

# OSNOVE OSKRBE DIHALNE POTI

**UČBENIK – 1. del**

**1. izdaja**



Maribor, oktober 2023

## KOLOFON

### OSNOVE OSKRBE DIHALNE POTI: »UČBENIK – 1. del, 1. izdaja«

#### **Učbenik so izdali:**

UKC Maribor, Oddelek za anesteziologijo, intenzivno terapijo in terapijo bolečin

UKC Ljubljana, Klinični oddelek za anesteziologijo in intenzivno terapijo operativnih strok

Slovensko zdravniško društvo, Slovensko združenje za anesteziologijo in intenzivno medicino, Ljubljana

#### **Uredniki:**

doc. dr. **Marko Zdravkovič**, dr. med.

prof. dr. **Tatjana Stopar Pintarič**, dr. med.

izr. prof. **Dušan Mekiš**, dr. med.

#### **Recenzentki:**

prof. dr. **Vesna Novak Jankovič**, dr. med.

doc. dr. **Jasmina Markovič Božič**, dr. med.

#### **Tehnična urednika:**

doc. dr. **Marko Zdravkovič**, dr. med.

**Petra Turk**

#### **Lektorica slovenskega jezika:**

**Lidija Todorovič**, prof. angleščine in slovenščine

#### **Lektor angleškega jezika:**

**Tadej Todorovič**, mag. filozofije in mag. anglistike

Maribor, oktober 2023

CIP - Kataložni zapis o publikaciji  
Univerzitetna knjižnica Maribor

616.2(075.8)(0.034.2)

OSNOVE oskrbe dihalne poti [Elektronski vir] : učbenik. Del 1 / [uredniki Marko Zdravkovič, Tatjana Stopar Pintarič, Dušan Mekiš]. - 1. izd. - E-ucbenik. - Maribor [etc.] : UKC Maribor, Oddelek za anesteziologijo, intenzivno terapijo in terapijo bolečin [etc.], 2023

Način dostopa (URL): <https://www.szaim.org/wp-content/uploads/2021/03/Oskrba-dihalne-poti-ucbenik.pdf>  
ISBN 978-961-7196-08-5 (PDF)

# KAZALO

PREDGOVOR .....	8
RECENZIJA .....	9
SEZNAM AVTORJEV .....	11
SEZNAM UPORABLJENIH KRATIC .....	12
<b>1. FUNKCIONALNA ANATOMIJA DIHALNE POTI .....</b>	<b>13</b>
POVZETEK .....	13
ABSTRACT .....	13
UVOD .....	14
NOS IN NOSNA VOTLINA .....	14
USTNA VOTLINA IN ŽRELO .....	14
GRLO .....	15
SAPNIK .....	17
TOPOGRAFIJA GRLA IN SAPNIKA .....	17
POSEBNOSTI OTROŠKE ANATOMIJE DIHALNE POTI .....	18
ZAKLJUČEK .....	18
VIRI .....	18
<b>2. RADILOŠKI PRIKAZ DIHALNE POTI .....</b>	<b>19</b>
POVZETEK .....	19
ABSTRACT .....	19
RENTGENSKO SLIKANJE .....	20
SLIKANJE Z RAČUNALNIŠKO TOMOGRAFIJO .....	20
SLIKANJE Z MAGNETNO RESONANCO .....	20
ULTRAZVOČNI PRIKAZ DIHALNE POTI .....	21
SLIKOVNI PRIMERI UPORABE RENTGENSKEGA SLIKANJA ZA PRIKAZ DIHALNE POTI IN DIHAL .....	21
SLIKOVNI PRIMERI UPORABE SLIKANJA Z RAČUNALNIŠKO TOMOGRAFIJO ZA PRIKAZ DIHALNE POTI IN DIHAL ....	22
SLIKOVNI PRIMERI UPORABE ULTRAZVOČNE PREISKAVE ZA PRIKAZ DIHALNE POTI IN DIHAL .....	23
UPORABA ULTRAZVOKA ZA BLOKADO ŽIVCEV, KI OŽIVČUJEJO ZGORNJI DEL DIHALNE POTI .....	26
<i>Blokada glosofaringealnega živca .....</i>	26
<i>Blokada notranje veje zgornjega laringealnega živca .....</i>	27
<i>Translaringealna injekcija .....</i>	28
ZAKLJUČEK .....	28
VIRI .....	29
<b>3. TEHNOLOGIJE PRI OSKRBI DIHALNE POTI .....</b>	<b>30</b>
POVZETEK .....	30
ABSTRACT .....	30
DIHALNE CEVKE .....	31
TESNILNI MEŠIČKI DIHALNIH CEVK .....	32

LARINGOSKOPI IN ŽLICE .....	32
SISTEMI OKSIGENACIJE MED APNEJO .....	33
SISTEMI PREDIHAVANJA Z NEPREKINJENIM PRETOKOM KISIKA MED APNEJO .....	35
TRANSTRAHEALNO PREDIHAVANJE Z VISOKIM PRETOKOM .....	36
ZAKLJUČEK .....	37
VIRI .....	38
<b>4. ZDRAVILA ZA OSKRBO DIHALNE POTI V SPLOŠNI ANESTEZIJI.....</b>	<b>39</b>
POVZETEK .....	39
ABSTRACT.....	39
UVOD .....	40
ZDRAVILA ZA PRIPRAVO PACIENTA.....	40
<i>Opioidni analgetiki</i> .....	40
<i>Lidokain</i> .....	41
HIPNOTIKI .....	41
<i>Propofol</i> .....	41
<i>Etomidat</i> .....	41
<i>Ketamin</i> .....	42
MIŠIČNI RELAKSANTI .....	42
<i>Rokuronij</i> .....	43
<i>Sukcinilholin</i> .....	43
ZAKLJUČEK .....	43
VIRI .....	43
<b>5. INDIKACIJE ZA OSKRBO DIHALNE POTI IN UMETNO PREDIHAVANJE .....</b>	<b>45</b>
POVZETEK .....	45
ABSTRACT .....	45
UVOD .....	46
INDIKACIJE ZA OSKRBO DIHALNE POTI .....	46
INDIKACIJE ZA UMETNO PREDIHAVANJE .....	48
ZAKLJUČEK .....	49
VIRI .....	50
<b>6. SPROSTITEV DIHALNE POTI, ODSTRANITEV TUJKOV, PREDIHAVANJE Z OBRAZNO MASKO IN DIHALNIM BALONOM.....</b>	<b>51</b>
POVZETEK .....	51
ABSTRACT .....	51
UVOD .....	52
SPROSTITEV DIHALNE POTI .....	52
ODSTRANITEV TUJKOV .....	53
PREDIHAVANJE Z OBRAZNO MASKO IN DIHALNIM BALONOM .....	53
ZAKLJUČEK .....	54
VIRI .....	55

<b>7. SUPRAGLOTIČNI PRIPOMOČKI IN VSTAVITEV DIHALNE CEVKE V SAPNIK Z DIREKTNO LARINGOSKOPIO</b>	<b>56</b>
POVZETEK .....	56
ABSTRACT .....	56
UVOD .....	57
SUPRAGLOTIČNI PRIPOMOČKI .....	57
<i>I-gel®</i> .....	58
<i>Laringealne maske</i> .....	59
<i>Kombitubus</i> .....	59
<i>Laringealni tubus</i> .....	59
<i>Supraglotični pripomočki tretje generacije</i> .....	60
VSTAVITEV DIHALNE CEVKE Z DIREKTNO LARINGOSKOPIO .....	60
<i>Postopek direktne laringoskopije in vstavitve dihalne cevke</i> .....	61
ZAKLJUČEK .....	62
VIRI .....	62
<b>8. VSTAVITEV DIHALNE CEVKE V SAPNIK S POMOČJO VIDEOLARINGOSKOPA</b> .....	<b>64</b>
POVZETEK .....	64
ABSTRACT .....	64
UVOD .....	65
OSNOVE DIREKTNE LARINGOSKOPIJE IN DRUGIH ALTERNATIVNIH PRIPOMOČKOV .....	65
VIDEOLARINGOSKOPI .....	65
ZAKLJUČEK .....	69
VIRI .....	69
<b>9. VSTAVITEV DIHALNE CEVKE V SAPNIK Z UPOGLJIVIM BRONHOSKOPOM IN KOMBINIRANE TEHNIKE</b> .....	<b>71</b>
POVZETEK .....	71
ABSTRACT .....	71
UVOD .....	72
INDIKACIJE IN NAČINI VSTAVITVE DIHALNE CEVKE V SAPNIK Z UPOGLJIVIM BRONHOSKOPOM .....	72
VSTAVITEV DIHALNE CEVKE V BUDNEM STANJU .....	73
<i>Oksigenacija</i> .....	74
<i>Topikalna anestezija</i> .....	74
<i>Sedacija</i> .....	75
<i>Izvedba z upogljivim bronhoskopom</i> .....	75
<i>Izvedba z videolaringoskopom</i> .....	76
KOMBINIRANA TEHNIKA .....	76
USPOSABLJANJE .....	77
ZAKLJUČEK .....	77
VIRI .....	77

<b>10. VZPOSTAVITEV DIHALNE POTI SKOZI VRAT .....</b>	<b>79</b>
POVZETEK .....	79
ABSTRACT .....	79
UVOD .....	80
ANGLEŠKE IN AMERIŠKE SMERNICE .....	80
KRIKOTIROIDOTOMIJA S SKALPELOM .....	81
KRIKOTIROIDEKTOMIJA Z UPORABO KANILE .....	82
NUJNA TRAHEOTOMIJA .....	84
ZAKLJUČEK .....	85
VIRI .....	85
<b>11. TEŽKA OSKRBA DIHALNE POTI.....</b>	<b>87</b>
POVZETEK .....	87
ABSTRACT .....	87
UVOD .....	88
DEFINICIJA .....	88
VZROKI TEŽKE OSKRBE DIHALNE POTI .....	88
NATANČNOST OCENE TVEGANJA ZA TEŽKO OSKRBO DIHALNE POTI .....	89
ZAKLJUČEK .....	91
VIRI .....	92
<b>12. PRIPRAVA NA OSKRBO DIHALNE POTI: OCENA IN NAČRT.....</b>	<b>93</b>
POVZETEK .....	93
ABSTRACT .....	93
UVOD .....	94
OCENA DIHALNE POTI: ANAMNEZA IN KLINIČNI PREGLED .....	94
TESTI IN MERITVE ZA NAPOVED TEŽKE OSKRBE DIHALNE POTI .....	94
<i>Ocena po Mallampatiju (ocena razmerja med velikostjo jezika in ustne votline ter orofarinks) .....</i>	94
<i>Ocena velikosti submandibularnega prostora .....</i>	95
<i>Test ugriza v zgornjo ustnico .....</i>	95
<i>Test ekstenzije atlantookcipitalnega sklepa in fleksije vrata .....</i>	95
<i>Slikovna ocena anatomije dihalne poti .....</i>	96
OCENA DIHALNE POTI V VSAKDANJI KLINIČNI PRAKSI .....	96
NAČRT OSKRBE DIHALNE POTI .....	96
<i>Načrt A .....</i>	97
<i>Načrt B .....</i>	98
<i>Načrt C .....</i>	99
<i>Načrt D .....</i>	99
ZAKLJUČEK .....	100
VIRI .....	100

<b>13. PERIOKSIGENACIJA .....</b>	<b>102</b>
POVZETEK .....	102
ABSTRACT .....	102
UVOD .....	103
ZALOGE KISIKA V TELESU IN APNEJA .....	103
<i>Vpliv apneje .....</i>	103
<i>Apneična oksigenacija .....</i>	104
PREOKSIGENACIJA .....	104
<i>Učinkovitost in uspešnost preoksigenacije .....</i>	105
APNEIČNA OKSIGENACIJA .....	106
NAČINI PODALJŠEVANJA ČASA APNEJE .....	107
<i>Kisik preko nosnega katetra .....</i>	107
<i>Vpihovanje kisika v žrelo .....</i>	107
<i>Dovajanje kisika z visokimi pretoki preko nosu (angl. high flow nasal oxygenation – HFNO) .....</i>	107
PREOKSIGENACIJA PRI POSEBNIH POPULACIJAH PACIENTOV .....	108
<i>Nosečnice .....</i>	108
<i>Morbidna debelost .....</i>	108
<i>Starejši .....</i>	109
<i>Otroci .....</i>	109
<i>Kritično bolni .....</i>	109
<i>Poškodovanci .....</i>	109
ZAPLETI PERIOKSIGENACIJE .....	109
<i>Hipoventilacija .....</i>	109
<i>Absorpcijske atelektaze .....</i>	109
<i>Toksičnost kisika .....</i>	110
<i>Vazokonstriktorni odgovor na hiperoksijo .....</i>	110
ZAKLJUČEK .....	110
VIRI .....	110
<b>14. POTRDITEV USPEŠNE VSTAVITVE DIHALNE CEVKE V SAPNIK .....</b>	<b>113</b>
POVZETEK .....	113
ABSTRACT .....	113
UVOD .....	114
KLINIČNI PREGLED .....	114
DETEKTORJI POŽIRALNIKA .....	115
NAPRAVE ZA ZAZNAVO OGLJIKOVEGA DIOXIDA IN KAPNOGRAFIJO .....	115
RENTGENSKI POSNETEK PRSNEGA KOŠA .....	117
ULTRAZVOK .....	118
ZAKLJUČEK .....	119
VIRI .....	119

# PREDGOVOR

Nujna oskrba dihalne poti je kompleksna klinična veščina, ki omogoča reševanje življenja in zdravljenje pacienta v akutni dihalni stiski. Ta klinična veščina najprej zahteva prepoznavanje ogroženosti pacienta zaradi odpovedi dihalne funkcije, zatem prepoznavanje tveganja za težko oskrbo dihalne poti, poznavanje in izurjenost v uporabi številnih pripomočkov, opreme in tehnik, kakor tudi poznavanje algoritma oskrbe težke dihalne poti.

Na srečo je zapletenih kliničnih primerov malo, zato je za pridobivanje znanja praktičnega izvajanja veščine ključno simulacijsko učenje. Prva učna delavnica o oskrbi dihalne poti v Sloveniji je bila organizirana leta 1995, v takratni Splošni bolnišnici Maribor, pod vodstvom predstojnika Oddelka za anesteziologijo, intenzivno terapijo in terapijo bolečin, prim. Zorana Zabavnika, dr. med. Delavnica je pridobila certifikat Evropskega združenja za poučevanje anesteziologije (fr. *Fondation Europeenne d'Enseignement en Anesthesiologie – FEEA*). Po nekaj izvedbah je zanimanje zdravnikov za delavnico upadlo. V Univerzitetnem kliničnem centru Maribor smo delavnico leta 2011 oživili in jo zatem redno letno ponavljali do leta 2019, ko jo je prekinila pandemija COVID-19. Prav tako so v Univerzitetnem kliničnem centru Ljubljana zadajo učno delavnico o težki vstavitvi dihalne cevke izvedli zdaj že daljnega leta 2010. V začetku leta 2023 smo slovenski anesteziologi žeeli ponovno organizirati šolo oskrbe dihalne poti in ob tej priložnosti tudi izdati prvi slovenski učbenik o osnovah oskrbe dihalne poti. Tako je bila pod vodstvom Slovenskega združenja za anesteziologijo in intenzivno medicino v septembru 2023 organizirana »Prva slovenska šola oskrbe dihalne poti« z izbranimi kratkimi predavanji in številnimi simulacijskimi učnimi delavnicami. Šola se bo redno ponavlja in je namenjena vsem zdravnikom, ki se redko ali pogosto soočajo z oskrbo dihalne poti.

Pričujoč učbenik bo služil kot osnovno čtivo v slovenskem jeziku za študente medicine, specializante in specialiste različnih vej medicine. Učbenik predstavlja osnovno teoretično podlago za učinkovito oskrbo dihalne poti.

doc. dr. **Marko Zdravković**, dr. med.  
prof. dr. **Tatjana Stopar Pintarič**, dr. med.  
izr. prof. **Dušan Mekiš**, dr. med.

## POSVETILO:

*Učbenik posvečamo verjetno najvidnejšemu slovenskemu anesteziologu in intenzivistu, prof. dr. Stojanu Jeretinu, ki je ravno v času nastajanja tega učbenika v 94. letu starosti sklenil svojo življenjsko pot. Leto pred tem nas je navdušil s predavanjem na kongresu anesteziologov in intenzivistov, kjer je prejel nagrado za življenjsko delo na našem specialističnem področju. Dober glas slovenske anesteziologije in intenzivne medicine je ponesel v svet – delal je v Združenih državah Amerike, v Nemčiji, na Nizozemskem in v Savdski Arabiji. V času dela v Mariboru je razvil napravo za zunajtelesni krvni obtok, umetno ledvico ter anesteziski aparat Alenka.*

# RECENZIJA

Vzdrževanje proste dihalne poti predstavlja velik izviv za anesteziologe. Obravnava težke dihalne poti je ena od najzahtevnejših nalog v naši klinični praksi. Prevalenca težke vstavitev dihalne cevke v sapnik se zelo razlikuje, od 0,1 % do 10,1 %, odvisno od uporabljene definicije. Anesteziologi moramo biti kadarkoli pripravljeni na težave pri vzdrževanju dihalne poti. Težka vstavitev dihalne cevke je lahko pričakovana ali nepričakovana. Anesteziolog se mora zavedati možnosti, da lahko nenadoma pride do obeh situacij, zato se je treba na take primere pripraviti, da izboljšamo varnost naših pacientov. Oskrba dihalne poti je najvarnejša, ko so morebitne težave prepoznane pred operacijo, kar omogoča sprejetje strategije, niza načrtov, katerih cilj je zmanjšanje tveganja zapletov. Predoperativno oceno dihalne poti je potrebno pri vsakem pacientu izvajati rutinsko, da se ugotovijo dejavniki, ki bi lahko povzročili težave. Naša osnovna naloga je, da pravočasno ugotovimo znake, ki bi lahko pripeljali do ogroženosti dihalne poti pri pacientih z usodnimi posledicami in da to rešujemo na najboljši možen način z uporabo pripomočkov in smernic v korist pacientov. Novo uvedena farmakološka sredstva in videolaringoskopi so v veliki meri pripomogli k izboljšanju varnosti obravnave dihalne poti. Praktične smernice so sistematično razvita priporočila, ki so anesteziologom v pomoč pri obvladovanju težke dihalne poti. Prav tako je zelo pomembno organizirati šole za oskrbo dihalne poti, da bi izboljšali kognitivne in ročne veščine.

Poznavanje funkcionalne anatomije pri oskrbi dihalne poti je izrednega pomena. Na dihalno pot med anesteziološko obravnavo lahko vplivajo različni dejavniki, kot so poškodbe, okužbe in alergije, ki lahko pripeljejo do življenjsko nevarne dihalne odpovedi. Anesteziologi morajo biti sposobni hitro in natančno oceniti stanje dihalne poti pri pacientih s težavami z dihanjem in hitro in učinkovito ukrepati, da zagotovijo njeno prehodnost.

Poglavlje opisuje radiološke metode za prikaz dihalne poti, ki zagotavljajo njeno varno oskrbo. Rentgenско slikanje, radiografija, predstavlja hitro metodo, ki uporablja rentgenske žarke za odkrivanje nujnih bolezenskih stanj v spodnjih delih dihalne poti, kot so okužbe pljuč, plevralni izliv, pnevmotoraks, pljučni edem, poškodbe prsnega koša itn. V zgornjih delih dihalne poti, omogoča odkrivanje poškodb in nujnih stanj, kot so epiglotitis, retrofaringealni absces, tujki itn. Slikanje z računalniško tomografijo omogoča podrobnejši, tridimenzionalni prikaz dihalne poti. Magnetna resonanca omogoča zelo podrobni prikaz mehkih tkiv in poda podrobne informacije o tkivni sestavi in funkciji. Ultrazvočni prikaz dihalne poti je zelo koristna metoda pri urgentni vzpostavitvi dihalne poti.

Pri vzpostavitvi umetne dihalne poti so zelo pomembni različni pripomočki, ki se s tehnološkim razvojem vsak dan izboljšujejo. Uporaba novih materialov pri izdelavi dihalnih cevk, supraglotični pripomočki, videolaringoskopi, sistemi za oksigenacijo med apnejo in predihavanje z visokim pretokom omogočajo boljšo oskrbo dihalne poti in izboljšajo preživetje pacientov.

Za oskrbo dihalne poti se uporablja kombinacija zdravil, kot so hipnotiki, mišični relaksanti in analgetiki. V poglavju so opisani njihovi priporočeni odmerki in stranski učinki. Poudarek je na učinkovinah, ki zagotavljajo hemodinamsko stabilnost.

Vstavitev dihalne cevke je še zmeraj zlati standard za oskrbo dihalne poti pri umetnem predihavanju. Oskrba dihalne poti je ena od temeljnih veščin anesteziologa, intenzivista ter urgentnega zdravnika. Poglavlje podaja indikacije za oskrbo dihalne poti in indikacije za umetno predihavanje. Reševanje dihalne stiske in nezadostne oksigenacije je ena od najvišjih prioriteta anesteziologa.

Sprostitev dihalne poti, odstranitev tujkov, predihavanje z obrazno masko in dihalnim balonom je eden od prvih ukrepov pri oskrbi dihalne poti. Na ta način pri nezavestnem ali anesteziranem pacientu omogočimo primerno oksigenacijo, bodisi s spontanim dihanjem bodisi s predihavanjem z obrazno masko in balonom. Opisani so tudi ukrepi ob zapori dihalne poti s tujkom.

Posebna pozornost je namenjena najbolj uporabljenemu supraglotičnemu pripomočku druge generacije, i-gelu. Nakazana je prednost tretje generacije, ko bomo z indirektno vizualizacijo lahko natančneje vstavili in nadzirali položaj supraglotičnega pripomočka. Sledi slikovni prikaz in opis postopka vstavitve dihalne cevke z direktno laringoskopijo, ki je osnova učnega procesa in kliničnega dela vsakega zdravnika. Posebej je opisana RAMP tehnika vzpostavitev dihalne poti, ki se uporablja pri porodnicah in pacientih s prekomerno telesno težo.

Vstavitev dihalne cevke v sapnik s pomočjo videolaringoskopa kot alternativnega pripomočka prepreči zaplete in poveča uspešnost vstavitve dihalne cevke. Opisana tehnika in slikovni prikaz sta pospremljena z rezultati zadnjih raziskav primerjave različnih tipov videolaringoskopov in direktne laringoskopije pri različnih stopnjah vizualizacije grla po Cormack-Lehane klasifikaciji.

V primeru povečanega tveganja za težko vstavitev dihalne cevke v sapnik uporabimo upogljivi bronhoskop in kombinirane tehnike v budnem stanju. Z nazorno slikovno predstavitevijo so prikazani načini vstavitve s poudarkom na ustrezni pripravi, oksigenaciji, topični anesteziji in sedaciji.

Vzpostavitev dihalne poti skozi vrat je zadnji rešilni načrt v primeru težke oskrbe dihalne poti. V poglavju so razumljivo in slikovno nazorno prikazani posegi tehnike izvedbe krikotiroidektomije s skalpelom in z uporabo kanile ter nujna traheotomija. Predstavljene so smernice Angleškega združenja za težko oskrbo dihalne poti (DAS) in Ameriškega združenja za anesteziologijo (ASA) ter izsledki raziskav.

V nadaljevanju so opisani vzroki težke oskrbe dihalne poti s strani izvajalca in pacienta. Poudarjena je natančnost ocene tveganja s pomočjo anamneze in kliničnega pregleda, ki sta sestavni del kazalnikov, prikazanih v preglednih tabelah. Priprava na oskrbo dihalne poti je ključni element predoperativnega anesteziološkega pregleda. Izmed številnih ocenjevalnih modelov se avtor osredotoči na najpogosteje uporabljene teste za napoved težke oskrbe dihalne poti, vsakega opiše ter slikovno pospremi.

Poglavlje perioksigenacije se poglobi v optimizacijo oksigenacije med oskrbo dihalne poti. Teoretični osnovi fiziologije perioksigenacije sledi opis opreme in tehnike. Preoksigenacija je posebej pomembna pri vstavitvi dihalne cevke v sapnik s hitrim zaporedjem in pri pričakovanih težavah z oskrbo dihalne poti zaradi posebnih tehnik ali pri skupinah pacientov, kot so nosečnice, pacienti z morbidno debelostjo, starostniki, otroci, kritično bolni in poškodovanci. Po dosegu apneje učinkoviti preoksigenaciji sledi apneična oksigenacija. Opisani so različni načini podaljšanja apneje in zapleti perioksigenacije.

Prvi del učbenika se zaključi z načini potrditve uspešne vstavitve dihalne cevke v sapnik. Poleg kliničnega pregleda se uporablajo detektorji požiralnika, kapnometrija, rentgenski posnetek prsnega koša in ultrazvok.

Vzpostavitev dihalne poti je ključni steber anesteziologovega dela. Učbenik je pomembna pridobitev na področju izobraževanja specializantov anesteziologije, reanimatologije in perioperativne intenzivne medicine. Poudarjena je pomembnost poznavanja algoritma oskrbe težke dihalne poti, standardizacija tehnik in opreme ter pobuda k obnavljanju znanja in krepitevi kliničnih veščin.

prof. dr. **Vesna Novak Jankovič**, dr. med., svetnica  
doc. dr. **Jasmina Markovič Božič**, dr. med.

