

Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp

Akut Travmatik İskemiler ve Hiperbarik Oksijen Tedavisi*

GİRİŞ

Akut travmatik iskemi (ATİ) dokuya giden kan akımını sekteye uğratabilecek şekilde cilt, yumuşak doku, kemik, kas, tendon, sinir veya damar hasarı oluşturabilen yüksek enerjili bir travmanın neden olduğu yaralanmaların genel tanımıdır. Günlük pratikte bu tarz yaralanmaların tamamı ezilme (crush) yaralanması olarak anılsa da ezilme geniş bir yelpazenin sadece bir parçasıdır. Kompartman sendromları, açık kırıklar, ateşli silah ve delici kesici alet yaralanmaları, riskli flep ve greftler, donuklar gibi doku bütünlüğünü tehdit eden birçok durum bu kapsamdadır. (Strauss ve Miller, 2008) Görülme sıklığı hakkında doğru bilgi vermek pek mümkün değildir. Ancak hem tedavisi hem de sonradan sebep olduğu sorunlar sağlık sistemi üzerinde önemli bir sağlık sorunudur. Olguların pek çoğunda primer tedavi cerrahi olmakla birlikte hiperbarik oksijen (HBO) tedavisi bu olgularda doku canlılığının sağlanması için önemli bir destek tedavisi olarak önerilmektedir. (Greaves, Porter, Smith, 2003) ATİ çok farklı ciddiyet derecelerinde görüldüğünden ve hafif yaralanma ile ciddi yaralanmayı ayıracak net bir eşik olmadığından etkinliği kanıtlanmış tüm tedavilerin tüm ATİ olguları için kullanılması önerilebilir. Ancak bu, ne ekonomik olarak ne de pratik olarak mümkün değildir. Bu nedenle, diğer tedaviler gibi HBO tedavisi için de daha spesifik kriterlere ihtiyaç vardır. Son zamanlarda çalışmalar bu konuya yönelmektedir.

AMAÇ

Bu çalışmanın amacı akut travmatik iskeminin herhangi bir formunda HBO tedavisine alınan hastaların dağılımını ve özelliklerini irdelemek, HBO'nun bu gruptaki etkinliğini ve prognoza etkili olabilecek faktörleri incelemektir.

* Bengüsu MİRASOĞLU
İstanbul Tıp Fakültesi

YÖNTEM

Çalışmanın yöntemi akut travmatik iskemini nedeniyle HBO tedavisi almış hastaların restrospektif olarak incelenmesidir.

Veri toplama araçları ve süreci

HBO tedavisi

ATİ, hiperbarik oksijen tedavisi açısından acil endikasyon kabul edilmektedir. Bu nedenle, HBO tedavisi bu endikasyonla hastanın kliniğimize başvurusundan en geç bir saat içerisinde başlatılmıştır. Hastalar neredeyse her zaman Ortopedi ve Travmatoloji ya da Plastik Cerrahi ile acil servislerden refere edilmektedir. Hastalara uygulanan tedavi protokolü standarttır. Tüm hastalar çok kişilik basınç odasında 2,4 ATA basınçta tedavi edilmişlerdir. Toplamda 120 dakika süren bir HBO seansı, her biri 25 dakika süren 3 oksijen periyodu, bunların aralarında 5'er dakikalık hava molaları ile 15 dakikalık kompresyon ve 20 dakikalık dekompresyon sürelerinden oluşmaktadır. Her hastadan ilk seans öncesi akciğer grafisi istenmekte ve hastalar kontrendikasyon oluşturacak durumlar açısından değerlendirilmektedir. İdame tedaviler için tedavi plan değişkendir. Genellikle ilk 24 saat içerisinde 2 ya da 3 HBO seansı uygulanmakla birlikte çok nadiren 4 seans yapılabilir. İlerleyen günlerde günlük seans sayıları azaltılmaktadır. Tedaviyi sonlandırmak için spesifik bir kriter yoktur. Hastanın kliniği, primer takip eden cerrahi klinik ile birlikte değerlendirilerek sonlandırma kararı verilmektedir.

