

**PODACI O AUTORU:** Dragana Milutinović<sup>1</sup>, Branimirka Arandelović<sup>2</sup>, Gordana Repić<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Univerzitet u Novom Sadu, Medicinski fakultet, Katedra za zdravstvenu negu

<sup>2</sup>Visoka tehnološka škola strukovnih studija – osek za zdravstvenu negu, Šabac

<sup>3</sup>Medicinska škola „7. april“, Novi Sad

## **PULSNA OKSIMetriJA – KLINIČKA PRIMENA I OGRANIČENJA** **PULSE OXIMETRY -THE CLINICAL APPLICATION AND LIMITATION**

### **SAŽETAK**

Pulsna oksimetrija je neinvazivni metod procene saturacije arterijske krvi kiseonikom kojom se rano može prepoznati hipoksemičan pacijent. Primenjuje se u različitim kliničkim okruženjima. U radu se analiziraju tehničke karakteristike, pravilna primena i ograničenja pulsno oksimetra, kao i aktuelni vodiči primene i njihova korisnost za medicinske sestre.

**Ključne reči:** pulsna oksimetrija, neinvazivni monitoring, hipoksemija, medicinske sestre

### **ABSTRACT**

Pulse oximetry is a non invasive tool for estimating arterial oxygen saturation and can detect patient suspected of hypoxemia early. It is used often and in a variety of settings. This article reviews the technology, proper use of the oximeter and its limitations and discusses current guidelines and their implications for nurses.

**Key words:** puls oximetry, noninvasive monitoring, hypoxemia, nurses

**Kontakt:** Dragana Milutinović, Univerzitet u Novom Sadu, Medicinski fakultet Novi Sad, Katedra za zdravstvenu negu, Hajduk Veljkova 3, Novi Sad E-mail: milutind021@gmail.com

Rano otkrivanje hipoksemije pre nastupanja znakova respiratornog distresa: tahikardije, tahiponeje, cijanoze, agitacije i letargije nije bilo moguće sve dok 80-tih godina prošlog veka tehnološka dostignuća, kao što uvođenje pulsne oksimetrije, nisu to omogućila. Puls oksimetrija puža pouzdanu i ranu detekciju desaturacije kiseonikom, u poređenju sa fizikalnim nalazom, obzirom da je cijanoza kože vidljiva tek kada je saturacija kiseonikom manja od 85% (1,2). Pulsna oksimetrija predstavlja neinvazivni, kontinuirani monitoring saturacije hemoglobina kiseonikom u arterijskoj krvi, koja se određuje sa svakim pulsom (SpO<sub>2</sub>) (3,4).

Puls oksimetri koji funkcionišu po principu različitog nivoa apsorpcije crvenih i infracrvenih talasa prvi put su konstruisani 1972. godine, ali je njihova primena komercijalizovana desetak godina kasnije, kada je prvi put uveden senzor za višekratnu upotrebu. Pulsna oksimetrija se inicijalno koristila tokom operativnih zahvata (kao deo standardne opreme u operacionim salama još od 1986.) u cilju prevencije akcidentalne smrti usled desaturacije kiseonika, a sada se primenjuje u skoro svim kliničkim okruženjima: od odeljenja urgentne medicine i jedinica intenzivne terapije, gde je inkorporirana u sistem multiparametarskog monitoringa sve do odeljenja opšte nege. Primenjuje se i u službama hitne pomoći, tokom transporta pacijenata u bolnicu, kao i u kućnim uslovima (1,4).

### **PRINCIP RADA PULSNOG OKSIMETRA**

Pulsni oksimetar je sonda sa svetlećim diodama (*light-emitting diodes –LEDs*) tzv. detektor sonda koja je preko kabela povezane sa oksimetrom. Princip rada pulsne oksimetrije tj. procene saturacije hemoglobina zasniva se na *Beer-Lambertovom* zakonu koji glasi: intenzitet propuštene svetlosti kroz medijum eksponencijalno opada sa porastom gustine i distance koju prolazi svetlost.

Nivo SpO<sub>2</sub> se određuje merenjem apsorpcije svetlosnih talasa koje se emituju iz dioda (crvenih – dužine 660 nm i infracrvenih – dužine 940 nm) i koje prolaze kroz deo tela na kojem je dobra perfuzija arterijskom krvlju (kažiprst, palac na nozi, ušna školjka, koren nosa, čelo), pomoću fotodetektora, koji se nalazi tačno nasuprot dioda. Poređenjem količine apsorbovane infracrvene i crvene svetlosti, procenjuje se odnos oksihemoglobina i deoksihemoglobina u krvi pacijenta, te se dobija procenat saturacije arterijske krvi hemoglobinom, koji se emituje na ekranu aparata. Oksihemoglobin je

