

VIRI KISIKA

Matjaž Bizjak

UDK/UDC 615.838.33

OXYGEN SOURCES

DESKRIPTORJI: kisik inhalacijska terapija-instrumentacija

DESCRIPTORS: oxygen inhalation therapy-instrumentation

IZVLEČEK – V članku so opisani sodobni viri kisika za zdravljenje na domu, njihove prednosti in pomanjkljivosti, pa tudi njihova ekonomičnost. Najprimernejši od razpoložljivih virov kisika v naših razmerah je koncentrador kisika, še posebej za bolnike, ki so pretežno vezani na življenje doma.

ABSTRACT – *Oxygen sources for home oxygen treatment are described together with their advantages and disadvantages as well as their economy. The most appropriate source in our conditions is the concentrator of oxygen especially in patients who live mostly at home.*

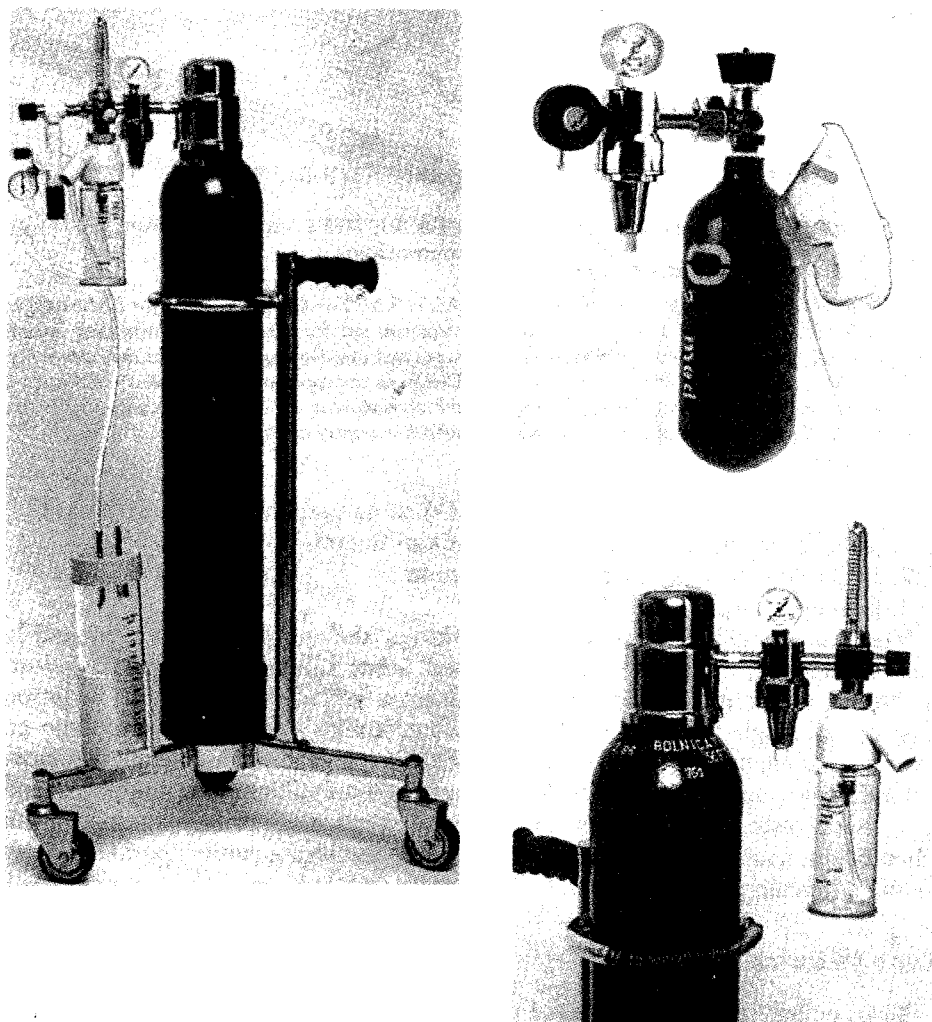
Za zdravljenje s kisikom na domu (ZKD) so na razpolago trije viri kisika:

1. jeklenke s stisnjanim plinom pod visokim tlakom;
2. tlačne posode z utekočinjenim plinom in
3. koncentradorji kisika.

