gümüş¹, Dicle Aksöyler², Bengüsü Mirasoğlu¹

¹İstanbul Tıp Fakültesi, Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Anabilim Dalı

²İstanbul Tıp Fakültesi, Plastik Rekonstrüktif ve Estetik Cerrahisi Anabilim Dalı

GİRİŞ

Radyoterapi, hücresel aktiviteyi ve anjiyogenezi bozarak doku hasarına yol açar ve bu hasar nedeniyle uzun süre sonra bile yara oluşumu görülebilir. Oluşan doku hasarı, radyoterapi uygulanmış bölgelerde gerçekleştirilen cerrahi girişimlerin yüksek komplikasyon riski taşımasına neden olur (1). Hiperbarik Oksijen Tedavisi (HBOT), vaskülarizasyonu bozulmuş, radyoterapi almış ya da enfeksiyon nedeniyle hasarlanmış dokularda, cerrahinin başarıyla uygulanabilmesi için dokuları fizyolojik olarak hazırlayan etkili bir destek tedavisidir (2).

Bu çalışmada, radyoterapiye bağlı komplike yaralarda HBOT'nin rolü incelenmiştir.

OLGU 1

Hipotiroidi dışında bilinen başka hastalığı olmayan, 62 yaşında kadın hastaya 2018 yılında invaziv meme karsinomu tanısı konulmuş; 2019 yılında sol meme koruyucu cerrahi uygulanmış ve ardından 28 seans radyoterapi verilmiştir. 2020’de nüks ve parasternal metastaz nedeniyle tekrar opere edilen hastanın, Ağustos 2023’te sternotomi insizyon hattında şişlik şikayeti gelişmiştir. Mart 2024’te bu bölgede yara açılmıştır. Kliniğimize başvurduğunda, sternum orta hatta akıntılı, kötü kokulu, fibrogranüle, 2x2x2 cm boyutlarında kemik ekspozisyonu olan yara tespit edilmiştir. Radyonekroz tanısı ile HBOT başlanmıştır. Hastanın antibiyotik tedavisi doku kültürüne göre düzenlenmiş, yara enzimatik debridman ve borik asit ile takip edilmiştir. Bu süreçte kemoterapi de gören hasta, toplam 60 seans HBOT almıştır. Kasım 2024’te, plastik rekonstrüktif cerrahi (PRC) ve göğüs cerrahisi tarafından gerçekleştirilen ortak operasyonla, sternum önündeki defekt kapatılmıştır. İki aylık takipte yara nüksü gözlenmemiştir.

OLGU 2

62 yaşında, diyabet (DM) ve hipertansiyon (HT) tanıları bulunan erkek hastaya 2020 yılında renal hücreli kanser (RCC) tanısı konulmuş ve vertebrada metastaz tespit edilmiştir. Lomber bölgeden opere edilen hastaya radyoterapi uygulanmıştır. Radyoterapiden 45 gün sonra, operasyon bölgesinde yara açılmıştır. Sekiz ay boyunca başka bir merkezde takip edilen hastanın, kliniğimize başvurduğunda lomber bölgede 5x5 cm boyutlarında, 3 cm derinliğinde fibrotik yara mevcuttu. Takibi sırasında kemik ekspozisyonu gelişen hasta, 33 seans HBOT almıştır. Sonrasında, PRC ve ortopedi tarafından gerçekleştirilen ortak cerrahi girişimle yara kapatılmıştır. Takip sürecinde yara tekrarlamamıştır.

TARTIŞMA

Radyoterapi, dokuyu hiposelüler, hipovasküler ve hipoksik hale getirir. Bu dokulara cerrahi müdahale uygulandığında, yara kötüleşebilir, nekroz gelişebilir veya flep tutmayabilir. HBOT, oksijenasyonu artırır ve neovaskülarizasyonu indükleyerek dokuyu cerrahiye daha uygun hale getirir (3). HBOT, fibroblastları aktive eder ve kollajen üretimini artırır; bu, yara yatağının yeniden yapılanmasını sağlar. Ayrıca enflamasyonu baskılar ve enfeksiyon riskini azaltır. Mikrovasküler geçirgenliği azaltarak flep çevresindeki ödemi düşürür, bu da flebin daha iyi beslenmesini sağlar. Osteomyelitli ve radyasyona maruz kalmış komplikasyonlu vakalarda, HBOT'un preoperatif dönemde doku hazırlığını desteklediği ve postoperatif dönemde yara iyileşmesine katkı sunduğu bilinmektedir (4). Bu nedenle, yumuşak dokuda radyoterapi kaynaklı hasarlarda HBOT, sadece yara iyileşmesini desteklemek için değil, cerrahi girişimlerin başarısını artırmak amacıyla da hem preoperatif hem de postoperatif dönemde kullanılabilir. Her iki olguda da, multidisipliner yaklaşım ve HBOT sayesinde başarılı rekonstrüksiyon sağlanmıştır. HBOT, yara tam olarak kapanmamış olsa dahi faydalıdır ve cerrahi planlamanın bir parçası olarak mutlaka değerlendirilmelidir (5).

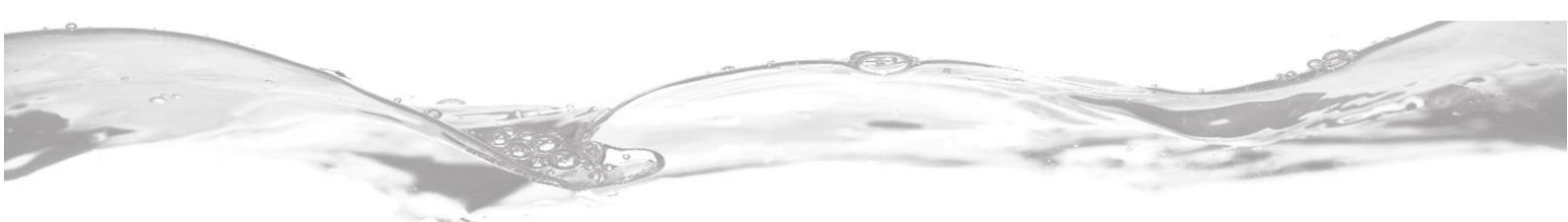
KAYNAKLAR

- 1- Meier EL, Hummelink S, Lansdorp N, Boonstra O, Ulrich DJ. Perioperative hyperbaric oxygen treatment and postoperative complications following secondary breast reconstruction after radiotherapy: a case-control study of 45 patients. Diving Hyperb Med. 2021 Sep 30;51(3):288-294. doi: 10.28920/dhm51.3.288-294.PMID: 34547780

- 2- Marx RE. (1983). A new concept in the treatment of osteoradionecrosis. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 41(6), 351–357.
- 3- Lin ZC, Bennett MH, Hawkins GC, Azzopardi CP, Feldmeier J, Smee R, Milross C. Hyperbaric oxygen therapy for late radiation tissue injury. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2023, Issue 8. Art. No.: CD005005. DOI: 10.1002/14651858.CD005005.pub5.
- 4- Kindwall, E. P., & Whelan, H. T. (2008). *Hyperbaric Medicine Practice* (3rd ed.). Best Publishing Company.
- 5- Thom, S. R. (2011). Hyperbaric oxygen: its mechanisms and efficacy. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 127(1S), 131S–141S. <https://doi.org/10.1097/PRS.0b013e3181f8e2bf>



POSTER BİLDİRİLER



P01-MANDİBULAR OSTEORADYONEKROZ TEDAVİSİNDE HİPERBARİK OKSİJEN TEDAVİSİNİN ETKİNLİĞİ: OLGU SUNUMU

Salih Kaan Emek¹, Taylan Zaman²

¹Asal Hiperbarik Oksijen Tedavi Merkezi

² SBÜ- Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp AD

GİRİŞ

Mandibular osteoradyonekroz (MORN), baş-boyun bölgesi malignitelerinin radyoterapi tedavisinin bir komplikasyonu olarak ortaya çıkan ciddi bir durumdur. Radyasyon, mandibulada hipoksi, hiposelülerlik ve hipovaskülariteye yol açarak doku iyileşmesini engeller ve bu durum, radyoterapi sonrası ilk 6 aydan itibaren veya daha geç dönemlerde kronik yaralar, patolojik kırıklar, orokütanöz fistüller ve infeksiyonlarla kendini gösterebilir (1). MORN'un prevalansı literatürde %0,4 ile %56 arasında geniş bir yelpazede değişmektedir, bu da radyasyon dozuna, hasta özelliklerine ve tedavi protokollerine bağlı farklılıkları yansıtır (2). Mekanik travma, özellikle diş çekimi, MORN'un tetikleyici faktörlerinden biri olarak öne çıkar. İlerlemiş olgularda, kemik kaybı, fragmantasyon ve mandibulektomiye kadar uzanabilen radikal cerrahi gereksinimleri gibi ciddi sekeller gelişebilir.

