

Pulsoksymetria nowej generacji w ocenie obwodowej perfuzji tkankowej w czasie znieczulenia ogólnego — porównanie propofolu i desfluranu

New generation pulse oximetry in the assessment of peripheral perfusion during general anaesthesia — a comparison between propofol and desflurane

Michał Kowalczyk, Anna Fijałkowska, Andrzej Nestorowicz

I Klinika Anestezjologii i Intensywnej Terapii Uniwersytetu Medycznego w Lublinie

Abstract

Background. A pulse oximeter is a standard device for perioperative monitoring. It is well known that the early detection of tissue hypoxia is of great importance. It has been made easier due to a new generation pulse oximetry device from Masimo. This enables measurements of the peripheral perfusion index (PI) in real time. It has been found that volatile anaesthetics such as sevoflurane and desflurane increase the perfusion index. As we know, no data is available about perfusion index during propofol/remifentanil total intravenous anaesthesia.

Methods. ASA I and II class women scheduled for elective gynaecological surgery were eligible for the study. Patients were divided into two groups: group P receiving propofol/remifentanil intravenous anaesthesia and group D receiving desflurane/fentanyl general anaesthesia. PI was noted before anaesthesia, after remifentanil/fentanyl injection, after endotracheal intubation, at the beginning of surgery, during the procedure at ten minute intervals, at the end of the procedure, after awakening, after extubation and before discharge to the ward.

Results. Eighty-three patients were enrolled to the study. In both groups, PI increased significantly from the start to the end of surgery. There was a significant correlation between PI and end-tidal desflurane concentration ($r = 0.807$; $P = 0.001$). No correlation was found between propofol or remifentanil concentrations and PI.

Conclusion. Both intravenous propofol/remifentanil and desflurane/fentanyl general anaesthesia increase peripheral perfusion. An increase in end-tidal desflurane concentration raises peripheral perfusion.

Key words: monitoring, pulse oximetry; monitoring, peripheral tissue perfusion; monitoring, perfusion index; intravenous anaesthetics propofol; volatile anaesthetics, desflurane

Słowa kluczowe: monitorowanie, pulsoksymetria; monitorowanie, obwodowa perfuzja tkankowa; monitorowanie, wskaźnik perfuzji; anestetyki dożylnie, propofol; anestetyki wziewne, desfluran

Anestezjologia Intensywna Terapia 2013, tom XLV, nr 3, 146–152

Należy cytować anglojęzyczną wersję artykułu:

Kowalczyk M, Fijałkowska A, Nestorowicz A: New generation pulse oximetry in the assessment of peripheral perfusion during general anaesthesia — a comparison between propofol and desflurane. *Anaesthesiol Intensive Ther* 2013; 45: 138–144.

Jednym z kanonów współczesnego monitorowania śródoperacyjnego jest pomiar wysycenia hemoglobiny krwi tętniczej tlenem (SpO_2). Odkąd w 1983 roku na rynku pojawił się pierwszy pulsoksymetr przezskórny, metoda ta rozpowszechniła się na całym świecie [1]. Jednak przez lata producenci sprzętu borykali się z dwiema powszechnymi sytuacjami klinicznymi: słabą perfuzją obwodową oraz artefaktami ruchowymi. Obie okoliczności prowadziły do powstawania małego współczynnika między sygnałem a szumem (artefaktem), dając fałszywie zaniżone odczyty, zanik sygnału bądź nieuzasadnioną aktywację alarmów [2].

Wielu producentów próbuje zaradzić tym problemom, wprowadzając do użytku pulsoksymetry nowej generacji, wykorzystujące nowoczesne, innowacyjne algorytmy przetwarzania uzyskanego sygnału, mające na celu zminimalizowanie wpływu niekorzystnych czynników zewnętrznych na precyzję pomiaru [3–5]. Dodatkowo niektóre z aktualnie dostępnych pulsoksymetrów posiadają możliwość pomiaru obwodowego przepływu krwi wyrażanego na przykład w postaci wskaźnika perfuzji obwodowej (PI, *perfusion index*), który jest określany jako stosunek pomiędzy zakresem pochłaniania fali świetlnej odpowiedniej długości (podczerwonej, czerwonej) przez przepływ pulsacyjny krwi krążącej (tętniczy) a niepulsacyjnym (żylny, włócnickowy, tkankowy, tętniczy niepulsacyjny) i wyraża się go w postaci liczbowej [6].