Hasta seçimi ve analiz

1 Ocak 2013 ve 31 Aralık 2015 tarihleri arasında İstanbul Tıp Fakültesi, Suatlı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Anabilim Dalı'nda ATİ nedeniyle ile HBO tedavisi alan hastalar çalışmaya dahil edilmiştir. Hastane bilgi işlem sistemi üzerinden ezilme yaralanması, donuk, riskli flep ya da greft, ateşli silah yaralanması gibi tanılarla kliniğimize başvuran hastaların listesi çıkarılmıştır. HBO tedavisine giren tüm hastaların günlük kayıtlarının tutulduğu hasta seans defterleri taranmış, bu tanılarla tedavi almış olan hastaların isimleri kaydedilmiştir. Bilgi işlem sistemi üzerinden ve manuel olarak çıkarılan listeler karşılaştırılmış, eksikler giderilerek tek bir liste haline getirilmiştir. Sonrasında hem hastanenin elektronik arşivinde hem de klinik arşivinden hasta dosyaları ve bilgilerine ulaşılmıştır.

Hasta dosyaları incelenmiş, demografik bilgiler, başvuru nedeni, yaralanma yeri, yaralanma sonrası HBO tedavisine kadar geçen zaman, ilk 24 saat içerisinde uygulanan HBO seans sayısı, toplam HBO seans sayısı ve tedavi sonuçları belirlenmiştir. Tedavi sonucu için dört tanımlama yapılmıştır: tam iyileşme, minimal doku kaybı, minör amputasyon, majör amputasyon. Buna göre:

Tam iyileşme: Hiç doku kaybı ve fonksiyon kaybı olmaksızın iyileşme

Minimal doku kaybı: Herhangi bir ampütasyon ihtiyacı ya da fonksiyon kaybına sebep olacak kemik ya da eklem sorunu olmaksızın, sadece yumuşak doku kaybı ile iyileşme

Minör ampütasyon: Alt ekstremitede metatarsofalengeal, üst ekstremitede metakarpofalengeal eklem seviyesinin distalinde kalan, günlük hayatta belirgin fonksiyon ve iş gücü kaybına yol açmayan ampütasyon.

Majör ampütasyon: Alt ekstremitede transmetatarsal seviyeden, üst ekstremitede metakarpal seviyeden başlayan tüm ampütasyonlar

Elde edilen veriler Excel dosyası olarak kaydedilmiştir. Demografik veriler ortalama± standard sapma (SS) ve uygun olduğu yerde oran olarak sunulmuştur. Aynı şekilde kategorizasyon ile ilgili veriler de oran olarak verilmiştir. Gerekli yerlerde istatistiksel analiz için Medcalc® programı ile yapılmış, niceliksel veri karşılaştırması için “N-1” ki-kare testi kullanılmıştır. Anlamlılık için $p < 0.05$ değeri kabul edilmiştir.

Veriler

Belirlenen tarihler arasında ATİ tanısı ile HBO tedavisi alan 75 hasta saptanmıştır. Hastaların 57’si (% 76) erkek, 18’i (% 24) kadındır. Yaş ortalaması $28,3 \pm 19,1$ olup 27 hasta (%36) 18 yaş, 22 hasta(%29) 15 yaş altıdır. Hastaların 23’ü (%30,6) sigara içicisidir. Kronik hastalık bakımından sağlıklı olan grupta yalnızca 3 hastanın tip 2 diyabet tanısı olduğu öğrenilmiştir. En sık yaralanma sebebi ağır cisim düşmesidir. Yaralanma sebeplerine ilişkin veriler ve oranları Tablo 1’de verilmiştir. Diğer olarak belirtilen iki hastadan biri cerrahi sonrası iskemi (peniloplasti sonrası distal iskemi) iken diğer asansör kapısına kol sıkışmasıdır.