MORN tedavisinde çeşitli yaklaşımlar denenmiş, ancak başarı oranları sınırlı kalmıştır (3). Uzun yıllar boyunca MORN, radyasyona maruz kalan kemiğin osteomyeliti olarak kabul edilse de, Marx'ın 1983'te önerdiği "3H" hipotezi (hipovasküler, hipoksik, hiposellüler) ile patofizyoloji daha iyi anlaşılmıştır (4). Bu hipoteze göre, radyasyonun subletal dejeneratif etkileri, dokunun kronik bir yara haline gelmesine neden olur. Bu bağlamda, 1970'lerden itibaren doku oksijenizasyonunu artırmak için Hiperbarik Oksijen Tedavisi (HBOT) MORN tedavisinde önemli bir yer edinmiştir. HBOT, neovaskülarizasyonu teşvik ederek doku hipoksisini tersine çevirmeyi hedefler ve radyoterapi gören hastalarda diş çekimi, dental implant veya cerrahi işlemler öncesi profilaktik olarak da kullanılmaktadır. Bu olgu sunumunda, diş çekimi sonrası mandibuler fraktür gelişen bir MORN hastasında HBOT'nin etkinliği tartışılacaktır.

OLGU

Altmış dokuz yaşındaki erkek hasta, sağ mandibular angulus bölgesinde osteoradyonekroz (MORN) zemininde gelişen patolojik fraktür nedeniyle kliniğimize başvurdu. Hastanın tıbbi öyküsünde, 04.05.1992’de Hacettepe Üniversitesi’nde sağ tonsilde orta derecede diferansiye skuamöz hücreli karsinom (T2N3) tanısı aldığı ve biyopsi sonrası ABD’de hematoloji-onkoloji kliniğine yönlendirildiği öğrenildi. 11.05.1992’de kemoterapi (5-FU ve Cisplatin) başlanmış, tümör küçülmesi gözlemlendikten sonra 31.07.1992’de 50 gün içinde 36 seans, toplam 6600 Gy radyoterapi (Kobalt-60 ile) uygulanmıştır. 15.08.1992’de boyun MRG’sinde lenf nodu küçülmesi saptanmış, 12.10.1992’de modifiye sağ boyun diseksiyonu yapılmış ve biyopsi sonucu temiz çıkmıştır. 29.06.1993’te çekilen boyun MRG’sinde C2-C4 vertebra düzeylerinde T1 ağırlıklı serilerde yüksek sinyal değişiklikleri görülmüş, ancak toraks MRG’si normal bulunmuştur.

Hasta, yaklaşık 30 yıl boyunca mandibulada belirgin bir şikayet yaşamamış; ancak Nisan 2023’te sağ alt çenede 20 yaş diş çekimi yapılmıştır. Diş çekimi sonrası iki ay komplikasyonsuz geçmiş, ancak Haziran 2023’te çekim bölgesinden püy sızıntısı başlamış ve bölge kürete edilmiştir. Temmuz 2023’te püy tekrar ortaya çıkmış, ağız açma zorluğu ve mandibular parestezi gelişmiştir. Hasta iki ay boyunca amoksisilin-klavulanik asit (1 g, 2x1) kullanmış, ancak CRP değerlerindeki yükselme devam edince tomografi ve kültür istenmiştir. Tomografide sağ mandibular bölgede fraktür ve osteomyelit şüphesi saptanmış, kültürde üreme olmamış ve seftriakson (1 g, i.m.) başlanmıştır. Antibiyoterapi sırasında püye gerileme ve parestezinin düzeldiği, ancak tedavinin kesilmesiyle şikayetlerin nüksettiği gözlenmiştir. Eylül 2023’te sefuroksim aksetil (500 mg, oral) denenmiş; tekrarlanan tomografide radyolusent alanın genişlediği ve fraktürün ilerlediği görülmüştür. Klindamisin’e geçilmiş ve KBB konsültasyonu ile cerrahi değerlendirme planlanmıştır.

Hastanın anamnezinde MORN tanısı düşünülerek HBOT önerilmiş, fizik muayene ve tetkiklerde HBOT kontrendikasyonu saptanmamıştır. 15.02.2024-02.04.2024 tarihleri arasında 40 seans, ardından 06.05.2024-01.07.2024 tarihleri arasında 29 seans olmak üzere toplam 69 seans HBOT (2,4 ATA, 120 dakika; 10 dk kompresyon, 3 periyot 30 dk oksijen, 5 dk hava, 10 dk dekompresyon) uygulanmıştır. Tedavi süresince antibiyoterapi devam etmiş, şikayetler azalmış, yüzdeki deformasyon düzelmiş, gingivadaki yara kapanmış ve tomografide radyolusent alan daralmıştır. Kırık tespiti için ameliyat planlanmış, ancak başarı sağlanamamıştır. HBOT sonrası akıntı durmuş, fistül kapanmış ve radyolusent alan daralmış olmasına rağmen cerrahi öncesi antibiyoterapi önerilmiştir. Hasta 30.09.2024’te opere edilerek nekrotik dokular temizlenmiş ve mandibula pin

fiksasyonu ile stabilize edilmiştir. Operasyon sonrası 10 seans ek HBOT planlanmış, ancak hasta tedaviye devam etmemiştir. Operasyondan günümüze kadar şikayetler nüksetmemiş, ağız açma zorluğu düzelmiş ve hasta yeni diş protezlerini takmıştır (Resim 1, 2, 3).

TARTIŞMA

Bu olgu, 1992’de baş-boyun bölgesine 6600 Gy radyoterapi uygulanmış bir hastada, 31 yıl sonra diş çekimi sonrası gelişen mandibular osteoradyonekrozun (MORN) küretaj ve antibiyoterapi ile kontrol altına alınamayıp, HBOT ile başarılı bir şekilde yönetildiğini göstermektedir. Radyasyonun doku üzerindeki etkileri, Marx’ın “3H” hipotezi (hipovasküler, hipoksik, hiposellüler) ile açıklanır; bu süreç, küçük kan damarlarında endarterit, fibroblast hasarı ve doku düzeyinde kronik hipoksiye yol açar (4, 5). HBOT, bu hipoksik ortamda neovaskülarizasyonu teşvik ederek doku oksijenasyonunu artırır ve revaskülarizasyonu destekler, böylece yara iyileşmesini hızlandırır.

Thorn ve arkadaşlarının (1997) çalışmasında, ışınlanmış mukozada HBOT’nin transmukozal PO₂ değerlerini beşinci seanstan itibaren anlamlı şekilde yükselttiği ve 30 seans sonunda sağlıklı gingivadaki PO₂’nin %86’sına ulaştığı gösterilmiştir (6). Benzer şekilde, bu olguda HBOT’nin doku hipoksisini gidererek fistül kapanması ve radyolüsent alanın daralması gibi iyileşme belirtilerine katkıda bulunduğu düşünülmektedir. HBOT’nin radyoterapi sonrası doku hasarını tersine çevirmedeki etkinliği, Marx’ın protokolüne dayalı klinik başarılarla da desteklenmektedir (7). Ancak, HBOT’nin tümör rekürrensini tetikleme endişesi literatürde tartışılmaktadır. Feldmeier ve arkadaşlarının (2003) çalışması, ne primer ne de metastatik tümör hücrelerinde artışa dair kanıt bulunmadığını bildirmiş; buna ek olarak, son dönemde yapılan bir çalışmada maligniteli hastalarda HBOT’nin güvenli olduğu doğrulanmıştır (8,9).

Marx’ın “Miami Protokolü” (30/10 protokolü), MORN tedavisinde hastaları üç evreye ayırarak non-agresif cerrahi ve HBOT ile iyileşebilecek olguları agresif cerrahi gerektirenlerden ayırmayı amaçlar (10). Protokole sadık kalınan çalışmalarda yüksek başarı oranları bildirilmişken, protokole uymayan yaklaşımlarda başarı sınırlı kalmıştır. Örneğin, 1990’da 50 Gy radyoterapi alan 144 hastanın yer aldığı randomize bir faz III çalışmada (Shaw ve ark., 2019), postoperatif HBOT’nin osteoradyonekroz insidansını (%5,7’ye karşı %6,4) anlamlı şekilde azaltmadığı, ancak akut semptomları (ağrı, şişlik) hafiflettiği raporlanmıştır (11). Buna karşın, Bennett ve arkadaşlarının (2016, 2023) meta-analizleri, HBOT’nin osteoradyonekroz ve mukozal iyileşme olasılığını (RR 1,3; %95 CI 1,1-1,6, p=0,003) ve diş çekimi sonrası yara iyileşmesini (RR 1,4; %95 CI 1,1-1,7,

p=0,009) anlamlı şekilde artırdığını göstermiştir (12). Ancak, sinir dokusu hasarında HBOT'nin etkinliğine dair yeterli kanıt bulunmamaktadır. Bu çelişkiler, HBOT'nin standart protokollere bağlı uygulamasının önemini vurgular.