## **SEZNAM AVTORJEV**

**Goran Jeglič**, dr. med.

*Klinični oddelek za anesteziologijo in intenzivno terapijo, Univerzitetni klinični center Ljubljana*

**prof. dr. Mirt Kamenik**, dr. med.

*Oddelek za anesteziologijo, intenzivno terapijo in terapijo bolečin, Univerzitetni klinični center Maribor*

*Katedra za anesteziologijo in reanimatologijo, Medicinska fakulteta, Univerza v Mariboru*

**Darjan Kos**, dr. med.

*Oddelek za anesteziologijo, intenzivno terapijo in terapijo bolečin, Univerzitetni klinični center Maribor*

**prof. ddr. Miljenko Križmarič**

*Center za medicinsko tehnologijo, Medicinska fakulteta, Univerza v Mariboru*

**Jože Kučič**, dr. med.

*Oddelek za anesteziologijo, intenzivno terapijo in terapijo bolečin, Univerzitetni klinični center Maribor*

**Marko Lokar**, dr. med.

*Oddelek za anesteziologijo, intenzivno terapijo in terapijo bolečin, Univerzitetni klinični center Maribor*

**izr. prof. dr. Dušan Mekiš**, dr. med.

*Oddelek za anesteziologijo, intenzivno terapijo in terapijo bolečin, Univerzitetni klinični center Maribor*

*Katedra za anesteziologijo in reanimatologijo, Medicinska fakulteta, Univerza v Mariboru*

**doc. dr. Andreja Möller Petrun**, dr. med., DESAIC

*Oddelek za anesteziologijo, intenzivno terapijo in terapijo bolečin, Univerzitetni klinični center Maribor*

*Katedra za anesteziologijo in reanimatologijo, Medicinska fakulteta, Univerza v Mariboru*

**doc. dr. Peter Poredoš**, dr. med., DESAIC, EDRA

*Klinični oddelek za anesteziologijo in intenzivno terapijo, Univerzitetni klinični center Ljubljana*

**asist. Luka Pušnik**, dr. med.

*Inštitut za anatomijo, Medicinska fakulteta, Univerza v Ljubljani*

**Jasna Selinšek**, dr. med.

*Oddelek za anesteziologijo, intenzivno terapijo in terapijo bolečin, Univerzitetni klinični center Maribor*

**Vesna Sok**, dr. med.

*Oddelek za anesteziologijo, intenzivno terapijo in terapijo bolečin, Univerzitetni klinični center Maribor*

**Denis Sraka**, dr. med.

*Oddelek za anesteziologijo, intenzivno terapijo in terapijo bolečin, Univerzitetni klinični center Maribor*

**prof. dr. Tatjana Stopar Pintarič**, dr. med.

*Klinični oddelek za anesteziologijo in intenzivno terapijo operativnih strok, Univerzitetni klinični center Ljubljana*

**doc. dr. Nejc Umek**, dr. med.

*Inštitut za anatomijo, Medicinska fakulteta, Univerza v Ljubljani*

**doc. dr. Marko Zdravković**, dr. med.

*Oddelek za anesteziologijo, intenzivno terapijo in terapijo bolečin, Univerzitetni klinični center Maribor*

*Katedra za anesteziologijo in reanimatologijo, Medicinska fakulteta, Univerza v Ljubljani*

*Katedra za anesteziologijo in reanimatologijo, Medicinska fakulteta, Univerza v Mariboru*

## SEZNAM UPORABLJENIH KRATIC

**angl.** – angleško

**ARDS** – sindrom akutne dihalne stiske (angl. *acute respiratory distress syndrome*)

**BURP** – pritisk na tiroidni hrustanec za boljši prikaz vhoda v grlo (angl. *Backward, Upward, Rightward Pressure*)

**C<sub>a</sub>O<sub>2</sub>** – vsebnost kisika v arterijski krvi

**CICO** – pacienta ne moremo oksigenirati niti mu vstaviti dihalne cevke v sapnik  
(angl. *cannot intubate cannot oxygenate*)

**cLMA** – klasična laringealna maska (angl. *clasical laryngeal mask airway*)

**CO<sub>2</sub>** – ogljikov dioksid

**CPAP** – kontinuiran pozitivni tlak v dihalni poti (angl. *continuous airway pressure*)

**CT** – računalniška tomografija (angl. *computed tomography*)

**eFONA** – nujna vzpostavitev dihalne poti skozi vrat (angl. *emergency front of neck access*)

**ETCO<sub>2</sub>** – ogljikov dioksid v izdihanem zraku

**FEV<sub>1</sub>** – forsiran izdih v 1 sekundi

**FiO<sub>2</sub>** – delež O<sub>2</sub> v vdihnem zraku

**fr.** – francosko

**FRC** – funkcionalna rezidualna kapaciteta pljuč

**GKS** – Glasgowska lestvica kome (angl. *Glasgow Coma Scale*)

**Hb** – hemoglobin

**HFNO** – dovajanje kisika z visokimi pretoki preko nosu (angl. *high-flow nasal oxygenation*)

**ipd.** – in podobno

**itd.** – in tako dalje

**i.v.** – intravenozno

K<sup>+</sup> – kalij

**KOPB** – kronična obstruktivna pljučna bolezen

**lat.** – latinsko

**MR** – magnetna resonanca (angl. *magnetic resonance*)

**NIV** – neinvazivno umetno predihavanje (angl. *noninvasive ventilation*)

**npr.** – na primer

O<sub>2</sub> – kisik

**PaCO<sub>2</sub>** – delni tlak ogljikovega dioksida v arterijski krvi

**PACO<sub>2</sub>** – delni tlak ogljikovega dioksida v alveolih

**PaO<sub>2</sub>** – delni tlak kisika v arterijski krvi

**PAO<sub>2</sub>** – delni tlak kisika v alveolih

**PEEP** – pozitiven tlak ob koncu izdiha (angl. *positive end-expiratory pressure*)

**P<sub>v</sub>O<sub>2</sub>** – delni tlak kisika v mešani venski krvi

**RAE** – Ring, Adair in Elwin (posebna vrsta dihalne cevke)

**RAMP** – poseben položaj pacientov s prekomerno telesno težo za učinkovitejšo oskrbo dihalne poti  
(angl. *Rapid Airway Management Position*)

**RSI** – vstavitev dihalne cevke s hitrim zaporedjem (angl. *rapid sequence induction/intubation*)

**S<sub>a</sub>O<sub>2</sub>** – nasičenost hemoglobina s kisikom v arterijski krvi

**SpO<sub>2</sub>** – nasičenost arterijske krvi s kisikom merjena s pulzno oksimetrijo

**tj.** – to je

**TPO** – temeljni postopki oživljanja

**τ** – časovna konstanta

V učbeniku so uporabljene tudi standardne kratice merskih enot po mednarodnem sistemu SI (fr. *Système international d'unités*), na primer kg – kilogram, mg – miligram itd.

# 1.

# FUNKCIONALNA ANATOMIJA DIHALNE POTI

**Nejc Umek**

## POVZETEK

Dihala delimo na zgornja in spodnja. Zgornja vključujejo nos, nosno votlino, žrelo in del grla nad glasilkami, spodnja pa del grla pod glasilkami, sapnik, bronhije in pljuča. Glede na vlogo v prenosu in izmenjavi plinov ločimo prevodno cono (nos, žrelo, grlo, sapnik, bronhiji, bronhioli in terminalni bronhioli) in respiratorno cono (respiratorni bronhioli, alveolarni vodi, alveolarni sakulusi in alveoli). Prevodna cona omogoča ogrevanje, vlaženje, čiščenje ter usmerjanje zraka v pljuča, respiratorna cona pa izmenjavo dihalnih plinov. V tem poglavju bomo predstavili predvsem področje do glavnih bronhijev, kar je z vidika funkcionalne anatomije pomembno za uspešno oskrbo dihalne poti.

## ABSTRACT

The human respiratory system is categorised into two segments: the upper and lower respiratory tract. The upper respiratory tract includes the nose, the nasal cavity, the pharynx, and the part of the larynx situated above the vocal cords. In contrast, the lower respiratory tract includes the section of the larynx located below the vocal cords, the trachea, the bronchi, and the lungs. These respiratory pathways can be further classified based on their function in the transportation and exchange of gases. Accordingly, the conducting zone, encompassing the nose, pharynx, larynx, trachea, bronchi, bronchioles, and terminal bronchioles play a pivotal role in warming, humidifying, cleansing, and directing the inhaled air towards the lungs. Conversely, the respiratory zone, consisting of the respiratory bronchioles, alveolar ducts, alveolar sacs, and alveoli, is primarily involved in the exchange of respiratory gases. In this chapter, we will focus on the anatomic area up to the main bronchi. Understanding the functional anatomy of this area is essential for successful management of the airway.

## UVOD

Dihala delimo na zgornja in spodnja. Zgornja dihala sestavljajo nos, nosna votlina z obnosnimi votlinami, žrelo in del grla nad glasilkami. Spodnja dihala sestavljajo del grla pod glasilkami, sapnik, bronhiji in pljuča. Meja med zgornjimi in spodnjimi dihali sta glasilki. Dihala lahko delimo tudi glede na njihovo vlogo v prenosu in izmenjavi plinov. Tako razlikujemo med prevodno in respiratorno cono. Prevodna cona obsega strukture, ki se nahajajo izven pljuč (nos, žrelo, grlo in sapnik), ter tiste, ki so del pljuč (bronhije, bronhiole in terminalne bronhiole). Osnovna funkcija slednje je ogrevanje, vlaženje in čiščenje vdihanega zraka ter njegovo usmerjanje v pljuča. Respiratorna cona obsega respiratorne bronhiole, alveolarne vode, sakuluse in alveole. To je področje, kjer poteka izmenjava kisika in ogljikovega dioksida med vdihanim zrakom in krvjo. Respiratori bronhioli in alveolarni vodi omogočajo izmenjavo približno 10 % dihalnih plinov, medtem ko so alveoli odgovorni za izmenjavo preostalih 90 % dihalnih plinov (1).

## NOS IN NOSNA VOTLINA

Nos (lat. *nasus*) je začetni del dihalne poti, vohalni organ in resonator. Sestavljen je iz zunanjega nosu (lat. *nasus externus*), nosnega preddvora (lat. *vestibulum nasi*) in nosne votline (lat. *cavitas nasi*). Zunanji del nosu ima obliko tristrane piramide, sestavljene iz koščenega in hrustančnega ogrodja, mišičja in kože. Zunanji vhod v nosno votlino predstavlja nosnici (lat. *nares*), ki se odpirata v nosni preddvor, pokrit s kožo. Nosna votlina sega od nosnega preddvora do sapišč (lat. *choana*). Pokriva jo sluznica z respiratornim mitetalčnim epitelijem. Razdeljena je na levo in desno polovico z nosnim pretinom (lat. *septum nasi*). Slednji je sestavljen iz koščenega, hrustančnega in vezivnega dela. Lahko je ukrivljen (lat. *deviatio septi nasi*) ali pa se iz njega bočijo s sluznico prekriti kostni izrastki v obliki trna (lat. *spina septi nasi*) ali grebena (lat. *crista septi nasi*). Omenjene anatomske različice so večinoma asimptomatske, lahko pa povzročajo motnje dihanja skozi nos in predstavljajo ovire pri uvajanju različnih instrumentov ali cevk. Z lateralne stene nosne votline se bočijo tri nosne školjke, zgornja (lat. *concha nasalis superior*), srednja (lat. *concha nasalis media*) in spodnja (lat. *concha nasalis inferior*). Nosno votlino razdelijo na tri nosne hodnike, zgornjega (lat. *meatus nasi superior*), srednjega (lat. *meatus nasi medius*) in spodnjega (lat. *meatus nasi inferior*). Del nosne votline med nosnim pretinom in nosnimi školjkami imenujemo skupni nosni hodnik (lat. *meatus nasi communis*). V nosne hodnike se odpirajo obnosne votline (lat. *sinus paranasales*) in solzvod (lat. *ductus nasolacrimalis*). Nosno in obnosne votline senzorično oživčujejo veje oftalmičnega (lat. *nervus ophtalmicus*) in maksilarnega živca (lat. *nervus maxillaris*), ki sta veji trigeminalnega živca (lat. *nervus trigeminus*); prehranjujejo pa jih veje oftalmične arterije (lat. *arteria ophtalmica*), ki je veja notranje karotidne arterije (lat. *arteria carotis interna*) in veje maksilarne arterije (lat. *arteria maxillaris*), ki je veja zunanje karotidne arterije (lat. *arteria carotis externa*). V povirju maksilarne arterije je pomembna zlasti sfenopalatina arterija (lat. *arteria sphenopalatina*). Na sprednjem delu nosnega pretina tvorijo arterije anastomotski preplet, imenovan Kiesselbachov pletež, ki je pogost vzrok krvavitev iz sprednjega dela nosu. Na zadnjem delu lateralne stene nosne votline pod spodnjo nosno školjko leži Woodruffov venski pletež, ki je lahko vzrok krvavitev iz zadnjega dela nosu (1–3).

## USTNA VOTLINA IN ŽRELO

Ustna votlina je primarno del prebavne poti, predstavlja pa tudi pomožno dihalno pot. Sestavljena je iz ustnega preddvora (lat. *vestibulum oris*) in ustne votline (lat. *cavitas oris*), ki ju ločujeta zobna loka (lat. *arcus dentalis*). Ustni preddvor je prostor med ustnicami (lat. *labia*), lici (lat. *bucca*) in zobmi (lat. *dentes*). V njem se ob drugem zgornjem kočniku obojestransko nahajata izvodili obušesne žleze slinavke (lat. *ductus parotideus*), ki tvorita izboklini oziroma papili (lat. *papila parotidea*). Ustno votlino omejujejo trdo nebo (lat. *palatum durum*), mehko nebo (lat. *palatum molle*), mišice ustnega dna (lat. *diaphragma oris*) in jezik (lat. *lingua*). Pri otrocih je jezik relativno večji glede na ostale strukture v ustni votlini. Mehko nebo prehaja iz trdega neba in se konča v jezičku (lat. *uvula palatina*). Mehko nebo gradijo fibrozna plošča in pet mišic, ki omogočajo njegovo gibanje. Ustno votlino senzorično oživčujejo veje maksilarnega (lat. *nervus maxillaris*) in mandibularnega (lat. *nervus mandibularis*) živca, ki sta veji trigeminalnega živca, prehranjuje pa jo več vej zunanje karotidne arterije. Ustna votlina navzadzadaj prehaja v ustni del žrela. Žrelo (lat. *pharynx*) je približno 12 cm dolga cev in predstavlja križišče dihalne in prebavne poti. Zrak potuje skozi nosnici, nosno votlino in sapišči v žrelo, nato pa skozi grlo v sapnik. Hrana potuje iz ustne votline skozi goltno ožino v žrelo in nato v požiralnik.

Žrelo razdelimo na tri dele: nosni del (lat. *nasopharynx*/*epipharynx*), ki leži za nosno votlino; ustni del (lat. *oropharynx*/*mesopharynx*), ki leži za ustno votlino in grlni del (lat. *laryngopharynx*/*hypopharynx*), ki leži za grлом. V nosni del žrela se odpira ušesna troblja – Evstahijeva cev (lat. *tuba auditiva*), ki povezuje bobnično votlino (lat. *cavum tympani*) z žrelom. V svodu nosnega dela žrela in obojestransko ob ustju ušesne troblje se nahaja limfatično tkivo, ki v svodu tvori žrelnico (lat. *tonsilla pharyngea*), ob ustju ušesne troblje pa tubarno tonsilo (lat. *tonsilla tubaria*). Ustni del žrela zgoraj omejuje prosti rob mehkega neba, spodaj pa prosti rob poklopca (lat. *epiglottis*). Spredaj ustni del žrela komunicira z ustno votlino. Mejo predstavlja navidezna črta, ki jo tvorita sprednji nebni lok (lat. *arcus palatoglossus*) in terminalni žleb jezika (lat. *sulcus terminalis*). Prehod ustne votline v žrelo imenujemo tudi goltna ožina (lat. *isthmus faucium*), ki jo tvorijo sprednji in zadnji nebni lok (lat. *arcus palatopharyngeus*), jeziček (lat. *uvula palatina*) in koren jezika (lat. *radix linguae*). Med nebnima lokoma obojestransko leži limfatično tkivo, ki tvori nebnico (lat. *tonsilla palatina*), na korenju jezika pa lingvalno tonsilo (lat. *tonsilla lingualis*). Žrelnica, tubarni tonsili, nebnici in lingvalna tonsila tvorijo Weldeyerjev limfatični obroč.

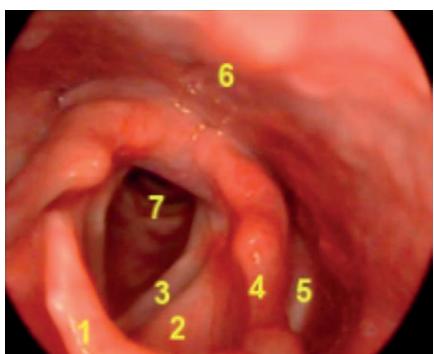
Preglednost goltne ožine skozi ustno votlino semikvantitativno ocenujemo z lestvico po Mallampatiju, ki predstavlja enega od testov za napovedovanje težke oskrbe dihalne poti (**11. in 12. poglavje**). Koren jezika zadaj prehaja v poklopec, pri tem pa tvori vdolbino, imenovano valekula (lat. *vallecula*). Valekula lateralno omejujeta lateralni glosoepiglotični gubi (lat. *plica glossoepiglotica lateralis*), po sredini pa jo predeli sredinska glosoepiglotična guba (lat. *plica glossoepiglotica mediana*). Grlni del žrela navzdol prehaja v poziralnik (lat. *oesophagus*), naprej pa v grlo. Lateralno v grlnem delu žrela sta piriformni žepni (lat. *recessus/sinus piriformis*). Steno žrela sestavljajo štiri plasti: sluznica z večskladnim ploščatim epitelijem, podsluznica, mišičje in adventicija. Mišice žrela tvorijo trije konstriktorji žrela, ki potekajo krožno in ožijo žrelo, ter trije levatorji žrela, ki potekajo kranioskadralno in dvigujo žrelo. Nosni del žrela senzorično oživčujejo veje trigeminalnega živca, ustni del veje glosofaringealnega živca (lat. *nervus glossopharyngeus*), grlni del pa veje vagusnega živca (lat. *nervus vagus*). Mišičje žrela motorično večinoma oživčujejo veje vagusnega živca. Žrelo prehranjuje več vej zunanje karotidne arterije (1, 2, 4).

## GRLO

Grlo (lat. *larynx*) leži v srednjem delu vratu med žrelom in sapnikom. Pri odraslih leži v višini med četrtem in šestim vratnim vretencem, pri otrocih pa leži višje, nad četrtem vratnim vretencem. Grlo je pri moških večje in prominira naprej, kar imenujemo larignealna prominencia – Adamovo jabolko. Končno obliko in lego dobi med puberteto. Glavna funkcija grla je zaščita spodnjih dihal pred tujki, za kar skrbita glasilki, ki se ob stiku tujka s sluznico grla približata in zapreta vhod v spodnja dihala (glotični zapiralni refleks).

Grlo je sestavljeno iz hrustancev, ligamentov, membran in mišic. Hrustančno in membranozno ogrodje grla sestavljajo ščitasti hrustanec (lat. *cartilago thyroidea*), obročasti hrustanec (lat. *cartilago cricoidea*), piramidasti (lat. *cartilago arytenoidea*), epiglotični hrustanec (lat. *cartilago epiglottica*) ter sezamoidno oblikovana kornikulatni in kuneiformni hrustanec (lat. *cartilago corniculata* in *cartilago cuneiformis*). Večji del hrustancev je zgrajen iz hialine hrustančevine, ki s starostjo poapni, nekateri pa so iz elastične hrustančevine. Hrustanci grla so med seboj povezani s sklepi, ligamenti in sluzničnimi gubami, ki vežejo dele grla med seboj in z okolico. Premične povezave hrustancev predstavljajo krikotiroidni (lat. *articulatio cricothyroidea*) in krikoaritenodni (lat. *articulatio crycoarythenoidea*) sklepi. Med ščitastim hrustancem in hiodno kostjo je razpeta tirohoidna membrana (lat. *membrana thyrohyoidea*), ki ima odprtino, skozi katero prehajajo v grlo žile in živci. Krikotrahealni ligament (lat. *ligamentum cricotracheale*) povezuje obročasti hrustanec z zgornjim robom prvega hrustanca sapnika. Ogorje sluznice grla predstavlja fibroelastična membrana, ki jo zgoraj tvori kvadrangularna membrana (lat. *membrana quadrangularis*), razpeta med prostim robom poklopca in vestibularnim ligamentom (lat. *ligamentum vestibulare*), spodaj pa membrana, imenovana elastični konus (lat. *conus elasticus*), ki poteka od vokalnega ligamenta (lat. *ligamentum vocale*) do zgornjega roba krikoidnega hrustanca. Elastični konus je spredaj zadebeljen v mediani krikotiroidni ligament (lat. *ligamentum cricothyroideum medianum*), ki poteka spredaj med spodnjim robom tirohoidnega in zgornjim robom krikoidnega hrustanca. Slednji ligament imenujemo tudi krikotiroidna membrana in je mesto krikotiroidotomije oziroma konikotomije za nujno vzpostavitev dihalne poti skozi vrat (**10. poglavje**).

Vhod v grlo (**Slika 1** in **Slika 2**) tvorijo zgornji rob poklopca, guba med poklopcem in vrhom aritenoidnega hrustanca (lat. *plica aryepiglottica*) ter guba med vrhom aritenoidnih hrustancev (lat. *plica interarytenoidea*).

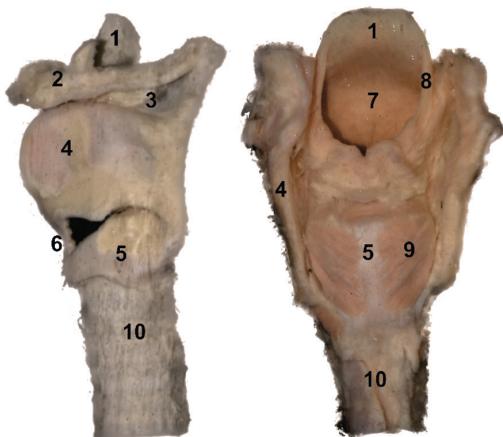


**Slika 1. Fotografija endoskopske laringoskopije grlnega dela žrela z vhodom v grlo.**

- 1 – poklopec (lat. *epiglottis*),
- 2 – lažna glasilka (lat. *plica vestibularis*),
- 3 – glasilka (lat. *plica vocalis*),
- 4 – ariepiglotična guba (lat. *plica aryepiglottica*),
- 5 – piriformno žepno (lat. *recessus piriformis*),
- 6 – zadnja stena grlnega dela žrela,
- 7 – sapnik (lat. *trachea*).

Sluznica grla, ki je pokrita z respiratornim migetalčnim epitelijem, obojestransko tvori dve gubi: spodnjo glasilko (lat. *plica vocalis*), ki ji nudi oporo vokalni ligament, in zgornjo lažno glasilko ozziroma vestibularno pliko (lat. *plica vestibularis*), ki ji nudi oporo vestibularni ligament. Gubi ležita v horizontalni ravnini, njuna prosta robova pa v sagitalni ravnini. Glasilki sta v nasprotju s preostalo sluznico grla svetlikajoče se bele barve, saj sta pokriti z večskladnim ploščatim epitelijem. Glasilki in lažni glasilki razdelita grlo v tri dele: zgornji supraglotični prostor (lat. *cavitas laryngis supraglottica/vestibulum laryngis*), ki leži nad lažno glasilko; srednji transglotični prostor (lat. *cavitas laryngis intermedia/ventriculus laryngis*), ki leži med lažno in pravo glasilko ter se širi lateralno v slepo žepno (lat. *sacculus laryngis*); ter spodnji infraglotični prostor (lat. *cavitas laryngis infraglottica*), ki leži pod pravo glasilko. Predel grla, v katerem ležita glasilki in špranja med njima (lat. *rima glottidis*), je pri odraslem najožji del grla in ga imenujemo glotis. Pri otrocih najožji del grla leži pod glasilkama, v področju krikoidnega hrustanca. Vidljivost glotisa in poklopca pri direktni laringoskopiji semikvantitativno ocenjujemo z lestvicama Cormack-Lehane (**7. poglavje**) in POGO (angl. *percentage of glottic opening*), ki dobro korelirata s težavnostjo vstavitve dihalne cevke v sapnik.

Za gibanje hrustancev v grlu in s tem oženje, širjenje in napenjanje glasilk so odgovorne mišice grla. Posteriorna krikoaritenoidna mišica (lat. *musculus cricoarytenoideus posterior/posticus*) širi špranjo med glasilkama in ima zato pomembno vlogo pri dihanju, medtem ko vse ostale mišice grla špranjo med glasilkami ožijo ali pa glasilki napenjajo ter imajo zato večjo vlogo pri fonaciji. Grlo senzorično in motorično oživčujejo veje vagusnega živca. Sluznico grla nad glasilkama oživčuje zgornji laringealni živec (lat. *nervus laryngeus superior*), sluznico pod glasilkama pa spodnji laringealni živec (lat. *nervus laryngeus inferior*), ki je veja rekurentnega laringealnega živca (lat. *nervus laryngeus recurrens*). Slednji motorično oživčuje tudi posteriorni krikoaritenoidni mišici, ki širita špranjo med glasilkama. Obojestranska poškodba rekurentnega laringealnega živca lahko zato vodi do pomembne obstrukcije dihalne poti. Grlo prehranjujeta spodnja in zgornja laringealna arterija (lat. *arteria laryngea superior et inferior*), ki sta veji zunanje karotidne arterije (1, 2, 5).



- 1 – poklopec (lat. *epiglottis*),
- 2 – hiodna kost (lat. *os hyoideum*),
- 3 – tirohiodna membrana (lat. *membrana thyrohyoidea*),
- 4 – ščitasti hrustanec (lat. *cartilago thyroidea*),
- 5 – obročasti hrustanec (lat. *cartilago cricoidea*),
- 6 – mediani krikotyroidni ligament, ki je del krikotyroidne membrane ozziroma elastičnega konusa (lat. *ligamentum cricothyroideum medianum*),
- 7 – vhod v grlo,
- 8 – ariepiglotična guba (lat. *plica aryepiglottica*),
- 9 – posteriorna krikoaritenoidna mišica (lat. *musculus cricoarythenoideus posterior*),
- 10 – sapnik (lat. *trachea*).

**Slika 2. Fotografija hrustančno-membranoznega ogrodja grla z leve strani (levo) in zadaj (desno).**

## SAPNIK

Sapnik (lat. *trachea*) je fibroelastična cev, dolga med 9 in 15 cm ter široka med 1,5 in 2,7 cm, ki se začne pod krikoidnim hrustancem in konča z razcepiščem (lat. *bifurcatio tracheae*) v dve glavni sapnici oziroma bronhija (lat. *bronchus principalis*) v višini četrtega prsnega vretenca. Spodnji nivo razcepišča imenujemo karina (lat. *carina*). Mesto razcepa se z globokim dihanjem premika za 2 do 3 cm. Steno sapnika sestavlja sluznica, ki je pokrita z respiratornim migetalčnim epitelijem in tunika fibromusculocartilaginea, ki vsebuje podkvaste hrustance (lat. *cartilagines tracheales*). Zadaj, med prostimi konci podkvastih hrustancev, je razpeta mišično-elastična membrana (lat. *paries membranaceus*), ki zadaj meji na požiralnik. Sapnik oživčujejo veje povratnega grlnega živca (lat. *nervus laryngeus recurrens*).

Sapnik se v bifurkaciji cepi v levi in desni glavni bronhij, ki oskrbujeta leva in desna pljuča. Leva pljuča imajo dva režnja, desna pa tri. Režnje med seboj ločujejo duplikature visceralne plevre (lat. *pleura visceralis*), imenovane brazde ali fisure. Levo zgornji in spodnji reženj ločuje poševna brazda (lat. *fissura obliqua*), imenovana tudi velika fisura ali veliki interlobij. Desno zgornji in srednji reženj ločuje prečna brazda (lat. *fissura horizontalis*), imenovana tudi mala fisura ali mali interlobij. Desni glavni bronhij je krajiši (dolg le med 1 in 2 cm), debelejši in poteka bolj navpično. Razcepi se na zgornji lobarni bronhij (lat. *bronchus lobaris superior*) in skupni bronhij za srednji in spodnji reženj, imenovan intermediarni bronhij (lat. *bronchus intermedius*). Levi glavni bronhij je daljši in ozji, poteka bolj horizontalno ter se cepi v zgornji in spodnji lobarni bronhij. Lobarni bronhiji se nato razcepijo v segmentne bronhije (lat. *bronchus segmentalis*), ki oskrbujejo posamezne pljučne segmente. Segmentni bronhiji se vejijo na subsegmentne bronhije, ki se razvezijo približno šestkrat, nato pa prehajajo v bronchiole (lat. *bronchiolus*) s premerom, manjšim od 1 mm. Bronhioli se nadalje cepijo do terminalnih bronhiolov (lat. *bronchiolus terminalis*), ki so približno devetnajsta delitev dihalne poti in so zadnji v skupini prevodnega dela dihal, kjer izmenjava dihalnih plinov ne poteka. Izmenjava dihalnih plinov poteka v respiratorni coni pljuč, ki pa je na tem mestu ne bomo podrobnejše opisovali.