Vsak od teh sistemov za oskrbo bolnikov s kisikom ima svoje prednosti in pomanjkljivosti, primerjamo pa lahko med seboj njihovo težo, prenosljivost, s kakšnimi problemi se ukvarjamo pri polnjenju jeklenk oziroma tlačnih posod s kisikom in njegovi dostavi na bolnikov dom, koliko kisika je na razpolago po enkratnem polnjenju, kakšne nevarnosti grozijo pri uporabi različnih sistemov, nenazadnje so pomembni tudi stroški, ki nastanejo pri nakupu in uporabi različnih virov kisika. Sistem, ki ga uporabljamo na domu, mora biti prilagojen bolnikovim psihofizičnim sposobnostim in ga morajo bolnik ali njegovi svojci uporabljati brez pomoči tehničnih strokovnjakov.

Kisik v jeklenkah

Kisik polnijo pri nas v jeklenke do tlaka 150 barov za to delo usposobljeni delavci v podjetjih, kjer pridobivajo kisik (običajno s frakcionirano destilacijo utekočinjenega zraka). Volumen jeklenk znaša od 2 l do 40 l, njihova teža pa od nekaj kg do 80 kg (slika 1). V zadnjem času so se na tržišču pojavile jeklenke iz lahkih kovin (litrška jeklenka tehta le približno 2 kg), ki so namenjene izključno za medicinsko uporabo (slika 2). Glede na različen volumen jeklenk stisnemo vanje seveda različno količino kisika. V standardnih 40 litrskih jeklenkah je približno 6000 l kisika, če so napolnjene do 150 barov, in tehtajo približno 80 kg. Če bolnik inhalira kisik iz te jeklenke pri pretoku kisika 1 l/min, kisik iz te jeklenke zadostuje za 6000 minut oziroma približno 4 dni. Razumljivo je, da porabimo kisik iz te jeklenke v dveh dneh, če zvečamo pretok na 2 l/min, in v enem dnevu pri pretoku 4 l/min. V manjših jeklenkah je seveda bistveno manjša količina kisika. Tako lahko kisik iz prenosnih jeklenk uporabljamo le nekaj ur. Količino kisika v jeklenki



Slika 1. Stacionarne in prenosljive jeklenke za zdravljenje s kisikom.

v litrih izračunamo tako, da volumen jeklenke v litrih pomnožimo s tlakom kisika v jeklenki v barih, ki ga odčitamo z manometra na jeklenki.

Pri neprekinjenem pretoku kisika iz jeklenke skozi nosni kateter uporabimo za terapijo le tisto količino kisika, ki priteče skozi kateter med vdihom. Ves kisik, ki priteče med izdihom, se zavrže; koristno torej uporabimo le približno polovico plina v jeklenki. Zato so, še posebej za uporabo manjših in lažjih prenosnih jeklenk, izdelali tako imenovane varčevalce kisika. Obstajata dve vrsti teh priprav: katetri z rezervoarjem (slika 3) in varčevalci z elektronskim uravnavanjem doziranja kisika (slika 4). Katetri z rezervoarjem zbirajo kisik med izdihom v 20 ml rezervoar, od koder ga vdahnemo v začetni fazi naslednjega vdiha. Med ostalim inspiracijskim časom ostane rezervoar zaprt in sistem deluje kot običajni nosni

kateter in dovaja kisik pri izbranem pretoku. Prav ta način doziranja kisika z bolusom plina v zgodnji fazi inspirija zagotovi enako oksigenacijo krvi ob bistveno manjših pretokih kisika, kot če uporabljamo standardne nosne katetre.

