

UPORABA VAKUUMA V MEDICINI

Jože Gasperič

Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, 1000 Ljubljana

POVZETEK

Pregledni članek obravnava uporabo vakuuma v medicini ter aparate in naprave za doseganje želenega vakuuma. Le-tega uporabljajo predvsem v kirurgiji, urgentni in transfuzijski medicini, porodništvu, stomatologiji, v splošnih in specialističnih ambulantah oz. zdravstvenih domovih ter na klinikah za sukcijo izločkov, krvi, humanega mleka, za bronhialno toaleta (inhalatorji), sterilizacijo medicinskih pripomočkov, liofilizacijo, filtracijo, destilacijo, odvzemanje vzorcev tkiv itd. V članku so bolj podrobno opisani tudi nekateri postopki, njihove značilnosti in prednosti.

Applications of vacuum technique in medicine

ABSTRACT

The review of applications of vacuum technique in medicine, apparatus and equipments for the production of desired vacuum are presented. Vacuum is applied especially at surgery operations in urgent and transfusion medicine, obstetrics, stomatology, in ambulances, hospitals, etc. for suction of secrets, blood, human milk, for bronchial toilet (inhalators), sterilization of medical tools and clothes, for freeze drying of blood plasma, filtration, distillation, taking out the samples of tissue, etc. In this review some processes, their characteristics and advantages are described in details.

1 UVOD

Vakuumska tehnika je že skoraj zapolnila vse pore našega življenja, zato jo najdemo tudi v medicini. Uporabljajo jo v kirurgiji, urgentni in transfuzijski medicini, porodništvu, stomatologiji, v splošnih in specialističnih ambulantah oz. zdravstvenih domovih ter na klinikah za sukcijo izločkov, krvi, humanega mleka, za bronhialno toaleta, sterilizacijo medicinskih pripomočkov, liofilizacijo (npr. krvne plazme), filtracijo, destilacijo, odvzemanje vzorcev tkiv itd.

Vsi vakuumski aparati in naprave pa morajo izpolnjevati poleg splošnih tudi posebne zahteve medicine, ki so naslednje: preprosto upravljanje, povečana zaščita pred nevarnostjo dotika električnih vodnikov, možnost sterilizacije priključkov (sond, cevi, posod...), bakterijska filtracija izpustov črpalk, minimalni hrup.

Področje vakuuma, ki se uporablja v medicini, je med 1000 mbar in 10 mbar, pri liofilizaciji (sušenju v zmrznjenem stanju; angl. freeze drying) krvne plazme od 1 mbar do 10^{-3} mbar, za taljenje in ulivanje kovin v dentalni protetiki pa okoli 10^{-4} mbar.

2 VAKUUMSKA SUKCIJA V KIRURGIJI

Kirurgije si ne moremo predstavljati brez vakuumskih sukcijjskih aparatov za aspiracijo telesnih tekočin (krvi) in izločkov. V večjih kirurških centrih po svetu

uporabljajo t. i. "centralni vakuum", ki pa ga sedaj opuščajo, ker ugotavljajo, da so se z leti uporabe v razvodnih ceveh, ki jih ni mogoče preprosto sterilizirati, naselile kolonije raznih patogenih bakterij. Ti mikroorganizmi pa potujejo tudi protitočno in tako pridejo končno v stik s pacientom, kar lahko povzroči dodatne postoperativne komplikacije. Zato uporabo "centralnega vakuuma" odsvetujemo ter priporočamo samostojne aspiratorje, kot sta npr. taka, ki sta prikazana na sliki 1.

Glavni deli vsakega vakuumskega aspiratorja so naslednji: vakuumska črpalka (rotacijska ali membranska), steklene posode ali plastenke za telesne tekočine, sesalni priključek s kanilo, ventil za zvezno nastavljanje (uravnavanje) primerne vakuuma od 1000 mbar (atmosferski tlak) do 150 mbar, merilni instrument (vakuummeter), nožno stikalo za električni vklop in izklop aparata. Vsi deli, ki pridejo v stik z aspirirano tekočino in pacientom, morajo biti sterilni. Navadno imajo aspiratorji vgrajen izpustni bakterijski filter in elektronsko varovalo nivoja tekočine v aspiracijski posodi.

Nastavitev vakuuma (sesalnega tlaka) je zelo pomembna, saj mora biti taka, da ne pride ob stiku s tkivom do zamašitve aspiracijske sonde in poškodbe tkiva. Aspiratorji za kirurške namene navadno delujejo tiho in mirno, primerno okolju (kirurški dvorani).

