

Farmakoeconomiczne aspekty stabilnej fazy znieczulenia ogólnego – porównanie kosztów podtrzymania znieczulenia w zależności od zastosowanych anestetyków wziewnych i parametrów przepływu gazów.

Lek. Rafał Młynarski

Dział Anestezjologii Centrum Onkologii Ziemi Lubelskiej w Lublinie

Anestezjologia jest dziedziną, w której postęp farmakologiczny w ostatnich latach jest bardzo szybki, czego następstwem jest wiele nowych, niestety drogich, leków. Niejednokrotnie te droższe preparaty powodują uzyskanie oszczędności przewyższających koszty ich zastosowania. Jednak przeprowadzenie analiz farmakoeconomicznych w anestezjologii jest metodologicznie trudne z powodu specyfiki udzielanego przez anestezjologów świadczenia i braku obiektywnych parametrów pozwalających na ocenę znieczulenia. Ponadto leki anestezjologiczne, wydają się być nie związanymi z procedurą zabiegową, za którą szpital otrzymuje środki od płatnika, są łatwe do identyfikacji i dlatego często stają się przedmiotem ograniczeń administracyjnych [1]. Te nierozważne oszczędności mogą prowadzić wręcz do wzrostu kosztów leczenia z powodu dodatkowego obciążenia kosztami leczenia powikłań, czy przedłużonego pobytu pacjenta w szpitalu [2], dlatego też bardzo ważna jest rzetelnie przeprowadzona analiza efektywności kosztowej (cost-effective) - określenie związku pomiędzy skutecznością i kosztami leczenia, pozwalające stwierdzić, czy wyższe koszty związane z wprowadzeniem droższej procedury uzasadnione są dodatkowymi korzyściami klinicznymi, przy czym uwzględnić należy także koszty ponoszone przez chorego i społeczeństwo, związane m.in. z jego nieobecnością w pracy, rozłąką z rodziną, bólem i cierpieniem. Takie holistyczne podejście do analizy kosztów w opiece medycznej przyczyniło się do rozwoju tzw. chirurgii jednego dnia - szacuje się, że 30-60% zabiegów chirurgicznych może być wykonywanych w takim trybie, a zmiana sposobu leczenia, pomimo konieczności stosowania nowszych i droższych leków anestezjologicznych, nie zwiększa kosztów wykonania procedury, w porównaniu do leczenia "konwencjonalnego" [1].

W rzeczywistości leki anestezjologiczne stanowią 3-5% wszystkich wydatków na leki i jest to mniej niż koszty sterylizacji narzędzi chirurgicznych [3]. Około ¼ tych kosztów stanowią leki wziewne stosowane do podtrzymania znieczulenia. Konwencjonalne znieczulenie (wysokoprzepływowe) wiąże się z prawie 90% stratą ilości anestetyków. Niskoprzepływowa anestezja pozwala zaoszczędzić znaczną część leków, wymaga jednak nowoczesnego aparatu do znieczulenia z monitorowaniem parametrów gazowych. Szczególnie przydatne w znieczuleniu niskoprzepływowym są anestetyki o niskiej rozpuszczalności w tkankach – desfluran i sewofluran [4].

Większość zabiegów wykonywanych w znieczuleniu ogólnym przeprowadza się z użyciem układu okrężnego, tzw. metodą półzamkniętą. W zależności od wielkości przepływu świeżych gazów (FGF) wyróżniamy anestezję z wysokim przepływem (HFA), gdy dostawa świeżych gazów wynosi 3-6 l/min, anestezję z niskim przepływem (LFA), gdy dostawa gazów wynosi 1-3 l/min oraz anestezję z minimalnym przepływem (MFA), gdy dostawa gazów wynosi poniżej 1 l/min. Podczas znieczulenia z wysokim przepływem wielkość przepływu gazów jest równa lub wyższa zapotrzebowaniu pacjenta i nadmiar gazów eliminowany jest przez zastawkę nadmiarową [5]. Podczas znieczulenia z niskim i minimalnym przepływem znaczna część gazów wydychanych przez pacjenta, po przejściu przez pochłaniacz dwutlenku węgla, ponownie trafia do mieszaniny oddechowej. Ponieważ metabolizm anestetyków wziewnych jest minimalny (wyjątkiem jest halotan, którego aż 46% zostaje zmetabolizowane), a utrzymanie ich

