

УДК 616.441-008.61-63-616-089.5-031.81-615.211

## ІНГАЛЯЦІЙНА АНЕСТЕЗІЯ СЕВОФЛУРАНОМ ПРИ ХІРУРГІЇ ЩИТОПОДІБНОЇ ЗАЛОЗИ: НИЗЬКОПОТОКОВА АБО МІНІМАЛЬНО-ПОТОКОВА АНЕСТЕЗІЯ?

**С.О. Дубров<sup>1</sup>, С.О. Тарасенко<sup>2</sup>, В.А. Мазніченко<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Національний медичний університет ім. О.О. Богомольця, м. Київ

<sup>2</sup> ДУ Український науково-практичний центр ендокринної хірургії, трансплантації ендокринних органів і тканин МОЗ України, м. Київ

<sup>3</sup> Київська міська клінічна лікарня № 17



**Дубров Сергій Олександрович**

*д-р.мед.наук, професор кафедри анестезіології та інтенсивної терапії Національного медичного університету ім.О.О. Богомольця 011331, м. Київ, Лабораторний провулок 14-20  
Тел.: (050) 353-96-89  
E-mail: sergii.dubrov@gmail.com*



**Тарасенко Сергій Олександрович**

*лікар-анестезіолог, ДУ Український науково-практичний центр ендокринної хірургії, трансплантації ендокринних органів і тканин МОЗ України  
01021, м. Київ, Кловський узвіз, 13-А  
Тел.: (044) 253-66-26, (050) 386-62-04  
E-mail: starasenko1@gmail.com*

### ВСТУП

Пошук шляхів оптимізації витрат на загальну анестезію залишається актуальним для клінік як в Україні [1], так і розвинених країнах. [2–5]. Одним з цих шляхів є використання інгаляційної анестезії з низьким або мінімальним потоком газової суміші [6–8].

Так, згідно класифікації Baker and Simionescu [9–11] виділяють наступні види інгаляційної анестезії залежно від потоку свіжої газової суміші (Fresh gas flow, FGF) (табл. 1).

Доведено, що використання низькопотокової та/або мінімально-потокової інгаляційної анестезії має наступні переваги перед середньопотоковими та високопотоковими методиками, а саме [12]:

- Респіраторні. Краща динаміка потоку повітря на видиху та вдиху [13], підвищення мукоциліарного кліренсу, зберігається температура тіла та зменшуються втрати рідини [14].

- Екологічні. Скорочення викидів парникових газів за рахунок скорочення надлишків невикористаного газу, значне скорочення викидів газових анестетиків (яке може сягати 90% порівняно з високопотоковою анестезією). Значне зниження концентрації анестезіологічного газу на робочому місці в операційній, тим самим знижується вплив анестезії на співробітників в операційній кімнаті.

Зниження викидів анестезіологічних газів (закису азоту та інгаляційних анестетиків) зменшує їхній руйнівний вплив на озоновий шар та прогресування парникового ефекту [15].

- Економічні. Скорочення споживання анестезіологічних газів приводить до значної економії бюджетних коштів як на рівні однієї клініки, так і на рівні держави. Застосування низьких потоків газу під час анестезії може дати економію до 75% [5, 16].

Застосування низьких потоків під час операції потребує як адекватного моніторингу концентрації анестетика в газовій суміші, так і її якісного складу. Тому значний розвиток використання низьких/мінімальних потоків газової суміші, що спостерігається в останні роки, пов'язаний з прогресуванням та удосконаленням респіраторного обладнання, появою наркозних станцій з інтегрованими мультигазовими аналізаторами. Сучасне обладнання, яке забезпечує точну подачу анестетиків, автоматичну компенсацію змін температури, тиску і потоку газів, а також дає змогу здійснювати неінвазивний моніторинг концентрації інгаляційних анестетиків у кінці видиху, сприяє оптимальному контролю лікаря за глибиною анестезії та дає йому певну свободу дій щодо вибору відношення концентрація/ефект анестетика [2].

**Класифікація анестезіологічних контурів згідно потоку свіжої газової суміші  
модифіковано за Baker and Simionescu) [9–11]**

Контур	Потік свіжої газової суміші (FGF)
Метаболічний потік	~250 мл/хв
Мінімальний потік	більше 250, менше 500 мл/хв
Низький потік	500–1000 мл/хв
Середній потік	1000–2000 мл/хв
Високий потік	2000–4000 мл/хв
Відкритий контур	>4000 мл/хв

Вивчення фармакоекономічних аспектів застосування інгаляційної анестезії з низьким та/або мінімальним потоком триває [1]. Найпростішим способом оцінки споживання інгаляційних анестетиків є зважування випарника до і після анестезії, а отримана в грамах різниця ділиться на питому вагу севофлурану (1,52 г/см<sup>3</sup>) [1, 17]. Але ця методика має низку недоліків, пов'язаних з точністю вимірювання та похибками при вимірюванні. Випарник має вагу більше 6 кг, в той час як споживання летких анестетиків перебуває в межах декількох грамів. Крім цього технічного обмеження, цей метод може бути прийнятним тільки в тому випадку, коли оцінка планується заздалегідь, і у кожного є можливість і час на виконання вимірювання до і після анестезії [18–20].

Однак існує надійне рівняння для оцінки споживання летких речовин, яке може бути застосоване в тому числі для ретроспективних даних за умови оцінки таких параметрів, як потік свіжого газу (FGF) і концентрація анестетика в ньому, а також зміни цих параметрів у часі [21]. Додаткові супутні умови, які слід взяти до уваги: середня температура випарника під час анестезії та кількість пару анестетика, який може бути отриманий з 1 мл рідкої речовини в стандартних умовах при повному насиченні свіжого газу, є константою [21, 22].

**Мета роботи** – дослідити споживання інгаляційного анестетика та порівняти клініко-економічну складову при низькопотоківій та мінімально-потоківій анестезії севофлураном у пацієнтів із синдромом тиреотоксикозу,

яким виконуються тиреоїдектомії в умовах спеціалізованого ендокринологічного центру.

#### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

За період з грудня 2015 до липня 2016 рр. у відділенні анестезіології та інтенсивної терапії Українського науково-практичного центру ендокринної хірургії, трансплантації ендокринних органів і тканин МОЗ України 81 пацієнту з тиреотоксикозом було виконано тиреоїдектомію. Оперативні втручання здійснювались в умовах загальної анестезії з штучною вентиляцією легень у вигляді низькопотоківій або мінімально-потоківій інгаляційної анестезії севофлураном за напівзакритим контуром наркозною станцією Felix Visio Integra (запрограмована на неможливість подачі гіпоксемічної газової суміші пацієнту, що знижує ризик ятрогенних помилок та ускладнень). Наркозна станція обладнана мультигазовим аналізатором з контролем рівня кисню на вдиху (inO<sub>2</sub>) та видиху (etO<sub>2</sub>), вуглекислого газу на видиху (etCO<sub>2</sub>), севофлурану в газовій суміші на вдиху (inSev) та видиху (etSev). До групи «збалансована аналгезія-севофлуран» (ЗА-С) увійшли 35 пацієнтів, яким перед початком загальної анестезії перед хірургічним лікуванням була виконана білатеральна блокада поверхневого шийного сплетення (ББПШС) як компонент збалансованої (мультимодальної) аналгезії (ЗММА) анестезіологічного менеджменту. Групу «контроль-севофлуран» (К-С) склали 46 хворих з тиреотоксикозом, яким виконувались тиреоїдектомії за традиційною в клініці методикою

анестезіологічного забезпечення без ББПШС. Оперативні втручання проводились однією хірургічною бригадою висококваліфікованих спеціалістів. Для індукції анестезії використовувались пропофол або тіопентал натрію, для інкубації трахеї – атракуріум або суксаметонію йодид з піпекуронієм броміду. Аналгетичний компонент забезпечувався введенням фентанілу. В групі ЗА-С використовували комплекс ЗММА, що включав в себе премедикацію за 40–50 хвилин: внутрішньом'язове (в/м) введення 1,0 мг морфіну, внутрішньовенне (в/в) введення дексаметазону 4–8 мг перед індукцією анестезії, нестероїдні протизапальні препарати (НПЗП) з ліпофільними властивостями – в/в декскетопрофен 50 мг та ББПШС 0,5% розчином лонгокаїну по 10 мл (50 мг) з кожного боку за 7–10 хвилин до інтубації трахеї. В групі ЗА-С інгаляційну анестезію на основі севофлурану проводили за методикою мінімального потоку (FGF=0,4 л/хв). У контрольній групі (К-С) інгаляційну анестезію на основі севофлурану проводили за методикою низького потоку (FGF=0,5 л/хв) у 25 хворих – підгрупа К-СНП, за низьким потоком (FGF=0,7 л/хв) у 21 хворого – підгрупа К-СНП-0,7. Усім хворим проводився контроль глибини анестезії за допомогою моніторингу біспектрального індексу (BIS), який підтримувався на рівні 40–50 севофлураном у концентрації 0,4–1,5 мінімальної альвеолярної концентрації (МАК). Хірургічне втручання було виконано в обсязі екстрафасціальної тиреоїдектомії (ЕФТЕ) при дифузному тиреотоксичному зобі (ДТЗ), або ЕФТЕ з центральною дирекцією ший (ЦДШ) у випадках багатовузлового зоба (БВЗ) із тиреотоксикозом або гемітиреоїдектомії з ЦДШ у випадках токсичної аденоми щитоподібної залози (ЩЗ). Всі пацієнти були в стадії медикаментозної компенсації або субкомпенсації тиреотоксикозу попередньо проведеною терапією антитиреоїдними препаратами.

Споживання інгаляційного анестетика севофлурану оцінювали за рівнянням P. Biro (2014) [21] та рівнянням P. Dion [22, 23]. Оцінка споживання анестетика (в нашому випадку севофлурану) базується на тому, що відомі кількість свіжого газу (FGF) і вміст в ньому анестезуючого газу, а кількість інгаляційного анестетика (IA), яка утворюється первинно з рідкої форми у випарнику, може бути розрахована в декілька кроків.

За рівнянням P. Biro перший крок полягає у визначенні кількості пари анестетика при повному насиченні. Використовується наступна формула P. Biro [21]:

$$\begin{aligned} \text{Об'єм насиченої пари IA (мл)} &= \\ &= (\text{питома вага IA} \times \text{константа Авогадро для газу} \times \\ &\times (273 + \text{температура випарника})) / (\text{молекулярна} \\ &\text{маса} \times 273), \end{aligned}$$

де питома вага IA в г/мл для севофлурану, яка дорівнює 1,52 [24, 25]. Константа Авогадро дорівнює кількості молекул в одному молі будь-якого газу –  $6,023 \times 10^{23}$ . Згідно закону Авогадро в стандартних умовах (0°C (273 K) і 101,3 кПа) об'єм 1 моля ідеального газу дорівнює 22,4 л (в стандартних умовах більшість газів близькі до ідеальних, у тому числі всі леткі анестетики). Температура випаровування близька до температури операційної. Через втрату енергії при випаровуванні спостерігається тенденція охолодження випарником, тому треба відняти 2°C від кімнатної температури в операційній (в нашому випадку це 23°C) і результат 21°C додати до 273 K. Молекулярна маса севофлурану становить 200,055.

Маючи ці чотири величини, отримуємо об'єм насиченої пари від випаровування 1 мл рідини інгаляційного анестетика:

$$\begin{aligned} \text{Об'єм насиченої пари севофлурану, мл} &= \\ &= (1,52 \times 22400 \times (273 + 21)) / (200,055 \times 273) = \\ &= 183,3 \text{ мл} \end{aligned}$$

Після отримання цих даних наступним кроком є включення цих значень в формулу, яка враховує параметри для FGF в мл/хв, а також для концентрації летких агентів в об'ємних відсотках (об%), які були використані протягом досліджуваної анестезії. І нарешті, для наших розрахунків ми потребуємо середні значення FGF і концентрації анестетика.

