



# Total ayak bileği artroplastisinde yara iyileşmesini öngörmeye oksijen tensiometresinin rolü

## *Oxygen tensiometry as a predictor of wound healing in total ankle arthroplasty*

Daniel C. FARBER,\* James K. DeORIO\*

*Mayo Kliniği, Ortopedik Cerrahi Bölümü, Jacksonville, FL, ABD*

**Amaç:** Total ayak bileği artroplastisi tipik olarak, yara iyileşme sorunları için bir risk oluşturduğu bilinen, ayak bileğine anterior yaklaşımı içerir. Bu çalışmada, total ayak bileği artroplastisi uygulanan hastalarda yara iyileşme sorunlarını öngörmeye oksijen tensiometresi kullanımının rolü araştırıldı.

**Çalışma planı:** Üç yıllık bir süre içinde kurumumuzda STAR (Scandinavian Total Ankle Replacement) ile total ayak bileği artroplastisi uygulanan 25 hastada, transkütanöz oksijen tensiometresi sonuçlarının ameliyat sonrası yara iyileşme sorunlarıyla ilişkili olup olmadığı araştırıldı. Transkütanöz oksijen ölçümleri tüm hastalarda ameliyat sonrasında ve her iki ayak bileğinden yapıldı. Yara iyileşmesinde sorun görülen hastalar ile sorunsuz iyileşen hastalar karşılaştırıldı.

**Sonuçlar:** Ameliyat sonrasında yedi hastada (%28) yara iyileşme sorunu, beş hastada (%20) ise erken dönemde eritem görüldü. İyileşme sorunu beş hastada geç iyileşme, iki hastada ayrışma şeklindeydi. Üç hastada, ameliyat edilen tarafta transkütanöz oksijen tansiyonu 40 mmHg'nin altında (yetersiz oksijenasyon eşiği) bulundu; bunların birinde yara iyileşme sorunu vardı; diğer ikisinde yoktu. Eşik 50 mmHg olarak alındığında ise, yedi hastada (%28) düşük değerler elde edildi; bunların ikisinde yara iyileşme sorunu görüldü. Oksijen ölçümleri açısından, yara iyileşmesi sorunu olan ve olmayan hastalar arasında anlamlı fark yoktu (p=0.3).

**Çıkarımlar:** Total ayak bileği artroplastisinden sonra yara iyileşme komplikasyonu riskinin öngörülmesinde transkütanöz oksijen ölçümünün yeri olmadığı sonucuna varıldı. Cerrahi öncesinde hastanın nabızları yeterliyse, ameliyat sonrası yara iyileşmesi sorunlarının sorumlusu, bölgeye kan desteğinden ziyade ciltte uygulanan aşırı yüzeysel traksiyon sonucu oluşan travmadır.

**Anahtar sözcükler:** Ayak bileği eklemi/cerrahi; artroplasti, replasman; kan gazı monitörizasyonu, transkütan; oksijen; ameliyat sonrası komplikasyon; yara iyileşmesi.

**Objectives:** Total ankle arthroplasty (TAA) typically involves an anterior approach to the ankle that has been shown to have a risk for wound healing problems. We explored the possibility of using oxygen tensiometry as a predictor of incision healing problems in patients undergoing TAA.

**Methods:** The study included 25 patients who underwent TAA with the Scandinavian Total Ankle Replacement (STAR) system at our institution during a three-year period. Transcutaneous oxygen measurements of both ankles were obtained post-operatively to determine whether the results of transcutaneous oxygen tensiometry correlated with wound healing problems. Patients with wound healing problems were compared with those who had an uneventful incision healing.

**Results:** Seven patients (28%) had wound healing problems after TAA, and five patients (20%) had early wound erythema. Wound healing problems included delayed healing in five patients and dehiscence in two patients. Three patients had transcutaneous oxygen tension of less than 40 mmHg (a threshold for impaired skin oxygenation) on the operative side, of whom one had healing difficulty whereas two did not. When the threshold was extended to 50 mmHg, seven patients (28%) had low readings, two having wound healing problems. There was no significant difference with respect to oxygen measurements between patients with and without wound healing problems (p=0.3).

