

# KLINIČKA USPOREDBA INVOS OKSIMETRIJE I ARTERIJSKE RAZINE LAKTATA KAO PREDIKTORA PERIFERNE PERFUZIJE I REPERFUZIJE KOD BOLESNIKA U VASKULARNOJ KIRURGIJI

TINA TOMIĆ MAHEČIĆ, DORA KARMELIĆ, KATARINA LOJNA i IVA TUCIĆ

*Klinički bolnički centar Zagreb, Klinika za anesteziologiju i intenzivno liječenje, Zagreb, Hrvatska*

**Cilj** ovog probnog projekta je evaluacija primjene INVOS oksimetrije za optimalizaciju anesteziološkog postupka kod operacija reperfuzije donjih ekstremiteta u bolesnika s perifernom arterijskom bolešću (PAB). **Ispitanici:** U probnom projektu evaluirana su 4 bolesnika s kritičnom ishemijom donjih ekstremiteta. Uz elektrodu za indikaciju cerebralne perfuzije (crSO<sub>2</sub>), drugu INVOS elektrodu za indikaciju periferne perfuzije, postavili smo distalno od vaskularne kleme (prSO<sub>2</sub>). Dobivene podatke smo koristili kao prediktore periferne perfuzije i nužnosti intervencije, a podatke smo usporedili s koncentracijom laktata arterijske krvi. **Rezultati:** Početne prosječne crSO<sub>2</sub> vrijednosti bile su 62,25 %, a prSO<sub>2</sub> 53,5 %. Prosječno trajanje arterijske okluzije bilo je 61 min. Pacijenti su primili u prosjeku 1275 mL kristaloida i 500 mL koloida. Najviše izmjerene vrijednosti laktata arterijske krvi bile su 0,7 mmol/L. Postoperacijski crSO<sub>2</sub> iznosio je prosječno 73 %, a prSO<sub>2</sub> 69,75 %. Prosječna hospitalizacija trajala je 19,25 dana, s 30-dnevnim preživljavanjem od 100 %, bez potrebe reoperacije ili amputacije. **Rasprava:** Pretragom dostupne literature nismo pronašli sličnih kliničkih iskustava primjene optičke spektrometrije kao metode mjerenja intraoperacijske perfuzije ishemičnog ekstremiteta. Koristeći INVOS za poboljšanje perfuzije periferije koristili smo minimalnu vazoaktivnu potporu i restriktivnu bolusnu primjenu intravenskih tekućina uz zadovoljavajući klinički ishod.

**Ključne riječi:** periferna arterijska bolest, INVOS, monitoring, razina laktata

**Adresa za dopisivanje:** Tina Tomić Mahečić, dr. med.  
Klinika za anesteziologiju i intenzivno liječenje  
Klinički bolnički centar Zagreb  
Kišpatićeva 12  
10 000 Zagreb, Hrvatska  
Tel: 00 385 98 457189;  
E-pošta: tinatin@net.hr

## UVOD

Bolesnici za anesteziološki postupak u vaskularnoj kirurgiji najčešće zahtijevaju prošireni intraoperacijski monitoring. Anesteziolog koji skrbi za pacijente s perifernom arterijskom bolešću (PAB) ima ključnu ulogu u minimaliziranju rizika u perioperacijskom razdoblju (1,2), te je nužno individualizirati kako anesteziološki postupak tako i vrstu monitoringa za pojedine bolesnike. INVOS™ Cerebral/Somatic Oximeter je neinvazivni način mjerenja regionalne saturacije kisikom na kapilarnoj razini (rSO<sub>2</sub>) za detekciju adekvatnosti tkivne perfuzije ciljnog mjesta. Rutinska primjena INVOS metode podrazumijeva postavljanje

elektrode na čelo pacijenta zbog određivanja cerebralne saturacije O<sub>2</sub> (3). Pretragom dostupne literature nismo ustanovili da se INVOS elektrode koriste za određivanje perfuzije distalno od vaskularne kleme za intervencije tijekom anesteziološkog postupka.

