

Klinik Uygulamada Pulse Oksimetre

Ufuk Yetkin, Nagihan Karahan, Ali Gürbüz

Özet:

1980'lerde kullanıma girmesinden bu yana pulse oksimetrenin cerrahi pratiğinde ana kullanım amacı oksijenizasyonun monitörizasyonudur. Taşınan oksijenin gösteriminde cerrahi pratikte hiçbir teknik pulse oksimetreden daha etkili değildir. 1980'lerden önce cerrahi salonlarında henüz bilinmezken, daha sonra hızlı bir şekilde gerekli standart haline geldi. Kullanımı özel bir eğitim gerektirmemektedir. Etkinliği de kullanan kişinin tecrübesine bağlı değildir. İnvaziv olmayan bir yöntemdir ve herhangi bir risk taşımamaktadır. Pulse oksimetre sürekli ve anlık arteriyel hemoglobin satürasyonunu verir. Alınan oksijenin yetersizliği gibi birçok nedenle ortaya çıkan hipoksemi açısından hekime bir uyarı sağlar. Damar cerrahisinde ve hastanın yoğun bakım izleminde terapötik girişimlerin yeterliliğinin erken dönemde kolay ve ucuz yoldan anlaşılabilmesinde pulse oksimetre yardımcı olabilmektedir. Noninvaziv bir teknik olması ve herhangi bir riskten tamamıyla uzak olduğu için, arteriyel hipoksemi riskinin olduğu her durumda kullanılmalıdır.

Anahtar kelimeler: Pulse oksimetre, hipoksemi

Tarihçe

Pulse oksimetrenin, 1980'lerde cerrahi salonlarda ameliyat süresince izlemde bir standart haline gelmesi yanında, invivo oksimetrelerin tarihi, 1930'lara dayanmaktadır. 1935 yılında Carl Matthes transluminasyon gösteren dokularla hemoglobin oksijen satürasyonu ölçen bir alet geliştirdi (1,2). Matthes'in geliştirdiği aygıt modern pulse oksimetrelerde olduğu gibi görünür ve infrared olmak üzere ışığın iki dalga boyunu kullanmaktaydı. Bu alet satürasyon trendlerini takipte kullanılabilmekteydi. Ancak bu alet kullanılarak satürasyon trendlerinin kalibrasyonu zordu (3). J.R. Squires, kompresyonla kanı dokudan elimine etmek suretiyle kendi kendine kalibrasyon yapan benzer bir alet geliştirdi. Bu teknik daha sonra invivo oksimetrelerde de kullanılmıştır (4,5). Glen Millikan ilk defa 1940'ların başlarında havacılık araştırmaları için kulak oksimetresini kullandı (ear oximeter). Millikan yüksek irtifada uçan pilotların kanındaki hemoglobin satürasyonunun ölçümünde ilk defa kullandığı bu alet için oksimetre terimini kullandı (6,7). 1940'larda Wood ve arkadaşları tarafından cerrahi salonlarda kullanılan benzer aletler geliştirildi. Literatüre bakıldığında invivo oksimetrenin cerrahi salonlarında ilk defa kullanıldığına dair bilgi 1951 yılına aittir. İlk invivo oksimetrelerin en önemli eksikliği kullanımda bazı ciddi sınırlamalarının olmasıydı.

Çalışma ve kalibrasyonu için mutlaka bir teknisyene ihtiyaç gösteren nazik aletlerdi. Kulağa konulan bölüm bazen yanıklara neden olabilecek kadar ısı üretmesi nedeniyle rahatsızlık vericiydi ve oldukça büyüktü (8). 1964'de Shaw'un bulduğu kendi kendine kalibre olan kulak oksimetresini, 1970'de Hewlett-Packard piyasaya sunmuştur. Bu cihazlar sekiz dalga boyunu kendi kalibre edebilen kulak oksimetreleri olarak pazarlandı. Hewlett-Packard oksimetresi intraoperatif monitörlemede kabul edilebilirdi, ancak boyut ve alıcının yapısal uygunsuzluğu yanında çok pahalı olması göz ardı edilemezdi. HP oksimetresi pulmoner fonksiyon laboratuvarlarında standart bir araç haline geldiyse de, cerrahi salonlarda hemen hemen etkinliği yoktu (9). 1970'lerin ortalarında Takuo Aoyagi ilk pulse oksimetreyi ortaya çıkardı. Kulaktan ışığın geçirgenliğini kullanarak intravenöz boya maddesi verilerek oluşan eğrileri ölçmek amacıyla bir metod geliştirirken, Aoyagi fluktuasyonları kapsayan ışığı absorbe eden eğrilerin arteriyel nabız nedeniyle meydana geldiğini buldu. Bu yapının üzerinde çalışırken iki ışık dalga boylarındaki fluktuasyonların birbiri ile ilişkili amplitüdlerinin arteriyel hemoglobin satürasyonu ile oluştuğunu ortaya çıkardı. Bu tesadüfi buluş onun, Nihon Kohden şirketi tarafından pazarlanan ilk iki dalga boylu pulse oksimetreyi ortaya çıkarmasını sağladı. Aoyagi'nin oksimetresi filtre ışık kaynağı ve aletle kulaktaki alıcı arasında yer alan ve cerrahi salonlarda kullanılmasını önleyecek derecede uygunsuz hale getiren, fiberoptik iletken kablolar kullanmaktaydı (10).