**Conclusion:** Oxygen tensiometry is not thought to be useful for predicting patients at risk for postoperative wound healing complications after TAA, suggesting that, if adequate pulses are present before surgery, the trauma of using excessive superficial traction on the skin during surgery is more responsible for wound healing problems than the underlying blood supply.

**Key words:** Ankle joint/surgery; arthroplasty, replacement; blood gas monitoring, transcutaneous; oxygen; postoperative complications/etiology; wound healing.

\* Daniel C. Farber şu anda Maryland Üniversitesi'nde, James K. DeOrion Duke Üniversitesi'nde çalışmaktadır.

**Yazışma adresi / Correspondence:** James K. DeOrion, MD, Duke University, 3116 N. Duke St., Durham, NC 27704, USA.

Tel: 919 - 660 2358 e-posta: james.deorio@duke.edu

**Başvuru tarihi / Submitted:** 02.01.2009 **Kabul tarihi / Accepted:** 05.06.2009

© 2009 Türk Ortopedi ve Travmatoloji Derneği / © 2009 Turkish Association of Orthopaedics and Traumatology

Total ayak bileği artroplastisi (TAA) sonrasında yara iyileşmesi sorunları görülür<sup>[1-8]</sup> ve bu komplikasyona neden olan pek çok faktör vardır. 1970'li ve 1980'li yıllarda, ayak bileği replasmanı yapılan hastalarda yara iyileşme sorunu %40'lara varan oranlarda görülmekteydi.<sup>[9]</sup> Yeni çalışmalarda da yüksek oranlar bildirilmektedir: Anderson ve ark.nın<sup>[10]</sup> çalışmasında 51 ayak bileğinin beşinde yara iyileşme sorunu görülürken, Wood ve Deakin'in<sup>[11]</sup> çalışmasında bu sorun "en sık görülen komplikasyon" olarak tanımlanmıştır. Bununla birlikte, cerrahın deneyimi arttıkça yara komplikasyonlarında da düşüş görülmektedir; bu durum kan dolaşımından başka faktörlerin de bu komplikasyonların ortaya çıkmasında etkili olduğunu düşündürmektedir. Agility ayak bileği replasmanı (DePuy Orthopaedics, Warsaw, Indiana, ABD) uygulanan ardışık 50 hastayla yapılan bir çalışmada, hafif yara komplikasyonları ilk 25 replasmanda altıyken, sonraki 25 replasmanda ikiye düşmüştür.<sup>[7]</sup> ABD'de yapılan İskandinav Total Ayak Bileği Replasmanı (Scandinavian Total Ankle Replacement-STAR); W. Link GmbH & Co., Hamburg, Almanya) çalışmasında, ilk beş ayak bileği replasmanı daha sonraki beş replasmanla on farklı bölgede karşılaştırılmıştır.<sup>[12]</sup> Her bölge için, ilk beş ayak bileğinde perioperatif yara sorunu oluşma olasılığı, ikinci beşten 3.2 kat daha fazla bulunmuştur (%95 güven aralığı, 1.5-6.8; p=0.002). Yara iyileşme süresi önceki grupta, sonraki gruptan bir hafta daha uzun olmuştur (4.5 ve 3.5 hafta, p=0.46). Yara iyileşme sorunu oranı ilk beş hastada %35, sonraki beş hastada ise %15 bulunmuştur.<sup>[12]</sup> Aşırı cilt retraksiyonu, yumuşak doku örtüsünün yetersizliği, önceki ameliyatlara bağlı nedbe dokusu, eklem distraksiyonuna bağlı cilt gerilmesi, turnike iskemisi, tendinöz yapıların cilt altındaki belirginliği ve yetersiz subkütan doku gibi faktörlerin tümünün de yara iyileşme sorunlarında payı olabilir. Yara sorunları revizyon, füzyon ve hatta amputasyona neden olabilecek derin enfeksiyon açısından ciddi risk oluşturur. Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi tarafından yürütülen STAR ayak bileği çalışmasında 158 ayak bileği replasmanı yapılmıştır.<sup>[13]</sup> Bunlardan 25 hastada (%15.8) yumuşak doku ödemi, yedi hastada (%4.4) enfeksiyon ve 32 hastada (%20.3) çeşitli yara sorunları görülmüştür. Dolayısıyla, yara komplikasyonlarını engellemek için alınabilecek her önlem total ayak bileği replasmanı uygulanan hastalar için yararlı olabilir.

