

Açık kalp cerrahisinde doku oksijen satürasyonu takibi ile mikro dolaşımın değerlendirilmesi

Evaluation of microcirculation with tissue oxygen saturation monitoring in open heart surgery

Jülide Sayın Kart,¹ Halim Ulugö, ¹ Cem Arıtürk,² Uğur Aksu,³ Murat Ökten,² Hasan Karabulut,² Fevzi Toraman¹

Araştırma yapılan kurum:

Acıbadem Üniversitesi Tıp Fakültesi, İstanbul, Türkiye

Yazar adresleri:

Acıbadem Üniversitesi Tıp Fakültesi, ¹Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı,

²Kalp ve Damar Cerrahisi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

³İstanbul Üniversitesi, Biyoloji Fakültesi, İstanbul, Türkiye

ÖZ

Amaç: Bu çalışmada ekstrakorporeal dolaşım uygulanan elektif açık kalp cerrahisi hastalarında, mikro dolaşımın bozulma potansiyeli en fazla olan dönemin ve mikro dolaşım ile ilişkili olan diğer hemodinamik ve kan gazı parametrelerinin belirlenmesi amaçlandı.

Çalışma planı: İlk kez elektif açık kalp cerrahisi yapılması planlanan 20 erişkin hasta (12 erkek, 8 kadın; ort. yaş 56.4 yıl dağılımı: 38-77 yıl) prospektif olarak çalışmaya alındı. Doku oksijen satürasyonu, kalp hızı, nabız oksimetresi, elektrokardiyografi, invaziv arteriyel kan basıncı monitörizasyonu, bispektral indeks ve serebral reyonel oksijen satürasyonu monitörizasyonları yapıldı. Anestezi indüksiyon öncesi, ameliyat sırası ve ameliyat sonrası dönemlerde ölçümler tekrarlandı ve kaydedildi.

Bulgular: Ameliyat sırası dönemde, hastaların en düşük doku oksijen satürasyonu değerleri ile sağ ve sol serebral reyonel oksijen satürasyonu yüzde değişim değerleri ısınma döneminde tespit edilmiş olup, sırasıyla %69±2, -%17±2, -%14±2 idi. Ameliyat sonrası dönemde ise en düşük değerler ameliyat sonrası birinci saatte olup değerler sırasıyla %59±2, -%15±4, -%12±3 idi. Doku oksijen satürasyonu, laktat ve serebral reyonel oksijen satürasyonu değerlerinde gözlenen düşüşler birbirleri ile anlamlı ilişki gösterdi (p<0.05).

Sonuç: Hipotermi, hemodilüsyon ve nonpulsatil akımın olduğu ekstrakorporeal dolaşım sırasında ve sonrasında mikro dolaşım bozulabilmekte; ancak, bu standart izlem parametreleri ile zamanında tespit edilememektedir. Standart monitörizasyona ilave olarak doku oksijen satürasyonu takibi ile mikro dolaşımın değerlendirilmesinin sonuç parametreleri açısından anlamlı olacağı kanısındayız.

Anahtar sözcükler: Ektrakorporeal dolaşım; mikro dolaşım; doku oksijen satürasyonu.

ABSTRACT

Background: In this study, we aimed to identify the potential period which microcirculation tends to mostly deteriorate and other hemodynamic and arterial blood gas parameters associated with microcirculation in patients undergoing elective open heart surgery with extracorporeal circulation.

Methods: Twenty adult patients (12 males, 8 females; mean age 56.4 years; range 38 to 77 years) who were scheduled for elective first-time open heart surgery were prospectively included in the study. Tissue oxygen saturation heart rate, pulse oximetry, electrocardiography, invasive arterial blood pressure monitoring, bispectral index, and regional cerebral oxygen saturation monitoring were performed. Measurements were repeated and recorded before anesthesia induction, preoperatively, and postoperatively.

Results: The lowest tissue oxygen saturation values and the highest % alteration of the right and left regional cerebral oxygen saturation were in the re-warming period perioperatively with 69±2%, -17±2%, -14±2%, respectively. The lowest values in postoperative period were measured at the postoperative first hour with 59±2%, -15±4%, -12±3%, respectively. Reductions in the tissue oxygen saturation, lactate and regional cerebral oxygen saturation values were statistically significantly correlated with each other (p<0.05).

Conclusion: Hypotermia, hemodilution and nonpulsatile flow during and after extracorporeal circulation may deteriorate microcirculation; however, standard monitoring variables may fail to detect this deterioration timely. We believe that microcirculation evaluation with standard monitoring with the addition of tissue oxygen saturation monitorization may be of significance for the outcome variables.

Keywords: Extracorporeal circulation; microcirculation; tissue oxygen saturation.



Available online at
www.tgkdc.dergisi.org
doi: 10.5606/tgkdc.dergisi.2015.11278
QR (Quick Response) Code

Geliş tarihi: 01 Mart 2014 Kabul tarihi: 18 Mart 2015

Yazışma adresi: Dr. Cem Arıtürk, Acıbadem Üniversitesi Tıp Fakültesi, Kalp ve Damar Cerrahisi Anabilim Dalı, 34742 Ataşehir, İstanbul, Türkiye

Tel: 0216 - 533 50 77 e-posta: cemariturk.kvc@gmail.com

Rutin anestezi pratiğinde kullanılan kalp hızı, elektrokardiyografi, arteriyel basınç, periferik oksijen saturasyonu (SpO₂) gibi standart monitörizasyon parametreleri fizyolojik sınırlar içinde seyrederken, mikro dolaşımın bozulabileceği bilinmektedir.^[1,2] Bu nedenle özellikle majör cerrahi uygulanacak yüksek riskli hastalarda standart monitorizasyon parametrelerine ilave başka parametrelerin de izlenmesi gündeme gelmiştir.

