

Fototerapinin, nabız oksimetre ile oksijen satürasyonu ölçümüne etkisi

İrem İyigün¹, Tolga Çelik^{2*}

Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, ¹Pedatri Dr. Öğr.Üyesi, ²Pedatri Doçenti

*İletişim: htcelik@hacettepe.edu.tr

SUMMARY: İyigün İ, Çelik T. (Department of Pediatrics, Hacettepe University Faculty of Medicine, Ankara, Türkiye). The effect of phototherapy on pulse oximetry readings and oxygen saturation. Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi 2023; 66: 1-5.

Oxygen saturation measured by pulse oximetry may be affected due to the different wavelength of phototherapy light. This study aimed to determine the effect of phototherapy on oxygen saturation measured by pulse oximetry. Oxygen saturation and pulse values were recorded in newborns receiving phototherapy, both with and without an opaque wrap around the pulse oximeter sensor. The percentage of desaturation events was higher without the opaque wrap compared to with the opaque wrap (4.17 vs 3.06; $p=0.025$). This suggests that the frequency of false desaturation alarms may increase if the sensor is kept uncovered. Similarly; the percentage of time measured as $spO_2 > 94\%$ was lower without the opaque wrap compared to with the opaque wrap (62 vs 75; $p=0.019$). This suggests that hyperoxia states can be bypassed if the sensor is kept uncovered. It is recommended to shield the pulse oximetry sensors with an opaque band during phototherapy to avoid false alarms.

Key words: phototherapy, pulse oximetry, oxygen saturation, newborn, hyperbilirubinemia.

ÖZET: Fototerapi ışığı farklı dalga boyunda olduğu için, nabız oksimetre ile ölçülen oksijen satürasyonu etkilenebilir. Bu çalışmada fototerapinin, nabız oksimetre ile ölçülen oksijen satürasyonuna etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Fototerapi uygulanan yenidoğanlarda nabız oksimetre sensörünün üzeri açık halde ve opak bant ile kapatıldıktan sonra oksijen satürasyonu ve nabız değerleri kaydedilmiştir. Nabız oksimetre sensörünün üzeri açık tutulduğu durumda desatürasyon olaylarının yüzdesi, üzeri opak bandla kapatılarak yapılan ölçümdeki desatürasyon olayları yüzdesinden daha yüksek saptanmıştır (4.17 vs 3.06; $p=0.025$). Bu durum sensörün üzeri açık tutulursa, yanlış desatürasyon alarm sıklığının artabileceğini düşündürmüştür. Benzer şekilde; sensörün üzeri açık tutulduğu durumda $spO_2 > 94\%$ olarak ölçülen sürenin yüzdesi, üzeri opak bantla kapatılarak yapılan ölçümdeki $spO_2 > 94\%$ olan sürenin yüzdesinden daha düşük saptanmıştır (62 vs 75; $p=0.019$). Bu durum ise, sensörün üzeri açık tutulursa, hiperoksi durumlarının atlanabileceğini düşündürmektedir. Yalancı alarmları önlemek için fototerapi sırasında nabız oksimetre sensörlerinin üzerinin opak bant ile kapatılması önerilmektedir.

Anahtar kelimeler: fototerapi, nabız oksimetre, oksijen satürasyonu, yenidoğan, hiperbilirubinemi.

İndirekt hiperbilirubinemi, yenidoğanlarda sıklıkla görülen ve çoğu vakada selim seyir gösteren bir durumdur. Yenidoğan sarılığı olarak da adlandırılan bu durum hayatın ilk haftası içerisinde term bebeklerde yaklaşık %60, preterm bebeklerde %80 sıklıkla görülür.^{1,2} Tedavi almayan ağır seyirli vakalarda

özellikle nörotoksisiteye bağlı komplikasyonlar gözlenir. Bu nedenle yenidoğan indirekt hiperbilirubinemisinin takip ve tedavisi önemlidir. İndirekt hiperbilirubinemi tedavisinde en sık kullanılan yöntem fototerapidir.³

Fototerapi ile bilirubinde yapısal izomerizasyon olur; bilirubin, “lumirubin” adı verilen daha

polar bir izomere dönüşür. Bu izomer, karaciğerden metabolize edilmeden vücuttan atılabilir. Fototerapi ayrıca, hızlı oksidatif reaksiyonlara neden olarak (fotooksidasyon) ile bilirubinin moleküller arası yeniden düzenlenmesini sağlayarak mutant bilirubin izomerlerinin oluşumunu sağlar. Bu izomerler daha polar yapıdadırlar, suda çözünebilirler ve konjugasyona ihtiyaç duymadan safra ve idrar ile atılabilirler.³

