

PULZNA OKSIMetriJA IN KISIK – UPORABNO A NE SAMOUMEVNO

PULSE OXYMETRY AND OXYGEN – USEFUL BUT NOT OBVIOUS

Igor Crnić

ZD Izola, Reševalna služba slovenske Istre, Dantejeva 5, SI-6310 Izola, Slovenija

Izvleček

Pulzna oksimetrija je tako kot kisik ena pogostejših intervencij na terenu. Morda jo prav zaradi tega tako kot aplikacijo kisika pogosto jemljemo kot rutino. Čeprav je oksimeter zelo praktičen pripomoček, mu ne gre vedno zaupati. Dejavniki kot so potna, umazana ali hladna koža in drugi lahko vplivajo na nepravilen rezultat. S pravilnim razumevanjem delovanja in omejitev je lahko pulzni oksimeter zelo kvaliteten pripomoček za nadzor saturacije arterilene krvi s kisikom. Prav tako kot merjenje saturacije kisika v krvi tudi aplikacijo kisika ne gre jemati kot nekaj samoumevnega. Moramo se torej zavedati, da gre za pomembno intervencijo, ki utegne v nekaterih situacijah celo ogroziti pacienta v kolikor ni nadzorovana.

Obstajajo različni pripomočki za aplikacijo različne koncentracije kisika, ki jih je treba poznati in upoštevati pri dovajanju kisika. Obstajajo torej pravila, indikacije in načini aplikacije kisika, ki jih moramo poznati in upoštevati. Vsa ta dejstva in seveda predvsem stanje pacienta vplivajo na odločitev kakšno koncentracijo kisika bo pacient dobil. Še eno pomembno dejstvo je prisotnost tekočine v vlažilcih zraka, ki je obvezna pri dolgotrajni aplikaciji kisika. Vlažilci zraka so, če niso redno skrbno vzdrževani in čiščeni, idealno gojišče mikroorganizmov. V NMP se večinoma srečujemo s kratkotrajnimi aplikacijami kisika, tako svetujemo, da naj bodo vlažilci suhi.

Še nekaj kar pogosto pozabimo je to, da doziranje kisika ni odvisno samo od načina aplikacije temveč tudi od dihanja pacienta. Tako kot se za aplikacijo zdravil odloča na podlagi več dejavnikov moramo sprejeti dejstvo, da lahko aplikacija kisika bistveno vpliva na stanje pacienta in moramo upoštevati vse dejavnike, ki nanjo lahko vplivajo.

Ključne besede: kisik, aplikacija, napake

Abstract

Pulse oxymetry as the oxygen application is probably one of the most frequent interventions performed by the EMS providers; it is perhaps why it has become a routine. Even if the pulse oxymeter is a useful instrument we should not trust always the value. Factors as sweaty, dirty or cool skin, monoxide poisoning and other can influence the result. With proper understanding of its operation and limitations, the pulse oxymeter is the most valuable tool available to the EMS provider for monitoring arterial oxygen saturation. In the same way the oxygen application should not be considered as something obvious. We should consider that it is an important procedure and in some cases could be even dangerous for the patient if not controlled.

We should allow for the fact that there are different devices for oxygen administration, any of them supplying the patient with different oxygen concentrations. So there are some rules to know regarding oxygen administration. Those few important things, besides the patient's condition, should be considered when deciding on oxygen concentration to be given to the patient. Another important fact is presence of liquid in the oxygen humidifier, which is very important for continuous oxygen therapy. However, in prehospital settings we have short oxygen applications and if humidifiers are not regularly maintained and liquid changed, they can become a good nutrient medium for bacteria. That is why it is preferable to have dry oxygen humidifiers in ambulances.

What we often forget is that the inhaled oxygen concentration depends not only on oxygen application method, but also on breathing. We have to accept the fact that oxygen itself can significantly influence the patient's condition, in the same way as we consider many factors before we decide on the application of some medication.

Key words: oxygen, application, mistakes

UVOD

Med najpogosteje uporabljeno opremo, ki se nahaja v vozilih NMP sodita prav gotovo sistem za aplikacijo kisika in pulzni oksimeter. Dejstvo je, da kadar nam poseg postane rutina se previdnost zmanjšuje in možnost napake se znatno poveča. Pri meritvi saturacije in aplikaciji kisika ter uporabi različnih sistemov je žal pogosto tako, da zaposleni v NMP te postopke označujemo kot enostavne in na trenutke nepomembne v primerjavi z ostalimi tehnično zahtevnejšimi intervencijami. Seveda nadzor življenjskih funkcij, pregled, anamneza, aplikacija zdravil in ostali neodložljivi ukrepi niso zanemarljivi vendar je tudi aplikacija kisika enakovredna ostalim zato je potreben pravilen pristop. Predpogoj za pravilen pristop pa je dobro poznavanje indikacij, kontraindikacij, postopkov, opreme, omejitev opreme in skratka vseh drugih malenkosti, ki lahko vplivajo na nepričakovan izid.

PULZNA OKSIMetriJA

Pulzni oksimeter je pripomoček namenjen merjenju nasičenosti arterijske krvi s kisikom in srčnega utripa. Lahko gre za samostojen pripomoček ali za modul, ki je sestavni del monitorja. Rezultat meritve, ki se opravlja preko tipala pulznega oksimetra se kaže z vrednostmi, ki jih vidimo na zaslonu. Vrednost kisika v krvi v odstotkih, število utripov, če imamo oksimeter kot modul na monitorju pa lahko spremljamo tudi grafični prikaz utripa. Grafični prikaz je možen tudi pri nekaterih dražjih verzijah prenosnega oksimetra in čeprav se morda zdi nepomemben je, kot bomo videli v nadaljevanju, včasih lahko zelo uporaben.

Kratka fiziologija poti kisika

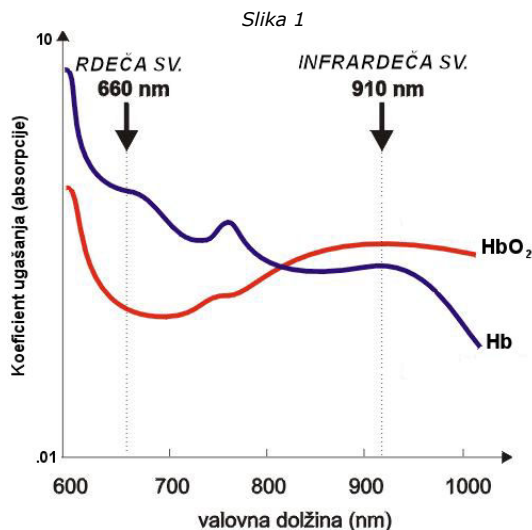
Funkcijo prenosa dihalnih plinov v našem telesu imajo eritrociti. To so bikonkavne celice brez jedra in brez zrnca, ki vsebujejo hemoglobin. Kisik se reverzibilno veže na hemoglobin, ki se nahaja v eritrocitu. Hemoglobin tvorijo protein globin in hem, globin sestavljajo dve alfa in dve beta verigi, ki se vežejo na hem. Vsak hem vsebuje po en atom železa (Fe) in veže po eno molekulo kisika. Vsaka molekula hemoglobina torej lahko veže na sebe po 4 molekule kisika.⁽¹⁾ V pljučih se arterijska kri zapolni s kisikom zato je za arterijsko kri značilna bolj svetla barva, s kisikom bogata kri potuje do tkiv. V celicah, kjer je kisika manj, se ta odda in hemoglobin sprejme ogljikov dioksid. Ko

hemoglobin sprejme kisik, postane kri svetlo rdeča. Delež izmenjave plinov znese približno eno četrtno, torej nasičenost venozne krvi s kisikom je le še približno 70 odstotkov.⁽¹⁾

Princip delovanja pulznega oksimetra

Obstajata dve možnosti merjenja oz. delovanja, transmissijski in odbojni. Pri transmissijskem načinu sta oddajnik svetlobe in fotodetektor na nasprotnih si straneh merilnega mesta. Pri odbojnem načinu sta oddajnik in fotodetektor eden ob drugemu na vrhu merilnega mesta, svetloba potuje med dvema skozi tkivo.⁽²⁾ V praksi pogosteje srečujemo nastavke s transmissijskim načinom merjenja.

Pulzni oksimeter ima na nastavku za merjenje (ščipalki) na eni strani vira rdeče in infrardeče svetlobe na drugi pa fotodetektor, ki meri količino svetlobe, ki jo merilno mesto prepusti. Princip delovanja temelji na dejstvu, da kri spreminja barvo glede na saturacijo (nasičenost) s kisikom⁽³⁾. S kisikom nasičen (saturiran) hemoglobin bolje prepušča rdečo svetlobo, absorbira torej več infrardeče svetlobe.⁽³⁾ Iz navedenega lahko zaključimo, da manjša ko je koncentracija kisika v arterijski krvi večja bo absorpcija rdeče svetlobe in fotodetektor bo zaznal več infrardeče svetlobe. In ker nas je večina bolj vizuelnih tipov pogledjmo še grafični prikaz navedenega. **Slika 1**, kaže krivulje prepustnosti za oksihemoglobin (HbO_2) in deoksihemoglobin (Hb).