Yaklaşık 40 yıl önce pulmoner arter kateterinin klinik pratikte kullanılmaya başlaması ile hasta başında kardiyak debi (CO) ve mikst venöz oksijen saturasyonu (SvO₂) ölçülmüş ve bu yöntemle, dokulara oksijen sunumu (DO₂) ile dokuların oksijen tüketimi (VO₂) dengesi değerlendirilmeye çalışılmıştır.^[3,4] Pulmoner arter kateteri ile elde edilen verilerin hemodinamiyi değerlendirmede oldukça faydalı olduğu, ancak mikro dolaşımı değerlendirmede yetersiz kaldığı artık bilinmektedir.^[5] Bu nedenle ileri monitörizasyon tekniklerinin geliştirilmesi ve doku düzeyindeki oksijenizasyonun devamlı takip edilmesi ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Özellikle majör cerrahilerde ve kritik hastalığı olanlarda mikro dolaşımın izlenmesinin, tedavinin öncelikli hedefi olması gerektiği kabul edilmektedir.^[1] Klinikte yaygın olarak kullanılan pratik, non-invaziv bir tekniğin bulunmaması, yakın kızılötesi spektroskopisi (NIRS) teknolojisinin bu amaca yönelik kullanılması düşüncesinin gelişmesini sağlamıştır. Yakın kızılötesi spektroskopisi yöntemi ile kapiller yataktaki venöz ağırlıklı kanın oksijen saturasyonu ölçülmekte ve bu şekilde mikro dolaşım dolaylı olarak değerlendirilmektedir.^[6] Yakın kızılötesi spektroskopisi tekniği ile doku oksijen saturasyonu (StO₂) takibi, mikro dolaşımdaki hemoglobinin oksijen saturasyonunu verir. Dolayısıyla StO₂, doku oksijenasyonunun direkt ölçümüdür ve mikro dolaşıma iletilen oksijen ve doku tarafından tüketilen oksijen arasındaki dengeyi yansıtır.^[7]

Bu çalışmadaki birincil amacımız, ekstrakorporeal dolaşım (EKD) uygulanacak elektif açık kalp cerrahisi hastalarında, ameliyat sırası ve erken ameliyat sonrası dönemde ölçülen StO₂ değerinin, aynı dönemlerde ölçülen hemodinamik, arteriyel kan gazı, rejyonel serebral oksijen saturasyonu (rSO₂) parametreleri ile olan ilişkisini bulmak; ikincil amacımız ise açık kalp cerrahisi uygulaması sırasında mikro dolaşımın en çok bozulma potansiyeli olan dönemi belirlemektir.

HASTALAR VE YÖNTEMLER

Aralık 2011 - Mayıs 2012 tarihleri arasında ilk kez ve elektif şartlarda koroner baypas ameliyatı yapılması planlanan 20 erişkin hasta (12 erkek, 8 kadın; ort. yaş 56.4 yıl; dağılım 38-77 yıl) çalışmaya alındı. Diyabetes mellitus (DM), karaciğer yetmezliği, böbrek yetmezliği,

periferik dolaşım bozukluğu ve karotis arter hastalığı olan hastalar ile hipertansiyon dışında bilinen herhangi bir sistemik hastalığı olan hastalar çalışma dışında bırakıldı. Çalışmanın etik kurulu onayı Acıbadem Üniversitesi Tıp Fakültesinden (ATADEK 2011/236) alınmıştır. Çalışmaya alınan tüm hastalar uygulanacak tedavi hakkında bilgilendirilmiş ve bilgilendirilmiş hasta onamları alınmıştır.

Tüm hastalara rutin kalp hızı, pulse oksimetre, elektrokardiyografi, invaziv arteriyel basınç monitörizasyonlarına ilave olarak, BIS™ (Covidien, Boulder, CO, USA) cihazı ile bispektral indeks (BİS) monitörizasyonları yapıldı. Serebral perfüzyonu değerlendirmek amacıyla NIRS monitörü olarak INVOS™ (Covidien, Somanetics, Troy, MI, USA) kullanıldı ve cihaza ait problemler indüksiyon öncesinde hastaların alın bölgesinde her iki kaş kavsi üzerine yerleştirildi. Hastaların sağ ve sol rSO₂ değerleri ameliyat boyunca izlendi ve veriler kaydedildi. Doku oksijenizasyonunu değerlendirmek amacıyla arteriyel kanülasyon yapılmayan elin tenar bölgesine takılan prob aracılığı ve NIRS teknolojisi ile ölçüm yapan InSpectra™ StO₂ Tissue Oxygenation (Hutchinson Technology Inc., Hutchinson, MN, USA) monitörü kullanılarak, tüm hastaların periferik StO₂ takipleri yapıldı.

Anestezi indüksiyon öncesi (T₁), sonrası (T₂), EKD 5, 10. ve 15. dakikalarında (T₃, T₄, T₅), ısınma sırası (T₆), ısınma sonrası (T₇), EKD sonu (T₈), ameliyat sonu (T₉) ve ameliyat sonrası yarım saatte bir olmak üzere toplam 21 dönemde ölçümler tekrarlandı ve kaydedildi.