Tabela 1 nazorno prikazuje prihranek kisika po podatkih proizvajalca, če uporabljamo varčevalce, na primer ameriške firme CHAD. Treba pa je poudariti, da moramo potreben pretok določiti za vsakega bolnika posebej in se zato tudi prihranki kisika od bolnika do bolnika precej razlikujejo (1, 2).

Elektronski varčevalci zaznajo začetek inspirija, ki ustvari v nosnem katetru

OXYLITE 480

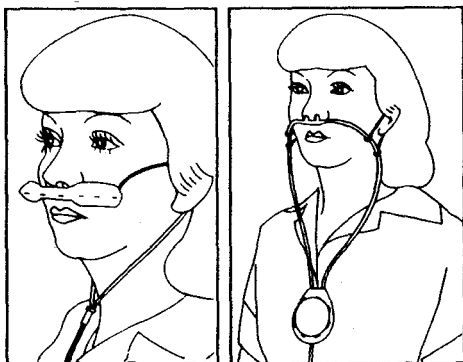
15 kg
28 ur



OXYLITE 240

10 kg
14 ur

Slika 2. Prenosljivi komplet jeklenk z majhno težo. Stena jeklenk je iz specialnih lahkih kovin.



Slika 3. Varčevalec kisika z rezervoarjem.



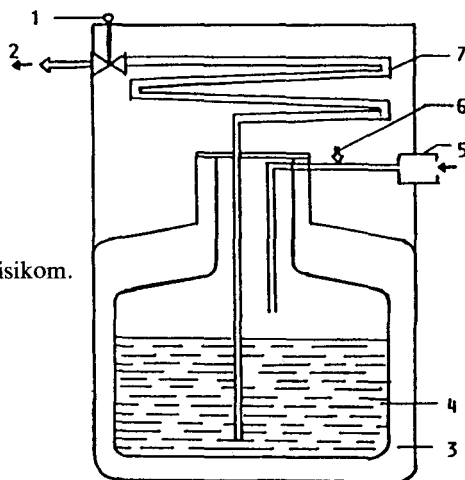
Slika 4. Elektronski varčevalec kisika.

Tabela 1. Prikaz prihranka kisika, ki ga dosežemo z uporabo varčevalcev z rezervoarjem v primerjavi s standardnim nosnim katetrom.

Pretok kisika z običajnim nosnim katetrom	Pretok kisika z nosnim katetrom in varčevalcem Oxyimizer Pendant	Prihranek kisika
2 l/min	0,5 l/min	75%
3 l/min	1,0 l/min	66,6%
4 l/min	2,0 l/min	50%
5 l/min	2,5 l/min	50%

majhen negativen tlak in pri najenostavnejših izvedbah enostavno vklopijo kisik na začetku vdihava ter ga izključijo med izdihom. Tehnološko zahtevnejši so varčevalci, ki po detekciji začetka inspirirja takoj dozirajo bolus kisika (približno 30 ml). Ta tehnologija omogoča inhalacijo kisika v tisti fazi vdihava, ki največ prispeva k oksigenaciji krvi. S tem se izognemo dovajanju kisika med vdihavanjem zraka iz mrtvega prostora in dotoku kisika med izdihom. Poleg tega je mogoče s tem sistemom regulirati doziranje kisika pri vsakem vdihu, pri vsakem drugem ali tretjem vdihu, kar omogoča še nadaljnje zmanjševanje porabe kisika iz jeklenke, poleg tega pa tudi prilagajanje porabe kisika glede na trenutno bolnikovo fizično aktivnost. Ponovno pa je treba opozoriti, da moramo vse te varčevalne ukrepe preveriti s kontrolo oksigenacije krvi za vsakega bolnika posebej.