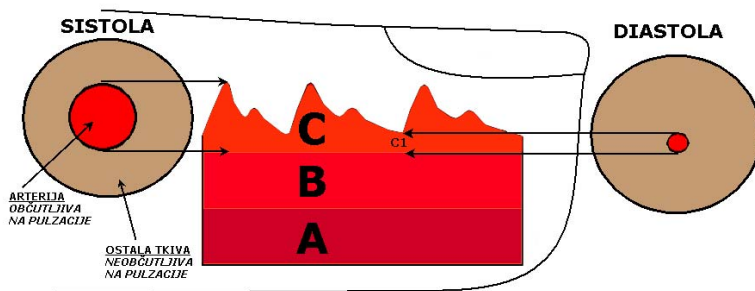
Trenutno razpoložljivi oksimetri oddajajo rdečo svetlobo z valovno dolžino 660nm in infrardečo svetlobo z valovno dolžino 910nm. Kot vidimo HbO₂ absorbira manjšo količino rdeče svetlobe kot Hb. Pri črti, ki kaže na infrardečo svetlobo pa se dogaja obratno. Koeficient absorpcije dveh valovnih dolžin je kalibriran empirično na podlagi meritev saturacije kisika arterijske krvi (SaO_2) pri prostovoljnih in je shranjen na mikročipu.⁽⁴⁾ Po prehodu R in IR svetlobe skozi merilno mesto fotodetektor izračuna razmerje odčitane vrednosti R/IR in se primerja s shranjenimi vrednostmi. Shranjene vrednosti se od proizvajalca do proizvajalca lahko minimalno spreminjajo⁽²⁾. **Slika 2** kaže kalibracijske krivulje, prvi stolpec kaže vrednost SaO_2 medtem, ko zadnji stolpec podaja že izračunano razmerje med R in IR svetlobo.

Slika 2

S _a O ₂	660 nm (R)	940 nm (IR)	R/IR
0%			~3.4
85%			1.0
100%			0.43

Samo po sebi pa se postavi vprašanje kako lahko pulzni oksimeter loči absorpcijo v arterijski krvi od absorpcije v venozni krvi, kosteh in tkivih? Odgovor je enostaven, tehnologija pulznega oksimetra preprosto izkorišča pulzacijo, ki se prenaša po stenah arterij. Ob krčenju srca (sistoli) se arterije nekoliko razširijo, ob ohlapitvi (diastoli) pa se vrnejo v začetni položaj. Vpliv srčnega utripa nima tolikšnega učinka na vene ali druga tkiva, zato se ta ob srčnih utripih ne širijo. V kolikor torej ne upoštevamo stalne absorpcije ostane le del, ki se spreminja in to je v bistvu absorpcija v arterijski krvi. Fotodetektor bo torej uporabil samo tisti del prepuščene svetlobe, ki niha. Uporabil bo torej le odčitek arterijske krvi. Za lažje razumevanje si oglejmo **slika 3**^(1, 2). Črka **A** označuje konstantno absorpcijo svetlobe v venski krvi in črka **B** označuje konstantno absorpcijo svetlobe v arterijski krvi, ki je v manjšem delu konstantna (**C1**) v preostalem delu pa je zaradi izpostavljenosti arterijski pulzaciji spremenljiva.^(1, 2, 4)

Slika 3



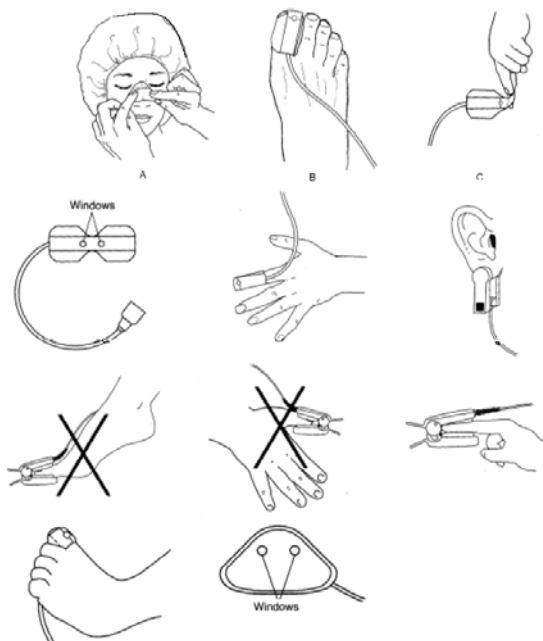
Na mestu meritve so torej prisotni koža, tkivo, kost, venska kri in nespremenljiva arterijska kri, ki imajo konstantno absorpcijo svetlobe. Ob vsakem srčnem stisku se pojavi val arterijske krvi, ki trenutno dvigne volumen arterijske krvi čez celo mesto meritve. Posledično se med valom pojavi večja absorpcija svetlobe. Od celotne absorpcije se odšteje konstantna in ostane le tista pomembna za meritev in sicer: absorpcija svetlobe arterijske krvi. Ker se to vse dogaja ob prenosu pulza in je aparat namenjen merjenju koncentracije kisika se ga je prijelo ime pulzni oksimeter.⁽²⁾

Vrednost, ki pomeni frekvenco pulza, oksimeter podaja na podlagi izračuna povprečja meritve v intervalih 5 – 20 sekund, interval je različen od proizvajalca do proizvajalca.⁽⁵⁾ Vedeti kolikšen je interval merjenja našega pulznega oksimetra je uporaben podatek saj je pri vseh aritmijah lahko pulzni oksimeter varljiv. Problem se lahko pojavi predvsem, če imamo oksimeter, ki izračunava vrednost na osnovi krajšega intervala meritve. Kot vemo iz prakse, če pulzni oksimeter uporabljamo sočasno z monitorjem bomo v večini primerov opazili razliko med vrednostjo pulza, ki ga merijo elektrode in vrednostjo, ki jo podaja oksimeter. Razlog je različen interval meritve.

Merjenje SaO₂

Kljub temu, da pulzni oksimeter vsi dobro poznamo in ga v večini tudi pravilno uporabljamo, bomo na kratko povzeli nekaj glavnih točk. Pri zdravem posamezniku bo normalna vrednost SaO₂ med 97% - 99%. Pri pacientih z normalno vrednostjo hemoglobina je vrednost 95% klinično še vedno sprejemljiva. Pomembno je vedeti tudi, da vrednost SaO₂ ni nujno odraz oksigenacije tkiv saj je afiniteta hemoglobina za kisik lahko zaviralec ali spodbujevalec sprostitve kisika na nivoju tkiv.⁽⁶⁾ Pred samim merjenjem je pomembno izbrati pravo mesto, ki mora biti primerno (glej poglavje o omejitvah pulznega oksimetra) in uporabiti tipalo na pravilen način glede na mesto meritve. **Slika 4** kaže nekaj možnosti meritve. Tipala za enkratno uporabo (samolepljiva) je možno uporabiti skoraj povsod, njihova prednost je ta, da lahko izberemo ustrezno dimenzijo in obliko glede na mesto merjenja, slabost pa ta da so namenjena enkratni uporabi in so za uporabo v predbolnišnični NMP lahko velik strošek.

Slika 4



Kot je razvidno iz slike se tipala v obliki ščipalk ne uporabljajo na palcih. Ščipalke so namreč praviloma v eni dimenziji in so težko prilagodljive tako velikemu prstu. Lahko se torej zgodi, da bo meritev nepravilna ali, da oksimeter ne bo ločil signala zaradi prevelike količine zunanje svetlobe, ki bo motila fotodetektor.

Pulzni oksimeter bomo uporabili pri vseh pacientih, ki kažejo simptome in znake oteženega dihanja, kot so: cianoza, dispneja, tahipneja, motena zavest in seveda ob sedaciji, ko pacientu terapevtsko omejimo samonadzor dihalnih poti⁽⁶⁾. Pulzni oksimeter ne more nadomestiti pregleda pacienta, je pa vsekakor uporaben pripomoček, ko se ob pregledu pojavi sum na hipoksijo. Zanimiv podatek za nas, ki smo na terenu je, da cianoza jezika in ustne sluznice lahko pomeni zelo resno hipoksijo, vrednost SaO₂ je takrat navadno nižja od 80%⁽⁷⁾.

Pozorni moramo biti na stanje mesta meritve in sicer predvsem na naslednje spremembe; slabo tipljiv periferni pulz, periferna cianoza, nižja temperatura okončine, nizek krvni tlak, preveč svetlobe usmerjene na mesto merjenja, prisotnost laka na nohtu ali umazanije (kri), večji premiki, tresljaji ali tremor okončine. Izločanje navedenih elementov pred meritvijo bo pripomoglo k kvalitetnejši meritvi⁽⁶⁾.