Anestezi indüksiyonunda tüm hastalara fentanil 25-30 µg/kg, midazolam 80 µg/kg ve 0.15 mg/kg veküronyum bromür uygulandı. Anestezi idamesinde fentanil 10-15 µg/kg/saat, midazolam 80 µg/kg/saat ve veküronyum bromür 80 µg/kg/saat dozlarında infüzyonlar başlandı. Hastaların BİS değerlerine ve hemodinamik parametrelerine göre fentanil ve midazolamın infüzyon hızlarında gerekli ayarlamalar yapıldı. Hastaların yeterli anestezi derinliğini sağlamak amacıyla BİS değerleri 40-60 arasında tutuldu. Serebral perfüzyonun yeterliliği için rSO₂ değerleri başlangıç değerinden %20'den fazla düşüşe izin verilmeyecek şekilde takip edildi. Ekstrakorporal dolaşım sırasında hastaların özofagus ısı 32 °C, pompa akımı 2.2-2.5 L/m²/dk, hematokrit (Hct) değeri >%20, ortalama arteriyel basınç (OAB) 50-80 mmHg aralığında tutulacak şekilde takip edildi. Hastaların rSO₂ değerlerindeki >%20'lik düşüş klinik olarak anlamlı kabul edildi. Bu değerden fazla düşüş olduğunda sırasıyla kan akımı artışı, OAB artışı, inspire edilen oksijen fraksiyonu (FiO₂) artışı ve kan transfüzyonu müdahalelerinde bulunuldu.

Tablo 1. Ameliyat sırası hemodinamik, satürasyon ve hematokrit değerleri

	T ₁	T ₂	T ₅	T ₆	T ₈	YBÜ birinci saat	YBÜ dördüncü saat
Hct (%)	40±1	37±1	27±1***†††	27±1***†††	31±1***†††§§§¶¶¶	34±1***§§§¶¶¶	32±1***†††§§§¶¶¶
OAB (mmHg)	84±3	73±3	64±4***	71±4	65±3**	90±5§§§¶¶¶	82±4*
PaO ₂ (mmHg)	94±7	172±1***	160±14***	159±1**	153±1**	126±9	137±9
Laktat (mmol/L)	1.4±0.1	1.4±0.1	1.2±0.1	1.2±0.1	1.5±0.1	2±0.2***§§§¶¶¶	1.4±0.1
StO ₂ (%)	80±2	82±2	71±2	69±2	78±2	59±4***†††§§§¶¶¶	77±3***
RrSO ₂ (% değişim)	0	0.8±3	-10±2.5*‡	-17±2***†††§§§	-12±3***†††¶¶¶	-15±4***†††¶¶¶	-9±4***¶¶¶
LrSO ₂ (% değişim)	0	0.6±3	-8±3*‡	-14±2***	-9.5±3*‡	-12±3*‡	-7±2*‡¶¶¶

YBÜ: Yoğun bakım ünitesi; Hct: Hematokrit; OAB: Ortalama arter basıncı; PaO₂: Parsiyel oksijen basıncı; StO₂: Doku oksijen satürasyonu; LrSO₂: Sol reyonel serebral oksijen satürasyonu; RrSO₂: Sağ reyonel serebral oksijen satürasyonu.

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001; T₁'e göre; †p<0.05, ††p<0.01, †††p<0.001; T₂'e göre

§p<0.05, §§p<0.01, §§§p<0.001; T₅'e göre; ¶p<0.05, ¶¶p<0.01, ¶¶¶p<0.001; T₆'e göre

•p<0.05, ••p<0.01, •••p<0.001; T₈'e göre; ‡p<0.05, ‡‡p<0.01, ‡‡‡p<0.001; YBÜ birinci saate göre

Doku oksijen satürasyonu değerinin normal aralığı sağlıklı gönüllülerde yapılan çalışmalarla tespit edilmeye çalışılmış ve normal StO₂ değer aralığı %75-92 olarak bulunmuştur.^[7,8] Epstein ve Haghenbeck tarafından yayımlanan derlemede StO₂ değeri ile ilgili henüz kesin bir alt sınır belirtilmediği ancak StO₂ değerinin %70-75'in altında olmasının doku perfüzyonu bozukluğuna işaret ettiği anlaşılmaktadır.^[9] Bizim çalışmamızda, StO₂ değerinin doku perfüzyon bozukluğunun başladığı belirtilen %70 değerinin altına inmesine izin verilmedi ve gerektiğinde kan akımı artışı, OAB artışı, FiO₂ artışı, hastanın ısıtılması ve periferik vazodilatör ilaçlar ile müdahalelerde bulunuldu.

İstatistiksel yöntem

Verilerin istatistiksel analizi için Graphpad Prism 5.0 versiyon (GraphPad Software, San Diego, CA, USA) programı kullanıldı. Veriler ortalama ± standart hata olarak belirtildi. Normal dağılıma uygun bulunan StO₂, rSO₂, LrSO₂ ve laktat değerleri arasındaki ilişki Pearson korelasyonu ile karşılaştırıldı; p değeri <0.05 anlamlı kabul edildi.