Bilirubinin uzaklaştırılması amacıyla uygulanan fototerapide 460 ± 10 nm ışık dalga boyunda en yüksek verimlilik sağlanır.⁴ 450 nm dalga boyundaki mavi fotonlar bilirubin tarafından en fazla absorbe edilen fotonlardır. Gün ışığının dalga boyu 550-600 nm arasında olduğundan etkisi daha azdır.⁵

Oksijen satürasyonu seviyesi; oksijen doygunluğuna ulaşmış hemoglobin miktarını ifade etmek için kullanılır. Yenidoğan yoğun bakım ünitelerinde nabız oksimetre kullanılarak oksijen satürasyonunun sürekli olarak izlenmesi standart bir uygulamadır. Oksijen satürasyonu izlemiyse; hipoksi ilişkili mortalite ve nörolojik bozukluk ve hiperoksi ilişkili pulmoner hasar ve preterm bebeklerde retinopati riski en alt düzeylere indirgenmektedir. Nabız oksimetre, arteriyel kanda oksijenli hemoglobin satürasyonunun izleminde kullanılmakta olup işlem basit ve invaziv olmayan bir uygulamadır. Nabız oksimetre ışık kaynağı ve mikroışlemci olmak üzere iki işlevsel bölümden oluşmaktadır. Non-pulsatil (venöz kan ve doku) ile pulsatil (arteriyel kan) spektrumu ayırma ve dokular tarafından ışık absorpsiyonunun ölçülmesi yoluyla çalışır.⁶ Mikroışlemci, absorbe edilen dalgaların nonpulsatil komponentinde pulsatin oranını temel alarak satürasyonu hesaplar. Nabız oksimetreler teknik olarak 660 nm ve 940 nm olarak ışığın iki dalga boyunu kullanmaktadır ve ayrı ayrı iki dalga boyunda ışık absorbansının değişken komponentini ölçerek sonra bunu sabit komponente bölmektedir. Nabız oksimetre, bu değerlerden satürasyon yüzdesinin hesaplanmasını ve bu farklı ölçümlerin izlenmesini sağlar. Fototerapi ışığı altında ışık absorbansı değişebileceği için nabız oksimetre ile ölçülen satürasyon yüzdesinin de etkilenebileceği düşünülmektedir. Hastada vazodilatasyon, vazokonstriksiyon, hemoglobinopati, hemoliz, hipotansiyon, kalp debisinde azalma, hiperbilirubinemi, vazoaktif

ilaç kullanımı, ortamdaki floresan aydınlatma ve ısı lambaları oksijen satürasyonunun hatalı okunmasına neden olabilmektedir.^{7,8} Fototerapi ilişkili dehidratasyon ve vücut sıcaklığında artış sonucunda da satürasyon ölçümleri değişebilmektedir.⁹

Fototerapi ışığının dalga boyu, nabız oksimetre cihazının kullandığı ışık dalga boylarından farklı olduğu için, nabız oksimetre ile ölçülen oksijen satürasyonu etkileneceği hipotezinden yola çıktığımız bu çalışmada fototerapinin nabız oksimetre ile ölçülen oksijen satürasyonuna etkisini belirlemeyi amaçladık.

Materyal ve Metot

Hacettepe Üniversitesi İhsan Doğramacı Çocuk Hastanesi Yenidoğan Yoğun Bakım Ünitesinde 1 Temmuz 2020 - 1 Temmuz 2021 arasında yatarak tedavi edilen ve fototerapi uygulanan yenidoğan bebekler çalışmaya alındı. Prospektif gözlemsel bir çalışma yapıldı. Oksijen satürasyonunu etkileyecek ek hastalıkları (konjenital kalp hastalığı, kromozomal hastalık, metabolik hastalık, anemi, dolaşım bozukluğu, hipovolemi, hidrops fetalis) olan yenidoğan bebekler çalışmaya dahil edilmedi. Fototerapi verilirken 450 nm dalga boyunda, $30 \mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$ üzerinde ışık yoğunluğunda LED cihazlar kullanıldı. Yenidoğan bebeklerde normal nabız 100-160/dk, hedef oksijen satürasyonu ise %90-94'tür; bu nedenle çalışmada %89 ve daha düşük satürasyon ölçümleri desatürasyon olarak tanımlanmıştır.

