

Porównanie wpływu sewofluranu i halotanu na żylny przeciek śródplucny i wybrane parametry hemodynamiczne w czasie operacji torakochirurgicznych (OLV)



Comparison of sevoflurane and halothane anaesthesia on shunt and selected haemodynamic parameters during thoracosurgical procedures

Waldemar Machała¹, Renata Szebla², Jakub Perdeus³, Sławomir Jabłoński⁴, Tomasz Gaszyński⁵, Beata Mamełka⁶

¹II Zakład Anestezjologii i Intensywnej Terapii, Uniwersytecki Szpital Kliniczny nr 2, Uniwersytet Medyczny, Łódź

²Oddział Anestezjologii i Intensywnej Terapii, Wojewódzki Specjalistyczny ZOZ Gruźlicy i Chorób Płuc w Kielcach z siedzibą w Chęcinach

³Oddział Chirurgii Klatki Piersiowej, Wojewódzki Specjalistyczny ZOZ Gruźlicy i Chorób Płuc w Kielcach z siedzibą w Chęcinach

⁴Klinika Chirurgii Ogólnej, Torakochirurgii i Chirurgii Onkologicznej, Uniwersytecki Szpital Kliniczny nr 2; Uniwersytet Medyczny, Łódź

⁵I Zakład Anestezjologii i Intensywnej Terapii, Uniwersytecki Szpital Kliniczny nr 1, Uniwersytet Medyczny, Łódź

⁶Zakład Diagnostyki Laboratoryjnej i Biochemii Klinicznej, Uniwersytecki Szpital Kliniczny nr 2, Uniwersytet Medyczny, Łódź

Kardiochirurgia i Torakochirurgia Polska 2006; 3 (2): 179–184

Streszczenie

Wstęp: Wyłączenie z wentylacji jednego płuca (OLV) jest podstawową techniką stosowaną w czasie operacji płuc. OLV powoduje podwyższenie żylnego przecieku śródplucnego, prowadzącego do obniżenia prężności tlenu we krwi. Fizjologiczne mechanizmy zmniejszające wartość *shunt*, m.in. hipoksyczny skurcz naczyń, mogą zostać zaburzone, np. przez ułożenie pacjenta na stole operacyjnym, anestetyki użyte do znieczulenia, manipulacje operatorów itp.

Cel: Autorzy zbadali wpływ dwóch anestetyków wziewnych – sewofluranu i halotanu – na żylny przeciek śródplucny i wybrane parametry hemodynamiczne (HR, MAP, MPAP, PCWP, CI, SVI, LVSWI, RWSVI, CPP, SVI i PVR).

Materiał i metody: Badania przeprowadzono u 49 pacjentów w I i II stopniu stanu fizycznego wg ASA; grupa SEWO (n=23) i grupa HAL (n=26), zakwalifikowanych do operacji z powodu raka płuc (nieдробnokomórkowego). Parametry demograficzne (waga, wiek, płeć, BMI i BSA) oraz czas znieczulenia i operacji były porównywalne. Metoda znieczulenia – zbilansowane: ogólne (sewofluran – SEWO lub halotan – HAL: stężenie 1 MAC) oraz przewodowe (przykręgowo albo zewnątrzoponowe w odcinku piersiowym [fentanyl]). Indukcja, dawki użytych środków zwiotczających mięśnie i przeciwbólowych były zbliżone w obu grupach. Do monitorowania parametrów hemodynamicznych używano cewnika Swana-Ganza.

Wyniki: Oba anestetyki wpływały podobnie na parametry hemodynamiczne, takie jak: HR, CI, MAP, SVI, LVSWI, SVR i PVR.

Abstract

Background: One-lung ventilation (OLV) is a basic procedure used during lung surgery. OLV triggers increased shunt, which leads to a decrease of PaO₂. Physiological mechanisms decreasing shunt volume such as hypoxic vascular vasoconstriction (HPV) may be disturbed, for example, by the position of the patient on the operating table, anaesthetics used, manipulation of operators and other factors.

Aim: The authors studied the influence of two inhalatory anaesthetics, sevoflurane and halothane, on shunt and selected haemodynamic parameters (HR, MAP, MPAP, PCWP, CI, SVI, LVSWI, RWSVI, CPP, SVI and PVR).

Material and methods: The study was carried out among 49 patients classified as physical status I or II on the ASA scale: the SEWO group (n=23) and HAL group (n=26), qualified for lung cancer operations (non-microcellular). Demographic parameters (weight, age, gender, BSI and BSA) as well as duration of anaesthesia and operation were comparable. The anaesthesia method – balanced: general (sevoflurane – SEWO, or halothane – HAL: concentration of 1 MAC) and regional (paravertebral/epidural continuous anaesthesia in thoracic segment (fentanyl)). Induction, muscle relaxant and analgesic agent doses were comparable in both groups. To monitor the haemodynamic parameters, a Swan-Ganz catheter was used.

Results: Both anaesthetic agents had a similar impact on such haemodynamic parameters as HR, CI, MAP, SVI, LVSWI, SVR

Adres do korespondencji: Waldemar Machała, II Zakład Anestezjologii i Intensywnej Terapii, Uniwersytet Medyczny, 90-569 Łódź, ul. Żeromskiego 113, e-mail: waldemar@machala.info; w.machala@skwam.lodz.pl

Widoczne były różnice w odniesieniu do CVP, MPAP, RVSWI, PCWP i CPP.

Wnioski: 1. Żylny przeciek śródpiętny u pacjentów kwalifikowanych do operacji torakochirurgicznych jest znacznie wyższy od uznawanego za fizjologiczny. 2. Wyłączenie z wentylacji jednego płuca powoduje podwyższenie wartości żylnego przecieku śródpiętnego zarówno u pacjentów znieczulanych sewo-, jak i halotanem. Nie ma statystycznie istotnych różnic między sewo- a halotanem w czasie znieczulenia. Po zakończeniu znieczulenia wartość *shunt* powraca do stanu sprzed znieczulenia jedynie u znieczulanych sewofluranem. 3. Wpływ badanych anestetyków na parametry hemodynamiczne należy rozpatrywać na podstawie wpływu na poszczególne składowe prawidłowej czynności serca:

- Sewofluran i halotan podobnie wpływają na częstość pracy serca [HR] i wskaźnik sercowy [CI].
- Halotan depresyjnie wpływa na czynność lewej komory, wyrażoną przede wszystkim obniżeniem obciążenia następczego – *afterload*, czego konsekwencją jest obniżenie wieńcowego ciśnienia perfuzyjnego [CPP]. Zmiany w CPP po zastosowaniu sewofluranu nie mają istotności statystycznej.
- Sewofluran wywiera korzystny wpływ na czynność prawej komory [\uparrow RVSWI i \downarrow PVR].