Çalışmamızda, deri oksijenasyonunun yara komplikasyonu riski taşıyan hastaları ameliyat öncesinde öngörmede kullanılıp kullanılamayacağı araştırıldı.

Transkütanöz oksijen tensiyometresi, canlı amputasyon seviyelerini belirlemede yaygın kullanım alanı bulmuştur; ancak TAA'daki rolü araştırılmamıştır. Johnson ve ark.nın<sup>[14]</sup> deri oksijenasyonunun total diz artroplastisindeki kullanımını araştırdıkları çalışmasından esinlenerek, biz de, total ayak bileği replasmanı uygulanan hastalarımızı gözden geçirdik ve yara iyileşmesi sorunu olan hastalarda aynı zamanda yetersiz deri oksijenasyonu olup olmadığını belirlemek için transkütanöz oksijen tansiyonlarını (TCPO<sub>2</sub>) ölçtük.

## Hastalar ve yöntem

Üç yıllık bir süreç içinde TAA uygulanan hastaları belirledik. Ameliyat sonrası kontrollerde hastalara yara iyileşme sorunları olup olmadığı soruldu ve kayıtları gözden geçirildi. Hastalar işleme ilgili bilgilendirilip onayları alındıktan sonra, aşağıda belirtilen beş bölgede transkütanöz oksijen testi yapıldı (Novamatrix model 840, Novamatrix Medical Systems, Connecticut, ABD): göğüs (kontrol), yara merkezindeki ameliyat izinin medial ve lateral tarafları ve sağlam ayak bileğinde bunlara karşılık gelen bölgeler. Çalışma protokolü Mayo Kliniği yerel etik komitesi tarafından onaylandı. Veriler incelenerek düşük TCPO<sub>2</sub> ile yara iyileşmesi arasındaki ilişki araştırıldı.

## Sonuçlar

Çalışma için 25 hasta (11 erkek, 14 kadın) uygun bulundu. Bunların yedisinde (%28) TAA sonrasında yara iyileşme sorunları yaşanmıştı ve beş hastada (%20) erken dönemde eritem görülmüştü. İyileşme sorunu, hastaların beşinde (%20) geç iyileşme, iki hastada (%8) ayrışma şeklindeydi. Yaranın geç iyileştiği beş hastada iyileşme sırasıyla 5, 8, 10 ve 16 (2 hasta) hafta sürmüştü. Ayrışma görülen iki hastanın birine kısmi kalınlıkta deri grefti uygulanmış, diğerinde yara ikincil iyileşmeye bırakılmıştı. Başlangıçta yara etrafında eritem gelişen tüm hastalar işlemden sonra dört hafta içinde düzelmişti.

Ameliyat edilen tarafta TCPO<sub>2</sub> değeri üç hastada 40 mmHg'nin altında bulundu; bunların birinde yara iyileşme sorunu vardı, diğer ikisinde yoktu. Ölçülen düşük değerlerin hepsi kesin medial tarafına aitti. Eşik değeri 50 mmHg olarak alındığında ise yedi hastada (%28) ameliyat edilen tarafta düşük değerler elde edildi; bunların ikisinde yara iyileşme sorunu görülmüştü, dördünde (16%) yara iyileşme sorunu çıkmamıştı, birinde ise eritemle birlikte hafif geç iyileşme görülmüştü (4 hafta).