Fototerapi sırasında on dakikalık nabız oksimetre ölçümü kayıt altına alınıp, daha sonra nabız oksimetre sensörünün üzeri opak bir göz bant ile kapatıldıktan sonra on dakika da bu şekilde kayıt tekrarlandı. Nabız oksimetre cihazının hafızasına kayıt alınmasının yanında, 10 dakikalık ölçüm süresince araştırmacılardan biri tarafından direkt olarak gözlem de yapılmıştır.

Çalışma grubundaki hastane dosyaları ve hemşire gözlemleri incelenerek her hastaya bir çalışma numarası verildi. Demografik bilgileri kaydedildi.

Yenidoğan yoğun bakım ünitesinde rutin olarak kullanılan nabız oksimetre cihazlarının cihaza ait hata payı %3-4 olduğundan; fototerapinin satürasyon ölçümü üzerine olan olası düşük etkilerini saptayabilmek için hata payı %2

altında olan bir nabız oksimetre cihazı (Masimo Set Rad 97 Co-oximeter) kullanıldı. İstatistiksel analizlerde IBM SPSS Statistics (V.23; IBM) kullanıldı. Tanımlayıcı istatistikler frekans ve yüzde olarak verildi, gruplar arasında karşılaştırma için Kruskal-Wallis testi, iki grup arasında parametrik olmayan karşılaştırma için Mann-Whitney U testi kullanıldı. Normal dağılım gösteren değişkenler için ortalama; normal dağılmayan değişkenler için ortanca ve çeyrekler arası aralık kullanılarak analiz sonuçları belirtildi. P değerinin <0.05 olması anlamlılık sınırı olarak belirlendi.

Bulgular

Çalışmaya 27-41 haftalar arasında doğan toplam 90 bebek dahil edildi. Demografik özellikleri Tablo I'de belirtildi. Nabız oksimetre sensörünün üzerinin açık ve göz bandı ile kapatılmış halindeki ölçümleri karşılaştırıldığında spO_2 ve nabız ölçümleri arasında bir fark saptanmadı. Sensörün üzeri açıkken ve opak göz bandı ile kapalı iken alınan 10 dakikalık kayıtlarda gözlenen desatürasyon sayısı arasında da istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmadı. Sensörün üzeri açık tutulduğu durumda desatürasyon süresinin; üzeri opak bant ile kapatıldığında ise $spO_2 > \%94$ olarak ölçülen sürenin yüzdesi daha yüksek saptandı.

Sensörün üzeri açık ve kapalı olacak şekilde fototerapi ışığı altındaki ölçümlerin karşılaştırması Tablo II'de gösterilmiştir.

Tartışma

Nabız oksimetre cihazıyla yapılan ölçümlerde hata oranı %1-2 arasındadır. Bu hatanın nedenleri; probun bağlandığı ekstremitenin

hareketliliği, vücut sıcaklığı değişkenliği, rakım, dolaşım bozukluğu, ortam ışığı olabilir.¹⁰ Yüksek bilirubin seviyeleri ve fototerapi uygulaması, cilt rengini ve ışık geçirgenliğini değiştirerek ölçüm doğruluğunu bozabilir.⁸ Bu çalışmada fototerapinin, hedef satürasyon aralığının dışındaki oksijen satürasyon ölçümlerini etkilediği gösterilmiştir.

Fototerapi sırasında hasta prematüre bebeklerde nabız oksimetresinin doğruluğunun değerlendirildiği benzer bir çalışmada. fototerapi dahil olmak üzere çevresel ışığın, nabız oksimetresi yoluyla elde edilen oksijen doygunluğu ölçümlerini önemli ölçüde etkilemediği gösterilmiştir.¹¹ Çalışma sonuçlarına dayanarak, nabız oksimetrelerinin fototerapi gören yenidoğanlarda güvenilir oksijen satürasyonu ölçümleri sağlayacağı belirtilmiştir. Preterm bebeklerde fototerapinin uyku sırasında kardiyorespiratuar aktivite üzerindeki etkisinin incelendiği bir başka çalışmada ise, fototerapinin, aktif veya sessiz uyku durumlarında oksijen satürasyonu, apne hızı veya periyodik solunum üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı gösterilmiştir.¹² Bu çalışmalar fototerapinin yenidoğanlarda oksijen satürasyonu ölçümlerinin doğruluğunu önemli ölçüde etkilemediğini göstermektedir. Benzer şekilde çalışmamızda da; fototerapi altındaki bebeklerdeki 10 dakikalık kayıt sırasındaki ortalama spO_2 ve nabız değerleri, sensörün üzeri açıkken ve opakla kapalıyken benzer bulunmuştur. Ancak çalışmamızda desatürasyon süresinin ($spO_2 < \%90$ olarak ölçülen sürenin) ve $spO_2 > \%94$ olarak ölçülen sürenin yüzdesi sensörün üzerinin açık veya opakla kapatılmış olmasına göre değişkenlik göstermiştir. Ancak

Tablo I. Demografik özellikler.