Za ambulantne, tj. manjše kirurške posege so priročnejši manjši prenosni aparati (slika 2), ki jih lahko uporabljamo tudi za občasne aspiracije dihalnih poti (bronhialna toaleta), čiščenje sluhovoda (zaradi cerumna) pa tudi v zdravstvenih laboratorijih za filtracije, destilacije in sušenje, za hermetično zapiranje raznih posod, odvzemanje vzorcev ipd. Vakuumska črpalka je navadno membranska, prav tako se da z ventilom nastaviti primeren vakuum in loviti tekočino v posodo. Tudi druga oprema je enaka ali podobna večjim izvedbam aspiratorjev.

Za reševalna vozila in aspiracije na terenu (prometne nesreče) se uporabljajo podobni mali aspiratorji na akumulatorski (12 V) pogon.

3 VAKUUMSKA SUKCIJA V PORODNIŠTVU

Poleg uporabe, ki je kirurškega značaja, pa se v porodništvu uporabljajo prirejeni aspiratorji za odvzemanje humanega (materinega oz. ženskega) mleka (slika 3). Načeloma je aparat enak prej opisanemu malemu aspiratorju, s tem da je steklena posoda (zbiralnik mleka) oz. njena odprtina oblikovana tako,



Slika 1: Vakuumska aspiratorja za uporabo v kirurgiji in ginekologiji (izdelka Vacutech, d. o. o., Ljubljana)

da ustreza fiziološkim zahtevam in obliki dojke oz. areole. Vakuum je nastavljen z ventilom, nastavev jakosti črpanja je individualna. Ritem naravnega sesanja dojenčka pa lahko vsaka mati uravnava s tem, da s prstom odpira in zapira cevni nastavek na vrhu zbiralnika.

Odvzemanje materinega mleka je posebno pomembno pri prezgodaj rojenih otrocih (prematurosi) in pri tistih, ki so se sicer rodili v predvidenem času, vendar z zelo nizko porodno težo (pod 2000 g). Le-ti imajo omejene intestinalne in prebavne funkcije ter nezrel imunski sistem. Kompleksno delovanje ženskega mleka je imunoprotektivno, mleko ima idealno kalorično distribucijo in je dobro izkoristljivo. Kolostrum stimulira rast in dozorevanje črevesne sluznice. Ugotovljeno je bilo, da je mleko ženske, ki je rodila prematurusa v prvem mesecu, bogatejše z beljakovinami, natrijem in s klorom ter je torej prilagojeno za rast in razvoj nedonošenčka. Mleko teh mater vsebuje imunoglobulin A (IgA) kot mleko mater donošenih otrok in je pomembna zaščita pred nekrotizantnim enterokolitisom.

Znano je, da ni lahko obdržati laktacije (nastajanje in izločanje mleka iz mlečnih žlez) tedne dolgo pri materah, ki so prezgodaj rodile. Problemi zaradi prezgodnjega poroda, težave, ki jih ima otrok prve dni in tedne, so hud stres za mater. Poleg pomanjkanja ustreznih fizioloških dražljajev stres tudi negativno vpliva na laktacijo. Večina žensk želi čim prej zapustiti porodnišnico, preden je lahko odpuščen otrok. Tedaj je uporaba tega vakuumskega aparata

izjemno dragocena, saj lahko matere odvzamejo ("izbrizgajo") mleko doma in ga v sterilnih otroških stekleničkah prinašajo v porodnišnico svojemu nedonošenčku, ki je v inkubatorju in ga dobiva po gastrični sondi. S tem pa si tudi ohranijo laktacijo. Aparat pride tudi v poštev v primeru hospitalizacije dojenčka, saj ni potrebe, da bi v bolnici ostala tudi njegova, sicer zdrava mati, in tudi nasprotno.



Slika 2: Mali prenosni aspirator



Slika 3: Odvzemnik materinega mleka

Z uporabo vakuumskega odvzemnika je prepredena možnost okužbe in s tem vnetja dojke (mastitis), ki je sicer pogosto pri ročnem iztiskanju mleka.

Ker pa je uporaba vakuumskega aparata za odzemanje mleka časovno omejena, tj. za čas bivanja otroka v porodnišnici oz. bolnici, pa tudi kasneje doma, je smiselna izposojevalnica (ne individualni nakup) teh aparatov, kar poteka v Ljubljani že 20 let (od l. 1983 dalje). O tem, kako je pomembno dojenje oz. hranjenje z materinim mlekom za telesni razvoj novorojencev in kasneje vse življenje, pa je že splošno znano.