transparentniji za crvenu svetlost, te apsorbuje više infracrvenu svetlost nego deoksihemoglobin. Fotodetektor meri količinu transmitovane svetlosti koja prolazi kroz vaskularizovano područje i detektuje količinu svetla koja je apsorbirana u arterijskoj krvi te potom tačno izračunava saturaciju hemoglobina kiseonikom ( $SpO_2$ ), bez uticaja venske krvi, kože, vezivnog tkiva ili kosti. Vrednost  $SpO_2$  se prikazuje na displeju aparata i ona predstavlja realnu procenu  $SpO_2$ , te je izvesno da pulsna oksimetrija osim što je jednostavna i bezbolna metoda za pacijenta jer redukuje neophodnost uzimanja krvi, smanjuje i mogućnost kontakta medicinske sestre sa telesnim tečnostima pacijenta (2,5).

Puls oksimetar sonda mora biti postavljena na mestu dobre vaskularizacije jer vezivno tkivo, venska krv i kosti apsorbiraju svetlost na konstantnom nivou, a apsorpcija kroz arterijsku krv blago fluktuiraju sa pulsним udarom (u trenutku kontrakcije srca je maksimalni volumen oksigenisane krvi). Pulsni oksimetar je kalibrisan od strane proizvođača. Oksimetar sonde mogu biti za jednokratnu i višekratnu upotrebu, sa različitim metodama fiksiranja. Uopšte oksimetar sonde za jednokratnu upotrebu su lepljive i koriste se kad postoji rizik od unakrsne infekcije, kada se  $SpO_2$  kontinuirano monitoriše više od 10 minuta ili kada je pacijent aktivan. Sonde za višekratnu upotrebu trebalo bi koristiti za kratkotrajno merenje (kraće od 10 minuta) i kod pacijenata koji su nepokretni (6).

Normalne vrednosti  $SpO_2$  kod zdravih odraslih osoba iznose od 97% do 99% na sobnom vazduhu. Većina eksperata se slaže da je  $SpO_2$  ispod 95% „klinički prihvatljivo“ kod osoba sa normalnim vrednostima hemoglobina. Vrednost  $SpO_2$  od 90% smatra se „crvenom zastavicom“, a sve ispod ukazuje na hipoksemiju. Značajno je naglasiti da saturacija kiseonika u arterijskoj krvi ( $SpO_2$ ) nije isto što i pritisak kiseonika, poznat kao parcijalni pritisak kiseonika ( $PaO_2$ ).  $SpO_2$  je pokazatelj arterijske oksigenacije, dok je  $PaO_2$  pokazatelj tkivne oksigenacije. Zbog toga postoji uobičajena konfuzija oko termina hipoksemija i hipoksija koji se često smatraju sinonimima, a oni to nisu. Hipoksemija je termin za subnormalnu oksigenaciju arterijske krvi, a hipoksija je termin koji definiše subnormalnu oksigenaciju tkiva.  $PaO_2$  se ne može izmeriti pulsnom oksimetrijom, i njegova procena je neophodna u cilju kompletne evaluacije statusa oksigenacije pacijenta. Međutim, nivo  $SpO_2$  pri normalnom metaboličkom statusu, je u korelaciji sa vrednostima  $PaO_2$ . Na primer, nivo  $SpO_2$  od 95% je u korelaciji sa vrednostima  $PaO_2$  od 80 do 100 mmHg (od 11 do 13 kPa), a nivo  $SpO_2$  od 90% ili ispod je u korelaciji sa vrednostima  $PaO_2$  ispod 60 mmHg (8 kPa) (5,7).

#### **INDIKACIJE ZA PRIMENU PULS OKSIMETRIJE**

Pulsna oksimetrija se, prema preporukama Udruženja za intenzivnu nege (*The Society for Critical Care Medicine – SCCM*), može koristiti za kontinuirani i intermitentni monitoring. Kontinuirani monitoring se preporučuje:

- kod svih kritično obolelih i povredjenih pacijenata i pacijenata sa nestabilnom plućnom funkcijom,
- tokom i neposredno posle operativnog zahvata (male intervencije koje su izvedene sa minimalnom sedacijom ne moraju uvek imati kontinuirani monitoring)
- kada pacijent prima sedaciju zbog dijagnostičke procedure kao što je bronhoskopija, endoskopija gornjih ili donjih partija digestivnog trakta, kateterizacija srca, biopsija jetre ili bubrega,
- kod pacijenata sa obstruktivnim apnea sindromom ili ekstremno gojaznih pacijenata,
- kod pacijenata sa akutnim bolom koji se tretira analgeticima koji mogu izazvati respiratornu depresiju,
- kod pacijenata sa rizikom od desaturacije,
- tokom intra i interbolničkog premeštaja pacijenta,
- tokom hemodijalize.