Pulse oksimetrede bir sonraki hamle 1970'lerin sonlarında meydana geldi. Biox şirketinde görevli Scott Wilbur ışık yayan diodları ve alıcının kendi

Atatürk Eğitim ve Araştırma Hastanesi Kalp ve Damar Cerrahisi Kliniği, İzmir

Yazışma Adresi: Op.Dr.Ufuk YETKİN

1379 Sok. No:9, Burç Apt. D:13

35220, Alsancak/İZMİR

içine yerleştirilmiş fotodedektörleri kullanan ilk kulak alıcısını geliştirdi. Daha önceki kulak oksimetrelerindeki fiberoptik kablolar yerine ince elektrik kabloları yerleştirdi. Daha sonraki elektronik ilerlemeler Biox ve Nellcor tarafından 1980'lerin başlarında gerçekleştirildi ve artık standart bir cerrahi monitör olarak yerini almaya hazırıldı. 1980'lerin ortalarında Nellcor'un N-100 pulse oksimetreleri pazarlama başarısı çok fazla sayıda pulse oksimetrenin cerrahi salonlara sokulmasını sağladı. Bu alet günümüzde ucuz olduğu kadar güvenilir ve kullanımı kolaydır. Bu yüzden çok çabuk kabul görmüş ve hızlı bir şekilde 1987'de ameliyathane izleminde bir standart haline gelmiştir (11-14).

Pulse Oksimetrenin Fiziki ve Yapısal Prensipleri

Bu prensiplerin bilinmesi, ölçüm hatalarının ana nedeninin tespitinde kişiye yardımcı olacaktır. Pulse oksimetrenin doğruluğu, güvenilirliği, klinik uygulamaları ve kullanım sınırları da anlaşılacaktır.

Hemoglobin Satürasyonu ve O₂ Transportu:

Pulse oksimetre tamamıyla arteriyel hemoglobin saturasyonunun tespitinde noninvaziv bir ölçüm sağlar. Günümüzde hemoglobin saturasyonu ile ilgili tanımlama kullanılmaktadır. Eski bir tanımlama olan fonksiyonel saturasyon, oksihemoglobin ve deoksihemoglobin konsantrasyonlarına bağlıdır ve şu şekilde gösterilir:

$$SaO_2 = \frac{O_2Hb}{O_2Hb + RHb} \times 100\%$$

Erişkin kanında karboksihemoglobin (COHb) ve methemoglobini içeren diğer birçok hemoglobin tipleri bulunmaktadır. Bunlar fraksiyonel hemoglobin saturasyon veya oksihemoglobin (O₂Hb%) değerini etkilemektedir, bu değer oksihemoglobinin tüm hemoglobin tiplerinin konsantrasyonu oranına eşittir.

$$O_2Hb\% = \frac{O_2Hb}{O_2Hb + RHb + COHb + MetHb} \times 100$$

Fraksiyonel hemoglobin saturasyonu bazen oksihemoglobin fraksiyonu veya oksihemoglobinin yüzdesi olarak adlandırılır (15-17).

Fraksiyonel arteriyel hemoglobin saturasyonu arteriyel oksijen içeriğine bağlıdır (CaO₂) ve aşağıda gösterildiği gibi formüle edilebilir.

$$CaO_2 = [1,37 \times Hb \times (O_2Hb\% / 100)] + (0,003 \times PaO_2)$$

Buradaki Hb konsantrasyonu gr/dl ve arteriyel oksijen basıncı (PaO₂) mmHg cinsinden ele alınacaktır. Hemoglobine bağlı oksijen normal

koşullarda (Hb=15 gr/dl, O₂ Hb%=98) 100 ml kanda 20 ml oksijene eşdeğerdir. Plazmada çözülmüş O₂ miktarı oksijen transportunda önemli rol oynamaz. Arteriyel O₂ içeriği, total Hb ve fraksiyone saturasyonun ikisiyle de direkt orantılıdır. O₂Hb % ve PaO₂, oksihemoglobin dissosiyasyon eğrisi ile ilişkilidir. Erişkinde normal koşullarda 27 mmHg arteriyel O₂ basıncı altında HbO₂ saturasyonunun %50; 40 mmHg PO₂ altında %75 ve 60 mmHg PO₂ altında %90 olduğu gösterilmiştir (18, 19).

Normal dissosiyasyon eğrisi asidoz, hiperkarboksini, hipertermi ve 2,3-difosfogliserat miktarının azalması durumunda sağa kayar. Arteriyel O₂ basıncının 90 mmHg'yı aştığı değerlerde, HbO₂ saturasyonu arteriyel O₂ basıncına hemen hemen bağımsız hale gelir. Arteriyel kanla dokulara bırakılan O₂ miktarı, kabaca arteriyel O₂ içeriğinin ve kardiyak out-putun (C.O.) ürünüdür. (Bkz. Grafik 1)

$$O_2 \text{ del} = CaO_2 \times C.O. \times 10$$

$$O_2 \text{ del} = \text{Dokulara verilen } O_2$$

Bu denklemde 10 sabiti kullanılmaktadır. Nedeni arteriyel O₂ içeriğinin (CaO₂) ml /100 ml. ve kardiyak out-putun L/min. cinsinden ölçülmesidir. Dakikada tüketilen O₂ miktarı (VO₂) arteriyel kanla dokulara taşınan O₂ ile venöz kana dönen O₂ arasındaki farka eşittir (20,21).

$$VO_2 = O_{2del} - O_{2ret} = (CaO_2 - CV O_2) \times C.O. \times 10$$

Arteriyel O₂ miktarı (CaO₂) ve karışık venöz O₂ miktarı Fick kanunu olarak bilinen denklemde yer alan Hb saturasyonu değeri ile yer değiştirebilir.