Stena glavnih, lobarnih, segmentnih in subsegmentnih bronhijev je podobno kot stena sapnika zgrajena iz več plasti: sluznice, ki jo pokriva respiratorni migetalčni epitelij, gladke mišičnine in veziva, v katerega so vložene hrustančne ploščice. V bronhiolih in alveolih hrustanca ni več. Zgrajeni so le iz sluznice, mišičja, alveolarne epitelija in elastičnih nit.

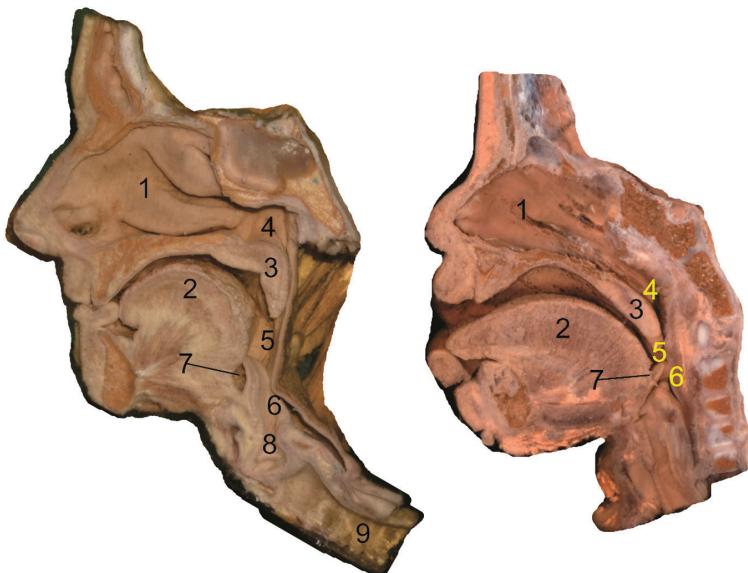
Dihalne poti parasimpatično oživčuje vagalni živec, simpatično nitje pa dobijo od stelatnega ganglija in zgornjih torakalnih paravertebralnih ganglijev simpatičnega trunkusa (lat. *truncus sympatheticus*). Dihala prehranjuje nutritivni pljučni obtok. Tvorijo ga bronhialne arterije (lat. *arteriae bronchiales*), ki potekajo ob dihalni poti in so veje torakalne aorte. Funkcionalni pljučni obtok tvorijo pljučne arterije (lat. *arteria pulmonales*), ki izhajajo iz pljučnega debla iz desnega prekata, in pljučne vene (lat. *venae pulmonales*), ki se vračajo v levi predvod srca (1, 2, 5, 6).

## TOPOGRAFIJA GRLA IN SAPNIKA

Grlo in zgornji del sapnika ležita spredaj na vratu pred vratno hrbtenico. Pred sapnikom leži žleza ščitnica (lat. *glandula thyroidea*), ki spredaj in ob strani objema kranialni del sapnika. Ščitnica ima včasih tudi piramidni reženj (lat. *lobus pyramidalis*), ki sega spredaj navzgor pred krikoidni hrustanec grla. Ščitnica je dobro prekravljena in lahko ob poškodbi močno krvavi. Pred grлом, sapnikom in ščitnico ležijo infrahoidne mišice. Za grлом in sapnikom leži požiralnik, ob njiju pa obojestransko poteka karotidna ovojnica (lat. *vagina carotica*), v kateri ležijo skupna karotidna arterija (lat. *arteria carotis communis*), notranja jugularna vena (lat. *vena jugularis interna*) in vagusni živec. Med sapnikom in požiralnikom poteka navzgor tudi povratni grlni živec, ki je veja vagusnega živca. Desni se od vagusnega živca odcepi na nivoju prvega rebra in zavije navzgor pod desno subklavijsko arterijo (lat. *arteria subclavia dextra*), levi pa se odcepi na nivoju aortnega loka in zavije pod aortnim lokom (lat. *arcus aortae*) navzgor, distalno od odcepišča leve subklavijske arterije (lat. *arteria subclavia sinistra*) (2, 7).

## POSEBNOSTI OTROŠKE ANATOMIJE DIHALNE POTI

Sestavni deli dihalne poti pri otrocih so krajši in manjšega premera v primerjavi z odraslimi. Jezik pri majhnem otroku je v primerjavi z jezikom odrasle osebe v ustni votlini relativno večji in bolj prominira v orofarinks (**Slika 3**). Grlo se pri dojenčkih in mlajših otrocih nahaja bolj spredaj kot pri odraslih. Poklopec je pri dojenčkih in mlajših otrocih relativno dolg, »mlahav« in ozek. Pri otrocih, mlajših od 10 let, je dihalna pot najožja pod glasilkami, v nivoju krikoidnega hrustanca. Relativno večji jezik ter »mlahav« in relativno dolg poklopec pri otrocih povečujejo možnost zapore dihalne poti med sedacijo. Poleg tega je pri dojenčkih zatilje bolj izrazito, zato sta glava in vrat v ležečem položaju upognjena naprej, kar lahko dodatno pripomore k zapori zgornjega dela dihalne poti (8).



**Slika 3. Sagitalni prerez skozi zgornja dihalna poti pri odraslem (levo) in pri otroku (desno).**

- 1 – nosna votlina (lat. *cavitas nasi*),
- 2 – jezik (lat. *lingua*),
- 3 – mehko nebo (lat. *palatum molle*),
- 4 – nosni del žrela (lat. *nasopharynx*),
- 5 – ustni del žrela (lat. *oropharynx*),
- 6 – grlni del žrela (lat. *laryngopharynx*),
- 7 – valekula (lat. *vallecula*),
- 8 – grlo (lat. *larynx*),
- 9 – sapnik (lat. *trachea*).

## ZAKLJUČEK

Dihalno pot lahko poškodujejo različni dejavniki, kot so poškodbe, okužbe in alergije, ki lahko vodijo do življensko nevarne dihalne odpovedi. Zdravstveni delavci morajo biti zato sposobni hitro in natančno oceniti stanje dihalne poti, posebno pri pacientih s težavami z dihanjem. V primeru nestabilnosti ali poškodb dihalne poti morajo hitro in učinkovito ukrepati, da zagotovijo enoprehodnost, pri čemer je natančno poznavanje in razumevanje funkcionalne anatomije dihalne poti ključnega pomena za ustrezeno in učinkovito ukrepanje.

## VIRI

1. Standring S. Gray's anatomy 42nd edition. Elsevier; 2021.
2. Kobe V, Dekleva A, Lenart IF, Širca A, Velepič M. Anatomija, Skripta za študente medicine 4. del, Notranji organi in koža. 7. izdaja. Smerdu V, Dolenšek J, Stojanovič L, uredniki. Ljubljana: Medicinska fakulteta Univerze v Ljubljani; 2021. 1–132.
3. Stevens MR, Emam HA. Applied surgical anatomy of the nose. Oral Maxillofac Surg Clin North Am. 2012;24(1):25–38.
4. Akgoz Karaosmanoglu A, Ozgen B. Anatomy of the Pharynx and Cervical Esophagus. Neuroimaging Clin N Am. 2022;32(4):791–807.
5. McCullagh KL, Shah RN, Huang BY. Anatomy of the Larynx and Cervical Trachea. Neuroimaging Clin N Am. 2022;32(4):809–29.
6. Minnich DJ, Mathisen DJ. Anatomy of the Trachea, Carina, and Bronchi. Thorac Surg Clin. 2007;17(4):571–85.
7. Kitamura S. Anatomy of the fasciae and fascial spaces of the maxillofacial and the anterior neck regions. Anat Sci Int. 2018;93(1).
8. Holzki J, Brown KA, Carroll RG, Coté CJ. The anatomy of the pediatric airway: Has our knowledge changed in 120 years? A review of historic and recent investigations of the anatomy of the pediatric larynx. Paediatr Anaesth. 2018;28(1):13–22.

## 2.

# RADIOLOŠKI PRIKAZ DIHALNE POTI

**Nejc Umek, Tatjana Stopar Pintarič**

### POVZETEK

Radiološke metode za prikaz dihalne poti so ključne za njeno učinkovito oskrbo. Med njimi sta še posebej uporabni rentgensko slikanje in ultrazvočna preiskava, ki ju lahko izvajamo neposredno ob pacientovi postelji, vendar ne omogočata tridimenzionalnega prikaza anatomskih struktur. Slednje zagotavlja zlasti slikanje z računalniško tomografijo in magnetno resonanco, ki omogočata podrobni prikaz dihalne poti, vendar sta zamudnejši in dražji. Z rentgenskim slikanjem lahko jasno prikažemo osnovno anatomijo zgornjih in spodnjih dihal, identificiramo potencialna življenje ogrožajoča stanja povezana z boleznimi dihal ter prepoznamo morebitne zaplete po poseghih na dihalni poti. Ultrazvočna preiskava nam omogoča natančen prikaz anatomije grlnih hrustancev. Temeljno razumevanje rentgenskega slikanja dihal, ultrazvočne preiskave vratu in osnov pregledovanja slik dobljenih z računalniško tomografijo je zato ključno za učinkovito in varno oskrbo dihalne poti.

### ABSTRACT

Imaging methods for visualising the airway are essential for effective respiratory care. Among them, X-ray imaging and ultrasound examination are particularly valuable and can be performed directly at the patient's bedside; however, they cannot provide a three-dimensional depiction of anatomical structures. For this purpose, computed tomography and magnetic resonance imaging are especially suitable, offering a detailed view of the airway, although they are more time-consuming. With X-ray imaging, we can clearly display the basic anatomy of the upper and lower airway, identify potential life-threatening conditions related to respiratory diseases, and recognize possible complications after respiratory interventions. Meanwhile, ultrasound examination allows for a precise visualisation of the laryngeal cartilages. Therefore, a fundamental understanding of X-ray imaging of the airway and lungs, ultrasound examination of the neck, and basics of reviewing computed tomography scans is crucial for effective and safe airway management.

## **RENTGENSKO SLIKANJE**

Rentgensko slikanje, znano tudi kot radiografija, predstavlja hitro in neinvazivno metodo, ki uporablja rentgenske žarke, obliko ionizirajočega sevanja, za prikaz notranjosti telesa. Temelji na prehodu rentgenskih žarkov od vira (rentgenske cevi) skozi izbrani del telesa do detektorja na nasprotni strani. Rentgenske žarke med prehodom skozi telo različna tkiva absorbirajo v različni meri. Gostejše strukture, kot so kosti, absorbirajo več rentgenskih žarkov in so na sliki prikazane belo, medtem ko so manj gosta tkiva, kot so mišice, solidni organi in maščevje, prikazana v različnih sivih odtenkih. Zračni prostori, kot so dihalne poti, pljuča in zrakom izpolnjena prebavna cev, absorbirajo minimalno količino rentgenskih žarkov, zato so na sliki prikazani črno. Rentgensko slikanje lahko s prenosnim rentgenskim aparatom opravimo ob postelji, v različnih položajih (leže, sede, stoe) ter v različnih projekcijah (anteroposteriori, posteroanteriori, lateralni, poševni). Zaradi njegove hitrosti, preprostosti, široke dostopnosti in relativno nizke cene je rentgensko slikanje pogosto prva slikovna metoda za ocenjevanje dihal. Rentgensko slikanje prsnega koša je posebej učinkovito pri odkrivanju nujnih bolezenskih stanj, kot so okužbe pljuč, plevralni izliv, pnevmotoraks, hiperinflacija pljuč, pljučni edem, poškodbe prsnega koša ter izrazita zapora sapnika in velikih bronhijev zaradi pritiska od zunaj ali mase v njihovi svetlini. Rentgensko slikanje vrata omogoča tudi oceno zgornjih dihal in odkrivanje poškodb ter nujnih stanj, kot so epiglotitis, retrofaringealni absces in obstrukcija zgornjega dela dihalne poti zaradi pritiska od zunaj, ali mase v svetlini. Rentgensko slikanje je idealno za odkrivanje in prikaz radiopačnih tujkov v področju dihalne poti. Z rentgenskim slikanjem ni mogoče prikazati majhnih struktur in zgodnjih sprememb, prav tako pa slabo pokaže mehka tkiva in krvne žile (1–6).

## **SLIKANJE Z RAČUNALNIŠKO TOMOGRAFIJO**

V primerjavi z rentgenskim slikanjem, ki zagotavlja dvodimenzionalni prikaz, slikanje z računalniško tomografijo (angl. *computed tomography – CT*) omogoča podrobnejši tridimenzionalni prikaz notranjih telesnih struktur. Slikanje s CT prav tako uporablja rentgenske žarke, vendar na bolj kompleksen način. Vir rentgenskih žarkov in detektorji krožijo okoli preiskovanca in pri tem zajemajo več slik pod različnimi koti. Digitalna združitev slik ustvari tridimenzionalni model človeškega telesa, v katerem so gostejša tkiva predstavljena s svetlejšim, redkejša pa s temnejšimi sivimi odtenki. Tridimenzionalni model je mogoče pregledovati v poljubnih presekih oziroma rezinah s poljubnimi slikovnimi okni, kar omogoča bistveno večjo natančnost in ločljivost v primerjavi z rentgenskim slikanjem. S CT preiskavo lahko dobro prikažemo tako velike kot majhne dihalne poti ter jih tudi morfološko in morfometrično ovrednotimo. Povednost slikanja s CT lahko povečamo z uporabo intravenskega kontrastnega sredstva ter slikanjem v arterijski in venski fazi. Metoda omogoča prikaz ožilja ter dodatno poveča možnost prikaza posameznih struktur in izboljša oceno njihove prekrvljenosti v različnih fazah. Slikanje s CT je zato nepogrešljivo pri oceni bolj kompleksnih ali subtilnih bolezenskih stanj dihal, kot so majhni vozliči, tumorji, žilne anomalije in anatomske različice. Slabosti opisane slikovne metode so izpostavljanje preiskovanca višji dozi ionizirajočega sevanja, časovna zamudnost in višji stroški v primerjavi z rentgenskim slikanjem, kar je treba upoštevati pri izbiri najustreznejše slikovne metode (1–6).

## **SLIKANJE Z MAGNETNO RESONANCO**

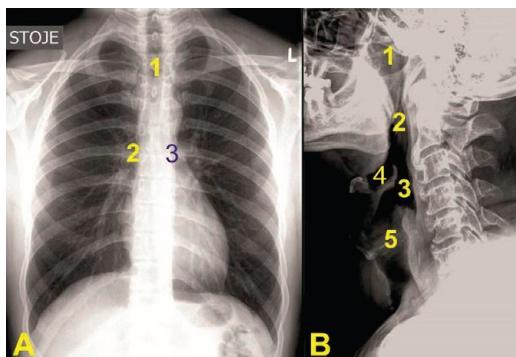
Slikanje z magnetno resonanco (angl. *magnetic resonance – MR*) je neinvazivna slikovna metoda, ki za ustvarjanje podrobnih slik telesnih struktur v poljubnih ravninah uporablja močno magnetno polje in radiofrekvenčne impulze. Nasprotju z rentgenskim slikanjem in slikanjem s CT ne uporablja ionizirajočega sevanja. Pri prikazu dihalne poti omogoča zelo podroben prikaz mehkikh tkiv ter poda podrobne informacije o tkivni sestavi in funkciji, kar je koristno zlasti pri oceni patoloških stanj, ki niso dobro vidna na rentgenskih in CT slikah. Slikanje z MR ima tudi nekaj pomembnih omejitev. V primerjavi z rentgenskim slikanjem in slikanjem s CT je časovno zelo potraten postopek, kar v diagnostiki nujnih stanj predstavlja največjo težavo. Prav tako se pacientom lahko težave z dihanjem ob spremembami položaja v leže bistveno poslabšajo. Poleg tega gibanje (dihanje, bitje srca, premikanje ali kašljjanje) povzroči artefakte, kar lahko pomembno zmanjša vrednost preiskave. Velika vsebnost zraka in majhna vsebnost vode ali maščevja zmanjšata jasnost prikaza nekaterih struktur, na primer pljuč. Slikanje z MR je tudi dražje in ni primerno za preiskovance z nekaterimi vrstami kovinskih vsadkov ali naprav, kot so srčni spodbujevalniki (1–6).

## ULTRAZVOČNI PRIKAZ DIHALNE POTI

Slikovni prikaz z ultrazvokom je neinvazivna slikovna tehnika, ki uporablja visokofrekvenčne zvočne valove za prikaz notranjih telesnih struktur. V nasprotju z rentgenskim slikanjem in slikanjem s CT slikovni prikaz z ultrazvokom ne uporablja ionizirajočega sevanja. Podobno kot rentgensko slikanje je ultrazvočna preiskava relativno dostopna, hitra in jo lahko opravimo ob pacientovi postelji. Ultrazvok ne prodira skozi kosti ali zračne prostore, zato je za prikaz dihalnih poti manj uporaben. Uporabimo ga lahko za prepoznavo in oceno grlnih hrustancev in okolnih struktur (ščitnice, velikih žil, morebitnih tumorskih formacij) pred nujno vzpostavitvijo dihalne poti skozi vrat (angl. *emergency front of neck access – eFONA*) ali pred blokado živcev, ki oživčujejo zgornji del dihalne poti, za oceno uspešnosti vstavitev dihalne cevke, za oceno prisotnosti plevralnega izliv, pnevmotoraksa ali intersticijskega pljučnega edema. Ob tem se je potrebno zavedati, da je uporabnost in uspešnost slikovnega prikaza z ultrazvokom močno odvisna od spretnosti in usposobljenosti izvajalca preiskave (1–7).

## SLIKOVNI PRIMERI UPORABE RENTGENSKEGA SLIKANJA ZA PRIKAZ DIHALNE POTI IN DIHAL

Za učinkovito in varno oskrbo dihalne poti morajo zdravstveni delavci s pomočjo rentgenskih slik znati prepoznavati in oceniti najpogostejsa življensko ogrožajoča stanja dihal, ki so lahko vzrok ali posledica oskrbe dihalne poti. Med omenjena stanja sodijo pomembna zapora širših delov dihalne poti, obsežen plevralni izliv, obsežen pnevmotoraks, obsežen pneumomediastinum, izrazit pljučni edem, obsežna aspiracija in nepravilna lega dihalne cevke (**Slike 1–4**) (8).



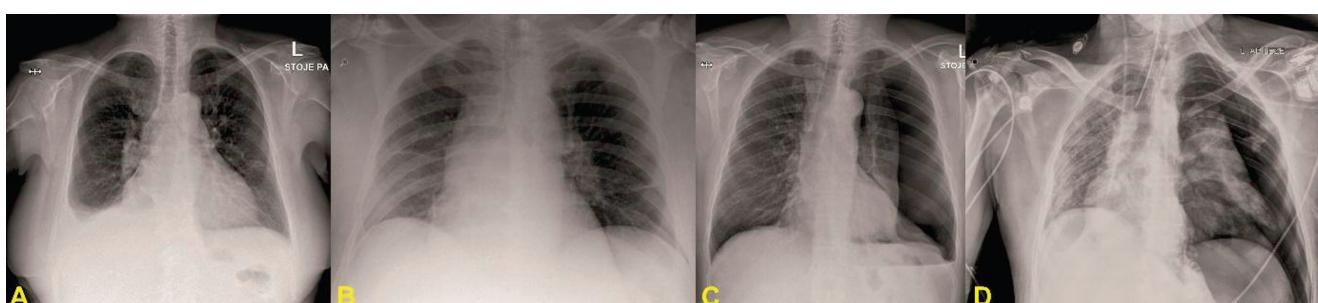
**Slika 1.** Radiološka anatomija dihalne poti na rentgenogramu prsnega koša in vratu.

**A) Normalen posteroanteriorni rentgenogram prsnih organov stoje:**

- 1 – sapnik,
- 2 – desni glavni bronhij,
- 3 – levi glavni bronhij.

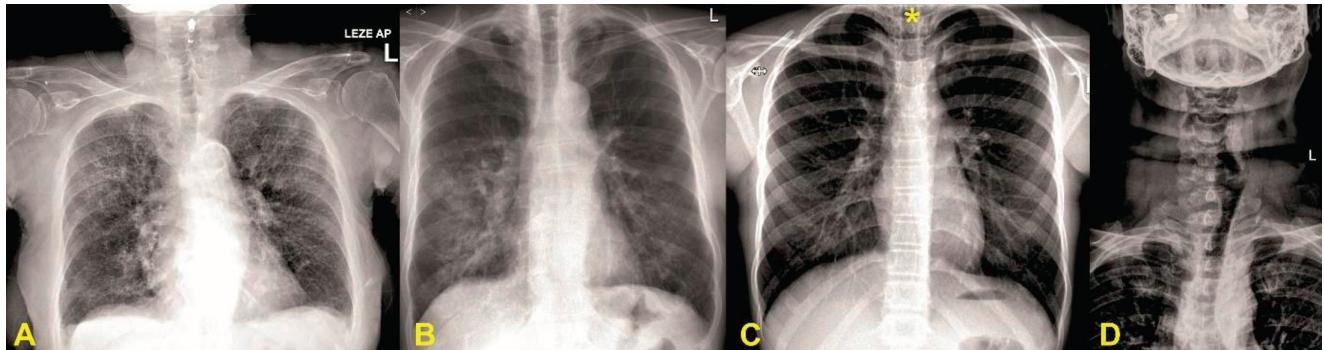
**B) Normalen lateralni rentgenogram vratu:**

- 1 – nosni del žrela,
- 2 – ustni del žrela,
- 3 – grlni del žrela,
- 4 – valekula,
- 5 – grlo.



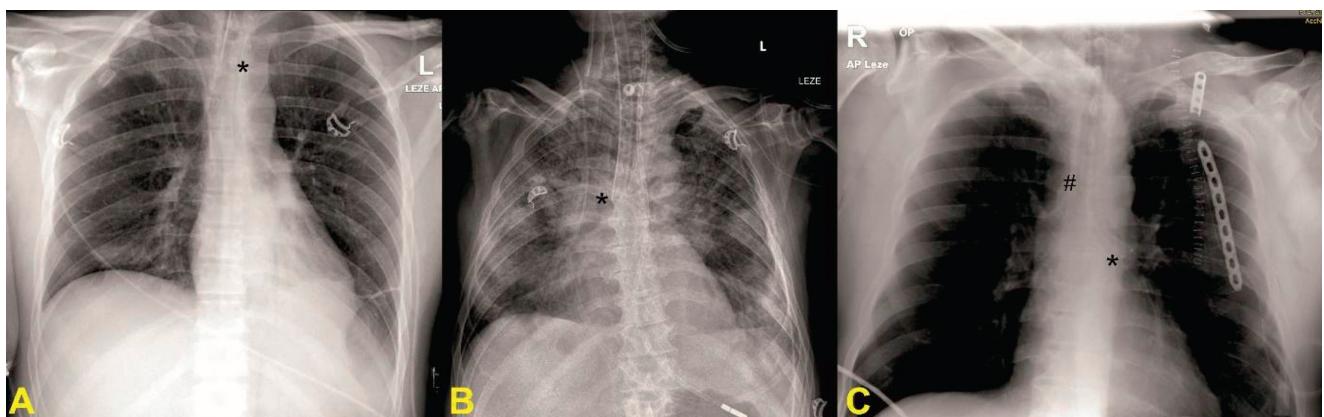
**Slika 2.** Rentgenski znaki plevralnega izlivja in pnevmotoraksa.

- A) Plevralni izliv desno stoje.** Plevralni izliv stoje vidimo kot izrazito zasenčenost hemitoraksa bazalno s tekočinskim nivojem, ki ima zaradi negativnega tlaka v plevralni votlini konkavno obliko (oblika meniska). Kontura priležne hemidiafragme je zabrisana.
- B) Plevralni izliv desno leže.** Plevralni izliv leže vidimo kot zmanjšano transpareenco hemitoraksa. Včasih vidimo tekočino tudi v mali ali redkeje v veliki fisuri in ob lateralnem robu prsne stene.
- C) Fluidopnevmtoraks levo stoje.** Pnevmtoraks stoje vidimo kot s plevro vzporeden lucenten pas, v katerem ni pljučnega žilja, na meji med pljuči in pnevmotoraksom pa vidimo plevralno linijo. Ker je tlak v plevralni votlini pri pnevmotoraku neutralen, dobi nivo tekočine popolnoma horizontalno lego.
- D) Pnevmtoraks levo leže.** Pnevmtoraks leže vidimo podobno kot stoje, le da je mesto največje lucence v področju levega frenikokostalnega sinus (znak »deep sulcus«). Na sliki vidimo tudi vstavljeni dihalni cevki s konico 4 cm nad karino ter centralni venski kateter desno jugularno.



**Slika 3. Rentgenski znaki intersticijskega edema, aspiracijske pljučnice, pneumomediastinum in utesnitve grla.**

- A) **Izrazit intersticijski edem.** Kaže se kot difuzno izrazito mrežasto zadebeljen intersticij s številnimi perifernimi in na plevro pravokotnimi kratkimi trakastimi zgostitvami (Kerleyeve linije B).
- B) **Aspiracijska pljučnica obojestransko.** Kaže se kot številne nodularne in nepravilne zgostitve, najpogosteje hilobazalno v spodnjih pljučnih poljih.
- C) **Pneumomediastinum.** Kaže se kot linearne, večinoma vertikalne lucence v mediastinumu in ob srčni konturi. Na sliki je mesto največjih lucenc označeno z zvezdico.
- D) **Anteroposteriorni rentgenski posnetek vratu.** Grlo je odrinjeno v desno ter nekoliko zoženo v subglotičnem predelu.

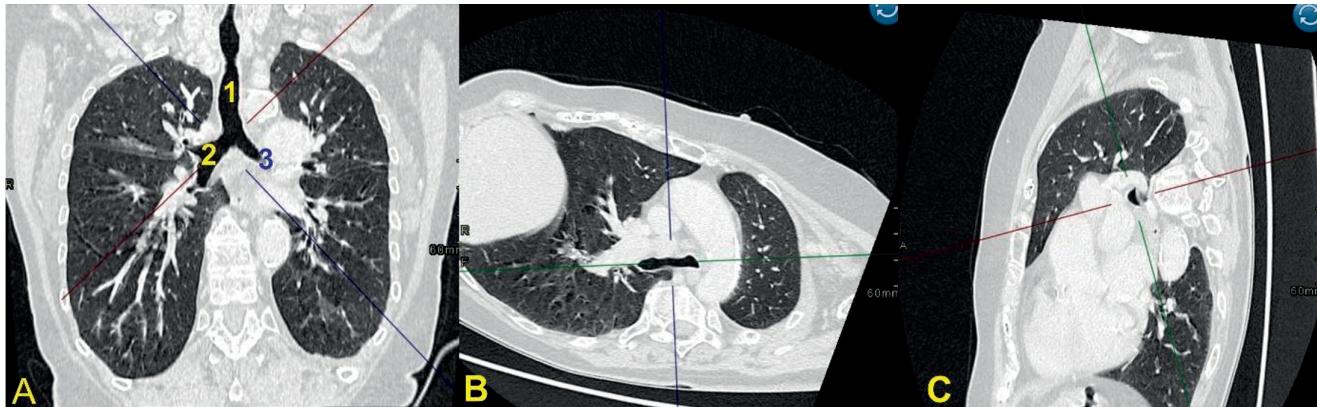


**Slika 4. Rentgenski prikaz dihalne cevke.**

- A) **Pravilno vstavljeni dihalni tubus.** Konica (\*) tubusa optimalno leži nad karino.
- B) **Konica (\*) dihalne cevke leži v desnem glavnem bronhiju.** Nepravilna lega.
- C) **Vstavljeni dvolumenski dihalni tubus.** Distalna konica (\*) leži v levem glavnem bronhiju, proksimalna kljukica (angl. hook)(#) leži zataknjena na karino.