4 LIOFILIZACIJA ALI SUŠENJE V ZMRZNJENEM STANJU

Vakuumska liofilizacija v medicini se uporablja največ za sušenje krvne plazme. Naprave so instalirane v ustanovah, ki se ukvarjajo s transfuzijsko medicino. Liofilizirano plazmo se da hraniti v primernih prostorih nekaj let (do 5 let). Glavni deli teh naprav so vakuumске rotacijske črpalke, ki črpajo ohlajeno komoro (temperatura okoli $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$), v kateri so posebni kozarci s predhodno globoko zmrznjeno krvno plazmo, ki se tako osuši do nekaj mg/kg tekoče faze. Drugi sestavni deli so razni merilniki temperature, tlaka ter pisalniki, ventili, vse kar je potrebno za delovanje naprave v območju tlakov od 1000 mbar do 10^{-2} mbar.

Manjše liofilizatorje uporabljajo razni medicinski inštituti za sušenje tkiv, kosti itd. ter za pripravo vzorcev za mikroskopiranje.



Slika 4: Inhalator

5 INHALATORJI

Inhalatorji ne bi spadali na področje uporabe vakuumске tehnike, če ne bi imeli vgrajene membranske vakuumске črpalke, ki jo lahko uporabljamo tudi kot kompresor za tlake okoli 4 bar. Kompresor potiska stisnjen zrak po plastični cevi skozi šobo razpršilnika, ki ima rezervoar s tekočim medikamentom in ga razpršuje v drobne kapljice (debelina nekaj mikrometrov). Le-te kot meglica izhajajo skozi odprtino maske, ki si jo pacient pritisne na obraz in inhalira (slika 4). Od velikosti kapljic je odvisno, kako daleč bodo prodrle v pacientova pljuča. Večje kapljice ovlažijo le nosno votlino, manjše pa sapnični (bronhialni) del. Da bi kapljice medikamenta prodrle globlje v pljuča, so potrebne druge vrste inhalatorjev (npr. piezoelektrični), ki ustvarjajo še manjše kapljice medikamenta.

6 PERISTALTIČNE ČRPALKE*

Tisti, ki se ukvarjamo z vakuumskimi črpalkami, bi jih le s težkim srcem uvrstili med vakuumске, pa čeprav morajo ustvarjati vakuum, da sploh lahko opravljajo svoje delo, tj. črpanje tekočin ali plinov.

Črpalka je sestavljena iz treh glavnih delov: ohišja, rotorja s tremi valji in prožne plastične cevi. Po "vakuumsko" bi lahko rekli, da ima en konec te cevi sesalno odprtino, drugi pa izpustno. Cev je tesno vstavljena (stisnjena) med rotor in ohišje črpalke. Trije valji na rotorju, ki ga poganja elektromotor, se "peljejo" po cevi, ki miruje, in jo stiskajo eden za drugim ter s tem potiskajo tekočino ali plin v izpustni

*Ime teh črpalok izhaja iz grške besede, ki pomeni stiskajoč od vseh strani. Peristaltika pa je bolj znana v medicini, kjer pomeni neodvisno ritmično gibanje mišičevja v črevesju, neke vrste "črvasto" gibanje.

smeri. Tisti del cevi se potem, ko je "preživel" stisk valja, povrne v prvotno obliko, pri tem pa ustvari v svoji notranjosti podtlak ali vakuum, ki potegne novo količino tekočine iz posode, ki jo praznimo, na drugi strani cevi pa se prej zajeta tekočina iztisne tja, kamor smo predvideli (npr. v žilo pacienta), povratni tok pa ni mogoč.

Končni vakuum, ki ga peristaltična črpalka lahko ustvari, je okoli 200 mbar. Te vrste črpalk lahko uporabljamo tudi kot kompresorje, saj so sposobne komprimirati tekočine do 2,7 bar (normalno 1,7 bar) oz. delovati pri takem tlaku tekočine (plina) v cevi. Pretoki so odvisni od velikosti pretočne cevi - od nekaj ml/min do 50 l/min in več, kar lahko natančno uravnavamo (preciznost $\approx 0,5\%$ ali še manj). Smer vrtenja rotorja lahko obračamo, s tem pa tudi smer pretoka tekočine. Velikost pretoka je odvisna tudi od hitrosti vrtenja rotorja, ki je navadno nastavljiva, od prereza (odprtine) cevi, viskoznosti tekočine in fleksibilnosti plastične cevi. Peristaltične črpalke so lahko enostopenjske (rotor stiska le eno cev) ali večstopenjske (rotor stiska več vzporedno postavljenih cevi, navadno največ štiri). Uporabnost teh črpalk je zelo velika; v medicini predvsem za infuzije, sukcije, doziranje medikamentov, jemanje vzorcev, poudarek pa je na sterilnosti postopkov.