Günümüzde, Undersea and Hyperbaric Medical Society (UHMS), European Committee for Hyperbaric Medicine (ECHM) ve Japonya, Çin, Rusya gibi ülkelerin HBOT endikasyon listelerinde MORN yer almaktadır (3, 13,14). Mevcut verilerdeki çelişkiler rağmen, HBOT, lokal tümör rekürrensi olmayan, mandibulaya ≥ 50 Gy radyoterapi maruziyeti olan ve diş müdahalesi planlanan hastalarda profilaktik olarak önerilmektedir. Bu olguda, HBOT'nin cerrahi öncesi uygulanmasının operasyon başarısını artırdığı ve iyileşmeyi desteklediği gözlenmiştir; bu, Marx protokolüyle uyumludur.

SONUÇ

Bu olgu, radyoterapi sonrası 30 yıl geçtikten sonra diş çekimiyle tetiklenen MORN'un HBOT ile etkili bir şekilde yönetildiğini ortaya koymaktadır. HBOT, hipoksik ve hipovasküler dokuların revaskülarizasyonunu sağlayarak cerrahi öncesi iyileşmeyi desteklemiş ve operasyon başarısını artırmıştır. Literatürdeki çalışmalarla uyumlu olan bu bulgular, HBOT'nin MORN tedavisindeki potansiyelini doğrulamaktadır. Ancak, çelişkili sonuçlar ve sınırlı randomize kontrollü veriler nedeniyle, özellikle diş hekimleri ve çene cerrahlarının bilgilendirilmesi için daha geniş kapsamlı, prospektif çalışmaların yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

1. Johnson P. Osteoradionecrosis of the jaws: a retrospective study of the background factors and treatment in 104 cases. J Oral Maxillofac Surg 1997; 55(6):545-6.
2. Mitchell M, Logan P. Radiation-Induced Changes in Bone. Radiographics 1998; 18(5):1125-36. doi:10.1148/radiographics.18.5.9747611
3. Çimşit M. Radyoterapiye Bağlı Geç Hasarlar. In: Çimşit M. Hiperbarik Tıp, Teori ve Uygulama. 1st Ed. Ankara: Eflatun Yayınevi; 2009. p. 254-271.
4. Marx RE. Osteoradionecrosis: a new concept of its pathophysiology. J Oral Maxillofac Surg 1983; 41(5):283-8.
5. Marx RE. Radiation injury to tissue. In: Kindwall EP, Whelan HT, editors. Hyperbaric Medicine Practice. 2nd ed. Flagstaff, AZ: Best Publishing; 2002. p. 665-724.

6. Thorn JJ, Kallehave F, Westgaard P, Hansen EH, Gottrup F. The effect of hyperbaric oxygen on irradiated oral tissues: transmucosal oxygen tension measurements. *J Oral Maxillofac Surg* 1997; 55(10):1103-7.
7. Marx RE, Johnson RP. Problem wounds in oral and maxillofacial surgery: The role of hyperbaric oxygen. In: Davis JC, Hunt TK, editors. *Problem wounds — the role of oxygen*. New York: Elsevier; 1988. p. 65-123.
8. Feldmeier J, Carl U, Hartmann K, Sminia P. Hyperbaric oxygen: does it promote growth or recurrence of malignancy? *Undersea Hyperb Med* 2003; 30:1-18.
9. Canarslan Demir K, Avci AU, Ozgok Kangal MK, Ceylan B, Abayli SY, Ozler I, Yilmaz KB. Hyperbaric Oxygen Therapy for Managing Cancer Treatment Complications: A Safety Evaluation. *Medicina*. 2025; 61(3):385. <https://doi.org/10.3390/medicina61030385>
10. Davis JC, Dunn JM, Gater GA, Heimbach RD. Hyperbaric oxygen. A new adjunct in the management of radiation necrosis. *Arch Otolaryngol* 1979; 105(2):58-61.
11. Shaw RJ, Butterworth CJ, Silcocks P, et al. HOPON (Hyperbaric Oxygen for the Prevention of Osteoradionecrosis): A Randomized Controlled Trial of Hyperbaric Oxygen to Prevent Osteoradionecrosis of the Irradiated Mandible After Dentoalveolar Surgery. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2019; 104:530.
12. Bennett MH, Feldmeier J, Hampson NB, Smee R, Milross C. Hyperbaric oxygen therapy for late radiation tissue injury. *Cochrane Database Syst Rev* 2016 Apr 28;4(4):CD005005. doi: 10.1002/14651858.CD005005.pub4.
13. Zhiliang Caleb Lin, Michael H Bennett, Glen C Hawkins, Charles Paul Azzopardi, John Feldmeier, Robert Smee, Christopher Milross. Hyperbaric oxygen therapy for late radiation tissue injury. *Cochrane Database Syst Rev* 2023; 2023(8):CD005005. doi: 10.1002/14651858.CD005005.pub5.
14. Kot J, Desola J, Lind F, Mueller P, Jansen E, Burman F. A European code of good practice for hyperbaric oxygen therapy - Review 2022. *Diving Hyperb Med* 2023 Dec; 53(4Suppl):1-17. doi: 10.28920/dhm53.4.suppl.1-17. PMID: PMC10911829.



Resim 1 : HBOT öncesi



Resim 2: HBOT ve cerrahi sonrası



Resim 3-4: Radyografik görüntüler (Tedavi öncesi ve sonrası)

P02- ACİL HİPERBARİK OKSİJEN TEDAVİSİ UYGULANAN OLGULARIN

RETROSPEKTİF ANALİZİ

SBÜ Hamidiye Uluslararası Tıp Fakültesi

Dr. Lütfi Kırdar Şehir Hastanesi, Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp AD, İstanbul

Hale Gül Özcan, Dr. Selin Gamze Sümen

GİRİŞ

Hiperbarik oksijen tedavisi (HBO), %100 oksijenin bulunduğumuz ortamdaki atmosfer basıncından daha yüksek bir basınç altında verilmesiyle gerçekleştirilen, çeşitli klinik durumlarla ilişkili acil ve kronik hastalıklarda tedavi edici etkileri bilinen bir tıbbi uygulamadır. Dünya genelinde, özellikle belli acil tıbbi endikasyonlar kapsamında yaygın kullanılmaktadır. Karbonmonoksit zehirlenmesi, akut travmatik iskemiler, dekompresyon hastalığı, arteriyal gaz embolisi vb. hastalıklarda HBO'nun tedaviye katkıları kanıtlanmıştır. Acil endikasyon vakalarının tedavisi multidisipliner olarak yönetilmekte, HBO'nun tedavideki rolü vakalara göre primer ve sekonder olarak değişmektedir. Hiperbarik oksijen tedavisinin etkinliği ve güvenliği, bu yöntemle tedavi edilen hastaların sonuçlarına dayalı olarak sürekli olarak araştırılmaktadır (1,2). Bu çalışmada, kliniğimizde acil koşullarda tedavisi planlanan olguların endikasyonları ve demografik özellikleri değerlendirildi.