Nieodpowiedni przepływ tkankowy może doprowadzić do niedotlenienia komórek, a w konsekwencji do niewydolności narządów, dlatego celem nowoczesnego monitorowania powinno być jak najwcześniejsze wykrycie tego typu zaburzeń, aby w odpowiednim czasie wdrożyć właściwe postępowanie chroniące chorego przed nieodwracalnymi konsekwencjami. To właśnie umożliwia pomiar perfuzji obwodowej. W przeciwieństwie do innych metod oceniających globalny stan hemodynamiki, zaburzenia między dostarczeniem a zużyciem tlenu czy też stężeniem kwasu mlekowego we krwi tętniczej, pomiar perfuzji obwodowej jest prosty w użyciu i nieinwazyjny, a co za tym idzie, nie niesie za sobą żadnych działań niepożądanych [6, 7].

Anestetyki wziewne, stosowane w czasie znieczulenia ogólnego, zwiększają perfuzję obwodową. Zależność ta została potwierdzona w stosunku do sewofluranu [8] oraz desfluranu [9], nie ma natomiast danych dotyczących wpływu znieczulenia całkowicie dożylnego z użyciem propofolu na obwodowy przepływ tkankowy.

Celem pracy było określenie PI w czasie znieczulenia całkowicie dożylnego i porównanie jego zmian w stosunku do wartości uzyskanych podczas znieczulenia złożonego z użyciem desfluranu.

METODYKA

Po otrzymaniu zgody Komisji Bioetycznej Uniwersytetu Medycznego w Lublinie oraz uzyskaniu świadomej zgody

od chorych, do badania włączono kobiety ocenione według skali ASA na I lub II, zakwalifikowane do zabiegów ginekologicznych z otwarciem jamy brzusznej.

Wszystkie chore otrzymały w premedykacji diazepam w dawce 10 mg, podawany drogą doustną 2 godziny przed rozpoczęciem zabiegu. W warunkach sali operacyjnej rozpoczynano rutynowe monitorowanie funkcji życiowych, stosowano tlenoterapię bierną, a następnie losowo przydzielano chore do jednej z dwóch grup: P lub D.

U chorych z grupy P przeprowadzono znieczulenie całkowicie dożylnie. Otrzymywały dożylnie atropinę w dawce 0,5 mg, remifentanyl we wlewie ciągłym według protokołu TCI (*target controlled infusion*) w dawce nasycającej z docelowym stężeniem w osoczu na poziomie $8,5 \text{ ng mL}^{-1}$, a następnie rozpoczynano wlew propofolu z docelowym stężeniem w osoczu na poziomie $8 \mu\text{g mL}^{-1}$. Po zaniknięciu odruchu rzęsowego i podaniu suksametonium w dawce 1 mg kg^{-1} , intubowano tchawicę i rozpoczynano sztuczną wentylację płuc mieszaniną N_2O i O_2 ($F_{\text{I}}\text{O}_2 = 0,33$). Parametry wentylacji korygowano tak, aby utrzymać normokapnię. W celu zwiotczenia mięśni, po ustąpieniu bloku depolaryzacyjnego, podawano cisatrakurium w dawce $0,1 \text{ mg kg}^{-1}$. Do podtrzymania znieczulenia w protokole TCI stosowano ciągły wlew remifentanylu oraz propofolu. Docelowe programowane stężenie w osoczu dla remifentanylu i propofolu wynosiło odpowiednio $3\text{--}6 \text{ ng mL}^{-1}$ i $2\text{--}4 \mu\text{g mL}^{-1}$.

W grupie D zastosowano znieczulenie ogólne złożone. Chore otrzymywały dożylnie atropinę (0,5 mg) oraz fentanyl ($5 \mu\text{g kg}^{-1}$). Jako anestetyk do wprowadzenia stosowano tiopental w dawce 5 mg kg^{-1} , a w celu zwiotczenia mięśni — suksametonium w dawce 1 mg kg^{-1} . Po intubacji tchawicy rozpoczynano sztuczną wentylację płuc, utrzymując normokapnię. Po ustąpieniu bloku depolaryzacyjnego zwiotczenie mięśni uzyskiwano, podając, analogicznie jak w grupie P, cisatrakurium w dawce $0,1 \text{ mg kg}^{-1}$. Znieczulenie podtrzymywano mieszaniną N_2O i O_2 ($F_{\text{I}}\text{O}_2 = 0,33$), desfluranem w stężeniu $3\text{--}6 \text{ vol}\%$ oraz fentanylem w dawkach frakcjonowanych po $1,5 \mu\text{g kg}^{-1}$.

W obu grupach po zakończeniu operacji blok nerwowo-mięśniowy odwracano za pomocą neostygminy (2,5 mg), poprzedzonej atropiną (0,5 mg). Przed końcem znieczulenia podawano 100 mg ketoprofenu. W czasie całej procedury chore otrzymywały wlew zbilansowanego płynu wieloelektrolitowego w dawce $8 \text{ mL kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$.

