

616—089.5:614.833.4

NEBEZPEČÍ OHNĚ A VÝBUCHU PŘI ANESTÉZII

Podplukovník MUDr. Jaroslav POČTA, anesteziologické oddělení Ústřední vojenské nemocnice v Praze, náčelník: podplukovník MUDr. Jiří POKORNÝ, CSc.

Výbuchy na operačním sále jistě nepatří k tak častým příhodám, jako jsou komplikace při operacích — krvácení, selhání krevního oběhu a dýchání apod., nebo jako jsou nehody pooperační. Oheň a výbuch způsobily již různá poranění, popálení i smrt operovaného nebo zdravotnického personálu. Vedle technických poruch na autoklávu, na elektrickém vedení, na lahvích se stlačenými plyny apod. zvyšují nebezpečí výbuchu na operačním sále některá anestetika a narkotizační přístroje.

Hewer a Lee (1953, 1958) uvádějí, že ve Spojených státech severoamerických dochází k 2—4 výbuchům na 100 000 anestézií a k úmrtí na 1 500 000 anestézií. Swan (1938) popsal v období 1934—1938 23 nehod na operačním sále, které si

vyžádaly 14 obětí. Report (1956) sebral v letech 1947—1954 36 příhod spojených s výbuchem nebo ohněm na operačním sále. Z tohoto počtu došlo ve 3 případech k smrti. Při výbuchu na operačním sále zahynul člověk ve Stockholmu v roce 1951 a ve Vídni v roce 1956. K nehodám podobného rázu došlo i na našich pracovištích.

Podmínky, za kterých nejčastěji dochází k výbuchu a ohni jsou tyto:

1. Přítomnost vzduchu a ohně v prostředí,
2. přítomnost výbušné látky,
3. tvorba tepelné energie.

K ohni a výbuchu dochází všude tam, kde je přítomen vzduch a kyslík. Dusík je plyn inertní a k rozštěpení jeho molekuly je třeba značného

množství energie ve formě tepla nebo elektřiny. Kyslíčník dusný však nesnižuje možnost vzniku ohně, protože hořícím látkám postupuje kyslík. Nelze proto považovat směs hořlavého anestetika s kyslíčníkem dusným za méně nebezpečnou. Kyslík jako plyn velmi aktivní se slučuje s četnými látkami a vytváří proces — okysličování. Jestliže okysličování je spojeno s tepelnými a světelnými jevy, pak dochází k hoření. Aby se některá látka vzňala, musí dosáhnout zápalné teploty, která je u různých látek různá. Všude tam, kde jsou hořlavé a výbušné plyny, páry a tekutiny, může za přítomnosti vzduchu nebo kyslíku dojít k ohni a výbuchu, jestliže hořlavina dosáhne zápalné teploty. Zdrojem této tepelné energie nejčastěji bývá elektrická jiskra, která vzniká třením některých látek (tzv. statická elektřina) nebo jiskra elektrického přístroje, zásuvky apod., dále otevřený plamen a rozžhavené těleso. Samovznícení může vzniknout prudkým unikáním stlačených plynů z lahvoých ventilů, které byly zanešeny mastnou nečistotou.

Hořlavá a výbušná anestetika jsou cyklopropan, éter, divinyléter, etylchlorid a etylen. Trichloretylen dosáhne zápalné teploty (25,5° C) ve směsi s kyslíkem při 10% koncentraci. Takové koncentrace se v běžné praxi při anestézii trichloretylenu nepoužívá. Oheň vzniká jako výsledek celé řady chemických reakcí, při kterých se uvolňuje energie. Vlivem aktivace energie se štěpí látka — anestetikum — na radikály, které v prostředí bohatém na kyslík vytvářejí světlo a teplo.