7 VAKUUMSKA STERILIZACIJA

Vakuumska sterilizacija je eden izmed fizikalnih oz. "mehanskih" načinov uničevanja mikroorganizmov. Za take načine sterilizacije se je v medicini oz. mikrobiologiji udomačil izraz "suha sterilizacija".

Pri vakuumskem načinu gre za uničevanje tistih mikroorganizmov, ki v vakuumu ne morejo preživeti zaradi razredčene atmosfere oz. ne zdrže hitrega zmanjšanja tlaka ("šok-evakuacija") ter hitre dehidracije oz. osušitve.

Vakuumski način je v medicini uporaben predvsem za shranjevanje sterilnih predmetov in oblačil, da se ne bi inficirali, ter za sterilizacijo instrumentarija, terapevtskih pripomočkov ipd. To ni popolna sterilizacija, kajti znano je, da nekateri mikroorganizmi, predvsem sporogeni, prenesejo vakuumsko tretiranje. Če pa je vakuumski način kombiniran še s povišano temperaturo, je učinek uničevanja nekaterih mikroorganizmov boljši. Stranski učinek vakuumskega postopka je tudi dezodoracija (npr. razdišavljenje pri oblačilih).

Vakuumska sterilizacija ni uporabna samo v medicini, ampak tudi v prehranski in farmacevtski industriji (kombinirana s fumigacijo).

V zadnjih desetletjih se je zanimanje za vpliv vakuuma na preživetje mikroorganizmov povečal predvsem zaradi vesoljskih raziskav oz. zaradi vse pogostejših stikov vesoljskih plovil z drugimi planeti.

Raziskave pa potekajo v območju ultravisokega vakuuma, ki vlada v medplanetarnem prostoru, na najbolj odpornih mikroorganskih kulturah.

Načina boja proti mikroorganizmom, ki so patogeni in povzročajo razne infekcije pri ljudeh in živalih oz. razkrajajo organske snovi, sta v glavnem dva: kemijski, ki ga imenujemo dezinfekcija oz. antiseptika, in fizikalni. Ta razmejitev seveda popolnoma ne ustreza, ker je pogosto učinek uničevanja mikroorganizmov kombiniran, torej fizikalno-kemijski ali nasprotno.

Pri fizikalnem načinu vplivanja na mikrobo oz. njihovo uničevanje uporabljamo toploto (sušenje) in zmrzovanje, mletje oz. drobljenje, visoke tlake in vakuum, zvočna in nadzvočna valovanja, radioaktivno sevanje, površinsko napetost, UV-sevanje itd.

Smatra se, da so mikroorganizmi uničeni oz. mrtvi, kadar izgube svojo reprodukcijsko moč. Število preživelih navadno pada eksponentno v odvisnosti od časa sterilizacije. Pri vakuumskem načinu sterilizacije pride tudi do ohlajanja in zmrzovanja (zaradi hitrega izhlapevanja tekočega medija), pri katerem večina bakterijskih kultur preneha rasti že pri temperaturah od $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ nad zmrziščem. Ker ne rastejo več, počasi odmirajo, ne da bi zmrznile. Pri zmrzovanju oz. zledenitvi se v celicah bakterij ustavi metabolizem. Zmrznjenje vode v njih spremlja ekspanzija, nastajajo kristali in koloidne spremembe. Ekspanzija ledu sicer ne poškoduje elastičnih celic, pač pa lahko ostri robovi ledenih kristalov preluknajo plazmatsko membrano. Vendar nekatere bakterije, kvasovke in plesni prežive mnogo let zmrznjene, zato npr. ni mogoče sterilizirati vode z zmrzovanjem. Nenavadno veliko odpornost imajo trosi. To so najbolj odporni organizmi, ker imajo elektrolitično vsebino. Kisik, katerega tlak lahko uravnavamo tudi z evakuiranjem okolice, ne vpliva na čas uničenja mikroorganizmov.