Standardowe monitorowanie w czasie znieczulenia obejmowało pomiar HR, SAP/DAP/MAP, (*heart rate, systolic/diastolic/mean arterial pressure*) SpO_2 , $\text{E}_\text{T}\text{CO}_2$ oraz E_T desfluranu. Ponadto, w grupie P rejestrowano programowane osoczowe stężenia remifentanylu oraz propofolu. Dodatkowo monitorowano PI przy użyciu pulsoksymetru Radical 7 (Masimo Corporation, Irvine, USA).

Tabela 1. Charakterystyka badanych grup chorych ($\bar{x} \pm SD$)

Grupa	Wiek (lata)	Masa (kg)	Czas operacji (min)	Czas znieczulenia (min)
P (n = 43)	36,0 ± 10,8	70,5 ± 17,3	45,0 ± 20,4	60,1 ± 22,6
D (n = 40)	36,8 ± 14,0	65,5 ± 10,8	47,3 ± 23,0	66,6 ± 23,4
p	0,672	0,278	0,705	0,566

Pomiary rejestrowano w następujących punktach pomiarowych: 1 — przed znieczuleniem (wartości wyjściowe), 2 — po podaniu remifentanylu/fentanylu, 3 — po intubacji, 4 — po rozpoczęciu zabiegu, 5–9 — co 10 min w czasie trwania zabiegu, 10 — w momencie zakończenia zabiegu, 11 — w chwili otwarcia oczu przez chorą, 12 — w momencie ekstubacji, 13 — w chwili przekazywania chorej na oddział.

Istotność różnic między grupami oceniano testem *U* Manna-Whitneya. W celu oceny pomiarów powtarzanych zastosowano wieloczynnikową analizę wariancji z wykorzystaniem analizy kontrastów. W badaniu korelacji zastosowano współczynnik korelacji Spearmana. We wszystkich testach przyjęto poziom istotności $p < 0,05$.