Şekil 1a'da, yara iyileşme sorunu olan ya da olmayan hastalarda medial deri oksijenasyonu açısından bir eğilim olmadığı gösterilmiştir. Wilcoxon sıra toplam testi ile istatistiksel değerlendirme yapıldığında da, yara iyileşme sorunu olan ve olmayan hastalar arasında kesinin medial tarafında elde edilen mutlak değerler açısından anlamlı fark saptanmadı ( $p=0.3$ ). Lateral tarafta yapılan değerlendirmelerde ise (Şekil 1b), ilginç şekilde, yara iyileşme sorunu olan hastaların daha yüksek deri oksijenasyonuna daha fazla eğilim gösterdiği görüldü ( $p=0.08$ ), fakat bu da anlamlı değildi.

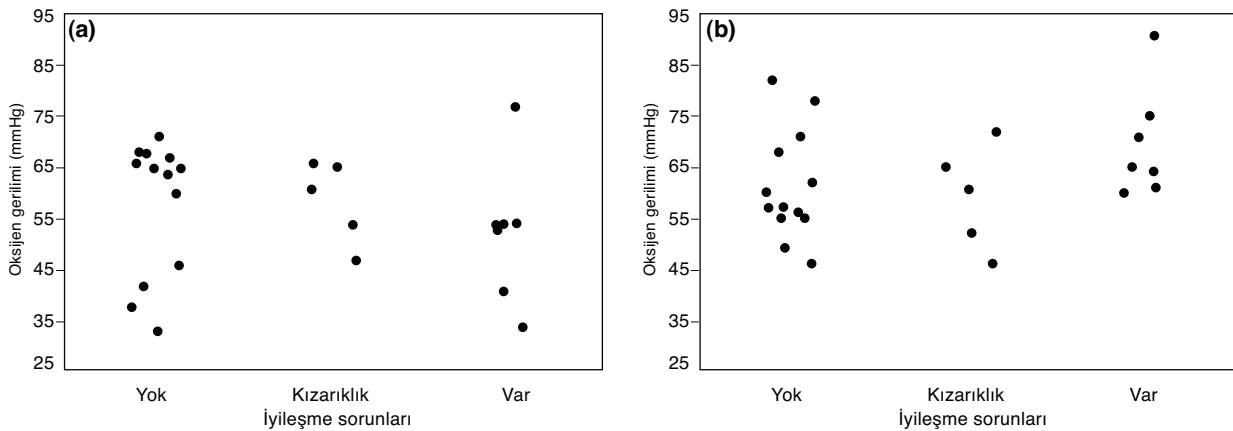
Hastaların bölgesel perfüzyon indeksleri de hesaplandı. Bu indeks, ayak bileğindeki oksijen tansiyonunun göğüsteki oksijen tansiyonuna (göğüs insanda deri oksijen tansiyonunun en yüksek olduğu bölgedir) bölünmesiyle elde edilen normalleştirilmiş bir orandır. Önemli yara iyileşme sorunu olan dört hastanın ikisinde bölgesel perfüzyon indeksi sırasıyla 0.53 ve 0.39'dan azdı. Eritem gelişen bir hastada bu oran medial tarafta 0.45, lateral tarafta 0.36 idi. Başka hiçbir hastada ameliyat edilen tarafta 0.60'tan düşük değer elde edilmedi. Sorunsuz ve eritem gelişmeyen hastalarda elde edilen ortalama değer ise 0.92 idi. Yara iyileşme sorunu olan hastalarda bulunan ortalama değer ise 0.77 idi ve fark anlamlı değildi ( $p=0.76$ ). Ameliyat edilmeyen tarafa ait değerler için herhangi bir eğilim gözlenmedi.