Vakuum nastopa pri različnih vrstah sterilizacije tudi kot ena izmed tehnoloških faz. Pri tem ne gre za neposreden vpliv oz. namen, da bi z vakuumom uničevali mikroorganizme, pač pa, da bi "očistili" oz. pripravili sterilizacijsko komoro za uvajanje plinov oz. pare. Najbolj pogoste vrste sterilizacije, pri katerih uporabljamo vakuum kot vmesno (pomožno) tehnološko fazo, so:

- gretje pri nizkem tlaku in z nizekotlačno paro
- plinska sterilizacija
- obsevanje.

Pri sterilizaciji z gretjem (do $200\text{ }^{\circ}\text{C}$, 2 h) sicer ne uporabljamo vakuuma, pač pa mora biti sterilizacijska komora vakuumsko tesna, kar je treba predhodno ugotoviti. Če steriliziramo z vročo paro pri povišanem tlaku (avtoklavi z nizekotlačno paro), moramo pred uvajanjem pare izčrpati komoro vsaj na 100 mbar

(priporočljivo 1 mbar), kajti zrak ovira prodor pare v snov, ki jo želimo sterilizirati.

Drugi način je, da paro uvajamo z zmanjšanim tlakom. V tem primeru moramo komoro evakuirati, vpustiti paro pri temperaturi od 60 °C do 80 °C (eno do dve uri) z dodatkom baktericidne snovi (npr. 38 % formaldehida). Po končanem postopku celotni medij odstranimo z rotacijsko črpalko ali s črpalko z vodnim obročem.

Pri plinski sterilizaciji je treba evakuirati komoro najmanj do 1 mbar in šele nato vanjo spustiti baktericidni plin (npr. etilenoksid, propilenoksid, formal-

dehid, metilbromid, kloropiorin, epibromohidrin, epiklorohidrin, ozon itd.). S temi plini pa je treba ravnati zelo previdno, ker so močno strupeni, nekateri tudi vnetljivi oz. eksplozivni. Za črpanje je priporočljivo uporabljati t. i. "suhe" rotacijske črpalke, na njihovem izpustu pa je treba strupene pline uničiti (razstrupiti), da ne bi zastrupljali okoliškega zraka.

Uporaba raznih vakuumskih pripomočkov v medicini, kot so npr. vakuumske pincete, Hipokratove čepice v porodništvu itd. v tem sestavku ni obravnavana.



Vacutech

OVIRNO STIKALO MOČNO STIKALO VAKUUM

MEDICINSKA OPREMA

Smo relativno mlado podjetje, vendar imajo naši strokovnjaki dolgoletne izkušnje v razvoju in izdelavi vakuumskih sistemov in komponent za uporabo v medicini. Naše znanje nam omogoča stalno izboljševanje zasnov in tehnologije izdelave naših proizvodov. Vacutech, d.o.o. je član Tehnološkega parka Ljubljana, kar nam omogoča večjo prilagodljivost zahtevam tržišča in še povečuje razvojno-raziskovalne možnosti podjetja. Naš proizvodni program obsega izdelavo:

- vakuumskih aspiratorjev,
- inhalatorjev,
- odzemnikov materinega mleka.



Naše naprave so namenjene uporabi v bolnišnicah in zdravstvenih domovih, kot tudi pri domači negi. Njihova zasnova zagotavlja preprosto uporabo in upošteva mednarodne standarde ter zahteve medicinske in vakuumske tehnike.

VAKUUMSKA TEHNIKA

Vacutech je eno izmed redkih, če ne celo edino slovensko podjetje, ki se ukvarja z razvojem in serijsko proizvodnjo visokovakuumskih sistemov in komponent. Zaradi malega števila podjetij v Sloveniji, ki uporabljajo vakuumsko tehniko, je naša orientacija predvsem tuje tržišče. Ker smo relativno mlado podjetje, naš program trenutno obsega razvoj in proizvodnjo:

- oljnodifuzijskih črpalk,
- vakuumskih veznih elementov,
- vakuumskih komor,
- kotnih ventilov in stikal.



Pripravljamo pa že proizvodnjo vakuumskih ploščnih ventilov. Naši proizvodi so narejeni v skladu z ultra- in visokovakuumskimi zahtevami ter mednarodnimi vakuumskimi standardi in predpisi. Konstantno izboljševanje zasnov in tehnologije izdelave naše izdelke uvršča ob bok izdelkom ostalih svetovnih proizvajalcev vakuumskih komponent.

KJE SMO

Vacutech d.o.o.,
Teslova 30,
1000 Ljubljana

tel.: 01/477 66 55
fax: 01/477 66 70
url: www.vacutech.si
e-pošta: info@vacutech.si

SMO ČLANI

Vacutech je član Tehnološkega parka Ljubljana