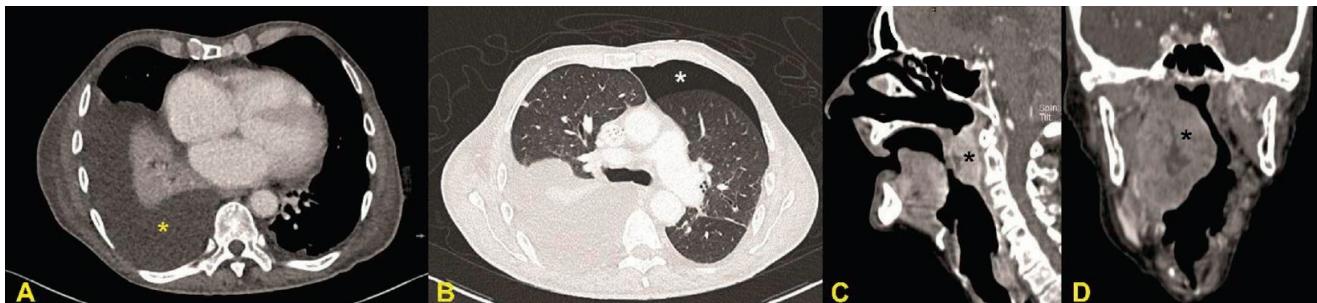
## SLIKOVNI PRIMERI UPORABE SLIKANJA Z RAČUNALNIŠKO TOMOGRAFIJO ZA PRIKAZ DIHALNE POTI IN DIHAL

Za učinkovito načrtovanje oskrbe dihalne poti s pričakovano težko vstavitvijo dihalne cevke ter določitev primerne velikosti dvolumenskega tubusa za ločeno predihavanje posameznega pljučnega krila morajo zdravstveni delavci znati prepoznati osnovne anatomske strukture na CT posnetku dihal oziroma dihalne poti ter obvladati osnove rokovanja s pregledovalniki CT posnetkov (**Slika 5** in **Slika 6**) (9).



**Slika 5. Pravokotna nastavitev ravnin za merjenje podolgovatih struktur na posnetkih pridobljenih z računalniško tomografijo.**

- A) **Koronarna ravnina** prsnega koša skozi sapnik (1), desni glavni bronhij (2) in levi glavni bronhij (3) z uporabo pljučnega okna.
- B) **Poševna transverzalna ravnina**, vzporedna z desnim glavnim bronhijem.
- C) **Poševna sagitalna ravnina**, pravokotna na desni glavni bronhij. Pri merjenju podolgovatih struktur je pomembno, da je transverzalna ravnina na strukturo nastavljena pravokotno, preostali ravnini pa sta s strukturo vzporedni. Le tako lahko pravilno izmerimo dimenzije prikazane strukture.



**Slika 6. Znaki plevralnega izliva, pnevmotoraksa in zapore dihalne poti.**

- A) **Plevralni izliv desno (\*)** na CT preiskavi v mehkotivnem oknu vidimo kot plast denzitete tekočinske gostote posteriorno med prsno steno in pljuči.
  - B) **Pnevmotoraks levo (\*)** na CT preiskavi v pljučnem oknu vidimo kot plast denzitete zraka anteriorno med prsno steno in pljuči.
  - C in D) **Tumorska formacija v nosnem in ustnem delu žrela (\*)**, ki povzroča izrazito zaporo dihalne poti in predstavlja pomemben dejavnik tveganja za težko vstavitev dihalne cevke.
- CT – računalniška tomografija.

### SLIKOVNI PRIMERI UPORABE ULTRAZVOČNE PREISKAVE ZA PRIKAZ DIHALNE POTI IN DIHAL

Za učinkovito načrtovanje oskrbe dihalne poti ob pričakovani težki vstaviti dihalne cevke v sapnik in predvsem za načrtovanje nujne vzpostavitev dihalne poti skozi vrat si mora anesteziolog, urgentni zdravnik ali intenzivist znati z ultrazvokom prikazati in prepoznati osnovne strukture grla. Ultrazvok vratu opravimo z linearno visokofrekvenčno sondom (6–13 MHz), ki ima dobro ločljivost, a manjšo globino preglednosti. Preiskava z ultrazvokom je uporabna tudi za hitri orientacijski prikaz patoloških stanj, ki so lahko vzrok dihalne odpovedi ali posledica oskrbe dihalne poti. Med taka stanja sodijo plevralni izliv, intersticijski edem in pnevmotoraks. V ta namen uporabljamo bodisi linearno bodisi konveksno sondom (2–5 MHz). Predvidena globina je 3–6 cm (7).

Ultrazvočni prikaz struktur v zgornjem delu dihalne poti temelji na popolnem odboju ultrazvoka na meji tkiva z zrakom, ki se kaže kot močna hiperehogena (bela) linija. Vse, kar se nahaja pod njo, je akustična senca (artefakt). Za ultrazvočni prikaz zgornjega dela dihalne poti najpogosteje uporabljamo standar-dno visokofrekvenčno sondom (6–13 MHz) (10).

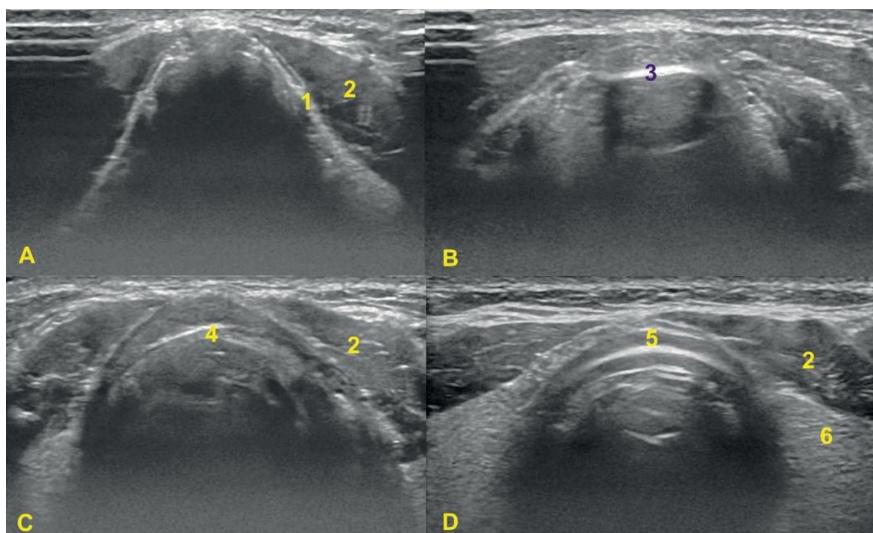
Za prepoznavo krikotiroidne membrane se glede na položaj sonde uporablja dve tehniki: vzdolžna oziora longitudinalna tehnika ali tehnika zaporedja biserov (angl. *string of pearls*) (**Slika 7**), pri kateri je sonda postavljena v sagitalni ravnini, ter prečna oziora transverzalna tehnika »ščitasti hrustanec – zračna linija – krikoidni hrustanec – zračna linija« (angl. *thyroid-airline-cricoid-airline*) (**Slika 8** in **Slika 9**). Za najbolj zanesljivo identifikacijo krikotiroidne membrane se priporoča kombinacija obeh tehnik. Krikotiroidna membrana je ultrazvočno vidna kot hiperehogenega linija, ki leži med dvema hipoehogenima hrustancema (10, 11).



**Slika 7. Vzdolžna tehnika ultrazvočnega prikaza tiroidnega in krikoidnega hrustanca ter krikotiroidne membrane z uporabo linearne ultrazvočne sonde.**

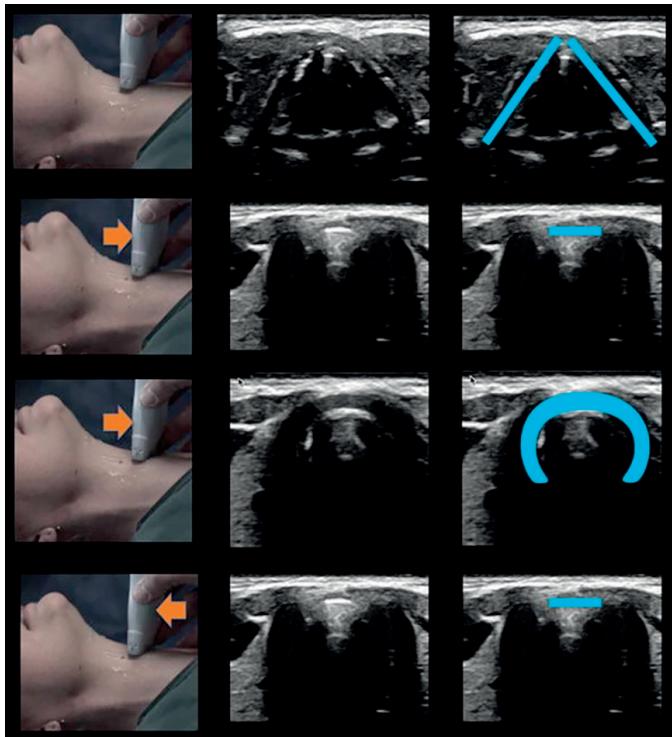
Leva stran predstavlja kranialni, desna pa kaudalni del.

- 1 – tiroidni hrustanec,
- 2 – krikotiroidna membrana,
- 3 – krikoidni hrustanec,
- 4 – infrahioidejne mišice,
- 5 – podkožje. Akustična senca (artefakt) je vse, kar vidimo pod navidezno črto, ki jo predstavljajo številke 1, 2 in 3.



**Slika 8. Ultrazvočna anatomija grla prečno.**

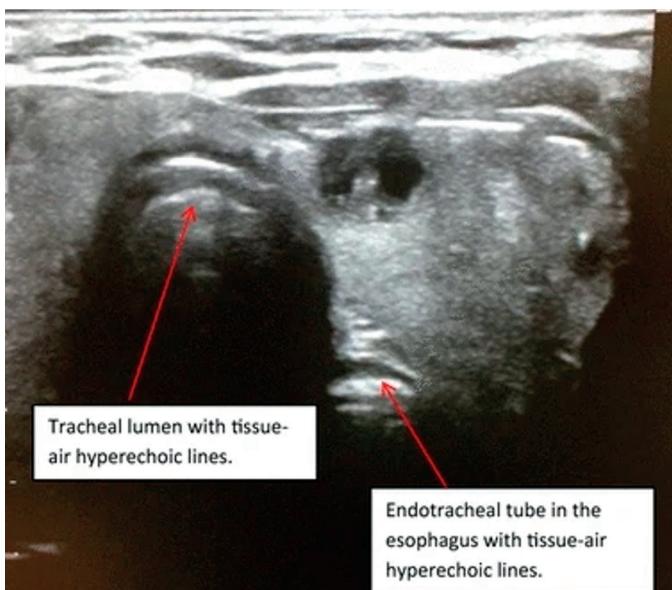
- A) Prečni presek na nivoju tiroidnega hrustanca, ki ima obliko na glavo obrnjene črke V (1).
  - B) Prečni presek na nivoju krikotiroidne membrane, ki ima obliko vodoravne črte (3).
  - C) Prečni presek na nivoju krikoidnega hrustanca, ki ima obliko na glavo obrnjene velike črke C (4).
  - D) Prečni presek na nivoju sapnika, ki ima obliko na glavo obrnjene male črke c (5).
- 2 – infrahioidejne mišice, 6 – ščitnica. Vse, kar vidimo pod hrustanci in membrano, je akustična senca (artefakt).



**Slika 9. Ultrazvočni prikaz identifikacije krikotiroidne membrane s prečno tehniko.**

Modri trikotnik – tiroidni hrustanec,  
modra vodoravna linija – zračna linija,  
moder ležeči C – krikotiroidni hrustanec (10).

Za potrditev uspešnosti vstavitve dihalne cevke v sapnik postavimo linearno sondu prečno v jugularno vdolbino, kjer vidimo hipoehogene trahealne hrustance v obliki črke C ter hiperehogene strukture, ki predstavljajo mejo med tkivom in zrakom. Požiralnik se običajno nahaja posterolateralno od sapnika kot ovalna struktura z nekoliko hipoehogeno steno in hipoehogenim centrom (**Slika 10**). V primeru vstavitve dihalne cevke v požiralnik se v njem prikaže dodatna hiperehoga linija, ki predstavlja dihalno cevko, kar imenujemo znak dvojnega trakta (angl. *double tract sign*). Če se požiralnik nahaja tik za sapnikom, vstavitve dihalne cevke v požiralnik z uporabo ultrazvoka ne moremo potrditi, saj akustična senca popolnoma zakriva požiralnik.

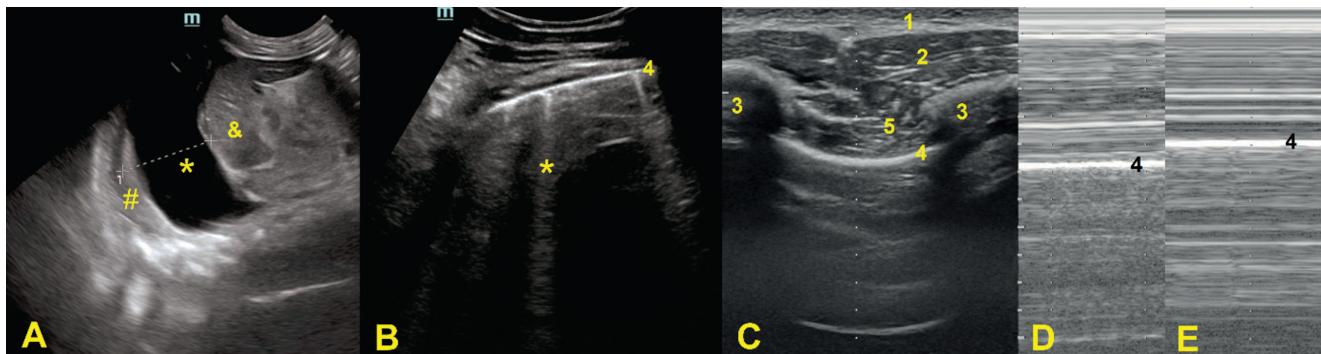


**Slika 10. Prečna ultrazvočna slika sapnika in požiralnika.**

Hiperehogeni liniji, ki predstavljata zrak, sta vidni tako v sapniku kot v požiralniku. Linija v požiralniku predstavlja dihalno cevko v požiralniku in povzroča znak dvojnega trakta (angl. *double tract sign*) (10).

Preiskavo vratu z ultrazvokom lahko uporabimo tudi pred izvedbo tako kirurške kot dilatacijske traheostomije za identifikacijo sapnika in morebitnih žil, ki ga pokrivajo, ter za oceno globine sapnika in razdalje med njegovimi hrustanci. V primeru določenih anatomskeh okoliščin, kot so morbidna debelost, debel in kratek vrat, podkožni emfizem, stanje po obsevanju, globoko ležeč sapnik in ozki prostori med hrustanci, nam prikaz z ultrazvokom lahko olajša odločitev za prednostno uporabo kirurške traheostome pred dilatacijsko.

Z ultrazvokom lahko izmerimo premer supraglotičnih delov dihalne poti in sapnika, kar nam lahko pomaga pri izbiri optimalne velikosti dihalne cevke. Preiskava z ultrazvokom je uporabna tudi za hitri orientacijski prikaz patoloških stanj, ki so lahko vzrok dihalne odpovedi ali posledica oskrbe dihalne poti. Med omenjena stanja sodijo plevralni izliv, intersticijski edem in pnevmotoraks, za katerega je značilno odsotno drsenje visceralne plevre ob parietalni, ki je sicer normalno prisotno med dihanjem (**Slika 11** (10, 11)).



**Slika 11. Ultrazvočni znaki plevralnega izliva in pnevmotoraksa.**

- A) Vidimo plast anehogene oziroma hipoehogene tekočine (\*) med prsnosteno steno ali diafragmo in pljuči. Pljuča ob izlivu so ponavadi zgoščena, atelektatična (#), & – vranica.
  - B) Prikazani so znaki intersticijskega edema, za katerega so značilne izrazite B linije (\*), ki predstavljajo t. i. »ring down« artefakt.
  - C), D), E) Znaki pnevmotoraksa, za katerega je značilen znak črtne kode (angl. *barcode sign*) (E) v M načinu preko medrebrnega prostora (C). Slednji znak predstavlja odsotnost drsenja visceralne ob parietalni plevri, zato se odboji (hiperehogene linije) distalno od plevre s časom ne spreminjajo. Ob normalnem drsenju visceralne ob parietalni plevri vidimo znak peščene plaže (angl. *sandy beach sign*) (D), ki predstavlja minimalne spremembe odbojev distalno od plevre (4).
- 1 – podkožno maščevje, 2 – mišice prsne stene, 3 – rebro, 4 – plevra, 5 – medrebrne mišice.  
Vse, kar vidimo globlje od plevralne linije (4), je akustična senca.

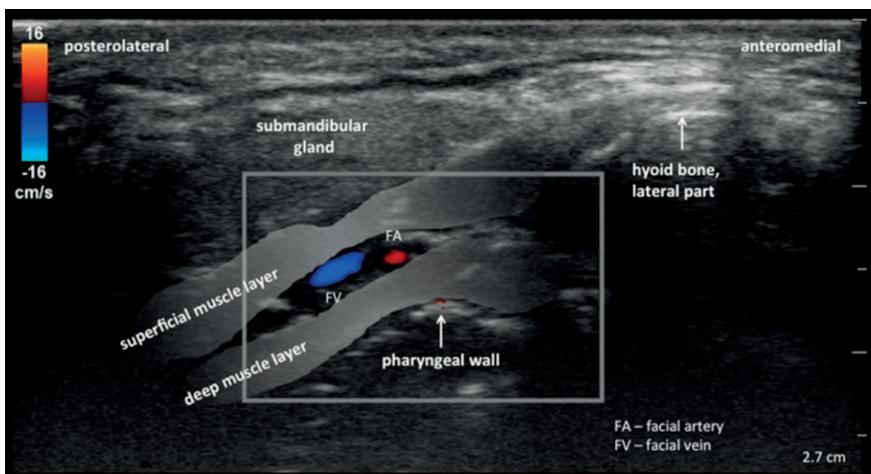
### UPORABA ULTRAZVOKA ZA BLOKADO ŽIVCEV, KI OŽIVČUJEJO ZGORNJI DEL DIHALNE POTI

Anestezija zgornjega dela dihalne poti je ključna za uspešno vstavitev dihalne cevke v budnem stanju (**9. poglavje**). Dosežemo jo lahko s topično anestezijo, področno anestezijo ali njuno kombinacijo. V primerjavi s področno anestezijo je topična anestezija enostavnejša za izvedbo, kar pa ne velja za paciente z omejenim odpiranjem ust ter vnetnimi ali drugimi procesi v ustni ali nosni votlini, ki hkrati predstavljajo tudi večje tveganje za nastanek sistemskih neželenih učinkov lokalnih anestetikov. Topična anestezija deluje krajši čas in je nepopolna, saj zajema le sluznico. Globla tkiva se še vedno odzivajo na draženje. V nasprotju s topično anestezijo so bloki živcev dihalne poti tehnično zahtevnejši in povezani z večjo možnostjo zapletov. Kljub temu so lahko koristni, saj omogočajo odlično anestezijo dihalne poti in odlične pogoje za vstavitev dihalne cevke v sapnik v budnem stanju. Za zmanjšanje zapletov, povezanih s slepim invazivnim pristopom, se za izvajanje blokov priporoča ultrazvok (12, 13). Zgornji del dihalne poti senzorično oživčujejo trigeminalni živec (nosni del žrela), glosofaringealni živec (ustni del žrela) in vagusni živec (grlni del žrela, grlo in sapnik). Nosni del žrela lahko anesteziramo le topično, medtem ko žrela in grlo lahko anesteziramo tako topično kot s pomočjo regionalne anestezije v obliki obojestranske blokade glosofaringealnega in zgornjega laringealnega živca ter transtrahealne anestezije (skozi krikotroidno membrano) za blokado področja oživčenja rekurentnega živca (14).

#### Blokada glosofaringealnega živca

**Glosofaringealni** živec senzorično oživčuje ustni del žrela, kamor sodijo tudi valekula, zgornja površina poklopca, mehko nebo, nebna loka in koren jezika. Blokada tega področja je nujna za preprečitev žrelnega refleksa. Glosofaringelani živec lahko blokiramo z notranjim intraoralnim ali zunanjim peristiloidnim pristopom. Za intraoralni pristop mora biti pacient pripravljen sodelovati, da dovolj odpre usta za prikaz zad-

njih nebnih lokov (lat. *arcus palatopharyngeus*). Blok izvedemo tako, da po predhodni topični anesteziji pod sluznico na nivoju baze zadnjega nebnega loka injiciramo 2 ml 2 % raztopine lidokaina skozi 22 ali 25 G debelo in vsaj 10 cm dolgo iglo. Peristiloidni pristop se za rutinsko uporabo ne priporoča zaradi bližine vagusnega, hipoglosnega in akcesornega živca ter posledične možne pareze glasilk, jezika in trapezoidne mišice ter nenamerne punkcije jugularne vene in notranje karotidne arterije. V izogib tem zapletom so predlagali bolj distalen in potencialno varnejši z ultrazvokom voden blok distalne veje glosofaringealnega živca. Veja leži parafaringealno v višini srednjega faringealnega konstriktorja in tik nad anterolateralno faringealno steno. Kljub slabi vidljivosti zaradi svoje majhnosti, je z ultrazvokom možno prepoznati vse anatomske strukture pomembne za varno izvedbo njenega bloka: podkožje s platizmo, podčeljustno žlezo slinavko, površinsko mišično plast, obrazne arterije in globoko mišično plast (**Slika 12**) (15).



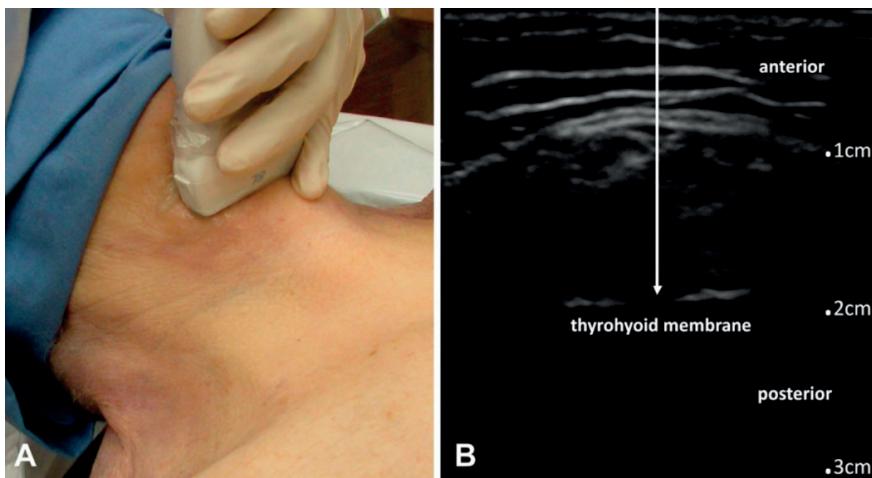
**Slika 12. Ultrazvočni prikaz submandibularnega prostora, ki je pomemben za blokado distalne veje glosofaringealnega živca.**

Podčeljustna žleza slinavka je homogene strukture in blago hiperehogena, medtem ko se stena žrela prikaže kot hiperehogena črta, ki predstavlja stik sluznice z zrakom. Za izvedbo bloka se priporoča linearna sonda, ki jo postavimo vzdolžno v submandibularni trikotnik, in igla, ki jo vodimo v ravnini (angl. *in-plane*) z lateralne strani proti parafaringealnemu prostoru v kavdalno-anteriorni smeri do predvidene globine 4 cm. Zaradi številnih pomembnih žilnih struktur v tej regiji se priporoča sočasna uporaba Dopplerskega prikaza žilnih struktur. Do sedaj še ni bila objavljena nobena klinična raziskava o učinkovitosti blokade distalne veje glosofaringikusa za namen vstavitve dihalne cevke v sapnik v budnem stanju. Objavljenih je bilo več raziskav o koristnosti te tehnikе za lajšanje bolečine kot posledice nevralgije glosofaringealnega živca zaradi invazivnega karcinoma žrela ali baze jezika (15).

### Blokada notranje veje zgornjega laringealnega živca

Zgornji laringealni živec je veja vagusnega živca, od katerega se odcepi v višini velikega roga hioidejne kosti. Kmalu za odcepom se razdeli v notranjo in zunanjou vejo. Notranja veja potuje skozi tirohioidno membrano in senzorično oživčuje grlo nad glasilkami. Zunanja veja se spušča po zunanji strani tirohioidne membrane do krikotiroidne mišice, ki jo motorično oživčuje. Blok notranje veje zgornjega laringealnega živca zagotavlja anestezijo supraglotičnega področja (spodnje površine poklopca, ariepiglotičnih gub in interaritenoidne gube) in omogoča blokado glotičnega zapiralnega refleksa. Obstajata dve tehniki, slepa in ultrazvočno vodena blokada. Splea tehnika zahteva določeno stopnjo ekstenzije glave in palpatorno prepoznavo tirohioidne membrane. Tehnika temelji na legi notranjega laringealnega živca ob velikem rogu hioidejne kosti in tireohioidejni membrani (**Slika 13**). Blok izvedemo tako, da po trdni ročni fiksaciji hioidejne kosti s tanko iglo prebodemo tirohioidno membrano z lateralne strani in v globini 1–2 cm vbrizgamo 2–4 ml 1–2 % raztopine lidokaina. Postopek izvedemo obojestransko. Možen zaplet je punkcija žile s posledičnim hematomom ali sistemski neželeni učinki lokalnih anestetikov. Ultrazvok ne omogoča neposrednega prikaza notranje veje zgornjega laringealnega živca, saj je ta premajhna. Ultrazvočno vodena blokada zato temelji na prikazu tirohioidne membrane pri srednji globini, okrog 1,7 cm, tik pod hioidejno kostjo, ki se zlahka prepozna kot vodoravna hiperehogena črta. Za ultrazvočno vodeno

blokado uporabljamo linearno sondo, ki jo postavimo prečno, s sredino v mediani ravnini, in tanko iglo, ki jo vodimo v ravnini (angl. *in-plane*) do tirohioidne membrane z lateralne proti medialni strani. Namestitev sonde bolj lateralno ni priporočljiva zaradi spodaj ležeče jugularne vene in notranje karotidne arterije (16).