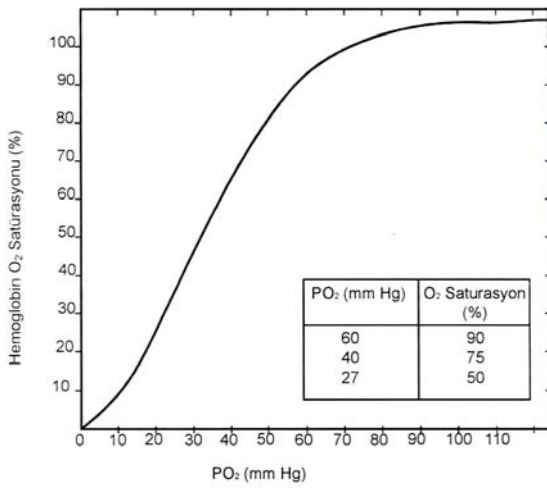
$$VO_2 = 13,7 \times C.O. \times [(O_2\%_a - O_2Hb\%)] / 100$$

a ve v değerleri arteriyel ve karışık venöz hemoglobin saturasyonunu ifade etmektedir. Plazma çözülmüş O₂ miktarı etkisinin az olması nedeniyle bu denklemde ihmal edilmiştir. Bu denklem O₂ tüketimi, arteriyel ve karışık venöz hemoglobin saturasyonu, total hemoglobin ve kardiyak debi arasındaki ilişkiyi açıkça göstermektedir.

Spektrofotometri solüsyon içerisindeki çeşitli solidlerin konsantrasyonlarını belirlemede ışık absorpsiyonunun ölçümünü mümkün kılmıştır (22-24). 1930'ların başlarında Matthes bu tekniği HbO₂ saturasyon tesbitinde kullandı (3). Ölçüm solid konsantrasyonlarının bir solüsyondan geçen ışık yoğunluğuna bağlı olduğunu savunan Lambert-Beer yasasına dayanılarak yapılmaktadır. $I_{trans} = I_{in} e^{-\alpha}$ $\alpha =$ Absorbans (emicilik) $\alpha = dC_s E$ d= Solüsyondan geçen ışık mesafesi $I_{trans} =$ Geçen ışığın yoğunluğu $C_s =$ Solid konsantrasyonu $I_{in} =$ Gelen ışık yoğunluğu E= Solid ekstinksiyon katsayısı.

Ekstinksiyon katsayısı E, bilinen solidin emilen ışığa olan eğilimini göstermektedir.

Laboratuvarda, invitro oksimetreler çeşitli hemoglobin türlerinin konsantrasyonlarını ölçmede, lizise uğramış kırmızı kan hücrelerinden oluşan hemoglobin süspansiyonu ile dolu küvetten geçen ışığın ölçümünü içeren bu tekniği kullanır. Klinikte bu şartların hepsinin yerine gelmesi çok zordur. Bu aletler teorik olarak Lambert-Beer yasasına dayanmaktadır. Ancak doğruluğunun artırılması tecrübeye dayanılarak bir takım düzeltmelerin yapılmasıyla mümkündür (25,26).



Grafik 1: Oksihemoglobin dissosiyasyon eğrisi. Hb saturasyonu ile mmHg cinsinden O₂ basıncı arasındaki ilişki gösterilmektedir. Erişkinde normal şartlarda, 27 mmHg arteriyel O₂ basıncı altında Hb saturasyonu %50'dir. Eğri asidoz; hiperkarbi; azalmış 2,3-difosfogliserat miktarı ve hipertermi durumlarında sağa kayar.

Mühendislik Prensipleri

Pulse Oksimetreler iki dalga boyunda pulsatile vasküler dokudan ışık geçirgenliğini ölçerek arteriyel hemoglobin konsantrasyonunu hesaplar. Pulse oksimetre; hemoglobin içeren parmak, kulak ve diğer dokuları kullanır. Ancak canlı dokular ışığı absorbe eden arteriyel hemoglobinin dışında yine aynı özelliğe sahip deri, yumuşak doku, kemik ve venöz kapiller kanı içerir.