Jeklenke s stisnjenim kisikom so bile dolgo časa edini vir kisika za ZKD. Bolnik, ki je prejemal kisik ob pretoku 2 l/min, je porabil tedensko tri velike jeklenke kisika, kar je bilo zvezano s precejšnjimi transportnimi stroški. Poleg tega je kisik v jeklenki poceni plin v dragi in težki embalaži. Kontrole jeklenk in pogosta polnjenja podražijo njihovo uporabo. Manjših jeklenk bolniki ne smcjo sami



Slika 5. Shema Dewarjeve posode s tekočim kisikom.

- 1 – regulacija pretoka
- 2 – izhodna cev
- 3 – dvojna stena z brezračnim prostorom
- 4 – tekoči kisik
- 5 – oddušnik
- 6 – zaklopka
- 7 – uparilnik

polniti. Za to delo je potrebna posebna usposobljenost. Obstaja nevarnost eksplozije, če se pri uporabi zamastita jeklenkina ventila (glavni in reducirni). Zlom omenjenih ventilov je tudi nevaren zaradi »torpednega učinka«. Šele varčevalci kisika so omogočili daljšo uporabo plina v prenosni jeklenki z razmeroma majhnim volumnom plina v njej. Nedvomno varčevalci kisika prispevajo k večji gibljivosti hudega bolnika in s tem h kvaliteti življenja, zato je treba njihovo uporabo pospeševati.



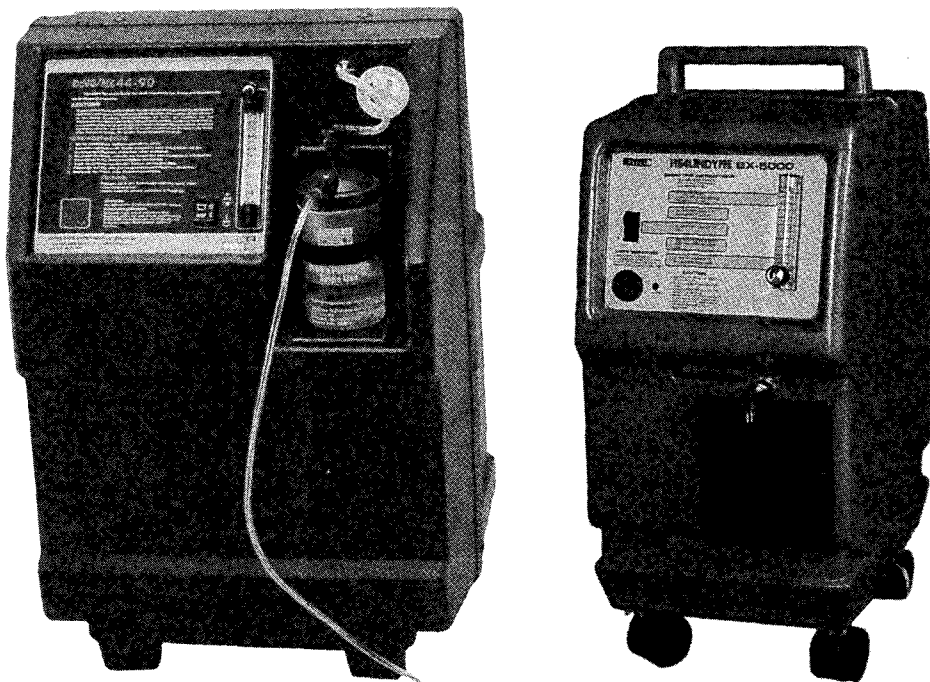
Slika 4. Stacionarne in prenosne posode s tekočim kisikom.

Tekoči kisik

Tekoči kisik zavzema veliko manjši volumen od kisika v plinskem stanju. Liter tekočega kisika bo v plinskem stanju zavzel pri sobni temperaturi volumen 862 litrov. Če hočemo to količino plina komprimirati v jeklenko pri približno 150 barih, potrebujemo 6-litrsko jeklenko, torej precej večji volumen.