BULGULAR

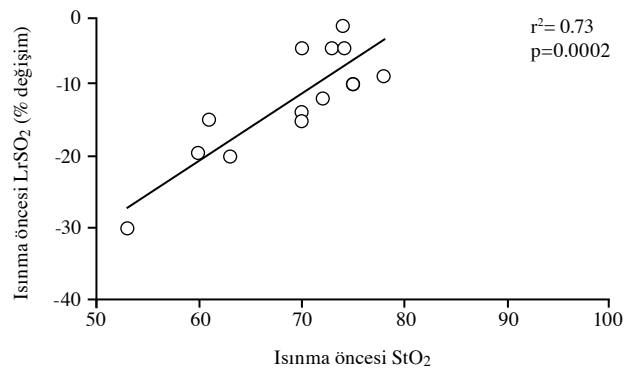
Hastaların vücut sıcaklığı, hemodinamik parametreleri, Hct değerleri, parsiyel oksijen ve karbondioksit basıncı değerleri normal sınırlar içerisinde seyretti ve ölçüm yapılan dönemler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir değişiklik gözlenmedi.

Hastaların ameliyat sırası StO₂ ile sağ serebral oksijen satürasyonu (RrSO₂) ve sol serebral oksijen satürasyonu (LrSO₂) değerlerinde en fazla düşüş ısınma sırasında (T₆) tespit edildi. Bu dönemde ortalama StO₂ değeri klinik olarak anlamlı olarak düşüş göstererek %69'a geriledi. Aynı dönemde rSO₂ değerlerine bakıldığında değerlerin düştüğü ancak klinik olarak anlamlı

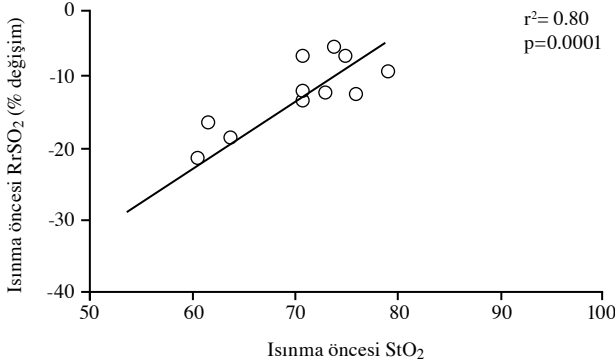
olmadığı; anestezi induksiyonu öncesindeki başlangıç değerine kıyasla sağ hemisferde %17, sol hemisferde ise %14 düşüş gözlemlendi (Tablo 1). Isınma sırasında StO₂ değerinde meydana gelen bu düşüş RrSO₂ ve LrSO₂ değerlerinde meydana gelen düşüş ile anlamlı ilişki gösterdi (Şekil 1, 2), (p<0.001, r²=0.73).

Ameliyat sonrası dönemde de StO₂ değerlerinde düşüş gözlemlendi ve en düşük değerlerine (%59) ameliyat sonrası birinci saatte ulaştı. Yine ameliyat sonrası birinci saatte, rSO₂ değerlerinde klinik olarak anlamlı olmayan düşüşler gözlemlendi; RrSO₂ değerindeki düşüş %15, LrSO₂ değerindeki düşüş %12 oldu (Tablo 1). Doku oksijen satürasyonu değerinde ameliyat sonrası birinci saatte gözlenen bu düşüş, RrSO₂ ve LrSO₂ değerlerindeki düşüşler ile anlamlı ilişki gösterdi (Şekil 3, 4). (p<0.001, r²=0.80)

Laktat değerlerine bakıldığında, en fazla anlamlı artış ameliyat sonrası birinci saatte oldu ve laktat değeri induksiyon öncesi 1.4 mmol/L iken bu dönemde



Şekil 1. Isınma öncesi dönemde StO₂ değeri ve LrSO₂ değişimi ilişkisi. LrSO₂: Sol serebral reyonel oksijen satürasyonu; StO₂: Doku oksijen satürasyonu.



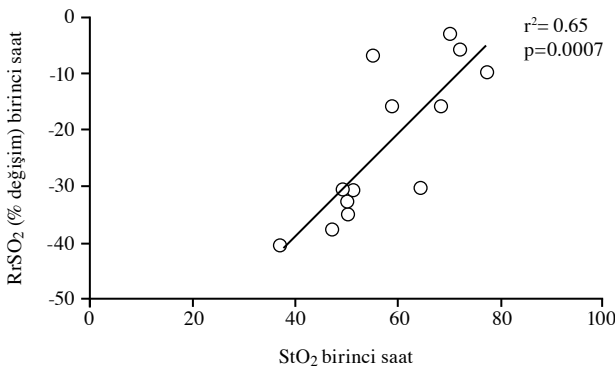
Şekil 2. Isınma öncesi dönemde StO₂ değeri ve RrSO₂ değişimi ilişkisi. RrSO₂: Sağ reyonel serebral oksijen satürasyonu; StO₂: doku oksijen satürasyonu.

2 mmol/L değerine yükseldi (Tablo 1). Ameliyat sonrası birinci saatteki laktat değeri artışı, ameliyat sonrası birinci saatte StO₂, RrSO₂ ve LrSO₂ değerlerindeki azalma ile anlamlı ilişki gösterdi (Şekil 5-7) (sırası ile r²=0.83, p=0.0001; r²=0.69, p=0.0005; r²=0.64, p=0.01).