## Tartışma

1987'de Taylor ve Palmer<sup>[15]</sup> anjiyozom kavramını ortaya atmışlardır. Anatomik çalışmalarında anjiyozomları, deri ve kemik arasındaki her cilt katmanının yönelen kaynak arterler ve damarlar tarafından beslenen üçboyutlu vasküler alanlar olarak tanımlamışlardır. Daha sonra Taylor ve Pan<sup>[16]</sup> deri, kemikler ve

çoğu kasa iki ya da daha fazla anjiyozomdan dallanma olduğunu bulmuşlardır; ancak bacağın ön yüzündeki kasların sadece tek bir anjiyozomdan beslenmeleri nedeniyle özel bir durumları vardı. Kaynak damarlarıdaki başlangıç noktalarından çıkan damarlar, bacadaki bağ doku yapısını takip ederek cilde ulaşır. Bacağın kas içermeyen distal tarafında, damarlar tendonlar arasındaki bağ dokudan geçerek yüze ulaşır. Anterior tibial arterden bacağın ön yüzüne giden cilt damarlarının seyirleri, olguların %14.5'inde tibia ve tibialis anterior (TA) arasından, %38.7'sinde TA ve ekstansör digitorum longus (EDL) arasından, %22.5'inde TA ve ekstansör hallusis longus (EHL) arasından, %6.4'ünde EHL ve EDL arasından, %17.7'sinde ise EDL ve peroneal tendonlar arasındadır.<sup>[15]</sup> Sadece bir anjiyozom tarafından beslenen anterior ayak bileğinden girilmesi ve olguların %61.2'sini ilgilendiren TA ve ekstansör kaslar arasından cilde yönelen perforatörlere zarar verilmesi [TA'dan EDL'ye (38.7%) + TA'dan EHL'ye (22.5%) = 61.2%] cilt kesisinin zaman zaman geç iyileşmesinin nedeni olabilir.

Oksijen tensiyometresi, amputasyon yapılacak hastalarda yara iyileşme potansiyelinin değerlendirilme aracı olarak kapsamlı biçimde araştırılmıştır.<sup>[17-24]</sup> Yaraları iyileştirebilecek eşik TCPO<sub>2</sub> değeri 40 mmHg olarak belirlenmiştir.<sup>[17]</sup> Ayrıca, 30,<sup>[21]</sup> 20,<sup>[18,19,22]</sup> ve 15<sup>[24]</sup> mmHg eşik değerleri de önerilmiştir. Johnson ve ark.<sup>[14]</sup> total diz artroplastisi uygulanan hastalarda yara kenarlarının iyileşme potansiyelini araştırmışlardır. Total diz artroplastisinde yaranın medial tarafında, anjiyozomik vasküler dağılımla uyumlu olarak daha yüksek TCPO<sub>2</sub> bulmuşlardır. Ameliyat sonrasında cilt TCPO<sub>2</sub> değerlerinde, lateral tarafta medial taraftan daha belirgin olmak üzere önemli düşüşler



Şekil 1. Total ayak bileği artroplastisi uygulanan hastalarda kesinin (a) medial tarafında ve (b) lateral tarafında transkütanöz oksijen gerilimi (TCPO<sub>2</sub>).

görülmüştür. Uzun süreli yara hipoksisi olan hastalarda yarada enfeksiyon ya da iyileşme sorunları ortaya çıkmıştır. Oksijen verilmesi bu hipoksik değişimlerin bir kısmının düzelmesini sağlamıştır.<sup>[25]</sup> Çalışmamızda bu bilgileri TAA'ya uyarlamayı düşündük; çünkü yara iyileşmesindeki sorunlar bu işlemin ciddi bir komplikasyonu olarak tanımlanmıştır.

Tarnskütanöz oksijen tensiometresi, ayak ve ayak bileğinde uygulanan diğer işlemlerle ilgili olarak da deri perfüzyonunun değerlendirilmesinde kullanılmıştır. Poynton ve O'Rourke<sup>[26]</sup> Aşil tendonunu çevreleyen ciltteki kan dolaşımını incelemişlerdir. Ayak bileği plantar fleksiyonunun 20 dereceden 40 dereceye çıkarılmasının TCPO<sub>2</sub>'de %49'a kadar düşüşe neden olduğunu bulmuşlardır. Aşil tendonuyla ilgili işlemlerden sonra, ayak bileği pozisyonunun yara iyileşmesini etkileyebileceği sonucuna varmışlardır. Doğrudan TAA'ya uygulanabilir olmasa da, bu çalışma, pozisyon değişiklikleri yanı sıra TCPO<sub>2</sub>'nin de yara iyileşmesinde önemli rol oynadığını ortaya koymuştur.