stałego stężenia "w pacjencie" wymaga utrzymania stałego stężenia w mieszaninie wdychanej, zmniejszenie przepływu świeżych gazów pozwala w zauważalnym stopniu zmniejszyć zużycie tych leków. Taka "redystrybucja" gazów w układzie oddechowym aparatu do znieczulenia (oddech zwrotny) poprawia właściwości mieszaniny oddechowej: jest ona ogrzana i nawilżona. Zmniejsza się także zanieczyszczenie sali operacyjnej, bowiem w polskich warunkach nieliczne sale operacyjne wyposażone są w klimatyzację i odciąg gazów, a w większości gazy usuwane są do atmosfery sali operacyjnej. Powoduje to oczywiście narażenie pracującego w nich personelu na stałe działania gazów anestetycznych, wśród których szczególnie niebezpieczny jest podtlenek azotu, wykazano bowiem jego działania teratogenne u zwierząt, a u kobiet ciężarnych narażonych na stałą ekspozycję podtlenku azotu w salach operacyjnych stwierdzono o 30% więcej poronień i o 20% więcej wad wrodzonych w potomstwie. Z tego też powodu krajowy nadzór anestezjologiczny zapowiedział wycofanie podtlenku azotu z indeksu terapeutycznego oraz uruchomienie programu szkoleń popularyzującego znieczulenie w technice niskich przepływów [6]. Podczas oddechu zwrotnego znaczna część gazów wydychanych przez pacjenta przechodzi przez pochłaniacz dwutlenku węgla, gdzie w szeregu reakcji powstaje z niego woda i sól węglanowa (oraz energia). W reakcję z substancjami pochłaniającymi dwutlenek węgla wchodzi jednak także anestetyki, powodując powstawanie toksycznych produktów degradacji: 2-bromo-2-chloro-1,1 – dwuetyloetylen (halotan), tlenku węgla (izofluran, enfluran, desfluran), fluoroformu (desfluran) i substancji A (sewofluran). Wielkość tworzenia się tych związków zależy od rodzaju pochłaniacza, jego temperatury i wilgotności, ale przede wszystkim od przepływu gazów – im mniejszy tym substancji tych powstaje więcej [5]. W ostatnich latach szczególnie zwracano uwagę na niebezpieczeństwa związane z powstawaniem substancji A, jako produktu nieenzymatycznej degradacji sewofluranu oraz tlenku węgla, powstającego w następstwie kontaktu z substancją pochłaniającą dwutlenek węgla desfluranu, w mniejszym stopniu enfluranu i izofluranu.

W świetle obecnej wiedzy nie udowodniono nefrotoksycznego działania substancji A u ludzi, choć stwierdzono takie działanie eksperymentalnie u szczurów (prawdopodobnie związane jest to z innymi drogami metabolizmu CpA u ludzi i szczurów). Z powodu potencjalnej nefrotoksyczności FDA zaleciła w USA, aby podczas znieczulenia z sewofluranem przepływ świeżych gazów (FGF) nie był mniejszy niż 1 l/min. Znane są jednak badania, w których autorzy wykazali bezpieczeństwo stosowania sewofluranu przy minimalnym dopływie świeżych gazów (MFA) [5]. Nie potwierdzono także wstępnych doniesień o niebezpieczeństwie stosowania desfluranu w technice niskiego przepływu. Tlenek węgla powstaje w ilościach, które nie powinny wywoływać objawów toksycznych, choć zastosowanie desfluranu podczas znieczulenia ogólnego z niskim przepływem, przy suchym i ciepłym pochłaniaczu może wiązać się z występowaniem bólów głowy, nudności i wymiotów - "zespół poniedziałkowego ranka" [5].