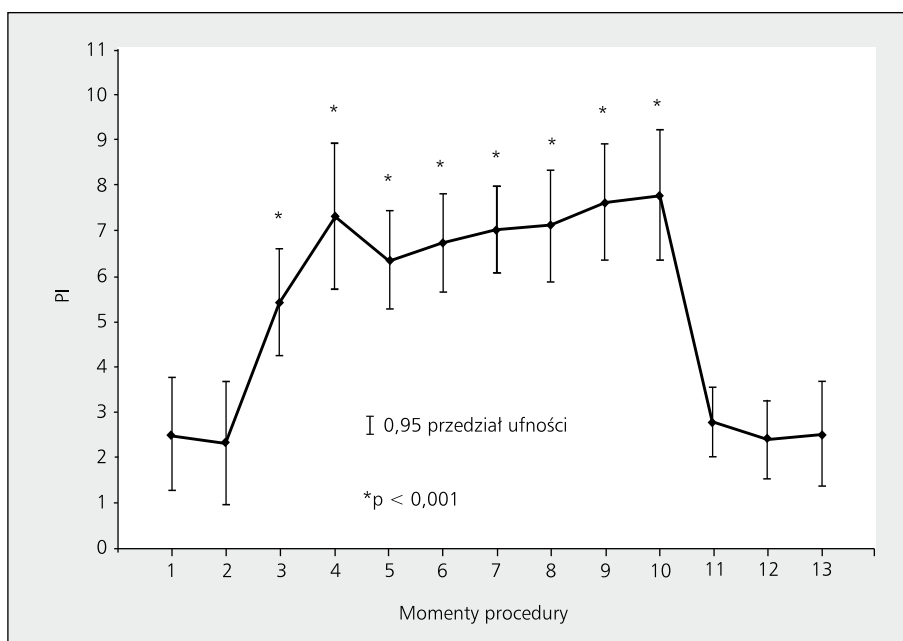
WYNIKI

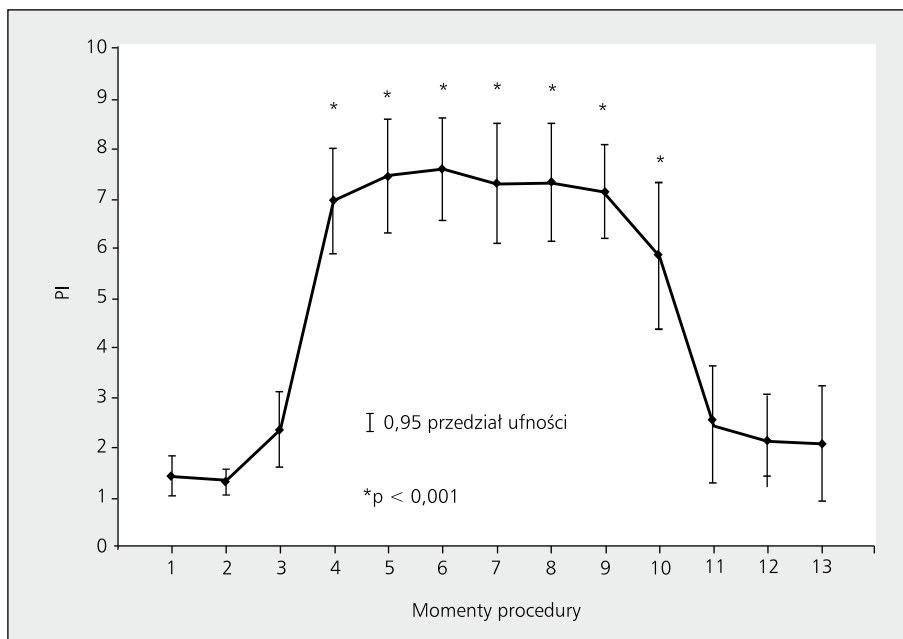
Badaniami objęto łącznie 83 chore; 43 zakwalifikowano do grupy P, a 40 do grupy D. Grupy nie różniły się pod względem wieku, masy ciała, czasu trwania operacji i znieczulenia (tab. 1). W grupie P stwierdzono istotne zwiększenie PI od chwili intubacji i był on istotnie większy przez cały czas trwania zabiegu aż do jego zakończenia ($p < 0,001$). W chwili

otwarcia oczu, ekstubacji oraz oddania chorej na oddział wartości PI nie różniły się istotnie od wyjściowych (ryc. 1). Podobne zmiany zarejestrowano w grupie D — PI istotnie zwiększył się w momencie rozpoczęcia zabiegu i był większy w stosunku do pomiaru wyjściowego aż do zakończenia zabiegu ($p < 0,001$). W chwili otwarcia oczu, ekstubacji oraz oddania chorej na oddział wartości PI nie różniły się istotnie od wyjściowych (ryc. 2).

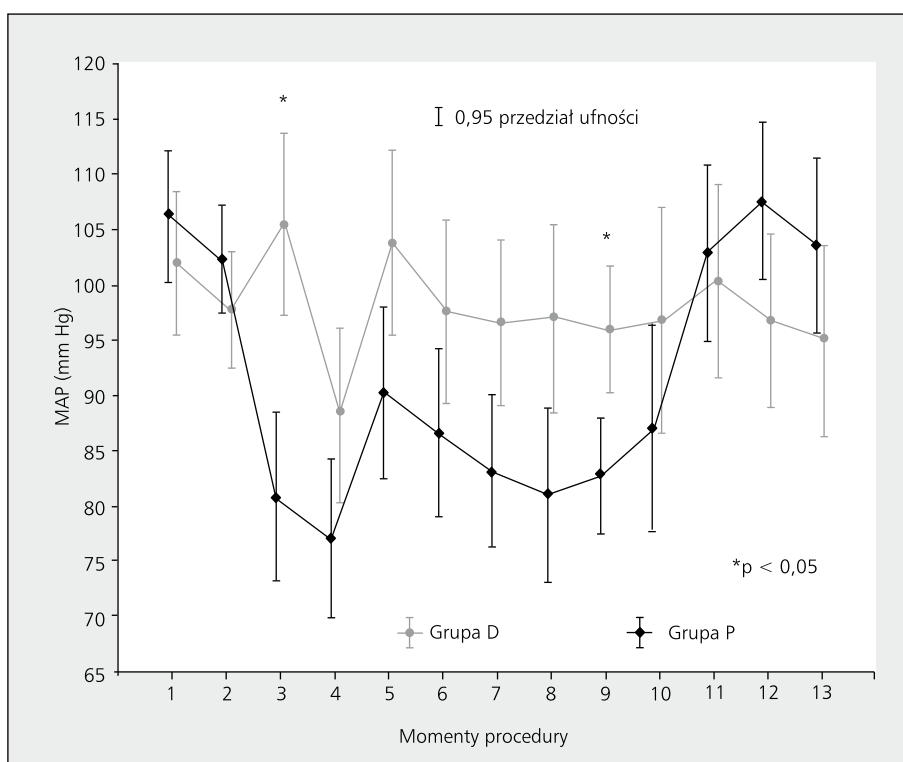
Analizując wartości tego parametru w obu grupach w poszczególnych etapach badania nie stwierdzono istotnej różnicy między grupami w żadnym momencie procedury ($p = 0,240$).