Споживання рідкого IA (мл) =  

$$= (\text{середній FGF (мл/хв)} \times \text{середня концентрація анестетика (об\%)} \times \text{тривалість анестезії (хв)}) /$$

$$/ (\text{об'єм насиченої пари IA (мл)} \times 100 (\text{об\%})),$$
 де середній FGF за операцію (мл/хв) дорівнює сумі добутків тривалості сегменту (хв) анестезії з постійним FGF на значення цього FGF в мл/хв, яка поділена на загальний час анестезії (хв); середня концентрація анестетика за операцію (об%) дорівнює сумі добутків тривалості сегменту (хв) анестезії з постійною концентрацією анестетика на значення цієї концентрації анестетика в об%/хв, що поділена на загальний час анестезії (хв); об'єм насиченої пари севофлурану при 21°C дорівнює 183,3 мл.

Вся тривалість анестезії повинна бути розподілена на часові сегменти з постійними параметрами FGF та концентраціями анестетика, їх отримані добутки повинні додаватися, щоб отримати середні значення всієї анестезії.

Згідно рівняння P. Dion [22, 23] споживання анестетика розраховується за формулою:

$$\text{Споживання рідкого севофлурану (мл)} = P \times F \times T \times M / (2142 \times d),$$

де P – концентрація анестетика на випарнику в %; F – FGF у л/хв; T – час подавання заданої концентрації P у хвилини; M – молекулярна маса севофлурану в грамах (200,055); d – питома вага ІА в г/мл для севофлурану, яка дорівнює 1,52 г/мл; 2412 – коефіцієнт, похідний від газової константи Авогадро при 21°C.

При підставлянні значень M, d для севофлурану формула має наступний вигляд:

$$\begin{aligned} \text{Споживання рідкого севофлурану (мл)} &= \\ &= P \times F \times T \times 200,055 / (2142 \times 1,52) = P \times F \times T / \\ &18,326 = 0,05457 \times P \times F \times T. \end{aligned}$$

У переважній більшості випадків при змінах FGF та концентрації анестетика у випарнику розрахунок споживання рідкого севофлурану (мл) проводиться за формулою:

$$\begin{aligned} \text{Споживання рідкого севофлурану (мл)} &= \\ &= 0,05457 \times ((P_1 \times F_1 \times T_1) + (P_2 \times F_2 \times T_2) + \dots + \\ &(P_n \times F_n \times T_n)), \end{aligned}$$

де P<sub>n</sub>, F<sub>n</sub>, T<sub>n</sub> – показники концентрації севофлурану, потоку свіжої газової суміші (FGF) та тривалість використання даних показників під час анестезії відповідно.

Витрати на анестезію визначали за вартістю середніх доз севофлурану і витратних матеріалів, використаних під час анестезії, за цінами, зазначеними на сайті Міністерства охорони здоров'я України станом на 15 липня 2016 року [26]. Так, 250 мл севофлурану коштують 4315,72 грн, абсорбент вуглекислого газу – 1048,15 грн (на 100 годин анестезії).

Статистичну обробку одержаних даних проводили за допомогою програмного забезпечення Statistica 10.0 (StatSoft Inc., США) з використанням параметричних і непараметричних рівнянь.

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Серед пацієнтів із синдромом тиреотоксикозу переважно більшість складала жінки. Не відзначено статистично значущих відмінностей у підгрупах за статтю, віком, вагою, зростом, ІМТ (p>0,05) (табл. 2). Тривалість оперативного втручання перебувала в межах від 47 до 105 хвилин, тривалість загальної анестезії (час від початку анестезії до екстубації хворого після закінчення операції) – від 58 до 120 хвилин і були однорідними за цими показниками без достовірних відмінностей між собою.

Після обчислення даних показників анестезії, таких як FGF, концентрація севофлурану у випарнику, отримали за рівняннями Viro та Dion споживання

Таблиця 2

#### Класифікація анестезіологічних контурів згідно потоку свіжої газової суміші модифіковано за Baker and Simionescu) [9–11]

Показники, які порівнюються	Підгрупи хворих	
	ЗА-С (n=35)	К-С (n=46)
Стать, абс (%)		
жінки	31 (88,6%)	40 (87,0%)
чоловіки	4 (11,4%)	6 (13,0%)
Вік (роки)	49,2±2,5	46,9±1,9
Вага тіла (кг)	74,3±2,0	72,6±1,8
Зріст (см)	166,1±1,1	166,1±1,0
Індекс маси тіла (ІМТ), кг/м <sup>2</sup>	26,9±1,7	26,5±0,7
Тривалість операції (хв)	62,6±3,7	66,9±2,9
Тривалість анестезії (хв)	86,2±3,8	88,3±3,6



**Рис. 1.** Розподіл хворих у групах за основним діагнозом.

севофлурану за 1 годину анестезії (табл. 3). За рівнянням Dion показники споживання анестетика склали  $6,25 \pm 0,23$  мл для групи 3A-C,  $6,77 \pm 0,26$  мл для підгрупи К-СНП та  $8,04 \pm 0,32$  для підгрупи К-СНП-0,7 та були недостовірно ( $p > 0,05$ ) більшими, ніж за рівнянням Biro, де вони склали  $5,81 \pm 0,24$  мл для групи 3A-C,  $6,37 \pm 0,27$  мл для підгрупи К-СНП та  $7,52 \pm 0,34$  мл для підгрупи К-СНП-0,7 відповідно.

Між значеннями споживання севофлурану за рівняннями Biro та Dion існує сильний прямий кореляційний зв'язок за коефіцієнтом кореляції Спірмана ( $r_s$ ). Так, для групи 3A-C  $r_s = 0,87$ , для К-СНП  $r_s = 0,86$ , для К-СНП-0,7  $r_s = 0,84$ .

Таким чином, сильний прямий кореляційний зв'язок між рівняннями ( $r_s$  на рівні  $0,84-0,87$ ), відсутність достовірної різниці між розрахунковими показниками за обома рівняннями Biro та Dion дозволяє використовувати кожне з них для оцінки споживання анестетика. На нашу думку, рівняння Dion більшою мірою відображає споживання, тому що враховує суму додатків кожного сегменту анестезії і мінімальні зміни в складових.