	Toplam bebek sayısı (n=90)
Erkek cinsiyet. n (%)	61 (%68)
Doğum ağırlığı (gr), ortanca (IQR)	2750 (1320 – 3250)
Gebelik haftası, ortanca (IQR)	36 (32 – 38)
Doğum şekli (sezaryen), n (%)	75 (%83)
5. dakika Apgar skoru, ortanca (IQR)	9 (8-9)
Solunum desteği veya oksijen tedavisi alanlar* n (%)	16 (%18)
Vücut sıcaklığı* (C°) (ortalama ± SD)	36.8 ± 0.31

*Nabız oksimetre ile ölçülen oksijen satürasyonu kaydı alındığı sırada

Tablo II. Sensörün üzeri açık ve kapalı olacak şekilde fototerapi ışığı altındaki ölçümlerin karşılaştırması.

	Sensörün üzeri açık	Sensörün üzeri opak göz bandı ile kapalı	p
SpO2 (%)	95.21 ± 3.19	96.32 ± 2.26	0.71
Nabız (atım/dk)	137.61 ± 16.73	141.17 ± 18.04	0.64
Desatürasyon sayısı /10 dk	4.1 ± 3.2	5.2 ± 2.8	0.32
spO2 < %90 olma süresinin yüzdesi	4.17 ± 0.91	3.06 ± 0.16	0.025
spO2 > %94 olma süresinin yüzdesi	62.83 ± 5.27	75.72 ± 13.64	0.019

Desatürasyon olayı spO2 %90'ın altında olduğu en az 10 saniye süren periyotları kapsamaktadır. Sonuçlar ortalama ± standart sapma şeklinde belirtilmiştir.

bu sonucun preterm ve term bebeklerin farklı gruplara ayrıldığı, solunum sıkıntısı olan bebeklerin dışlandığı homojen deney gruplarında test edilmesi yerinde olacaktır. Zira, yakın zamanda yayınlanan, 96 bebeğin dahil edildiği randomize bir çalışmada; 10 dakika opak örtülü ve 10 dakika opak örtüsüz nabız oksimetre sensörüne alınan bebeklerin hiçbir çıktısında (satürasyon ölçümleri, geçerli veri noktalarının yüzdesi, hedef altında satürasyon süresi yüzdesi) bir fark saptanmamıştır.¹³ Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlarla; hedef altındaki oksijen satürasyon süresi yüzdesinin fototerapiden etkilendiğinin gösterilmesi, daha önceki literatür ile uyumlu olmayan, homojen ve daha geniş katılımlı deney gruplarında incelenmesi önerilen, yeni bir literatür katkısı olarak görülmektedir.

Nabız oksimetre sensörünün üzeri açık tutulduğu durumda desatürasyon süresinin yüzdesinin daha yüksek saptanması; fototerapi sırasında oksimetre sensörünün üzeri kapatılmazsa, yanlış desatürasyon alarm sıklığının artabileceğini düşündürür. Yoğun bakımlarda yanlış alarm sıklığının artması; hemşire ve doktorlarda alarm körleşmesine yol açabileceği için önlenmelidir. Desatürasyon süresinin uzun olması bebeğin daha uzun süreli hipokside kalmasına, hipoksi ilişkili morbidite ve mortalitelere yol açabilir. Desatürasyon alarmlarına dikkat ederek bebeğin hipoksiden korunması hem sağkalım artırıcı hem de morbiditeleri azaltıcı etkisi olacaktır.