Wykazano silną dodatnią korelację między wartością PI a końcowo-wydechowym stężeniem desfloranu ($r = 0,807$; $p = 0,001$). Nie stwierdzono natomiast żadnej korelacji między PI a programowanymi osoczowymi stężeniami remifentanylu i propofolu. Porównując ciśnienie tętnicze w obu grupach w poszczególnych punktach czasowych stwierdzono istotnie większe wartości w grupie D w chwili intubacji oraz w 50. minucie zabiegu ($p < 0,05$) (ryc. 3). Analogicznie, badając częstość pracy serca w obu grupach w poszczegól-

**Rycina 1.** Wartości wskaźnika perfuzji obwodowej (PI) w poszczególnych momentach procedury w grupie P



Rycina 2. Wartości wskaźnika perfuzji obwodowej (PI) w poszczególnych momentach procedury w grupie D

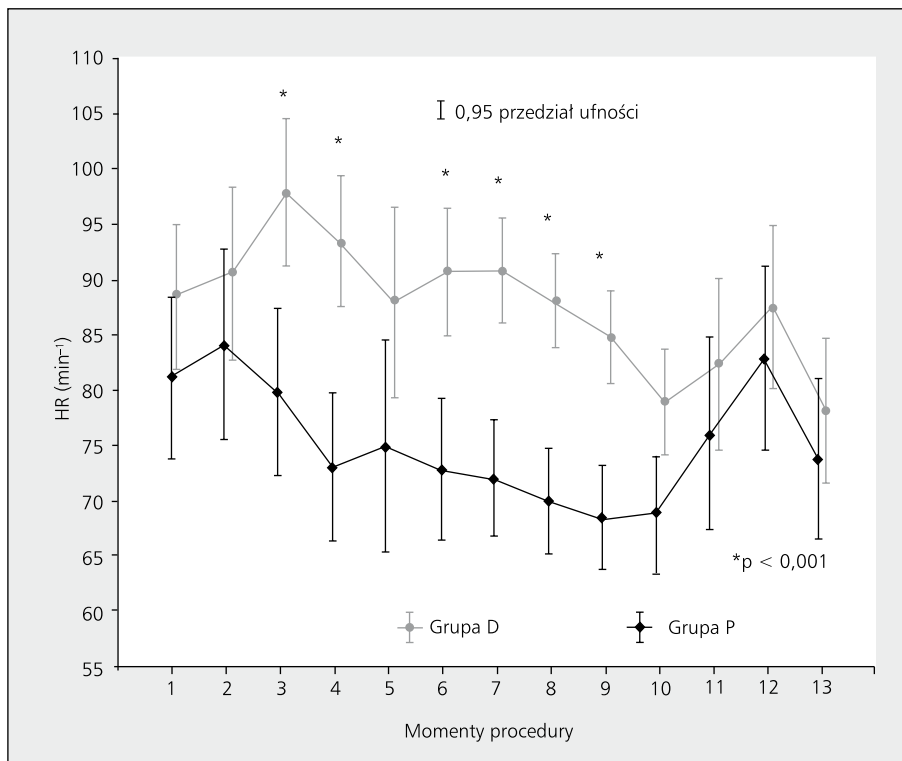


Rycina 3. Wartości średniego ciśnienia krwi (MAP) w poszczególnych momentach procedury

nych punktach czasowych, stwierdzono istotnie większe wartości w grupie D w następujących momentach badania: intubacja, rozpoczęcie zabiegu, w 20., 30., 40. i 50. minucie zabiegu ($p < 0,001$). W pozostałych momentach procedury nie rejestrowano istotnych różnic (ryc. 4).

DYSKUSJA

Konwencjonalna pulsoksymetria, obok elektrokardiogramu, jest najbardziej rozpowszechnioną metodą monitorowania podstawowych funkcji życiowych chorych, szczególnie w okresie okołoperacyjnym. Pozwala na ocenę



Rycina 4. Wartości częstości akcji rytmu serca (HR) w poszczególnych momentach procedury

utlenowania krwi tętniczej oraz ocenę częstości akcji serca [1]. Precyzyjny i ciągły pomiar SpO_2 jest jednak wbrew pozorom trudny do uzyskania w warunkach klinicznych. Liczne zakłócenia, jak nadmiar światła w otoczeniu chorego, pole elektromagnetyczne innych urządzeń, ruchy chorego czy wreszcie słaba perfuzja obwodowa, mogą prowadzić do nieprawidłowych odczytów bądź uruchamiania fałszywych alarmów [4, 10]. W okresie śródoperacyjnym chory zagrożony jest pogorszeniem perfuzji tkankowej, głównie wskutek hipotensji i hipotermii. Nowoczesne algorytmy wykorzystane w pulsoksymetrach nowej generacji (Masimo), opierające się na innych założeniach teoretycznych niż te stosowane w starszych aparatach, wykorzystujące obliczanie sygnału odniesienia, filtr przystosowawczy oraz przekształcanie pojedynczego sygnału saturacji, pozwalają na uzyskanie wiarygodnych pomiarów nawet w tak trudnych warunkach klinicznych [3–5].