Tablo 1: HBO tedavisine alınan olguların yaralanma sebeplerine ilişkin veriler

Yaralanma sebebi	n (%)
Ağır cisim düşmesi	28
Motorlu araç	
Araç içi	23
Yaya iken çarpma	9
Motorsiklet	2
İş kazası (makineye kaptırma)	5
Düşme	3
Ateşli silah /bombalama	3
Diğer	2
Toplam	75

Hastaların klinik durumu incelendiğinde %64'ünün açık kırık ile başvurduğu görülmüştür. Gustillo açık kırık sınıflamasına göre bunların 25'i damar yaralanması da içeren ciddi olarak tanımlanan tip 3C; 6'sı tip 3B; 7'si tip 3A ve 12'si tip 2 kırıklardı. Bu hastaların 4'ünde ayrıca kompartman sendromu da vardı. Kırık olmaksızın izole kompartman sendromu ise hiç görülmedi. Diğerleri flep ya da avulsiyon tarzı yumuşak doku yaralanmaları (23 hasta) ve bir de donuktur. Yaralanma örnekleri **Şekil 1**'de görülebilir.



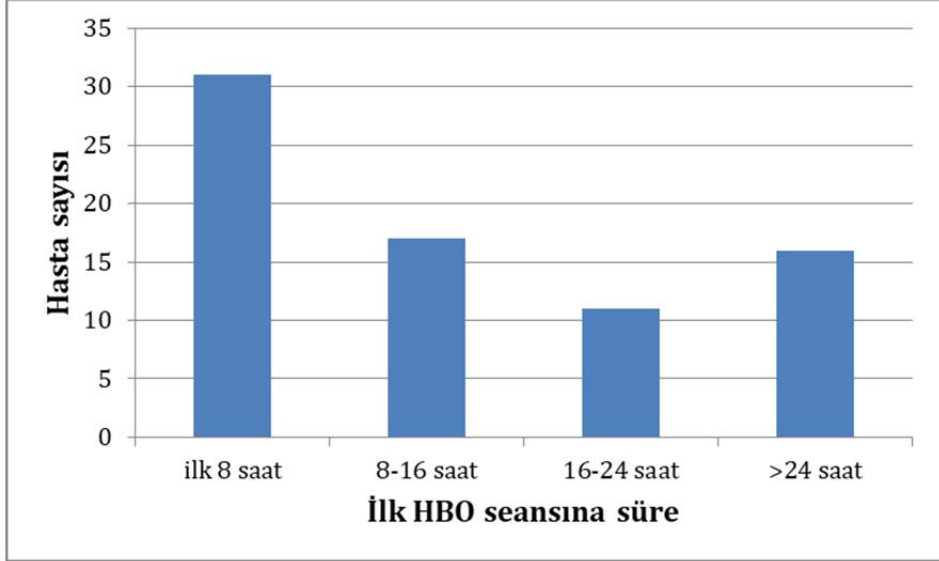
Şekil 1: Akut travmatik iskemi ile HBO tedavisine yönlendirilen hastaların klinik görünümüne örnek fotoğraflar.

Yaralanmaların çoğu (n=56) alt ekstremiteye lokalizedir. Otuz sekiz (%54) hastanın ayak yaralanması mevcuttu. Diğer yaralanma bölgeleri krus (n=14) ve femoral (n=4) bölgeler idi. Üst ekstremitte yaralanmalarından 5'i elde, 8'i kolda saptandı. Altı hastada multipl yaralanma varken bir hastada penil hasar mevcuttu. On iki hasta parmak subamputasyonu ile refere edildi.

HBO tedavine başlama süreleri değerlendirildiğinde 31 (% 43) hastanın 8 saat-ten daha kısa sürede ilk seanslarını aldıkları saptandı. HBO tedavisine başlama süresi ile ilgili detaylı bilgi **Şekil 2**'de verilmiştir. Ortalama olarak 14 ± 12 HBO seansı uygulanmıştır. En az bir, en çok 42 seans HBO tedavisi uygulanmıştır.