Нами відзначено, що споживання севофлурану достовірно ( $p < 0,05$ ), за критерієм Уїлкоксона, нижче в групі 3A-C, де застосовувалась методика мінімально-поточної анестезії при  $FGF = 400$  мл/хв, у порівнянні з підгрупами контролю, де використовувались низькі потоки під час анестезії в  $500$  мл/хв та  $700$  мл/хв у підгрупах К-СНП та К-СНП-0,7 відповідно. Достовірна різниця спостерігалася при розрахунках споживання севофлурану як за рівнянням Biro, так і за рівнянням Dion (табл. 3).

Таблиця 3

#### Деякі показники споживання севофлурану за рівняннями Biro та Dion

Показник	3A-C (n=35)	K-СНП (n=25)	K-СНП-0,7 (n=21)	Статистично достовірність між підгрупами, $p < 0,05$
	1	2	3	
Споживання севофлурану за рівнянням Biro, мл за 1 год ( $M \pm m$ )	$5,81 \pm 0,24^*$	$6,37 \pm 0,27^*$	$7,52 \pm 0,34^*$	*1 vs 2 *1 vs 3 *2 vs 3
Споживання севофлурану за рівнянням Dion, мл за 1 год ( $M \pm m$ )	$6,25 \pm 0,23^*$	$6,77 \pm 0,26^*$	$8,04 \pm 0,32^*$	*1 vs 2 *1 vs 3 *2 vs 3
Середні показники потоку свіжого газу (FGF), мл/хв ( $M \pm m$ )	$620,0 \pm 21,9^*$	$689,5 \pm 21,5^*$	$858,1 \pm 19,7^*$	*1 vs 2 *1 vs 3 *2 vs 3
Середні показники концентрації анестетика у випарнику, об%, ( $M \pm m$ )	$2,87 \pm 0,06$	$2,83 \pm 0,08$	$2,73 \pm 0,09$	ns
Тривалість застосування севофлурану під час анестезії, хв ( $M \pm m$ )	$79,1 \pm 5,3^*$	$82,1 \pm 5,1^*$	$81,1 \pm 6,1^*$	ns

**Примітка:** \* – статистично достовірність за критерієм Уїлкоксона; ns (not significant) – відсутня статистична відмінність між підгрупами.

Середні показники FGF достовірно відрізнялись між усіма досліджуваними ( $p < 0,05$ ) за критерієм Уїлкоксона, були найнижчими в групі 3А-С і склали  $620,0 \pm 21,9$  мл/хв, найбільшими в підгрупі К-СНП-0,7 –  $858,1 \pm 19,7$  мл/хв. При кореляційному аналізі виявлений сильний прямий зв'язок між показниками FGF та споживанням севофлурану для групи 3А-С (коефіцієнт кореляції Спірмана  $r_s = 0,81$  та  $0,72$  для рівнянь Віро та Діон відповідно ( $p < 0,05$ )), тоді як кореляційний зв'язок між концентрацією анестетика та споживанням севофлурану був помірним,  $r_s = 0,40$  і  $r_s = 0,52$  для рівнянь Віро та Діон відповідно ( $p < 0,05$ ). На відміну від мінімально-поточної анестезії в групах з низькопотоковою анестезією, навпаки, більш тісний кореляційний зв'язок спостерігався між концентрацією анестетика та споживанням севофлурану, цей показник склав для підгрупи К-СНП  $r_s = 0,57$  та  $r_s = 0,70$  для рівнянь Віро та Діон відповідно ( $p < 0,05$ ); для підгрупи К-СНП  $r_s = 0,61$  та  $r_s = 0,77$  для рівнянь Віро та Діон відповідно ( $p < 0,05$ ). Коефіцієнт кореляції Спірмана між показниками FGF та споживанням севофлурану для підгрупи К-СНП  $r_s = 0,63$  та  $r_s = 0,57$  для рівнянь Віро та Діон відповідно ( $p < 0,05$ ); для підгрупи К-СНП-0,7  $r_s = 0,63$  та  $r_s = 0,56$  для рівнянь Віро та Діон відповідно ( $p < 0,05$ ). Таким чином, ми дійшли висновку, що при застосуванні мінімально-поточних методик анестезії севофлураном більший вплив на споживання анестетика має потік свіжої газової суміші, ніж концентрації анестетика на випарнику, тоді як із збільшенням FGF до 500–700 мл/хв більший вплив на споживання має концентрація анестетика, ніж FGF. Хоча найбільша концентрація анестетика у випарнику для підтримки глибини анестезії за даними BIS моніторингу на рівні 40–50 була застосована в групі 3А-С із мінімальним FGF і склала  $2,87 \pm 0,06$  об%, достовірної різниці в нашому дослідженні з контрольними підгрупами не відзначалося, цей показник становив  $2,83 \pm 0,08$  об% та  $2,73 \pm 0,09$  об% для К-СНП та К-СНП-0,7 відповідно (табл. 3).

При розрахунку вартості севофлурану за 1 годину залежно від FGF встановлено, що найменшими витрати були при використанні методики мінімально-поточної анестезії – в групі 3А-С (табл. 4). Відмінності між оцінкою вартості анестезії севофлураном та похідних як для рівняння Віро, так і рівняння Діон не відзначено для жодної із трьох застосованих методик анестезії, хоча за рівнянням Діон собівартість анестезії недостовірно вища (табл. 4).