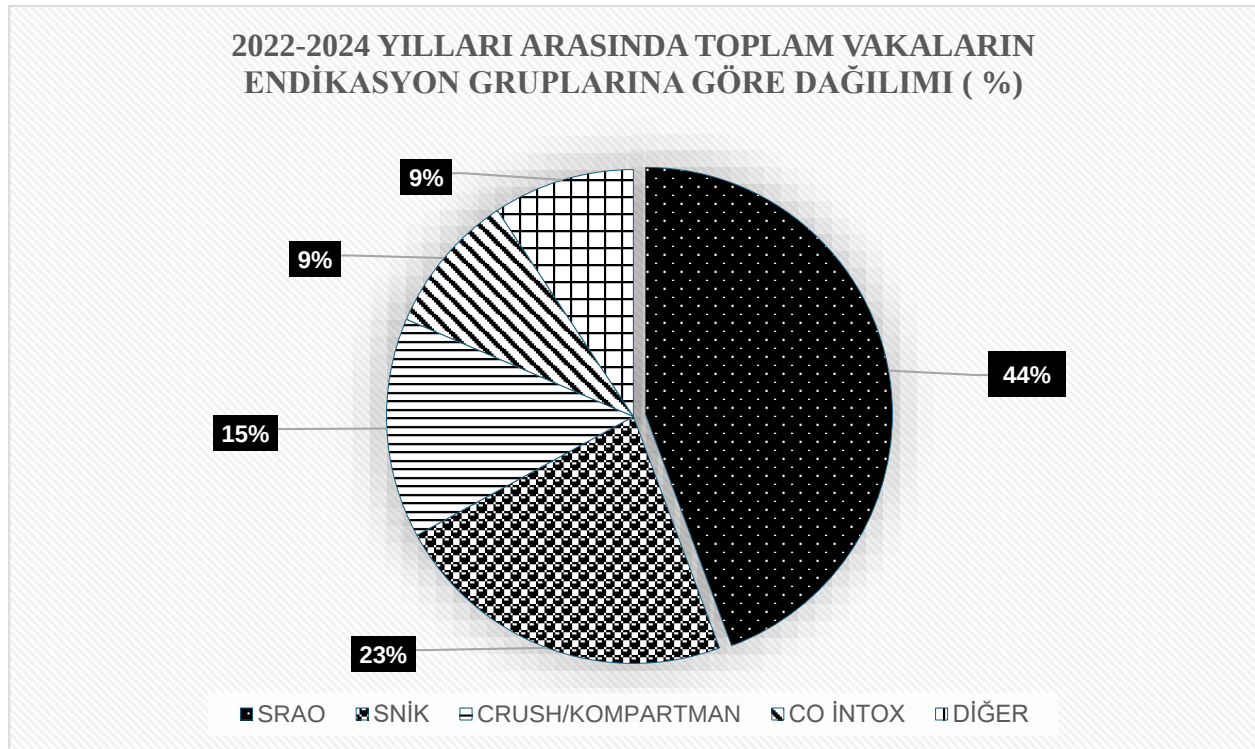
YÖNTEM

Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Dr. Lütfi Kırdar Şehir Hastanesi'ne ait Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Kliniği'nde tedavi gören hastaların, hastane kayıtları retrospektif olarak değerlendirmeye alındı. Çalışmaya dahil olan tüm hastalardan tedaviyi kabul ettiklerine ve tedavi verilerinin kullanılmasında bir sakınca görmediklerine dair aydınlatılmış onam alındı. Hastaların verileri, Mayıs 2022 ile Aralık 2024 tarihleri arasındaki süreci kapsayacak şekilde toplandı. Bu dönemde tedaviye alınan hastaların klinik kayıtları ayrıntılı bir şekilde incelenip, acil endikasyonlarla başvuran olguların dağılımı, demografik özellikler ve başvuru tarihleri üzerinde

analizler yapıldı. Ayrıca, hastaların tedavi sürecinde uygulanan hiperbarik oksijen hastalarının demografik verileri; yaş, cinsiyet, belirli olgularda endikasyonun lokalizasyonu ve tedaviye başvuru tarihleri, uygulanan tedavi tablosu, değerlendirilen parametreler arasında yer almıştır. Tedavi HiperTech ZYRON 12 çok kişilik hiperbarik oksijen kabiniinde, maske ve ihtiyaç halinde başlık ile %100 oksijen inhalasyonu ile gerçekleştirilmiştir. Tedavi prosedürü olarak hastalara 2-3 ATA (Absolute atmosferik basınç) basınçta 120 dakika boyunca oksijen tedavisi verildi. Sadece dekompresyon hastalığı tanılı iki hastanın tedavisinde Amerika Birleşik Devletleri Donanması (US Navy) Tedavi Tablosu- Tablo-5 uygulanmıştır.

BULGULAR

Çalışmaya dahil edilen toplam hasta sayısı 185 olup, bunların 80'i kadın, 105'i erkek hastalardan oluşmaktadır. Hastaların yaş ortalaması 50 olup, yaş aralığı 5 ile 90 arasında değişmektedir. Acil HBO seansı uygulanan hastaların başvuru endikasyonları şu şekilde dağılım göstermektedir:



Grafik-1 Çalışma grubunda 2022-2024 yılları arasında olguların % olarak dağılımı

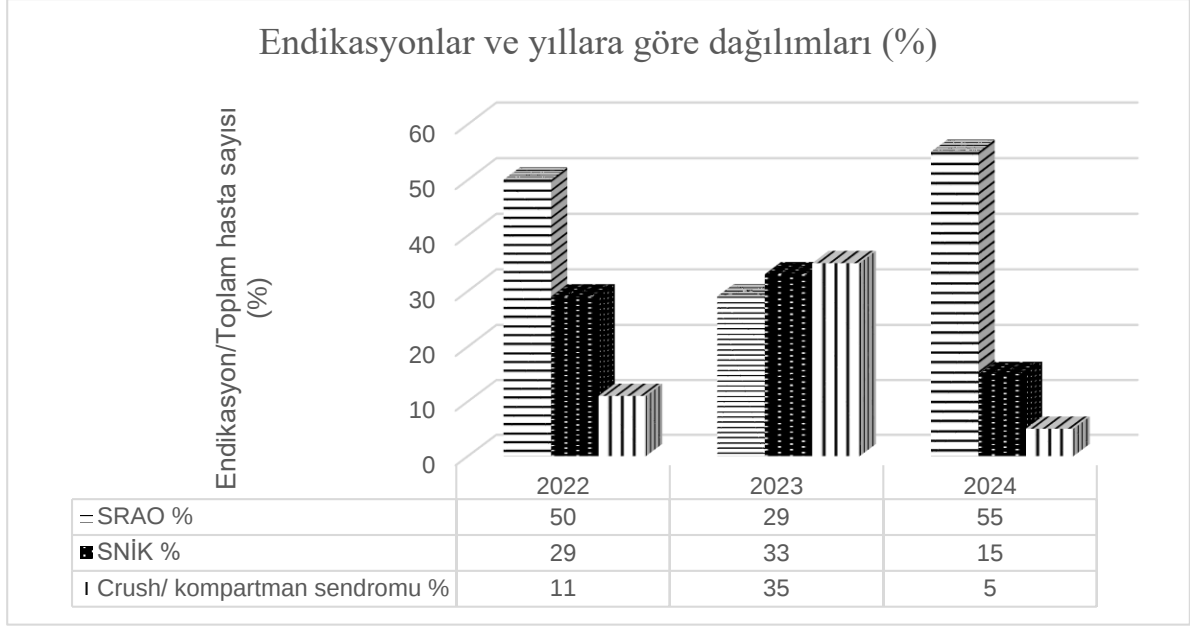
Kliniğimize acil olarak başvuran olguların dağılımı şöyledi: santral retinal arter oklüzyonu (SRAO): %43,24, ani idiopatik sensorinöral işitme kaybı (SNİK): %22,16, crush/kompartman sendromu: %14, karbonmonoksit (CO) intoksikasyonu: %9,76, akut periferik iskemi: %2,70,

dekompresyon hastalığı: %2,7, nekrotizan fasiit: %2 ,yanık: %0,5, donma: %0,5. Bu vakaların dağılımı Grafik-1 de gösterilmiştir. Hastaların büyük kısmını özellikle SRAO, SNİK ve crush/kompartman sendromundan tedaviye alınanlar oluşturmaktadır.

Tablo-1 Endikasyonların yaş ortalaması ve cinsiyete göre dağılımı

Vaka	Yaş Ortalaması % (min-max)	Kadın % (n)	Erkek % (n)	Toplam hasta sayısı % (n)
SRAO	59,98 (25-90)	60,92 (38)	59,14 (42)	80
SNİK	49,02 (10-75)	48,80 (21)	49,25 (20)	41
Crush/Kompartman sendromu	31,80 (5-67)	40,12 (8)	28,11 (18)	26
CO intoksikasyonu	36,66 (6-90)	48,12 (8)	27,5 (10)	18
Diğer	47,8 (12-72)	58,33 (6)	43,6 (15)	21

Olguların verilerine dayanarak tablo-1 de SRAO, SNİK, Crush/ kompartman, CO intoksikasyonu ve diğer olarak ayrılan endikasyonlar öncelikle ele alınmıştır. Her iki cinsiyet için yaş ortalamasına göre dağılım yüzdesi incelenmiştir. Aynı veriler diğer vakalar başlığı altında, akut periferik iskemi, dekompresyon hastalığı, nekrotizan fasiit,yanık ve donma olguları için de incelenmiştir.



Grafik-2 Yıl bazında en sık gözlenen endikasyonların tüm olgulara göre % değişimi

2022, 2023 ve 2024 yılları itibarıyla santral retinal arter oklüzyonu (SRAO), ani idiopatik sensorinöral işitme kaybı (SNİK) ve crush/kompartman sendromu vakalarının yıllara göre dağılımı Grafik-2’de görselleştirilmiştir. 2023 yılında gözlemlenen crush yaralanmalarındaki artışın nedenin 6 şubat depremi olduğu öngörülmüştür. 2022 ve 2024 yıllarında merkezimizde en çok acil endikasyon ile tedavi edilen hasta popülasyonu ani görme kaybı hastalarıdır.

Tablo-2 Ani görme kaybı ve ani işitme kaybı olgularında tutulan organ dağılımı

Olgu	Toplam hasta (n)	Sol lokalize	Sağ lokalize	Bilateral
SRAO	80	42	38	0
SNİK	41	11	27	3

Tablo 2’de, acil endikasyon olarak alınan SRAO ve SNİK vakalarının başvurularında tutulan organ dağılımına ait sayısal veriler sunulmaktadır.