## CILJ RADA

U ovoj probnoj studiji prezentirat ćemo 4 pacijenta, kod kojih smo, uz elektrodu za indikaciju cerebralne perfuzije, drugu INVOS elektrodu postavili na operirani ekstremitet (distalno od vaskularne kleme) te

usporedili vrijednosti tkivne saturacije kisikom s najvećom izmjerenom koncentracijom laktata u arterijskoj krvi kao prediktorima periferne perfuzije i kao prediktorima potrebne intervencije.

Cilj anesteziološkog postupka bio je minimalizirati oscilacije  $rSO_2$  na periferiji uz korištenje minimalnih količina intravenskih tekućina, te minimalnih potrebnih doza noradrenalina kako bi se održavala zadovoljavajuća perfuzija kroz kolateralne krvne žile.

## METODE RADA

Senzori INVOS™ sustava koriste se INVOS™ (In-Vivo optičkom spektroskopijom) oksimetrom kako bi se neinvazivno pratila adekvatnost perfuzije u mozgu ili tjelesnom tkivu neposredno ispod senzora. Somatska elektroda se preporuča postaviti na tipične lokacije koje uključuju brahioradijalni mišić, gastroknemijus, biceps, pektoralis major, kvadriceps ili latissimus dorsi. Mi smo pokušali verificirati tkivne promjene distalno od postavljene klemme na arteriji, te smo somatsku elektrodu postavili na dorzum stopala. Kako dioda senzora otpušta svjetlo valnih duljina blizu infracrvenog svjetla (730 i 810 nm), ono prolazi kroz skalp i koštano tkivo ispod senzora. Dio svjetla se apsorbira a dio reflektira do dva detektora (proksimalni i distalni) na senzoru, omogućavajući odvojenu obradu plitkih i dubokih signala. Podatci iz skalpa i površinskih tkiva se oduzimaju i zanemaruju, te se mjeri samo  $rSO_2$  u dubljim tkivima. Isti je koncept i kod somatskog nadzora.

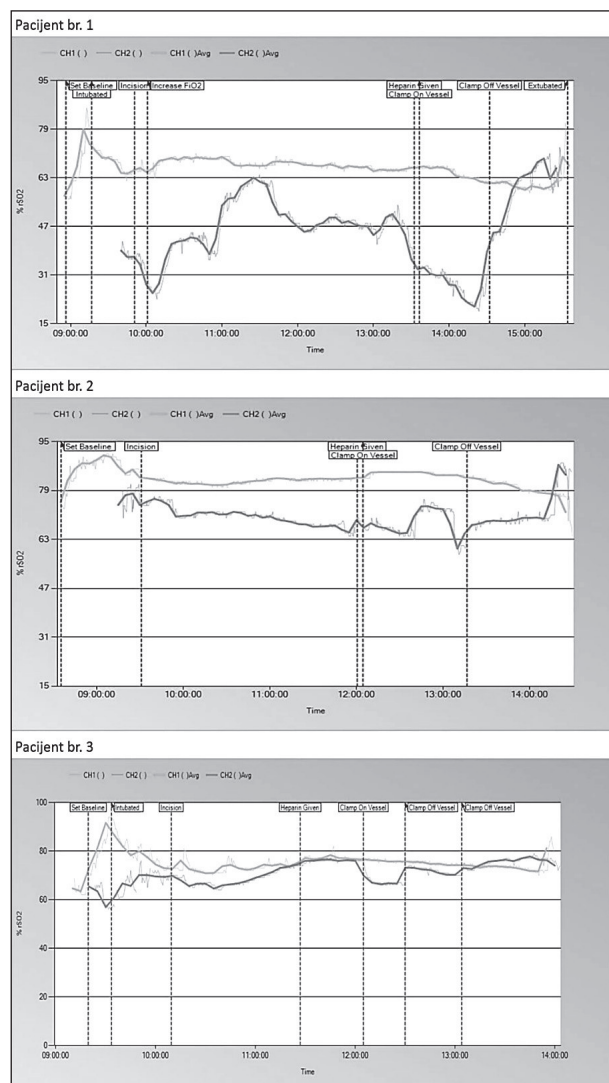
Očitavaju se oksid i deoksihemoglobin u venskom i arterijskom sustavu u omjeru 75:25. To rezultira osjetljivim, u stvarnom vremenu, mjerenjem venskog rezervoara kisika koji je preostao nakon ekstrakcije u tkivima. Podatci se dobivaju u stvarnom vremenu, kako o regionalnoj zasićenosti kisikom ( $rSO_2$ ), tako i specifičnim ishemijskim komplikacijama, čak i kada su sistemski parametri (tlak) ili laboratorijski testovi (laktati) unutar normalnih granica, što nam je važno za rano otkrivanje pogoršanja, ranu intervenciju te manje komplikacija za bolesnike i bolji ishod liječenja (3). Ključno je prepoznati pravo vrijeme za intervenciju.