Istnieje kilka możliwości nieinwazyjnej oceny perfuzji obwodowej. Najstarsza i najprostsza, choć najmniej rzetelna forma oceny przepływu tkankowego to ocena kliniczna na podstawie ucieplenia i koloru skóry. Jest ona jednak subiektywna, stąd bardzo zawodna, szczególnie w przypadku wstrząsu dystrybucyjnego [11]. Kolejnymi sposobami oceny perfuzji są gradienty ciepłoty ciała chorego: obwodowej i otaczającej, centralnej i obwodowej, przedramienia i palca [6]. Metody te, oceniane w różnych próbach klinicznych, są w stanie oszacować przepływ krwi w skórze, ale ograni-

cza je konieczność użycia przynajmniej dwóch czujników temperatury i nie odzwierciedlają one zmienności przepływu w czasie rzeczywistym [12]. Spektroskopia w bliskiej podczerwieni (NIRS, *near-infrared spectroscopy*) wydaje się prostą i wiarygodną techniką, umożliwiającą ocenę regionalnego przepływu krwi w obrębie tkanek. Z uwagi na lepszą penetrację tkanek w stosunku do pulsoksymetrii, umożliwiała ona bardziej globalną ocenę utlenowania we wszystkich przedziałach naczyniowych (tętniczym, żylnym, włosniczowym) [13]. Ograniczeniem tej metody jest konieczność zastosowania specjalnych elektrod oraz dodatkowego sprzętu z odpowiednim oprogramowaniem do przedstawienia wyników. Polaryzacja spektralna (OPS, *orthogonal polarization spectral*), wykorzystująca światło odbite, umożliwia analizę mikrokążeń w czasie rzeczywistym [14], jest jednak metodą półilościową i podatną na subiektywizm oceniającego. Laserowa przepływometria dopplerowska (LDF, *laser Doppler flowmetry*) wykorzystuje zjawisko Dopplera oraz monochromatyczne światło laserowe do ciągłego pomiaru przepływu w mikrokążeniu. Jednak jako metoda pomiaru przepływu obwodowego w sposób nieinwazyjny ogranicza się jedynie mikrokążeniu skóry. Wadą tej metody jest to, że nie bierze pod uwagę niejednorodności prędkości przepływu krwi w skórze i podaje uśrednioną wartość z okna pomiarowego, a wielkość przepływu zależy od umiejscowienia sondy [6].

Z wszystkich dostępnych na rynku metod oceny perfuzji obwodowej najprostszą do zastosowania, a zarazem rzetelną

wyduje się pulsoksymetria oparta na absorpcji różnej długości fal świetlnych i unikalnym algorytmie służącym do identyfikacji prawidłowego sygnału [3, 4]. Spośród wielu producentów tego typu sprzętu zarówno w testach laboratoryjnych [3], jak i klinicznych [5] najkorzystniej wypadają w chwili obecnej urządzenia wykorzystujące technologię Masimo.

Od czasu wprowadzenia pomiaru perfuzji obwodowej za pomocą pulsoksymetru nowej generacji próbowano określić jego przydatność w różnych sytuacjach klinicznych. Wykazano, że zmniejszona wartość PI u matek przed cięciem cesarskim jest czynnikiem ryzyka zwiększonej zachorowalności noworodków i subklinicznego zapalenia łożyska [15]. Wyniki innych badań wykazały, że obniżona wartość PI może być użytecznym narzędziem do wczesnego wykrycia niewydolności lewokomorowej u noworodków [16].

Jak wiadomo, większość anestetyków używanych do indukcji i podtrzymania znieczulenia oddziałuje na układ krążenia w różny sposób, poprzez zmiany ciśnienia tętniczego, rzutu serca, oporu obwodowego (przedwłośniczkowego), co w efekcie wpływa na mikrokrążenie, zmieniając przepływ krwi. Dane z piśmiennictwa oraz wyniki wcześniejszych badań własnych potwierdzają korzystny wpływ znieczulenia na przepływ tkankowy, zarówno w czasie znieczulenia przewodowego [17], jak i ogólnego z użyciem sewofluranu [8] lub desfluranu [9]. Brakuje natomiast doniesień na temat wpływu znieczulenia ogólnego z użyciem propofolu na wartość PI, mierzonego metodą spektrofotometrii. Wyniki badań uzyskane w niniejszej pracy ujawniły zwiększenie perfuzji obwodowej w stosunku do wartości wyjściowych, począwszy od rozpoczęcia, aż do zakończenia zabiegu chirurgicznego w grupach chorych znieczulanych zarówno propofolem, jak i desfluranem. Wpływ desfluranu na mikrokrążenie w tkankach obwodowych nie został wcześniej w pełni udokumentowany. Wiadomo jedynie, że zwiększa on przepływ trzewny przez jelita i to w stopniu większym niż izofluran [18].