Postopek merjenja je opisan v nadaljevanju:

- Izberemo mesto merjenja, preverimo, če je mesto toplo in, če gre za prst ali je kapilarno polnjenje zadostno⁽⁶⁾. To preverimo preprosto tako da pritisnemo konico prsta, da noht postane bel in, ko izpustimo se mora rožnata barva povrniti v največ 2 sekundah. Nezadostno kapilarno polnjenje je lahko posledica dehidracije, šokovnega stanja, periferno žilno obolenje in hipotermijo⁽⁸⁾.
- Mesto merjenja po potrebi očistimo oz. odstranimo lak z nohtov
- Pulzni oksimeter vklopimo in počakamo, da pride v fazo pripravljenosti. Predvsem prenosni pulzni oksimetri imajo po vklopu krajši »self-test«.
- Namestimo tipalo po navodilih proizvajalca (praviloma je na tipalu navedeno kako mora biti le- to nameščeno). Pri večini oksimetrov je pomembno upoštevati, da sta oddajnik svetlobe in fotodetektor na nasprotnih si straneh⁽⁶⁾.
- V kolikor je mesto merjenja izpostavljeno veliki količini svetlobe (ambulanta, direktna osvetlitev, oddajniki IR svetlobe, ...) se lahko kljub ustrezno pripravljenemu mestu merjenja in pravilno nameščeni ščipalki lahko zgodi, da oksimeter ne bo zaznal vrednosti. Praviloma zadostuje pokriti mesto merjenja pred vplivi zunanjih dejavnikov.⁽⁶⁾
- Kljub navideznemu delovanju oksimetra se vedno prepričajmo, da ni morda prisotna prevelika količina drugih virov svetlobe, ki bi lahko vplivali na pravilen rezultat.⁽⁶⁾
- Pustimo oksimetru nekaj sekund časa, da zazna pulz in izračuna SaO₂⁽⁵⁾. Čas trajanja je najbolje prilagoditi intervalu meritve, ki jo ima oksimeter s katerim delamo. V kolikor ne poznamo intervala počakajmo najmanj trideset sekund. Ob upoštevanju navedenega bo meritev SaO₂ pravilno izvedena in lahko pričakujemo pravilen rezultat. Kljub temu pa so situacije v katerih nas tudi pravilno izvedena meritev in izločitev vseh motečih dejavnikov pripelje do nepravilnega rezultata. Pulzni oksimeter ima torej nekaj omejitev na katere ni možno vplivati. Ob tem pa ne smemo pozabiti, da je tudi oksimeter kot vsak aparat potrebno vzdrževati na pravilen način in po navodilih proizvajalca. Pomembno je ne uporabljati agresivnih

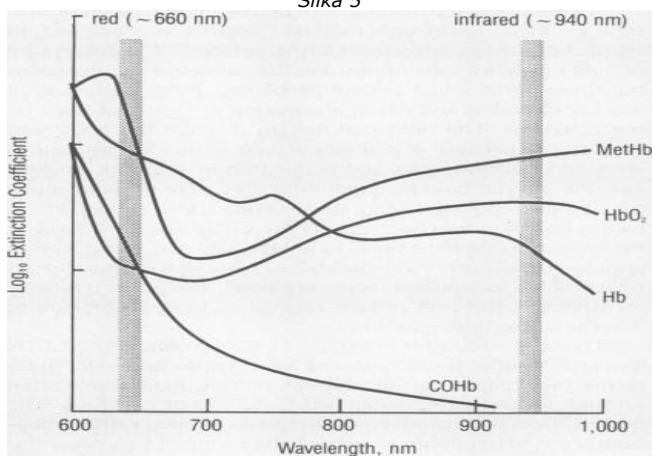
sredstev in poskrbeti, da sta oddajnik in fotodetektor vedno čista saj bo v nasprotnem primeru rezultat lahko lažen.

Omejitve pulznega oksimetra

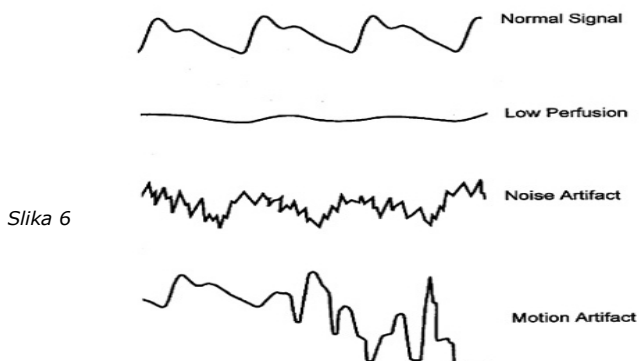
V prejšnjih poglavjih smo podrobno spoznali delovanje pulznega oksimetra in tudi uvodno razglabljanje iz področja fizike nam bo prišlo prav. Dobro poznavanje principov delovanja tega aparata nam namreč lahko pomaga k razumevanju možnih napak oz. nepravilnosti v delovanju ter omejitev, ki jih ta pripomoček ima. Pulzni oksimeter sam po sebi ni nevaren, nevaren je lahko ukrep, ki ga mi izvedemo na podlagi vrednosti, ki jo preberemo na pulznem oksimetru, če le-ta ni bila pravilna. Nepravilna vrednost pa je lahko posledica omejitev pripomočka. Ker so glede na različne avtorje omejitve pulznega oksimetra različne, bom v nadaljevanju naštel le najbolj relevantne omejitve s katerimi vsi soglašajo in jih je smiselno imeti v mislih ob uporabi pulznega oksimetra.

- Glede natančnosti pulznega oksimetra so bile narejene številne študije, ki bolj ali manj argumentirano ugotavljajo natančnost tega pripomočka. Študije kategorizirajo natančnost glede na mesto meritve kakor tudi glede na proizvajalca in model. Skratka gre za zelo veliko zanimivega branja iz katerega izhaja sledeče. Pulzni oksimetri so ob optimalnih pogojih zanesljivi, če je SaO_2 med 90% in 100%, ko ta pade med 80% in 90% so možna manjša odstopanja, nekoliko večja odstopanja pa lahko pričakujemo, ko je vrednost SaO_2 pod 80%.
- Za naše delo je pomemben podatek, da so pulzni oksimetri relativno zanesljivi, ko je vrednost SaO_2 med 70% in 100%^(9,10). Razlog za to je v principu delovanja. Kot sem uvodoma pojasnil, oksimeter izračunano vrednost R/IR primerja z referenčnimi koeficienti shranjenimi na čipu. Referenčni koeficienti so izračunani na podlagi meritev na prostovoljcih. Problem je ta, da za vrednosti SaO_2 pod 70% ni natančnih vrednosti za primerjavo⁽¹⁰⁾.
- Prisotnost karboksihemoglobina (COHb) bo na pulznem oksimetru pokazala lažno pozitiven rezultat. Poglejmo si **sliko 5**, ki kaže krivulje prepustnosti različnih HB za R in IR svetlobo.

Slika 5



- Oksimeter kot vemo razpolaga le z R in IR svetlobo kar je v tem konkretnem primeru njegova slabost. Problem je namreč v tem, da se prepustnost COHb kot vidimo na sliki ne razlikuje bistveno od Hb in HbO₂ ⁽¹¹⁾. COHb ima skoraj enako absorpcijo za rdečo svetlobo kot HbO₂ medtem, ko je koeficient absorpcije IR svetlobe izjemno nizek. Pulzni oksimeter pokaže lažno dober rezultat, ker dejansko preceni realno vrednost nasičenosti kisika (SaO₂) z vrednostjo nasičenosti hemoglobina z monoksidom. Razlika med realno vrednostjo SaO₂ in prikazano vrednostjo je torej vrednost COHb. ^(4, 9, 12) Ob zastrupitvah z monoksidom je torej pulzni oksimeter neuporaben in se ravnamo po veljavnih smernicah.
- Nepravilen rezultat bo dala tudi povečana koncentracija methemoglobina (MetHb), ki nima afinitete na kisik in ga ne veže. MetHb oz. oksidirani hemoglobin je v človeškem telesu stalno prisoten v nizki koncentraciji (1-2%). Koncentracija se lahko poveča zaradi genetskih anomalij ali zaradi izpostavljenosti nekaterim kemičnim snovem.⁽¹²⁾ Pri dojenčkih lahko pride do tega pojava zaradi izpostavljenosti nitratom/nitritom v prehrani. Če spet pogledamo **sliko 5** vidimo kakšna je absorpcija R in IR svetlobe skozi MetHb. Obe svetlobi se absorbirata približno enako, koeficient R/IR je v tem primeru 1. Če pogledamo višje na tabelo v **sliki 2** vidimo, da je koeficient 1 = SaO₂ 85%. Problem torej nastane, ker bo pri večji količini MetHb oksimeter gravitiral na vrednost 85%⁽¹⁰⁾, če je torej realna saturacija pod 85% bo kazal višjo vrednost in ob višji realni vrednosti bo kazal nižjo^(2,12). Methemoglobinemijo lahko prepoznamo po modri obarvanosti kože in sluznic, glavobolu in slabosti.
- Na merjenje lahko vplivajo tudi podhlajenost in hladno mesto merjenja zaradi vazokonstrikcije, ki vpliva na slabšo perfuzijo tkiv, posledica so slabše pulzacije v mestu merjenja ali odsotnost le teh. Lažen rezultat je možen tudi ob obolenjih srčnih zaklopk (trikuspidalke) zaradi katerih pride do venozne pulzacije, kjer oksimeter posledično lahko meri tudi SaO₂ venozne krvi.^(4,9,10,12)
- Pomembno je upoštevati, da je na oksimetru prisotna pravilna krivulja merjenja (na monitorju) oz. pri prenosnih oksimetrih, kjer te krivulje niso zvočni in grafični prikaz utripa (pisk + črtica, ki se ob pisku podaljša). V kolikor teh znakov ni ali so nepravilni in imamo izpisane vrednosti, tem ne gre zaupati.⁽¹⁰⁾ **Slika 6** kaže štiri krivulje, ki so; 1 - normalna krivulja ob merjenju SaO₂, 2 - krivulja, ki jo lahko vidimo ob slabi perfuziji na mestu merjenja, 3 - sicer morda pravilna krivulja a težko ločljiva zaradi motenj (slab stik, ipd), 4 - artefakt, ki ga srečamo ob premikih, tresljajih in podobno.⁽⁴⁾



- Najpogostejše težave pri merjenju SaO_2 so: nepravilen položaj tipala, preveč svetlobe, umazano mesto merjenja, lak na nohtih, materino znamenje ali poškodba.^(9,10,12) Pomembno je vedeti kaj počnemo s pacientom, lahko se namreč zgodi, da na isti roki, kjer merimo SaO_2 izmerimo tudi pritisk, pacienta premaknemo ali ščipalka preprosto izgubi stik. Smiselno je torej ob vsakem opozorilu alarma namenjenega saO_2 preveriti ali je vse na svojem mestu. Obstaja teorija o temu, da naj bi anemija lahko vplivala na saturacijo. Ugotovljeno je, da pri hipoksičnem pacientu lahko anemija kvečjemu vpliva na minimalno odstopanje do 1%⁽⁴⁾ kar je za delo s pacientom na terenu nepomemben podatek. V isto skupino lahko uvrstimo še barvo kože, zlatenico, starost, spol in druge dejavnike. Bile so delane študije a so rezultati na koncu bili omejeni samo na določene (predvsem starejše) oksimetre ali na majhen vzorec.