Toplamda dört hastaya HBO tedavisi başladıktan sonra major amputasyon yapılmıştır. Minör amputasyon gerekliliği hiç olmamıştır. 28 hasta minimal doku kaybı ile 53 hasta tam iyileşme gösterdi. Tedavi sonuçlarının HBO tedavisine başlama saatine göre dağılımı **Tablo 2**'de gösterilmiştir. İlk sekiz saatte HBO te-

davisine başlayan hastalardan % 77,4'ü tam iyileşme gösterirken, sekiz saat sonrası girenlerin %38,6'sında tam iyileşme vardı. Tam iyileşme erken HBO'ya başlayan hastalarda anlamlı şekilde daha fazla idi. Ampütasyon uygulanan iki olgunun hastaneye ilk kabulünde ampütasyon planlanmış ama demarkasyon hattını mümkün olduğunca distal seviyeye çekebilmek için HBO tedavisine başlatılmıştır.



Şekil 2: ATİ hastalarının ilk HBO seanslarına kadar geçen süreye göre dağılımını gösteren grafik

Tablo 2

Tedavi sonuçlarının HBO'ya başlama saatleri ile ilişkisini gösterilmektedir. Veri olmadığı için minör ve majör amputasyonlu için istatistik değerlendirme yapılmamıştır.

	Major amp n(%)	Minör amp n(%)	Min.kayıp n(%)	Tam iyileşme n (%)	Toplam n
< 8 saat		-	7(22,6)	24(77,4)	31
>8 saat	4 (9)	-	23(52,2)	17(38,6)	44
p			0,0105	0,0028	

TARTIŞMA VE YORUM

Sebebi ve kliniği farklı olsa da akut travmatik iskemilerin patofizyolojisi genel olarak ortaktır. Akut travmanın iki majör komponenti iskemi ve ödemdir. İskemi genel olarak bölgeye ulaşan damarların doğrudan travmaya maruz kalması ile

oluşur. Damarın yaralanması damar dışına sıvı sızmasına (ödem) neden olur. Damar çevresinde biriken sıvı damarın sağlam bölgeleri üzerinde de dış basıncı artırır ve staz ile oklüzyonu tetikler. Bu durum zaten bozulmuş olan dolaşımın daha bozulmasına neden olur. Büyük damarlarda dolaşımın yavaşlaması ya da bozulması mikrosirkülasyonu da bozarak dokuda hipoksi ve hücrel hasar oluşturur. (Lerner, Reis, Soudry, 2007)

Ödem damar dışına sızan intarvasküler sıvı ve iskemi nedeniyle hasar gören hücrelerden sızan intrasellüler sıvının birikimi sonucu oluşur. Bu arada dokuda yaralanmaya fizyolojik yanıt olarak gelişen vazodilatasyon ödemin daha da artırır. İskemi ve ödem bir birlerinin progrese olmasına neden olurlar ve bu durum kısır döngü halini alır. (Smith ve Greaves, 2003) Hücreler ve kapillerler arasındaki difüzyon mesafesinin artması hücrelerin ve dolayısıyla dokunun oksijenizasyonunu bozar ve metabolik ihtiyaçlarının karşılanamamasına neden olur. Hücrel hasar artar ve hasarlanan hücreler yine ödemi artırır. Bununla beraber yeterli metabolik kaynağı ve oksijen olmadığında hücrel savunma mekanizmaları ve yara iyileşme süreci işlemez hale gelir. Yara iyileşmesi sürecinde fibroblastların düzgün çalışması ve kollajen sentezlenmesi, anjiogenez olması gereklidir. Fibroblast aktivitesinin bozulması ile bu süreçler sekteye uğrar. Nötrofillerin oksidatif savunma aktiviteleri de adından anlaşılacağı üzere oksijen bağımlıdır ve hipoksik ortamda etkinliği azalır. Doku infeksiyonlara da açık hale gelmiş olur. Tüm bunlar yara iyileşmesini de bozar. Sonuçta oluşan travmatik hasar, iskemi- ödem-hipoksi kısır döngüsüne neden olur ve bu döngünün kırılmasını sağlayacak sistemleri de etkisiz hale getirir. (Strauss, Garcia-Covarrubias, 2008)