**Slika 13. Ultrazvočni prečni prikaz tirohioidne membrane z uporabo linearne sonde (14).**

### Translaringealna injekcija

Transtrahealna injekcija je metoda topične anestezije, kjer lokalni anestetik blokira živčne končice re-kurentnega živca po prebodu krikotiroidne membrane. Zaradi njene invazivnosti jo uvrščamo med bloke. Vbrizganje lokalnega anestetika v grlo izzove kašelj, ki razprši lokalni anestetik infraglotično in supraglotično. S transtrahealno injekcijo lahko tako hkrati blokiramo refleks kašlja in glotični zapiralni refleks. Tehnika je lahko slepa ali ultrazvočno vodena. Za slepo tehniko je potrebna zmerna ekstenzija glave za prepoznavo tiroidnega in krikoidnega hrustanca ter krikotiroidne membrane. Za blokado uporabljamo tanko in 5 cm dolgo iglo, s katero po identifikaciji krikotiroidne membrane predremo kožo, podkožje in krikotiroidno membrano s hkratnim stalnim vlekom brizge, napolnjene s 4–5 ml 2–4 % raztopine lidokaina. Ko se v brizgi pojavi zrak, kar nakazuje položaj igle v sapniku, injiciramo raztopino lokalnega anestetika. Težave pri prepoznavanju orientacijskih točk lahko vodijo v neuspešen blok in posledično neuspešno vstavitev dihalne cevke v sapnik v budnem stanju, zato je v tem primeru priporočljiva uporaba ultrazvoka. Priporočena je predvsem uporaba linearne sonde, ki jo postavimo vzdolžno v mediani ravnini, in vodenje igle v ravnini (angl. *in-plane*) (17).

### ZAKLJUČEK

Radiološke metode za prikaz dihalne poti in dihal so pomembne za učinkovito oskrbo dihalne poti. Med njimi sta še posebej koristni rentgensko slikanje in ultrazvočna preiskava, ki ju lahko izvajamo neposredno ob pacientovi postelji. Z rentgenskim slikanjem si lahko jasno prikažemo osnovno anatomijo zgornjih in spodnjih dihal, identificiramo potencialna življensko ogrožajoča stanja, povezana z boleznimi dihal ter prepoznamo morebitne zaplete po posegih na dihalni poti. Ultrazvočna preiskava ima dodatne prednosti v smislu varnosti, hitrosti in dostopnosti. Omogoča statičen in dinamičen prikaz struktur v realnem času. Preiskava dihalne poti z ultrazvokom se lahko uporablja za optimizacijo perioperativne oskrbe dihalne poti pred, med in po različnih intervencijah na dihalni poti. Postati bi morala standard pri oskrbi dihalne poti pri anesteziji in nujnih stanjih ter tudi v enotah intenzivne terapije.

## VIRI

---

1. Schwab RJ. Upper airway imaging. *Clin Chest Med.* 1998;19(1):33–54.
2. Schwab RJ, Goldberg AN. Upper airway assessment: radiographic and other imaging techniques. *Otolaryngol Clin North Am.* 1998;31(6):931–68.
3. Becker M, Burkhardt K, Dulguerov P, Allal A. Imaging of the larynx and hypopharynx. *Eur J Radiol.* 2008;66(3):460–79.
4. Castelijns JA, Van Den Brekel MWM, Hermans R. Imaging of the larynx. *Semin Roentgenol.* 2000;35(1):31–41.
5. Kligerman S, Sharma A. Radiologic evaluation of the trachea. *Semin Thorac Cardiovasc Surg.* 2009;21(3):246–54.
6. AT L, BH T, ST L, E van B. Modern imaging of the tracheo-bronchial tree. *World J Radiol.* 2010;2(7):237.
7. Ansari U, Malhas L, Mendonca C. Role of Ultrasound in Emergency Front of Neck Access. *A A Pract.* 2019;13(10):382–5.
8. Bansal T, Beese R. Interpreting a chest X-ray. *Br J Hosp Med (Lond).* 2019;80(5):C75–9.
9. Nardelli P, Buus Lanng M, Brochdorff Møller C, Hendrup Andersen AS, Skovsbo Jørgensen A, Riis Østergaard L, et al. Accurate measurement of airway morphology on chest CT images. V: Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics). *Image Anal Mov Organ Breast Thorac Images* (2018); 2018: 335–47.
10. You-Ten KE, Siddiqui N, Teoh WH, Kristensen MS. Point-of-care ultrasound (POCUS) of the upper airway. *Can J Anaesth.* 2018;65(4):473–84.
11. Kristensen MS. Ultrasonography in the management of the airway. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2011;55(10):1155–73.
12. Kundra P, Kutralam S, Ravishankar M. Local anaesthesia for awake fiberoptic nasotracheal intubation. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2000;44(5):511–6.
13. Simmons ST, Schleich AR. Airway regional anesthesia for awake fiberoptic intubation. *Reg Anesth Pain Med.* 2002;27(2):180–92.
14. Stopar Pintarič T. Upper airway blocks for awake difficult airway management. *Acta Clin Croat.* 2016;55:85–9.
15. Azman J, Pintaric TS, Cvetko E, Vlassakov K. Ultrasound-guided glossopharyngeal nerve block a cadaver and a volunteer sonoanatomy study. *Reg Anesth Pain Med.* 2017;42(2):252–8.
16. Stopar-Pintaric T, Vlassakov K, Azman J, Cvetko E. The thyrohyoid membrane as a target for ultrasonography-guided block of the internal branch of the superior laryngeal nerve. *J Clin Anesth.* 2015;27(7):548–52.
17. De Oliveira GS, Fitzgerald P, Kendall M. Ultrasound-assisted translaryngeal block for awake fiberoptic intubation. *Can J Anesth.* 2011;58(7):664–5.

### 3.

# TEHNOLOGIJE PRI OSKRBI DIHALNE POTI

**Miljenko Križmarič**

## POVZETEK

V prispevku bomo predstavili tehnologije, ki se uporabljajo pri oskrbi dihalne poti. Največkrat se kot ume-tna dihalna pot uporabi dihalna cevka, ki ne le zaščiti anatomske dihalne pot, temveč tudi omogoča učinkovito izvedbo umevnega predihavanja s pozitivnim tlakom zaradi ustreznega tesnjenja z mešičkom. Te-snilni mešički so različnih oblik in iz različnih materialov, za dolgotrajno umevno predihavanje pa se uporablja tisti, ki minimalno vplivajo na tlak na steno sapnika. Pri vstavljanju dihalne cevke se uporablja laringoskop z ustrezno žlico. Novejšo tehnologijo predstavljajo sistemi za oksigenacijo med apnejo. Pri transtrahealnem predihavanju se uporablja visoki pretoki, kjer pa je največji problem odstranjevanje ogljikovega dioksida.

## ABSTRACT

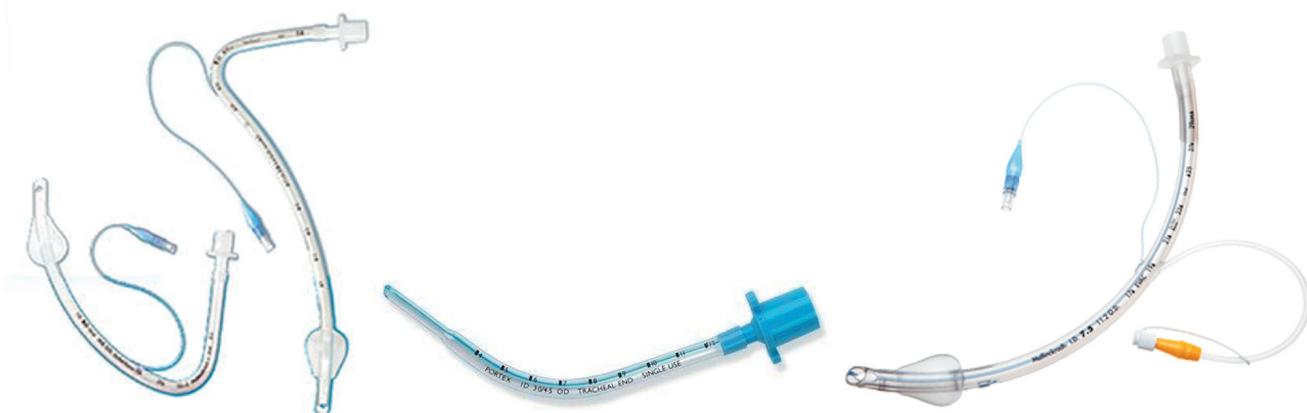
In this chapter, we will present the technologies used in airway management. In most cases, an artificial airway is established using a tracheal tube, which maintains a patent (open and unobstructed) airway and facilitates effective artificial positive pressure ventilation due to proper sealing with a cuff. The tracheal tube cuffs come in various shapes and materials; for prolonged ventilation, those that minimally impact the tracheal wall pressure are preferred. During the insertion of the tracheal tube, a laryngoscope with an appropriate blade is employed. Emerging technology encompasses systems for oxygenation during apnea. High flows are utilised in transtracheal insufflation, where carbon dioxide removal is the primary challenge.

## DIHALNE CEVKE

Prvi zabeležen primer uporabe dihalne cevke za predihavanje pljuč sega v leto 1542, ko je Andreas Vesalius vstavil bambusovo cevko v sapnik prašiča s pnevmotoraksom in ugotovil, da se pljuča s predihavanjem razširijo in da je srce mogoče ponovno zagnati (1). Dihalna cevka (angl. *tracheal tube*) je medicinski pripomoček, ki predstavlja umetno dihalno pot in ga največkrat vstavimo skozi žrelo v sapnik. Omogoča predihavanje s pozitivnim tlakom in ščiti pljuča pred aspiracijo želodčne vsebine in drugimi tekočinami ali delci, ki lahko vsebujejo patogene bakterije in/ali povzročijo kemično poškodbo pljučnega tkiva. Cevka predstavlja mehanično breme za pacienta, ki spontano diha ali ga predihavamo. Poveča se upornost, kar vpliva na povečanje dela dihanja/predihavanja in večji meri, kot pa sam dihalni sistem (2). Posebej ima povečanje upornosti (dolžina dihalne cevke in notranji premer) vpliv pri otrocih (3). Notranji premer cevke je parameter, ki najbolj vpliva na povečanje dela. Nekoliko se upornost sicer zmanjša, če dihalna cevka skrajšamo, vendar to zmanjšanje ni izrazito. Dihalna cevka skupaj s spojkami zmanjša mrtvi prostor, saj je njen premer manjši od fizioloških dihalnih poti. Pri otrocih pa se mrtvi prostor lahko poveča zaradi dolgih cevk (4). Cevke so okroglih oblik, saj so ovalne oblike bolj podvržene stisnjenu. Ko proti sebi obrnemo odprtino na distalnem delu dihalne cevke vidimo različne oznake na cevki (ID – notranji premer, OD – zunanji premer, razdalja do distalnega dela v cm, starejše oznake biokompatibilnosti: IT (angl. *implant testing*) Z79 in F29, nazalna ali oralna/nazalna uporaba). Na tržišču so še zmeraj na voljo dihalne cevke za večkratno uporabo iz gume, ki jih lahko čistimo in steriliziramo. Ni prosojna in čez čas postane rigidna, lepljiva in hitro se lahko prepogne/stisne, vsebuje lateks in se ne zmehča na telesni temperaturi.

Cenovno so najbolj ugodne različice dihalnih cevk iz polivinilklorida. So manj občutljive za prepognjenje v primerjavi z gumijastimi cevkami. Material je prosojen in vidimo v notranjost cevke (vlaga, tujki). Če je cevka iz polivinilklorida ohlajena, je bolj čvrsta med postopkom vstavitve v sapnik, če pa je ogreta, pa je lažje uvajanje na bronhoskop (5). Dražje cevke so iz silikona, omogočajo pa sterilizacijo in ponovno uporabo.

Na distalnem koncu je dihalna cevka poševno odrezana v levo stran (odprtina od 30° do 45° glede na vzdolžno os). Ko med vstavljanjem dihalno cevko držimo v desni roki, se nam zaradi tega poševnega reza poveča vidno polje proti glasilkam. Zaradi prilagajanja anatomskim strukturam je ukrivljenost standarnih dihalnih cevk med 12° in 16°. Murphyjev tip dihalne cevke pomeni cevko z dodatno stransko odprtino (mora biti vsaj 80 % površine notranje svetline dihalne cevke), Magillov tip dihalne cevke, pa je brez te dodatne stranske odprtine. Ta dodatna odprtina predstavlja prednost, saj v primeru zapore distalnega konca dihalne cevke ali njenega naleganja na steno sapnika še zmeraj omogoča predihavanje. Coleov tip dihalne cevke ima zožitev na distalnem delu (**Slika 1**). RAE (Ring, Adair in Elwin) dihalne cevke spadajo v preoblikovane dihalne cevke in se prilagajajo anatomiji nosu ali ust, za lažje izvajanje kirurških posegov v ustih ali žrelu. Pregib RAE dihalnih cevk je na takem mestu, da dihalni sistem priključimo na čelu ali bradi. Tem cevkam pravimo tudi polarne, zaradi smeri proti zemeljskim polom (sever, jug) (**Slika 1**).



**Slika 1. Posebne dihalne cevke.**

Od leve proti desni: angl. RAE South Facing, RAE North Facing, Cole tube in Mallincrodt EVAC.  
RAE – Ring, Adair in Elwin

Dihalne cevke imajo gladko površino zaradi zmanjšanja upora zraka in lažjega uvajanja bronhoskopa ali katetra za aspiracijo. Nekateri modeli imajo odprtino za drenažo sekreta (angl. *subglottic secretion drainage*) nad tesnilnim mešičkom (Mallincrodt, EVAC) (**Slika 1**). Tekočine, ki se nabirajo nad tesnilnim mešičkom lahko preko majhnih kanalčkov, ki nastanejo zaradi gub vzdolž mešička sicer stisnjenega ob sapnik, zatekajo v pljuča. Polnilni balon ima standardni Luer priključek. Na proksimalnem delu dihalne cevke je standardna moška 15 mm spojka, ki ustreza priključku dihalnih sistemov, dihalnega samonapihljivega balona ali Y kraka anestezijskih dihalnih sistemov.

## TESNILNI MEŠIČKI DIHALNIH CEVK

Večina sodobnih dihalnih cevk iz polivinilklorida ima nizko-tlačne tesnilne mešičke z visoko prostornino (angl. *low pressure high volume*). Zadnja leta se uporablajo tesnilni mešički iz poliuretana. Raziskave kažejo, da je pri njih manj ventilatorske pljučnice (angl. *ventilator associated pneumonia*) v primerjavi z mešički iz polivinilklorida (6). Uporaba dihalne cevke s tesnilnim mešičkom iz poliuretana in subglotično drenažo pomaga preprečiti nastanek ventilatorske pljučnice (7). Na tržišču so posebne oblike tesnilnih mešičkov, ki niso ne okrogle ne cilindrične oblike, ampak v obliki stožca (**Slika 2**). Ta oblika tvori gube karakteristične za cilindrično obliko, samo v zgornjem delu mešička (na tem delu je mešiček širši). Ko se mešiček oža, gube izginejo in ni prisotnih mikrokanalčkov, skozi katere lahko zateka tekočina v pljuča. Mešiček med ožanjem pride do točke, kjer se njegov premer ujema s premerom sapnika in v tej točki ni naguban. Ta oblika mešička ima manjše zatekanje tekočin v primerjavi s cilindrično obliko (8).



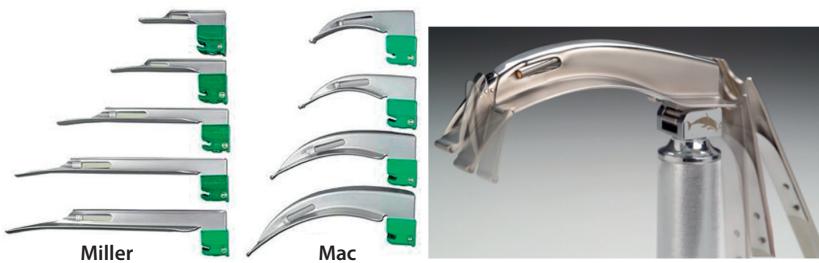
**Slika 2. Stožčast tesnilni mešiček.**

Od leve proti desni: Posebna stožčasta oblika tesnilnega mešička (angl. *tapered cuff*), Mallinckrodt dihalna cevka s subglotično drenažo in aparat za uravnavanje tlaka (angl. *Mallinckrodt Cuff Pressure Management*).

Material mešičkov ne sme biti toksičen, mora pa biti biokompatibilen. Vzdrževalni tlak v tesnilnih mešičkih je med 20 in 30 cmH<sub>2</sub>O. Posebni aparati lahko nepretrgano uravnavajo tlak v tesnilnem mešičku (**Slika 2**), kar prav tako zmanjša možnost ventilatorske pljučnice (9).

## LARINGOSKOPI IN ŽLICE

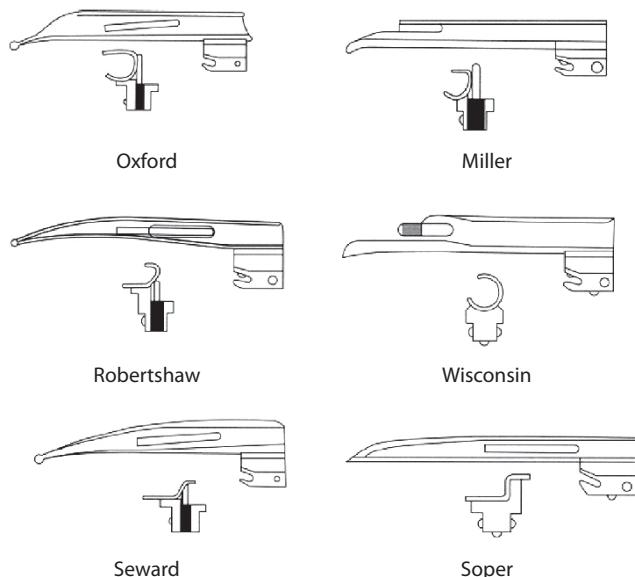
Žlice laringoskopov so načrtovane tako, da jih je mogoče uporabiti na ustreznih držalih različnih proizvajalcev. Uporabljalata se dva mednarodna standarda: ISO 7376/3 (zeleni sistem) in ISO 7376/1 (rdeči sistem). Glede na standard, so žlice in držala ustrezno obarvane. Največ se uporablja zeleni standard, kjer opazimo zeleno barvo, tako na žlici kot na držalu. Zaskočni mehanizem med držalom in žlico sestavljata navadno dve stranski kroglici. Konvencionalni starejši laringoskopi imajo vir svetlobe v obliki sijalke postavljene na približno 1/3 razdalje od vrha žlice, izvor energije pa je v držalu. Laringoskopi s svetlobnimi vlakni imajo sijalko in izvor energije v držalu, svetloba pa se brez oddajanja toplote prenaša po optičnem vlaknu. Standardni Miller in Macintosh žlici sta prikazani na **Sliki 3**.



**Slika 3. Žlice laringoskopa.**

Od leve proti desni: Miller, Macintosh, McCoy in Polio.

Polio žlice (**Slika 3**) se uporablajo pri pacientih z neugodnimi anatomske strukturami, kot na primer s prekomerno telesno težo, hipertrofijo prsi, omejenim gibanjem vratnih vretenc, ali neugodni prostorski pogoji (zgodovinska železna pljuča). Žlica je po obliki enaka Macintosh žlici, ne oklepa pa z držalom 90° kota, kot je to pri standardnih laringoskopih, ampak je med njima topi kot okrog 120°. Običajno se uporablja s krajšim držalom. Laringoskop se je od leta 1954 uporabljal med izbruhi otroške paralize pri uporabi železnih pljuč. McCoy žlica je zasnovana na podlagi klasične Macintosh žlici in ima pomicni vrh nameščen na tečaju, ki ga pomikamo z vzdodom na držalu laringoskopa (**Slika 3**). Žlica se uporablja enako kot Macintosh in v primeru otežene vidljivosti lahko pomikamo vrh žlice in tako dvignemo poklopec. Žlica nima široke uporabe. Soper žlica (**Slika 4**) se uporablja za vstavljanje dihalne cevke pri nedonošenčkih in dojenčkih. V prečnem prerezu je žlica v obliki črke »Z«, podoben profil pa ima tudi Seward žlica. Zabeleženi so skoraj dvakrat daljši časi vstavljanja dihalne cevke s Seward in s Soper žlico, glede na ostale žlice prikazane na **Sliki 4** (Miller, Oxford, Robertshaw in Wisconsin) (10). Obod (zunanja stran) Wisconsinove žlice je krožne oblike in zajema 2/3 krožnice v prečnem preseku. Primarno se uporablja za vstavljanje dihalne cevke pri dojenčkih. Robertshaw žlica je bila načrtovana za dojenčke in otroke, a je našla uporabo tudi pri odraslih pacientih. Žlica je rahlo ukrivljena na distalni tretjini in se posredno dvigne poklopec podobno kot pri Macintosh žlici. Uporabna je pri nazotrahelani vstavitevi dihalne cevke, saj omogoča boljše vidno polje grla ob uporabi Magillovih prijemalk. Oxford žlica je načrtovana za vstavljanje dihalne cevke pri dojenčkih. V prečnem prerezu je v obliki črke »U«.

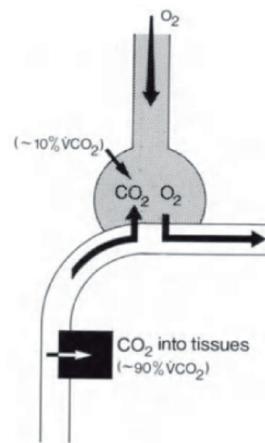


**Slika 4. Prečni prerezi posameznih tipov žlic (10).**

## SISTEMI OKSIGENACIJE MED APNEJO

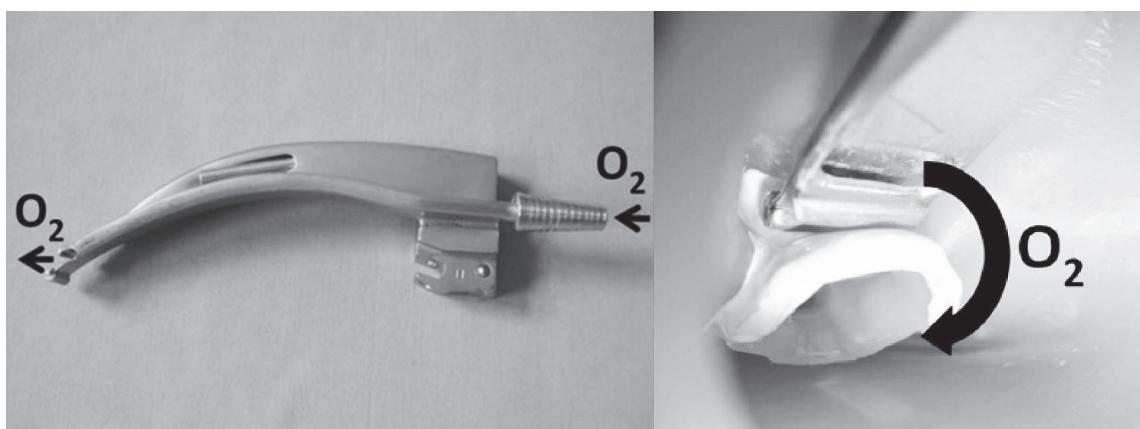
Oksigenacija med apnejo (angl. *apnoeic oxygenation*) je prvič zabeležena leta 1947, ko sta Draper in Whitehead 45 minut uspešno oksigenirala poskusne živali (11). Termin, ki sta ga avtorja navedla »Diffusion respiration«, se je izkazal kot neustrezen, saj je prenos plinov iz zgornjih dihal do pljuč potekal preko konvekcije in ne preko difuzije. Respiracije prav tako ni bilo, ker s tehniko ni bilo mogoče odstraniti ogljikovega dioksida ( $\text{CO}_2$ ) (12). Pri tej tehniki so poskusne živali v začetku poskusa oksigenirali s 100 % kisikom (denitrogenacija), nato pa med apnejo dovajali kisik v zgornja dihala. Mehanizem prenosa je predstavljen na **Sliki 5**.

**Slika 5. Mehanizem prenosa plinov pri oksigenaciji med apnejo (13).**



Med apnejo ostaja v tkivih približno 90 % CO<sub>2</sub>, ki nastane med presnovom in samo 10 % doseže pljuča (13). Alveole neprekinjeno sprejemajo kisik brez premikanja trebušne prepone oziroma predihavanja. Iz alveol v kri difundira vsako minuto približno 250 ml kisika (O<sub>2</sub>). Difuzija CO<sub>2</sub> v obratni smeri pa je samo 8 do 20 ml/min. V povprečju je povečanje PaCO<sub>2</sub> v prvi minutah apneje okrog 8–16 mmHg CO<sub>2</sub>, pozneje pa okrog 3 mmHg/min (14). Difuzija O<sub>2</sub> skozi alveole kljub apneji poteka v normalnih fizioloških mejah in alveolarni tlak pada pod atmosferski. Zaradi razlike tlakov med zgornjimi dihalni in alveolarnimi dobimo konvektivni pretok kisika v pljuča. Razlika med gibanjem CO<sub>2</sub> in O<sub>2</sub> preko alveolarne membrane nastane zaradi razlike v topnosti plina v krvi in afinitete hemoglobina za kisik. Med optimalnimi pogojimi lahko PaO<sub>2</sub> vzdržujemo nad 100 mmHg do 100 minut brez predihavanja, vendar z znatnim povečanjem CO<sub>2</sub> (15). Pri poskusih na živalih so jih s to tehniko držali žive okrog 90 minut (16). Pri ljudeh z določeno patologijo pa so vzdrževali sprejemljiv delni tlak PaO<sub>2</sub> za več kot 20 minut (17).

Med vstavljanjem dihalne cevke je mogoče izvajati oksigenacijo med apnejo s pomočjo žlice laringoskopa, ki ima možnost dovajanja kisika, kot je prikazano na levem delu **Slike 6**. Desni del slike prikazuje izhodno režo, skozi katero doteka kisik nad poklopcom.



**Slika 6: Dovajanje kisika v zgornja dihalna cevke s posebno žlico laringoskopa (18).**

V tem primeru se podaljša časovno okno med vstavljanjem dihalne cevke, v katerem je zmanjševanje nasičenosti hemoglobina s kisikom v varnem območju (18). Oksigenacija med apnejo se lahko kombinira s sistemmi za izločanje ogljikovega dioksida nameščenimi zunaj telesa (angl. *extracorporeal carbon dioxide removal*) (15). Znatni padec nasičenosti hemoglobina s kisikom v arterijski krvi se ne pojavi tudi po 6 minutah, če pacient med vstavljanjem dihalne cevke dobiva kisik preko nosnega katetra s pretokom 5 l/min. V kontrolni skupini, brez aplikacije po nosnem katetru, pa je nasičenost padla pod 95 % mnogo hitreje (3,65 minute) (19). Med vstavljanjem dihalne cevke se lahko uporabi nosni kateter, skozi katerega dovajamo kisik tudi z višjimi pretoki, na primer 15 l/min, vendar višji pretok zaradi neprijetnega občutka ob odsotnosti vlaženja nastavimo šele po uvodu v anestezijo (20). Preoksigenacija je boljša pri uporabi visokih pretokov kisika skozi nosne kanile v primerjavi z obrazno masko brez povratnega dihanja (21).