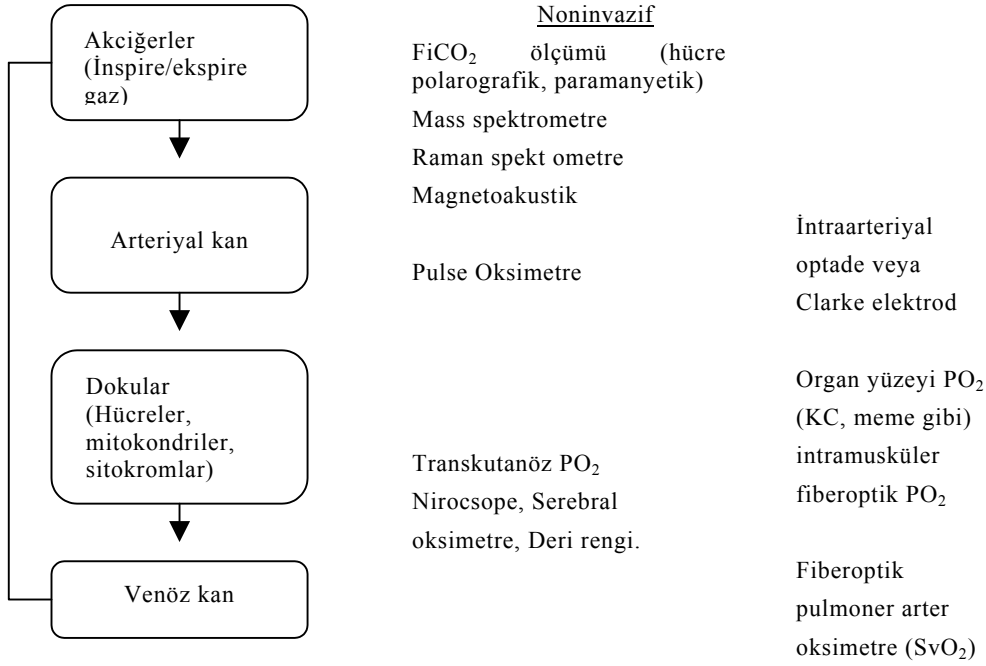
Milikanınki gibi ilk invivo oksimetreler tüm kanı elimine etmek için kalibrasyon siklusu boyunca yumuşak dokuları komprese ederek ek doku absorbansını kompanze etmiştir (6,7). Kansız doku absorbansı taban kabul edilmiştir. Bu pulse oksimetreler hiperemik hale getirmek için ölçüm boyunca dokuyu ısıtır ve böylece arteriyel kana daha bağımlı bir absorbans sağlar.

Pulse oksimetre arteriyel kanın ışık absorbansını dokularda bulunan diğer absorbe edicilerden ayırır (27). Dokulardaki ışık absorbansı sabit veya direkt akım, komponent ve pulzasyon yapan veya dalgalı akım-komponent olarak ayrılabilir. Absorbansın dalgalı akım komponenti hemen hemen yalnızca arteriyel kanın pulzasyonu sonucudur. Pulzasyonlar arteriolar yataktaki sistolik volüm genişlemelerinden kaynaklanır. Arteriolar yataktaki sistolik volümdeki genişlemeler optik yol uzunluğunda artış meydana getirir, böylece absorbans artar.

Teknik olarak en yeni pulse oksimetreler ışığın iki dalga boyunu kullanır: 660 nm (kırmızı) ve 940 nm (infrarede yakın). Pulse oksimetre ayrı ayrı iki dalga boyunda ışık absorbansının değişken komponentini ölçer ve sonra bunu sabit komponente böler. Her iki dalga boyunda alınan sonuç gelen ışığın yoğunluğuna bağımlı değildir. Oksimetre daha sonra iki pulse-added absorbansın oranını hesaplar.

$$R = \frac{AC_{660} / DC_{660}}{AC_{940} / DC_{940}}$$

Oksijenden yoksun hemoglobinlerin (dishemoglobin) absorbansında (COHb, MetHb) bu oranın (R) arteriyel hemoglobin saturasyonu ile yüksek derecede ilişkili olduğu Lambert-Beer yasasında gösterilebilir (25). SpO₂'nin ilişkili olduğu deneysel kalibrasyon eğrisi kullanılır. Bütün pulse oksimetrelerde kullanılan kalibrasyon eğrileri gönüllülerden toplanan deneysel verilere dayanmaktadır. Bu kalibrasyon pulse oksimetre hafızasında depolanır. Tüm bu anlatılanlardan anlaşılacağı gibi pulse oksimetre arteriyel kandaki oksijen saturasyonunu noninvaziv olarak ölçer ve oksimetre ile pletismografinin prensiplerinin birleşimi olan bir alettir. Işık kaynağı ve ışık dedektörü içeren bir alıcı parmak, ayak parmağı, kulak lobu ve perfüze olan, translüminasyon gösteren diğer dokulara yerleştirilir. Oksimetrenin tekniği; oksijenize ve redükte hemoglobin arasındaki kırmızı ve infrared ışığı absorbe etmek farkına dayanır (Lambert-Beer Yasası). Oksihemoglobin infrared ışığı (örneğin 990 nm) daha fazla absorbe ederken deoksihemoglobin kırmızı ışığı (660 nm) daha fazla absorbe eder ve bu mavi veya siyanotik olarak görülür. Arteriyel pulzasyon boyunca ışık absorpsiyonundaki değişiklikler oksimetre çalışmalarının temelini oluşturur. Arteriyel pulzasyondaki O₂ saturasyon değerini vermek için, kırmızı ve infrared dalga boylarındaki absorpsiyon oranı bir microprocessör aracılığıyla analize edilir.



Şekil 1: Oksijen transport sisteminin basamakları tanımlanmıştır. Burada pulse oksimetrenin arteriyal kandaki oksijen düzeyini gösterdiği görülmektedir. Solunan gazı monitorize eden aletler ancak akciğere bırakılan oksijen miktarını saptayabilmektedir. Fakat pulse oksimetre arteriyal kana oksijenin transportunda akciğerin etkinliğini göstermektedir.