Słowa kluczowe: wentylacja jednym płucem (OLV), halotan, sewofluran, żylny przeciek śródpiętny, cewnik Swana-Ganza.

and PVR. Differences were observed in CVP, MPAP, RVSWI, PCWP and CPP.

Conclusions: 1. Shunt in patients qualified for thoracoscopic procedures is much higher than the one considered physiological. 2. One-lung ventilation triggers an increase in shunt volume both in patients administered sevoflurane and those administered halothane. There are no significant statistical differences between anaesthetizing with sevoflurane and halothane. After anaesthesia, the shunt volume returns to what it was before anaesthesia only with patients who were administered sevoflurane. 3. The influence of the tested anaesthetics on haemodynamic parameters must be considered with respect to the influence on particular constituents of cardiac functions:

- Sevoflurane and halothane have a similar influence on heart rate [HR] and cardiac index [CI].
- Halothane has a depressive influence on the left ventricle expressed mostly by an afterload decrease, which results in a decrease in coronary perfusion pressure [CPP]. The changes in CPP after sevoflurane administration do not have substantial statistical value.
- Sevoflurane has a beneficial influence on the function of the right ventricle [\uparrow RVSWI and \downarrow PVR].

Key words: one-lung ventilation (OLV), halothane, sevoflurane, shunt, Swan-Ganz catheter.

Wprowadzenie

Znieczulenie do zabiegów w obrębie klatki piersiowej jest specjalną formą znieczulenia. Większość pacjentów, u których wykonuje się torakotomię, wymaga wyłączenia z wentylacji operowanego płuca. Działanie to określane jest jako OLV (*one-lung ventilation*; wentylacja jednym płucem). Wyłączenie z wentylacji jednego płuca wiąże się z poważnymi zaburzeniami oddechowymi i hemodynamicznymi. Są one wypadkową ułożenia pacjenta na boku, znieczulenia ogólnego, zwiotczenia mięśni, ucisku przez śródpięcie i trzewia, zwiększonej objętości krwi kierowanej grawitacyjnie przez niższe partie płuc oraz manipulacji chirurgicznych [1]. OLV predysponuje do zwiększenia żylnego przecieku śródpiętnego (*shunt*) w wyniku przepływu krwi przez niedodmowe części płuca. Wyłączenie z wentylacji jednego płuca (OLV) powoduje nagłe zwiększenie żylnego przecieku śródpiętnego. W warunkach fizjologicznych (bez stosowania farmakoterapeutyków) jego wielkość jest ograniczana wystąpieniem odruchowego hipoksycznego skurczu naczyń krwionośnych w niewentylowanym płucu (HPV, *hypoxic pulmonary vasoconstriction*). Okazuje się, że niekiedy *shunt* zmniejsza się w wyniku samej grawitacji i działalności chirurga, wspomagając HPV w wyniku zmiany kierunku krwi z niedodmowych pęcherzyków płucnych do wentylowanego płuca (na dole) [2]. Również sam rodzaj urazu operacyjnego, temperatura ciała, wiek i płeć pacjenta, pH i PaCO₂ krwi, rzut serca (CO), ciśnienie w tętnicy płucnej (PAP), wielkość segmentu hipoksycznego oraz intensywność stymulacji hipoksycznej są głównymi czynnikami nefarmakologicznymi wpływającymi na HPV [3–5]. O ile wyłączenie z wentylacji

jednego płuca i odpowiedź HPV jest przewidywalna w warunkach doświadczalnych, o tyle wpływ środków znieczulenia ogólnego na HPV nie jest ściśle zdefiniowany [6–8]. Znieczulenie ogólne generalnie wpływa na wielkość *shunt* (hamując HPV), mogąc tym samym upośledzać wymianę gazową, wtórnie do zahamowania HPV. Badania dotyczące wpływu anestetyków wziewnych na HPV mają sprzeczne, tj. niejednoznaczne wyniki [9, 10].

Celem pracy było porównanie wpływu sewofluranu i halotanu na żylny przeciek śródpiętny (O₂/Q_t) i niektóre parametry hemodynamiczne, oceniane m.in. przy użyciu cewnika Swana-Ganza.

Materiał i metody

Na wykonanie badań uzyskano zgodę Komisji Bioetyki Uniwersytetu Medycznego w Łodzi. Badaniu poddano 49 pacjentów, którzy przed znieczuleniem zostali zapoznani z procedurą okołoperacyjną i wyrazili na nią zgodę. Pacjentów przydzielono losowo (komputerowy program randomizacyjny) do jednej z dwóch grup: sewofluran (SEWO; n=23) i halotan (HAL; n=26) (tab. I). Warunkiem włączenia do badania było rozpoznanie choroby nowotworowej płuc (rak niedrobno-komórkowy), kwalifikującej pacjenta do operacji (torakotomia) z koniecznością wyłączenia wentylacji w operowanym płucu oraz stan fizyczny zdefiniowany jako I lub II wg skali Amerykańskiego Towarzystwa Anestezjologów (ASA). Dane demograficzne biorących udział w badaniu przedstawiono w tab. I. Przygotowanie pacjentów do znieczulenia, indukcja, wybudzenie i postępowanie pooperacyjne było iden-