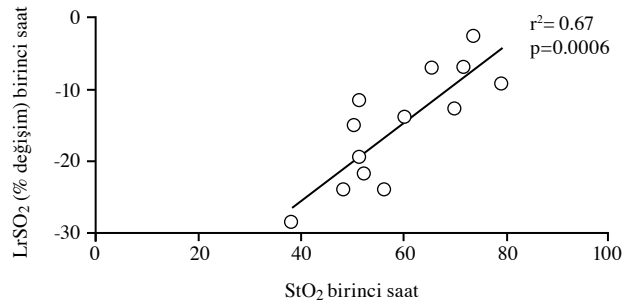
Ekstrakorporeal dolaşım sırasında çalışmaya dahil edilen 20 hastanın yedisinde, %20'nin üzerinde rSO₂ düşüşleri görüldü. Bu hastalara o andaki hemodinamik durumlarına göre gerekirse vazokonstriktör ajan müdahalesi ile OAB artışı, pompa akım hızı artışı, FiO₂ artırılması müdahalelerinde bulunuldu. Hiçbir hastaya ameliyat sonrası kan transfüzyonu yapılmadı.

Ekstrakorporeal dolaşım sırasında 10 hastada StO₂ düşüşü yaşandı ve bu hastalara o andaki hemodinamik tablolarına göre gerekirse vazokonstriktör ajan müdahalesi ile OAB artışı, pompa akım hızı artışı, FiO₂ artırılması müdahalelerinde bulunuldu.

Ameliyat sonrası dönemde ise 10 hastada StO₂ düşüşü yaşandı ve OAB değerlerine göre pozitif inot-



Şekil 4. Ameliyat sonrası birinci saat StO₂ değeri ve RrSO₂ değişimi ilişkisi. RrSO₂: Sağ reyonel serebral oksijen satürasyonu; StO₂: Doku oksijen satürasyonu.

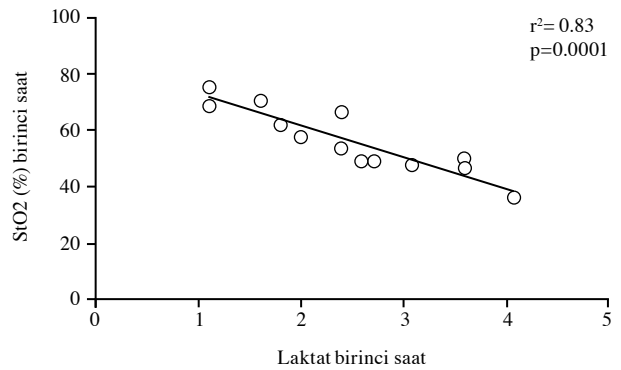


Şekil 3. Ameliyat sonrası birinci saat StO₂ değeri ve LrSO₂ değişimi ilişkisi. LrSO₂: Sol reyonel serebral oksijen satürasyonu; StO₂: Doku oksijen satürasyonu.

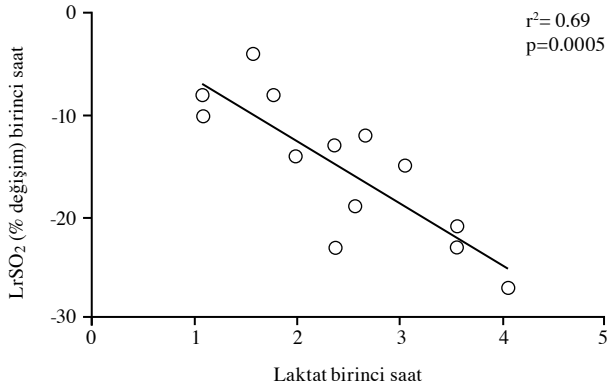
rop, vazokonstriktör ajan uygulaması, FiO₂ artırılması ya da periferik vazodilatör etkili ajan uygulanması müdahalelerinde bulunuldu. Bu hastalardan sadece üçüne taze donmuş plazma (TDP) transfüzyonu uygulandı.

TARTIŞMA

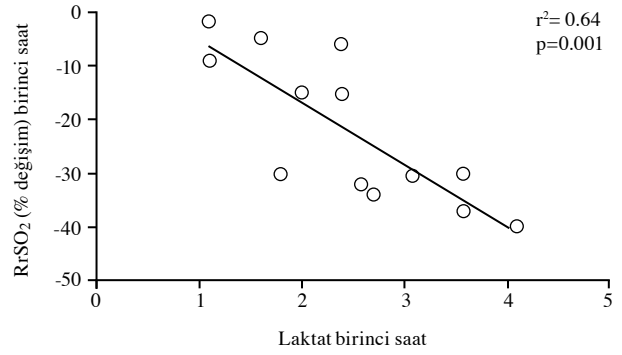
Mikro dolaşım, kan ve dokular arasında oksijen, besin, hormonlar ve atık ürün alışverişinin yapıldığı dolaşımın önemli bir parçasıdır. Doku oksijenizasyonu, mikro dolaşımdaki değişiklikleri çok iyi yansıtır.^{16,10,11} Bu nedenle özellikle majör cerrahilerde ve kritik hastalığı olanlarda StO₂ takibi, mikro dolaşımdaki değişikliklerin erken tespit edilmesi ve tedaviye yanıtın değerlendirilmesinde yol gösterici olması nedeniyle kritik öneme sahiptir.¹⁰ Standart monitörizasyon teknikleri ve bu teknikte elde edilen veriler, doku oksijenizasyonunun yeterliliğini her zaman yansıtmamaktadır. Standart monitörizasyon parametrelerinin fizyolojik sınırlar içerisinde olması, klinisyene mikro dolaşımın her zaman korunduğu bilgisini vermemektedir. Bu nedenle erken dönemde hemodinamik bozukluğun



Şekil 5. Ameliyat sonrası birinci saat laktat ve StO₂ değerlerinin ilişkisi. StO₂: Doku oksijen satürasyonu.