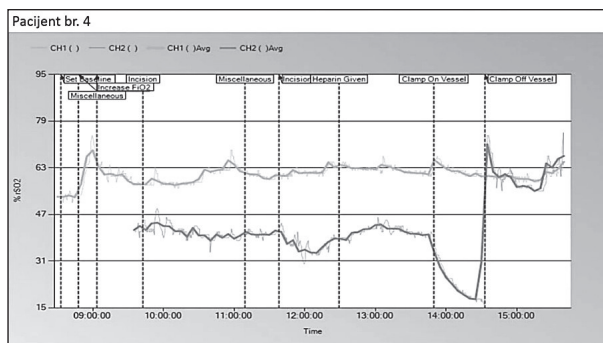
Objavljeni podatci za odrasle pokazali su da su vrijednosti  $rSO_2$  od 50 ili smanjenje za 20 posto od polazne vrijednosti, uzrok za zabrinutost i intervenciju, a  $rSO_2$  od 40 ili smanjenje za 25 posto povezane s neurološkom disfunkcijom i drugim nepovoljnim ishodima (4-10). Obradili smo 4 pacijenta, od kojih su 3 muškarci, prosječne dobi od 71 godine, ASA statusa III-IV. Pacijenti su operirani u općoj anesteziji, tehnikom *Target Controlled Infusion* (TCI) korištenjem propofola i remifentanila; relaksirani su i mehanički ventilirani preko postavljenog endotrahejskog tubusa.

Monitoring za operaciju podrazumijevao je praćenje vrijednosti periferne saturacije kisikom, ekspiratorni  $CO_2$ , invazivno mjerenje arterijskog krvnog tlaka, 5-kanalni EKG, mjerenje tjelesne temperature, praćenje bispektralnog indeksa (BIS), praćenje diureze te dvije INVOS elektrode – jedna postavljena klasično na čelo pacijenta, a druga na dorzum stopala operiranog ekstremiteta (iznad arterije dorsalis pedis).

Odmah nakon postavljanja cerebralne elektrode, prije indukcije u anesteziju, određena je početna - bazična vrijednost  $crSO_2$  mozga. Prigodom pranja operacijskog polja kirurzi sterilnom tehnikom postavljaju INVOS elektrodu na stopalo pacijenta te se određuje početna somatska vrijednost  $prSO_2$ .

Tijekom zahvata vidi se karakteristična dinamika  $prSO_2$  na INVOS monitoru: nagli pad saturacije periferije tijekom trajanja ishemije zbog klemme na arteriji te rapidni porast  $prSO_2$  nakon skidanja klemme na suprabazalne vrijednosti, te brza stabilizacija  $prSO_2$  na početne ili više vrijednosti (sl. 1).





Sl. 1. Grafovi pokazuju primjer tipičnih intraoperacijskih vrijednosti  $rSO_2$  na INVOS monitoru. Tanka plava krivulja pokazuje vrijednosti  $prSO_2$ , a žuta linija  $crSO_2$ . Deblje krivulje pokazuju prosječne vrijednosti u 5-minutnim intervalima. Ključni događaji tijekom operacije označeni su iscrtanim okomitim linijama.

Osobita je pozornost usmjerena i na održavanje normoglikemije.