Pierwszy aparat do znieczulenia ogólnego pozwalający na prowadzenie znieczulenia metodą półzamkniętą wyprodukowała w 1924 roku firma Draeger. Technika niskich przepływów była powszechnie stosowana, gdy eter stanowił podstawę znieczulenia – podawano wówczas mieszaninę zawierającą 300-350 ml tlenu, czyli pokrywającą minimalne zapotrzebowanie organizmu. Gdy, w połowie lat 50-tych XX wieku, wprowadzono do praktyki klinicznej halotan, trudności konstrukcyjne parowników sprawiły, że konieczne było stosowanie wysokich przepływów i ta zmiana schematu wentylacji na 2+4 utrwaliła się na lata (2 l tlenu + 4 l podtlenku azotu, czyli FGF 6 l/min). Obecnie jest to najczęściej stosowana w Polsce technika znieczulenia, wg sond Polanestu (www.polanest.prv.pl) techniki z użyciem niskich przepływów stosuje mniej niż 20% ankietowanych anestezjologów, a halotan jako najczęściej stosowany

anestetyk wymienia ponad 40% z nich. Bez wątplenia w wielu przypadkach ograniczeniem jest niedostateczne wyposażenie i przyzwyczajenia lekarzy. Prowadzenie znieczulenia ogólnego w technice niskich przepływów wymaga bowiem aparatu do znieczulenia z niewielką nieuszczelnnością i możliwie małą pojemnością układu oddechowego, z rotametrami umożliwiającymi precyzyjne nastawienie kilkuset mililitrowych przepływów oraz pełnym monitorowaniem gazowym - wdechowe i wydechowe wartości tlenu, podtlenku azotu i anestetyku. W większości jednak szpitali przyczyną jest ograniczenie zakupów "droższych" leków, przy czym chodzi to o cenę zakupu opakowania leku, a nie realną ocenę kosztu danej procedury z uwzględnieniem złożoności procesu leczenia, możliwości wystąpienia ewentualnych powikłań i kosztów ich leczenia, bez uwzględnienia komfortu pacjenta, długości pobytu w szpitalu, niezdolności do pracy itp. [7].

Ponieważ, w świetle szeregu badań, podawanie nowoczesnych anestetyków w metodzie przepływu "małego", ale nie "minimalnego" spełnia kryteria bezpieczeństwa chorego ograniczymy się do porównania kosztów przy wysokich (HFA) i niskich przepływach gazów (LFA) [8].

W obliczeniach pominięto koszty związane z indukcją znieczulenia oraz zwiotczeniem mięśni; nie różnią się one w zależności od wybranego środka do podtrzymania znieczulenia. Nie uwzględniono także kosztów związanych ze zwiększoną podażą gazów w początkowej fazie znieczulenia wziewnego oraz ewentualnym okresowym pogłębieniem znieczulenia. Powyższe zależą od osobniczo zmiennych czynników, rodzaju zabiegu operacyjnego i dlatego są trudne do szczegółowej analizy. Ograniczenie się do stabilnej fazy podtrzymania znieczulenia ogólnego pozwala z najwyższą obiektywnością obliczyć koszty w zależności od rodzaju stosowanego anestetyku oraz parametrów przepływu gazów.

W poniższej pracy policzymy koszty podtrzymania znieczulenia przy przepływie 6 l/min oraz 1 l/min, przy mieszaniu oddechowej składającej się z 30% tlenu i 70% podtlenku oraz 30% tlenu w powietrzu i przy podawaniu halotanu, izofluranu, sewofluranu i desfluranu. Koszty tlenu, podtlenku azotu i powietrza nie zależą od rodzaju stosowanego anestetyku i uwzględniono je dopiero w końcowym rozliczeniu.

Podając mieszaninę zawierającą 30% tlenu przy HFA zużywamy go 2 l/min, przy LFA 0,3 l/min co daje nam koszty odpowiednio 0,0130 PLN i 0,0020 PLN (Linde Gaz Polska). Podając mieszaninę zawierającą 70% podtlenku azotu, „zużywamy” go przy HFA 4 l/min, przy LFA 0,7 l/min; zakładając, że w 7 kg butli N₂O znajduje się 3500 l, uzyskujemy odpowiednie koszty 0,1388 PLN i 0,0243 PLN (Linde Gaz Polska). Powietrze medyczne uzyskiwane jest ze specjalnych kompresorów i jego koszt zależy od konkretnego modelu, a składa się na niego koszt zużytej energii i wymienianych okresowo filtrów; np. kompresor powietrza medycznego produkowany przez firmę Draeger, zużywa 0,55kWh i wymaga wymiany filtrów co 6000 godzin, co daje nam koszt łącznie 2700 PLN, a po przeliczeniu na jedną minutę pracy 0,0075 PLN. Wydajność urządzenia wynosząca 30 l/min, znacznie przewyższa nasze potrzeby i umożliwia użycie jednego kompresora nawet dla kilku aparatów do znieczulenia, w naszych wyliczeniach uwzględnimy w/w koszty w odniesieniu do jednego aparatu do znieczulenia, co nieznacznie podniesie koszty znieczulenia z użyciem powietrza.