tyczne. Chorzy byli premedykowani doustnie midazolamem w dniu zabiegu. Po ułożeniu na stole operacyjnym poddawani byli rutynowym czynnościom (identyfikacja, kaniulacja żyły obwodowej, podłączenie do monitora czynności życiowych). Następnie wprowadzano cewnik do przestrzeni zewnątrzoponowej (TEA, *thoracic epidural anaesthesia*) lub przykręgowej (TPVA, *thoracic paravertebral anaesthesia*) w odcinku Th₄-Th₇, przez który podawano dawkę próbną (4 ml 2% lignokainy z 20 µg adrenaliny). Po wykonaniu testu Allena wprowadzano kaniulę do tętnicy promieniowej. Do żyły szyjnej wewnętrznej wprowadzano kaniulę o średnicy 8 French – po stronie planowanej operacji. Wszystkie te czynności wykonywane były w znieczuleniu nasiękowym. Przez kaniulę w żyłę szyjną wprowadzano cewnik Swana-Ganza (*Edwards; USA*), kierując się zmianą kształtu krzywej ciśnienia tętniczego. Monitorowano w sposób ciągły częstość pracy serca HR, czynność bioelektryczną serca EKG, saturację krwi tętniczej (SpO₂), ciśnienie tętnicze krwi metodą inwazyjną i nieinwazyjną: BP i NiBP, ośrodkowe ciśnienie żyłne (CVP, *central venous pressure*), ciśnienie w tętnicy płucnej (PAP, *pulmonary arterial pressure*), temperaturę ciała T i parametry oddechowe; określono natomiast: rzut serca (CO), ciśnienie zaklinowania włóscinek płucnych (PCWP, *pulmonary capillary wedge pressure*) gazometrię krwi tętniczej i mieszanej krwi żyłnej oraz stężenie hemoglobiny. Po uzyskaniu tych wyników możliwe było wyliczenie tzw. parametrów kalkulowanych. Do ich wyliczenia autorzy korzystali z ogólnie dostępnych wzorów. Oceniano wskaźnik sercowy (CI, *cardiac index*), wieńcowe ciśnienie perfuzyjne (CPP, *coronary perfusion pressure*), płucny i obwodowy opór naczyniowy (PVR, *pulmonary vascular resistance* i SVR, *systemic vascular resistance*), wskaźnik objętości wyrzutowej (SVI, *stroke volume index*) oraz wskaźnika pracy wyrzutowej lewej i prawej komory (LVSWI, *left ventricular stroke work index* i RVSWI, *right ventricular stroke work index*). Do monitorowania hemodynamicznego używano monitora rzutu serca Oxmetrix (*Abbott Laboratories; USA*). Ustalono następujące przedziały badań:

- I Przed rozpoczęciem znieczulenia (10–30 min).
- II Tuż po indukcji znieczulenia (po skontrolowaniu położenia rurki) – ułożenie na plecach; wentylowano pacjentów 100-% tlenem; nie dołączano do mieszanki oddechowej anestetyków wziewnych.
- III Po ustaleniu składu mieszanki oddechowej (w trakcie wentylacji dwoma płucami) – ułożenie na plecach.
- IV 5 min po rozpoczęciu OLV – ułożenie na boku.
- V 30 min po rozpoczęciu OLV – ułożenie na boku.
- VI 5 min po rozpoczęciu wentylacji dwoma płucami lub po podwiązaniu tętnicy płucnej operowanego płuca – ułożenie na boku.
- VII 30 min po rozpoczęciu wentylacji dwoma płucami lub po podwiązaniu tętnicy płucnej operowanego płuca – ułożenie na boku.
- VIII 5–10 min przed ekstubacją ułożenie na plecach.
- IX 15 min po ekstubacji.

Po wykonaniu badań pierwszego przedziału podawano do przestrzeni zewnątrzoponowej (TEA) lub przykręgowej (TPA) 0,1 mg fentanylu, rozpuszczonego w 15 ml 0,9% NaCl.

Tab. I. Dane demograficzne pacjentów

	Sewofluran (n=23)	Halotan (n=26)
pleć	M: 15	M: 17
K: 8	K: 9	
wiek (lata)	46–76 (śr. 61)	47–76 (śr. 61)
BSA (m²)	1,44–2,25 (śr. 1,82)	1,42–2,24 (śr. 1,87)
BMI (kg/m²)	16,8–32 (śr. 25)	16,5–35,3 (śr. 25)
strona operowana	P: 14 L: 9	P: 13 L: 13
charakter operacji	pulmonektomia: 7 lobektomia: 10 bilobektomia: 0 nieop./res. mech.: 6	pulmonektomia: 8 lobektomia: 7 bilobektomia: 1 nieop./res. mech.: 10
czas trwania znieczulenia (min)	125–360 (230)	85–180 (133)
czas trwania operacji (min)	90–250 (159)	55–145 (94)

BMI – body mass index, wskaźnik masy ciała
BSA – body surface area, powierzchnia ciała

Znieczulenie indukowano propofolem. Mięśnie poprzeczne prądkowane zmiotczano cis-atrakurium. Pacjenci intubowani byli rurką dwuświatłową w taki sposób, aby część oskrzelowa rurki intubacyjnej znajdowała się w nieoperowanym płucu. Po skontrolowaniu położenia rurki ustalano skład mieszanki oddechowej (tlen/powietrze) w taki sposób, aby stężenie wdychanego tlenu (FiO₂, *fraction of inspired O₂*) wynosiło minimum 0,35. W obu grupach podawano odpowiednio sewofluran lub halotan w stężeniu odpowiadającym 1 MAC (*minimal alveolar concentration*, minimalne stężenie pęcherzykowe); wartość MAC odniesiona była do wieku pacjentów. Zmiotczenie mięśni monitorowano monitorem przewodnictwa nerwowo-mięśniowego; podawanie środków zmiotczających odbywało się na podstawie wskazania monitora przewodnictwa nerwowo-mięśniowego. Pacjentom, u których wystąpiły kliniczne objawy bólu (nocycepcji), podawano dożylnie fentanyl w dawce 0,05–0,1 mg. U 4 osób z grupy SEWO i 3 z grupy HAL zaszła konieczność usunięcia cewnika Swana-Ganza. Spowodowane to było wprowadzeniem go do tętnicy płucnej operowanego płuca oraz zapobieżeniem zgilotynowaniu go w czasie podwiązania tętnicy płucnej. Po zakończeniu badań z IX przedziału – usuwano cewnik Swana-Ganza i kierowano pacjentów do sali pooperacyjnej.