TARTIŞMA

Hiperbarik oksijen tedavisi, çeşitli acil tıbbi durumlarda dünya çapında etkinliği kanıtlanmış, önemli bir tedavi seçeneğidir. (2,3) Çalışmamızda yer alan hastalar, HBO tedavisinin etkili ve güvenli bir yöntem olduğunu bir kez daha ortaya koymuştur. Çalışmamızın bulguları, uluslararası literatürle uyumlu olup, tedavi sürecinin interdisipliner bir yaklaşımla yönetildiği ve tedavi sırasında hastaların olumlu sonuçlar aldığı gözlemlenmiştir. HBO'nun etkinliği, özellikle oksijenin dokuya daha hızlı ulaşmasını sağlayarak, hipoksiye bağlı hasarları onarmada önemli bir rol oynamaktadır.(4) SRAO ve SNİK gibi hastalıklarda uygulanan HBO'nun, göz ve kulak gibi önemli duyu organlarında iyileşmeye olanak tanıyan etkileri gösterilmiştir.(5,6)

Crush/kompartman sendromu günlük hayatta travmanın erken etkisi olarak sıkça karşımıza çıkmaktadır. Ülkemizde yaşanan Kahramanmaraş merkezli 6 şubat depremi de çok sayıda Crush/kompartman sendromu hastalarında HBO acil olarak uygulanmıştır. Böylelikle HBO mortalite ve morbiditeyi azaltarak etkin bir rol oynamıştır.(7) Kliniğimizde alınan olgular deprem merkezine uzak bir yerleşim olması nedeniyle diğer HBO merkezlerine kıyasla daha az sayıda olsa bile, sonuçlar diğer yayınlarla benzer ve yüz güldürücü olmuştur.

Dekompresyon hastalığı tedavisinde etkinliği gösterilmiştir. Donma, yanık, nekrozitan fasiit tanıları ile başvuran vakalar daha az sayıda olsa da tedavideki başarılı sonuçlar literatürdeki sonuçları desteklemekteydi.(8,9,10,11,12) HBO'nun etkinliği, sadece tedavi edilen hastaların klinik iyileşmesiyle değil, aynı zamanda iyileşme sürecini hızlandırmasıyla da doğrulanmaktadır.(2) HBO'nin tedavi süresi ve seans sayısı açısından bakıldığında, her bir hastanın spesifik durumu ve yanıtına göre tedavinin kişiselleştirilmesi gerektiği unutulmamalıdır. Günümüzde uluslararası alanda yapılan çalışmalar hiperbarik oksijen tedavisinin acil endikasyonlardaki yerini kesin bir şekilde göstermektedir. (13) Ülkemizde, HBO uygulamalarında endikasyon dağılımı coğrafi bölgelerin özelliklerine göre farklılık gösterebilir. Kimi bölgelerde CO ile zehirlenme olguları daha sık görülebilir. Karbonmonoksit zehirlenmesinin nispeten kliniğimize başvurularda sayıca az olması, İstanbul'da nispeten daha modern ısınma yöntemlerinin kullanılması ve 10 üzerinde HBO tedavisi uygulanan merkezin olması ile açıklanabilir.(14) Bu durum, HBO'nin daha etkin bir şekilde uygulanabilmesi için sağlık politikaları açısından dikkate alınması gereken bir faktör olabilir.(15)

Hastaların çoğunluğunun tedavileri endikasyonlara uygun olarak planlanarak tamamlandı. Bazı olgularda hastayı yönlendiren hekimin veya hastanın kendisinin isteği ile planlanan süreden erken

sonlandırılmak zorunda kalındı. Tedavilerin akut dönem uygulamalarında ciddi bir yan etki ile karşılaşılmamıştır.

SONUÇ

Bu çalışma, hiperbarik oksijen tedavisinin acil durumlarda etkinliğini ve tedavi süreçlerinin başarıyla yönetildiğini ortaya koymaktadır. HBO, acil patolojilerde etkili bir tedavi seçeneği olarak kabul edilmekte olup hastaların klinik iyileşmelerine katkı sağlamakta önemli bir rol oynamaktadır. HBO tedavisinin geniş endikasyon yelpazesi ve tedavi sürecindeki başarıları, bu yöntemin gelecekte daha yaygın ve etkili bir şekilde kullanılmasını teşvik edebilir.

KAYNAKLAR

- 1- Leung, J. K., & Lam, R. P. (2018). Hyperbaric oxygen therapy: its use in medical emergencies and its development in Hong Kong. *Hong Kong medical journal = Xianggang yi xue za zhi*, 24(2), 191–199. <https://doi.org/10.12809/hkmj176875>
- 2- Kirby J. P. (2019). Hyperbaric Oxygen Therapy Emergencies. *Missouri medicine*, 116(3), 180–183.
- 3- Butler, Frank & Moon, Richard. (2020). Emergency hyperbaric oxygen therapy: A service in need of resuscitation – an open letter. *Undersea and Hyperbaric Medicine*. 649-652. 10.22462/10.12.2020.14.
- 4- Ortega, M. A., (2021). A General Overview on the Hyperbaric Oxygen Therapy: Applications, Mechanisms and Translational Opportunities. *Medicina (Kaunas, Lithuania)*, 57(9), 864. <https://doi.org/10.3390/medicina57090864>
- 5- Maldonado, F., Reis da Silva,. (2024). Effects of Hyperbaric Oxygen Therapy in the Treatment of Patients With Central Retinal Artery Occlusion: A Retrospective Study. *Cureus*, 16(8), e66196. <https://doi.org/10.7759/cureus.66196>
- 6- Joshua TG, Ayub A, Wijesinghe P, Nunez DA. Hyperbaric Oxygen Therapy for Patients With Sudden Sensorineural Hearing Loss: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg*. 2022;148(1):5–11. doi:10.1001/jamaoto.2021.2685
- 7- Kangal, K.Ö., Arslan, A. (2023). Hyperbaric Oxygen Therapy for Earthquake Victims. *Cam & Sakura Medical Journal*, 3(1), 30-41. doi:10.4274/csmedj.galenos.2023.2023-9-4.
- 8- Robins M, Hendriksen S, Cooper JS. Hyperbaric Management of Frostbite. [Updated 2023 Aug 28]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK448115/>

- 9- Ghumman, A., St Denis-Katz, H., Ashton, R., Wherrett, C., & Malic, C. (2019). Treatment of Frostbite With Hyperbaric Oxygen Therapy: A Single Center's Experience of 22 Cases. *Wounds : a compendium of clinical research and practice*, 31(12), 322–325.
- 10- Moon RE, Sheffield PJ. Guidelines for treatment of decompression illness. *Aviat Space Environ Med* 1997;68:234-43.
- 11- Villanueva, E., Bennett, M. H., Wasiak, J., & Lehm, J. P. (2004). Hyperbaric oxygen therapy for thermal burns. *The Cochrane database of systematic reviews*, 2004(3), CD004727. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD004727.pub2>
- 12- Riseman, J. A., Zamboni,(1990). Hyperbaric oxygen therapy for necrotizing fasciitis reduces mortality and the need for debridements. *Surgery*, 108(5), 847–850.
- 13- Samson, M., Gottlieb, M., Logue, C., & Popa, D. (2024). Hyperbaric Oxygen Therapy: An Evidence-Based Primer for Emergency Physicians. *The Journal of Emergency Medicine*.
- 14- Sethuraman, Kinjal & Tom, Michael & Chew, Kin & Romero-Casillas, Jonathan & Hardy, Kevin. (2024). Quantification of referrals received at two emergency-capable hyperbaric medicine centers. *Undersea and Hyperbaric Medicine*. 51. 97-100. 10.22462/653.
- 15- Shapshak, D., & Kelly, M. (2022). UHMS Position Statement: HBO2 departments offering services for emergent and urgent HBO2 indications. *Undersea & hyperbaric medicine : journal of the Undersea and Hyperbaric Medical Society, Inc*, 49(3), 391–392. <https://doi.org/10.22462/05.06.2022.14>

P03- SEMPATİK BLOKAJ SONRASI YARA İYİLEŞMESİ: BİR OLGU SUNUMU

Taylan Zaman, Burak Turgut, Abdulkерim Buğrahan Nacar,

M. Kübra Özgök Kangal

SBÜ- Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp

GİRİŞ

Diyabetik ayak ülseri, hiperglisemiye bağlı çoklu organ disfonksiyonunun etkilerinin sonucudur. Hiperglisemi süperoksit radikalinde kronik bir artışa neden olur. Bunun sonucunda da güçlü bir vazodilatör olan endotelial nitrik oksit sentaz baskılanır ve diyabetik ayak ülserlerinde görülen vazokonstriksiyon, periferik hipoksi ve enfeksiyona yatkınlık durumu ortaya çıkar (1).

Hiperbarik oksijen (HBO) tedavisi atmosferik basınçtan daha yüksek oksijen sağlayıp plazmadaki arteriyel oksijen basıncı artırarak enfekte yara dokusunda hipoksiyi azaltır. HBO tedavisinin etkisiyle diyabetik ayak ülserinin olduğu hipoksik doku bölgesinde neovaskülarizasyon tetiklenir ve kolajen üretimi desteklenir (2).

Bu çalışmada yara bakımı ve HBO tedavisine rağmen yara iyileşmesinde istenilen sonuçlar elde edilemeyen bir hastada, sempatik blokaj sonuçları tartışılmıştır.