Podczas znieczulenia w technice wysokich przepływów u przeciętnego pacjenta wentylowanego w trybie 12 oddechów na minutę o objętości 500 ml, wartości nastawione na parowniku odpowiadają tym w mieszaniu wdechowej i tylko niewielka część mieszaniny wydechowej jest ponownie wprowadzana do mieszaniny wdechowej. Stosując technikę niskich przepływów kierujemy się monitorowanymi parametrami, a nie nastawieniami parownika czy rotametrami, bowiem wartości te różnią się znacznie: przykładowo podczas znieczulenia z przepływem 1 l/min wartość nastawiona na parowniku jest średnio 1,6 razy większa niż stężenie leku w mieszaniu wdechowej, a podczas znieczulenia z przepływem 0,5 l/min jest to nawet 2 razy więcej (powyższe

współczynniki są wynikiem uśrednienia danych zebranych z około 1000 znieczuleń wykonanych w technice LFA i MFA w naszym szpitalu). Przyczyną powyższych różnic jest niższe stężenie anestetyku w mieszaninie wydechowej, która ponownie wchodzi w skład mieszaniny wdechowej, spowodowane metabolizmem leku, jego rozkładem w pochłaniaczu i ucieczką przez nieszczelności układu okrężnego. Dlatego też, w technice niskich przepływów musimy dodać więcej anestetyku w mniejszej objętości świeżego gazu – im mniejsza objętość świeżego gazu tym więcej anestetyku musimy dodać.

Na podstawie cen z maja 2006 obliczono koszt 1 ml par poszczególnych anestetyków wziewnych, a następnie obliczając ich zużycie w zależności od przepływu i nastawień parownika koniecznych do uzyskania 1 MAC [9] z uwzględnieniem wyższych nastawień parowników przy niższym przepływie świeżych gazów, uzyskano dane zamieszczone w tabelach.

Tab.1. Koszt 1 ml pary anestetyku

	HALOTAN Narcotan, Leciva	IZOFLURAN Forane, Abbott	SEWOFLURAN Sevoflurane, Abbott	DESFLURAN Suprane , Baxter
Cena opakowania handlowego	165,- PLN	816,- PLN	1050,- PLN	628,- PLN
Objętość opakowania handlowego	250 ml	250 ml	250 ml	240 ml
Cena 1 ml płynu	0,66 PLN	3,26 PLN	4,20 PLN	2,62 PLN
Ilość par uzyskiwanych z 1 ml płynu	227 ml	195 ml	183 ml	215 ml
Cena 1 ml pary	0,0029PLN	0,0167 PLN	0,0229 PLN	0,0122 PLN

Tab2. Zużycie anestetyków do podtrzymania znieczulenia [ml par]

	HALOTAN MAC = 0,3%	IZOFLURAN MAC = 0,5%	SEWOFLURAN MAC = 0,66%	DESFLURAN MAC = 2,83%
HFA1 – O ₂ +N ₂ O (6 l/min)	18	30	39,6	169,8
LFA1 – O ₂ +N ₂ O (1 l/min)	4,8	8	10,6	45,3
HFA2 – O ₂ + AIR (6 l/min)	45	69	102,6	360
LFA2 – O ₂ + AIR (1 l/min)	12	18,4	27,4	96

Tab3. Koszt anestetyków zużytych do podtrzymania znieczulenia [PLN / minutę]

	HALOTAN MAC = 0,3%	IZOFLURAN MAC = 0,5%	SEWOFLURAN MAC = 0,66%	DESFLURAN MAC = 2,83%
HFA1 – O ₂ +N ₂ O (6 l/min)	0,0522	0,5010	0,9068	2,0715
LFA1 - O ₂ +N ₂ O (1 l/min)	0,0139	0,1336	0,2427	0,5526
HFA2 – O ₂ + AIR (6 l/min)	0,1305	1,1523	2,3495	4,3920
LFA2 – O ₂ + AIR (1 l/min)	0,0348	0,3073	0,6274	1,1712