Analizę statystyczną przeprowadzono u 19 chorych z grupy sewofluranu (n=23) i 23 z grupy halotanu (n=26). Nie podano analizie pacjentów o nr 1, 3, 6 i 19 z grupy sewofluranu i pacjentów o nr 3, 10 i 21 z grupy halotanu. Powodem było wprowadzenie cewnika do tętnicy płucnej operowanego płuca i konieczność jego usunięcia z tętnicy płucnej w VII przedziale czasowym.

Weryfikowano hipotezy statystyczne dotyczące równości średnich. Podstawowe pytanie, na które szukano odpowiedzi, brzmi: czy wartości te różnią się w sposób istotny, czy też nie? Do porównania wartości średnich odpowiednich parametrów dla badanych izofluranu i sewofluranu posłużono się testem Cochran'a i Coxa. Do porównania wyników zebranych w kolejnych odstępach czasowych dla badanych izofluranu i sewofluranu wykorzystano test sumy rang (test Wilcoxon'a). Przy weryfikacji hipotez statystycznych założono poziom istotności $\alpha=0,05$.

Wyniki

Nie obserwowano statystycznie istotnych różnic między użytymi do znieczulenia anestetykami (sewofluran i halotan) w odniesieniu do wszystkich badanych parametrów, z wyjątkiem CVP, MPAP (*mean pulmonary arterial pressure*, średnie ciśnienie krwi w tętnicy płucnej), RVSWI, PCWP i CPP.

Okazało się, że wyjściowy żylny przeciek śródplucny – Q_s/Q_t (przed rozpoczęciem znieczulenia) jest znacznie wyższy niż opisywany w podręcznikach fizjologii (2–5%). Tylko u 1 chorego wynosił 3%. Wartość Q_s/Q_t u statystycznej większości pacjentów wynosiła powyżej 10%. Wyłączenie z wentylacji płuca powodowało statystycznie istotne podwyższenie Q_s/Q_t (o 1,8 raza – w przypadku halotanu i o 1,65 raza – w przypadku sewofluranu) (ryc. 1). Po zakończeniu znieczulenia wartość *shunt* powracała do normy jedynie u znieczulanych sewofluranem. Oba anestetyki wpływały podobnie na parametry hemodynamiczne, takie jak: HR (*heart rate*, częstość pracy serca), CI, MAP (*mean arterial pressure*, średnie ciśnienie tętnicze), SVI, LVSWI, SVR i PVR.

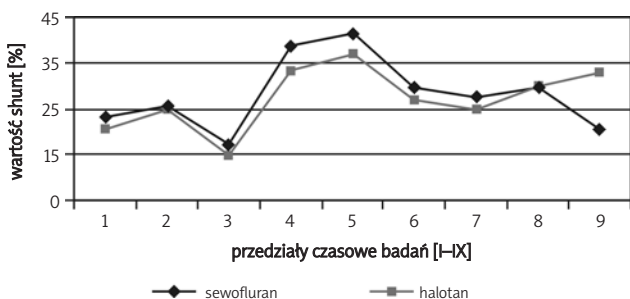
Znieczulenie halotanem przebiegało z nieistotnie statystycznie niższymi wartościami PCWP (ryc. 2.) i statycznie

istotnie niższymi wartościami MPAP (ryc. 3.). Znieczulenie sewofluranem powodowało podwyższenie wartości PCWP – $p<0,05$ (przekraczającymi górną granicę normy, tj. 12 mmHg) i MPAP – $p>0,05$ (przekraczającymi górną granicę normy, tj. 18 mmHg). Podwyższenie ciśnienia w tętnicy płucnej można tłumaczyć lepszą czynnością prawej komory w czasie znieczulenia sewofluranem (RVSWI) – podwyższenie wartości – $p<0,05$ (ryc. 4.), ponieważ wartość PVR nie zmieniła się w stopniu statystycznie istotnym. W odniesieniu do RVSWI występowała różnica statystycznie istotna pomiędzy sewo- a halotanem ($p<0,05$). Wyższe wartości PCWP wiążą się w przekonaniu autorów ze znacznie dłuższym czasem znieczulenia w grupie SEWO i przetoczeniem dożylnym dużej objętości płynów – 2 razy większej objętości krystaloidów – $p<0,05$ (tab. II). Przetoczenie dużej objętości płynów mogło również skutkować podwyższeniem PCWP w grupie SEWO. Wartość SVR w trakcie i po znieczuleniu była niższa niż przed indukcją, ale mieściła się w normie.

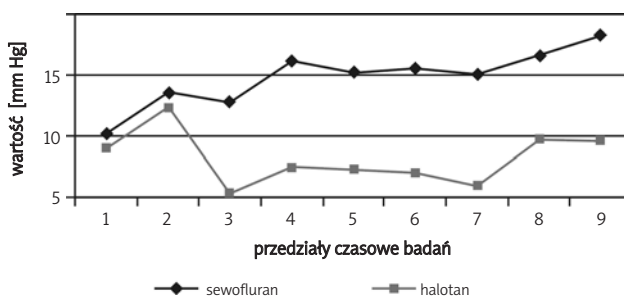
Oba anestetyki obniżały wartość wieńcowego ciśnienia perfuzyjnego – CPP (ryc. 5.); sewofluran nieistotnie statystycznie – $p>0,05$; halotan – istotnie statycznie ($p<0,05$). W odniesieniu do CPP występowały różnice pomiędzy sewofluranem i halotanem – $p<0,05$.

Omówienie

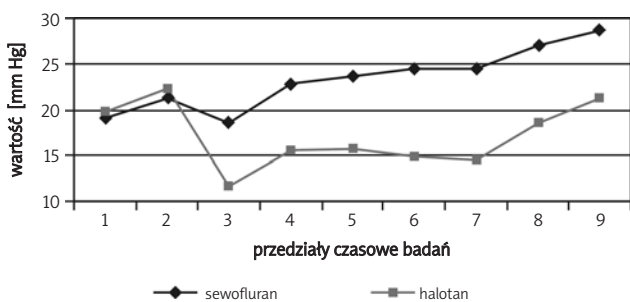
Podając się oceny wpływu sewofluranu i halotanu na założone w celu pracy parametry, autorzy mieli świadomość trudności z dotarciem do piśmiennictwa o podobnej tematyce. Dostępne prace dotyczą z reguły małych populacji ludzkich lub wykonywane były na zwierzętach. W większości prac, do których udało się dotrzeć, nie oceniano parametrów, takich jak wieńcowe ciśnienie perfuzyjne, czy parametrów in-