Şekil 6. Ameliyat sonrası birinci saat laktat değeri ve LrSO₂ değişimi ilişkisi. LrSO₂: Sol rejyonel serebral oksijen satürasyonu.



Şekil 7. Ameliyat sonrası birinci saat laktat değeri ve RrSO₂ değişimi ilişkisi. RrSO₂: Sağ rejyonel serebral oksijen satürasyonu.

açıkça görülmediği travma ve cerrahi hastalarında, doku perfüzyon bozukluğunun tespiti ne yazık ki zor olmakta ve tanı gecikmektedir. Erken dönemde tanımayan ve bu nedenle tedavi edilemeyen perfüzyon bozuklukları ise organ hasarlarına neden olmakta ve mortaliteyi artırmaktadır. Travma hastalarında yapılan bir çalışmada, StO₂ takibi ile transfüzyon ihtiyacının erken tanındığı ve böylelikle erken tedavi edilebildiği gösterilmiştir.^[12] Günümüzde doku ve organ perfüzyonunun yani mikro dolaşımın yeterliliğinin sağlanması öncelikli hedef haline gelmiştir. Tüm bu nedenlerle, standart monitörizasyonun yanı sıra doku oksijenizasyonunun sürekli takip edilmesi ve yeterliliğinden emin olunması, gerekli durumlarda müdahalede bulunulması ve bu müdahalelere yanıtın izlenmesi gerekmektedir. Pulmoner arter kateteri yıllarca bu amaçla kullanılmış ve böylelikle CO ölçülüp, SaO₂ ve SvO₂ değerlerinin hesaplanması ile doku perfüzyonu hakkında yorum yapılmaya çalışılmıştır. Ancak artık pulmoner arter kateteri ile elde edilen verilerle doku perfüzyonu değerlendirilmesinin, mikro dolaşım hakkında yeterli bilgi vermediği kabul edilmektedir.^[5] Pulmoner arter kateteri kullanımı invaziv, girişime ait komplikasyonları olan, maliyeti artıran, girişimde ve verilerin yorumlanmasında deneyimli ekip gerektiren ve dolayısı ile pratik olmayan bir teknik olduğundan klinikte doku oksijenizasyonu takibi amacıyla yaygın ve rutin olarak kullanılmamaktadır.

Doku oksijenizasyonu ve mikro dolaşımın değerlendirilmesi gerekliliği, klinikte yaygın olarak kullanılabilir pratik bir teknik arayışına neden olmuştur. Mikro dolaşımın değerlendirilmesi amacıyla, direkt olarak mikrosirkülatuar yatağın görüntülediği video-mikroskopi ya da mikro dolaşımın dolaylı olarak değerlendirildiği gastrik tonometri, doku oksijen elektrotları, sublingual kapnografi ve NIRS gibi teknikler kullanılmıştır.^[13] Yakın kızılötesi spektroskopi tekniğinin

klinik kullanıma girmesiyle geliştirilen StO₂ ölçümü ile doku perfüzyonu takibi umut vermektedir.^[6] Bu teknik invaziv olmaması, klinikte, hasta başında devamlı olarak ölçüm yapması ve pratik bir şekilde mikro dolaşımın değerlendirilmesine imkan vermesi nedeniyle çok değerlidir. Bu tekniğin uygulanması oldukça kolaydır; elin tenar çıkıntısına takılan prob aracılığı ile ve NIRS tekniği kullanılarak mikro dolaşımdaki hemoglobin satürasyonu değeri ölçülmektedir. Tenar bölgenin kullanımı ödem, yağ dokusu, cilt rengi, yaş ve cinsiyet gibi özelliklerden en az etkilenen bölge olması nedeniyle güvenilir ölçüm yapabildiği olanağı sağlamaktadır.^[14] Yakın kızılötesi spektroskopi tekniği, farklı dalga boylarındaki yakın kızıl ötesi ışığın ölçüm yapılan alanda oksijenlenmiş ve oksijenlenmemiş hemoglobin molekülleri tarafından farklı oranda absorbe edilmesi prensibi ile çalışır ve oksijenlenmiş hemoglobinin total hemoglobine oranı yüzde olarak ifade edilir.^[15] Periferik StO₂ ölçümü; mikro dolaşıma sunulan O₂ ile doku tarafından tüketilen O₂ arasındaki dengeyi, yani doku perfüzyonunu yansıtır.^[11]