Nonpulsatil venöz kan ve dokulardaki ışık absorpsiyonunu ayırdedebilmek için arteriyal pulzasyonlar pulse oksimetre ile belirlenir (28-30).

Klinik Uygulamalar

Oksijen satürasyonuna ek olarak pulse oksimetreler doku perfüzyonu ve kalp hızının ölçümü için bir endikasyon oluşturur (Bkz. Şekil 1). Pulse oksimetre çalışmaları için altın standart laboratuvar multi dalga boyu invitro looksimetredir (Instrumentation laboratory model IL 482 veya Radiometer Osm-3 gibi). Bu tip cihazlar fraksiyonel satürasyonun ölçümünde %1'lik bir belirsizliğe sahip çıkar (31).

Pulse oksimetre ameliyathanelerde bir standart haline gelmeden önce başka yerlerde de kullanılmıştır. Ameliyathanedeki uyandırma odasına götürülünceye kadar ek oksijen verilmeyen hastalarda pulse oksimetre ile alınan SpO₂ değerlerinde azalma görülmüş ve hastalara bu süre zarfında mutlaka oksijen takviyesi yapılması konusunda pulse oksimetre uyarıcı olmuştur. Aynı zamanda pediatrik hastaların uyandırma odasında sürekli pulse oksimetre ile takip edilmesini ve uyanıklık durumuna

bakılmaksızın bu hastalara oksijen takviyesi yapılmasını önermektedirler.

Tam fonksiyon gösteren bir pulse oksimetre hipoksemi konusunda bir uyarıcıdır. Oksihemoglobin dissosiasyon eğrisinden anlaşılacağı üzere satürasyonun anlamlı bir azalma göstermesi için PO₂'nin 90 mmHg'nin altına düşmesi gerekir.

Monitörlerin klinik uygulamalarda karşılaşılmış herhangi bir riski ve komplikasyonu konusunda tartışma söz konusu değildir. Pulse oksimetre ısı veya radyasyon yaymayan noninvaziv bir alettir (32). Pulse oksimetrede oluşabilecek risklerden biri, ciddi termal yanıkların ortaya çıkmasıdır (33,34).

Pulse oksimetre ile oluşabilecek risklerden diğeri de, alıcı üzerindeki disposable bantların doku iskemisine neden olmasıdır. Eğer bu alıcıların kullanımında tedbirli davranılır ve uzun ameliyatlarda dokunun şişeceği hatırd tutulursa, bu risk minimale indirilecektir. Parmak çevre sarılırsa bu turnike gibi fonksiyon görecektir, kan akımı azalacak ve periferik ödem ortaya çıkacaktır (35).

Kan gazı analizi tekniğinin gelişimine kadar pulse oksimetre, oksijen monitörizasyonunda en

fazla avantaja sahip bir tekniktir. Arteriyal oksijenizasyon hakkında sürekli real time ve noninvaziv bilgi sağlar (Resim 1). Noninvaziv bir teknik olduğu ve herhangi bir riskten tamamıyla uzak olduğu için, arteriyal hipoksemi riskinin olduğu her durumda kullanılmalıdır. Artık ameliyathanelerde bir standart haline gelmiştir. Hipoksi, anesteziye bağlı önlenebilir ölümlerin en başta gelen nedenidir. Bu yüzden ameliyat süresince pulse oksimetre kullanımı önemli bir sorumluluktur (36).



Resim 1. Pulse oksimetre aletinin ve yoğun bakım ünitemizde uygulanmış halinin standardize görünümü (Hewlett Packard 78338 A tipi) izlenmektedir.

Klinisyen, edinebileceği bir takım yararlı bilgilerle ölçüm hatalarının etkisini minimize edebilir. Örneğin duman inhale eden bir hastada kooksimetre ile mutlak karboksihemoglobin değerine bakılmalı, hastada tırnak cilası mevcutsa ortadan kaldırılmalı veya alıcı öyle bir yere yerleştirilmeli ki ışık yolunun cila içinden geçmesi önlenmelidir. Pulse oksimetre ile sürekli satürasyon monitörize etme tekniğinin hem fizyolojisinin, hem de fiziğinin bilinmesi hekimin görevini başarıyla yapmasında yardımcı olur (37,38).

Oksijen satürasyonunda %80'den daha az bir değere karşılık gelen 5 gr. desatüre hemoglobin varlığı klinikte siyanoz olarak kendini gösterir. Karboksihemoglobin ve oksihemoglobinin her ikisi de aynı şekilde 660 nm dalga boyundaki ışığı absorbe ettiği için ışığın iki dalga boyunu karşılaştıran pulse oksimetre, karbon monoksit zehirlenmesi olan bir hastada yanlışlıkla yüksek değerleri gösterir. Methemoglobin kırmızı ve infrared dalga boylarında aynı absorpsiyon katsayısına sahiptir. Birebir absorpsiyon oranı satürasyonda %85'lik bir değere karşılık gelir. Bu yüzden methemoglobin SO_2 'nin %85'den düşük olduğu durumda da yanlışlıkla yüksek okunmasına neden olur (39).

Ne yazık ki, özefajial entübasyon sırasında ortaya çıkabilecek katastrofik hipoksinin hızlı tanısında pulse oksimetrenin anlamlı bir değeri olmamasına rağmen vital organlara dağılan oksijenizasyonun monitörizasyonunu sağlar. Uyandırma odasında hipoventilasyon, bronkospazm ve atelektazi gibi post-op respiratuvar problemlerin tanınmasına yardımcı olur (40,41).

