

KEMIALLISEN HAPEN VAPAUTUMINEN: TUTKIMUS HYÖDYSTÄ

Happi on pääasiallinen työkalu paineistetulla kaasulla sukeltamisen jälkeisen sukeltajantaudin ensiapuun.¹ Riittävien varastojen varmistaminen syrjäseuduilla saattaa olla ongelmallista, koska paineistettuja säiliöitä ei saa kuljettaa kaupallisilla lennoilla ja maakuljetus on epätarkoituksenmukaista ja kallista.

Paineistetun kaasun vaihtoehtoihin kuuluvat happisakauttimet ja kemiallista happea vapauttavat laitteet. Happisakauttimet ovat riippuvaisia sähköstä – töpselistä tai akusta. Kemikaallinen happi ei tarvitse ulkoista virtaa. Olemme aikaisemmin raportoineet kemikaalista happea vapauttavista systeemeistä, että niillä oli riittämätön tuotto käytettäväksi kenttäolosuhteissa.² Tämä artikkeli tekee yhteenvedon uudemman kemikaalista happea vapauttavan laitteen arvioinnista. Täydet yksityiskohdat voi löytää julkaistusta raportista.³

Systemin kuvaus ja perustoiminnot

Hätähappisysteemi (emergency oxygen device (emOx)) on kannettava paineeton hapenantolaitteisto, jonka on kehittänyt (eteläafrikkalainen) Green Dot Systems, Inc. Yksikköä markkinoidaan käyttökelpoisena ensiapuvälineenä, kunnes terveydenhuollon ammattiapu on saatavilla. Mainostaminen keskittyy siihen, ettei paineistettua varastosäiliötä ole paikalla, annetun hapen suureen puhtauteen, kokonaisvirtausaikaan sekä reaktioaineiden pitkään säilyvyysaikaan. Arvioimme emOx-systeemin suorituksen kontrolloiduissa laboratorio-olosuhteissa.

EmOx-laite on samankaltainen kuin n. 75 cm korkea, 13 cm ympärysmitaltaan oleva termospullo ([kuva 1](#)). Notkea happiletku liittää kasatun laitteen yläosan yksinkertaiseen potilaalle annettavaan maskiin. Kaksi kertakäyttöistä kemikaalipakettia sekoitetaan veteen isossa säiliössä ja osat kasataan. Kemikaallinen reaktio vapauttaa hapen sekä lämmön. Happea virtaa niin kauan kuin läpinäkyvän korkin läpi näkyy kuplia. Mukana on useita reaktiopaketteja, jotta laitetta voi käyttää toistuvasti.

Metodit

Teimme seitsemän miehittämätöntä koetta tasaisissa, standardoiduissa laboratorio-olosuhteissa sisätiloissa. Laitetta käytettiin valmistajan ohjeiden mukaisesti. Yksinkertainen, kasvoille tarkoitettu maski laitettiin tarkkailuvälineisiin mittaamaan ulosvirtausta.

Kaikki komponentit mitattiin ja aktivointi tehtiin samalla tavalla joka kerralla. Kokeen tiedot napattiin tietokoneistetun tiedonhankinta systeemin läpi. Kaasun virtausta mitattiin jatkuvasti ja jaettiin 60 sekunnin keskiarvoihin, kunnes virtaus loppui. Kokonaistilavuus mitattiin virtauslukemien minuuttikeskiarvoista.

Lämpötilat mitattiin reaktiosäiliön ulkopuolisesta seinästä. Tulleen kaasun lämpötila- ja kosteusnäytteet otettiin kaasuvirtauksesta suurin piirtein siitä, missä potilaan maski olisi. Arvot raportoitiin \pm standardieron mukaisesti poikkeamien vaihteluvälit kiinnikkeissä.

Tulokset

Systemin kokonaispaino oli 2,65 kg (5.8 lbs), kun siinä oli yksi setti reaktioaineita (sisältäen veden). Jokainen lisäsetti lisättyä reaktioaineita painoi suurin piirtein 0,9kg (2.0 lbs).