Za hranjenje tekočega kisika potrebujemo posebne posode, iz fizike poznane kot Dewarjeve posode. To so nekakšne termovke, saj imajo dvojno steno, v kateri je vakuum (slika 5). V njih hranimo kisik pri zelo nizki temperaturi (-183°C). Za terapijo s kisikom na domu so na razpolago velike posode z nekaj deset litri tekočega kisika (slika 6). Pri konstantnem pretoku 2 l/min zadostuje ena polnitev za približno teden dni. Bolnik lahko iz tega velikega rezervoarja na enostaven način sam polni tudi svoje male prenosne posode.

Uporaba tekočega kisika je veliko bolj varna (tlak v posodi je le nekaj barov) kot uporaba jeklenk s stisnjanim plinom. Vendar ima ta vir kisika dve pomanjkljivosti. Prva je relativno visoka začetna investicija v opremo (stacionarne in prenosne posode za tekoči kisik, avtomobilska cisterna za dovoz kisika do bolnikovega doma, redno vzdrževanje teh aparatov itn.). Druga pomanjkljivost pa je potreba po neprekinjenem uravnavanju tlaka v posodi. Če želimo ohraniti nizko temperaturo, mora kisik neprestano izhlapevati, porast tlaka v rezervoarju pa uravnavamo s posebnim odduškom. Ko iz posode spustimo nekaj kisika, se preostala količina



Slika 7. DeVilbiss MC 44–90 in Healthdyne BX-5000, dva modela kisikovih koncentradorjev, ki sta na razpolago na našem tržišču.

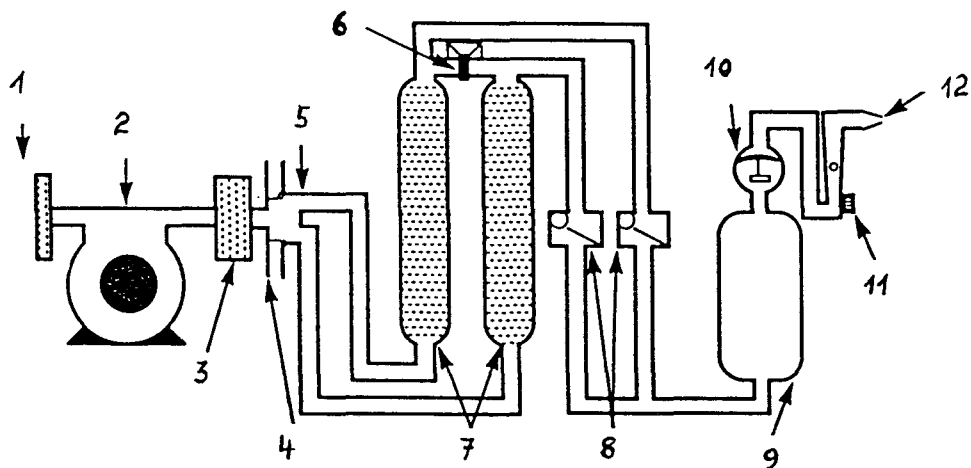
plina v posodi razširi in se s tem ohladi (Gay-Lussacov zakon). To pomeni, da izgublamo kisik iz posode tudi takrat, ko je ne uporabljamo.

Ta vir kisika na bolnikovem domu pri nas še ni v uporabi predvsem zaradi velike začetne finančne investicije.

Koncentratorji kisika

Pri obeh dosedaj navedenih sistemih za terapijo s kisikom na domu uporabljamo kisik, ki ga hranimo in dovažamo v zaprtih posodah. V nasprotju z njimi pa so koncentratorji kisika električne naprave, ki proizvajajo kisik iz sobnega zraka.