Tab4. Koszt gazów zużytych do podtrzymania znieczulenia [PLN / minutę]

	N ₂ O + O ₂	AIR + O ₂
HFA	0,1518	0,0205
LFA	0,0263	0,0095

Czynnikiem determinującym koszt podtrzymania znieczulenia jest wybór anestetyku. Zastosowanie podtlenu azotu powoduje, że koszt gazów zużytych do podtrzymania znieczulenia jest wyższy, ale mniejsze jest zużycie anestetyków. Rezygnacja z podtlenu azotu i użycie do znieczulenia powietrza wzbogaconego tlenem obniża koszt gazów, ale wiąże się z większym zużyciem anestetyków wziewnych i ponad dwa razy wyższymi kosztami anestetyków. Dodatkowo wyniki zawiąza nam

(nieznacznie) koszt powietrza medycznego, niezależny od faktycznego zużycia, a możliwy do podzielenia nawet na 4 jednocześnie pracujące aparaty do znieczulenia.

Tab 5. Łączne koszty podtrzymania znieczulenia [PLN / minutę]

	HFA1 N ₂ O + O ₂	HFA2 AIR + O ₂	LFA1 N ₂ O + O ₂	LFA2 AIR + O ₂
HALOTAN	0,2	0,15	0,04	0,04
ISOFLURAN	0,65	1,17	0,16	0,32
SEWOFLURAN	1,06	2,37	0,26	0,64
DESFLURAN	2,22	4,41	0,58	1,18

Najtańszym okazało się znieczulenie z zastosowaniem halotanu, jednak z powodu wielu niekorzystnych cech środek ten znajduje coraz mniejsze zastosowanie we współczesnej anestezjologii. Halotan działa depresyjnie na serce, zmniejsza kurczliwość i rzut serca, powoduje bradykardię (blokada nerwu błędnego), działa proarytmogennie. Udowodnione jest działanie hepatotoksyczne (46% metabolizm), nefrotoksyczne (jony fluorkowe); szczególnie ryzykowne w przypadku halotanu jest powtarzanie znieczulenia w krótkim okresie czasu – niebezpieczeństwo wystąpienia piorunującej niewydolności wątroby. Ze względu na wysoki współczynnik rozpuszczalności krew/gaz halotan potrzebuje dłuższego czasu do wprowadzenia do znieczulenia oraz jego pogłębienia w czasie operacji – konieczność stosowania wyższych przepływów gazów przez dłuższy czas. Również czas wybudzania pacjenta z anestezji halotanowej jest z tego powodu dłuższy, dodatkowo wydłużany jeszcze przez nasennie działające bromki, będące metabolitami halotanu [9]. Z powodu trudności w sterowaniu głębokością znieczulenia, halotan nie jest polecany do stosowania w technice niskich przepływów [5].

Izofluran upośledza kurczliwość mięśnia sercowego w mniejszym stopniu niż halotan, nie zaobserwowano także jego działania proarytmogennego, nie zaburza autoregulacji naczyń mózgowych, co umożliwiło jego stosowanie w neurochirurgii. Ponieważ metabolizm izofluranu jest minimalny (0,2%) nie zaobserwowano istotnego działania toksycznego. Zasadniczym zastrzeżeniem co do stosowania izofluranu jest jego działanie na krążenie wieńcowe - "zespół podkradania", co może spowodować ostre niedokrwienie, a nawet zawał mięśnia sercowego [9]. Z powodu drażniącego działania na drogi oddechowe izofluran nie może być stosowany do indukcji znieczulenia, jest jednak środkiem nadal stosowanym do podtrzymania znieczulenia i dzięki niższemu od halotanu współczynnikowi rozpuszczalności krew/gaz sterowanie znieczuleniem, nawet w technice niskich przepływów, nie jest trudne, a budzenie ze znieczulenia jest zauważalnie szybsze.