Pulse oksimetrenin teknolojik açıdan geliştirilmiş iki tipi; mixt venöz oksijen satürasyonu ve noninvaziv beyin oksimetresidir. Daha öncekiler pulmoner arteriyal oksijen satürasyonunu sürekli takip eden fiberoptik alıcılar içeren özel pulmoner arter kateteri varlığına ihtiyaç gösterirdi. Arteriyal O_2 satürasyon değeri; hemoglobin konsantrasyonu, kardiyak out-put, vücut oksijen tüketimindeki değişiklikler nedeniyle farklılıklar gösterir. Bu nedenle yorumu daha komplikedir. Teknikteki değişim internal juguler vene fiberoptik bir alıcının yerleştirilmesini içerir. Serebral oksijen dağılımının yeterliliğinin saptanmasında yararlı olan juguler ven oksijen satürasyonunun ölçümünü sağlar.

Noninvaziv beyin oksimetreleri beyindeki bölgesel hemoglobin oksijen satürasyonunu (rSO_2) monitörize eder. Alna yerleştirilen bir alıcı spesifik dalga boylarındaki ışığı yayar ve alıcıya geriye reflekte olan ışığı ölçer.

Ne yazık ki beyin oksimetreleri, arteriyal kan satürasyonuna ek olarak venöz ve kapiller kan oksijen satürasyonunu da ölçer. Bu yüzden oksijen satürasyonu, tüm reyonel mikrovasküler hemoglobin (ortalama %70) oksijen satürasyonunun ortalamasıdır. Kardiyak arrest, serebral embolizasyon, derin hipotermi veya ciddi hipoksi beyin hemoglobin oksijen satürasyonunda (rSO_2) anlamlı bir azalmaya neden olur (42,43).

Pulse oksimetreler zorunlu intraoperatif monitörlerdir. Daha önceden bir akciğer rahatsızlığının bulunması (örneğin bleomisin toksisitesi) ve cerrahi işlemin tipine (örneğin hiatal herni onarımı) bağlı veya özel anestezi yöntemlerinin gerekli olduğu (tek akciğer anestezi gibi) bazı durumlarda sık sık hastanın oksijenizasyonu ölçülmelidir. Bu olgularda pulse oksimetre özellikle çok kullanışlıdır (44).

Acil servislerde respiratuvar acillerin takibinde şu 6 nokta kesinlikle akılda tutulmalıdır: 1- Balgam sürüntüsünün gram boyaması, geniş spektrumlu antibiyotik kullanımını azaltabilir; 2- Portable pulse oksimetrenin rutin kullanımı arteriyal kan gazı testlerinin sayısını anlamlı bir şekilde azaltır ve periferik dolaşım hakkında hızlı, kolay ve ucuz bilgi verir; 3- Tansiyon pnömotoraks gibi kritik hastalarda akciğer filmi

beklenmeksizin tanı konmalı ve hemen tedaviye başlanmalı; 4- Oksijen konsantrasyonunu yükseltmek için bag-valvmask sistemi kullanılmalı; 5- Endotrakeal entübasyon sırasında meydana gelebilecek hipoksemiye önlemede pulse oksimetre yardımcı olabilir; 6- Özellikle ciddi astmatik atak gibi akut respiratuar yetersizliğin olduğu hastalarda, hastaneye getirilinceye kadarki dönemde yüksek oksijen konsantrasyonu sağlanmasının önemi ve pulse oksimetre ile izlenmesi iyi bilinmelidir (45).

İç kulağa oksijen transportunun özelliklerini anlamak için, kobaylarda farklı respiratuar koşullar altında arteriyel O₂ satürasyonu ile kohlear mikrosirkülasyon arasındaki ilişki araştırılmış. Arteriyel O₂ satürasyonunu monitörize etmek için arteriyel kan gazı analizi yerine pulse oksimetre kullanılmış. Farklı solunumsal koşullarda ayak tabanından pulse oksimetre ile arteriyel O₂ satürasyonu ölçüldüğünde, alınan değer kan gazı analizinden elde edilen sonuçlarla yakın bir korelasyon göstermiş. Kohlear mikrosirkülasyonun ölçümünde hayvan deneylerinde yapılan çalışmalarda pulse oksimetre respiratuar monitörlemede uygun bulunmuştur (46).

AV fistülün bulunduğu kol veya bacadaki hemodiyalize bağlandıktan kısa bir süre sonra ağrının ortaya çıktığı hastalar bildirilmiş. Lin ve ark. ağrının mutlak bir iskemiye bağlı olduğunu kabul etmişler ve AV fistülün bulunduğu ekstremitede O₂ satürasyonunun hemodiyaliz boyunca düşüp düşmediğini saptamak amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Hastalar pulse oksimetre ile değerlendirilmiş ve hemodiyaliz öncesi ile, başladıktan 20 dk. sonra oksijen satürasyonu ölçülmüş. Bazı hastalarda AV fistüllü koldaki SaO₂'nin (Oksijen konsantrasyonu) sadece hemodiyaliz boyunca azaldığı sonucuna varılmıştır.