Látky chemicky inertní, jako je dusík nebo vzácné plyny, absorbují aktivovanou energii tím, že ji rozptýlí na sousední molekuly. Hořlavost anestetik je dále ovlivněna přítomností různých faktorů. Tak např. jiný je rozsah hořlavosti anestetika ve směsi s kyslíkem a jiný ve směsi se vzduchem (viz tab.). Páry éteru se vzněcují při teplotě 190° C, avšak za přítomnosti peroxydů hoří při teplotě daleko nižší — 100° C.

Příčinou vzniku ohně a výbuchu při práci s anestetiky nejčastěji bývá:

1. otevřený plamen, rozžhavené těleso,
2. elektrické jiskřící přístroje, vypínače, zásuvky a zástrčky,
3. tzv. statická elektřina.
4. samovznícení.

1. Otevřený plamen — sirka, cigareta, hořící tampón, hořáky, rozžhavené těleso — elektrická kamna, elektrický nůž apod. byly nejčastějšími příčinami vzniku ohně a výbuchu hořlavin. Při práci s výbušnými anestetiky se nesmí kouřit, zapalovat hořáky apod. K nehodě došlo i v přílehlých místnostech pracovny nebo skladu hořlavin. Místa, kde se s hořlavinami pracuje, nebo kde jsou uloženy, musí být zřetelně označena a v jejich okolí má být vyhlášen zákaz používání otevřeného plamene. Takový zákaz by měl platit na celý operační blok. Vždyť nejsou to jen hořlavá anestetika, ale i jiné látky, jako je benzín, líh, aceton, kterých se používá na operačních sá-

lech a které mohou být příčinou katastrofy při neopatrném zacházení s nimi.

2. Na operačním sále se používají různé elektrické přístroje, které při jiskření mohou vznítit unikající výbušné plyny a páry. Okruh největšího nebezpečí, ve kterém může elektrická jiskra zavinit explozi, je do 30 cm od podlahy a do 30 cm od hlavy operovaného, osoby anesteziologovy a narkotizačního přístroje. V prostoru od 30 do 100 cm je toto nebezpečí již menší. Proto se mají elektrické jiskřící přístroje umísťovat do vzdálenosti nejméně 2 m od operačního stolu a narkotizačního přístroje. Vypínače a zástrčky mají být zainstalovány do výšky 1—1,5 m od podlahy. Na operačních sálech má být zajištěno dokonalé proudění vzduchu hlavně nad podlahou, kde se hromadí klesající páry éteru, cyklopropan apod., nebo správně zainstalovanou klimatizací operačního sálu.

Používá-li chirurg elektrického nože, nebo je-li zapojen jiný elektrický přístroj, nesmí být v odpařovací narkotizačního přístroje éter a ve třmení zavěšena láhev s cyklopropanem. Teplota žhavicího se elektrického nože se pohybuje nad 300° C. Elektrické vařiče, topná a žhavicí tělesa mohou být umístěna pouze tam, kde v blízkosti nejsou hořlaviny. Technici pro bezpečnost práce by měli do svého pracovního programu pojmout též kontrolu nad rozmísťováním a nad používáním hořlavých látek a měli by věnovat pozornost nezávadnosti provozu elektrických přístrojů a jejich zapojování na operačních sálech.

3. Elektrický náboj se tvoří a narůstá na různých předmětech, které jsou nevodivé, které nejsou uzemněny a které jsou v prostředí s nízkým stupněm vlhkosti (pod 55 %). Elektrický náboj vzniká třením suchého šatu, některých tkanin, předmětů z umělé hmoty, třením suché kůže, gumy apod. Elektrická jiskra, která vznikne stlačováním dýchacího vaku, může zavinit vznícení par éteru nebo cyklopropanu. Vlhkost prostředí nad 60 % již snižuje schopnost tvoření elektrostatického náboje na přístrojích a předmětech. Častým zvlhčováním podlahy operačního sálu a občasným otevíráním sterilizátoru s vařící vodou, otíráním předmětů a přístrojů mýdlovou vodou zvýšíme procento vlhkosti v prostředí a tím snížíme nebezpečí tvoření elektrického náboje (tzv. statické elektřiny). Dobrým zařízením je klimatizace sálů, která je u nás na málo pracovištích zavedena. Podlaha se stane elektricky nevodivou zvlhčováním a zamezí tak narůstání elektrického náboje. Magneziumchlorid, který se přidává při výrobě do dlaždic, udržuje podlahu operačního sálu déle vlhkou.