Özellikle büyük vasküler yapılar da hasarların olması durumu zorlaştırır çünkü dolaşım da daha ani bir bozulmaya yani iskemiye yol açar ve hayatı ya da ekstremitayı tehdit edici bir kliniğe sebep olur. Vasküler hasarın daha yüksek amputasyon oranları ile ilişkili olduğu gösterilmiştir. (Liang ve diğerleri, 2016) Revaskülarizasyon hızla yapılmalıdır, zira gecikmiş revaskülarizasyon da amputasyon riskini artırmaktadır. (Khan, Yousuf, Bagwani, 2015) Üstelik başarılı damar tamiri ile perfüzyonun sağlanmış olması amputasyon riskini çok azaltmaz çünkü mikrosirkülasyon zarar görmüştür ve doku hipoksisi devam eder.

HBO tedavisi dolaşımın bu şekilde bozulduğu travmatik periferik iskemilerde başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. (Dougherty, 2013) Kandaki çözünmüş oksijen miktarını artırarak hiperoksijenizasyon oluşmasını sağlar. Doku oksijenizasyonunun artması iskemi-ödem-hipoksi kısır döngüsünü kırar ve bozulmuş mikrodolaşım nedeniyle ortaya çıkmış olan sekonder iskemiye de azaltır. (Strauss, 2012) Sonuçta, oksijen dokuya daha iyi diffüze olur ve hasarlanmış bölgede bulunan oksijen ihtiyacı artmış yarı canlı hücrelere ulaşabilir. Hiperoksijenizasyonun infeksiyona karşı konak defansının kuvvetlenmesi, reolojik yapının gelişmesi ve anti inflamatuvar yanıtın düzenmesi gibi sekonder etkileri de vardır. HBO, bu sayede yara ve travma bölgesinde genel iyileşmeyi hızlandırır. (Jenkinson, Kiss, Johnson, Stephen, Kreder, 2014) Ayrıca akut iskemilerde sorun olabileceği

düşünlem iskemi reperfüzyon hasarının da HBO ile azaldığı gösterilmiştir. (Francis ve Baynosa, 2017) HBO tedavisinin ATİ üzerine etkisini inceleyen tek randomize kontrollü çalışma vardır. Burada ezilme yaralanması olan 36 hastanın yarısı HBO ile takip edilmiş, diğer yarısına uygulanmamıştır. Sonuçta HBO uygulanan grubun daha hızlı iyileştiği görülmüştür. (Bouachour ve diğerleri, 1996) Ayrıca, HBO tedavisinin ciddi şekilde yaralanmış ekstremitelerin kurtarılmasında faydalı olduğunu gösteren birçok retrospektif olgu serileri ve olgu sunumları vardır. (Garcia-Covarrubias, McSwain, Van Meter, Bell, 2005) Bunlardan birisinde kompartman sendromu, ezilme yaralanmaları, vasküler travma ve travmatik ampütasyonları da içeren kompleks savaş yarası olan 388 hasta geriye dönük olarak incelenmiştir. HBO tedavisi alabilen 99 hastada flep nekrozu, yumuşak doku enfeksiyonu gibi kısa süreli komplikasyonların ve ampütasyonların istatistiksel olarak daha az olduğu saptanmıştır. (Roje ve diğerleri, 2008) yakın zamanda yapılan bir olgu sunumunda ise ezilme yaralanması nedeniyle ampütasyon önerilen bir ayağın HBO tedavisi eklenmesi ile kurtarıldığı gösterilmiştir. (Stefanidou, Kotsiou, Mesimeris, 2017)