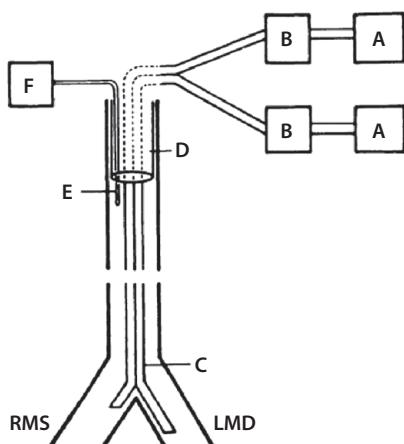
Za preoksigenacijo se lahko uporabi na terenu linearni anestezijski dihalni sistem Mapleson C (**Slika 7**), ki je boljša izbira v primerjavi s samonapihljivim dihalnim balonom, ki ima višji upor tako ob vdihu kot izdihu. Slabost so potrebne izkušnje pri rokovanju z Mapleson C sistemom (22). Če pacient ne prenaša dihalnega balona ali Mapleson C sistema, se uporabi maska z zbiralnikom in nepovratnimi zaklopkami, kjer se nastavi pretok 15 l/min.



**Slika 7. Mapleson C linearni anestezijski dihalni sistem (Intersurgical, Paediatric bagging system).**

## SISTEMI PREDIHAVANJA Z NEPREKINJENIM PRETOKOM KISIKA MED APNEJO

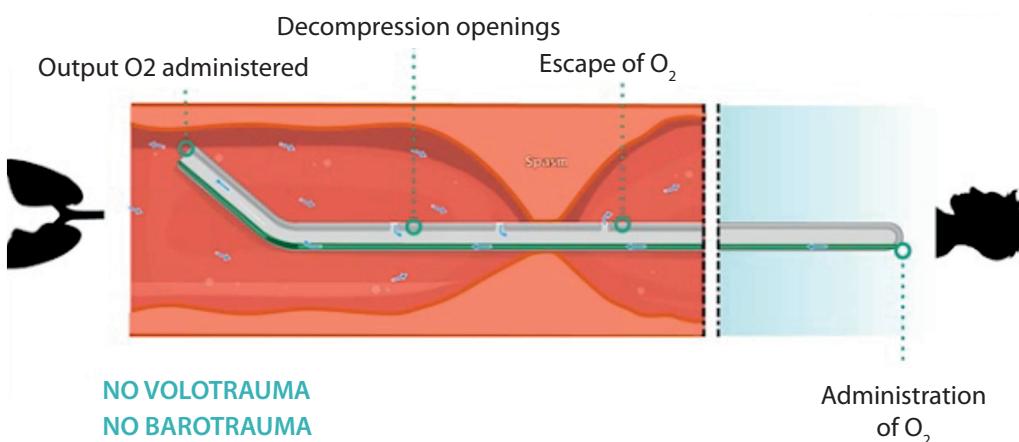
Prejšnje opisane metode oksigenacije med apnejo ne morejo zagotavljati odvajanja CO<sub>2</sub>. Metode za odvajanje CO<sub>2</sub> uporabljajo neprekinjen pretok kisika (angl. *constant flow ventilation*). Uspešno predihavanje z neprekinjenim pretokom kisika sta leta 1909 pokazala Meltzer in Auer (23). Pri tej metodi je potrebno zagotoviti tri pogoje: (i) pljuča so cel čas razprtva v fazi vdiha, (ii) sveži zrak dosega spodnje dele sapnika in (iii) zrak izstopa skozi drugo pot (tudi skozi sapnik). S to tehniko se dosega izmenjava plinov brez ritmičnega gibanja pljuč (**Slika 8**). Ta sistem predihavanja je podoben tistemu pri ptičih in drugih živalih (na primer ribah), ki imajo neprekinjen dovod tekočin (kapljevine in plini) in živijo v pogojih z manjšim delnim tlakom kisika. Ena od hipotez, zakaj se je pri sesalcih pred 400 milijonov let v Devonu razvilo dihanje v dveh smereh je, da je to varovalo pred toksičnimi učinki kisika (24).



**Slika 8. Sistem predihavanja z neprekinjenim pretokom kisika.**

Kisik dovajamo iz tlačnih posod (A), preko vlažilcev (B), skozi dva katetra (C) v levo in desno glavno sapnico. Katetri so uvedeni skozi dihalno cevko ali traheostomo (D). Zrak izhaja skozi tretji kateter, ki je nameščen zunaj dihalne cevke (E) in je speljan v atmosfero (F)(13). RMS – left main stem, RMS – right main stem.

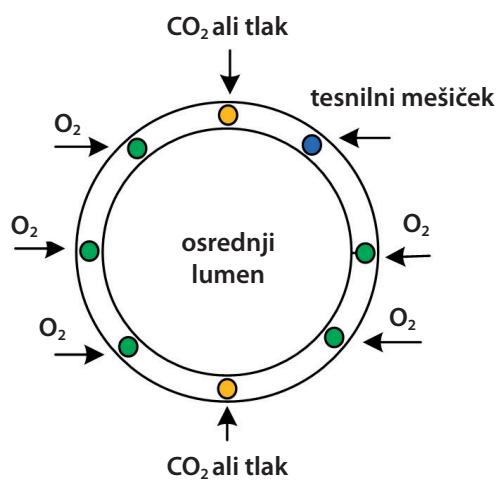
Primer uporabe neprekinjenega pretoka kisika je sistem Bougie Boussignac (BO<sub>2</sub>ugie) (VYGON, Francija) (**Slika 9**). Sistem je v obliki vodila za težko težko vstavljanje dihalne cevke, ki je ukrivljeno na distalnem delu (tako imenovan »Coude« tip). Vodilo ima osrednjo svetlico, skozi katero se dovaja kisik.



**Slika 9: Predihavanje z neprekinjenim pretokom kisika preko vodila Boussignac.**

Vodilo je vstavljen v sapnik, pri tem so glasilke v spazmu. Kisik se dovaja v sapnik, izhod plinov pa je na drobnih luknjicah, ki so prav tako v sapniku (angl. *decompression openings*). Luknjice vodijo v drugo svetlico znotraj vodila in so povezane z izhodnimi luknjicami ki so nameščene zunaj sapnika. Na ta način je omogočen izhod dihalnih plinov.

Nekoliko bolj zapleten sistem neprekinjenega pretoka kisika je tudi LaBrune-Boussignac CPR dihalna cevka (VYGON, Francija) (**Slika 10, levo**). Dihalna cevka ima v svoji steni 6 ali 8 drobnih cevk oziroma kapilar, po katerih je mogoče dovajati kisik z visoko hitrostjo na distalni del (**Slika 10, desno**).



**Slika 10. LaBrune-Boussignac CPR dihalna cevka.**

Prvotni namen dodatnih kapilar v steni je bil zmanjšanje upornosti same dihalne cevke, pozneje pa so se začele raziskave o uporabi na področju oksigenacije in predihavanja z neprekinjenim pretokom kisika skozi kapilare (25). Proizvajalec je v nekaterih izvedbah v steno tubusa vgradil dve drobni cevki, ki se uporablja za merjenje  $\text{CO}_2$  iz zdihanih, oziroma vdihanih zraku ali za merjenje tlakov v dihalih. Dihalna cevka je namenjena predihavanju pri prehodnih dihalnih poteh samo preko stisov na prsni koš med oživljjanjem. Evropske smernice oživljjanja iz leta 2021 ne priporočajo rutinsko uporabo teh tehnik, ki jih imenujejo »pasivno dovajanje kisika« (angl. *passive oxygen delivery*) (26). Neprekinjen pretok kisika je mogoče dovajati tudi preko supraglotičnih pripomočkov kot je i-gel (**Slika 11**). I-gel ima zraven primarne osrednje svetline dodaten priključek, na katerega lahko priključimo kisik.



**Slika 11. Supraglotični pripomoček (i-gel) za vzpostavitev umetne dihalne poti z možnostjo neprekinjenega dovajanja kisika.**

### TRANSTRAHEALNO PREDIHAVANJE Z VISOKIM PRETOKOM

Vstavljanje katetra v sapnik in predihavanje skozi njega z visokim pretokom (angl. *transtracheal jet ventilation*) se uporablja v primerih, ko pacienta ne moremo oksigenirati niti mu vstaviti dihalne cevke v sapnik (angl. *cannot intubate cannot oxygenate – CICO*; **Slika 12**). Obstaja še nov koncept pri predihavanju z visokimi pretoki, kjer se izvaja aktivni vlek zraka med izdihom (angl. *expiratory ventilatory assistance*; **Slika 13**). Ta medicinski pripomoček je pokazal zadostno oksigenacijo in predihavanje pri odprtem, delno zaprtem in popolnoma zaprtem zgornjem delu dihalne poti. Maksimalne vrednosti tlaka so bile manjše v primerjavi s konvencionalnim visokim pretokom (27). Maksimalni tlaki pri Manujet III sistemu so visoki ( $40 \text{ cmH}_2\text{O}$ ) v primerjavi z Vantrain sistemom ( $16 \text{ cmH}_2\text{O}$ ) (28).



**Slika 12. Pripravki za predihavanje z visokim pretokom.**

Levo je klasični medicinski pripravki za predihavanje Manujet III, na desni pa Enk Oxygen Flow modulator, kjer z zapiranjem stranskih luknjic usmerjamo kisik v kanilo.



**Slika 13. Predihavanje z visokim pretokom in aktivnim izdihom.**

Ventrain EVA – Expiratory Ventilatory Assistance; levo: vdih, desno: aktivni izdih

Venturi učinek povzroči nizek tlak (oznaka 2, na desnem delu slike), ki vsrka zrak iz sapnika, pri tem mora biti odprtina 5 (desni del slike) zaprta. Med vdihom sta odprtini 5 in 3 zaprti. Ko sta obe odprtini (oznaka 3 in oznaka 5) odpri, ne poteka vlek niti insuflacija skozi primarno odprtino 4, na katero je priključena kanila.

## ZAKLJUČEK

Tehnologije pri oskrbi dihalne poti so ključne pri ohranjanju življenja pacientov v nujnih situacijah. Uporaba dihalnih cevk, tesnilnih mešičkov, laringoskopov in različnih sistemov za oksigenacijo ter predihavanje omogoča zdravstvenim delavcem učinkovito vzdrževanje odprte dihalne poti in njene funkcije prenosa dihalnih plinov. Nova tehnološka orodja, kot so sistemi za oksigenacijo med apnejo in predihavanje z visokim pretokom, omogočajo boljšo oskrbo pacientov v zahtevnih situacijah, kjer je potrebno hitro ukrepanje in natančna tehnična znanja. Razumevanje in uporaba teh tehnologij sta ključna za zagotavljanje kakovostne oskrbe dihalne poti in izboljšanje preživetja pacientov.

## VIRI

---

1. Baker AB. Artificial respiration, the history of an idea. *Med Hist.* 1971;15(4):336–351.
2. Bersten AD, Rutten AJ, Vedig AE, Skowronski GA. Additional work of breathing imposed by endotracheal tubes, breathing circuits, and intensive care ventilators. *Crit Care Med.* 1989;17(7):671–7.
3. Beatty PC, Healy TE. The additional work of breathing through Portex Polar ‘Blue-Line’ pre-formed paediatric tracheal tubes. *Eur J Anaesthesiol.* 1992; 9(1):77–83.
4. Blom H, Rytlander M, Wisborg T. Resistance of tracheal tubes 3.0 and 3.5 mm internal diameter. A comparison of four commonly used types. *Anaesthesia.* 1985; 40(9):885–8.
5. Klafta JM. Flexible tracheal tubes facilitate fiberoptic intubation. *Anesth Analg.* 1994;79(6): 1211–2.
6. Mahmoodpoor A, Peyrovi-far A, Hamishehkar H, Bakhtyari Z, Mirinezhad MM, Hamidi M, Golzari SE. Comparison of prophylactic effects of polyurethane cylindrical or tapered cuff and polyvinyl chloride cuff endotracheal tubes on ventilator-associated pneumonia. *Acta Med Iran.* 2013;51(7): 461-6.
7. Lorente L, Lecuona M, Jiménez A, Mora ML, Sierra A. Influence of an endotracheal tube with polyurethane cuff and subglottic secretion drainage on pneumonia. *Am J Respir Crit Care Med.* 2007; 176(11):1079–83.
8. Shiotsuka J, Lefor AT, Sanui M, Nagata O, Horiguchi A, Sasabuchi Y. A quantitative evaluation of fluid leakage around a polyvinyl chloride tapered endotracheal tube cuff using an in-vitro model. *HSR Proc Intensive Care Cardiovasc Anesth.* 2012; 4(3):169–75.
9. Lorente L, Lecuona M, Jiménez A, Lorenzo L, Roca I, Cabrera J, Llanos C, Mora ML. Continuous endotracheal tube cuff pressure control system protects against ventilator-associated pneumonia. *Crit Care.* 2014; 18(2):R77.
10. Whittaker JD1, Moulton C. Emergency intubation of infants: does laryngoscope blade design make any difference? *J Accid Emerg Med.* 1998; 15(5):308–11.
11. Draper WB, Whitehead RW, Spencer JN. Studies on diffusion respiration: alveolar gases and venous blood pH of dogs during diffusion respiration. *Anesthesiology.* 1947;8(5):524–33
12. Holmdahl MH. Pulmonary uptake of oxygen, acid-base metabolism, and circulation during prolonged apnoea. *Acta Chir Scand.* 1956; 212:1–128.
13. Slutsky AS. Techniques of Ventilation Using Constant Flow. 15 Update in Intensive Care and Emergency Medicine. Ventilatory Failure. Vincent JL (ed). Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 1991;293–307.
14. Eger EI, Severinghaus JW. The rate of rise of PaCO<sub>2</sub> in the apneic anesthetized patient. *Anesthesiology.* 1961;22:419–425.
15. Nielsen ND, Kjaergaard B, Koefoed-Nielsen J, et al. Apneic oxygenation combined with extracorporeal arteriovenous carbon dioxide removal provides sufficient gas exchange in experimental lung injury. *ASAIO J.* 2008; 54:401–405.
16. Roth LW, Whitehead RW, Draper WB. Studies on diffusion respiration; survival of the dog following a prolonged period of respiratory arrest. *Anesthesiology.* 1947; 8(3):294–302.
17. Biedler A, Mertzlufft F, Feifel G. Apnoeic oxygenation in Boerhaave syndrome. *Anasthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther.* 1995; 30(4):257–60.
18. Mitterlechner T, Herff H, Hammel CW, Braun P, Paal P, Wenzel V, Benzer A. A dual-use laryngoscope to facilitate apneic oxygenation. *J Emerg Med.* 2015;48(1):103–7.
19. Taha SK, Siddik-Sayyid SM, El-Khatib MF, et al. Nasopharyngeal oxygen insufflation following pre-oxygenation using the four deep breath technique. *Anaesthesia.* 2006;61:427–430.
20. Scott DW, Levitan RM. Preoxygenation and Prevention of Desaturation During Emergency Airway Management. *Annals of Emergency Medicine.* 2011; 59(3):165–175.
21. Miguel-Montanes R, Hajage D, Messika J, Bertrand F, Gaudry S, Rafat C, Labbé V, Dufour N, Jean-Baptiste S, Bedet A, Dreyfuss D, Ricard JD. Use of high-flow nasal cannula oxygen therapy to prevent desaturation during tracheal intubation of intensive care patients with mild-to-moderate hypoxemia. *Crit Care Med.* 2015;43(3):574–83.
22. Stafford RA, Benger JR, Nolan J. Self-inflating bag or Mapleson C breathing system for emergency pre-oxygenation? *Emerg Med J.* 2008;25(3):153–5.
23. Meltzer SJ, Auer J. Continuous respiration without respiratory movements. *J Exp Med.* 1909;11(4):622–5.
24. Smith RB, Sjöstrand UH. Apneic diffusion oxygenation and continuous flow apneic ventilation. A review. *Acta Anaesthesiol Scand.* 1985;29(1):101–5.
25. Adams AB. Catheters for tracheal gas insufflation. *Respir Care.* 2001;46:177–84.
26. Soar, Jasmeet, et al. European resuscitation council guidelines 2021: adult advanced life support. *Resuscitation* 161 (2021):115–151.
27. Paxian M, Preussler NP, Reinz T, Schlueter A, Gottschall R. Transtracheal ventilation with a novel ejector-based device (Ventrain) in open, partly obstructed, or totally closed upper airways in pigs. *Br J Anaesth.* 2015;115(2):308–16.
28. Berry M, Tzeng Y, Marsland C. Percutaneous transtracheal ventilation in an obstructed airway model in post-apnoeic sheep. *Br J Anaesth.* 2014; 113(6):1039–45.

## 4.

# ZDRAVILA ZA OSKRBO DIHALNE POTI V SPLOŠNI ANESTEZIJI

**Mirt Kamenik**

### POVZETEK

Namen uporabe zdravil za oskrbo dihalne poti je preprečiti neprijetno izkušnjo za pacienta, ob tem pa omogočiti čim boljše pogoje za vstavitev dihalne cevke (najpogostejsa oblika dokončne oskrbe dihalne poti) in zagotoviti stabilnost obtočil. V ta namen se uporablja kombinacija zdravil za pripravo, hipnotika in mišičnega relaksanta. V prispevku so opisana zdravila, ki jih uporabljamo za oskrbo dihalne poti, pripo-ročeni odmerki in stranski učinki. Izmed zdravil za pripravo so opisani opioidni analgetiki in lidokain. Iz-med hipnotikov so predstavljeni propofol, etomidat in ketamin, izmed mišičnih relaksantov pa rokuronij in sukcinalholin. Podana so temeljna navodila, ki jih upoštevamo pri izbiri zdravil, zlasti pri pacientih, ki predstavljajo povečano tveganje za hemodinamsko nestabilnost med uvodom v splošno anestezijo.

### ABSTRACT

The purpose of using medications for airway management is to prevent an unpleasant experience for the patient while providing optimal conditions for insertion of the endotracheal tube (the most common form of definitive airway management) and ensuring circulatory stability. For this purpose, a combination of drugs is used, including preparation drugs, hypnotics, and muscle relaxants. This chapter describes the medications used for airway management, recommended doses, and their side effects. Among the preparation drugs, opioid analgesics and lidocaine are described. Among the hypnotics, propofol, etomidate, and ketamine are analysed, while rocuronium and succinylcholine are discussed as muscle relaxants. Basic guidelines are provided for selecting these medications, particularly for patients who are at an increased risk of hemodynamic instability during induction of general anaesthesia.

## UVOD

Oskrba dihalne poti praviloma predstavlja vstavitev dihalne cevke ali supraglotičnih pripomočkov, s pomočjo katerih zagotovimo odprto dihalno pot in varno predihavanje pacienta. Postopek oskrbe dihalne poti izvajamo bodisi za načrtovane ali nujne operativne posege ali pa za zagotovitev zadovoljivega predihavanja v nujnih stanjih, ki jih sprembla ali nezadovoljiva prehodnost dihalne poti ali dihalna stiska. Vsako manipulacijo dihalne poti pri budnem pacientu sprembla močan refleksni spazem mišic grla in žrela, ob tem pa stimulacija stresnega odgovora z aktivacijo hemodinamskega odziva. Namen uporabe zdravil za oskrbo dihalne poti je zmanjšanje neželenih in neprijetnih učinkov pri pacientu. Moramo se zavedati, da vzpostavitevi dihalne poti običajno sledi umetno predihavanje s pozitivnimi tlaki v dihalnih poteh. Ta ukrep zmanjša venski dotok v srce in s tem utripni volumen, kar lahko pri pacientih z omejeno zmogljivostjo srca pomembno vpliva na hemodinamsko stabilnost po vzpostavitevi dihalne poti. Zdravila, ki jih uporabimo za oskrbo dihalne poti, lahko razdelimo na zdravila za pripravo pacienta, zdravila za uspavanje ali sedacijo in mišične relaksante. Na nabor zdravil, ki jih uporabimo, pomembno vplivajo farmakokinetične lastnosti zdravil, njihovi stranski učinki in specifični dejavniki pacienta. Izmed slednjih ima velik pomen hemodinamsko stanje pacienta, spremljajoče bolezni in indikacija za vstavitev dihalne cevke. Na odločitev o zdravilu pomembno vpliva potreba po vstavitevi dihalne cevke s hitrim zaporedjem (angl. *rapid sequence induction/intubation – RSI*), ki je potrebna v primeru, ko pacient ni teč ali pa o tem nimamo podatka. V tem primeru, zaradi potrebe po hitrem zaporedju dajanja zdravil, ne moremo zmanjšati odmerka zdravil s postopno titracijo, kar pri nekaterih zdravilih pomembno vpliva na hemodinamske spremembe.

## ZDRAVILA ZA PRIPRAVO PACIENTA

Namen zdravil za pripravo je omiliti neželen fiziološki odziv (hipertenzija, tahikardija, porast znotraj lobanjskega tlaka) na laringoskopijo in vstavitev dihalne cevke. Zdravila, ki se uporabljam v ta namen, so opioidni analgetiki in lidokain.

### **Opioidni analgetiki**

Za pripravo pacienta pred postopkom vstavitve dihalne cevke se v anesteziološki praksi rutinsko uporablja sintetični kratkodelujuči opioidi (sufentanil, fentanil, alfentanil in remifentanil). Glavni namen dajanja opioidnih analgetikov za pripravo pacienta je oslabitev simpatične stimulacije ob laringoskopiji in vstavitevi dihalne cevke, ki vodi v tahikardijo in hipertenzijo. Pri hemodinamsko stabilnih pacientih uvod v anestezijo z visokimi odmerki sintetičnih opioidov zagotavlja dobro hemodinamsko stabilnost med uvodom. Običajno opisani odmerki sintetičnih opioidov za vzpostavitev dihalne poti ob uvodu v splošno anestezijo v kombinaciji s hipnotikom in mišičnim relaksantom so 1–6 mcg/kg za fentanil, 0,1–0,6 mcg/kg za sufentanil, 10–50 mcg/kg za alfentanil in 0,5–1 mcg/kg za remifentanil. Zaradi razmeroma dobre hemodinamske stabilnosti pacientov ob uvodu v anestezijo so bili v obdobju anestezije za srčne operacije z visokimi odmerki priporočani tudi odmerki fentanila do 20 mcg/kg, sufentanila do 2 mcg/kg, alfenantanila do 100 mcg/kg in remifentanila do 2 mcg/kg.

Zavedati se moramo, da opioidi preko delovanja na osrednje živčevje zmanjšajo tonus simpatičnega in povečajo tonus parasympatičnega avtonomnega živčevja. Hipovolemični ali drugi hemodinamsko nestabilni pacienti stabilnost obtočil vzdržujejo z visokim tonusom simpatičnega avtonomnega živčevja ali sproščanjem endogenih katekolaminov. Pri teh pacientih obstaja po vbrizganju opioidov visoko, od odmerka odvisno, tveganje za razvoj hipotenzije po uvodu v anestezijo. Skupina pacientov, ki zagotovo prav tako zahteva zmanjšanje odmerka opioidov ob vzpostavitevi dihalne poti, so starostniki. Prilagajanje odmerka opioidnih analgetikov je potrebno zlasti pri postopku RSI v urgentnih centrih. Hitro zaporedje dajanja zdravil v tem primeru poveča tveganje za hipotenzijo. Tudi objavljene raziskave potrjujejo, da je tveganje za hipotenzijo povečano v skupini pacientov v urgentnih centrih, pri kateri so za vzpostavitev dihalne poti uporabili fentanil (1). Na podlagi teh podatkov nekateri avtorji odsvetujejo uporabo opioidnih analgetikov v urgentnih centrih pri pacientih, ki potrebujejo vstavitev dihalne cevke s postopkom RSI (2). Je pa dejstvo, da lahko morebitno hipotenzijo po uvodu rešujemo z uporabo vazopresorjev. Pri odločitvi o uporabi opioida pri postopku RSI je zagotovo potrebna individualna presoja tveganja za pojav hipertenzije med postopkom laringoskopije in vstavitev dihalne cevke ter tveganja za pojav hipotenzije po vzpostavitevi dihalne poti.

## **Lidokain**

Lidokain se pogosto uporablja kot lokalni anestetik in antiaritmik. Mehanizem delovanja je blokada na-petostnih natrijevih kanalov. Po intravenski aplikaciji so opisani tudi drugi učinki kot bronhodilatacija, zaviranje kašla ter morebitna ublažitev porasta znotraj lobanjskega, znotraj očesnega in srednjega arte-rijskega tlaka med uvodom v anestezijo (3). Običajno se priporoča odmerek 1,0–1,5 mg/kg. Ti učinki, bi bili lahko ugodni za paciente z na primer travmatsko poškodbo možganov. Vendar v literaturi ni podatkov o zanesljivi učinkovitosti lidokaina pri uvodu v anestezijo pri pacientih s travmatsko poškodbo mož- ganov za bodisi zmanjšanje znotraj lobanjskega tlaka bodisi izboljšanje nevrološkega izhoda (4). Tudi raziskave o stabilnosti obtočil med uvodom v anestezijo ob dodatku intravenskega odmerka lidokaina niso enotne (5). Mnenja o smiselnosti priprave pacienta pred vstavitvijo dihalne cevke z intravenskim odmerkom lidokaina med avtorji niso enotna, zato se lidokain rutinsko ne uporablja kot zdravilo za preprečevanje porasta arterijskega tlaka ali znotraj lobanjskega tlaka med vstavitvijo dihalne cevke (2).

## **HIPNOTIKI**

Hipnotiki so zdravila, ki se praviloma redno uporabljajo za zagotavljanje spanja, amnezije in zmanjšanje simpatičnega odziva ob laringoskopiji in vstavitvi dihalne cevke. Izbor hipnotika je odvisen od farmako-kinetičnih lastnosti zdravila, dejavnikov pacienta, indikacije za operacijo in hemodinamskega stanja pa- cienta pred uvodom v anestezijo. Hipnotiki, ki jih najpogosteje uporabljamo, so propofol, etomidat, ke- tamin.

### **Propofol**

Propofol povzroča sedativni učinek s pomočjo agonističnega učinka na GABA<sub>A</sub> receptorje. Deluje tako, da zmanjša frekvenco GABA disociacije iz receptorja in podaljšuje čas odprtja kloridnih kanalov. Zaradi visoke lipofilnosti hitro prehaja krvno-možgansko bariero in ima hiter začetek delovanja (15–45 s). Ima bifazno izločanje. Razpolovna doba zgodnje eliminacije je 5–10 min, razpolovna doba dokončne elimi- nacije pa 4–7 ur (6).