Najpomembnejši del takšnega koncentratorja sta dva cilindra (slika 7), napolnjena s kroglicami sintetičnega natrijevega aluminijevega silikata (zeolit). Ta substanca ima to lastnost, da se pod povečanim tlakom v pore njene kristalne strukture veže dušik (in ogljikov dioksid), drugi plini pa gredo skozenj. Cilinder, napolnjen z zeolitom, deluje kot molekulsko sito. Aparat deluje tako (slika 8), da kompresor črpa zrak iz aparatove okolice, ga filtrira in izmenično potiska v en ali drug cilinder na njuni spodnji strani. Kisik, ki prihaja iz cilindra na zgornji strani, se razdeli na dva dela. Večji del (okoli 70%) se usmeri skozi zgornjo stran drugega cilindra. Ta kisik izpere iz drugega cilindra ves dušik, ki ga je v njem sprostil zeolit takoj zatem, ko je valvula avtomatsko izklopila tok zraka skozi ta cilinder. Z drugimi besedami, večji del kisika iz enega cilindra se uporablja za obnavljanje molekulskega sita v drugem cilindru. Drugi, manjši del proizvedenega kisika pa potuje v rezervoar, od tam skozi izhodni bakterijski filter in regulator pretoka na



Slika 8. Shema kisikovega koncentratorja.

- | | |
|---|---|
| 1 – vhodni filter za zrak | 7 – cilindra z zeolitom |
| 2 – kompresor | 8 – kontrolne zaklopke |
| 3 – filtriranje najmanjših delcev | 9 – rezervoar s kisikom |
| 4 – oddušek | 10 – regulator tlaka v sistemu |
| 5 – štiripotna valvula | 11 – regulator izhodnega pretoka kisika |
| 6 – valvula za izpiranje cilindrov z zeolitom | 12 – iztočna cev |

izhodno cev. Nanjo priključimo direktno nosni kateter pri majhnih pretokih (1–2 l/min), pri večjih pretokih (3–4 l/min) pa vstavimo vlažilec pred nosni kateter. Časovni interval za preklop od enega cilindra na drugega je za vsakega proizvajalca specifičen in konstanten, običajno pa traja 10 do 20 sekund.

Razumljivo je, da je pri teh aparatih končna koncentracija kisika odvisna od hitrosti, s katero potuje zrak skozi cilinder z molekulskim sitom. Ta hitrost je določena z izbiro pretoka na merilcu. Pri majhnih pretokih do 3 l/min doseže koncentracija kisika tudi 95%, medtem ko se pri večjih pretokih koncentracija zmanjšuje in pri pretoku 5 l/min znaša le še okoli 85% (pri novem aparatu, sicer pa se pri daljši uporabi zmanjšuje koncentracijska sposobnost aparata).

V zadnjih desetih letih je postala uporaba koncentradorjev za ZKD zelo popularna in je za stacionarno rabo popolnoma nadomestila jeklenke s stisnjanim kisikom (2). Koncentradorji so namreč najcenejši vir kisika sploh (3), saj je osnovna surovina zastonj in na razpolago povsod (namreč zrak), znižale pa so se tudi prodajne cene teh aparatov. Ima pa ta vir kisika tudi nekatere pomanjkljivosti (na primer odvisnost od električnega toka, zaradi teže okoli 20 kg njegova mobilnost ni prav velika, med obratovanjem povzroča manjši ropot). V nasprotju z jeklenkami s kisikom se koncentradorji (tudi najnovejši) razmeroma pogosto kvarijo. Zato zahtevajo skrbno vzdrževanje in redno servisiranje. Vse našteje pomanjkljivosti v primerjavi z varnostjo takšne uporabe kisika in nizko ceno njegove proizvodnje izgubijo na pomenu.

Literatura

1. Moore-Gillon J. The role of oxygen saving devices in patients with chronic hypoxemia. *Lung* 1990; Suppl: 814–5.
2. Stewart AG, Howard P. Devices for low flow O₂ administration. *Eur Respir J* 1990; 3: 812–7.
3. Tiep BL. Long-term home oxygen therapy. *Clinics in Chest Medicine*, 1990; 11: 505–21.
4. Nolte D. Indications of different oxygen sources. *Lung* 1990; Suppl: 809–13.