Зі збільшенням FGF достовірно збільшуються витрати на анестезію. Фармакоекономічні переваги належать мінімально-поточної анестезії, яка була застосована в групі 3А-С і склала  $100,3 \pm 4,1$  грн  $107,8 \pm 4,0$  грн для рівнянь Віро та Діон відповідно. Ці показники були достовірно ( $p < 0,05$ ), за критерієм Уїлкоксона, нижче, ніж у підгрупах контролю К-СНП та К-СНП-0,7, де застосовувались методики інгаляційної анестезії низьким потоком в 500 мл та 700 мл відповідно. З урахуванням собівартості абсорбенту 1 година анестезії найдорожча в підгрупі К-СНП-0,7, склавши  $140,2 \pm 5,9$  грн і  $149,3 \pm 5,6$  грн при розрахунку за рівняннями Віро та Діон відповідно. При застосуванні низького потоку в 500 мл у підгрупі К-СНП вартість 1 години анестезії з урахуванням собівартості абсорбенту склала  $120,4 \pm 4,6$  грн за рівнянням Віро і  $127,3 \pm 4,6$  грн за рівнянням Діон та була достовірно ( $p < 0,05$ , критерій Уїлкоксона) нижче у порівнянні з підгрупою К-СНП-0,7. Таким чином, нами визначено, що достовірно менші витрати на анестезію отримані при використанні методики інгаляційної анестезії за мінімальним потоком, в нашому випадку 400 мл/хв (табл. 4).

При перерахунку на 1000 годин анестезії різниця між мінімально-поточною анестезією із FGF=400 мл/хв та низькопотоковою із FGF=500 мл/хв може скласти 9056–9658 грн (при використанні в розрахунку споживання севофлурану рівнянь Діон або Віро відповідно). Враховуючи задекларовану ціну на сайті Міністерства охорони здоров'я України станом на 15 липня 2016 року (вартість 250 мл севофлурану – 4315,72 грн), економія становитиме 2 флакони (500 мл) севофлурану або приблизно додаткових 80 годин анестезії при FGF=400–500 мл/хв. Різниця між мінімально-поточною анестезією із FGF=400 мл/хв та низькопотоковою анестезією із FGF=700 мл/хв складає 29446–31034 грн (при використанні в розрахунку споживання севофлурану рівнянь Віро або Діон відповідно). Це дає змогу зменшити споживання севофлурану на 7 флаконів (1750 мл), що забезпечує додатковий ресурс у 280 годин анестезії при FGF=400–500мл/хв. Різниця між застосуванням низькопотокової анестезії із FGF=500 мл/хв у порівнянні із FGF=700мл на 1000 годин анестезії буде складати 19808–21977 грн (при використанні в розрахунку споживання севофлурану рівнянь Віро або Діон відповідно), що зменшить споживання севофлурану на 5 флаконів (1250 мл) або забезпечить додатковий ресурс у приблизно 190 годин анестезії севофлураном при FGF=400–500мл/хв.

## Витрати на анестезію севофлураном залежно від потоку свіжої газової суміші

Показник	ЗА-С (n=35)	К-СНП (n=25)	К-СНП-0,7 (n=21)	Статистично достовірна відмінність між підгрупами, p<0,05
	1	2	3	4
Вартість 1 год анестезії севофлураном (рівняння Віро), грн (M±m)	100,3±4,1*	109,9±4,6*	129,7±5,9*	*1 vs 2 *1 vs 3 *2 vs 3
Вартість 1 год анестезії севофлураном (рівняння Діон), грн (M±m)	107,8±4,0*	116,8±4,6*	138,4±5,6*	*1 vs 2 *1 vs 3 *2 vs 3
Вартість 1 год анестезії з абсорбентом (рівняння Віро), грн (M±m)	110,8±4,1*	120,4±4,6*	140,2±5,9*	*1 vs 2 *1 vs 3 *2 vs 3
Вартість 1 год анестезії з абсорбентом (рівняння Діон), грн (M±m)	118,3±4,0*	127,3±4,6*	149,3±5,6*	*1 vs 2 *1 vs 3 *2 vs 3

**Примітка:** \* – статистично достовірна відмінність за критерієм Уїлкоксона.

## ВИСНОВКИ

1. Розрахункові рівняння Віро та Діон дозволяють оцінити споживання севофлурану під час анестезії. Між рівняннями існує сильний прямий кореляційний зв'язок, відсутня достовірна відмінність між результатами.

2. Рівняння Діон для оцінки споживання анестетика більшою мірою відображає споживання севофлурану, тому що враховує суму добутоків кожного сегменту анестезії і мінімальні зміни в складових.

3. Споживання севофлурану достовірно (p<0,05) нижче при застосуванні методики мінімально-поточної анестезії при FGF 400 мл/хв у порівнянні з підгрупами контролю, де використовувались низькі потоки під час анестезії в 500 мл/хв та 700 мл/хв.

4. При застосуванні мінімально-поточкових методик анестезії севофлураном більший вплив на споживання анестетика має потік свіжої газової суміші, ніж концентрації анестетика у випарнику, тоді як із збільшенням FGF до 500–700 мл/хв більший вплив на споживання має концентрація анестетика, ніж FGF.

5. Достовірно менші витрати на анестезію отримані при використанні рівняння інгаляційної анестезії за мінімальним потоком, у нашому випадку 400 мл/хв.

## ЛІТЕРАТУРА

- Лісний І.І. Економічні складові різних видів анестезії / І.І. Лісний, Закальська Х.А., Стрепетова О.В. // Хірургія України. – 2016. – № 1. – С. 61–65.
- Ho-Geol Ryu The effect of low fresh gas flow rate on sevoflurane consumption / Ho-Geol Ryu, Ji-Hyun Lee, Kyung-Ku Lee [et al.] // Korean Journal of Anesthesiology. – 2011. – February, 60 (2). – P. 75–77.
- Саламбаев Ч.Р. Ингаляционная анестезия с минимальным и низким газотоком у детей [Текст] / Ч.Р. Саламбаев // Обзор литературы. Наука и здравоохранение. – 2013. – № 2. – С. 90–92.
- Bach A. Economic aspects of modern inhalation anesthetics with sevoflurane as an example / A. Bach, H. Böhrer, H. Schmidt [et al.] // Anaesthetist. – 1997. – Vol. 46. – P. 21–28.
- Eger E.I. Inhaled Anesthetics: Uptake and Distribution / Eger E.I., ed. by R. D. Miller // Miller's Anesthesia. – 7th ed. – Churchill Livingstone, 2009. – Vol. 1. – P. 539–560.
- Ekbom K. The effects of fresh gas flow on the amount of sevoflurane vaporized during 1 minimum alveolar concentration anaesthesia for day surgery: a clinical study / K. Ekbom, H. Assareh, R.E. Anderson, J.G. Jakobsson // Acta anaesthesiologica Scandinavica. – 2007. – 51. – P. 290–3.