OLGU

62 yaşında erkek hasta 15 yıl önce TİP 2 DM tanısı almış, 12 yıldır insülin kullanıyor. Periferik arter hastalığı, koroner arter hastalığı ve kronik böbrek yetmezliği bulunan hastanın 2024 yılının ocak ayında sol ayak başparmak lateralinde ve ayak lateralinde her ikisi de 1*1 cm boyutlarında olan yaraları açılmış. Aynı yerde daha önceden açılan yarası bulunmamaktadır. Yarası kötüleşen hastanın Dış merkezde 15 Nisan 2024 tarihinde birinci parmağı total ampute edilmiş.

Hastanın 02 Mayıs 2024 tarihinde yapılan sol alt ekstremitte arteriyel doppler incelemesinde ana femoral arterden itibaren monofazik akım raporlanmış ve hemen sonrasında yapılan revaskülarizasyon işlemi başarısız olmuştur.

5 Eylül 2024'te amputasyon güdüğünde iyileşmeyen kronik nekrotik yara (5x4x1 cm) nedeniyle tarafımıza konsülte edildi (Figür 1).

Hastanın laboratuvar değerleri; Wbc:12.76 10⁹/L, Sedimantasyon:7mm/h CRP:23,8mg/L, Üre:59 mg/dl, Kreatinin:1.7 mg/dl

Sol ayak iki yönlü grafisi (Figür 2)'de gösterilmiştir.

24 Haziran 2024 alt ekstremitte arteriyel renkli doppler USG incelemesinde;

Sol CFA, DFA, SFA, PA monofazik akım mevcuttur. Sol alt ekstremitte kritik stenoz veya oklüzyon saptanmamıştır.

Hastanın el doppleri ile yapılan periferik nabız muayenesinde sol anterior tibial arter ve dorsalis pedis arterinde monofazik akım izlendi. Hastaya HBO tedavisi planlandı. Hastaya 9 Eylül 2024 de amoksisilin-klavulanik asit ve siprofloksasin başlandı.

HBO tedavisine başlanan hastaya 06.09.2024 ile 22.10.2024 tarihleri arasında 27 seans HBO tedavisi uygulandı. Bu süreçte enfeksiyonu da gerilemeyen hastaya 2 hafta boyunca hemogloblin sprey uygulandı. Hastanın HBO tedavine başlandığı gün yara boyutu (5x4x1 cm), 27. Seans sonrası yara boyutuna (5x4x1 cm'lik) göre belirgin bir iyileşme görülemedi (Figür 3).

Ağrı şikayetinin olmamasına rağmen sempatik blokaj ile sağlanacak vazodilatasyon için algoloji polikliniğine danışıldı. Hastaya 22 Ekim 2024 tarihinde lomber sempatik blokaj uygulandı, eş zamanlı olarak hiyalüronik asit ile pansuman yapılarak HBO tedavisine de devam edildi. Sempatik blokaj işleminin ardından yara boyutunda belirgin küçülme başlayan hastaya 33 seans daha HBOT tedavisi uygulandı. Hastanın HBO tedavisi 60. Seansta sonlandırıldı.

Hastanın HBO tedavisi sonunda yara boyutu 4x1.5 cm'e geriledi yara zemini tamamen granüle idi (Figür 4). HBO tedavisi sonrası takiplere devam edildi. Son olarak 13 Ocak 2025 tarihli muayenesinde yara boyutu 3x1 cm idi (Figür 5). Yara zemini granüle idi.

SONUÇ

Sempatik sinir blokları, ağrı sinyallerinin iletimini kesmek için belirli sempatik sinir gangliyonlarına lokal anestezik ilaçların enjekte edilmesi işlemidir. Sempatik sinir blokları, norepinefrin salınımını azaltarak ve vazokonstriksiyonu engelleyerek nöropatik ağrıyı azaltabilir (3).

Bu hastaya periferik vasküler girişim yapılmasına rağmen istenilen düzeyde dolaşım sağlanamadı, HBO tedavisi ve uygun yara bakımı ile yarada istenilen düzeyde gerileme gözlemlenmeyen hastada, sempatik blokaj sonrası hızlı bir iyileşme süreci elde edildi. Seçilmiş vakalarda sempatik blokajın hem ağrıyı azaltmada hem de yara iyileşmesinde destek tedavi olarak kullanılabileceği unutulmamalıdır.

Figür 1



Figür 2



Figür 3



Figür 4



Figür 5 :



KAYNAKLAR

- (1) Huang, E. (Ed.). (2024). *UHMS Hyperbaric Medicine Indications Manual*. Best Publishing.
- (2) Huang, E. (Ed.). (2024). *UHMS Hyperbaric Medicine Indications Manual*. Best Publishing.
- (3) Cheng, J., Daftari, A., & Zhou, L. (2012). Sympathetic blocks provided sustained pain relief in a patient with refractory painful diabetic neuropathy. *Case reports in anesthesiology*, 2012(1), 285328.

P04- LARENGEAL VE YUMUŞAK DOKU RADYONEKROZUNUN YÖNETİMİNDE HİPERBARİK OKSİJEN TEDAVİSİ: BİR OLGU SUNUMU

Şefika Körpınar¹, Alaaddin Ardahan Cebeci¹, Sevi Tekin², Semih Sütay³

¹ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Tıp Fakültesi Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp AD

² Özel Can Hiperbarik Oksijen Tedavi Merkezi

³ Özel Muayenehane

GİRİŞ

Radyoterapiye maruz kalan dokularda gelişen kronik yaralar ve fistüllerin klinik yönetimi önemli zorluklar oluşturmaktadır. Baş-boyun bölgesine uygulanan radyoterapilerde aynı zamanda kserostomi, disfaji, zayıf ağız hijyeni, kemik dokuların açığa çıkması, osteomyelit, osteoradyonekroz da eşlik edebilir (1). Bu olgu sunumunda, servikal özofagus kanseri nedeniyle cerrahi, eksternal radyoterapi ve rekonstrüksiyon uygulanmış bir hastanın trakeostomi çevresinde kırk iki yıl sonra ortaya çıkan ve larenksi de içine alan nekrotik lezyonun tedavisinde cerrahi girişimlerle birlikte yürütülen hiperbarik oksijen tedavisi (HBOT) ile elde edilen sonuçlar ele alınmıştır.

OLGU

67 yaşında kadın hasta, boğaz ağrısı şikayetiyle kulak burun boğaz (KBB) polikliniğine başvurmuş, servikal manyetik rezonans görüntüleme (MRG) postoperatif değişiklikler (trakea sağ lateral ve posteriorunda flep alanı, larenks sağ yarısının yokluğu), radyasyona bağlı ciddi ödem ve supraglottik bölgede asimetric kontrast tutulumu, inflamatuvar bulgular saptanmış. Trakeostomi çevresinde nekroz gelişimi söz konusu olunca hastaya cerrahi bir müdahalenin çok riskli olacağı bildirilerek bir buçuk ay kadar antibiyotik tedavisi ve pansuman takibi uygulanmış. Bu süreçte özel bir klinikte değerlendirilen hastaya interne edilerek endoskopi, gastrotomi, debridman ve punch biyopsi yapılmış. Debridman materyalinin histopatolojik incelemesinde belirgin inflamatuvar hücre infiltrasyonu görülürken, hipofarenksten alınan punch biyopsi materyallerinde malignite saptanmamış. Operasyon sonrası HBOT (2.4 ATA'da, 120 dakikalık seanslar halinde, haftada beş gün) başlanan hasta yirmi dördüncü seans sonrasında tedavisine devam edilmek Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Tıp Fakültesi Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Anabilim

Dalı'na başvurdu. KBB değerlendirmesinde, videolarenoskopide radyasyona bağlı anterior özofagus duvarında ciddi sekresyon birikimi ve nekrotik alanlar tespit edilen hastanın tedavisine devam edildi. Yara alanı yeşil renkli akıntı nedeniyle borik asit ve mupirosin ile günlük pansumanlarla takip edildi. Toplamda 60 seans HBOT uygulanan hastanın tedavi seyrinde yara alanında akıntı azaldı, granülasyon dokusu oluşumu ve epitelizeasyonla belirgin ölçüde kapandı. Bu süreçte opere edildiği KBB kliniğince takiplerine devam edilen hastanın larengokutanöz fistüllerinin rekonstrüksiyonu HBOT bitiminde planlandı.

SONUÇ

Baş-boyun bölgesine uygulanan radyoterapilere bağlı nekrozlar ciddi sorunlar yaratmakta, cerrahi girişimleri riskli hale getirmekte ve bazen hastalığın kendisinden daha yıkıcı bir seyir izlemektedir. Tek başına ya da birlikte uygulanan konvansiyonel tedavilerin genellikle başarısız kaldığı bu hasta grubunda HBOT'nin etkili bir yardımcı tedavi olduğuna dair klinik kanıtlar artmaktadır (2). Larenks ve yumuşak doku radyonekrozu zemininde enfekte yara nedeniyle takip edilen olgumuz, HBOT'nin bu alandaki potansiyel rolünü ve cerrahi girişimlerle koordineli olarak planlandığı takdirde alınan olumlu sonuçları ortaya koymaktadır.