Sewofluran jest środkiem doskonale nadającym się do indukcji znieczulenia (nie drażni dróg oddechowych i ma przyjemny zapach, a ponad 76% wprowadzanych wziewnie do znieczulenia życzyłoby sobie takiej indukcji w przyszłości [9]) i dzięki niskiemu współczynnikowi krew/gaz umożliwia łatwe i szybkie sterowanie głębokością znieczulenia oraz szybkie budzenie (szybsze niż po anestezji halotanowej i izofluranowej). W niewielkim stopniu ulega metabolizmowi (1,6%) i może być bezpiecznie stosowany w technice niskich przepływów [5,8]. Działanie depresyjne sewofluranu na układ krążenia jest słabsze niż halotanu i izofluranu, w znacznie mniejszym stopniu uczuła on także serce na działanie katecholamin (działanie proarytmogenne). Niezwykle ciekawe są doniesienia o kardioprotekcyjnym działaniu sewofluranu zarówno w czasie znieczulenia – zmniejszenie częstości występowania okołoperacyjnych powikłań sercowo-naczyniowych [10] jak i w okresie pooperacyjnym – działanie ochronne przed powtórny m zwężeniem lub zamknięciem światła tętnicy

wieńcowej u chorych znieczulanych do operacji pomostowania tętnic wieńcowych [11], co czyni go bardzo przydatnym w znieczuleniu pacjentów z chorobą wieńcową i nadciśnieniem. Biorąc pod uwagę te korzystne cechy farmakologiczne sewofluranu przy kosztach zbliżonych do znieczulenia izofluranem wybór pomiędzy tymi dwoma środkami wydaje się oczywisty.

Desfluran jest słabym anestetykiem i musi być podawany w znacznie wyższym stężeniu, co przede wszystkim powoduje jego niekorzystną pozycję w kosztach podtrzymania znieczulenia, pomimo stosunkowo niskiej ceny nabycia leku. Ma bardzo niski, zbliżony do podtlenu azotu współczynnik rozpuszczalności krew/gaz, umożliwiając łatwe sterowanie głębokością znieczulenia i najszybsze ze wszystkich anestetyków budzenie. W minimalnym stopniu wpływa na hemodynamikę i krążenie wieńcowe, znacznie zwiększa jednak ciśnienie śródczaszkowe, co uniemożliwia jego stosowanie w neurochirurgii. Ze względu na drażniące działanie na drogi oddechowe, silny i przykry zapach nie może być używany do indukcji znieczulenia. Po wybudzeniu z anestezji desfluranowej obserwowano niepokój i pobudzenie (szczególnie często u dzieci - 50% przypadków [9]), co wymagało dobrej premedykacji i wczesnej analgezji. W minimalnym stopniu desfluran ulega metabolizmowi i pomijając "problem tlenu węgla", jest to lek bezpieczny zarówno przy znieczuleniu z niskim jak i minimalnym przepływem gazów. Musi być jednak podawany ze specjalnych podgrzewanych i elektronicznie sterowanych parowników – są one bardzo dokładne, wyposażone w dodatkowe alarmy niespotykane w parownikach do innych leków, ale też najdroższe.

Na lidera naszej analizy kosztowej wysuwa się znieczulenie sewofluranem w technice LFA - koszt podtrzymania znieczulenia w tym przypadku (0,26 PLN/min) jest niewiele wyższy od anestezji izofluranem przy LFA (0,16 PLN/min) i zbliżony do kosztu anestezji halotanem w technice HFA (0,20 PLN/min), czyli do najczęściej stosowanej w Polsce techniki znieczulenia ogólnego.

Znieczulenie z niskim przepływem gazów wymaga zakupu droższego sprzętu, a stosowanie nowoczesnych anestetyków wiąże się z większymi wydatkami na ich zakup. Te „wyższe” koszty równoważą jednak płynące z powyższej procedury korzyści: szybkie wyjście ze znieczulenia - a więc krótszy pobyt w sali operacyjnej; szybki powrót sprawności psychofizycznej - a więc krótszy pobyt w sali pooperacyjnej, czy wręcz krótsza hospitalizacja; mniejsze zapotrzebowanie na inne leki, mniejsze prawdopodobieństwo powikłań – a więc mniejsze koszty związane z leczeniem. Nie mniej ważne jest zmniejszenie zanieczyszczenia środowiska, a najczęściej bezpośrednio sal operacyjnych, bowiem zalety układu okrężnego ujawniają się właśnie podczas anestezji z niskimi przepływami, gdy wydalane z aparatu objętości gazów anestetycznych są minimalne. Biorąc pod uwagę znaczny wzrost kosztów podtrzymania znieczulenia bez podtlenu azotu, bardziej optymalnym rozwiązaniem od rezygnacji z jego stosowania wydaje się więc powszechniejsze wprowadzenie technik znieczulenia z niskimi przepływami.