Smith ve ark.^[12] travma hastalarında yaptıkları çalışmalarında StO₂ değerinin erken kan transfüzyonu ihtiyacını hemodinamik parametrelerden, laktat, baz açığı veya hemoglobin değerlerinden önce belirttiğini göstermişlerdir. Yazarlar aynı zamanda StO₂ değerinin travma hastalarında doku hipoperfüzyonunun ve kan transfüzyonu ihtiyacının erken göstergesi olduğunu belirtmişlerdir. Mulier ve ark.^[16] şiddetli sepsis hastalarında yaptıkları çalışmalarında, StO₂ değerlerini invaziv hemodinamik parametreler ve sepsis şiddeti ile karşılaştırmışlar; StO₂ değerlerinin SvO₂ değerleri ile anlamlı ilişki gösterdiğini ancak laktat, baz açığı ve hastaların APACHE II (Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II) skoru puanları ile anlamlı ilişki göstermediğini bulmuşlardır. Bizim çalışmamızda hastaların ameliyat sonrası birinci saatte laktat değerindeki artış

ile StO₂ değerindeki azalma arasında güçlü ilişki gözlemlendi. Laktat değeri artışı ile güçlü ilişki göstermesi StO₂ takibinin doku hipoperfüzyonunu tespit etmede güvenilir bir parametre olduğunu göstermektedir. Laktat takibine kıyasla invaziv girişime gereksinim olmadan, noninvaziv olarak, sürekli ölçüm yapma olanağı sağlanması ve pratik olarak kolaylıkla uygulanabilmesi, StO₂ takibini doku hipoperfüzyonunun değerlendirilmesinde bir adım öne çıkarmaktadır.

Mesquida ve ark.^[13] yayımladıkları bir derlemede makrosirkülatuvar oksijenizasyon, kan basıncı gibi standart hemodinamik parametrelerin normal sınırlarda tutulmasının mikro dolaşım durumu yansıtmadığını ve bu nedenle erken dönemde düzeltilmeyen mikro dolaşım yetersizliğinin kötü sonuç parametreleri ile ilgili olduğunu belirtmişlerdir. Bizim bu çalışmamızda elde ettiğimiz verilere göre ölçüm yapılan dönemlerde, hemodinamik parametreler fizyolojik sınırlarda seyretti ve klinik olarak anlamlı değişiklik olmadı. Buna karşın ölçüm dönemleri arasında doku oksijenizasyonunu gösteren StO₂, rSO₂ ve laktat değerlerinde anlamlı değişiklikler meydana geldi ve bu değişiklikler birbirleri ile anlamlı ilişki gösterdi. Buradan çıkarılması gereken sonuç, özellikle majör cerrahi veya yüksek riskli hastaların cerrahileri sırasında standart monitörizasyon parametrelerinin normal sınırlar içerisinde tutulmasının doku oksijenizasyonu ve mikro dolaşımın yeterliliğini göstermede yetersiz kalabileceğidir.

Sanders ve ark.^[17] kardiyopulmoner baypas uygulanan kardiyak cerrahi hastalarında yaptıkları çalışmalarında StO₂ değerlerinin yoğun bakım ünitesinde kalış, hastanede kalış, mekanik ventilasyon süresi, yeniden cerrahiye alınma ve morbidite gibi ameliyat sonrası sonuç parametrelerine etkisini araştırdıkları çalışmalarında, azalmış StO₂'yi gösteren düşük StO₂ değerlerinin, kötü ameliyat sonrası sonuç parametreleri ile ilişkili olduğunu tespit etmişlerdir. Yazarlar ayrıca StO₂ monitörizasyonu ile hedefe yönelik tedavi uygulanmasının hastaların sonuç parametreleri üzerine olumlu etkisi olacağını belirtmişlerdir. Bir başka çalışmada Lima ve ark.^[1] kritik hastalığı olan hastalardaki düşük StO₂ değerlerinin, doku hipoperfüzyonunun erken belirteci olduğunu ve hastalardaki kötü sonuç parametreleri ile ilişkili olduğunu göstermişlerdir.

Soller ve ark.^[18] çalışmalarında bizim sonuçlarımıza benzer şekilde yeniden ısınma döneminde sıcaklık artışı ile beraber metabolik ihtiyacın arttığını ancak dokuya oksijen sunumunun aynı oranda artmadığını ve buna bağlı olarak StO₂ değerinin en fazla bu dönemde düştüğünü belirtmişlerdir. Bizim sonuçlarımızla uyumlu olarak, Kuttilla ve ark.^[19,20] tarafından kardiyak cerrahi yapılan hastalarda gerçekleştirilen çalışmalarda ise periferik

doku oksijenizasyonunun ameliyat sonrası ilk 3-4 saatlik sürede hala düşük seyrettiğini ve bu süreden sonra artmaya başladığını göstermişlerdir. Sonuç olarak, StO₂ takibi ile mikro dolaşımı değerlendirmeyi amaçladığımız çalışmamızda elde ettiğimiz farklı dönemlerde kaydedilen verilere göre; açık kalp cerrahisi uygulaması sırasında en riskli dönemlerin yeniden ısınma ve ameliyat sonrası birinci saat olduğu, bu dönemlerdeki StO₂ değerindeki düşüşlerin; rSO₂ değerlerindeki düşüşler ve laktat değerlerindeki artışlar ile anlamlı ilişki gösterdiği tespit edildi. Çalışmamızda ayrıca StO₂ değerindeki değişikliklerin diğer doku oksijenizasyonunu değerlendirmede kullanılan bu parametrelerle anlamlı ilişki göstermesi, NIRS tekniği ile yatak başında hızlı, devamlı ve pratik şekilde doku oksijenizasyonunun takip edilerek mikro dolaşımın değerlendirilebileceğini göstermektedir.