Všechny předměty a přístroje na operačním sále mají být uzemněny. Zemnění na vodovodní potrubí je nesprávné, protože toto potrubí bývá velmi často vyrobeno z umělých hmot, které elektřinu nevodí. Na operačních sálech má být zainstalováno samostatné zemnění, do kterého mají být svedeny všechny přístroje, operační stůl, narkotizační přístroj apod. Jiným opatřením, kterým snížíme zvětšování elektrického náboje, je používání celokovových stoliček, nošení obuvi

z vodivé gumy a šatu z bavlny a lnu. Třením hedvábí, vlny, silonu, nylonu, kapronu a jiných umělých vláken vzniká statická elektřina. Všechny gumové součástky narkotizačního přístroje mají být vyrobeny z tzv. antistatické gumy — vodivé gumy, která obsahuje 99 % uhlíku. Tato pryž má klást odpor přibližně 10^6 ohmů. Během anestézie se pokud možno nemají vyměňovat kovové součásti na přístroji (Lee), aby úderem kovu o kov nevznikla jiskra.

Rychlým průtokem plynů hořlavou tekutinou může se rovněž vytvořit statická elektřina. Tak může příliš rychle probublávající kyslík vznítit páry éteru (Bracken). Prchavá anestetika, která ještě po operaci nemocný vydechuje, mohou rovněž zapříčinit explozi. Tak cyklopropan až i po jedné hodině od ukončení operace může přivodit nehodu výbuchem.

Za tím účelem, aby bylo zjištěno nebezpečí ohně anebo výbuchu, které může zavinit elektrická jiskra v prostředí, do kterého unikají hořlavé plyny a páry, byly vyrobeny různé detekční přístroje. Sem patří jednoduchý Mortonův detektor, jakož i moderní Dynamic Ground Detector fy MEL, který světelným a zvukovým signálem varuje před nebezpečím.

Přidání některých látek, které by potlačily výbušnost cyklopropanu, jako tetrafluorometan, kysličník uhlíčitý, dusík, helium apod., nelze zatím pro toxické vlastnosti některých těchto látek považovat za uskutečnitelné.

4. K samovznícení dochází rychlým prouděním plynů z kovových lahví, je-li ventil zanesen mastnotou a nečistotou. Proto se k mazání veškerého potrubí, kterým jsou vedeny stlačené plyny, nesmí používat olejů a mastí. Láhve se stlačenými plyny se mají ukládat na odděleném místě, nemají se pokládat na ležato, ale mají být vždy upevněny, aby nedošlo k jejich pádu. Láhve se nesmějí ukládat v blízkosti kamen nebo ústředního topení, aby tlak plynů v láhvi nestoupil nad přípustnou hranici. Takto by snadno mohlo dojít k roztržení láhve. Při převozu mají být vždy láhve opatřeny krytem na lahvovém ventilu. Láhev se má otevírat vždy postavená a výpustný otvor má směřovat na opačnou stranu, než stojí osoba, která manipulaci provádí. Lahvový ventil se otevírá pozvolna a má se roztočit do konce.

Zamyslíme-li se nad současným stavem nevýbušných anestetik na našich pracovištích, máme k běžnému a bezpečnému používání pouze kysličník dusný a trichloretylen. Halotan, který byl v našich laboratorích vyvinut, nebyl do výroby předán. Halotaniem zahraniční výroby je nutno šetřit a ponechávat jej toliko pro zvláštní druhy operací. Nemáme rovněž odpařovač, který by zaručoval přesnou koncentraci podávaného anestetika a který by byl u nás běžně k dostání. O této skutečnosti by měli vážně přemýšlet pracovníci našeho farmaceutického průmyslu a technici na vývojových pracovištích továren na zdravotnické přístroje.