Ölçüm yöntemleri ve şartları da ölçülen TCPO<sub>2</sub> değerlerinin güvenilirliğini etkileyebilir. Moosa ve ark.<sup>[27]</sup> ekstremitenin bağımlı bir pozisyona getirilmesinin bile TCPO<sub>2</sub> değerlerini yükselttiğini bulmuşlardır. Bu nedenle, yapay olarak yüksek değerlere yol açmamak için hastalarımızdaki ölçümler hasta sırtüstü pozisyonda iken alınmıştır. Bu yaklaşım, total ayak bileği replasmanından sonra yara iyileşmesi için özel bir önem taşımaktadır; çünkü, ameliyat sonrası erken dönemde hastalarımıza ameliyatsız ekstremiteyi mümkün olduğunca yukarıda tutmaları (ayak parmakları burnun yukarisına) söylenir. Bu hareket şişmeyi önler ve derin ven trombozunun önlenmesinde mekanik bir destek görevi görür.<sup>[28]</sup> Moosa ve ark.,<sup>[27]</sup> Johnson ve ark.<sup>[14]</sup> ve diğerleri<sup>[18,24]</sup> gibi, içe çekilen oksijenin TCPO<sub>2</sub>'yi yükselttiğini de bulmuşlardır. Bu durumda, oksijen tedavisinin yara iyileşmesine olumlu etkisi olabilir. Rooke ve Osmundson<sup>[29]</sup> tek bir TCPO<sub>2</sub> ölçümünün güvenilir olabileceğini göstermiştir. Prob yerleşimindeki bazı değişikliklere rağmen, çalışmalarında tekrarlanan ölçüm sayısı %25'in altında kalmıştır. Bu bulgunun çalışmamız için özel bir önemi vardır; çünkü, total ayak bileği replasmanı uygulanan hastaların birçoğu cerrahi işlemlerinin yapılacağı hastanemize gelmek için uzun mesafeler kat etmek durumundadırlar ve ek ölçümler için tekrarlanacak ziyaretler kendileri için ciddi bir sorun olacaktır.

Düşük TCPO<sub>2</sub>'nin yara iyileşmesinde rolü olabileceği hipotezi umut verici olmasına rağmen, çalışmamızda yara iyileşmesi sorunlarını öngörmedeki etkisini göremedik. Çalışmamız hastaları ameliyat sonrası değerlendirmemiz bakımından kısıtlıdır. Ancak, ameliyat sonrası yapılacak ölçümlerin TCPO<sub>2</sub>'deki değişimleri daha keskin bir şekilde ortaya koyacağını düşündük. Ayrıca, tüm hastalarda ameliyata girmeden önce klinik olarak açık biçimde kanlanma vardı. Hepsinde palpabl anterior ve posterior tibial nabızlar alınmıştı. Dolayısıyla, bu hastalarda yara iyileşmesi için yeterli kan desteği olduğu kabul edilmişti ve TCPO<sub>2</sub> değerlerinin olsa olsa dar bir normal aralıkta seyredeceği düşünülmüş olabilir. Bunun dışında, hasta sayısı azdı, çünkü, Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi STAR ayak bileği çalışması kapsamında, kıdemli bir cerrahın (JKD) yapabileceği ayak bileği ameliyatlarının sayısı sınırlıydı.