Özellikle ileri yaş, diyabetes mellitus varlığı, hipotermi, hemodilüzyon ve nonpulsatil akım uygulanması gibi mikro dolaşımın bozulma riskinin daha fazla olduğu hastalarda, StO₂ takibi ile mikro dolaşımın değerlendirilmesi üzerinde durulması gereken bir konudur. Teknik olarak oldukça avantajlı olan bu yöntemin güvenilirliğinin yapılacak çalışmalarla desteklenmesi ile doku oksijenizasyonu ve mikro dolaşım takibinin klinik pratikte daha yaygın kullanım alanı bulacağını ve böylelikle standart monitörizasyon teknikleri ile erken dönemde tanınamayan doku düzeyindeki oksijenizasyon bozukluklarının erken dönemde tanınmasının, tedavi edilmesinin ve tedaviye yanıtın izlenilmesinin sağlanacağını düşünmekteyiz.

Çıkar çakışması beyanı

Yazarlar bu yazının hazırlanması ve yayınlanması aşamasında herhangi bir çıkar çakışması olmadığını beyan etmişlerdir.

Finansman

Yazarlar bu yazının araştırma ve yazarlık sürecinde herhangi bir finansal destek almadıklarını beyan etmişlerdir.

KAYNAKLAR

1. Lima A, van Bommel J, Jansen TC, Ince C, Bakker J. Low tissue oxygen saturation at the end of early goal-directed therapy is associated with worse outcome in critically ill patients. Crit Care 2009;13:13.
2. Uilkema RJ, Groeneveld AB. Correlates of thenar near-infrared spectroscopy-derived tissue O₂ saturation after cardiac surgery. Interact Cardiovasc Thorac Surg 2007;6:265-9.
3. Swan HJ, Ganz W, Forrester J, Marcus H, Diamond G, Chonette D. Catheterization of the heart in man with use of a flow-directed balloon-tipped catheter. N Engl J Med 1970;283:447-51.

4. Donati A, Domizi R, Damiani E, Adrario E, Pelaia P, Ince C. From macrohemodynamic to the microcirculation. *Crit Care Res Pract* 2013;2013:892710.
5. Ganz W, Donoso R, Marcus HS, Forrester JS, Swan HJ. A new technique for measurement of cardiac output by thermodilution in man. *Am J Cardiol* 1971;27:392-6.
6. Lipcsey M, Woinarski NC, Bellomo R. Near infrared spectroscopy (NIRS) of the thenar eminence in anesthesia and intensive care. *Ann Intensive Care* 2012;2:11.
7. Skarda DE, Mulier KE, Myers DE, Taylor JH, Beilman GJ. Dynamic near-infrared spectroscopy measurements in patients with severe sepsis. *Shock* 2007;27:348-53.
8. Crookes BA, Cohn SM, Bloch S, Amortegui J, Manning R, Li P, et al. Can near-infrared spectroscopy identify the severity of shock in trauma patients? *J Trauma* 2005;58:806-13.
9. Epstein CD, Hagenbeck KT. Bedside assessment of tissue oxygen saturation monitoring in critically ill adults: an integrative review of the literature. *Crit Care Res Pract* 2014;2014:709683.
10. Piagnerelli M, Ince C, Dubin A. Microcirculation. *Crit Care Res Pract* 2012;2012:867176.
11. Simonson SG, Piantadosi CA. Near-infrared spectroscopy. Clinical applications. *Crit Care Clin* 1996;12:1019-29.
12. Smith J, Bricker S, Putnam B. Tissue oxygen saturation predicts the need for early blood transfusion in trauma patients. *Am Surg* 2008;74:1006-11.
13. Mesquida J, Gruartmoner G, Espinal C. Skeletal muscle oxygen saturation (StO₂) measured by near-infrared spectroscopy in the critically ill patients. *BioMed Research International* 2013;2013:1-8.
14. Myers DE, Anderson LD, Seifert RP, Ortner JP, Cooper CE, Beilman GJ, et al. Noninvasive method for measuring local hemoglobin oxygen saturation in tissue using wide gap second derivative near-infrared spectroscopy. *J Biomed Opt* 2005;10:034017.
15. McCully KK, Hamaoka T. Near-infrared spectroscopy: what can it tell us about oxygen saturation in skeletal muscle? *Exerc Sport Sci Rev* 2000;28:123-7.
16. Mulier KE, Skarda DE, Taylor JH, Myers DE, McGraw MK, Gallea BL, et al. Near-infrared spectroscopy in patients with severe sepsis: correlation with invasive hemodynamic measurements. *Surg Infect (Larchmt)* 2008;9:515-9.
17. Sanders J, Toor IS, Yurik TM, Keogh BE, Mythen M, Montgomery HE. Tissue oxygen saturation and outcome after cardiac surgery. *Am J Crit Care* 2011;20:138-45.
18. Soller BR, Idwasi PO, Balaguer J, Levin S, Simsir SA, Vander Salm TJ, et al. Noninvasive, near infrared spectroscopic-measured muscle pH and PO₂ indicate tissue perfusion for cardiac surgical patients undergoing cardiopulmonary bypass. *Crit Care Med* 2003;31:2324-31.
19. Kuttilla K, Niinikoski J. Peripheral perfusion after cardiac surgery. *Crit Care Med* 1989;17:217-20.
20. Kuttilla K, Niinikoski J, Haglund U. Visceral and peripheral tissue perfusion after cardiac surgery. *Scand J Thorac Cardiovasc Surg* 1991;25:57-62.