Pulsna oksimetrija trebalo bi se koristiti kada je pacijent:

- na oksigenoterapiji,
- treacheostomisan i na dugotrajnoj mehaničkoj ventilaciji (učestalost merenja zavisi od kliničkog stanja pacijenta) (6).

#### **KONTRAINDIKACIJE ZA PRIMENU PULS OKSIMETRIJE**

Monitoring pulsnom oksimetrijom ne bi se trebao koristiti tokom kardiopulmonarne reanimacije, kada je pacijent hipovolemičan, za procenu adekvatnosti ventilatorne potpore ili detekcije pogoršanja plućne funkcije kod pacijenata na oksigenoterapiji visokim koncentracijama kiseonika. Sva ova stanja zahtevaju gasne analize krvi ili druga laboratorijska testiranja za dijagnostiku i praćenje (6).

#### **PRAVILNO KORIŠĆENJE PULS OKSIMETRA**

Kod postavljanja detektor sonde puls oksimetra važno je odabrati deo tela na kojem je zadovoljavajuća perfuzija (prst na ruci ili nozi, nos, ušna školjka ili čelo) i nakon toga odabrati sondu koja je adekvatna za starost pacijenta, njegovu telesnu masu, predviđeno trajanje monitoringa, nivo njegove aktivnosti i eventualne tkivne infekcije. Sondu ne bi trebalo postavljati na edematozno tkivo ili na ekstremitet na kojem je već postavljen aparat za neinvazivni monitoring krvnog pritiska, zbog interferencije signala.

Detektor sonda se postavlja na čistu i suhu kožu, tako da fotodetektor i dioda koja emituje svetlost budu postavljene na odgovarajući način. Sonda ne sme da vrši pritisak, da otežani krvotok ne bi dovedo do produkcije netačnih rezultata. Preporuka je da se, ukoliko se za mesto postavljanja detektor sonde odaberu prsti na ruci, uvek pre izabere domali prst nego kažiprst, zato što se on manje intenzivno pokreta. Da bi se neutralisalo ambijentalno osvetljenje koje utiče na tačnost očitavanja pulsnog oksimetra, preko ruke se stavi peškir, ukoliko je detektor sonda postavljena na prst.

Medicinska sestra je dužna da proveru sve priključke na aparatu, kao i da uoči da li radijalni ili apikalni puls koreliraju sa brojem srčanih otkucaja koji se prikazuju na monitoru puls oksimetra, zato što pojedina stanja, kao što su poremećaji srčanog ritma, mogu smanjiti tačnost mernih rezultata puls oksimetrije.

Očitavanje vrednosti  $SpO_2$  na digitalnom displeju vrši se kada vrednost bude konstatna, obično nakon 10 do 30 sekundi. Obaveza medicinske sestre je i da prati stanje cirkulacije distalno od postavljene sonde, ali i da proverava njegovo eventualno pomeranje ili spadanje, kao i stanje kože na kojoj se nalazi (5).

## MOGUĆI UZROCI POGREŠNIH REZULTATA MERENJA

Uprkos dobrim stranama puls oksimetrije, medicinske sestre moraju biti upoznate i sa njegovim ograničenjima u kliničkoj praksi, kako bi se izbegli neželjeni događaji. Važno je znati da saturacija kiseonikom izmerena puls oksimetrijom predstavlja aproksimativnu meru dobijenu primenom algoritama, te stoga, ove vrednosti nisu precizne kao gasna analiza arterijske krvi. Artefakti usled pokreta su najčešći uzrok pogrešnih merenja. Ovaj podatak je naročito važan u slučajevima kada pacijent ima groznicu i drhtavicu, epileptične napade ili hiperkinetski poremećaj, jer su to stanja koja umanjuju sposobnost oksimetar senzora da pouzdano detektuje količinu apsorbovane svetlosti. Neadekvatno postavljen senzor (suviše utegnut ili labav), kao i venske pulzacije udružene sa trikuspidalnom regurgitacijom mogu izazvati artefakte usled pokreta. Zbog toga se danas proizvode oksimetri tolerantni na pokrete (8,9).

Pored ograničenja koje ima sam aparat, utvrđeno je i da mnoga klinička stanja utiču na pogrešne rezultate merenja. Povišen nivo karboksihemoglobina – stabilni kompleks ugljenmonoksida i hemoglobina (kod pušača ili trovanja ugljen monoksidom) ili methemoglobina - gvožđe u hemoglobinu oksidiše (izloženost solima azotne kiseline ili topikalnim anestheticima) ne omogućava tačno merenje saturacije kiseonikom. Određene boje koje se koriste u dijagnostičkom imidžingu, uključujući metilensko plavo, indocijan zeleno ili indigo creveno, takođe povećavaju nivo methemoglobina za 20 minuta nakon injekcije. Stanja u kojima je prisutna loša perfuzija, uključujući hipotenziju, vazokonstrikciju i hipotermiju, ometaju rad senzora puls oksimetra. Stoga su nalazi puls oksimetrije kod pacijenata sa sepsom, u šoku ili sa perifernom vaskularnom bolešću nepouzdati. Srčana aritmija takođe može da dovede do lošeg kvaliteta signala. Pogrešni rezultati merenja se mogu uočiti i za vreme vazookluzivne krize kod pacijenata sa anemijom srpastih ćelija.