KAYNAKLAR

1. Shah JP, Gil Z. Current concepts in management of oral cancer – Surgery. Oral Oncol. 2009; 45(4-5): 394-401.
2. Narozny W, Sicko Z, Kot J, Stankiewicz C, Przewozny T, Kuczkowski J. Hyperbaric oxygen therapy in the treatment of complications of irradiation in head and neck area. Undersea Hyperb Med. 2005; 32(2): 103-10.

P05- ENFEKTE DİYABETİK AYAK TEDAVİSİNDE İYONİZE MİNERAL KOMBİNASYONU SPREYİ UYGULAMASININ SONUÇLARI: VAKA SERİSİ

Levent Demir

Kayseri Şehir Hastanesi, Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp

GİRİŞ

Kronik yaralar, özellikle diyabetik hastalar arasında önde gelen ölüm nedeni haline gelmiştir. İstatistiklere göre kronik yaralar her yıl yaklaşık 6,5 milyon hastayı etkilemekte ve yara bakımı ve yönetimi önemli maliyetlere yol açmaktadır. Kronik yaraların artan prevalansı ve mevcut tedavilerin sınırlılıkları, yara iyileşmesini hızlandırmak için yeni ve yenilikçi yaklaşımların geliştirilmesini gerektirmektedir (1).

İyonize mineraller, öncelikle biyoyararlanımları ve temel fizyolojik süreçlere katılımları nedeniyle yara iyileşmesinde önemli bir rol oynayabilir. İyonize mineraller, vücut tarafından daha kolay emilmelerini ve kullanılmalarını sağlayan elektrik yüklü formdaki (iyonlar) minerallerdir. Örnekler kalsiyum (Ca^{2+}), magnezyum (Mg^{2+}), çinko (Zn^{2+}), bakır (Cu^{2+}), demir ($\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$), sodyum (Na^{+}), potasyum (K^{+}) ve gümüş iyonu (Ag^{+})'dur. Örneğin çinko, çok çeşitli hücre metabolik faaliyetler için gerekli olan temel bir mineraldir. Çeşitli enzimlerin katabolik aktivitelerini düzenlemede ve bağışıklık fonksiyonlarını, yara iyileşmesini, protein ve DNA sentezini ve hücre sinyalizasyonunu ve bölünmesini artırmada hayati rol oynar (2,3). Magnezyum iyonları yumuşak doku ile yakından ilişkilidir. Mg^{2+} konsantrasyonu insan deri fibroblastlarının göçünü ve adezyonunu etkiler. Magnezyum iyonları anjiyogenezi teşvik edebilir (4,5). Bakır insan vücudunda önemli bir metaldir. Küçük boyutuna rağmen, çeşitli fizyolojik ve metabolik süreçlerde rol oynar. Bakır, çeşitli yara iyileşme süreçlerinde vasküler endotelial büyüme faktörü ve hücre dışı deri proteininin ekspresyonunu indükleyebilir ve yara iyileşme stabilitesini teşvik edebilir (1).

İyonize mineral kombinasyonu spreyi genellikle cilt bakımı ve yara iyileşmesi için kullanılan bir üründür. İyonize mineral kombinasyonu spreyinin antibakteriyel, antiviral ve biyofilm önleme etkileri gösterilmiştir. İçeriğinde alüminyum, çinko, kalsiyum, magnezyum gibi aktif bileşenler bulunur. Spreyin bileşenleri, cildin nemlenmesini, yenilenmesini ve yaraların iyileşme sürecini destekler. Çalışmamızda ileri evre, enfekte diyabetik ayaklı hastaların tedavisinde topikal olarak uyguladığımız iyonize mineral kombinasyonu spreyinin sonuçlarını sunmak amaçlanmıştır.

GEREÇ-YÖNTEM

Çalışmamızda hiperbarik tıp polikliniğimizde ayakta takip edilen, ileri evre, enfekte, 12 diyabetik ayak tanılı hasta değerlendirmeye alındı. Hastaların tamamına ihtiyaca göre kişiselleştirilmiş, keskin debridman ve kompresyon tedavilerini içeren yara bakımı uygulandı. Bunun yanı sıra bütün hastalara yara kültürü sonuçlarına göre antibiyotik tedavisi başlandı. Hastaların demografik verileri, tıbbi geçmişleri, DM süreleri, yara lokasyonları, yara evreleri, laboratuvar sonuçları, kültür antibiyogramları, kullandığı antibiyotikler kaydedildi (Tablo 1). Hastalara uygulanan kişiselleştirilmiş yara bakımına ek olarak iyonize mineral kombinasyonu spreyi uygulandı. Bu ileri evre diyabetik ayaklı hastaların tedavi sonuçları değerlendirildi.

Tablo 1: Hastaların demografik verileri, yara süreleri ve laboratuvar sonuçları

HASTA	YAŞ	BOY	KİLO	BMI	Süre	Hb	Wbc	Crp	Sedim	HBA1C
1	70	163	70	26,3	1 ay	14,5	9,41	34,7	4	7,8
2	66	170	86	29,8	1 ay	11,5	5,92	22,2	63	11,1
3	55	168	65	23	5 ay	12,6	11,73	5,2	53	7,2
4	54	175	85	27,8	15 gün	13,1	10,11	12,6	40	13,5
5	58	168	72	25,5	3 ay	12,1	7,12	16,9	66	8,7
6	69	169	75	26,3	5 yıl	12,6	9,8	50,4	47	8,4
7	55	172	94	31,8	4 ay	9,3	7,48	23,9	122	7,7
8	61	175	80	26,1	2 yıl	9	15,95	98,4	87	8,8
9	71	169	83	29,1	5 ay	17,3	11,16	43,6	6	8,6
10	53	167	115	41,2	1 yıl	13	10,58	9,2	40	9,8
11	58	180	110	34	15 yıl	15,4	6,26	3	27	6,7
12	62	170	78	27	2 yıl	16,8	8,83	3,2	12	7,6

BULGULAR

Hastaların yaş ortalaması 61, SINBAD ortalaması 5.33, CRP ortalaması 57.8, HBA1C ortalaması 9'du.

OLGU-1: 70 y, erkek hastanın sağ ayak 2. parmağından metatars başı çevresine ve proksimale yayılan, SINBAD evre 5, derin, enfekte yarası vardı. 10 yıldır DM olan hasta oral antidiyabetik (OAD) kullanıyordu. Hastanın yarasında S. Aureus üremiştir. Cipro 500 2*1 po kullandı. Hastaya

kişiselleştirilmiş yara bakımı ile birlikte iyonize mineral kombinasyonu spreyi uygulandı. Hastada enfeksiyon kontrol altına alındı, belirgin granülasyon gelişimi gözlemlendi.

OLGU-2: 66 y, erkek hastanın sol ayak 1. parmağından metatars başı çevresine ve proksimale yayılan, SINBAD evre 5, derin, enfekte yarası vardı.15 yıldır DM olan hasta insülin kullanıyordu. Hastanın yarasında E.Coli üremişti. Bactrim forte 2*1 po kullandı. Hastaya kişiselleştirilmiş yara bakımı ile birlikte iyonize mineral kombinasyonu spreyi uygulandı. Hastada enfeksiyon kontrol altına alındı, belirgin granülasyon gelişimi gözlemlendi.

OLGU-3: 55 y, erkek hastanın sol ayak 1. parmağından metatars başı çevresine, ayak tabanı, sırtı ve proksimale yayılan, SINBAD evre 6, derin, enfekte yarası vardı.15 yıldır DM olan hasta insülin kullanıyordu. Hastanın yarasında Candida Albicans üremişti. Augmentin 1gr-Cipro 500mg 2*1 po kullandı. Hastaya kişiselleştirilmiş yara bakımı ile birlikte iyonize mineral kombinasyonu spreyi uygulandı. Hastada enfeksiyon kontrol altına alındı, belirgin granülasyon gelişimi gözlemlendi.

OLGU-4: 54 y, erkek hastanın sol ayak 3 ve 4. parmak arasından metatars başı çevresine ve proksimale ve dorsale yayılan, SINBAD evre 5, derin, enfekte yarası vardı.15 yıldır DM olan hasta insülin kullanıyordu. Hastanın yarasında S.Aureus üremişti. Sef ve Cipro 500 2*1 po kullandı. Hastaya kişiselleştirilmiş yara bakımı ile birlikte iyonize mineral kombinasyonu spreyi uygulandı. Hastada enfeksiyon kontrol altına alındı, belirgin granülasyon gelişimi gözlemlendi.

OLGU 5: 58 y, erkek hastanın sağ ayak tabanında, SINBAD evre 6, derin, enfekte yarası vardı.15 yıldır DM olan hasta insülin kullanıyordu. Hastanın yarasında S. xylosus üremişti. Stafine 500 2*1 po kullandı. Hastaya kişiselleştirilmiş yara bakımı ile birlikte iyonize mineral kombinasyonu spreyi uygulandı. Hastada enfeksiyon kontrol altına alındı, belirgin granülasyon gelişimi gözlemlendi.