KISIK

Kdaj ste si nazadnje ogledali skladišče kisikovih jeklenk na vaši enoti? Verjetno takrat, ko ste zamenjali jeklenko v vozilu. In ker je vse najbolje začeti na začetku bom namenil nekaj besed »idealnemu« skladišču. Da ne bi prišlo do zamenjav, mora biti prostor za prazne in polne jeklenke ločen in ustrezno označen, prav tako morajo biti ločeni predali ali prostori za delujoče in nedelujoče kisikove sisteme. Kljub temu moramo biti še vedno previdni in po menjavi in pred uporabo preveriti polnost jeklenke in delovanje kisikovega sistema!

Jeklenke za kisik

Kisik, ki ga uporabljamo v NMP se nahaja v jeklenkah različnih dimenzij in materialov. Uporabljajo se npr.: jeklo, aluminij, kevlar. V vozilih se za centralno napeljavo uporabljajo jeklenke s kapaciteto od 7 – 10l; najpogosteje so 10l. Za prenosne sisteme uporabljamo manjše jeklenke od 1l do 3l. Jeklenke za kisik atestira proizvajalec in kapaciteta je vtisnjena kot številka, ki pove max. tlak, ki ga jeklenka prenese. V Evropi tlak običajno merimo v barih (bar) ali kilo paskalih (kPa) . Jeklene jeklenke so običajno testirane od 200-300 bar. Danes lahko na tržišču najdemo tudi jeklenke iz kevlarja testirane na 400 bar in več. Njihova prednost je, da ima lahko 2l jeklenka maso le nekaj dag, slabost pa je cena, ki je skoraj 4x višja od običajnih jeklenk. Prazne jeklenke naj polni le pooblaščen podjetje, te se iz varnostnih razlogov polnijo samo do 50-60% maksimalne testirane vrednosti. Tlak kisika v jeklenki vidimo na manometru, ki je nameščen na redukcijski ventil, ki je namenjen zmanjšanju izhodnega tlaka na 4-6 bara saj bi bila drugače aplikacija kisika otežena.⁽¹³⁾ Tabela 1 prikazuje vrednosti tlaka v različnih merah.

Tabela 1

bar	atm	kPa	kg/cm ²	mm Hg	PSI
1	0.986923	100	1.01972	750.064	14.5038

Merilniki pretoka

Obstajajo trije tipi merilnikov, ki se najpogosteje uporabljajo v NMP in sicer⁽¹³⁾:

- *Thrope*: model s kroglico v prozornem plastičnem cilindru, ki je primeren predvsem za stacionarne kisikove sisteme, ker mora stati v navpičnem položaju.
- *Burdon*: je merilnik pretoka, ki je sestavljen iz manometra in redukcijskega ventila. Ta merilnik je izredno trpežen in zaradi svoje oblike priročen za prenosne jeklenke. Njegova pomanjkljivost je predvsem ta, da ni natančen, kar se največkrat pokaže pri nizkih vrednostih. Merilnik pretoka običajno kaže nekaj nižjo vrednost od realnega pretoka. V primeru poškodbe filtra manometra je vrednost na skali lahko večja od realnega pretoka.
- *ventili s stalnim pretokom kisika*: (nima merilnika pretoka plina) pri teh modelih je pretok mogoče nastaviti samo na konstantno vrednost od 2-15 l/min. Njegova slaba stran je, da ne nadziramo realnega pretoka kot pri tipu *Thrope*, kjer lahko na skali opazimo upad tlaka v jeklenki.

Varnostna in praktična priporočila za uporabo sistema za kisik

- Kadar je tlak v jeklenki nižji od 10 barov jo je priporočeno zamenjati, ker je tako nizek tlak lahko varljiv. Realna količina pretoka kisika je odvisna od mnogih dejavnikov med katerimi je zagotovo najpomembnejši tlak, ki kisik potiska iz jeklenke.
- Jeklenke za kisik nikoli ne praznimo popolnoma predvsem iz tehničnih razlogov, ki so najbolj poznani potapljačem. Če je jeklenka pod tlakom, v njo ne more nič in tako preprečimo nabiranje vlage in umazanije v jeklenki⁽¹⁴⁾. Jeklenke lahko popolnoma izpraznimo le, če vemo, da se jeklenke pred vsakim polnjenjem sušijo in vakumirajo.
- V **tabeli 2** vidimo formulo za izračun trajanja jeklenke za kisik:

Tabela 2: formula za izračun trajanja jeklenke za kisik	
formula	$\frac{(\text{PRITISK NA MANOMETRU} - \text{VARNOSTNIFAKTOR}) \times \text{VELIKOST JEKLENKE}}{\text{PRETOK KISIKA l/min}}$
primer	$\frac{(90\text{bar} - 10\text{bar}) \times 101}{6\text{l/min}} = \frac{800}{6} = 133 = 2\text{h}13\text{ min}$

- Redukcijski ventil in vsi ostali sestavni deli kisikovega sistema morajo biti čisti. Vsaka obstrukcija moti pretok in lahko povzroči okvare na sistemu, kar ima lahko za posledico nepravilno aplikacijo kisika.
- Jeklenke za kisik odpiramo samo takrat, ko jih uporabljamo in zapiramo takoj po vsaki uporabi. Sistem v vozilu izpraznimo obvezno tudi na stenskem merilniku. Stalna prisotnost kisika pod tlakom v sistemu utruja materiale. Če razpolagamo z novim vozilom to ne bo tak problem saj so tudi materiali novi. Je pa puščanje kisika pogost problem pri starejših vozilih zato je torej smiselno skrbeti za vozila in opremo že od prvega dne.
- Kadar pri jeklenki za kisik odpiramo glavni ventil, ga vedno odvrtno do konca in ga nato zavrtimo en obrat nazaj. Na ta način se izognemo, da bi kdo za nami odpiral že odprto jeklenko, ki smo jo pozabili zapreti in tako poškoduje ventil.

Pripomočki za aplikacijo kisika in njihove lastnosti

Za aplikacijo kisika imamo številne možnosti, ki se med seboj razlikujejo. Vsak pripomoček nudi različne koncentracije kisika v vdihanem zraku, kar je odvisno od pretoka kisika. Poleg tega ne smemo pozabiti, da je koncentracija kisika v zraku že normalno cca. 21%. Obstajajo 3 glavne skupine pripomočkov za aplikacijo kisika⁽¹⁵⁾. Še nedavno smo v literaturi našli razdelitev na dve skupini, kar je ob dejstvu vse številčnejših možnosti aplikacije in pripomočkov na tržišču danes premalo.

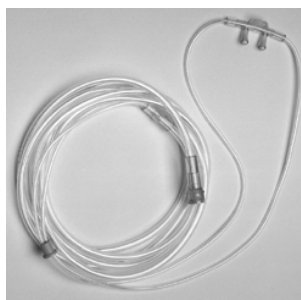
- 1. sk.** : pripomočki za aplikacijo nizkih koncentracij kisika v vdihanem zraku
- 2. sk.** : pripomočki za aplikacijo srednjih koncentracij kisika v vdihanem zraku
- 3. sk.** : pripomočki za aplikacijo visokih koncentracij kisika v vdihanem zraku

Ad. 1. - V skupino pripomočkov za aplikacijo nizke koncentracije kisika štejemo:

- nazalna kanila (dvorogi nosni kateter) oz. pogovorno »kisikova očala«, kisik prihaja po cevkah, ki sta prislonjeni na nos in v vsako nosnico sega cevčica dolga 1 – 2 cm. Verjetno je to eden od najpogosteje uporabljenih pripomočkov (**Slika 7**). Prednost je ta, da ne moti pacienta, slabost pa, da po njem ni mogoče aplicirati visoke koncentracije kisika. Po »očalih« kisik prihaja neposredno na sluznico in je najvišji dovoljeni pretok 6 l/min. Pretok > 4l/min že lahko izsuši sluznico in pride do iritacije nasofarinksa, čemu lahko sledi kihanje in kašelj, še višji pretoki od navedenih torej niso priporočeni. **Tabela 3**⁽¹⁶⁾ kaže koncentracije kisika v vdihanem zraku glede na pretok kisika.