7. Cotter S.M. Low-flow anaesthesia. Practice, cost implications and acceptability / S.M. Cotter, A.J. Petros, C.J. Doré, N.D. Barber, D.C. White // *Anaesthesia*. – 1991. – 46. – P. 1009–12.
8. Baxter A.D. Low and minimal flow inhalational anaesthesia / Baxter A.D. // *Canadian Journal of Anaesthesia*. – 1997. – 44. – P. 643–52; quiz 652–3.
9. Vecil M. Low flow, minimal flow and closed circuit system inhalational anesthesia in modern clinical practice / M. Vecil, C. Di Stefano, F. Zorzi [et al.] // *SIGNA VITAE*. – 2008. – 3 Suppl 1. – S. 33–36.
10. Baker A.B. Low flow and closed circuits (Editorial) / A.B. Baker // *Anaesthesia and Intensive Care*. – 1994. – 22. – P. 341–2.
11. Simionescu R. Safety of low flow anaesthesia / R. Simionescu // *Circulation*. – 1986. – 3. – P. 7–9.
12. Hönemann Ch. Inhalational anaesthesia with low fresh gas flow / Ch. Hönemann, O. Hagemann, D. Doll // *Indian Journal of Anaesthesia*. – 2013. – Jul-Aug, 57(4). – P. 345–350. doi: 10.4103/0019-5049.118569.
13. Mychaskiw G. Low and minimal flow anesthesia: Angels dancing on the point of a needle / G. Mychaskiw // *Journal of Anaesthesiology Clinical Pharmacology*. – 2012. – 28. – P. 423–5.
14. Aldrete J.A. Humidity and temperature changes during low flow and closed system anaesthesia / J.A. Aldrete, P. Cubillos, D. Sherrill // *Acta anaesthesiologica Scandinavica*. – 1981. – 25. – P. 312–4.
15. Baum J.A. Low-flow anesthesia: Theory, practice, technical preconditions, advantages, and foreign gas accumulation / J.A. Baum // *Journal of Anesthesia*. – 1999. – 13. – P. 166–74.
16. Suttner S., Boldt J. Low-flow anaesthesia. Does it have potential pharmacoeconomic consequences? / S. Suttner, J. Boldt // *Pharmacoeconomics*. – 2000. – 17. – P. 585–90.
17. Weinberg L. Pharmacoeconomics of volatile inhalational anaesthetic agents: an 11-year retrospective analysis / L. Weinberg, D. Story, J. Nam, L. McNicol // *Anaesthesia and Intensive Care*. – 2010. – 38. – P. 849–54.
18. Coetzee J.F. Fresh gas flow is not the only determinant of volatile agent consumption: a multi-centre study of low-flow anaesthesia / J.F. Coetzee, L.J. Stewart // *British Journal of Anaesthesia*. – 2002. – 88. – P. 46–55.
19. Cotter S.M. Low-flow anaesthesia. Practice, cost implications and acceptability / S.M. Cotter, A.J. Petros, C.J. Dore, N.D. Barber, D.C. White // *Anaesthesia*. – 1991. – 46. – P. 1009–12.
20. Biro P. Anesthetic gas consumption and costs in a closed system with the PhysioFlex anesthesia equipment / P. Biro // *Anaesthesist*. – 1993. – 42. – P. 638–43.
21. Biro P. Calculation of volatile anaesthetics consumption from agent concentration and fresh gas flow / P. Biro // *Acta anaesthesiologica Scandinavica*. – 2014. – 58(8). – P. 968–972. DOI: 10.1111/aas.12374.
22. Dion P. The cost of anaesthetic vapours / P. Dion // *Canadian Journal of Anaesthesia*. – July 1992. – Vol. 39. – Issue 6. – P. 633–633.
23. Singh P.M. Measurement of consumption of sevoflurane for short pediatric anesthetic procedures: Comparison between Dion's equation and Dragger algorithm / P.M. Singh, A. Trikha, R. Sinha, A. Borle // *Journal of Anaesthesiology, Clinical Pharmacology*. – 2013. – 29 (4). – P. 516–520. doi:10.4103/0970-9185.119160.
24. Eger E.I. 2nd. Characteristics of anesthetic agents used for induction and maintenance of general anesthesia / E.I. Eger // *American Journal of Health-System Pharmacy*. – October 1, 2004. – 61 Suppl 4. – S. 3–10.
25. Loscar M. Volatile anesthetics / M. Loscar, P. Conzen // *Anaesthesist*. – 2004. – 53. – P. 183–98.
26. Реєстр оптово-відпускних цін на лікарські засоби [Electronic resource]. – Режим доступу: [http://www.moz.gov.ua/ua/portal/register\\_prices\\_drugs/](http://www.moz.gov.ua/ua/portal/register_prices_drugs/) – Last access: 2016. – Title from the screen.

## РЕЗЮМЕ

**Інгаляційна анестезія севофлураном при хірургії щитоподібної залози: низькопотокова або мінімально-потоккова анестезія?**

**С.О. Дубров, С.О. Тарасенко, В.А. Мазніченко**

**Мета роботи** – дослідити споживання інгаляційного анестетика та порівняти клініко-економічну складову при низькопотоківій та мінімально-потоківій анестезії севофлураном у пацієнтів із синдромом тиреотоксикозу, яким виконуються тиреоїдектомії в умовах спеціалізованого ендокринологічного центру.