Anlık bir ölçüm yerine 10 dakikalık bir kayıt alması spO2 değerindeki anlık dalgalanmalardan kaynaklı hatanın önlenmesini ve çalışmanın gücünü artırmıştır. Çalışmaya solunum sıkıntısı olan, oksijen desteği alan bebeklerin dahil edilmesi, preterm ve term ayrımı yapılmadan tüm yenidoğan bebeklerin dahil edilmesi çalışmanın en önemli kısıtlılığıdır. Arteriyel

oksijen satürasyon ölçümünün sadece nabız oksimetre ile yapılması, arteriyel kan gazı ölçümünün yapılmaması bir diğer önemli kısıtlılıktır. Nabız oksimetre sensörünün üzeri açıkken ve kapalıyken alınan kayıtların (10 dakika gibi kısa bir zaman farkında olsa bile) tam olarak aynı anda yapılamayışı ise minör bir kısıtlayıcı özelliktir.

Bu çalışmadan çıkarılarak en önemli sonuç, fototerapi ışığı altındaki nabız oksimetre sensörünün algıladığı spO2 ölçümlerinde; özellikle hedef oksijen satürasyonu aralığındaki (spO2:%90-94) bebeklerin izlemlerinde önemli bir değişiklik olmazken, alarm limitlerinin dışındaki spO2 ölçümlerinde hata olabileceğidir. Bu sonuçlara göre; fototerapi altındaki bebeklerde yalancı alarmlara karşı duyarlılığın azalmaması için nabız oksimetre sensörlerinin üzerinin opak band ile kapatılması önerilir.

Etik Kurul Onayı: Hacettepe Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından GO 18/1085 kayıt numarası ile 18.12.2018 tarihinde onaylanmıştır.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Yazar Katkıları: Çalışma tasarımı: HTÇ; veri toplama: İİ; veri analizi/yorumlama: İİ; yazı taslağı: İİ; kaynak taraması: İİ; içeriğin eleştirel incelemesi: HTÇ.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

Finansal Destek: Yazarlar finansal destek bildirmemişlerdir.

KAYNAKLAR

1. Stoll BJ, Kliegman RM. Jaundice and hyperbilirubinemia in the newborn. In: Behrman RE, Kliegman RM, Jenson HB. (eds). Nelson Textbook of Pediatrics. (17th ed), Philadelphia: Saunders Company 2003: 592-596.
2. Newman TB, Escobar GJ, Gonzales VM, Armstrong MA, Gardner MN, Folck BF. Frequency of neonatal bilirubin testing and hyperbilirubinemia in a large health maintenance organization. Pediatrics 1999; 104(5 Pt 2): 1198-1203.
3. Anderson NB, Calkins KL. Neonatal indirect hyperbilirubinemia. Neoreviews 2020; 21: e749-e760.
4. Vreman HJ, Wong RJ, Stevenson DK. Phototherapy: current methods and future directions. Semin Perinatol 2004; 28: 326-333.
5. Dağoğlu T, Ovalı F. İndirekt hiperbilirubinemi. Dağoğlu T. (ed). Neonatoloji. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri, 2000; 50: 453-455.
6. Hakemi A, Bender JA. Understanding pulse oximetry, advantages, and limitations. Home Health Care Manag Pract 2005; 17: 416-418.
7. Hinkelbein J, Genzwuerker HV, Fiedler F. Detection of a systolic pressure threshold for reliable readings in pulse oximetry. Resuscitation 2005; 64: 315-319.
8. Hinkelbein J, Genzwuerker HV, Sogl R, Fiedler F. Effect of nail polish on oxygen saturation determined by pulse oximetry in critically ill patients. Resuscitation 2007; 72: 82-91.
9. Shoris I, Gover A, Toropine A, et al. "Light" on phototherapy-complications and strategies for shortening its duration, a review of the literature. Children (Basel) 2023; 10: 1699.
10. Fluck RR Jr, Schroeder C, Frani G, Kropf B, Engbretson B. Does ambient light affect the accuracy of pulse oximetry? Respir Care 2003; 48: 677-680.
11. Zubrow AB, Henderson GW, Imaizumi SO, Pleasure JR. Pulse oximetry in sick premature infants and the effects of phototherapy and radiant warmers on the oxygen saturation readout. Am J Perinatol 1990; 7: 75-78.
12. Bader D, Kugelman A, Blum DE, Riskin A, Tirosh E. Effect of phototherapy on cardiorespiratory activity during sleep in neonates with physiologic jaundice. Isr Med Assoc J 2006; 8: 12-16.
13. Kannan Loganathan P, O'Shea JE, Harikumar C, Brigham JC, Rabi Y, Gupta S. Effect of opaque wraps for pulse oximeter sensors: randomised cross-over trial. Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed 2021; 106: 57-61.