L/min	% O ₂
1	25
2	29
3	33
4	37
5	41
6	45

Tabela 3: % kisika pri različnih količinah l/min*



Slika 7 nazalna kanila

* Koncentracija v % je informativna saj ni le količina pretoka tista, ki vpliva na koncentracijo kisika v vdihanem zraku. Ostali dejavniki, ki lahko vplivajo na to koncentracijo so: prehodnost nosnic, količina dihanja na usta, frekvenca in globina dihanja, točnost merilnika pretoka, temperatura jeklenk, tlak v jeklenki, in drugi.

Ena pogostih napak pri uporabi »kisikovih očal« je, da se ta pripomoček pogosto enači z masko oz. v primeru, da pacient diha na usta se enostavno pacientu nastavi masko, pretok kisika pa ostane isti. Problem maske pri respiratorno ogroženih pacientih je, da takega pacienta maska moti oz. ima občutek, da ga »duši«. Vztrajati pri takem pacientu, da mora imeti masko je nesmiselno in tudi napačno. Rezultat je najpogosteje le to, da po nepotrebem razburimo pacienta. Glede uporabe »kisikovih očal« pri dihanju na usta gre omeniti, da je ovira za uporabo le

teh le obstrukcija nosnic. Če so »očala« pravilno nastavljena, kisik, ki iz njih prihaja potuje skozi nosnice ter se zbira v nosni votlini. Z duhanjem na usta pacient vdihanem zraku primeša dodaten kisik. Sicer pa je v praksi težko srečati pacienta, ki diha izključno na usta, vedno gre za kombinirano dihanje, kjer delež dihanja gre tudi skozi nos.

- Standardna (enostavna) maska za kisik (Slika 8) prednost te maske je, da dovoljuje nekoliko večjo koncentracije kisika in ker je učinek sušenja sluznic manjši. Kisik se namreč meša z zunanjim zrakom, ki prihaja v masko skozi odprtine. Slabost te maske kot vseh ostalih je, da jo pacienti, ki so respiratorno močno prizadeti slabo prenašajo in prav tako tudi otroci. Druga slabost je, da maska pogosto slabo tesni in je uporabnost zelo odvisna od dotoka kisika, ki mora biti tolikšen, da izrine reziduuum izdihanega zraka.⁽¹⁶⁾ Prenizek dotok kisika lahko pomeni, da pacient diha prevelik delež izdihanega zraka čemu se je treba definitivno izogniti.



Slika 8

S to masko pri aplikaciji 6–10 l/min dovajamo med 35% in 60% kisika v zrak, ki ga pacient vdihuje. Koncentracije nižje od 5 l/min lahko pripeljejo do zgoraj opisanega efekta, ko dotok kisika ni zadosten, da bi izpodrinil izdihan zrak.^(16, 17) Glede na to, da pri 6 l/min s to masko dosežemo cca 35% O₂ v vdihanem zraku in je za približno isto koncentracijo kisika pri aplikaciji z »O₂ očali« potrebnih 4 l/min so nam lahko kot referenca vrednosti v **tabeli 3** le, da prištejemo 2 l/min.

V literaturi je možno najti razdelitev po kateri ta maska sodi med pripomočke za aplikacijo srednje koncentracije kisika. Menim, da je glede na koncentracijo kisika, ki jo lahko ta doseže razdelitev uporabljena v tem članku bolj ustrezna.

- Obrazni šotor / ščit (Slika 9) pripomoček, ki pri nas ni v uporabi a ga je morda zanimivo prikazati. Namenjen je pacientom, ki npr. zaradi poškodb ne morejo imeti maske ali O₂ očal oz. tistim, ki maske ne prenašajo. Slabost šotora je visoka poraba in sicer za doseči 40% koncentracijo mora biti pretok večji od 10 L/min. Obenem je težko zagotavljati stalno koncentracijo saj se šotor ne prilagaja obrazu. Že premik glave torej lahko vpliva na koncentracijo vdihanega O₂.⁽¹⁶⁾



Slika 9: Obrazni šotor

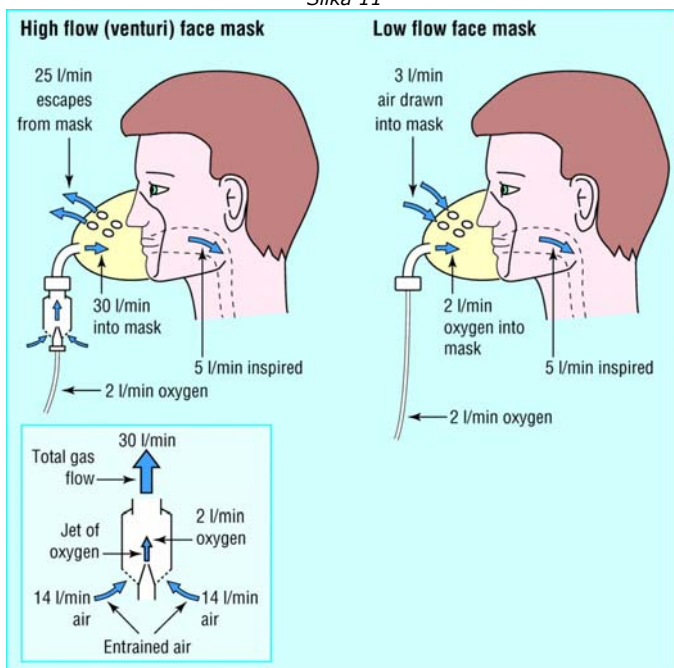
- Nazalni kateter (nasofaringealni kateter) je pripomoček, ki je po svoji funkciji soroden dvorogemu nosnemu katetru in če ga primerjamo z njim nima konkretnih prednosti ima pa nekaj slabih lastnosti zaradi katerih se celo odsvetuje uporaba^(16a). Tu gre omeniti sledeče: treba ga je namestiti čez nosnico v farinks, je moteč in draži sluznico, lahko povzroča travme sluznice, kisik prihaja v zadnji del zgornje dihalne poti in je skoraj nujno vlaženje. Glede na uporabo in namen aplikacije kisika na terenu pa menim, da bo definitivno boljša odločitev, če izberemo dvorogi nosni kateter (O₂ očala).

Ad. 2. - V skupino pripomočkov za aplikacijo srednje koncentracije kisika štejemo:

- Venturi maska dobro je poznana v bolnicah. V literaturi jo srečamo tudi pod kratico HAFOE (High Air Flow Oxygen Enrichment Device). Maski je priložen komplet raznobarnih ventilov (Slika 10 - desno) na katerih piše kolikšen mora biti pretok kisika v l/min in koncentracija O₂, ki bo dosežena ob takem pretoku. Ventili delujejo tako, da kisik prihaja skozi cevko do ozkega grla ventila, ki pospeši pretok in s tem se ustvari podtlak, ki sesa okolni zrak ter v masko požene mešanico z želeno koncentracijo kisika. Princip delovanja te maske in primerjavo z navadno masko kaže slika 11. (17, 18) Z Venturi masko lahko dosežemo 25-60% O₂ v vdihanem zraku z pretokom 4-8 L/min⁽¹⁹⁾. Koncentracijo, ki jo ta maska nudi lahko torej dosežemo z že zgoraj opisanimi naštetimi pripomočki in nam na terenu ne nudi nobene konkretne prednosti. Gre dejansko za terapevtsko masko, ki je v reševalnih vozilih zaradi navedenega razloga praviloma nimamo za kar verjetno obstajajo določene izjeme.



Slika 11



- Maska z rezervoarjem brez nepovratnih ventilov (Slika 12): Gre za masko, ki je zelo prisotna v naših ustanovah in žal pogosto uporabljena kot maska za dovajanje visoke koncentracije kisika za kar ni primerna.

Slika 12

V angleški literaturi bomo to masko našli pod pojmom »Partial Rebreathing Mask with reservoir« oz »PRB mask«. Maska je namenjena aplikaciji srednje koncentracije kisika in sicer 35-60% s pretokom 6-10 l/min. Pri izdihu pacienta se bo le prva tretjina izdihanega zraka pomešala s prihajajočim kisikom.⁽¹⁹⁾ Rezervoar bo namreč v večjem delu že poln s kisikom in preostali izdihan zrak gre v prostor skozi luknje na maski. Navedeno je obenem pomembno saj tudi višja količina kisika ne bo bistveno vplivala na koncentracijo kisika saj maska nima ventilov. Maska je pravilno nameščena in pretok je ustrezen, če je tik pred vdihom rezervoar vsaj 1/3 do 1/2 poln. Po nekaterih avtorjih naj bi ta maska lahko dosegla tja do 70% koncentracijo O₂ v vdihanem zraku⁽²⁰⁾.