Postoje podaci (premda kontraverzni) koji ukazuju i da anemija uzrokuje neadekvatnu interpretaciju vrednosti SpO<sub>2</sub>, naime visoke vrednosti saturacije kiseonikom nisu praćene normalnim transportom kiseonika kod pacijenata sa teškim oblicima anemije. Na kraju, većina puls oksimetara ne daje tačne rezultate kada nivo saturacije kiseonikom padne na vrednosti ispod 70%.

Specifične okolnosti, kao što su lakirani nokti, pigmentacija kože i određena vrsta osvetljenja u bolesničkoj sobi, takođe mogu uticati na očitavanje rezultata merenja (10,11).

Tehnička ograničenja uključuju tzv. *response delay* (vremensko kašnjenje). Ovo vremensko kašnjenje je posledica trajanja izračunavanja vrednosti u kompjuterskoj jedinici monitora i kreće se od 8 do 90 sekundi u zavisnosti od tipa pulsno oksimetra, mesta postavljanja senzora i stanja perfuzije. Ukoliko je senzor postavljen na centralnom polju, na primer, ušnoj školjki, za detekciju hipoksemije dovoljno je do 10 sekundi, dok to vreme, ukoliko je senzor na jagodici prsta, iznosi 30–60 sekundi, a na palcu noge 90 sekundi. Da dužinu izračunavanja takođe može uticati blaga hipotermija i primena vazoaktivnih lekova (6).

## ZAKLJUČAK

Jednostavnost pri upotrebi, brza procena oksigenacije pacijenta, bez analize krvi, odnosno narušavanja integriteta kože i dodira sa telesnim tečnostima, doprineli su da pulsna oksimetrija bude brzo prihvaćena u kliničkoj praksi. Iako se merenje saturacije kiseonika pacijenta pulsnom oksimetrijom čini prilično jednostavnom procedurom, tačna interpretacija rezultata je značajno komplikovanija. S toga, da bi se izbegle greške u očitavanju vrednosti SpO<sub>2</sub> i unapredila bezbednost pacijenata, neophodno je poznavanje krive disocijacije oksihemoglobina, osnovnih principa funkcionisanja pulsno oksimetra i njegovih tehničkih karakteristika, kao i faktora koji mogu uticati na dobijene vrednosti. Kako se kroz iskustvo se ne može nadoknaditi defeciti znanja neophodan je dobar menadžment kontinuiranom medicinskom edukacijom (12).

## LITERATURA – REFERENCE

1. Giuliano KK, Liu LM. Knowledge of pulse oximetry among critical care nurses. *Dimens Crit Care Nurs*. 2006; 25(1):44–9.
2. Casey G. Pulse oximetry – what are we really measuring? *Nurs N Z*. 2011; 17(3):24–9.
3. Hernandez L. Pulse oximetry monitoring: clinical implications. *Connect World Crit Care Nurs*. 2001;1(2):59–60.
4. Howell M. Pulse oximetry: an audit of nursing and medical staff understanding. *Br J Nurs*. 2002;11(3):191–7.
5. Booker R. Pulse oximetry. *Nurs Stand*, 2008; 30:39–41.
6. Valdez-Lowe C, Ghareeb SA, Artinian NT. Pulse oximetry in adults. *Am J Nurs*. 2009;109(6):52–9.
7. DeMeulenaere S. Pulse oximetry: uses and limitations. *J Nurs Pract*. 2007; 3(5):312–7.
8. Schulz NJ. Understanding pulse oximetry: a guide for medical assistants. *J Contin Educ Top Issues*. 2007;9(2):62–5.
9. Kiekkas P, Alimoutsi A, Tseko F, Bakalis N, Stefanopoulos N, Fotis T, Konstantinou E. Knowledge of pulse oximetry: comparison among intensive care, anesthesiology and emergency nurses. *J Clin Nurs*. 2013;22(5-6):828–37.
10. Mininni NC, Marino ML, Kohler W, Stephan MJ. Pulse oximetry: an essential tool for the busy med-surg nurse. *Am Nurs Today*. 2009; 4(9):31–3.
11. Rajkumar A, Karmarkar A, Knott J. Pulse oximetry: an overview. *J PerioperPract*. 2006;16(10):502–4.
12. Dragošev G. Menadžment kontinuirane medicinske edukacije - most do izuzetnosti medicinske sestre jedinice intenzivnog lečenja. *Inspirium*. 2014; (10):23–7.