Yara iyileşmesini birçok faktör etkileyebilir ve TCPO<sub>2</sub> bu faktörlerden sadece biridir. Birçok yazar, ameliyat sonrasında yara iyileşmesini de içeren komplikasyonları önleme yolu olarak, ameliyat sırasındaki işlemlerde modifikasyonlar önermiştir.<sup>[3,5,7]</sup> Bunlar retraksiyon süresini ve kuvvetini en aza indirmek, sadece derin retraktörler kullanmak, cilt kenarlarına mümkün olduğu kadar az girişimde bulunmak, turnikenin erken gevşetilmesi, ameliyat sonrası yara gerilimini ve cildin anterior tibialis üzerine basısını azaltmak için ayak bileğinin atel veya alçıyla 90° dorsifleksiyonda tutulması ve ameliyat sonrası oksijen vermektir. Bu tekniklerden herhangi biri ya da hepsi savunulabilirse de, bunları doğrulayan herhangi bir çalışmaya rastlamadık. Bununla birlikte, yara sorunlarının tek bir cerrah tarafından ameliyat edilen toplam ayak bileği sayısının artmasıyla beraber azaldığı göz önüne alındığında, bunun teknikle ilgili bir sorun olduğunu düşünüyoruz. Şu anda, kıdemli yazar (JKD), yüzeysel retraktöre gereksinimi azaltmak amacıyla, kesiden hemen sonra kapsüler tabaka üzerine derin bir retraktör (Gelpi ya da benzer bir alet) yerleştirilerek deri retraksiyonunu sınırlamayı amaçlıyor.

TCPO<sub>2</sub>'nin vaskülopatili hastalarda amputasyon seviyesini belirlemek için kullanımı kabul görmüş ve total diz artroplastisi ve diğer koşullarda kullanımı araştırılmış olsa da, TAA uygulanan hastalarda TCPO<sub>2</sub>'nin iyileşmeyi öngörebileceğine dair bir veri bulmadık. Yara iyileşmesine etki eden diğer faktörler TCPO<sub>2</sub>'nin önemini gölgeliyor ve cerrahi kesinin iyileşmesindeki etkisini değerlendirmeyi zorlaştırıyor



da olabilir. Sonuçta, eğer klinik olarak kan desteği yeterliyse, transkütanöz oksijen ölçümünün, standart anterior kesiyle ayak bileği replasmanı uygulanan hastalarda yara iyileşmesi sorunlarını öngörme yöntemi olarak kullanılabileceğini düşünmüyoruz. Bunun yerine, cilt seviyesinin derinine yerleştirilen retraktörlerin bilinçli kullanımını tavsiye ediyoruz.