Na naši enoti se je zgodilo, da je ob uporabi te maske in ob nameščanju višjega pretoka kisika od predpisanega rezervoar počil. Začetno je do težave prišlo, ko je pacient s svojim dihanjem kljub nastavljenim 10 l/min ritmično praznil in polnil rezervoar. Glede na navedeno je bilo možno sklepati, da je koncentracija vdihanega O₂ bila nižja od pričakovane. Dvig pretoka je bil torej namenjen kompenzaciji te pomanjkljivosti. Ob navedenem dogodku smo masko preizkusili na zdravih kolegih pri normalnem dihanju ter postopoma nameščali višji pretok od predpisanega.⁽²¹⁾ Rezervoar je v večini primerov popustil in počil po lepljenem šivu, ko je pretok kisika dosegel 13 l/min. Vse maske, ki smo jih uporabili so prišle z isto pošiljko kar dopušča možnost dvoma za morebitno napako na seriji. Glede same uporabnosti te maske pa bi rad le opozoril na to, da so deklarirane vrednosti koncentracije vdihanega O₂ s to masko enake vrednostim, ki so deklarirane pri uporabi zgoraj opisane standardne (navadne) maske za kisik. V primeru težav, napake na rezervoarju ali pretiranega polnjenja maske s pacientovim izdihom ostaja torej rešitev preprosto zložiti rezervoar in ga prilepiti na dno nosnega dela maske kjer se pričinja rezervoar. Na ta način »ustvarimo« navadno masko z možnostjo aplikacije zgoraj navedenih vrednosti.

Ad. 3. - V skupino pripomočkov za aplikacijo visoke koncentracije kisika štejemo:

- Maska z rezervoarjem z nepovratnimi ventili (Slika 13 - desno) gre za masko, ki je na prvi pogled podobna prejšnji maski a jo razlikujejo nepovratni ventili. Eden je na vhodu v rezervoar in preprečuje izdihanemu zraku, da bi se mešal s kisikom. Ob vdihu se ta ventil sprosti in dovoli kisiku iz rezervoarja vstop v masko. Dva, ki sta na straneh maske pa se ob izdihu sprostita tako, da izdihan zrak lahko v največji možni meri zapusti masko, ob vdihu pa preprečujeta, da bi se zunanji zrak mešal s kisikom iz rezervoarja.

V angleški literaturi bomo to masko našli pod pojmom »Non-Rebreathing Mask with reservoir« oz »NRB mask«. Značilno za to masko je, da z njo kisika ne doziramo s pretokom kot pri drugih



pripomočkah. Masko je treba pravilno namestiti in zagotoviti zadosten pretok da bo koncentracija vdihanega O₂ dovolj visoka. Koncentracija vdihanega O₂ ob uporabi te maske bi naj bila 95%⁽²⁰⁾. Pri nas pogovorno in v literaturi, ko govorimo o aplikaciji 100% kisika mislimo na uporabo te maske, ki jo v praksi marsikdo še vedno zamenja z zgoraj opisano (PRB masko). Ob pisanju tega članka sem tudi v literaturi našel na isto situacijo. Za zgoraj opisano masko (PRB), torej brez ventilov je bil uporabljen termin NRB maska, kljub temu pa je tekst navajal, da zagotavlja nižjo koncentracijo kisika⁽²³⁾. Torej lahko zaključimo, da je problem v neenotni terminologiji.

Tudi pri tej maski je smiselno upoštevati navodilo, da je polnost balona referenca za pravilno uporabo maske. V literaturi najdemo različne priporočene količine pretoka O₂ od najmanj 8 do 15 l/min, najpogosteje bomo našli, da je treba zagotoviti dotok 10 l/min. Višja količina pretoka pri konkretni maski pa, če je ta pravilno uporabljena ne bo bistveno vplivala na koncentracijo O₂ v vdihanem zraku. Kot sem uvodoma navedel gre za masko, ki ni namenjena doziranju kisika temveč aplikaciji visoke koncentracije kisika. Kar pomeni, da ko dosežemo najvišjo možno koncentracijo, je ta dosežena in povečevanje pretoka pomeni le hitrejše praznjenje jeklenk, kar je na terenu relevanten podatek. V nekaj besedah torej lahko zaključimo, da je ta maska ob pravilno delujočih ventilih, katerih delovanje je opisano zgoraj, pravilno uporabljena le, ko je dosežena polnost rezervoarja. V kolikor rezervoar diha v ritmu dihanja pacienta ali je ob vdihu pacienta balon bolj prazen je dotok kisika premajhen. Količina dotoka kisika, ki bo zagotovila polnost rezervoarja pa je lahko odvisna še od pravilne namestitve in prileganja maske, pravilnega delovanja ventilov in seveda dihanja. Torej tudi, če smo namestili 8 l/min in se balon prazni bo potrebno pretok povečati.

Pri aplikaciji te maske je po navodilih proizvajalca potrebno preden jo namestimo s prstom zapreti ventil nad rezervoarjem toliko, da se rezervoar lepo napolni, z roko stisniti rezervoar, da ga izpraznimo in ga potem ponovno napolniti ter namestiti na obraz., to storimo zato, da v celoti razpremo in usposobimo rezervoar.

Po vsem tem branju o maskah se je marsikom pojavilo vprašanje zakaj ni nikjer omenjena OHIO maska? Odgovor je preprost. Ustrezna in enotna terminologija je predpogoj, da se sploh razumemo in, da naše delo opravljamo kvalitetno. V času pisanja tega prispevka sem porabil kar nekaj ur in v tuji literaturi iskal pripomoček za aplikacijo kisika z imenom OHIO. Žal pri temu nisem bil uspešen. Poznam sicer dejstvo, da se v Sloveniji trži model maske ameriškega proizvajalca z imenom OHIO. Zanimivo pa je, da ob ogledu evropskega in ameriškega spletnega kataloga na strani tega proizvajalca ugotavljamo, da ne uporablja izraza OHIO marveč enake izraze kot so v tem članku. Beremo torej o maskah za srednjo in visoko koncentracijo, PRB, NRB maskah in podobno.

Če se vrnemo k maski, ki se v Sloveniji trži pod imenom OHIO maska naj poudarim, da je to le navadna PRB maska. Ima torej rezervoar za kisik a nima nepovratnih ventilov. In, če malo pomislimo se odgovori ponujajo kar sami. V Sloveniji se v strokovni javnosti uporablja izraz OHIO maska praviloma takrat, ko se misli na masko, ki bo dovajala visoko koncentracijo kisika ne pa srednjo. Kar pomeni, da z izrazom OHIO mislimo na NRB in ne na PRB masko. Ker pa na to očitno nihče ni

pozoren se lahko nek trgovec odloči in trži izdelek z imenom za katerega smatra, da se bo bolje prodajal. Kupec, ki se ne ukvarja pretirano z masko in mu zadostuje, da ta ima rezervoar za kisik pa uporablja izdelek za katerega meni, da je pravi. Sicer pa zakaj naj ne bi bil? Ima rezervoar pa še OHIO piše na listku. Zavedajmo se torej, da delamo s pacienti in moramo vedeti kaj kupujemo ter čemu je namenjen artikel, ki smo ga nabavili.

Kaj pa OHIO maska? V svojo trditev nisem v celoti prepričan saj se nisem poglobljeno ukvarjal z zadevo a sem ob iskanju OHIO maske za kisik uspel priti do različnih informacij in številnih podatkov, ki napeljujejo le na eno. Izraz OHIO maska je verjetno prišel v uporabo zaradi letalskih mask A-14 (1943-44) in kasneje A-15 (1945), ki jih je izdelala tovarna OHIO Chemicals in so bile namenjene dovajanju večjih koncentracij kisika pod pritiskom ⁽²⁴⁾. Na istem viru najdemo tudi ime podjetja Drager. Obstaja torej možnost, da so bile v zdravstvu v uporabi maske tega proizvajalca ali da je neko podjetje dalo tako ime maskam zaradi podobnosti. Razglabljanje o temu ni cilj tega članka, je pa morda zanimivo prebrati tudi kaj takega. Bom pa hvaležen komurkoli, ki mi pošlje dodatne informacije o izrazu OHIO maska in po možnosti tudi splošno priznano obrazložitev kaj to je. Kljub navedenemu naj poudarim, da uporabiti izraz OHIO maska ni narobe, narobe je to, da eni mislimo na NRB maske, drugi pa pod tem izrazom razumejo »maska z vrečko«.

Varnostna in praktična priporočila za uporabo pripomočkov za aplikacijo kisika

- Kisik apliciramo v obliki »koncentracije v vdihanem zraku« in ne v »l/min«! Pogosto namreč slišimo: »Dejte mu še 3 litre kisika na masko, če pa nimate lahko tudi na cevke«. Navodilo je absurdno saj 3 litre na nazalno kanilo pomeni določeno koncentracijo na maski pa ne izpodrine niti izdihanega zraka.
- Vedno izberimo pravi pripomoček za aplikacijo kisika glede na stanje pacienta in njegovo toleranco. Izbor bo narejen tudi na podlagi koncentracije, ki jo želimo aplicirati pacientu.
- Če pacienta maska duši upoštevajmo tudi njegovo mnenje ter najdimo alternativno opcijo.
- Poskušajmo aplicirati kisik kot vsa druga zdravila in dati mu pomen, ki ga dejansko ima.
- Kisik apliciramo v določenem vrstnem redu:
 - Odpremo sistem (kisikova jeklenka).
 - Na ventilu namestimo želeni pretok kisika.
 - Pripomoček za aplikacijo namestimo na sistem.
 - Pripomoček za aplikacijo namestimo pacientu.