Propofol je najpogosteje uporabljen hipnotik za uvod v splošno anestezijo. Običajno priporočen odme- rek je 1–2 mg/kg. Najpomembnejši stranski učinek propofola je zmanjšanje krvnega tlaka in minutnega volumna srca. Učinek je odvisen od odmerka in je bolj izrazit pri starostnikih in hemodinamsko nestabil- nih pacientih (7). Razlog za hipotenzijo je deloma zmanjšanje tonusa simpatičnega avtonomnega živčev- ja in zmanjšanje perifernega žilnega upora. Dodatno propofol zavira baroreceptorski refleks (8). Pri klinič- no uporabljenih odmerkih ostane krčljivost srčne mišice ohranjena, višji odmerki pa delujejo tudi negativno inotropno (9). Učinke propofola na obtočila lahko omejimo z zmanjšanjem odmerka ob počas- nem titriranju zdravila med uvodom, v literaturi pa je opisana tudi sočasna uporaba vazopresorji med uvodom (10). Učinek propofola na obtočila omejuje njegovo uporabo pri hemodinamsko nestabilnih pacientih in pri tistih, ki potrebujejo vstavitev dihalne cevke s postopkom hitrega zaporedja.

### **Etomidat**

Etomidat podobno kot propofol povzroča sedacijo in hipnozo preko delovanja na GABA<sub>A</sub> receptorje. Ob vezavi na GABA<sub>A</sub> receptorje povzroča modulacijo receptorja in zmanjša prag, pri katerem se receptor aktivira. Ima hiter začetek in kratek čas delovanja. Pri odmerku 0,3 mg/kg se sedativni učinek doseže praviloma v manj kot 30 sekundah. Ima minimalne učinke na obtočila tudi pri pacientih s hudo hipotenzijo in oslabljeno srčno rezervo (11). Zaradi omenjenih lastnosti je etomidat zelo primerno zdravilo za uvod v anestezijo pri hemodinamsko nestabilnih pacientih z omejeno srčno zmogljivostjo in pri tistih, ki potre- bujejo postopek RSI v urgentnih centrih (2).

Največji pomislek glede široke uporabe etomidata je vezan insuficienco nadledvične žleze, ki lahko nas- tane tudi po enkratnem odmerku etomidata. Etomidat namreč neposredno inhibira encim 11-beta- hydroksilazo, ki je potreben za endogeno sintezo kortizola. Učinek običajno izzveni po 48 urah, čeprav lahko traja tudi 72 ur. Raziskave so pokazale, da enkratni odmerek etomidata za vstavitev dihalne cevke s postopkom RSI ni povezan s slabšim kliničnim izhodom, povečano incidenco okužb ali s povečano

umrljivostjo tudi ne pri pacientih s sepso (12, 13). Nekatere novejše raziskave pa kažejo, da bi lahko bilo tveganje povečano pri pacientih s hudo obliko sepse. Pri teh pacientih avtorji svetujejo nadomeščanje glukokortikoidov (14).

### Ketamin

Ketamin je sedativni anestetik, ki ima tudi analgetične, anksiolitične, antikonvulzivne in disociativne lastnosti. Deluje kot antagonist NMDA receptorjev in monoaminergičnih receptorjev, ima pa tudi blag antagonističen učinek na nikotinske in muskarinske receptorje. Je edini hipnotik, ki ima tudi močan analgetični učinek. Priporočen odmerek za uvod v anestezijo znaša 1–2 mg/kg telesne teže. Ketamin povzroči tako imenovano disociativno stanje, zato lahko po uvodu v anestezijo pacientove oči ostanejo odprte.

Na simpatično avtonomno živčevje ketamin deluje s sproščanjem kateholaminov in inhibicijo ponovnega privzema kateholaminov. Zaradi tega učinka ima ketamin indirektni agonizem na  $\beta_2$  receptorje in s tem povzroči bronhodilatacijo, povečano sproščanje katekolaminov pa povzroči povečanje frekvence srca in krvnega tlaka med uvodom v anestezijo (15). Zaradi omenjenih učinkov ketamina na obtočila je ketamin pogosto uporabljen zdravilo za uvod v anestezijo pri hemodinamsko nestabilnih pacientih. Ob tem je potrebno poudariti, da neposredno na srčno mišico ketamin deluje kardiodepresivno z negativnim inotropnim učinkom (16). Previdnost je potrebna zlasti pri pacientih z izčrpanimi zalogami kateholaminov. Pri njih lahko tudi ketamin privede do dodatnega znižanja krvnega tlaka in frekvence srca (17). Nekatere raziskave v literaturi, ki so primerjale hemodinamsko stabilnost uvoda v anestezijo z bodisi etomidatom ali ketaminom pri kritično bolnih s sepso in tveganjem za hipotenzijo, so ugotavljale manjšo incidenco hipotenzije po uvodu z etomidatom kot s ketaminom (18, 19). Ob tem pa avtorji priznavajo, da je šlo za retrospektivno analizo in skupini morda nista bili primerljivi glede tveganja za pojav hipotenzije.

Dva dodatna poznana stranska učinka ketamina, ki sta verjetno pomemben razlog za to, da ketamin kot analgetik in hipnotik ni v bolj široki uporabi v anesteziološki praksi, sta povečano slinjenje in zlasti agitacija ob zbujanju iz anestezije. Ob zbujanju se namreč pojavljajo pogosto halucinacije, intenzivne sanje in agitiranost.

V klinični praksi je v zadnjem obdobju ketamin nadomestil S ketamin (Ketanest), ki predstavlja izolirano S izomero ketamina, ki je odgovorna za klinične učinke ketamina. Odmerek izoliranega S ketamina za uvod v anestezijo je za 50 % manjši od odmerka ketamina (torej 0,5–1 mg/kg telesne teže).

### MIŠIČNI RELAKSANTI

Mišični relaksanti se med postopkom uvoda v anestezijo uporabljajo v kombinaciji z analgetiki in hipnotiki in omogočajo optimizacijo pogojev za vzpostavitev dihalne poti. Glede na mehanizem delovanja jih delimo na depolarizirajoče in nedepolarizirajoče. Depolarizirajoči mišični relaksanti (edini predstavnik je sukcinilholin) se vežejo na nikotinske acetilholinske receptorje in povzročajo njihovo aktivacija, čemur sledi daljša depolarizacija mišične celice in s tem mišična relaksacija. Nedepolarizirajoči mišični relaksanti so kompetitivni agonisti acetilholinu na nikotinskih receptorjih živčno mišičnega stika. Ob vezavi na receptor onemogočijo proženje akcijskega potenciala in s tem mišično relaksacijo. Glede na strukturo nedepolarizirajoče mišične relaksante delimo na benzilizokinolone (atrakurij, cisatrakurij, mivakurij) in na aminosteroide (rokuronij, vekuronij, pankuronij). Benzilkinoloni se razgrajujejo z Hofmanovo eliminacijo v plazmi (atrakurij) ali pa s hidrolizo s plazemsko holinesterazo (mivakurij), zato njihovo izločanje ni odvisno od ledvične funkcije (20). Atrakurij se zato pogosto uporablja kot mišični relaksant za paciente z dokončno ledvično odpovedjo. Pomembna prednost mivakurija pa je bila v preteklosti kratek čas delovanja. Pomembno prednost aminosteroidnih mišičnih relaksantov je v klinično prakso prinesel razvoj specifičnega antagonista (sugamadeks), ki je v višjih odmerkih učinkovit tudi takoj po odmerku aminosteroidnega mišičnega relaksanta (zlasti rokuronij), njegova uporaba pa je varna tudi pri pacientih z dokončno ledvično odpovedjo (21). Zato se v klinični praksi rokuronij uveljavlja kot najpogosteje uporabljen mišični relaksant. A področju urgentne medicine se kot alternativa zlasti pri pacientih, ki potrebujejo vstavitev dihalne cevke s hitrim zaporedjem, ponuja tudi sukcinilholin.

## Rokuronij

Rokuronij je aminosteroidni nedepolarizirajoči mišični relaksant. Njegova pomembna lastnost je hiter začetek delovanja, ki je odvisen od odmerka in znaša pri odmerku 0,6 mg/kg okoli 90 s, pri odmerku 0,9 mg/kg okoli 75 s in pri odmerku 1,2 mg/kg okoli 60 s (22). Zaradi hitrega začetka delovanja je v višjih odmerkih primeren tudi za paciente, ki potrebujejo vstavitev dihalne cevke s hitrim zaporedjem. Sodi med mišične relaksante s srednje dolgim delovanjem, ki znaša 30–60 min, pri visokih odmerkih lahko tudi 120 min. Kot že omenjeno, je na voljo tudi učinkovit antagonist (sugamadeks), ki v visokih odmerkih (16 mg/kg) učinkovito antagonizira učinek rokuronija že v 10 minutah po aplikaciji rokuronija. Zaradi omenjenih lastnosti je rokuronij danes v klinični praksi zagotovo najpogosteje uporabljen mišični relaksant.

## Sukcinilholin

Sukcinilholin je depolarizirajoči mišični relaksant s hitrim začetkom delovanja (30–45 s) in kratkim trajanjem (5–10 min). Priporočen odmerek je 1,5 mg/kg telesne teže. Zaradi omenjenih lastnosti, ga zlasti literatura s področja urgentne medicine, pogosto priporoča kot mišični relaksant izbire pri pacientih, ki potrebujejo vstavitev dihalne cevke s hitrim zaporedjem. Najpomembnejši argument je ob tem kratek čas delovanja, ki omogoča tudi hitro oceno nevrološkega stanja po vstavitvi dihalne cevke. Cochranova analiza iz leta 2015 je pokazala, da sukcinilholin omogoča nekoliko boljše pogoje za vstavitev dihalne cevke kot rokuronij (23), vendar je ta učinek izzvenel ob primerjavi visokih odmerkov rokuronija (1,2 mg/kg). Tudi kasnejše raziskave so potrdile, da so pogoji za vstavitev dihalne cevke primerljivi ob uporabi visokih odmerkov rokuronija (24).

Problem uporabe sukcinilholina so zlasti njegovi stranski učinki. Kot depolarizirajoči mišični relaksant po vbrizganju povzroča krče po celotnem telesu. Ta učinek bi lahko povzročil porast znotrajlobanjskega tlaka pri pacientih s poškodbo glave. Čeprav zanesljivih podatkov o povečanju znotrajlobanjskega tlaka v literaturi ni, so nekatere raziskave pokazale povečano umrljivost pacientov s hudo možgansko poškodbo, ki so za relaksacijo dobili sukcinilholin (25). Depolarizacija po uporabi sukcinilholina povzroči sproščanje kalija ( $K^+$ ) s prehodnim porastom  $K^+$  v serumu za 0,5–1 mEq/L. Zato se uporaba zdravila odsvetuje pri pacientih z mišično distrofijo, demielinizacijskimi boleznimi, z dolgotrajno imobilnostjo, po poškodbi hrbtnača, tistih s sepso, ki traja več kot 7 dni in pri pacientih s Crush sindromom ali opečencih po 24 urah od nastanka opekline (26). Te skupine pacientov imajo povečano tveganje za izrazitejši porast koncentracije  $K^+$  v serumu. Dodaten zaplet je lahko še bradikardija, ki se pojavlja zlasti ob ponavljanju odmerkov, zdravilo pa lahko sproži tudi maligno hipertermijo pri dovezetnih pacientih.

## ZAKLJUČEK

Čeprav lahko dihalno pot oskrbimo tudi ob budnem pacientu (**9. poglavje**), se pri oskrbi dihalne poti praviloma poslužujemo kombinacije analgetika, hipnotika in mišičnega relaksanta. Za hemodinamsko stabilnega pacienta bomo praviloma uporabili kombinacijo opioidnega analgetika s hipnotikom (propofol) in nedepolarizirajočim mišičnim relaksantom (rokuronij). Izbor in odmerke analgetika in hipnotika pogosto spremenimo pri pacientih s povečanim tveganjem za nestabilnost obtočil po uvodu v anestezijo (septični, hemodinamsko nestabilni, starostniki), zlasti pri pacientih, ki potrebujejo vstavitev dihalne cevke s hitrim zaporedjem. Pri teh pacientih lahko za uvod uporabimo manjši odmerek opioidnega analgetika v kombinaciji z etomidatom ali pa ketamin. Za ketamin se pogosto odločimo pri hemodinamsko zelo nestabilnih (šokiranih) pacientih, čeprav zanesljivih podatkov o tem, da ketamin v tej skupini pacientov zagotavlja najboljšo izbiro ni. Izmed mišičnih relaksantov je zagotovo najpogosteje uporabljen zdravilo v anesteziologiji rokuronij, ki je primeren tudi za tiste, ki potrebujejo vstavitev dihalne cevke s hitrim zaporedjem. V literaturi s področja urgentne medicine se kot alternativa rokuroniju za te paciente pogosto priporoča sukcinilholin.

## VIRI

1. Takahashi J, Goto T, Okamoto H, Hagiwara Y, Watase H, Shiga T, Hasegawa K; Japanese Emergency Medicine Network Investigators. Association of fentanyl use in rapid sequence intubation with post-intubation hypotension. Am J Emerg Med. 2018; 36(11):2044–2049.
2. Engstrom K, Brown CS, Mattson AE, Lyons N, Rech MA. Pharmacotherapy optimization for rapid sequence intubation in the emergency department. Am J Emerg Med. 2023;70:19–29.

3. Yang X, Wei X, Mu Y, Li Q, Liu J. A review of the mechanism of the central analgesic effect of lidocaine. *Medicine (Baltimore)*. 2020; 99(17):e19898.
4. Robinson N, Clancy M. In patients with head injury undergoing rapid sequence intubation, does pretreatment with intravenous lignocaine/lidocaine lead to an improved neurological outcome? A review of the literature. *Emerg Med J*. 2001;18(6):453–7.
5. Zou Y, Kong G, Wei L, Ling Y, Tang Y, Zhang L, Huang Q. The effect of intravenous lidocaine on hemodynamic response to endotracheal intubation during sufentanil-based induction of anaesthesia. *Anaesthesiol Intensive Ther*. 2020;52(4):287–29.
6. Sahinovic, M.M., Struys, M.M.R.F., Absalom, A.R. Clinical Pharmacokinetics and Pharmacodynamics of Propofol. *Clin Pharmacokinet*. 2018;57:1539–58.
7. Hug CC Jr, McLeskey CH, Nahrwold ML, Roizen MF, Stanley TH, Thisted RA, Walawander CA, White PF, Apfelbaum JL, Grasela TH, et al. Hemodynamic effects of propofol: data from over 25,000 patients. *Anesth Analg*. 1993;77(4 Suppl):S21–9.
8. Ebert TJ. Sympathetic and hemodynamic effects of moderate and deep sedation with propofol in humans. *Anesthesiology*. 2005;103(1):20–4.
9. Wouters PF, Van de Velde M, Van Hemelrijck J. Cardiovascular Effects of Propofol. *Seminars in Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. 1997;1(2):121–131.
10. Farhan, Muhammad; Hoda, Muhammad Qamarul; Ullah, Hameed. Prevention of hypotension associated with the induction dose of propofol: A randomized controlled trial comparing equipotent doses of phenylephrine and ephedrine. *Journal of Anaesthesia Clinical Pharmacology* 2015; 31(4):526–530.
11. Oglesby AJ. Should etomidate be the induction agent of choice for rapid sequence intubation in the emergency department? *Emerg Med J*. 2004; 21(6):655–9.
12. Gu WJ, Wang F, Tang L, Liu JC. Single-dose etomidate does not increase mortality in patients with sepsis: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials and observational studies. *Chest*. 2015; 147(2):335–46.
13. Bruder EA, Ball IM, Ridi S, Pickett W, Hohl C. Single induction dose of etomidate versus other induction agents for endotracheal intubation in critically ill patients. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015; 1(1): CD010225.
14. Albert SG, Sitaula S. Etomidate, Adrenal Insufficiency and Mortality Associated With Severity of Illness: A Meta-Analysis. *J Intensive Care Med*. 2021;36(10):1124–1129.
15. White PF, Way WL, Trevor AJ. Ketamine--its pharmacology and therapeutic uses. *Anesthesiology*. 1982; 56(2):119–36.
16. Klein LR, Cole JB. Ketamine: Focusing on the Facts and Forgetting the Fiction. *Ann Emerg Med*. 2021;78(1):132–139.
17. Miller M, Kruit N, Heldreich C, Ware S, Habig K, Reid C, Burns B. Hemodynamic Response After Rapid Sequence Induction With Ketamine in Out-of-Hospital Patients at Risk of Shock as Defined by the Shock Index. *Ann Emerg Med*. 2016; 68(2):181–188.e2.
18. Mohr NM, Pape SG, Runde D, Kaji AH, Walls RM, Brown CA 3rd. Etomidate Use Is Associated With Less Hypotension Than Ketamine for Emergency Department Sepsis Intubations: A NEAR Cohort Study. *Acad Emerg Med*. 2020; 27(11):1140–1149.
19. April MD, Arana A, Schauer SG, Davis WT, Oliver JJ, Fantegrossi A, Summers SM, Maddry JK, Walls RM, Brown CA 3rd; NEAR Investigators. Ketamine Versus Etomidate and Peri-intubation Hypotension: A National Emergency Airway Registry Study. *Acad Emerg Med*. 2020;27(11):1106–1115.
20. Jonas Appiah-Ankam, MB ChB FRCA , Jennifer M Hunter, MB ChB PhD FRCA, Pharmacology of neuromuscular blocking drugs, Continuing Education in Anaesthesia Critical Care & Pain, Volume 4, Issue 1,2004; 4(1):2–7.
21. Kim YS, Lim BG, Won YJ, Oh SK, Oh JS, Cho SA. Efficacy and Safety of Sugammadex for the Reversal of Rocuronium-Induced Neuromuscular Blockade in Patients with End-Stage Renal Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Medicina (Kaunas)*. 2021;57(11):1259.
22. Magorian T, Flannery KB, Miller RD. Comparison of rocuronium, succinylcholine, and vecuronium for rapid-sequence induction of anesthesia in adult patients. *Anesthesiology*. 1993; 79(5):913–8.
23. Tran DT, Newton EK, Mount VA, Lee JS, Wells GA, Perry JJ. Rocuronium versus succinylcholine for rapid sequence induction intubation. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015;2015(10):CD002788.
24. April MD, Arana A, Pallin DJ, Schauer SG, Fantegrossi A, Fernandez J, Maddry JK, Summers SM, Antonacci MA, Brown CA 3rd; NEAR Investigators. Emergency Department Intubation Success With Succinylcholine Versus Rocuronium: A National Emergency Airway Registry Study. *Ann Emerg Med*. 2018; 72(6):645–653.
25. Patanwala AE, Erstad BL, Roe DJ, Sakles JC. Succinylcholine Is Associated with Increased Mortality When Used for Rapid Sequence Intubation of Severely Brain Injured Patients in the Emergency Department. *Pharmacotherapy*. 2016;36(1):57–63.
26. Martyn JA, Richtsfeld M. Succinylcholine-induced hyperkalemia in acquired pathologic states: etiologic factors and molecular mechanisms. *Anesthesiology*. 2006;104(1):158–69.

## 5.

# INDIKACIJE ZA OSKRBO DIHALNE POTI IN UMETNO PREDIHAVANJE

**Andreja Möller Petrun**

### **POVZETEK**

Varna oskrba dihalne poti pri pacientu z ogroženo dihalno potjo ter motnjo izmenjave plinov ima najvišjo stopnjo prioritete, saj hipoksemija vodi do okvare organov in smrt. V izogib potencialnim, za pacienta nevarnim zapletom, je natančno poznavanje indikacij za oskrbo dihalne poti ter z njimi povezanimi težavami nujno. Vstavitev dihalne cevke s tesnilnim mešičkom je še vedno zlati standard za dokončno oskrbo dihalne poti. Potreba po umetnem predihavanju logično sledi oskrbi dihalne poti. Ker gre za invazivni postopek simptomatskega zdravljenja s številnimi negativnimi učinki na vse organske sisteme v telesu, je tudi na tem mestu izjemnega pomena poznavanje indikacij zanj.

### **ABSTRACT**

In patients with compromised airway and disturbed gas exchange, safe airway management is of utmost priority since hypoxemia leads to organ damage and death. To avoid potentially dangerous complications, an in-depth knowledge of indications for airway management and related difficulties is necessary. Tracheal intubation with a cuffed tube is still the gold standard for securing the airway. The need for mechanical ventilation is a logical consequence of airway management. Since mechanical ventilation is an invasive symptomatic treatment with potential negative effects for all organ systems, suitable knowledge regarding its indications is crucial.

## UVOD

Dihalno pot razdelimo na zgornjo (nosna, ustna votlina, žrelo ter grlo nad glasilkama) in spodnjo dihalno pot (sapnik, sapnice in manjše dihalne poti vse do respiratornih bronhiolov), meja so glasilke (**1. poglavje**) (1). Dihalna pot omogoča pretok zraka med oklico in pljuči. Vzdrževanje prehodne dihalne poti je kompleksen proces, koordiniran s strani centralnega živčevja, ki se večinoma dogaja na nezavedni ravni, kar pri zdravih ljudeh omogoča pretok zraka tudi med spanjem (2). Do določene mere lahko zavesten človek vpliva nanj (npr. namerno zadrževanje vdiha, izdih proti zaprtemu poklopcu – Valsalva maneuver) (3). Centri na nivoju možganskega debla in podaljšane hrbtenjače skrbijo, da v dihalno pot ne zaidejo tujki, oziroma da jih ustrejni refleksi čim hitreje in učinkovito odstranijo iz dihal (2). Če je katerikoli mehanizem okrnjen, je izmenjava plinov motena, razvije se hipoksemija in/ali hiperkapnija, ki vodita do okvare organov in smrti.

## INDIKACIJE ZA OSKRBO DIHALNE POTI

Kadarkoli anatomske ali funkcionalne spremembe ali bolezenski procesi privedejo do delne ali celo popolne zapore dihalne poti, je za ohranjanje oksigenacije ter odstranjevanja ogljikovega dioksida (predihavanje) potrebno vanjo poseči od zunaj (4). Dihalno pot je treba oskrbeti tudi v primeru izgube zaščitnih refleksov. Enako pomembna indikacija je vztrajajoča hipoksemija in/ali hiperkapnija. Neustrezna oksigenacija in izmenjava plinov zaradi zapore dihalne poti, izgube zavesti, zaradi dihalne stiske ali sedacije in/ali mišične relaksacije med anestezijo lahko namreč v nekaj minutah vodita do nepovratne okvare možganov in celo v smrt (5).

Oskrba dihalne poti je ena temeljnih veščin anesteziologa, intenzivista ter urgentnega zdravnika (4). Način oskrbe dihalne poti lahko razdelimo v štiri stopnje (4, 5):

- spontano dihanje, asistirano ali popolnoma kontrolirano predihavanje preko obrazne maske (**6. poglavje**);
- uporaba enega od supraglotičnih pripomočkov (**7. poglavje**);
- vstavitev dihalne cevke s tesnilnim mešičkom v sapnik (angl. *endotracheal intubation*) (**7.–9. poglavje**);
- translaringealni/transtrahealni pristop: konikotomija in traheotomija (**10. poglavje**).

Zlati standard oskrbe dihalne poti v enoti intenzivne terapije in pri velikem naboru kirurških posegov v splošni anesteziji je vstavitev dihalne cevke s tesnilnim mešičkom (6). Preko dihalne cevke lahko pacienta predihavamo tudi z višjimi tlaki, odsesavamo morebitne izločke, ščiti ga pred vdihavanjem izbruhanine, krvi, sluzi, gnoja itd.

Pri načrtovanih posegih se anesteziolog na podlagi anamneze, kliničnega pregleda in vrste posega že vnaprej odloči za način oskrbe dihalne poti (5, 7). V nujnih primerih je ključnega pomena predvsem odločitev, kdaj je najprimernejši trenutek za oskrbo dihalne poti ter ustreznata priprava pripomočkov, osebja in pacienta za ta postopek (5, 6). V zadnjih letih se v priporočilih Evropskega sveta za oživljjanje kot primarna oskrba dihalne poti vse bolj uveljavlja uporaba supraglotičnih pripomočkov, predvsem na terenu in med oživljjanjem, če osebje ni večše vstavitev dihalne cevke (8). V kontroliranih pogojih (ustrezno usposobljeno osebje) je nato supraglotični pripomoček običajno potrebno nadomestiti z dihalno cevko, ki edina skoraj 100 % prepreči možnost zatekanja želodčne vsebine, krvi ali drugih izločkov v sapnik (6). Z oskrbo dihalne poti torej želimo preprečiti hipoksemijo in/ali hiperkarbijo ter dihalno pot zaščititi pred škodljivimi zunanjimi vplivi (5).

Indikacije za vstavitev dihalne cevke so (9, 10, 11):

- zagotavljanje prehodnosti zgornje dihalne poti (nad glasilkama):
  - angioedem, oteklena zaradi okužbe ali poškodbe,
  - opekline obraza, vratu in inhalacijska opekлина,
  - poškodba obraza in/ali vratu,
  - krvavitev, podplutbe v področju zgornjih dihal in vratu,
  - tumor na obrazu, vratu ali v zgornjem delu dihalne poti;

- zožena ali odsotna zavest ter izguba tonusa zgornjega dela dihalne poti (zpora dihalne poti zaradi ohlapnosti mišic in/ali nevarnost vdihavanje želodčne vsebine in/ali krvi):
  - srčni zastoj,
  - Glasgowska lestvica kome (GKS) manj kot 8 pri poškodbi glave ali drugih motnjah zavesti, ki niso rešljive v kratkem času (minutah),
  - ishemija/krvavitev v možgane,
  - zastrupitve (zožena zavest, depresija dihalnega centra),
  - epileptični status,
  - hude motnje elektrolitov npr. hipofosfatemija, hipomagnezemija, hipokalcemija ipd.,
  - metabolne motnje – redko (npr. miksedemska koma);
- nevrološke in mišične bolezni:
  - okvara dihalnega centra v možganih (krvavitve, ishemija, multipla skleroza ipd.),
  - okvara hrbtenjače (poškodbe, multipla skleroza, ishemija ipd.),
  - okvara perifernega živčevja (poškodbe, amiotrofična lateralna skleroza ipd.),
  - mišične bolezni (Duchenne-ova in Beckerjeva mišična distrofija ipd.);
- nezmožnost predihavanja – izmenjave plinov v dihalnih poteh:
  - kot končni rezultat nezmožnosti vzdrževanja odprte dihalne poti,
  - zaradi utrujenosti dihalnih mišic kot posledice napora pri poslabšanju kronične obstruktivne pljučne bolezni ali astme, pljučnice, srčnega popuščanja ipd.;
- nezmožnost oksigenacije, neujemanje med ventilacijo in perfuzijo:
  - kot končni rezultat nezmožnosti vzdrževanja odprte dihalne poti ali predihavanja,
  - fluidotoraks, hematotoraks, pnevmotoraks,
  - pljučni edem,
  - sindrom akutne dihalne stiske (angl. *acute respiratory distress syndrome – ARDS*),
  - huda pljučnica,
  - pljučna embolija,
  - zastrupitev s cianidi, ogljikovim monoksidom ali methemoglobinemija;
- predvideno poslabšanje kliničnega stanja, kot:
  - nesodelajoč poškodovanec z življenje ogrožajočimi poškodbami, ki potrebuje slikovno diagnostiko ali kakšen invazivni poseg,
  - poškodba ali operacija na vratu z nastajajočo podplutbo (operacija na karotidni arteriji, ščitnici, vstavitev osrednjega venskega katetra ipd.),
  - septični šok s hiperventilacijo in slabo periferno perfuzijo,
  - znotrajlobanska krvavitev/edem možganov s slabšanjem stanja zavesti,
  - nestabilni zlom vratne hrbtenice,
  - akutno srčno popuščanje s pljučnim edemom, obsežna pljučnica, poslabšanje kronične obstruktivne pljučne bolezni, astme, ki se ne popravlja kljub neinvazivnemu predihavanju (poskus največ 1–2 uri neinvazivnega predihavanja);
- načrtovani operativni posegi v splošni anesteziji:
  - pacient, ki ni tešč,
  - pacient s tumorjem, vnetjem ali krvavitvijo v zgornjih dihalih,
  - pacient z anatomskimi anomalijami obraza, vratu ali zgornjega dela dihalne poti (tak pacient sodi praviloma v specializirane centre, kjer je osebje večje oskrbe težke dihalne poti),
  - operacije na glavi in vratu v položaju, ki onemogoča uporabo obrazne maske ali supraglotičnega pripomočka,
  - simptomatski gastroezofagealni refluks ali diafragmalna kila;
  - operacije v prsni ali trebušni votlini (npr. predihavanje enega pljučnega krila, laparoskopske operacije ipd.),
  - zvišan znotrajlobanski tlak,
  - operacije v položajih, kjer ni možna uporaba supraglotičnega pripomočka (npr. na trebuhu),
  - operacije, ki trajajo več kot 2 uri,
  - indeks telesne mase  $> 30 \text{ kg/m}^2$ ,

- posegi, kjer je dihalna pot težko dostopna (radiološke preiskave z magnetno resonanco, endovaskularni posegi na vratnih in možganskih žilah, gastroskopija v splošni anesteziji ipd.).