Nakonec bych chtěl ještě připomenout, že na operačních sálech se volně ukládají různé hořlavé a výbušné látky mnohdy zcela otevřeně. Jsou

Výbušnost a hořlavost inhalačních anestetik (podle Brackena).

Látka	Bod varu °C	Hustota par vzduch = 1	Meze vznícení		Krajní meze užívání v anestézii
			ve vzduchu %	v O ₂ %	
dietyléter	34,6	2,6	1,9-48	2,0-82	3,5-20
cyklopropan	32,9	1,45	2,4-10,4	2,5-60	3 -40
divinyléter	28,4	2,2	1,7- 2,7	1,8-85	2 -12
etylchlorid	12,5	2,28	3,8-15,4	4,0-67	2 - 6
etylen	103	0,97	1,3-32	3 -80	60-90
trichlor-etylen	87	4,53	nehoří	10 -65	2 - 7,5
halotan	50	6,8	nehořlavý		1 - 3
kysličník dusný	89	1,53	nehořlavý		35-95

to benzín, alkohol, aceton, který je součástí některých rychle schnoucích obvazů a postřiků apod. Jiným nebezpečím úrazu jsou autoklávy, láhve se stlačenými plyny apod. Tyto otázky patří do kompetence chirurgů a je tudíž na nich, aby se jimi odpovědně zabývali.

V polních podmínkách budeme při práci s anestetiky narážet na celou řadu těžkostí. Ve stálých polních zdravotnických zařízeních nebo v těch, která budou ve zděných budovách, budou platit bezpečnostní příkazy jako v míru a bude možné je zachovávat. Jinak tomu bude na operačně převazových blocích, hlavně v období zimy ve stanech. Anestetika, kterých zde budeme používat, budou thiopental, trichloretylen, kyslík a kysličník dusný, který se na tato pracoviště bude dodávat. Nebezpečím vzniku ohně a výbuchu budou éterové páry unikající z otevřeného, polootevřeného a zavřeného způsobu. Angličtí a francouzští vojenští anesteziologové se vracejí k používání chloroformu. Využívají tak jeho nehořlavých vlastností. Anestetikem budoucnosti se zdá být halotan, který je ovšem možno svěřit jen zkušenému anesteziologovi.

Závěr

Autor probral podmínky vzniku ohně a výbuchu při práci s anestetikou a kriticky hodnotil otázku ohně a výbuchu v polních podmínkách.

Písemnictví

- Adriani J.: Techniques and Procedures of Anesthesia; Thomas, Springfield 1949.
 Collins V. J.: Anesthesiology, Lea & Febiger, Philadelphia 1955.
 Evans F. T., C. Gray: General Anaesthesia; Butterworth & Co., London 1959.
 Frey R., W. Hügin, O. Mayerhofer: Lehrbuch der Anaesthesiologie, Springer Verlag, Berlin 1955.
 Forgacs J., R. Voszka: Der Anaesthesist, 9, 12, 1960.
 Hache H.: Der Anaesthesist, 11, 6, 199, 1962.
 Hewer C. L.: Recent Advances in Anaesthesia and Analgesia; J. & A. Churchill, London 1953.
 Hewer C. L., J. A. Lte: Recent Advances in Anaesthesia and Analgesia; J. & A. Churchill, London 1958.
 Jones C. W., A. Inr. Faulconer, E. J. Baldes: Anesthesiology, 11, 562, 1950.
 Kilian H.: Die Narkose; G. Thieme Verlag, Stuttgart 1954.
 Lundy J. S.: Clinical Anesthesia; Saunders Co, Philadelphia 1944.
 Macintosh R., W. W. Mushin, H. G. Epstein: Physics for the Anaesthesist, Blackwell, Oxford 1958.
 Shane S. H.: Handbook of Balanced Anesthesia, Louny & Volz, Baltimore 1958.