Vlaženje kisika

Najkvalitetnejši način vlaženja je vsekakor zaprti sistem za enkratno uporabo na kateremu je naveden rok trajanja. Vlažilci, ki so sestavni del merilca pretoka (plastične posodice na navoj) bi bilo potrebno vsak dan razkužiti in naliti novo tekočino za vlaženje (destilirana voda)⁽²⁵⁾. Navedeno se pogosto ne izvaja ali se naredi le površno. Posledično vlažilci postanejo gojišče bakterij, ki imajo lahek plen še posebej, če kisik damo pacientu čigar pljuča so že obremenjena z kronično boleznijo. Drugi problem je, da so vozila v zimskem času zunaj zelo mrzla, tekočina za vlaženje nima pravega učinka vlaženja ⁽¹³⁾.

Številni avtorji navajajo, da krajši čas aplikacije ne vlažnega kisika nima relevantnega vpliva na stanje pacienta ^(13, 26) ob temu in zgornjih dejstvih je jasno zakaj velika večina

služb NMP ne vlaži kisika. Obstajajo pa tudi študije, ki dokazujejo da vlaženje kisika nima relevantnega učinka na stanje pacienta. Konkretna študija je bila narejena na pacientih, ki so dobivali kisik po dvorogem nosnem katetru. Študija je bila narejena na 185 pacientih, 99 jih je prejelo vlažen kisik, 86 pa suhega. Pri obeh skupinah so pacienti od vseh komplikacij najpogosteje navajali občutek suhega nosa in grla (42,9% pacientov iz prve skupine in 43,9% iz druge skupine). Simptomi so se manifestirali v blagi obliki in se niso znatno povečali ob nadaljevanju aplikacije kisika brez vlaženja. Pacientom je bilo apliciranih 5l/min, študija je potekala v zimskem času in po mnenju avtorjev dokazuje, da vlaženje kisika sploh ni potrebno oz. opravičeno ter, da bi aplikacija ne vlažnega kisika znatno zmanjšala stroške in porabo časa. ⁽²⁶⁾

Tu je smiselno dodati, da s pripomočki, ki jih uporabljamo v NMP dovajamo kisik na sam začetek dihalnih poti. Edino pri O₂ očalih je cevka nekoliko v nosu, Navedeno je pomembno predvsem zato ker sama dihalna pot in izdih pred vdihom prispeva k vlaženju kisika, kar je praviloma dovolj še posebej pri nižjih koncentracijah dodanega kisika. Menim, da je navedenih dovolj argumentov, ki opravičujejo aplikacijo suhega kisika v NMP.

Indikacije za aplikacijo kisika

Aplikacija kisika je postopek s katerim v telo dovajamo dodaten kisik, ko je potrebna dodatna oksigenacija. Hipoksija nastopi, ko tkiva nimajo več možnosti obdržati normalne oksigenacijske procese zaradi nezadostne oskrbe s kisikom ali nezadostnega izkoriščanja razpoložljivega kisika. Hipoksijo torej definiramo kot nezadostno oksigenacijo tkiv ⁽²⁷⁾.

Hipoksijo delimo na 4 glavne tipe ^(18, 27, 28),

- Hipoksična hipoksija nastane ko je zmanjšan parcialni tlak kisika (PO₂) v arterijski krvi kar je lahko posledica nezadostnega PO₂ vdihanem zraku (velika nadmorska višina), težje hipoventilacije (centralni ali periferni vzorci) ali nezadostne alveolarno-kapilarne menjave plinov.
- Anemična hipoksija nastane, ko je količina PO₂ v arterijski krvi normalna a je količina prostega Hb zmanjšana (npr. zastrupitev s CO). V takih primerih je kompenzacijski mehanizem tak, da se poveča minutni volumen srca, a ko ta ni več zadosten se razvije hipoksija tkiv.
- Cirkulacijska ali ishemična hipoksija (v tuji literaturi najdemo tudi termin stagnacijska hipoksija). Gre za situacijo, ko je ne glede na zadostno količino kisika v arterijski krvi cirkulacija toliko oslABLJENA, da ne zadošča za zadostno izmenjavo kisika v tkivih. Začetno je oksigenacija tkiv zadostna zahvaljujoč povečani stopnji ekstrakcije kisika iz krvi a, ko to ne zadošča več se kmalu razvije hipoksija tkiva.
- Histotoksična hipoksija se manifestira, ko O₂ normalno prihaja do tkiv sočasno pa toksični agens moti celice, ki jim je ta kisik namenjen. To se zgodi ob zastrupitvi s cianidom.

Prepoznavanje hipoksije ⁽¹⁸⁾:

Prepoznavanje hipoksije ni vedno enostavno saj obstajajo različni simptomi, ki se lahko pojavljajo posamezno ali v kombinaciji. Ti simptomi so:

- Motnje zavesti (vznemirjenost, zmedenost, zaspanost, koma)
- Cianoza
- Dispneja, tahipneja ali hipoventilacija
- Aritmija

- Periferna vazokonstrikcija, pogosto s potenjem okončin
- Sistemska hipotenzija ali hipertenzija (odvisno od osnovne diagnoze)
- Nauzea, bruhanje in druge GI težave

Glede na to, da so klinični znaki nespecifični je najboljša metoda za oceno oksigenacije na terenu merjenje SaO_2 . Abnormna vrednost SaO_2 je $< 95\%$, v bolnici pa je priporočljiva plinska analiza krvi. Hipoksija na nivoju tkiva je možna tudi, ko so izmerjene vrednosti SaO_2 in PaO_2 normalne. To se zgodi ob znižanem minutnem volumnu srca, večjih anemijah, ali ob nesposobnosti tkiva, da izrabi kisik (zastрупitev s cianidom). V navedenih primerih koncentracija krvnega laktata naraste zaradi anaerobnega metabolizma.⁽¹⁸⁾

Konkretne situacije, ki zahtevajo aplikacijo kisika

Hipoksija iz katerega koli razloga je indikacija za aplikacijo kisika v pred bolnišničnem okolju. V nadaljevanju so navedena najpogostejša stanja, ki zahtevajo aplikacijo kisika:

- apneja in neizbežni respiratorni arest
- kardiopulmonalna reanimacija
- akutne faze ishemičnih bolezni (srčna dekompenzacija, AMI, ICV...)
- travme glave, pljuč in politravme
- pljučne bolezni (pljučni edem, astma, KOPB)
- obstrukcija dihalnih poti (obvezno sprostimo in, če je potrebno zavarujemo dihalno pot)
- alergične reakcije še posebej pri anafilaksiji
- vsa šokovna stanja
- zastрупitev z ogljikovim monoksidom ali drugimi plini.

Koncentracija kisika je odvisna od stanja pacienta, pripomoček, ki ga bomo izbrali pa od koncentracije za katero smo se odločili in od stanja pacienta.

Komplikacije in problemi aplikacije kisika

Absolutnih kontraindikacij za aplikacijo kisika ni. Ne glede na to ga je treba vseeno uporabljati previdno pri pacientih z določenimi diagnozami.

KOPB je diagnoza, ki zahteva previdnost pri aplikaciji kisika. Aplikiramo ga s pripomočkom za dovajanje nizke koncentracije kisika. CO_2 je pri zdravemu človeku fiziološki stimulan za dihanje. Pacienti s KOPB pa dobro prenašajo visoke koncentracije CO_2 v krvi, kar je posledica nižje občutljivosti centra za dihanje v možganih. Posledično, zaradi njihovega kroničnega stanja glavni regulator dihanja postanejo kemoreceptorji na periferiji, ki so občutljivi na nizek PaO_2 v arterijski krvi. Če takemu pacientu damo visoke koncentracije kisika se povišuje PaO_2 v arterijski krvi in pride do blokade stimulacije kemoreceptorjev, kar lahko pripelje do apneje. Navedeno je sočasno tudi vzrok za komplikacijo pri aplikaciji kisika. V primeru, da se pri takem pacientu razvije depresija dihanja je potrebno sprostiti dihalno pot in izvajati asistirano ventilacijo; če je potrebno pacienta intubiramo in oksigeniramo s 100% kisikom^(29, 30).

Pri pacientu s KOPB je torej dovolj doseči vrednost $\text{SaO}_2 > 90\%$ ⁽³⁰⁾, maska jih bo pogosto motila zato ne vztrajamo na temu obenem pa so koncentracije, ki jih nudijo maske lahko kmalu previsoke za takega pacienta. Zadostujejo torej O_2 očala in spremljanje SaO_2 in seveda pacienta. V kolikor smo začetno respiratorno zelo prizadetemu pacientu dali nekoliko višjo koncentracijo kisika, lahko pretok kar kmalu

zmanjšamo in ga držimo na najnižjem zadostnem pretoku za ohranitev zadovoljive SaO₂ seveda ob opazovanju pacienta in njegovega stanja.

Ostale možne težave so vezane na dolgotrajno aplikacijo kisika v visokih koncentracijah – kar je v praksi redkost, v predhospitalni oskrbi pa ni možnosti za razvoj takih komplikacij.

ZAKLJUČEK

Ugotovili smo torej, da je aplikacija kisika več kot le preprosto odpiranje jeklenke in nastavljanje maske. Ker smo v uvodnem delu podrobno razdelali pulzno oksimetrijo zaključimo z nekaj uporabnih »DA« in »NE«, ki zadevajo našo varnost pri delu s kisikom.

