

dýchání. Snížená je i funkční reziduální kapacita z důvodu nižšího tonu dýchacích svalů i bránice. Všechna volatilní anestetika snižují senzitivitu dechového centra k hyperkapnii a citlivost chemoreceptorů k hypoxii. Zvyšují pohotovost k bronchokonstrikci (cave u spontánně dýchajících a u astmatiků) a nepatrně zvyšují odpor v dýchacích cestách. Ve vyšších dávkách působí bronchodilatačně (halotan dříve využíván v léčbě torpidního status astmaticus). Téměř neovlivňují hypoxickou plicní vazokonstrikci a plicní vaskulární rezistenci (2, 3).

Volatilní anestetika relaxují příčně pruhované svalstvo inhibicí postsynaptické membrány nervosvalové ploténky a potencují tak účinek periferních i centrálních svalových relaxancií, udává se, že v porovnání s propofolem až o 40 %. Tím, že ovlivňují metabolismus nervosvalové ploténky, mohou spustit maligní hypertermii. Na hladkou svalovinu cév a dělohy mají jen minimální relaxační účinek. Mohou však ve vyšších koncentracích ≥ 1 MAC spolupodmínit postpartální krvácení (2, 3).

Volatilní anestetika komplexně inhibují imunitní systém pacientů, snižují produkci cytokinů i schopnost fagocytózy, omezují komunikaci mezi buňkami bílé krevní řady i tvorbu imunoglobulinů. V klinické praxi jsou tak rozvojem infekce nejvíce ohroženi pacienti imunokompromitovaní nebo imunosuprimovaní (7, 8).

Dříve popisovaná halotanová hepatopatie je dnes již minulostí, protože současná volatilní anestetika jsou metabolizována játry jen minimálně (tabulka 4) a nezpůsobují významnější redistribuci orgánové perfuze. Nebylo prokázáno, že by současná volatilní anestetika byla pro člověka karcinogenní, teratogenní nebo mutagenní. Oxid dusný však může inhibicí aktivity enzymů dependentních na vitamín B₁₂ negativně ovlivnit myelinizaci a replikaci DNA vyvíjejícího se embrya (2–4).

Způsoby podání inhalačních anestetik

Vstupní branou inhalačních anestetik do organismu jsou plíce. K nim je anestetika možno přivést dvěma základními systémy – otevřeným nebo uzavřeným. Otevřený systém se dnes již téměř nepoužívá z důvodu vydechování inhalačního anestetika do okolí a nutnosti vysokého průtoku čerstvé směsi plynů (u dospělého cca 6 l/minutu). V současnosti tedy využíváme především systém uzavřený, který je tvořen uzavřeným okruhem anesteziologický přístroj-odpařovač-

-pacient-absorbér CO₂-anesteziologický přístroj. Díky absorbéru CO₂, který jeho množství v okruhu eliminuje, je možné do okruhu dodávat i podstatně nižší množství čerstvých plynů než je minutová ventilace. Moderní anesteziologické přístroje dokáží pracovat v režimu „low-flow“, při kterém je dodáváno pouze 1000–500 ml čerstvé směsi plynů (pro prevenci hypoxické směsi vždy bez N₂O) za minutu, extrémem je „minimal (metabolic)-flow“, při kterém si uzavřený systém vystačí pouze s dodávkou tzv. metabolického kyslíku (k pokrytí minimálních metabolických nároků organismu 2,5–3 ml/O₂/kg/min.), přibližně tedy 200–250 ml/min. Samozřejmostí je odvod vydechované směsi mimo operační sál/kg/min.). Výhodami tohoto moderního způsobu dodávky inhalačních anestetik do organismu je minimální spotřeba inhalačního anestetika bez rizika zamoření operačního sálu jeho výparů.