Postoperatif transport derleme dönemi yoğun bakım ünitesi, acil servislerinde NMR ve BT çekimi sırasında ambulans veya helikopterle kritik hasta transportu, dişçilik-endoskopi ve minör cerrahide anestezi ekibinin bulunmadığı durumlarda sedasyon sırasında pulse oksimetre kullanılabilir (47).

Klinik testler sırasında oksijen tedavisi ve respiratuar manevraların oksijenasyon üzerine etkisinin saptanması amacıyla laboratuvarlarda kullanılır. Aneztezistlere entübasyon, ekstübasyon, aspirasyon, transport ve hava yolu cerrahisi sırasında ne kadar hızlı hipoksi oluşabileceğini göstermesi açısından eğitim amacıyla yararlı olmaktadır.

Bunların dışında ilk kez 1988 yılında palmar kollateral dolaşımın ölçülmesinde kullanımı

bildirilmiştir (9). Vegfors ve arkadaşları spinal anestezide sempatik blok sonrası oluşan vazodilatasyonun pulse amplitüdünde sebep olduğu değişikliği göstermişlerdir (2). Ortopedide kırık manüplasyonu veya anterior füzyon sırasında karotis arter kompresyonunun izlenmesinde kullanılmıştır (37). Son yıllarda mikrovasküler reimplantasyon monitörizasyonunda, transplant greft canlılığının değerlendirilmesinde, değişik pozisyonlarda elevasyona ya da hiperabduksiyona alınmış ekstremitelerde dolaşımın yeterliliğinin izlenmesinde kullanımı yaygınlaşmaktadır (35).

Pulse Oximetry in Clinical Practice

Abstract:

The main purpose for using pulse oximetry in surgical practice has been the monitoring of oxygenation since it was begun to be used in 1980s'. No other technique is more effective than technical pulse oximetry for displaying carried oxygen was in surgical practice. Before 1980s', it was not recognized in surgical halls, but then, it became needed standart in a rapid way. It does not require any special training for its usage. Its efficiency does not depend on the experience of user. It does not constitute any risk and it is not an invasive method. Pulse oximetry gives saturation of sudden and continous arterial hemoglobin. It warns doctors for hypoxemia brought about by many cases such as insufficiency of taken oxygen. Also, pulse oximetry is able to aid to determine the sufficiency of therapeutical interferences in an easy and cheap way for vascular surgery. It should be used in any case which arterial hypoxemia is present as it is an noninvasive technique and completely far from a risk.

Key words: Pulse oximetry, hypoxemia.

Kaynaklar

1. Severinghaus JW, Astrup P: The history of blood gas analysis: VI. The history of oximetry. J Clin Monit 2: 270-288, 1986.
2. Vegfors M, Tryggvason B., Sjöberg F: Assessment of peripheral blood flow using a pulse oximeter. J Clin Monit 6: 1-4, 1990.
3. Wukitsch MW, Tobler D, Pologe J: Pulse oximetry; an analysis of theory, technology and practice, J Clin Monit 4: 290-301, 1998.
4. Severinghaus JW, Kelleher JF: Recent developments in pulse oximetry, Anesthesiology 76: 1018-1038; 1992.
5. Stephen CR, Slater HM, Johnson AL: The oximeter: a technical aid for the anesthesiologist, Anesthesiology 12: 541-555, 1981.
6. Kagle DM, Alexander CM, Bekro RS: Evaluation of the Ohmeda 3700 pulse oximeter: steady-state