**Матеріали та методи.** Пацієнти були розподілені на дві групи: групу «збалансована аналгезія-севофлуран» (ЗА-С) склали 35 хворих, групу «контроль-севофлуран» (К-С) – 46 хворих. Усім пацієнтам з тиреотоксикозом була виконана тиреоїдектомія в умовах загальної анестезії з штучною вентиляцією легень у вигляді низькопотоккової (НПА) або мінімально-потоккової



(МПА) інгаляційної анестезії севофлураном. У групі К-С проводили НПА з потоком свіжої газової суміші FGF=500 мл/хв у 25 хворих – підгрупа К-СНП, НПА із FGF=700мл/хв у 21 хворого – підгрупа К-СНП-0,7. Споживання інгаляційного анестетика севофлурану розраховували за рівняннями *Biro* та *Dion* з оцінкою концентрації севофлурану, FGF та тривалості використання даних показників під час анестезії. Розраховували витрати на анестезію за вартістю середніх доз севофлурану і витратних матеріалів, використаних під час анестезії.

**Результати та обговорення.** За рівнянням *Dion* показники споживання анестетика склали 6,25±0,23 мл для групи 3А-С, 6,77±0,26 мл для підгрупи К-СНП та 8,04±0,32 для підгрупи К-СНП-0,7 та були недостовірні ( $p>0,05$ ) більшими, ніж за рівнянням *Biro*, де вони склали 5,81±0,24 мл для групи 3А-С, 6,37±0,27 мл для підгрупи К-СНП та 7,52±0,34 мл для підгрупи К-СНП-0,7 відповідно. Між значеннями споживання севофлурану за рівняннями *Biro* та *Dion* існує сильний прямий кореляційний зв'язок за коефіцієнтом кореляції Спірмана ( $r_s$ ). Для групи 3А-С  $r_s=0,87$ , для К-СНП  $r_s=0,86$ , для К-СНП  $r_s=0,84$ . Споживання севофлурану достовірно ( $p<0,05$ ), за критерієм Уїлкоксона, нижче в групі 3А-С із МПА при FGF 400 мл/хв, у порівнянні з підгрупами контролю К-СНП та К-СНП-0,7, де використовувались НПА із 500 мл/хв та 700 мл/хв відповідно. Фармакоекономічні переваги належать мінімально-поточної анестезії, яка була застосована в групі 3А-С і склала 100,3±4,1 грн та 107,8±4,0 грн для рівнянь *Biro* й *Dion* відповідно. Ці показники були достовірні ( $p<0,05$ ), за критерієм Уїлкоксона, нижче, ніж у підгрупах контролю К-СНП та К-СНП-0,7, де застосовувались рівняння інгаляційної анестезії низьким потоком в 500 мл та 700 мл відповідно.

**Висновки.** Розрахункові рівняння *Biro* та *Dion* дозволяють оцінити споживання севофлурану під час анестезії. Між рівняннями існує сильний прямий кореляційний зв'язок ( $r_s$  на рівні 0,84–0,87), відсутня достовірна відмінність між результатами розрахунків. Рівняння оцінки споживання анестетика за *Dion* більшою мірою відображає споживання севофлурану, тому що враховує суму додатків кожного сегменту анестезії і мінімальні зміни в складових. Споживання севофлурану достовірно ( $p<0,05$ ) нижче при застосуванні МПА при FGF 400 мл/хв, у порівнянні з НПА із FGF= 500 мл/хв та 700 мл/хв.

При застосуванні МПА севофлураном більший

вплив на споживання анестетика має потік свіжої газової суміші, ніж концентрації анестетика на випарнику, тоді як зі збільшенням FGF до 500–700 мл/хв більший вплив на споживання має концентрація анестетика, ніж FGF. Достовірно менші витрати на анестезію отримані при використанні МПА із FGF=400 мл/хв.

**Ключові слова:** споживання анестетиків, севофлуран, розрахунок споживання газового анестетика, низькопотокова анестезія, мінімально-потокова анестезія, рівняння *Dion*, рівняння *Biro*.

## РЕЗЮМЕ

### Ингаляционная анестезия севофлураном при хирургии щитовидной железы: низкопоточная или минимально-поточная анестезия?

**С.А. Дубров, С.А. Тарасенко, В.А. Мазниченко**

**Цель работы** – изучить потребление ингаляционного анестетика и сравнить клинико-экономическую составляющую при низкопоточной и минимально-поточной анестезии севофлураном у пациентов с синдромом тиреотоксикоза при выполнении тиреоидэктомии в условиях специализированного эндокринологического центра.

**Материалы и методы.** Пациентов распределили на 2 группы: группа «сбалансированная аналгезия-севофлуран» (СА-С) – 35 больных, группа «контроль-севофлуран» (К-С) – 46 больных. Всем пациентам с тиреотоксикозом была выполнена тиреоидэктомия под общей анестезией с искусственной вентиляцией легких в виде низкопоточной (НПА) или минимально-поточной (МПА) ингаляционной анестезии севофлураном. В группе К-С проводили НПА с потоком свежей газовой смеси FGF=500 мл/мин у 25 больных – подгруппа К-СНП, НПА с FGF=700 мл/мин у 21 больного – подгруппа К-СНП-0,7. Потребление ингаляционного анестетика севофлурана рассчитывали по уравнениям *Biro* и *Dion* с оценкой концентрации севофлурана, FGF и продолжительности использования данных показателей при анестезии. Рассчитывали затраты на анестезию по стоимости средних доз севофлурана и расходных материалов, использованных при анестезии.

**Результаты и обсуждение.** По уравнению *Dion* показатели потребления анестетика составляли 6,25±0,23 мл для группы СА-С, 6,77±0,26 мл для подгруппы К-СНП и 8,04±0,32 для подгруппы К-СНП-0,7 и были достоверно ( $p<0,05$ ) большими,

## SUMMARY

**Inhalation anesthesia with sevoflurane during thyroid surgery: the low-flow or minimal-flow anesthesia?****S.O. Dubrov, S.O. Tarasenko, V.A. Maznichenko**

**Aim** – to study the consumption of an inhalation anesthetic and to compare of clinical and economic components during using of the low-flow anesthesia or the minimal flow anesthesia by sevoflurane in hyperthyroidism patients undergoing thyroidectomy in a specialized centre of endocrine surgery.