Hipoperfuzija tkiva tijekom vaskularne klemme dovodi do nakupljanja vazoaktivnih metabolita i produkata anaerobnog metabolizma (laktata). Višekratno su mjerene vrijednosti laktata u arterijskoj krvi, poglavito u razdoblju reperfuzije te je evidentirana njihova najveća intraoperacijska vrijednost. Tijekom operacija bolusno su primjenjivane tekućine, koloidne odnosno kristaloidne otopine, uz vazoaktivnu potporu noradrenalinom za održavanje adekvatnih vrijednosti krvnog tlaka sa ciljem optimalne perfuzije ugroženog ekstremiteta kolateralnim krvnim žilama za vrijeme trajanja ishemije.

## REZULTATI

Tijekom zahvata nakon mjerenja somatske oksimetrije ordinirali smo minimalne doze vazopresora - noradrenalina do maksimalno 0.02 mcg/kg/min, te bolusno primjenjivali tekućinu, kristaloide odnosno koloide u dozi od 200 odnosno 250 mL. U perioperacijskom razdoblju pratili smo intraoperacijski korištenje vazoaktivnih lijekova, nadoknade intravenskih tekućina, najviše razine laktata i glikemiju.

Kasni ishodi podrazumijevaju potrebu za reoperacijom ili amputacijom, trajanje smještaja u jedinici intenzivnog liječenja, trajanje ukupne postoperativne hospitalizacije te 30-dnevno preživljenje.

Početne prosječne INVOS vrijednosti cerebralne perfuzije bile su 62,25 %, a periferije 53,5 %. Tijekom operacija koje su trajale u prosjeku 5:27 h, arterija je okludirana u prosjeku 61 min. Pacijenti su primili u prosjeku 1275 mL kristaloida i 500 mL koloida. Najviše izmjerene vrijednosti laktata bile su 0,7 mmol/L u svih bolesnika.

INVOS  $rSO_2$  nakon završetka operacije iznosio je na cerebralnoj elektrodi prosječno 73 %, a na perifernoj 69,75 %. Nakon operacije 3 od 4 pacijenta boravila su po 24 h u jedinici intenzivnog liječenja, dok je 1 pacijent otpušten direktno na odjel. Trajanje hospitalizacije bilo je u prosjeku 19,25 dana (medijan 15 dana). 30-dnevno preživljenje u ispitivanoj je populaciji bilo 100 %. Jedan je pacijent nakon 49 dana podvrgnut amputaciji nožnog prsta, a osim toga ni kod jednog pacijenta nije bila potrebna reoperacija ili amputacija te su prenosnice zadovoljavajuće funkcionirale. Kod tog bolesnika su bazične vrijednosti cerebralne i somatske oksimetrije pokazivale najveću razliku (57 vs. 41; sl. 1, pacijent 1), što bi moglo imati prediktivnu vrijednost.

## RASPRAVA

Pacijenti s perifernom arterijskom bolesti (PAB) su često starije životne dobi i imaju brojne pridružene komorbiditete, a i ograničena im je funkcionalna rezerva organizma. Pacijenti koji se podvrgavaju operaciji revaskularizacije donjih ekstremiteta imaju visoku incidenciju perioperacijskih komplikacija i postoperacijske smrtnosti – *American College of Cardiology* (ACC) i *American Heart Association* (AHA) klasificirali su periferne vaskularne operacije kao visokorizične, sa zajedničkom incidencijom srčane smrti i ne-fatalnog infarkta miokarda u perioperacijskom razdoblju većom od 5 % (12). Taj perioperacijski rizik uglavnom je povezan uz postojanje i težinu srčanih komorbiditeta, čemu doprinose i uznapredovala dob te ostale postojeće kronične bolesti.

U operacijama revaskularizacije na infra-ingvinalnoj razini nema razlike u mortalitetu, ili u incidenciji perioperacijskog infarkta miokarda, ni stope amputacija među pacijentima podvrgnutima općoj i neuroaksijalnoj anesteziji (11).