- and transient reponse characteristics, *Anesthesiology* 66: 376-380, 1987.
7. Narang VPS: Utility of the pulse oximeter during cardiopulmonary resuscitation, *Anesthesiology* 65: 239-240; 1986.
 8. Murphy GK, Segunda JA, Rockoff MA: Severe burns from a pulse oximeter, *Anesthesiology* 73: 350-352; 1990.
 9. Kelleher JF: Pulse oximeter. *J Clin Monit* 6: 1-4; 1990.
 10. Alexander CM, Teller LE, Gross JB: Principles of pulse oximetry: Theoretical practical considerations. *Anesth Analg* 68: 368-376, 1989.
 11. Nellcor N-200 pulse oximetry note number 6. C-LOCK ECG synchronization principles of operation. Calif, Nellcor: Hayward, 1988.
 12. Cecil WT., Thorpe KJ., Fibuch EE: A clinical evaluation of the accuracy of the Nellcor N-100 and the Ohmeda 3700 pulse oximeters, *J Clin Monit* 4: 31-36; 1988.
 13. Bland JM, Altman DG: Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement, *Lancet* 1: 307-310; 1986.
 14. Tremper KK, Barker SJ: Pulse oximetry, *Anesthesiology* 70: 98-108; 1990.
 15. Brown LJ: A new instrument for the simultaneous measurement of total hemoglobin, % oxyhemoglobin, % carboxyhemoglobin, % methemoglobin, and oxygen content in whole blood, *IEEE Trans Biomed Eng* 27: 132-138; 1980.
 16. Barker SJ, Tremper KK, Hyatt J: Effects of methemoglobinemia on pulse oximetry and mixed venous oximetry, *Anesthesiology* 70: 112-117; 1989.
 17. Scheller MS, Unger RJ, Kelner MJ: Effects of intravenously administered dyes on pulse oximetry readings, *Anesthesiology* 65: 550-552; 1986.
 18. Cote CJ, Goldstein EA, Fuchsman WH: The effect of nail polish on pulse oximetry, *Anesth Analg* 67: 683-686, 1988.
 19. Lawson D, Norley I, Korbon G: Blood for limits and pulse oximeter signal detection. *Anesthesiology* 67: 599-603, 1987.
 20. Morris RW, Buxchman A, Warren DL: The prevalence of hypoxemia detected by pulse oximetry during recovery from anesthesia, *J Clin Monit* 4: 16-20, 1988.
 21. Eichhorn JH, Cooper JB, Cullen DJ: Standards for patient monitoring during anesthesia at Harvard Medical School, *JAMA* 256: 1017-1020; 1986.
 22. Tremper KK, Hufstедler S, Barker SJ: Accuracy of a pulse oximeter in the critically ill adult: Effect of temperature and hemodynamics, *Anesthesiology* 63: A175, 1985.
 23. Kim JM, Arakawa K, Benson KT: Pulse oximetry and circulatory kinetics associated with pulse amplitude measured by photoelectric plethysmography, *Anesth Analg* 65: 1333-1339, 1986.
 24. Altman DG, Bland JM: Measurement in medicine: The analysis of method comparison studies, *The Statistician* 32: 307-317, 1983.
 25. Barker SJ, Hyatt J: Forehead reflectance pulse oximetry: time response to rapid saturation change. *Anesthesiology* 73(3A): A544, 1990.
 26. Severinghaus JW, Naifed KH, Koh SO: Errors in 14 pulse oximeters during profound hypoxia, *J Clin Monit* 5: 72-81, 1989.
 27. Tremper KK, Barker SJ: Pulse oximetry. *Anesthesiology* 70: 98, 1989.
 28. Graham B, Paulus DA, Caffee HH: Pulse oximetry for vascular monitoring in upper extremity replantation surgery, *J Hand Surg* 11A: 687-692, 1986.
 29. Skeehan TM, Hensley FA Jr: Axillary artery compression and the prone position, *Anesth Analg* 65: 518-519, 1986.
 30. Cornelissen PJH, Van Del WC, de Jong PA: Correction factor for hemoglobin derivatives in fetal blood as measured with the IL 282 CoOximeter. *Clin Chem* 29: 1555-1556, 1983.
 31. Severinghaus JW, Naifeh KH: Accuracy of response of six pulse oximeters to profound hypoxia, *Anesthesiology* 67: 551-558, 1987.
 32. Mihm FG, Halperin BD: Noninvasive detection of profound arterial desaturations using a pulse oximetry device, *Anesthesiology* 62: 85-87, 1985.
 33. Mok J, Pintan M, Benson L: Evaluation of noninvasive measurements of oxygenation in stable infants. *Crit Care Med* 14: 960-963, 1986.
 34. Boxer RA, Gottesfeld I, Singh S: Non-invasive pulse oximetry in children with cyanotic congenital heart disease. *Crit Care Med* 15: 1062-1064, 1987.
 35. Hovagim AR, Backus WW, Manecke G: Pulse oximetry and patient positioning: a report of eight cases. *Anesthesiology* 71: 454-456, 1989.
 36. Keenan RL, Boyan CP: Cardiac arrest due to anesthesia: a study of incidence and causes, *JAMA* 253: 2373-2377, 1985.
 37. Agel J., Levy IM: The use of a pulse oximeter for the monitoring of digital pulse during shoulder arthroscopy. *Arthroscopy* 4: 124-125, 1988.
 38. Nowak GS, Moorthy SS, McNicce WL: Use of pulse oximetry for assesment of collateral arterial flow, *Anesthesiology* 64: 527, 1986.
 39. Barker SJ, Le N, Hyatt J: Failure rates of transmission and reflectance pulse oximetry for various sensor sites, *J Clin Monit* 7: 102-103, 1991.
 40. Pullerits J, Burrows FA, Roy WL: Arterial desaturation in healthy children during transfer to the recovery room. *Can J Anaesth* 34: 470-473, 1987.
 41. Tyler IL, Tantisira B, Winter PM: Continuous monitoring of arterial oxygen saturation with

- pulse oximetry during transfer to the recovery room. *Anesth Analg* 64: 1108-1112, 1985.
42. Barrington KJ, Ryan CA, Finer NN: Pulse oximetry during hemorrhagic hypotension and cardiopulmonary resuscitation in the rabbit. *J Crit Care* 1: 242-246, 1986.
 43. Severinghaus JW, Spellman MJ Jr: Pulse oximeter failure thresholds in hypotension and vasoconstriction, *Anesthesiology* 73: 532-537, 1990.
 44. Chapman KR, Liu FLW, Watson RM: Range of accuracy of two-wavelength oximetry, *Chest* 4: 540-542, 1986.
 45. Taylor G, Larson CP Jr, Prestwich R: Unexpected cardiac arrest during anesthesia and surgery: an environmental study, *JAMA* 236: 2758-2760; 1976.
 46. Kawakami M, Makimoto K, Noi O, Takahashi H: feasibility of pulse oxymetry to measure arterial O₂ saturation in studies on cochlear blood circulation, *Acta-Otolaryngol-Stockh* 115(5): 908-16; 1991.
 47. Barker SJ, Tremper KK, Hyatt J: Comparison of three oxygen monitors in detecting endobronchial intubation, *J Clin Monit* 4: 240-243, 1998.