OLGU 6: 69 y, erkek hastanın sol ayak 4. Parmak amputasyon güdüğünde SINBAD evre 5, derin, enfekte yarası vardı.30 yıldır DM olan hasta insülin kullanıyordu. Hastanın yarasında difteroid basil üremişti. Augmentin 1gr, cipro 500 2*1 po kullandı. Hastaya kişiselleştirilmiş yara bakımı ile birlikte iyonize mineral kombinasyonu spreyi uygulandı. Hastada enfeksiyon kontrol altına alındı, belirgin granülasyon gelişimi gözlemlendi.

OLGU 7: 55 y, erkek hastanın sol ayak 1. parmağında, SINBAD evre 5, derin, enfekte yarası vardı.20 yıldır DM olan hasta insülin kullanıyordu. Hastanın yarasında E.Coli üremişti. Staffine 500 ve Cipro 500 2*1 po kullandı. Hastaya kişiselleştirilmiş yara bakımı ile birlikte iyonize mineral kombinasyonu spreyi uygulandı. Hastada enfeksiyon kontrol altına alındı, belirgin granülasyon gelişimi gözlemlendi.

OLGU 8: 61 y, kadın hastanın sol ayak 2. parmağından metatars başı ve proksimale yayılan, SINBAD evre 6, derin, enfekte yarası vardı. 20 yıldır DM olan hasta insülin kullanıyordu. Hastanın yarasında Morganella Morgani üremiştir. Seftriakson 1gr 2*1 pe kullandı. Hastaya kişiselleştirilmiş yara bakımı ile birlikte iyonize mineral kombinasyonu spreyi uygulandı. Hastada enfeksiyon kontrol altına alındı, belirgin granülasyon gelişimi gözlemlendi.

OLGU 9: 71 y, erkek hastanın sağ ayak 1. Parmak amputasyon güdüğünde, SINBAD evre 5, derin, enfekte yarası vardı. 15 yıldır DM olan hasta insülin kullanıyordu. Hastanın yarasında Enterobacter cloacae complex üremiştir. Cipro 500 2*1 po kullandı. Hastaya kişiselleştirilmiş yara bakımı ile birlikte iyonize mineral kombinasyonu spreyi uygulandı. Hastada enfeksiyon kontrol altına alındı, belirgin granülasyon gelişimi gözlemlendi.

OLGU 10: 53 y, erkek hastanın sağ ayak lateralinde, SINBAD evre 6, derin, enfekte yarası vardı. 1,5 yıldır DM olan hasta insülin kullanıyordu. Hastanın yarasında Candida Parapsilpsis üremiştir. Augmentin 1gr 2*1 po kullandı. Hastaya kişiselleştirilmiş yara bakımı ile birlikte iyonize mineral kombinasyonu spreyi uygulandı. Hastada enfeksiyon kontrol altına alındı, belirgin granülasyon gelişimi gözlemlendi.

OLGU 11: 58 y, erkek hastanın sol ayak transmetatarsal amputasyon güdüğünde, SINBAD evre 5, derin, enfekte yarası vardı. 2 yıldır DM olan hasta OAD kullanıyordu. Hastanın yarasında S.Aureus üremiştir. Sefaks 2*1 po kullandı. Hastaya kişiselleştirilmiş yara bakımı ile birlikte iyonize mineral kombinasyonu spreyi uygulandı. Hastada enfeksiyon kontrol altına alındı, belirgin granülasyon gelişimi gözlemlendi.

OLGU 12: 62 y, erkek hastanın sağ ayak 2. parmak amputasyon güdüğünden metatars başı çevresine ve proksimale yayılan, SINBAD evre 5, derin, enfekte yarası vardı. 2 yıldır DM olan hasta insülin kullanıyordu. Hastanın yarasında Enterococcus Facealis üremiştir. Staffine 500 ve Cipro 500 2*1 po kullandı. Hastaya kişiselleştirilmiş yara bakımı ile birlikte iyonize mineral kombinasyonu spreyi uygulandı. Hastada enfeksiyon kontrol altına alındı, belirgin granülasyon gelişimi gözlemlendi.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışmamızda iyonize mineral kombinasyonu spreyinin yüksek grade'li iyileşmeyen enfekte diyabetik yaralarda belirgin faydalar sağladığı gözlemlenmiştir. Dinamik bir hücresel ve moleküler

olaylar dizisi olan karmaşık yara iyileşme süreci, özellikle iyonize formları olmak üzere çeşitli minerallerin varlığı ve aktivitesinden temel olarak etkilenir. Bu iyonize mineraller çok sayıda enzimatik reaksiyonda temel kofaktör olarak görev yapar, dokuların yapısal bütünlüğüne katkıda bulunur ve doku rejenerasyonu ve onarımı için kritik olan hücre sinyal yollarına katılır (6).

Literatürde çeşitli minerallerin ayrı ayrı yara iyileşmesi üzerine katkılarını gösteren çalışmalar mevcuttur (1,3-8). Ancak Mg, Zn, Al, Na, Au, Ca, Fe, K ve Ag iyonlarının tamamının kombinasyonunun etkilerini gösteren bir çalışma yoktur. Çalışmamız bu konuda literatürde bir ilktir.

Ameliyat sonrası yara bakımı, yanık iyileşmesi, cilt neminin korunması ve cilt rejenerasyon desteği gibi durumlar için kullanılan iyonize mineral kombinasyonu spreyi ile tedavi edilen hastalarda gözlemlediğimiz olumlu sonuçlar, iyileşmesi zor olan enfekte yaraların tedavisinde umut vadeden bu spreyin faydalı olabileceğini düşündürmektedir. Bu konuda iyi tasarlanmış randomize kontrollü çalışmalara ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR

1. Diao W, Li P, Jiang X, Zhou J, Yang S. Progress in copper-based materials for wound healing. *Wound Repair Regen.* 2024;32(3):314-322. doi:10.1111/wrr.13122
2. Office of Dietary Supplements - Zinc. Accessed June 24, 2024. <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Zinc-HealthProfessional/>
3. Prasad AS. Zinc in Human Health: Effect of Zinc on Immune Cells. *Mol Med.* 2008;14(5-6):353-357. doi:10.2119/200800033.Prasad <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18385818/>
4. Amberg R, Elad A, Rothamel D, et al. Design of a migration assay for human gingival fibroblasts on biodegradable magnesium surfaces. *Acta Biomater.* 2018;79:158-167. doi:10.1016/j.actbio.2018.08.034
5. Yang F, Xue Y, Wang F, et al. Sustained release of magnesium and zinc ions synergistically accelerates wound healing. *Bioact Mater.* 2023;26:88-101. Published 2023 Feb 24. doi:10.1016/j.bioactmat.2023.02.019

6. Ruberg RL. Role of nutrition in wound healing. *Surg Clin North Am.* 1984;64(4):705-714. doi:10.1016/s0039-6109(16)43386-4
7. Xu L, Wang YY, Huang J, Chen CY, Wang ZX, Xie H. Silver nanoparticles: Synthesis, medical applications and biosafety. *Theranostics.* 2020;10(20):8996-9031. Published 2020 Jul 11. doi:10.7150/thno.45413
8. Lu Z, Li J, Chen Q, et al. Multifunctional (Co₃Fe)(S₂)₄-ion-microneedle patch: Synergistic antimicrobial, anti-inflammatory and cell proliferation for accelerating wound healing. *J Colloid Interface Sci.* 2025;685:1027-1040. doi:10.1016/j.jcis.2025.01.214



ÖDÜLLER

Serbest Bildiriler

1. Dalgıçlarda Dikkat Eksikliği ve Hiperaktivite Bozukluğu Prevalansı ve Dürtüsellik
Düzeyleri: Karşılaştırmalı Bir Değerlendirme
Çağrı Can Makar, Soner Uludağ, Herdem Aslan Genç, Akın Savaş Toklu
2. Hiperbarik Oksijen Tedavisi Sırasında ve Sonrasında Transkütan Oksijen Basıncı
Düzeylerinin Takibi
Bekir Özcan, Şamil Aktaş
3. Penil Nekroz Gelişen Hastalarda Hiperbarik Oksijen Tedavisi Kullanımı
Abdullah ARSLAN, Didem DÖNDÜREN

Poster Bildiriler

1. Larengeal ve Yumuşak Doku Radyonekrozunun Yönetiminde Hiperbarik Oksijen
Tedavisi: Bir Olgu Sunumu
Şefika Körpınar, Alaaddin Ardahan Cebeci, Sevi Tekin, Semih Sütay
 2. Mandibular Osteoradyonekroz Tedavisinde Hiperbarik Oksijen Tedavisinin Etkinliği: Olgu
Sunumu
Salih Kaan Emek, Taylan Zaman
 3. Acil Hiperbarik Oksijen Tedavisi Uygulanan Olguların Retrospektif Analizi
Hale Gül Özcan, Dr. Selin Gamze Sümen
- 

NOTLAR

NOTLAR