Restriktivni pristup u nadoknadi tekućina, primjena anestetika i vazoaktivnih lijekova i individualizacija terapije, optimiziraju konačni ishod, što u operaciji periferne vaskularne bolesti i kritične ishemije ekstremiteta podrazumijeva revaskularizaciju ugroženog ekstremiteta s minimalno postoperacijskih komplikacija i što kraću hospitalizaciju (13).

Kod svih vrsta operacija revaskularizacije donjih ekstremiteta, tkiva distalno od klemme postaju ishemična tijekom razdoblja klemanja. Anaerobni metabolizam u tim slabo perfundiranim ili neperfundiranim tkivima uzrokuje depleciju zaliha glikogena i visokoenergetskih fosfata te akumulaciju metabolita ishemije uključujući mliječnu kiselinu, odnosno laktate. Također,

dolazi do povećane proizvodnje citokina, endotelijalnih adhezijskih molekula i slobodnih kisikovih radikala, kao i aktivacije komplementa, kinina i koagulacijske kaskade. Nakon otpuštanja klemne cirkulacija se ponovno uspostavlja u ishemičnim područjima. Nadalje, mliječna kiselina i ishemični metaboliti se ispiru u cirkulaciju i uzrokuju sistemnu vazodilataciju, plućnu vazokonstrikciju i depresiju miokarda. Kako bi se održala hemodinamska stabilnost, često je u toj situaciji potrebno primijeniti inotrope i vazokonstriktore. Cijeli proces ishemije i reperfuzije je faktor koji doprinosi sindromu sistemnog upalnog odgovora i postoperacijskoj disfunkciji organa (13). Protok distalno od okluzije se ne poboljšava isključivo povećanjem nadoknade tekućinama ni CO-srčanog izbačaja, već na nje ga utječe mogućnost održavanja adekvatnih tkivnih perfuzijskih tlakova.

Preliminarni rezultati intervencija tijekom anesteziološkog postupka po INVOS tkivnoj oksimetriji periferije imaju veću prediktivnu vrijednost od razine laktata u arterijskoj krvi ili nekih fizioloških pokazatelja.

## ZAKLJUČAK

Prikazani slučajevi ukazuju na vrijednost primjene INVOS sustava u anesteziološkom postupku pacijenata s perifernom vaskularnom bolešću u usporedbi s arterijskim sadržajem laktata koji nisu adekvatno korelirali sa neadekvatnom perfuzijom te reperfuzijom. INVOS očitavanja su omogućila pravovremene i brze intervencije kod tih bolesnika, dok se razina laktata nije značajno promijenila tijekom reperfuzije.

Za ozbiljnije zaključke i eventualno prediktorske vrijednosti takvog monitoringa potrebna su daljnja istraživanja na većem broju pacijenata. Nije vjerojatno da će bilo koji pojedinačni oblik monitoringa osigurati sve informacije potrebne u kompleksnijim vaskularnim postupcima, osobito kod povećanog broja komorbiditeta kod pacijenata, koji očekujemo u budućnosti. Stoga, odabir prikladnog monitoringa za svakog pojedinog pacijenta će uvijek biti u domeni iskusnog vaskularnog anesteziologa.

Unatoč malom broju bolesnika u ovoj probnoj studiji, rezultati su svakako za analiziranje.