**Materials and methods.** All patients were divided into 2 groups: in a group of «sevoflurane balanced analgesia» (BA-S) were included 35 patients, in a group «sevoflurane control group» (C-S) were included 46 patients. All patients with thyrotoxicosis were undergoing thyroidectomy under general anesthesia with mechanic ventilation and using of the low-flow anesthesia (LFA) or the minimal flow anesthesia (MFA) by sevoflurane. In the groups BA-S was used LFA with the fresh gas flow FGF=500 ml/min for 25 patients (subgroup C-SLFA), with FGF=700 ml/min for 21 patients (subgroup C-SLFA-0,7). We evaluated the consumption of sevoflurane by Dion's equation and Biro's equation by assessing the vaporizer dial concentration in percent, FGF in liters/minute and time for which the concentration was set in minutes. We calculated the cost of anesthesia as a cost of average doses of sevoflurane and expendable materials that were used during anesthesia.

**Results and discussion.** The sevoflurane consumptions by Dion's equation were 6,25±0,23 ml for the BA-S group, 6,77±0,26 ml for the subgroup of C-SFLA and 8,04±0,32ml for the subgroup of C-SLFA-0,7 and were not significant (p<0,05) more than in Biro's equation, where The sevoflurane consumptions were 5,81±0,24 ml for the BA-S group, 6,37±0,27 ml for the C-SFLA subgroup and 7,52±0,34 ml for the C-SLFA-0,7 subgroup, respectively. Between the values of sevoflurane consumption by Biro's and Dion's equations there is a strong direct correlation on Spearman's correlation coefficient (rs). For the group of CA-C rs=0,87, for C-SLFA rs=0,86, for C-SLFA-0,7 rs=0,84. The sevoflurane consumption was significantly (p<0,05) lower on the criterion of Wilkinson in the BA-S group under MFA with FGF=400 ml/min, as compared to the control subgroups C-SLFA and C-SLFA-0,7, which were used FGF=500 ml/min and 700 ml/min during LFA respectively. In the BA-S group MFA has been demonstrated pharmacy-economic benefits, which were amounted to 100,3±4,1 UAH and 107,8±4,0 UAH

чем по уравнению Biro, где они составляли 5,81±0,24 мл для группы CA-C, 6,37±0,27 мл для подгруппы K-CHП и 7,52±0,34 мл для подгруппы K-CHП-0,7 соответственно. Между значениями потребления севофлурана по уравнениям Biro и Dion существует сильная прямая корреляционная связь по коэффициенту корреляции Спирмана (rs). Для группы CA-C rs=0,87, для K-CHП rs=0,86, для K-CHП rs=0,84. Потребление севофлурана достоверно (p<0,05), по критерию Уилкинсона, ниже в группе 3A-C при МПА с FGF 400 мл/мин, по сравнению с подгруппами контроля K-CHП и K-CHП-0,7, где использовались НПА с 500 мл/мин и 700 мл/мин соответственно. Фармакоэкономические преимущества принадлежат МПА, которая была применена в группе 3A-C и составила 100,3±4,1 грн и 107,8±4,0 грн для уравнений Biro и Dion соответственно. Эти показатели были достоверно (p<0,05), по критерию Уилкоксона, ниже, чем в подгруппах контроля K-CHП и K-CHП 0,7, где применялись НПА с FGF в 500 мл/мин и 700 мл/мин соответственно.

**Выводы.** Уравнения Biro и Dion позволяют оценить потребление севофлурана при анестезии. Между уравнениями существует сильная прямая корреляционная связь, отсутствует достоверная разница между результатом расчетов. Уравнение Dion по оценке потребления анестетика в большей степени отражает потребление севофлурана, так как учитывает сумму произведений каждого сегмента анестезии и минимальные изменения в составляющих. Потребление севофлурана достоверно (p<0,05) ниже при применении МПА при FGF 400 мл/мин в сравнении с НПА при FGF=500 мл/мин и 700 мл/мин.

При применении МПА севофлураном большее влияние на потребление анестетика имеет поток свежей газовой смеси, чем концентрация анестетика на испарителе, тогда как с увеличением FGF до 500–700 мл/мин большее влияние на потребление имеет концентрация анестетика, чем FGF. Достоверно меньшие затраты на анестезию получены при использовании МПА с FGF=400мл/мин.

**Ключевые слова:** потребление анестетиков, севофлуран, расчет потребления газового анестетика, низкочастотная анестезия, минимально-поточная анестезия, уравнение Dion, уравнение Biro.

for both equations, Biro's and Dion's, respectively. These rates were significantly ( $p < 0,05$ ) lower on the criterion of Wilcoxon in the BA-S group than in the control subgroups C-SLFA and C-SLFA-0,7, where applied LFA with FGF=500 ml/min and 700 ml/min, respectively.

**Conclusions.** Both, Biro's method and Dion's equation allow us to estimate the sevoflurane anesthesia consumption. Between the equations there is a strong positive correlation, there is no significant difference between the results of the calculations. In our point of view, Dion's equation for assessment of volatile anesthetic consumption reflects sevoflurane consumption largely, that Biro's equation, because Dion's equation takes into account the sum of products of each segment anesthesia and minimal changes in components, such as the vaporizer dial concentration in percent, FGF and duration which the concentration was set up.

The sevoflurane consumption was significantly ( $p < 0,05$ ) lower under MFA with FGF=400 ml/min, compared with LFA with FGF=500 ml/min and 700 ml/min.

When applying the MFA greater influence on sevoflurane consumption has the fresh gas flow than the vaporizer dial concentration, whereas with an increase of FGF to 500–700 ml/min greater influence on consumption has anesthetic vaporizer dial concentration than FGF. The MFA with FGF=400 ml/min has significantly less the cost of anesthesia, than the LFA with 500–700 ml/min.

**Key words:** consumption of anesthetics, sevoflurane, the gas anesthetic consumption calculation, low-flow and minimal flow anesthesia, Dion's equation, Biro's equation.

*Дата надходження до редакції 25.08.2016 р.*