W Centrum Onkologii Ziemi Lubelskiej wykonujemy ok. 1200 zabiegów operacyjnych rocznie, z tego 90% w znieczuleniu ogólnym. Wprowadzając jako standard anestezję "niskoprzepływową" sewofluranem z podtlentem azotu, opieraliśmy się na poniższej analizie: podając sewofluran w stężeniu potrzebnym do uzyskania 1 MAC, jedno opakowanie (250 ml) wystarcza na 19 godzin podtrzymania znieczulenia w technice HFA (przy przepływie 6 l/min) i aż na 72 godziny przy technice LFA (przy przepływie 1 l/min). Faktyczne zużycie uwzględniając wyższą podaż we wstępnej fazie znieczulenia (faza nasycająca) oraz związaną z okresowym pogłębieniem znieczulenia, koreluje z tymi założeniami - przy średnim czasie trwania zabiegu 80 min. i ok. 45 zabiegach miesięcznie, zużywamy na jedno stanowisko jedno opakowanie sewofluranu (250 ml).

Dzięki powyższej analizie farmakoekonomicznej wybraliśmy metodę podtrzymania znieczulenia ogólnego o najwyższej efektywności kosztowej. Uwzględniając bowiem wszystkie zalety sewofluranu (możliwość indukcji wziewnej, łatwe sterowanie głębokością znieczuleniem, wysoki poziom bezpieczeństwa znieczulenia oraz działanie kardioprotekcyjne, szybkie budzenie i szybki powrót pełnej sprawności psychomotorycznej, a więc krótka opieka pooperacyjna) oraz techniki niskich przepływów (mniejsze zużycie gazów i anestetyków, lepsze parametry mieszaniny oddechowej, mniejsze zanieczyszczenie sali operacyjnej) uzyskaliśmy procedurę o najwyższej efektywności klinicznej przy optymalnych kosztach.

PIŚMIENNICTWO

1. Niewada M, Jastrzębski J, Analiza farmakoekonomiczna w nowoczesnej praktyce anestezjologicznej; Przewodnik Menedżera Zdrowia
2. Gierczyński J, Gołowkin W, Stojek A: Farmakoekonomika w anestezjologii. Anestezjologia Intensywna Terapia 1999; 31: 135-137
3. Rowe WL. Economics and anesthesia. *Anaesthesia* 1998; 53:782-787
4. Suttner S, Boldt J. Low-flow anaesthesia: does it have potential pharmacoeconomic consequences? *Pharmacoeconomics* 2000; 17 (6): 585-590
5. Machała W. Znieczulenie ogólne małym przepływem; www.machala.info
6. Wysocka M, (Mayzner-Zawadzka E). Podtlenek będzie wycofany z indeksu terapeutycznego. *Puls Medycyny* 2003; 10 (59)
7. Górny M: Sukces czy tylko obniżka kosztów. *Menedżer zdrowia* 2004, 2: 64-66
8. Machała W, Gaszyński W. Czy znieczulenie sewofluranem w warunkach minimalnego dopływu gazów jest bezpieczne? *Anestezjologia Intensywna Terapia* 1999; 31: 45-49
9. Rawicz M: Nowe anestetyki wziewne. *Eter* 1998; 2: 1-5; 3: 1-7
10. Julier K. wsp. Preconditioning by Sevoflurane Decreases Biochemical Markers for Myocardial and Renal Dysfunction in CABG Surgery. *Anesthesiology* 2003; 98: 1315-27
11. Garcia C. wsp. Preconditioning with sevoflurane decreases PECAM-1 expression and improves one-year cardiovascular outcome in coronary artery bypass graft surgery. *BJA* 2005; 94: 159-65