V současnosti používaná inhalační anestetika

Oxid dusný (N₂O, rajský plyn)

Historicky nejstarší a spolu s xenonem jediný opravdový plyn, který byl a je využíván při podávání celkové inhalační anestezie. Je nasládle vonící, nehořlavý a termostabilní. Má významný analgetický, ale minimální anestetický potenciál, působí anxiolyticky a sedativně. Ovlivňuje, identicky s xenonem, nACH, 5-HT₃, NMDA receptory a působí na propustnost draslíkových kanálů. Tvoří součást nosné směsi vdechovaných plynů. Zesiluje účinek volatilních anestetik, a tím snižuje jejich spotřebu. Tělesné systémy a orgány ovlivňuje jen minimálně (3). U dětí se používá ve směsi s kyslíkem 1 : 1, u dospělých 1 : 2, velmi výjimečně 1 : 3 (maximálně 70 %) za předpokladu důsledné monitorace kyslíkového metabolismu. Z důvodu prevence podání hypoxické směsi jsou všechny anesteziologické přístroje vybavené mechanickou nebo elektronickou pojistkou, která brání podat směs s vyšším poměrem N₂O (9). S dostupností moderních, dobře říditelných intravenózních opioidů a neopioidních analgetik jeho spotřeba klesá (10). Důvodem jsou i jeho nežádoucí účinky na organismus. Tím hlavním je jeho difuze a následná expanze ve vzduchem vyplněných uzavřených tělesných dutinách. Způsobuje nafouknutí střev, pneumoperitoneum, pneumocefalus, po operaci středouší zvyšuje tlak uvnitř, dramaticky zhoršuje rozsah pneumotoraxu a průnikem přes stěnu těsnící manžety endotra-

Tab. 4. Metabolismus inhalačních anestetik

anestetikum	metabolizováno
N ₂ O	0 %
izofluran	0,17 %
sevofluran	2–5 %
desfluran	0,02 %

cheální kanyly zvyšuje tlak uvnitř manžety. Je mu připisován i podíl na pooperační nauze a zvracení. Zásahem do metabolismu vitamínu B₁₂ negativně ovlivňuje krvetvorbu a časný embryonální vývoj (2, 3, 9). Ve formě Entonoxu v poměru s kyslíkem 1 : 1 je stále používán jako bezpečné inhalační analgetikum především v porodnictví.

Izofluran

Tento halogenovaný éter byl uveden do klinické praxe v roce 1984 a nahradil do té doby výhradně používaný halotan. Distribuován je ve formě čiré bezbarvé nehořlavé tekutiny. Pro svůj éterický zápach a dráždivost dýchacích cest se nehodí pro inhalační úvod. Navíc reflexně způsobuje zadržování dechu, kašel a útlum dýchání (4). Ze všech v tomto článku zmiňovaných volatilních anestetik má největší koeficient rozpustnosti v krvi a tkáních, proto také čas do dosažení MAC a následná eliminace z organismu trvá nejdéle. Má kardiodepresivní účinky. Byl u něj popisován tzv. „steal fenomén“ na koronární arterie při ICHS (ve vyšších dávkách dilatoval neaterosklerotické arterie, a tím zvyšoval průtok zdravou částí myokardu na úkor té ischemické). Tlumí dechové centrum nejvíce ze všech zde popisovaných volatilních anestetik. I přes deklarovaný bronchodilatační efekt je třeba dbát opatrnosti při podávání pacientům s bronchiálním astmatem. V játrech a ledvinách je metabolizován málo, přímá hepato- ani nefrotoxicita u něj popsána nebyla. V době svého uvedení na trh byly jeho výhody nezpochybnitelné. V dnešní době však již neexistuje žádný klinický důvod k jeho dalšímu používání (3, 9).

Sevofluran

Tento halogenovaný éter se sedmi atomy fluoru byl uveden na trh v roce 1994. Díky nízké rozpustnosti a kumulaci ve tkáních je úvod i vyvedení z anestezie rychlý, proto je vhodný pro ambulantní anestezii. V dýchacích cestách je minimálně dráždivý a pro svůj bronchodilatační efekt je vhodný pro inhalační úvod, kterého se využívá především v pediatrické anestezii. Kardiovaskulární systém ovlivňuje málo, působí lehce vazodilatačně. Dýchání tlumí v závislosti na dávce. Potencuje