Bu çalışmada da HBO alan hastaların önemli bir kısmının ileri bir ampütasyon ihtiyacı olmamıştır. İleri ampütasyon gereken dört hastadan iki hasta için zaten ampütasyon kararı verilmiş olup seviye için HBO tedavisine yönlendirilmişlerdir. Bu iki hasta tedavi başarısızlığı olarak sayılmaz ise HBO tedavisi alan hastalarda ampütasyonsuz iyileşme oranı %97,2' ye yükselmektedir. HBO tedavisi sonrası ampütasyon yapılan hastalardan birinde en çok dikkati çeken konu hastanın travma sonrası 4. günde hastanemize başvurusudur. ADTK sonrası sağ ayak metatars ve phalangeal bölgede kırıkları ve geniş kesisi ve ezilme tarzı yaraları olan hastaya k-telleri yardımıyla fiksasyon sağlanıp kesi primer olarak suture edilmiş ve dizaltı alçı uygulanmış. Travma sonrası üçüncü günde gelişen parmaklarda yaygın siyanoz, soğukluk ve hissizlik ile kliniğe tekrar prezente olan hastanın ekstremitte distalinde yaygın iskeminin izlenmesi ile yoğun HBO tedavisine başlanmıştı. Hastanın geç dönemde HBO tedavisine başlanmış olması tedavinin etkinliğini önemli derecede azalmasına neden olduğu düşünülebilir.

Burada öne çıkan konu HBO tedavisinin zamanlamasıdır. Hastaların HBO tedavisine ideal başlama zamanı travmayı izleyen ilk altı saat veya ilk cerrahi girişimi izleyen ilk 24 saat içinde başlanması yönündedir (Williams, 2010). Bu seride on beş vaka hariç diğer 61 hasta ilk 24 saat içinde ilk HBO seansını alabilmiştir. Tam iyileşme görülen hastalar HBO'ya başlama saatleri açısından incelendiğinden ilk sekiz saate başlatılan hastalarda tam iyileşmenin belirgin şekilde fazla olduğu görülmüştür. Bu literatürdeki veriler ile uyumludur. Yine de her iki gruptaki hastaların başlangıç klinikleri bilinmeden ve kontrol grupları olmadan kesen yargıda bulunmak mümkün değildir. Ayrıca ilk HBO tedavisinin zamanlaması kadar idame tedavilerin arasındaki süre ve eğer sık uygulanıyorsa bunun me kadar devam ettirildiği de önemlidir. Literatürde buna yönelik yayınlar oldukça kısıtlıdır. Bizim hasta grubumuzda da standart bir idame tedavi programı uygulanamamış olması değerlendirilmeyi zorlaştırmaktadır.

HBO'nun ATİ tedavisi üzerine etkilerinin incelenmesinin amaçlandığı bu çalışmada kısıtlılıklar vardır. Bunların başında kontrol grubu yokluğu gelmektedir. Çalışmanın retrospektif olması nedeni ile kontrol grubu oluşturulamamıştır. ATİ tedavisi ile ilgili çalışmalarda en önemli sorunlardan bir tanesi sonuçların değerlendirilmesi sırasında tedavi öncesi beklentinin dikkate alınmamasıdır. Zira ilk başvuru anındaki klinik bulguları standardize etmek oldukça zordur. Bazı çalışmaların sonucunda amputasyon oranları yüksek olup HBO etkisiz gibi görünse de aslında tedavi sonunda hastaların ilk başvuru haline göre daha iyi amputasyon oranları olması mümkündür. Örneğin bacakta damar yaralanmalı açık kırık ile gelmiş ve diz altı amputasyon önerilmiş bir hastada tedaviyi yalnızca iki parmak amputasyonu ile sonlandırmak başarısız tedavi sayılmaz. Bu çalışmada amputasyon oranları zaten az olduğundan çalışma sonucunda böyle bir etki izlenmemiştir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Akut travmatik iskemilerde HBO etkinliği kabul edilmiş bir tedavi olarak cerrahi ve ortopedik girişimlerle eşzamanlı olarak veya hemen ardından adjuvan olarak kullanılmaktadır. Tedaviye erken başlamanın önemi bilinmekle beraber etkisinin azalmış olacağı ya da etkisiz olacağı zaman sınırı belirsizdir. Ayrıca yaralanmanın şiddetine göre HBO tedavisi uygulanma kriterleri de kesinleşmiş değildir. Bu konuda daha geniş çalışmalar yapılmalıdır. Yeni planlanacak çalışmalar için ise çalışma dizaynları önemli olup sadece amputasyon oranları dikkate alınmamalıdır.