Jak dotąd nie określono wpływu propofolu na PI. Autorzy stwierdzili istotne zwiększenie przepływu obwodowego po zastosowaniu tego środka, jednak wartości PI nie różniły się w sposób istotny od wartości uzyskanych w grupie chorych znieczulanych desfluranem. Stwierdzono z kolei korelację między wskaźnikiem perfuzji obwodowej a końcowo-wydechowym stężeniem desfluranu, co potwierdzają wyniki badań własnych oraz dane z piśmiennictwa [8, 9].

Wpływ anestetyków na mikrokrążenie wciąż jest dyskusyjny. Bruegger i wsp. [19], używając pomiarów pletyzmograficznych, badali oddziaływanie sewofluranu i propofolu na parametry mikrokrążenia w kończynach dolnych, stwierdzając brak wpływu tych środków na przepływ i odkrywając jedynie zmniejszenie współczynnika filtracji we włosnicz-

kach przez sewofluran, co powoduje mniejszą utratę płynów do przestrzeni śródmiąższowej. W obu grupach stwierdzili również obniżone ciśnienie żyłne podczas podtrzymania znieczulenia, co nie wydaje się zaskakujące. W nowszych badaniach De Blasi i wsp. [20], oceniając wpływ propofolu i sewofluranu na mikrokrążenie za pomocą spektroskopii bliskiej podczerwieni, stwierdzili zwiększenie przepływu w mięśniach łydki jedynie w grupie chorych znieczulanych propofolem, co korelowało ze wzrostem poziomu utlenowanej hemoglobiny. W grupie chorych znieczulanych sewofluranem wzrost stężenia utlenowanej hemoglobiny nie korelował z przepływem, który był niezmienny, lecz ze zmniejszonym zużyciem tlenu przez komórki. Z kolei Koch i wsp. [21], badając wpływ propofolu na mikrokrążenie za pomocą polaryzacji spektralnej, stwierdzili wywołane przez ten anestetyk zmniejszenie przepływu w naczyniach włosowatych, jak również zmniejszenie gęstości kapilar. Te rozbieżności mogą być związane z różnicami metodologicznymi, niejednorodnością badanych grup chorych, jak również z użyciem różnych technik i narzędzi do oceny mikrokrążenia.

W analizowanym materiale stwierdzono różnice w zakresie MAP w dwóch punktach czasowych procedury i choć jest to wynik istotny statystycznie, nie wydaje się on mieć istotnego znaczenia klinicznego. Z kolei różnice w HR między badanymi grupami okazały się istotne w wielu punktach badania, gdyż użycie desfluranu wiązało się z większą częstością akcji serca w porównaniu z propofolem. Wynik ten nie wydaje się zaskakujący, jest raczej zgodny z charakterystyką farmakologiczną desfluranu, który przy szybkim zwiększaniu stężenia w mieszaninie wdychowej może powodować tachykardię.

Niezależnie od istniejących rozbieżności dotychczasowe wyniki badań wskazują, że upośledzone mikrokrążenie może prowadzić do niewydolności narządowej [22] i zmniejszenia zdolności do ekstrakcji tlenu do tkanek [23]. Z tych powodów monitorowanie perfuzji obwodowej za pomocą dostępnych obecnie metod nieinwazyjnych powinno być uznane jako codzienne postępowanie w anestezjologii i intensywnej terapii.

Ograniczeniem tego badania było rutynowe zastosowanie podczas znieczulenia atropiny, a więc leku, który potencjalnie mógł mieć wpływ na perfuzję obwodową. Jednak był on zastosowany w obu grupach badawczych w identycznych dawkach, stąd nie powinno to wpływać na uzyskane wyniki w istotny sposób. Kolejnym ograniczeniem było przeprowadzenie badania tylko w grupie kobiet, jednak nie znaleziono w literaturze danych, które mogłyby wskazywać na wpływ płci na współczynnik perfuzji obwodowej.

WNIOSKI

1. Zarówno znieczulenie całkowicie dożylnie z użyciem propofolu, jak i złożone z użyciem desfluranu powodują zwiększenie obwodowej perfuzji tkankowej.
2. Obwodowa perfuzja tkankowa silnie koreluje z końcowo-wydechowym stężeniem desfluranu.