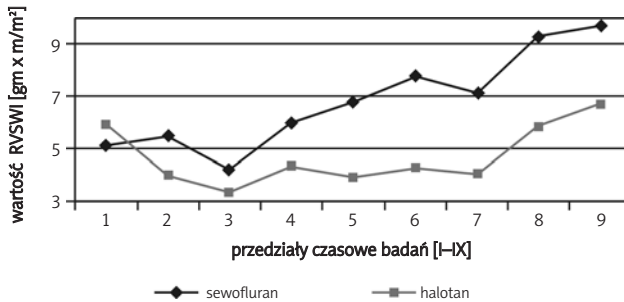
Ryc. 1. Żylny przeciek śródplucny (*shunt*; Q_s/Q_t)



Ryc. 2. Ciśnienie zaklinowania włóscinek płucnych



Ryc. 3. Średnie ciśnienie w tętnicy płucnej (MPAP)



Ryc. 4. Wskaźnik pracy wyrzutowej prawej komory serca (RVSWI)

Tab. II. Przetoczone płyny

	Sewofluran (n=23)	Halotan (n=26)
krystaloidy (ml)	750–2800 (śr. 1610)	1000–4000 (śr. 1809)
koloidy (ml)	0–1000 (śr. 337)	0–500 (śr. 182)

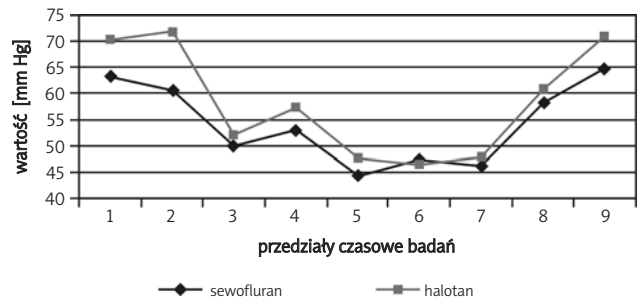
formujących o obciążeniu wstępnym i następczym prawej i lewej komory serca. Wynikało to z niezastosowania jako instrumentu badawczego cewnika Swana-Ganza.

Praca oceniała 2 anestetyki: halotan, który wprowadzony został do anestezjologii na początku lat 50., i sewofluran, który po raz pierwszy został użyty w Polsce w połowie lat 90. [11]. Zarówno jeden, jak i drugi stosowane są w Polsce – halotan jako *przyjazny ekonomicznie*, a sewofluran – *zdrowotnie*.

Sewofluran charakteryzuje się niewielkim wpływem na czynność lewej komory i podobnym do izofluranu wpływem rozszerzającym naczynia krwionośne. Sewofluran nieznacznie upośledza czynność lewej komory w stężeniu 2–4%/obj., względnie chroniąc czynność skurczową prawej komory [12, 13].

Czynnikiem branym pod uwagę w czasie znieczulenia z wyłączeniem z wentylacji jednego płuca (OLV) jest desaturacja krwi, spowodowana zwiększeniem żylnego przecieku śródpiętnego (Q_s/Q_t). Najważniejszą przyczyną powodującą desaturację (poza wyłączeniem z wentylacji płuca) jest zahamowanie hipoksycznego skurczu naczyń płucnych (HPV) w niewentylowanym płucu przez anestetyki użyte do znieczulenia. Od lat toczy się dyskusja, które anestetyki wpływają na HPV w najmniejszym stopniu. Użycie 1 MAC sewofluranu u psów nie powodowało zahamowania HPV [15]. Używając perfundowanych płuc króliczych Ishibe i wsp. zaobserwowali, że sewofluran bezpośrednio hamował odpowiedź naczyń płucnych spowodowaną hipoksją; zjawisko to miało podobną dynamikę również w czasie znieczulenia izofluranem. Badacze zauważyli, że granicą, powyżej której dochodziło do zahamowania HPV przez sewofluran, było jego stężenie w mieszaninie oddechowej >1 MAC [16]. Pozwoliło to założyć, że zastosowanie sewofluranu w stężeniu do 1 MAC nie powinno znacząco podwyższać Q_s/Q_t . Anestezja sewofluranem w stężeniu <1 MAC w czasie wyłączenia z wentylacji operowanego płuca nakazuje jednak należyte monitorowanie głębokości snu. Wynika to z faktu, że w czasie OLV, prowadzonym za pomocą środka o niskim współczynniku rozpuszczalności krew gaz [11] (a takim anestetykiem jest m.in. sewofluran), może dojść do spłycenia głębokości snu (skutek rozcieńczeń Egera). Zjawisko to nie ma znaczenia w czasie znieczulenia zbilansowanego (znieczulenie ogólne + zewnątrzoponowe w odcinku piersiowym: GA+TEA; znieczulenie ogólne + przykręgowe w odcinku piersiowym: GA+TPVA; znieczulenie ogólne + dopłucnowe: GA+IPA), pod warunkiem że stężenie sewofluranu będzie wyższe niż 0,34 MAC (co odpowiada MAC_{awake}).

Wyniki tych badań pozwoliły domniemywać, że użycie sewofluranu w stężeniu <1 MAC w trakcie OLV może powodować mniejsze zaburzenia w odniesieniu do HPV. Kellow



Ryc. 5. Wieńcowe ciśnienie perfuzyjne (CPP)

i wsp. [17] zauważyli, że HPV jest odwrotnie proporcjonalny do rzutu serca – CO. Zatem kliniczne wykładniki każdego rodzaju zahamowania HPV przez anestetyki wziewne wiązać się będą ze znaczącym zmniejszeniem CO i nietypowymi zmianami w HPV w trakcie wzrostu i umiarkowanego zmniejszenia CO.

Odnosząc doniesienia z piśmiennictwa do wyników badań przeprowadzonych przez autorów tej pracy, należy zauważyć, że to nie żylny przeciek śródpiętny charakteryzował oceniany anestetyk; żylny przeciek śródpiętny zwiększał się niezależnie od zastosowanego środka – w podobny sposób. Różny był natomiast wpływ na parametry hemodynamiczne, możliwe do zbadania dzięki cewnikowi wprowadzonemu do tętnicy płucnej. Cewnik Swana-Ganza umożliwił ocenę wpływu znieczulenia na obciążenie wstępne i następcze, rzut serca, pracę prawej i lewej komory serca oraz wieńcowe ciśnienie perfuzyjne. Pozwoliło to na sformułowanie zawartych poniżej wniosków.