## L I T E R A T U R A

1. Duncan D, Wijesundera DN. Preoperative Cardiac Evaluation and Management of the Patient Undergoing Major Vascular Surgery. *Int Anesthesiol Clin* 2016; 54(2): 1-32.
2. Vazirani S, Lankarani-Fard A, Liang LJ i sur. Perioperative processes and outcomes after implementation of a hospitalist-run preoperative clinic. *J Hosp Med* 2012; 7(9): 697-701.
3. Denault A, Deschamps A, Murkin JM. A proposed algorithm for the intraoperative use of cerebral near-infrared spectroscopy. *Semin Cardiothorac Vasc Anesth* 2007; 11(4): 274-81.
4. Fischer GW, Silvay G. Cerebral oximetry in cardiac and major vascular surgery. *HSR Proc Intensive Care Cardiovasc Anesth* 2010; 2(4): 249-56.
5. Cho H, Nemoto EM, Yonas H, Balzer J. Cerebral monitoring by oximetry And Somatosensory Evoked Potentials (SSEP) during Carotid Endarterectomy. *J Neurosurg* 1998; 89(4): 533-8.
6. Roberts KW, Crnkovic AP, Linneman LJ. Near infrared spectroscopy detects critical cerebral hypoxia during carotid endarterectomy in awake patients. *Anesthesiology* 1998; 89(3A): A934.
7. Samra S, Dy E, Welch K, Dorje P, Zelenock G, Stanley J. Evaluation of a cerebral oximeter as a monitor of cerebral ischemia during carotid endarterectomy. *Anesthesiology* 2000; 93(4): 964-70.
8. Murkin JM, Adams SJ, Novick RJ i sur. Monitoring brain oxygen saturation during coronary bypass surgery: a randomized, prospective study. *Heart Surg Forum* 2011; 14(1): E1-6.
9. Casati A, Fanelli G, Pietropaoli P, Proietti R, Tufano R, Montanini S. Monitoring cerebral oxygen saturation in elderly patients undergoing general abdominal surgery: a prospective cohort study. *Eur J Anaesthesiol* 2007; 24(1): 59-65.
10. Casati A, Fanelli G, Pietropaoli P i sur. Continuous monitoring of cerebral oxygen saturation in elderly patients undergoing major abdominal surgery minimizes brain exposure to potential hypoxia. *Anesth Analg* 2005; 101(3): 740-7.
11. Barbosa FT1, Jucá MJ, Castro AA, Cavalcante JC. Neuraxial anaesthesia for lower-limb revascularization. *Cochrane Database Syst Rev* 2013; 29(7): CD007083.
12. Thomson AJ. Anaesthesia for aorto-iliac occlusive disease and lower limb revascularization procedures. U: Moores C, Nimmo AF, ur. *Core Topics in Vascular Anaesthesia*. Cambridge: University Press, 2012, 146-159.
13. Choley HE. Bench to bedside review: Fundamental principles of acid-base physiology. *Crit Care* 2005; 9: 184-92.

## SUMMARY

### CLINICAL COMPARISON OF INVOS OXYMETRY AND ARTERIAL LACTATE LEVELS AS A PREDICTOR OF PERIPHERAL PERFUSION AND REPERFUSION IN VASCULAR SURGERY PATIENTS

T. TOMIĆ MAHEČIĆ, D. KARMELIĆ, K. LOJNA and I. TUCIĆ

*Zagreb University Hospital Centre, Department of Anesthesiology and Intensive Care, Zagreb, Croatia*

The aim of this pilot project was to evaluate the use of INVOS oxymetry to optimize anesthesia in lower extremities in patients with peripheral arterial disease (PAD). Four patients with critical ischemia of lower extremities were evaluated. With the electrode indicating cerebral perfusion (crSO<sub>2</sub>), another INVOS electrode was placed distally from the vascular clamp (prSO<sub>2</sub>). The data obtained were used as predictors of peripheral perfusion and necessity of intervention. We compared the aforementioned data with the arterial blood lactate levels. The initial mean crSO<sub>2</sub> and prSO<sub>2</sub> value was 62.25% and 53.5%, respectively. The mean duration of arterial occlusion was 61 minutes. The patients received a mean of 1275 mL crystalloids and 500 mL colloids. The highest measured lactate value was 0.7 mmol/L. Postoperative crSO<sub>2</sub> averaged 73% and prSO<sub>2</sub> 69.75%. The mean length of hospital stay was 19.25 days, with a 30-day survival rate of 100%, without the need of reoperation or amputation. Reviewing the scientific literature available, we found no similar clinical experiences of optical spectrometry used as a method of measuring intraoperative perfusion of the ischemic extremity. Utilizing INVOS data to improve perfusion of periphery, we used minimal vasoactive support and restrictive bolus administration of intravenous fluids with a satisfactory clinical outcome.

**Key words:** peripheral arterial disease, INVOS, monitoring, lactate levels