Moramo:

- skrbeti, da so jeklenke vedno čiste
- paziti, da jeklenka ne pade ali se prevrne
- kontrolirati, če sistem deluje pravilno ali, če je morda poškodovan
- hraniti jeklenke v stoječem položaju in skrbeti, da so ventili pokriti s kapami.
- ločevati polne od praznih jeklenk
- za montažo i demontažo uporabljati ključe, ki ne iskrijo (medenina)
- pri odpiranju jeklenke ventil vedno odvrtno do konca in ga vrnemo za en krog

Ne smemo:

- kotaliti jeklenke ali jih vleči po tleh
- nositi jeklenke tako, da jih držimo za ventil
- uporabljati plamena ali kaditi v bližini kisika
- izpostavljati jeklenke visokim temperaturam
- imeti mastnih rok ali uporabljati karkoli mastnega ali oljnatega za čiščenje jeklenk
- uporabiti za čiščenje naftne derivate (povečujejo eksplozivnost kisika)
- uporabljati kateregakoli lepila za etiketiranje jeklenk ali delov sistema.
- Popolnoma izprazniti jeklenke za kisik

LITERATURA

Vse v literaturi navedene spletne strani so bile obiskane 03. aprila 2006

1. Derganc J. © 2006 Kvarkadabra. Na urgenci: pulzni oksimeter. Kvarkadabra - društvo za tolmačenje znanosti.
URL: <http://www.kvarkadabra.net/article.php/Na-urgenci-pulzni-oksimeter>
2. © 2002 Oximeter.org. Principles of Pulse Oximetry Technology
URL: <http://www.oximeter.org/pulseox/principles.htm>
3. Pologe J A. Pulse Oximetry. IN: Webb A R (Ed), Shapiro M (Ed), Singer M (Editor), Suter P (Editor). Oxford Textbook of Critical Care. By Oxford University Press. February 15, 1999. Chapter 16.1.2.
4. Jubran A. Pulse Oximetry. Critical Care. Vol 3. 1999.
URL: <http://ccforum.com/content/3/2/R11>
5. Hill E. Stoneham M D. Practical applications of pulse oximetry. © World Federation of Societies of Anaesthesiologists. Issue 11. 2000. Article 4 – page 1
URL: http://www.nda.ox.ac.uk/wfsa/html/u11/u1104_01.htm

6. Schutz S. L. *Oxygen Saturation Monitoring by Pulse Oximetry*. © W. B. Saunders. AACN Procedure manual for Critical Care, 4th Edition. 2001.
URL: [http://www.aacn.org/aacn/practice.nsf/Files/PO1/\\$file/ch%2014%20PO.pdf](http://www.aacn.org/aacn/practice.nsf/Files/PO1/$file/ch%2014%20PO.pdf)
7. Nadkarni UB, Shah AM, Deshmukh CT. *Non-invasive respiratory monitoring in paediatric intensive care unit*. J Postgrad Med [serial online] 2000;46:149-52.
URL:<http://www.jpgmonline.com/article.asp?issn=0022-3859;year=2000;volume=46;issue=2;spage=149;epage=52;aulast=Nadkarni>
8. © Copyright 2006 Drugs.com. *Capillary nail refill test*.
URL: http://www.drugs.com/enc/capillary_nail_refill_test.html
9. © 2002 Oximeter.org. *Limitations of Pulse Oximetry Technology*
URL: <http://www.oximeter.org/pulseox/limitations.htm>
10. Hill E. Stoneham M D. *Practical applications of pulse oximetry*. © World Federation of Societies of Anaesthesiologists. Issue 11. 2000. Article 4 – page 2
URL: http://www.nda.ox.ac.uk/wfsa/html/u11/u1104_02.htm
11. Bongard F. Sue D. *Pulse oximetry and capnography in intensive and transitional care units*. Harbor-UCLA Medical Center, Torrance. Western Journal of Medicine. 1992, January; 156 (1): 57 – 64.
URL: <http://www.pubmedcentral.gov/picrender.fcgi?artid=1003148&blobtype=pdf>
12. © 2005. www.pulseox.info.
URL: <http://www.pulseox.info/limits.htm> (limits5.htm, limits6.htm,)
13. Pelicon I. *Pripomočki za aplikacijo kisika na terenu*. U: Bručan A, Gričar M (ur). *Urgentna medicina – izbrana poglavja 3*. Porotorož. SZUM. 1997. 387 – 92.
14. ©Copyright 2004 PARASOL EMT Pty Limited. *Oxygen administration*.
URL: <http://www.parasolemt.com.au/manual/o2.asp>
15. © 2000, Family Practice Notebook. *Low Flow Oxygen*
URL: <http://www.fpnotebook.com/ER91.htm>
16. © 2000, Family Practice Notebook. *Oxygen Delivery. Supplemental Oxygen*.
URL: <http://www.fpnotebook.com/ER94.htm> (16a: <http://www.fpnotebook.com/ER94.htm>)
17. Bateman N T. Leach R M. *ABC of Oxygen - Acute oxygen therapy*. BMJ 1998; 317: 798-801.
URL: <http://bmj.bmjournals.com/cgi/content/full/317/7161/798>
18. Varvinski A M. Hunt S. *Acute Oxygen Treatment*. © World Federation of Societies of Anaesthesiologists. Issue 12. 2000. Article 3.
URL: http://www.nda.ox.ac.uk/wfsa/html/u12/u1203_02.htm
19. © 2000, Family Practice Notebook. *Moderate Flow Oxygen*.
URL: <http://www.fpnotebook.com/ER93.htm>
20. Kallstrom TJ. *AARC Clinical Practice Guideline: oxygen therapy for adults in the acute care facility--2002 revision & update*. Respir Care 2002 Jun;47(6):717-20. © 1998-2006 National Guideline Clearinghouse.
URL: http://www.guideline.gov/summary/summary.aspx?ss=15&doc_id=3248&nbr=2474
21. Crnić I. *Mogućnosti i načini aplikacije kisika u prehospitalnim uvjetima te najčešće greške*. *Timočki medicinski glasnik*. Godina 2005. Volumen 30. Broj 3. 123-131.
URL: <http://www.tmg.org.yu/v300305.htm>
22. © 2000, Family Practice Notebook. *High Flow Oxygen*.
URL: <http://www.fpnotebook.com/ER92.htm>
23. Lewis N R. Fitz-Henry J. *Anaesthesia explained*. © 2006 BMJ Publishing Group Ltd. studentBMJ 2001;09:85-128
URL: <http://www.studentbmj.com/issues/01/04/education/94.php>
24. Carey C T. *A Brief History of US Military Aviation Oxygen Breathing Systems*
URL: <http://webs.lanset.com/aeolusaero/Articles/Oxygen%20Systems%20History--Pt1.htm>
25. Gričar M. *Zdravljenje s kisikom*. U: Bručan A, Gričar M (ur). *Urgentna medicina – izbrana poglavja 3*. Porotorož. SZUM. 1997. 425 – 31.
26. Campbell EJ. Baker MD. Crites-Silver P. *Subjective effects of humidification of oxygen for delivery by nasal cannula. A prospective study*. Chest. 1988 Feb;93(2):289-93.
URL: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=pubmed&dopt=Abstract&list_uids=3338294

27. *Paramedic Emergency Care*, 3rd ed. Brady Prentice Hall. New Jersey. 1997. 276–79. 583–85
28. Cotič M. Aplikacija kisika in bronhodilatatorjev na urgentnem oddelku bolnišnice. U: Bručan A, Gričar M (ur). *Urgentna medicina – izbrana poglavja 3*. Porotorož. SZUM. 1997. 395 – 402.
29. ©2001 Regional Emergency Medical Organization. Section 2. Acute Respiratory Distress.
URL: <http://www.remo-ems.com/EMT-1%20Respiratory%20Protocol%20Section.doc>
30. Đukić A. Kronična obstruktivna pljučna bolezen. U: Posavec A (ur). *Predbolnišnična obravnava urgentnega internist. bolnika*, Zbornik. ZZNS-ZDMSZTS, Sekcija reševalcev v zdravstvu. Ljubljana. 2003. 105-110

Slike

- 1 <http://www.kvarkadabra.net/article.php/Na-urgenci-pulzni-oksimeter>
- 2 <http://ccforum.com/content/3/2/R11>
- 3 Crnić I. - osnova povzeta po;
- <http://www.oximeter.org/pulseox/principles.htm>
- http://www.health.adelaide.edu.au/paed-anaes/talks/brazil/oxygen/index_files/frame.html
- 4 [http://www.aacn.org/aacn/practice.nsf/Files/PO1/\\$file/ch%2014%20PO.pdf](http://www.aacn.org/aacn/practice.nsf/Files/PO1/$file/ch%2014%20PO.pdf)
- 5 <http://www.pubmedcentral.gov/articlerender.fcgi?artid=1003148&rendertype=figure&id=F1>
- 6 <http://ccforum.com/content/3/2/r11/figure/F3>
- 7 http://www.a-msystems.com/pulmonary/nasalcannula/cannula_illus.aspx
- 8 <http://www.parasolemt.com.au/manual/o2.asp>
- 9 <http://www.lhsc.on.ca/resptherapy/rtequip/oxygen/facetent.htm>
- 10 http://www.deasnet.it/images/maschera_venturi_450.jpg
- 11 <http://bmj.bmjournals.com/cgi/content/full/317/7161/798/Fu10>
- 12 <http://www.yms.co.za/emerg/ambu/oxygen/maskhc.htm>
- 13 <http://www.med-worldwide.com/page177.html>