Keskimääräinen virtausnopeus (mitattuna viimeisen täyden virtausminuutin keskiarvoina) oli 1.75 ± 1.58 (0.05 - 6.75) $L \cdot \text{min}^{-1}$ (ympäröivä lämpötila ja paine saturoituna vesihöyryllä; ATPS) (kuva 2). Happea tuli 23 ± 6 (18-35) minuuttia. Aika, joka kesti ennen kuin virtausnopeus ylitti $2.0 L \cdot \text{min}^{-1}$ oli 15.7 ± 6.4 (11-29) minuuttia. Virtausnopeus pysyi yli $2.0 L \cdot \text{min}^{-1}$ ATPS ainoastaan 6.4 ± 1.0 (5-8) minuuttia (virtaushuipun

ollessa 5.93 ± 0.56 ($5.23-6.75$) $L \cdot \text{min}^{-1}$ ATPS ennen kuin nopeasti tippui nolnaan). Hapen kokonaistuotto oli 40.4 ± 2.6 ($37.7-44.4$) L. Reaktiokanisterin ulkoseinä saavutti 54.7 ± 7.4 ($46.4-64.9$) $^{\circ}\text{C}$ lämpötilan. Kaasun lämpötila mitattuna suurin piirtein siitä, missä maski on erosi vain vähän ympäröivästä lämpötilasta missään kohdassa virtauksen aikana.

Keskustelu

Ensiapuna käytettävien hapenantolaitteiden on oltava luotettavia, helppoja käyttää ja kuljettaa sekä niiden on kyettävä antamaan happea hoitoon riittävä määrä riittävällä virtauksella. Nimellishoitoon suositellut virtausnopeudet jatkuvasti virtaavalla systeemillä on usein $10-15 L \cdot \text{min}^{-1}$ välillä. Rajusti levinneet, mutta rajoitetut hapenantolaitteet voisivat olla tarkoituksenmukaisia joissain kaupunki- tai esikaupunkialueilla, joissa ambulanssi tulee nopeasti. Syrjäseuduilla tai tilanteissa, joissa ambulanssin tulo kestää vaaditaan suurempia happivarastoja. Perinteisiin painesäiliöihin luottaminen voi luoda hapelle kuljetusongelmia. Kemiallisen hapen vapauttamisen konsepti välttää sekä paineistettujen kuljetusvälineiden että voimanlähteen antamat haasteet.

Korkeapitoista happea voidaan vapauttaa stabiileilla ja turvallisilla reagensseilla. Ongelmina kuitenkin on rajoitettu hapen virtaus- sekä kokonaismäärä. EmOx on kannettava paineistamaton hapenantosysteemi kompaktissa, kestävässä ja helppokäyttöisessä muodossa kunhan kaikki kolme reagenssia on saatavilla. Valitettavasti hapen määrä reaktiosetissä on erittäin rajoitettu - noin 10% siitä, mitä yksi 'D'-kokoinen happisäiliö sisältää. Käytännössä tämä erittäin rajoitettu määrä ei todennäköisesti olisi tehokas useimpien lääketieteellisten tilojen hoitoon.



Lisäksi, vaikka aktivointistepit on standardoitu, luo hidas ja vaihteleva aika ennen kuin hapen tuotto saavuttaa huippunsa kysymyksen siitä onko nopeasta käyttöönotto ennen ambulanssin saapumista. Loppujen lopuksi laitteen kanssa vietetty aika, jolloin ei kiinnitetä huomiota potilaan muihin tarpeisiin, ei näytä oikeuttavan saavutettaviin, rajoitettuihin etuihin.

Viimeinen aihe on, että annettu kaasu ei lämmennyt merkittävästi yli vallitsevan lämpötilan, kuten luvataan. Huolimatta erittäin korkeista reaktiokammion lämpötiloista lämmön siirtyminen pitkin vakioletkua antoi melkein saman lämpöistä happea kuin ympäröivä ilma on. Vaikka kaikki hoidot hyötyvät lämpöisestä sisään hengitetystä kaasusta se ei toteutuisi.

Johtopäätökset Vaihtoehtojen lisääminen paineistetuille happilaitteille on toivottavaa. Valitettavasti testimme emOx-systeemiin osoittaa erittäin rajoitetun hapen virtausmäärän, erittäin rajoitetun annetun kokonaishappimäärän sekä ongelmallisen epäjohdonmukainen aikajana hapen vapautumiselle.

Näihin tuloksiin perustuen päättelimme, ettei emOx anna riittävää ensiapuhapen lähdeä. Kokemuksemme johti meidät johtopäätökseen, että käytännön hyöty jauheesta happea vapauttavan systeemin käyttöön ensiaputilanteessa on parhaimmillaankin marginaalisia.

Spekuloimme, että tulevaisuuden yritykset korvata paineistetut kaasulähteet ovat enemmän suunnattu lisääntyvään happisakeutin teknologiaan.

Fig. 1	Fig. 2
	

Kirjoittajasta

Neal W. Pollock, Ph.D., on DANin tutkimusjohtaja sekä vanhempi tutkija Duken yliopistossa; Center for Hyperbaric Medicine and Environmental Physiology, Duke University Medical Center, Durham, NC.