Piśmiennictwo:

1. *Aoyagi T*: Pulse oximetry: its invention, theory, and future. *J Anesth* 2003; 17: 259–266.
2. *Bohnhorst B, Poets CF*: Major reduction on alarm frequency with a new pulse oximeter. *Intensive Care Med* 1998; 24: 277–278.
3. *Kästle SW, Konecny E*: Determining the artifact sensitivity of recent pulse oximeters during laboratory benchmarking. *J Clin Monit* 2000; 16: 509–522.
4. *Goldman JM, Petterson MT, Kopotic RJ, Barker SJ*: Masimo signal extraction pulse oximetry. *J Clin Monit* 2000; 16: 475–483.
5. *Barker SJ, Shah NK*: The effects of motion on the performance of pulse oximeters in volunteers (revised publication). *Anesthesiology* 1997; 86: 101–108.
6. *Lima A, Bakker J*: Noninvasive monitoring of peripheral perfusion. *Intensive Care Med* 2005; 31: 1316–1326.
7. *Lima AP, Beelen P, Bakker J*: Use of a peripheral perfusion index derived from the pulse oximetry signal as a noninvasive indicator of perfusion. *Crit Care Med* 2002; 30: 1210–1213.
8. *Hager H, Reddy D, Kurz A*: Perfusion Index — a valuable tool to assess changes in peripheral perfusion caused by sevoflurane? *Anesthesiology* 2003; 99: A593.
9. *Fijałkowska A, Kowalczyk M*: Peripheral blood perfusion during desflurane anaesthesia. *Anaesthesiol Intensive Ther* 2010; 42: 11–14.
10. *Trivedi NS, Ghouri AF, Shah NK, Lai E, Barker SJ*: Effects of motion, ambient light, and hypoperfusion on pulse oximeter function. *J Clin Anesth* 1997; 9: 179–183.
11. *Kaplan LJ, McPartland K, Santora TA, Trooskin SZ*: Start with a subjective assessment of skin temperature to identify hypoperfusion in intensive care unit patients. *J Trauma* 2001; 50: 620–627.
12. *Sessler DI*: Skin-temperature gradients are a validated measure of fingertip perfusion. *Eur J Appl Physiol* 2003; 89: 401–402.
13. *Van Beekvelt MC, Colier WN, Wevers RA, Van Engelen BG*: Performance of near-infrared spectroscopy in measuring local O₂ consumption and blood flow in skeletal muscle. *J Appl Physiol* 2001; 90: 511–519.
14. *Groner W, Winkelmann JW, Harris AG, et al.*: Orthogonal polarization spectral imaging: a new method for study of the microcirculation. *Nat Med* 1999; 5: 1209–1212.
15. *De Felice C, Leoni L, Tommasini E, et al.*: Maternal pulse oximetry perfusion index as a predictor of early adverse respiratory neonatal outcome after elective cesarean delivery. *Pediatr Crit Care Med* 2008; 9: 203–208.
16. *de-Wahl Graneli A, Östman-Smith I*: Noninvasive peripheral perfusion index as a possible tool for screening for critical left heart obstruction. *Acta Paediatr* 2007; 96: 1455–1459.
17. *Uemura A, Yagihara M, Miyabe M*: Pulse oximeter perfusion index as a predictor for the effect of pediatric epidural block. *Anesthesiology* 2006; 105: A1354.
18. *O'Riordan J, O'Beirne HA, Young Y, Bellamy MC*: Effects of desflurane and isoflurane on splanchnic microcirculation during major surgery. *Br J Anaesth* 1997; 78: 95–96.
19. *Bruegger D, Bauer A, Finsterer U, Bernasconi P, Kreimeier U, Christ F*: Microvascular changes during anesthesia: sevoflurane compared with propofol. *Acta Anaesthesiol Scand* 2002; 46: 481–487.
20. *De Blasi RA, Palmisani S, Boezi M, et al.*: Effects of remifentanyl-based general anaesthesia with propofol or sevoflurane on muscle microcirculation as assessed by near-infrared spectroscopy. *Br J Anaesth* 2008; 101: 171–177.
21. *Koch M, De Backer D, Vincent JL, Barvais L, Hennart D, Schmartz D*: Effects of propofol on human microcirculation. *Br J Anaesth* 2008; 101: 473–478.
22. *Eipel C, Bordel R, Nickels RM, Menger MD, Vollmar B*: Impact of leukocytes and platelets in mediating hepatocyte apoptosis in a rat model of systemic endotoxemia. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol* 2004; 286: G769–776.
23. *Van der Linden P, Schmartz D, Gilbert E, Engelman E, Vincent JL*: Effects of propofol, etomidate, and pentobarbital on critical oxygen delivery. *Crit Care Med* 2000; 28: 2492–2499.

Adres do korespondencji:

dr n. med. Michał Kowalczyk
ul. Szwajcarska 10/16, 20–861 Lublin
tel.: 605 397 703, faks: 81 724 45 50
e-mail: michalkowalczyk@vp.pl

Otrzymano: 10.12.2012 r.
Zaakceptowano: 19.06.2013 r.