Wnioski

1. Żylny przeciek śródpiętny u kwalifikowanych do operacji torakochirurgicznych jest znacznie wyższy od uznawanego za fizjologiczny.
2. Wyłączenie z wentylacji jednego płuca powoduje podwyższenie wartości żylnego przecieku śródpiętnego zarówno u znieczulanych sewo-, jak i halotanem. Nie ma statystycznie istotnych różnic między sewo- a halotanem w czasie znieczulenia. Po zakończeniu znieczulenia wartość *shunt* powraca do stanu sprzed znieczulenia jedynie u znieczulanych sewofluranem.
3. Wpływ badanych anestetyków na parametry hemodynamiczne należy rozpatrywać na podstawie wpływu na poszczególne składowe prawidłowej czynności serca:
 - Sewofluran i halotan podobnie wpływają na częstość pracy serca [HR] i wskaźnik sercowy [CI].
 - Halotan depresyjnie wpływa na czynność lewej komory, wyrażoną przede wszystkim obniżeniem *afterload*, czego konsekwencją jest obniżenie wieńcowego ciśnienia perfuzyjnego [CPP]. Zmiany w CPP po zastosowaniu sewofluranu nie mają istotności statystycznej.
 - Sewofluran wywiera korzystny wpływ na czynność prawej komory [\uparrow RVSWI i \downarrow PVR].

Pracę zrealizowano z grantu UM w Łodzi, nr: 502-15-327

Piśmiennictwo

- Klingstedt C, Hedenstierna G, Baehrendtz S. Ventilation-perfusion relationship and atelectasis formation in the supine and lateral positions during conventional mechanical and differential ventilation. *Acta Anaesthesiol Scand* 1990; 34: 421-429.
- Benumof JL. One-lung ventilation and hypoxic pulmonary vasoconstriction: implications for anesthetic management. *Anesth Analg* 1985; 64: 821-823.
- Marshall C, Marshall BE. Site and sensitivity for stimulation of hypoxic pulmonary vasoconstriction. *J Appl Physiol* 1983; 55: 711-716.
- Cheney FW, Colley PS. The effect of cardiac output on arterial blood oxygenation. *Anesthesiology* 1980; 52: 496-503.
- Domino KB, Boroowec L, Alexander CM. Influence of isoflurane on hypoxic pulmonary vasoconstriction in dogs. *Anesthesiology* 1986; 64: 423-429.
- Pagel PS, Fu JL, Damask MC, Davis RF, Samuelson PN, Howie MB, Wartier DC. Desflurane and isoflurane produce similar alterations in systemic and pulmonary hemodynamics and arterial oxygenation in patients undergoing one-lung ventilation during thoracotomy. *Anesth Analg* 1998; 87: 800-807.
- Slinger P, Scott WAC. Oxygenation during one-lung anaesthesia. A comparison of enflurane and isoflurane. *Anesthesiology* 1995; 82: 940-946.
- Beck DH, Doepfmer UR, Sinemus C, Bloch A, Schenk MR, Kox WJ. Effects of sevoflurane and propofol on pulmonary shunt fraction during one-lung ventilation for thoracic surgery. *Br J Anaesth* 2001; 86: 38-43.
- Benumof JL, Augustine SD, Gobbons JA. Halothane and isoflurane only slightly impair arterial oxygenation during one-lung ventilation in patients undergoing thoracotomy. *Anesthesiology* 1987; 67: 910-915.
- Mathers C, Benumof JL, Wahrenbrock EA. General anesthetics and regional hypoxic pulmonary vasoconstriction. *Anesthesiology* 1977; 46: 111-114.
- Wallin RF, Regan BM, Napoli MD, Stern JJ. Sevoflurane: a new inhalational anesthetic agent. *Anesthesia and Analgesia* 1975; 54: 758-766.
- Kazama T, Ikeda K. The comparative cardiovascular effects of sevoflurane with halothane and isoflurane. *Masui* 1988; 2: 63-68.
- Bernard J-M, Wouters PF, Doursout M-F, Florence B, Chelly JE, Merin RG. Effects of sevoflurane and isoflurane on cardiac and coronary dynamics in chronically instrumented dogs. *Anesthesiology* 1990; 72: 659-662.
- Fujita Y, Yamasaki T, Takaori M, Sekioka K. Sevoflurane anaesthesia for one-lung ventilation with PEEP to the dependent lung in sheep: effects on right ventricular function and oxygenation. *Canadian Journal of Anaesthesia* 1993; 40: 1195-1200.
- Morris JJ, Pellom GL, Hamm DP, Everson CT, Wechsler AS. Dynamic right ventricular dimension: relation to chamber volume during the cardiac cycle. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1986; 91: 879-887.
- Ishibe Y, Gui X, Uno H. Effects of sevoflurane on hypoxic pulmonary vasoconstriction in the perfused rabbit lung. *Anesthesiology* 1993; 79: 1348-1353.
- Kellow NH, Scott AD, White SA, Feneck RO. Comparison of the effects of propofol and isoflurane anaesthesia on right ventricular function and shunt fraction during thoracic surgery. *British Journal of Anaesthesia* 1995; 75: 578-582.

Komentarz

prof. dr hab.med. Janusz Andres

Katedra Anestezjologii i Intensywnej Terapii CMUJ, Kraków



Operacje torakochirurgiczne, podobnie jak kardiochirurgiczne, to obszar medycyny, w którym zachodzi konieczność bezpośredniej ingerencji w pracę płuc i serca. W czasie znieczulenia do tego typu zabiegów funkcja tych organów musi być szczególnie dokładnie monitorowana, a każde odchylenie od normy natychmiast korygowane

wspólnym wysiłkiem anestezjologa i chirurga. Nie bez znaczenia jest wykorzystanie wszelkich możliwych technik ochronnych (protekcyjnych) układu sercowo-naczyniowego i płuc zarówno endogennych, takich jak: hartowanie poprzez niedokrwienie, hipoksyczny skurcz naczyń płucnych, jak i egzogennych, poprzez zastosowanie kardioplegii, leków, oszczędzających płuca technik wentylacji, a także wykorzystanie efektu protekcyjnego wziewnych leków anestetycznych.