KAYNAKÇA

1. Bouachour G, Cronier P, Gouello JP, Toulemonde JL, Talha A, Alquier P. (1996 Aug). Hyperbaric oxygen therapy in the management of crush injuries: a randomized double-blind placebo-controlled clinical trial. *J Trauma*, 41(2):333-9.
2. Francis A, Baynosa R. (2017 Jun). Ischaemia-reperfusion injury and hyperbaric oxygen pathways: a review of cellular mechanisms. *Diving Hyperb Med*, 47(2):110-117.
3. Dougherty JE. (2013 Jul-Sep). The role of hyperbaric oxygen therapy in crush injuries. *Crit Care Nurs Q*, 36(3):299-309. doi: 10.1097/CNQ.0b013e318294ea41.
4. Garcia-Covarrubias L, McSwain NE Jr, Van Meter K, Bell RM. (2005 Feb). Adjuvant hyperbaric oxygen therapy in the management of crush injury and traumatic ischemia: an evidence-based approach. *Am Surg*, 71(2):144-51.
5. Greaves I, Porter K, Smith JE. (2003 Dec). Consensus statement on the early management of crush injury and prevention of crush syndrome. *Journal of the Royal Army Medical Corps*, 149(4):255-9.
6. Jenkinson RJ, Kiss A, Johnson S, Stephen DJ, Kreder HJ. (2014 Apr). Delayed wound closure increases deep-infection rate associated with lower-grade open fractures: a propensity-matched cohort study. *The Journal of Bone and Joint Surgery American volume*, 96(5):380-6.
7. Khan FH, Yousuf KM, Bagwani AR. (2015 Jul). Vascular injuries of the extremities are a major challenge in a third world country. *J Trauma Manag Outcomes*, 9:5. doi: 10.1186/s13032-015-0027-0.

8. Lerner A, Reis D, Soudry M. (2007). Severe Injury to the Limbs. Berlin: Springer –Verlag, p. 5–11
9. Liang NL, Alarcon LH, Jeyabalan G, Avgerinos ED, Makaroun MS, Chaer RA.(2016 Sep). Contemporary outcomes of civilian lower extremity arterial trauma. *J Vasc Surg*, 64(3):731-6. doi: 10.1016/j.jvs.2016.04.052.
10. Roje Z, Roje Z, Eterović D, Druzijanić N, Petrićević A, Roje T, Capkun V. (2008 Apr). Influence of adjuvant hyperbaric oxygen therapy on short-term complications during surgical reconstruction of upper and lower extremity war injuries: retrospective cohort study. *Croat Med J*, 49(2):224-32.
11. Smith J, Greaves I. (2003 May). Crush injury and crush syndrome: a review. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 5 : 226-30
12. Stefanidou S, Kotsiou M, Mesimeris T. (2014 Dec). Severe lower limb crush injury and the role of hyperbaric oxygen treatment: a case report. *Diving Hyperb Med*, 44(4): 243-5.
13. Strauss MB. (2012 Jul-Aug). The effect of hyperbaric oxygen in crush injuries and skeletal muscle- compartment syndromes. *Undersea Hyperb Med*, 39(4):847-55.
14. Strauss MB, Garcia-Covarrubias L. (2008). Crush Injuries: Justification of and Indications for Hyperbaric Oxygen Therapy. In: Neuman TS, Thom SR, eds. *Physiology and Medicine of Hyperbaric Medicine*. USA: Saunders,; 427-49
15. Strauss MB, Miller SS. (2008). The Role of Hyperbaric Oxygen in Crush Injury, Compartment Syndrome, and other Acute Traumatic Ischemias. In: *Hyperbaric Medicine Practice*. Kindwall E, Whelan H, editors. 3rd ed. Flagstaff, Arizona: Best Publishing Company, p. 755–90.
16. Williams R. (2010). The role of hyperbaric oxygen therapy in trauma. *Trauma*, 12(1):13–20.