## Kaynaklar

- Buechel FF Sr, Buechel FF Jr, Pappas MJ. Ten-year evaluation of cementless Buechel-Pappas meniscal bearing total ankle replacement. *Foot Ankle Int* 2003;24:462-72.
- Gill LH. Principles of joint arthroplasty as applied to the ankle. *Instr Course Lect* 2002;51:117-28.
- Gould JS, Alvine FG, Mann RA, Sanders RW, Walling AK. Total ankle replacement: a surgical discussion. Part II. The clinical and surgical experience. *Am J Orthop* 2000;29:675-82.
- Groth HE, Fitch HF. Salvage procedures for complications of total ankle arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 1987;(224):244-50.
- Henne TD, Anderson JG. Total ankle arthroplasty: a historical perspective. *Foot Ankle Clin* 2002;7:695-702.
- Myerson MS, Miller SD. Salvage after complications of total ankle arthroplasty. *Foot Ankle Clin* 2002;7:191-206.
- Myerson MS, Mroczek K. Perioperative complications of total ankle arthroplasty. *Foot Ankle Int* 2003;24:17-21.
- Stamatis ED, Myerson MS. How to avoid specific complications of total ankle replacement. *Foot Ankle Clin* 2002;7:765-89.
- Bolton-Maggs BG, Sudlow RA, Freeman MA. Total ankle arthroplasty. A long-term review of the London Hospital experience. *J Bone Joint Surg [Br]* 1985;67:785-90.
- Anderson T, Montgomery F, Carlsson A. Uncemented STAR total ankle prostheses. Three to eight-year follow-up of fifty-one consecutive ankles. *J Bone Joint Surg [Am]* 2003;85:1321-9.
- Wood PL, Deakin S. Total ankle replacement. The results in 200 ankles. *J Bone Joint Surg [Br]* 2003;85:334-41.
- Haskell A, Mann RA. Perioperative complication rate of total ankle replacement is reduced by surgeon experience. *Foot Ankle Int* 2004;25:283-9.
- Saltzman CL, Mann RA, Ahrens JE, Amendola A, Anderson RB, Berlet GC, et al. Prospective controlled trial of STAR total ankle replacement versus ankle fusion: initial results. *Foot Ankle Int* 2009;30:579-96.
- Johnson DP, Eastwood DM, Bader DL. Biomechanical factors in wound healing following knee arthroplasty. *J Med Eng Technol* 1991;15:8-14.
- Taylor GI, Palmer JH. The vascular territories (angiosomes) of the body: experimental study and clinical applications. *Br J Plast Surg* 1987;40:113-41.
- Taylor GI, Pan WR. Angiosomes of the leg: anatomic study and clinical implications. *Plast Reconstr Surg* 1998;102:599-616.
- Cina C, Katsamouris A, Megerman J, Brewster DC, Strayhorn EC, Robison JG, et al. Utility of transcutaneous oxygen tension measurements in peripheral arterial occlusive disease. *J Vasc Surg* 1984;1:362-71.
- Harward TR, Volny J, Golbranson F, Bernstein EF, Fronck A. Oxygen inhalation--induced transcutaneous PO<sub>2</sub> changes as a predictor of amputation level. *J Vasc Surg* 1985;2:220-7.
- Misuri A, Lucertini G, Nanni A, Viacava A, Belardi P. Predictive value of transcutaneous oximetry for selection of the amputation level. *J Cardiovasc Surg* 2000;41:83-7.
- Padberg FT, Back TL, Thompson PN, Hobson RW 2nd. Transcutaneous oxygen (TcPO<sub>2</sub>) estimates probability of healing in the ischemic extremity. *J Surg Res* 1996;60:365-9.
- Pinzur MS, Sage R, Stuck R, Ketner L, Osterman H. Transcutaneous oxygen as a predictor of wound healing in amputations of the foot and ankle. *Foot Ankle* 1992;13:271-2.
- Wyss CR, Harrington RM, Burgess EM, Matsen FA 3rd. Transcutaneous oxygen tension as a predictor of success after an amputation. *J Bone Joint Surg [Am]* 1988;70:203-7.
- Wyss CR, Robertson C, Love SJ, Harrington RM, Matsen FA 3rd. Relationship between transcutaneous oxygen tension, ankle blood pressure, and clinical outcome of vascular surgery in diabetic and nondiabetic patients. *Surgery* 1987;101:56-62.
- Yablon SA, Novick ES, Jain SS, Inhoffer M, Graves DE. Postoperative transcutaneous oxygen measurement in the prediction of delayed wound healing and prosthetic fitting among amputees during rehabilitation. A pilot study. *Am J Phys Med Rehabil* 1995;74:193-8.
- Johnson DP. Infection after knee arthroplasty. Clinical studies of skin hypoxia and wound healing. *Acta Orthop Scand Suppl* 1993;252:1-48.
- Poynton AR, O'Rourke K. An analysis of skin perfusion over the achilles tendon in varying degrees of plantarflexion. *Foot Ankle Int* 2001;22:572-4.
- Moosa HH, Peitzman AB, Makaroun MS, Webster MW, Steed DL. Transcutaneous oxygen measurements in lower extremity ischemia: effects of position, oxygen inhalation, and arterial reconstruction. *Surgery* 1988;103:193-8.
- Russell JC. Prophylaxis of postoperative deep vein thrombosis and pulmonary embolism. *Surg Gynecol Obstet* 1983;157:89-104.
- Rooke TW, Osmundson PJ. Variability and reproducibility of transcutaneous oxygen tension measurements in the assessment of peripheral vascular disease. *Angiology* 1989;40:695-700.