W moim odczuciu, praca dr. Waldemara Machały i wsp. zasługuje na uwagę w szerszym kontekście, w zakresie trzech zagadnień:

- Zastosowanie cewnika Swana-Ganza u chorych bez obciążeń kardiologicznych w celach badawczych.
- Problem wentylacji jednego płuca.
- Hipoksyczny skurcz naczyń oraz zastosowanie wziewnych leków anestetycznych jako mechanizmu ochronnego.

Ad 1. Protokół badań przewidywał użycie cewnika Swana-Ganza u wszystkich operowanych chorych, mimo iż nie było klinicznych wskazań do jego zastosowania. Umożliwiło to realizację celu badawczego i uzyskanie komplekso-

wych danych hemodynamicznych oraz interesujących wyników. Praktyczne stosowanie cewnika Swana-Ganza w klinice jest dzisiaj rzadsze niż jeszcze parę lat temu, nawet w sytuacjach, gdy istnieją wskazania do jego użycia. Nie powinniśmy jednak zapominać o tym ważnym narzędziu monitorowania układu krążenia, które samodzielnie bądź w połączeniu z bardziej nowoczesnymi technikami monitorowania może ułatwić osiągnięcie celu terapeutycznego w leczeniu konkretnego pacjenta [1].

Ad 2. Tak jak w kardiologii głównym obszarem działalności jest zabezpieczenie funkcji hemodynamicznej układu sercowo-naczyniowego, tak w torakoanestezji skupiamy się głównie na efektywnej oksygenacji i wentylacji pacjenta. Wentylacja jednego płuca (ang. *one lung ventilation*, OLV) jest niezbędnym, aczkolwiek нефизjologicznym działaniem, które musi się odbywać pod pełną kontrolą utlenowania i wymiany dwutlenku węgla za pomocą pulsoksymetrii i kapnografii [2]. Jednak rzeczywiste bezpieczeństwo pacjenta leży w ścisłej współpracy znieczulającego anestezjologa i operującego chirurga, współpracy opartej na wiedzy i doświadczeniu, zrozumieniu oraz bezbłędnej komunikacji. Żaden aparat monitorujący nie zastąpi efektywnej współpracy tego zespołu. W torako- i kardiochirurgii współpraca ta jest bezwzględnie warunkiem powodzenia terapeutycznego.

Ad 3. Powszechnie znane i wykorzystywane już w klinice zjawisko hartowania poprzez niedokrwienie (ang. *ischemic preconditioning*) jest najsilniejszym ze znanych naturalnych mechanizmów obronnych ustroju. Zaczynamy poznawać różne endogenne mechanizmy protekcyjne, do których rów-

niez należy dawno poznany hipoksyczny skurcz naczyń płucnych w odpowiedzi na niedotlenienie. Ma on uchronić ustrój przed niedotlenieniem, czyli można powiedzieć, że natura wspomaga nasze cele terapeutyczne. Pytanie nasuwa się samo: czy możemy w jakiś sposób aktywować endogenne mechanizmy protekcyjne? W przypadku krótkiego niedokrwienia i reperfuzji [hartowania poprzez krótkie niedokrwienie (ang. *ischaemic preconditioning*, IP)] zdecydowanie tak! Co więcej, aktualnie wiele badań wskazuje na protekcyjne działanie wziewnych leków anestetycznych w kardiologii (ang. *anaesthetic preconditioning*, AP) w mechanizmie podobnym do hartowania poprzez niedokrwienie [3]. W pracy dr. Machały i wsp. nie badano bezpośrednio protekcyjnego efektu anestetyków wziewnych na płuca i serce, porównywano jedynie ich wpływ na prze-

ciek śródplucny i wybrane parametry hemodynamiki. Wyniki tej pracy wskazują jednak na korzystne działanie jednego z nich (sewofluranu) na funkcję prawej komory. Byłoby bardzo interesujące poznać wyniki badań opartych na powyższym protokole i materiale, porównujące znieczulenie wziewne ze znieczuleniem dożylnym, do czego zachęcam autorów prezentowanej pracy.

Piśmiennictwo

1. Sandham JD, Hull RD, Brand RF, et al. A randomized controlled trial of the use of pulmonary-artery catheters in high-risk surgical patients. *N Engl J Med* 2003; 348: 5-14.
2. Campos JH. An update on bronchial blockers during lung separation techniques in adults. *Anesth Analg* 2003; 97: 1266-1274.
3. De Hert GS, Turani F, Mathur S, Stowe DF. Cardioprotection with volatile anesthetic: mechanisms and clinical implications. *Anesth Analg* 2005; 100: 1054-1093.

Komentarz

dr hab. med. Hanna Misiółek

Katedra Anestezjologii i Intensywnej Terapii ŚAM, Zabrze



Torako chirurdzy są w stanie przeprowadzać coraz więcej skomplikowanych operacji, w dużej mierze dzięki rozwojowi innowacyjnych technik anestetycznych. Postępowanie anestezjologiczne z chorym, któremu otwarto klatkę piersiową, jest unikalnym wyzwaniem utrzymania stabilności krążeniowo-oddechowej, mimo zamierzonego wentylowania tylko jednego płuca (OLV – *One Lung Ventilation*) [1]. Znieczulenie ogólne, pozycja na boku, otwarcie klatki piersiowej, działania chirurgiczne, wentylacja OLV, zmieniają stosunek wentylacji do perfuzji. Ilość krwi przepływającej przez niewentylowane płuco (przeciek płucny Q_s/Q_t) jest najważniejszym czynnikiem decydującym o utlenowaniu krwi tętniczej podczas OLV. Obliczenie przecieku płucnego jest skomplikowaną kalkulacją, wymagającą zastosowania inwazyjnych metod cewnikowania bądź to tętnicy płucnej, bądź prawego przedsionka (konieczność pozyskania próbek mieszanej krwi żyłnej). Nie każde znieczulenie do operacji otwarcia klatki piersiowej wymaga tak inwazyjnej metody postępowania. Baczne monitorowanie utlenowania krwi za pomocą pulsoksymetru lub w miarę potrzeby częste wykonywanie badania gazometrycznego krwi tętniczej oraz ocena prężności CO_2 w powietrzu wydychanym, stanowią standardowy schemat monitorowania wentylacji w tego typu procedurach. Monitorowanie układu sercowo-naczyniowego umożliwiające śledzenie wielu parametrów hemodynamicznych daje inwazyjne cewnikowanie tętnicy płucnej przy użyciu cewnika Swana-Ganza. Metodę tę uznaje się za referencyjną i odnosi się do niej inne, coraz powszechniejsze sposoby nieinwazyjne, umożliwiające uzyskanie wyczerpujących informacji o parametrach przepływów lewokomorowych (objętość wyrzutowa, częstość rytmu serca, obciążenie wstępne, kurczliwość lewej komory oraz obciążenia następcze). Doniesienia z piśmien-

nictwa podają wysoki współczynnik korelacji metody inwazyjnej z nieinwazyjnymi [2, 3].

W specyficznej dziedzinie, jaką jest torako chirurgia stosowanie cewnika Swana-Ganza, a co za tym idzie cewnikowanie tętnicy płucnej, będącej obiektem działań chirurgów, jest mało uznaną metodą i często chybioną, m.in. z uwagi na przypadkowość cewnikowanej strony. Autorzy przedstawionej pracy również mieli z tym problem, wykluczając z badania chorych, u których po jednej stronie była cewnikowana i operowana tętnica płucna. Tak jak można zrezygnować z cewnika Swana-Ganza podczas monitorowania hemodynamicznego, tak też można dokonać obliczeń przecieku płucnego bez cewnikowania tętnicy płucnej. Jak wiadomo, do obliczeń Q_s/Q_t niezbędne jest badanie gazometryczne mieszanej krwi żyłnej. Autorzy kilku doniesień udowodnili, że różnica w stężeniu tlenu we krwi pochodzącej z tętnicy płucnej i z prawego przedsionka wynosiła $0,34\% \pm 2,5$. Uznali oni, że z przyczyn etycznych zamiast cewnikowania tętnicy płucnej można pobierać próbki krwi z prawego przedsionka, uznając ją za mieszaną krew żylną. Czynniki wpływających na wielkość przecieku jest wiele i może dlatego tak różne są wyniki oceny tego parametru u różnych badaczy. Udowodniono jednak wpływ środków wziewnych na zahamowanie mechanizmu hipoksycznego skurczu naczyń płucnych. Prawdopodobnie dlatego, mimo ich działania bronchodylatacyjnego, podczas zabiegów z OLV bardziej zalecana jest anestezja z użyciem propofolu [4, 5]. Stosując anestezję wziewną podczas OLV z długim czasem wyłączenia płuca z wentylacji, stwierdzono wzrost przecieku nawet do 45% w grupie chorych znieczulanych wziewnie. Zmiana sposobu znieczulenia z wziewnego (halotan) na dożylny (propofol) podczas OLV spowodowała znamienny wzrost PaO_2 i obniżenie Q_s/Q_t [4].

Inną składową znieczulenia jest analgezja. Opinie dotyczące wpływu znieczulenia zewnątrzoponowego (z.o.) w odcinku piersiowym na hipoksyczny skurcz naczyń płuc-

nych są podzielone. Niektórzy badacze dokumentują poprawę oksygenacji i nasilenia efektu hipoksycznego skurczu naczyń płucnych poprzez odwrócenie przepływu z niewentylowanych do dobrze utlenowanych obszarów płuc, co odzwierciedla spadek wartości ciśnienia parcjalnego tlenu w mieszaninie krwi żyłnej [6]. Z metodyki komentowanej pracy nie wynika jednoznacznie, jaki procent chorych był znieczulany z.o., a jaki przykręgowo oraz jakich środków użyto do znieczulenia regionalnego. Ma to ogromne znaczenia, gdyż rodzaj znieczulenia regionalnego oraz użyte środki znieczulenia miejscowego wpływają na zachowanie się ciśnienia tętniczego. Obniżeniu wartości ciśnienia tętniczego przy stosowaniu znieczulenia z.o. przeciwdziała stosowanie katecholamin (np. efedryna), które poprawiają rzut serca. Efektem wzrostu rzutu serca jest nasilenie przecieku, prawdopodobnie poprzez poprawę przepływu przez niewentylowane lub źle wentylowane płuca. Taką tezę wysunął Garutti tłumacząc wzrost przecieku przy znieczuleniu z.o. w przeciwieństwie do znieczulenia ogólnego [6]. Mniej-

szym wpływem na stan krążenia charakteryzuje się znieczulenie przykręgowe, blokada obwodowa coraz powszechniej stosowana również w torakochirurgii, zarówno w trakcie operacji, jak i w celu analgezji pooperacyjnej.

Piśmiennictwo

1. Brodsky JB: Thoracic anesthesia. *Seminars in respiratory and critical care medicine* 1999; 20: 419-427.
2. Marik PE: Pulmonary artery catheterization and esophageal doppler monitoring in the ICU. *Chest* 1999; 116: 1085-1091.
3. Keyl C, Rodig G, Lemberger P, Hobbhahn J: A comparison of the use of transoesophageal Doppler and thermodilution techniques for cardiac output determination. *Eur J Anaesthesiol* 1996; 13: 136-142.
4. Abe K, Shimizu T, Takashina M, Shiozaki H, Yoshiya I: The effects of propofol, isoflurane, and sevoflurane on oxygenation and shunt fraction during one-lung ventilation. *Anesth Analg* 1998; 87: 1164-1169.
5. Beck DH, Doepfmer UR, Sinemus C, Bloch A, Schenk MR, Kox WJ: Effects of sevoflurane and propofol on pulmonary shunt fraction during one-lung ventilation for thoracic surgery. *Br J Anaesth* 2001; 86: 38-43.
6. Garutti I, Quintana B, Olmedilla L, Cruz A, Barranco M, Garcia de Lucas E: Arterial oxygenation during one-lung ventilation: combined versus general anesthesia. *Anesth Analg* 1999; 88: 494-499.