Kontraindikacije za vstavitev dihalne cevke so (12, 13):

- absolutne:
  - popolna zapora dihalne poti s potrebo po kirurški dihalni poti,
  - popolna izguba obraznih/vratnih topografskih orientacijskih točk s potrebo po kirurški vzpostavitvi dihalne poti;
- relativne:
  - predvidena težka oskrba dihalne poti, kjer je potrebna posebna oprema za uspešno oskrbo težke dihalne poti,
  - terminalno stanje bolezni, umirajoči (pogosto obstaja etična dilema).

## INDIKACIJE ZA UMETNO PREDIHAVANJE

Po oskrbi dihalne poti s supraglotičnim pripomočkom ali dihalno cevko je praviloma potrebna določena stopnja umetnega predihavanja (angl. *mechanical ventilation*). V zadnjih letih se pri posameznih boleznih vsaj kot začetni ukrep vse bolj uveljavlja tako imenovano neinvazivno umetno predihavanje (angl. *non-invasive ventilation – NIV*) s pomočjo posebne nosne kanile, maske ali skafandra (14, 15). V splošnem lahko z umetnim predihavanjem bolj ali manj podpremo oziroma razbremenimo pacientove dihalne napore (asistirano predihavanje – angl. *assisted ventilation* in podporno predihavanje – angl. *supported ventilation*) ali popolnoma nadomestimo pacientovo spontano dihanje (popolnoma kontrolirano predihavanje – angl. *controlled ventilation*) (16).

Indikacija za umetno predihavanje je dihalna odpoved (15). Lahko gre za nezmožnost zagotavljanja primer-nega minutnega volumna, katere prvi pokazatelj je hiperkapnija, ali za nezmožnost oksigenacije arterijske krvi (hipoksemija) ali pa za kombinacijo obojega (6). Poleg dihalne odpovedi so indikacije še potreba po zaščiti dihalne poti (motnje zavesti, anestezija, poškodbe), povečano dihalno delo, potreba po razbremenitvi srca zaradi povečane potrebe po oskrbi tkiv s kisikom in potreba po kontrolirani hiperventilaciji (redko)(17).

V **Tabeli 1** so naštete bolezni, zaradi katerih je potrebno paciente pogosto umetno predihavati.

**Bolezni, ki prizadenejo (napolnijo) pljučne mešičke:** pneumonitis (infekcijski, aspiracijski), nekardiogeni pljučni edem/ARDS (okužba, inhalacijska poškodba, utopitev, masivna transfuzija, udarnina pljuč, pankreatitis ipd.), kardiogeni pljučni edem, krvavitev v pljuča.

**Pljučne žilne bolezni:** pljučni trombembolizmi, embolija z amnijsko tekočino, zračna embolija, maščobna embolija.

**Bolezni, ki povzročajo zaporo širših delov dihalne poti:** tumorji, ognojki, angioedem gryla, zožitev sapnika.

**Bolezni, ki povzročajo zaporo ožjih delov dihalne poti:** akutno poslabšanje kronične obstruktivne pljučne bolezni, astme, bronhospazem.

**Hipoventilacija zaradi zmanjšane osrednje stimulacije dihanja:** splošna anestezija, vpliv zdravil, poškodbe, vnetja, tumorji, krvavitev v osrednji živčni sistem.

**Hipoventilacija zaradi bolezni perifernega živčnega sistema in prizadetost dihalnih mišic:** amiotrofična lateralna skleroza, tetraplegija, sindrom Guillain-Barre, miastenija gravis, tetanus, mišične distrofije.

**Hipoventilacija zaradi bolezni plevre in stene prsnega koša:** nestabilni prsni koš zaradi poškodbe, masivni hematotoraks, masivni plevralni izliv, pnevmotoraks, huda kifoskolioza.

**Povečana potreba po izmenjavi plinov oziroma minutni ventilaciji:** huda sepsa in septični šok, huda metabolna acidoza.

**Tabela 1. Bolezenska stanja, ki pogosto zahtevajo umetno predihavanje, neinvazivno ali invazivno (11).** ARDS – sindrom akutne dihalne stiske.

Zelo pomembno je, da o umetnem predihavanju začnemo razmišljati dovolj zgodaj, še preden postane potreba po dihalni podpori nujna. Enakega pomena je načrt, kako bomo pacienta po razrešitvi osnovnega vzroka dihalne odpovedi prevedli nazaj na spontano dihanje ter uspešno in varno odstranili pripomoček, preko katerega smo ga predihavali (supraglotični pripomoček, dihalna cevka) (6). Umetno predihavanje praviloma ni končna rešitev, ampak je le premostitev (simptomatsko zdravljenje odpovedi dihal), s katero pacientu kupimo čas za zdravljenje osnovne bolezni. Razen klinične slike so določeni laboratorijski in klinični kriteriji objektivna pomoč pri odločitvi za začetek umetnega predihavanja (**Tabela 2**).

Laboratorijski kriteriji
<b>Plinska analiza arterijske krvi</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• <math>\text{PaO}_2 \leq 7,3 \text{ kPa}</math>,</li><li>• <math>\text{PaCO}_2 \geq 6,6 \text{ kPa}</math> (razen pri pacientih s KOPB) in <math>\text{pH} \leq 7,25</math>.</li></ul>
<b>Testi pljučne funkcije</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• vitalna kapaciteta <math>\leq 10\text{--}15 \text{ mL/kg}</math>;</li><li>• pacient ni sposoben vdihniti s podtlakom <math>20\text{--}25 \text{ mmHg}</math>;</li><li>• <math>\text{FEV}_1 \leq 10 \text{ mL/kg}</math></li><li>• alveolo-arterijski gradient <math>&lt; 350 \text{ mmHg}</math> na 100 % kisiku;</li><li>• mrtvi prostor <math>&gt; 0,6 \text{ L}</math>.</li></ul>
<b>Klinični kriteriji</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• apnea in bradipneja;</li><li>• frekvenca dihanja <math>\geq 30/\text{min}</math>;</li><li>• respiratorni distres z motnjami zavesti;</li><li>• klinično jasno vidno povečano dihalno delo;</li><li>• kardiogeni pljučni edem;</li><li>• potreba po zaščiti dihalne poti;</li><li>• zmedenost, motnje zavesti.</li></ul>

**Tabela 2. Laboratorijski in klinični kriteriji za umetno predihavanje (11).**

FEV1 – forsirani ekspirij v 1 sekundi,  
KOPB – kronična obstruktivna pljučna bolezen,  
 $\text{PaO}_2$  – delni tlak kisika v arterijski krvi,  
 $\text{PaCO}_2$  – delni tlak ogljikovega dioksida v arterijski krvi.

Le redko je potreba po umetnem predihavanju prisotna do konca življenja (npr. določene mišične ali živčne bolezni). V teh primerih se pogosto postavlja vprašanje etičnosti v povezavi z napredovanjem osnovne bolezni in pacientove svobodne volje (13). Pogosteje smo v dilemi, ali je etično pričeti z umetnim predihavanjem pri pacientu v terminalnem stadiju bolezni ali celo pri umirajočem, ki zaradi lastnega stanja pogosto niti nima možnosti soodločanja. Če z umetnim predihavanjem pacientu olajšamo iztekanje njegovega življenja (predvsem z NIV), je to seveda del paliativne oskrbe (18). Vendar pogosto v trenutku, ko se moramo odločiti, ali naj pričnemo z umetnim predihavanjem ali ne, nimamo objektivnih podatkov o tem, ali bo podpora pacientovemu dihanju res olajšala njegovo trpljenje ali pa mu bomo samo podaljšali agonijo, oziroma ne vemo, kako je napredovala pacientova osnovna bolezen. V takih primerih je po priporočilih strokovnjakov za paliativno oskrbo najboljša rešitev multidisciplinarni konzilij z vključevanjem pacienta, če je sposoben razumeti in odločati. Vedno je pomembna tudi komunikacija s svojci (13).

## ZAKLJUČEK

Oskrba dihalne poti in osnovno znanje o umetnem predihavanju sta ključni veščini anesteziologov, intenzivistov in urgentnih zdravnikov. Ker je reševanje dihalne stiske in nezadostne oksigenacije ena od najvišjih prioritet, je poznavanje indikacij za oskrbo dihalne poti ter umetno predihavanje nujno. Razen poznavanja indikacij je ključnega pomena tudi priprava pacienta, osebja in okolja (prilagojeno indikaciji), kot tudi pravi trenutek za oskrbo dihalne poti in začetek umetnega predihavanja. S slednjim pa je od vsega začetka neločljivo povezan tudi načrt, kako bomo pacienta kasneje ponovno uspešno prevedli na spontano dihanje.

## VIRI

---

1. Ball M, Hossain M, Padalia D. Anatomy, Airway. V: StatPearls [internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 [dostopano 3. avgusta 2023]. Dostopno na: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK459258/>.
2. Ikeda K, Kawakami K, Onimaru H, Okada Y, Yokota S, Koshiya N, u. a. The respiratory control mechanisms in the brainstem and spinal cord: integrative views of the neuroanatomy and neurophysiology. *J Physiol Sci.* 2017;67(1):45–62.
3. Pleil JD, Wallace MAG, Davis MD, Matty CM. The physics of human breathing: flow, timing, volume, and pressure parameters for normal, on-demand, and ventilator respiration. *J Breath Res.* 2021;15(4):10.1088/1752-7163/ac2589.
4. Piepho T, Cavus E, Noppens R, Byhahn C, Dörges V, Zwissler B, u. a. S1-Leitlinie Atemwegsmanagement. *Anaesthesia.* 2015;64(11):859–73.
5. Frerk C, Mitchell VS, McNarry AF, Mendonca C, Bhagrath R, Patel A, u. a. Difficult Airway Society 2015 guidelines for management of unanticipated difficult intubation in adults. *BJA Br J Anaesth.* 2015;115(6):827–48.
6. Higgs A, McGrath BA, Goddard C, Rangasami J, Suntharalingam G, Gale R, u. a. Guidelines for the management of tracheal intubation in critically ill adults. *Br J Anaesth.* 2018;120(2):323–52.
7. Checketts MR, Alladi R, Ferguson K, Gemmell L, Handy JM, Klein AA, u. a. Recommendations for standards of monitoring during anaesthesia and recovery 2015 : Association of Anaesthetists of Great Britain and Ireland. *Anaesthesia.* 2016;71(1):85–93.
8. Perkins GD, Gräsner JT, Semeraro F, Olasveengen T, Soar J, Lott C, u. a. European Resuscitation Council Guidelines 2021: Executive summary. *Resuscitation.* 2021;161:1–60.
9. Şahiner Y. Indications for Endotracheal Intubation. V: Tracheal Intubation [internet]. IntechOpen; 2018 [dostopano 3. avgusta 2023]. Dostopno na: <https://www.intechopen.com/chapters/60582>.
10. Egan's Fundamentals of Respiratory Care - 12th Edition [internet]. [dostopano 1. avgusta 2023]. Dostopno na: <https://shop.elsevier.com/books/egans-fundamentals-of-respiratory-care/kacmarek/978-0-323-51112-4>.
11. Moller Petrun A. Indikacije za oskrbo dihalne poti in umetno predihavanje. V: MEKIŠ, Dušan (ur.). Dihalna pot 2019. Maribor: Univerzitetni klinični center, 2019. Str. 20–27. ISBN 978-961-7039-48-1.
12. Avva U, Lata JM, Kiel J. Airway Management. V: StatPearls [internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 [dostopano 3. avgusta 2023]. Dostopno na: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK470403/>
13. Scala R, Ciarleglio G, Maccari U, Granese V, Salerno L, Madioni C. Ventilator Support and Oxygen Therapy in Palliative and End-of-Life Care in the Elderly. *Turk Thorac J.* 2020;21(1):54–60.
14. Gong Y, Sankari A. Noninvasive Ventilation. V: StatPearls [internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 [dostopano 3. avgusta 2023]. Dostopno na: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK578188/>
15. Pearson SD, Koyner JL, Patel BK. Management of Respiratory Failure: Ventilator Management 101 and Noninvasive Ventilation. *Clin J Am Soc Nephrol.* 2022;17(4):572.
16. Chatburn RL, El-Khatib M, Mireles-Cabodevila E. A Taxonomy for Mechanical Ventilation: 10 Fundamental Maxims. *Respir Care.* 2014;59(11):1747–63.
17. AWMF Leitlinienregister [internet]. [dostopano 2. avgusta 2023]. Dostopno na: <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/001-021>
18. Lacerda FH, Checoli PG, da Silva CMD, Brandão CE, Forte DN, Besen BAMP. Mechanical ventilation withdrawal as a palliative procedure in a Brazilian intensive care unit. *Rev Bras Ter Intensiva.* 2020;32(4):528–34.

## 6.

# SPROSTITEV DIHALNE POTI, ODSTRANITEV TUJKOV, PREDIHAVANJE Z OBRAZNO MASKO IN DIHALNIM BALONOM

**Marko Lokar**

## POVZETEK

Oskrba dihalne poti je eden izmed temeljev obravnave pacienta v anesteziologiji in reanimatologiji. Delimo jo v osnovno (sprostitev dihalne poti, predihavanje preko obrazne maske ter napredno (vstavitev dihalne cevke, supraglotičnega pripomočka). Prvi korak za uspešno oskrbo dihalne poti je sprostitev dihalne poti, ki jo naredimo z vzvratom glave, dvigom čeljusti ter uporabo trojnega manevra. Če pacient ne diha spontano, za umetno predihavanje uporabimo obrazno masko z dihalnim balonom. Nekatere paciente zaradi specifičnih anatomskeh ali fizioloških lastnosti težko predihavamo z obrazno masko, zato si pri teh pomagamo z dvoročno tehniko in uporabo dodatnih pripomočkov. Nujno stanje s področja oskrbe dihalne poti predstavljajo tudi zapore s tujki. V teh primerih je potrebna takojšnja prepoznavana stanja in ukrepanje. Ob sumu na zaporo dihalne poti je potrebno ločiti nepopolno od popolne zapore in glede na to tudi ustrezno ukrepati. Popolna zapora zahteva aktiven pristop z udarci med lopaticama in stisi trebuha, medtem ko pri nepopolni le spodbujamo kašelj.

## ABSTRACT

All anaesthesia cases include airway assessment and management. The key step in the latter is the opening of the airway. Anaesthetised or unconscious patients require specific manoeuvres to open the airway and enable oxygen flow to alveoli – either with spontaneous respiratory efforts or manual ventilation of the patient via bag-valve-mask. In cases of difficult bag mask ventilation, practitioners can use both hands for holding the mask or use supraglottic adjuncts. Foreign body airway obstruction is an airway emergency. It is important to distinguish between total and partial obstruction. In cases of total obstruction, back blows and abdominal thrusts are needed, whereas partial obstruction necessitates passive approach and encouraging the patient to cough.

## UVOD

Zapora dihalne poti je nujno stanje, ki lahko, če traja predlogo, vodi v hipoksemijo, hipoksično okvaro možganov in srčni zastoj. V izogib temu je potrebno čim hitrejše prepoznavanje zapore in takojšnje ukrepanje. Do zapore dihalne poti lahko pride na treh anatomskih nivojih: nad grлом, na nivoju grla ali pod nivojem grla. Nad nivojem grla pride najpogosteje do zapore zaradi izgube tonusa mišic jezika in žrela, kar je običajno posledica izgube zavesti ali anestezije. Zoženje ali zapora dihalne poti nad nivojem grla je lahko tudi posledica edema, tujkov, prekomerne telesne težeali izgube tonusa mišic žrela pri boleznih mišic ali živčevja (bulbarna paraliza) in spanju. Na nivoju grla lahko privedejo do zapore dihalne poti, pareza glasilk, laringospazem, kot posledica krčenja lažnih glasilk, tumorjev in edema zaradi anafilaktičnih reakcij, vnetij ali opeklina. Zapora pod nivojem grla je lahko posledica stenoze sapnika zaradi dalj časa vstavljenih dihalnih cevki, večkratnih neuspešnih poskusov vstavitve dihalne cevke v sapnik, bronhospazma, tumorjev in/ali pritiska z zunanje strani pri golši ali tumorjih v mediastinumu. Do zapore s tujkom lahko pride na vseh nivojih dihalne poti. Najpogostejsa je pri otrocih, pri katerih največkrat pride do zapore dihalne poti na nivoju sapnika ali katerega od glavnih bronhijev. Pri odraslih pa tukaj najpogosteje zaprejo dihalno pot na nivoju žrela (1, 2, 3, 4, 5).

Zapora dihalne poti je med anestezijo pogosta zaradi izgube mišičnega tonusa, ki je posledica tako izgube zavesti kot tudi s specifičnimi zdravili povzročene inhibicije mišične in živčne aktivnosti zgornjih dihal. Z izgubo mišičnega tonusa lahko pride do zapore dihalne poti v predelih, kjer ta ni podprtta s kostjo ali hrustancem. Zadnja dognanja kažejo, da je med spanjem ali anestezijo to najpogosteje mehko nebo in ne področje za jezikom. Zanimivi so rezultati raziskav, ki kažejo, da mesto zapore ni povezano z globino anestezije (4).

## SPROSTITEV DIHALNE POTI

Če ugotovimo, da dihalna pot ni prosta, jo moramo čim prej sprostiti z uporabo trojnega manevra; zvrnitve glave, dvig brade ter potisk čeljusti navzpored in navzgor. Kombinacija zvrnitve glave in dviga brade je eden najpogosteje uporabljenih manevrov za odprtje dihalne poti. Izvaja se lahko samo pri pacientih, kjer ni suma na poškodbo vratne hrbtenice. Potisk čeljusti naprej in navzgor (angl. *jaw thrust*) uporabimo pri tistih pacientih, pri katerih sumimo na poškodbo vratne hrbtenice. Za izvedbo manevra se postavimo za pacientovo glavo, položimo prste obeh rok na levo in desno stran pod kotoma spodnje čeljusti in jo potisnemo naprej in navzgor (6, 7).

Če pa obstaja potreba po predihavanju z masko, se priporoča isti položaj kot pri vstavljanju dihalne cevke, in sicer, vzvrat glave ( $35^\circ$ ) in upogib vratu v vratno-prsnem delu hrbtenice ( $15^\circ$ ), s čimer poravnamo osi žrela in grla. Njegova učinkovitost ni potrjena pri pacientih s prekomerno telesno težo (7).

Cilj vseh opisanih postopkov je doseči poravnavo osi ter odmik baze jezika ter mehkega neba od zadnje stene žrela in tako omogočiti prost pretok zraka do grla (6, 7, 8).

Posebna skupina so pacienti s poškodbo ali sumom na poškodbo vratne hrbtenice. Ta je prisotna pri 2 % pacientov, ki so utrpeli tope poškodbe, s trikrat večjo verjetnostjo v primeru pridružene poškodbe glave ali obraza. Pri teh je nujno potrebno preprečiti oziroma zmanjšati gibanje vratu z imobilizacijo v osi (angl. *in-line*) ali z vratno opornico. V kolikor je na voljo dovolj kadra, se priporoča imobilizacija v osi. Odprtje dihalne poti pa temelji predvsem na potisku čeljusti navzpored in navzgor, saj, v primerjavi z zvrnitvijo glave in dvigom brade, zmanjša možnost poškodbe vratne hrbtenice (9,10).

Prekomerna telesna teža predstavlja dejavnik tveganja za težko oskrbo dihalne poti, ker zaradi kombinacije anatomskih (zožene dihalne poti zaradi depozicije maščobe, velik jezik) in fizioloških (povečana poraba kisika, zmanjšanja funkcionalna rezidualna kapaciteta, višja minutna ventilacija) sprememb poveča tveganje za zaplete (11, 12).

## ODSTRANITEV TUJKOV

Zapora dihalne poti s tujkom je nujno stanje, ki zahteva takojšnje ukrepanje. V Združenih državah Amerike je četrti najpogostejši vzrok nezgodne smrti pri odraslih, pri otrocih do 16 let pa eden vodilnih. Pri zdravih odraslih varujeta pred zaduštvijo s tujkom zapora glasilk (glotični zapiralni refleks) in refleks izdiha (angl. *expiration reflex*). Ta se za razliko od kašla takoj prične z izdihom, medtem ko pride pri kašlu sprva do vdiha (13). V kolikor pa je motena živčno-mišična funkcija, so ti zaščitni refleksi okrnjeni, kar posledično predstavlja povečano tveganje za zadušitev. Pri otrocih pa sta dodatna faktorja zmanjšana moč forsiranega izdiha, ožje dihalne poti in dejstvo, da pogosteje zanesajo tujke v usta.

Zaporo dihalne poti glede na stopnjo njene prehodnosti delimo na popolno in nepopolno. V primeru ohranjene zavesti (če pacient kašla in se je sposoben pogovarjati) lahko sklepamo, da gre za nepopolno zaporo. V nasprotnem pa za popolno zaporo. V primeru delne zapore dihalne poti je potrebno pacienta vzpodbujati h kašlju. S kašljem se ustvarja visok tlak v dihalni poti in tako se tujek izloči. Če to ni uspešno ali pa če posumimo, da se je zapora poslabšala, pričnemo z izmeničnim izvajanjem 5 udarcev med lopaticama in 5 trebušnih stisov (Heimlichov manever)(7, 14). Pet udarcev med lopaticama izvedemo tako, da stoečega pacienta nagnemo s trupom naprej in s svojo dlanjo na pacientovi prsnici podpremo prsni koš. Pet stisov trebuha (Heimlichov manever) pa izvedemo tako, da se postavimo za pacientov hrbet, ga objamemo z rokama okrog trupa ter močno stisnemo, oziroma povlečemo svoji roki nazaj in navzgor, s čimer poskušamo ustvariti čim višji tlak v prsnem košu in posledično v dihalni poti (14). Nato udarce in stise ponavljamo vse dokler se tujek ne izloči. V primeru, da smo neuspešni in hipoksija privede do izgube zavesti, takoj pričnemo s temeljnimi postopki oživljjanja (TPO). V kolikor tudi s temi postopki ne uspešno odpraviti zapore v tolikšni meri, da dosežemo zadovoljivo predihavanje in oksigenacijo, je priporočljivo opraviti direktno laringoskopijo in tujek odstraniti s pomočjo Magillove prijemalke. Tujkov, razen če so vidni v ustni votlini, ne odstranujemo s prstom. Če tujek ovira dihalno pot in se nahaja nad glasilkami, je priporočena nujna konikotomija. V primeru, da je tujek pod glasilkami, pa je potrebno pacientu vstaviti dihalno cevko v sapnik, s čimer poskusimo tujek potisniti v enega izmed glavnih bronhijev (običajno desnega), ter tako ustvariti pogoje za vsaj delno predihavanje in oksigenacijo (7).

Heimlichovega manevra ne izvajamo pri otrocih mlajših od 1 leta, saj so pri njih rebra položena bolj vodoravno, zaradi česar je možnost poškodbe abdominalnih organov večja kot pri odraslih. Namesto stisov trebuha izvajamo stise prsnega koša, razmerje stisov in udarcev med lopaticama pa ostane enako. Nekatere raziskave so pokazale, da se s stisi prsnega koša ustvari v dihalih višji tlaki kot s Heimlichovim manevrom (15). Stisov trebuha prav tako ne izvajamo pri nosečnicah v drugem in tretjem trimesečju. V kolikor sumimo na delno zaporo dihalne poti, pri kateri s spodbujanjem kašla nismo bili uspešni, se ne glede na radiološki izvid priporoča diagnostična bronhoskopija. Velika raziskava, objavljena leta 2017, je pokazala, da je bil pri tretjini pacientov z negativnim radiološkim izvidom tujek kljub temu najden z bronhoskopijo (16).

## PREDIHAVANJE Z OBRAZNO MASKO IN DIHALNIM BALONOM

V veliki večini primerov splošne anestezije nastopi obdobje bodisi hipoventilacije ali apneje. Ta je lahko tudi sekundarna, kot posledica srčnega zastoja, travme ali drugih bolezenskih stanj. V omenjenih primerih je potrebno omogočati oksigenacijo z ročnim predihavanjem z obrazno masko in dihalnih balonom (17). Predihavanje z masko pa je lahko tudi težko, včasih celo nemogoče. Dejavniki, ki nam pomagajo predvideti težko predihavanje, so (6, 18):

- indeks telesne mase  $> 30 \text{ kg/m}^2$ ;
- brada;
- ocena po Mallampatiju 3 ali 4 (**11. in 12. poglavje**);
- starost nad 57 let;
- protruzija spodnje čeljusti;
- odsotnost zobovja;
- anamneza smrčanja.

Za učinkovito predihavanje z obrazno masko pa obstajata dve tehniki. Pri obeh je potrebno pred samim začetkom predihavanja sprostiti dihalno pot in nato doseži dobro prileganje oziroma tesnenje obrazne maske. Prva in najpogosteje uporabljena je enoročna C-E tehnika. Pri tej pacientu namestimo masko na obraz in jo čim bolj tesno objamemo s palcem in kazalcem (oblikujemo črko C). Preostale prste namestimo na spodnjo čeljust (oblikujemo črko E), ki jo nato dvignemo proti maski. Z drugo roko stiskamo dihalni balon. Kadar s C-E tehniko ne dosežemo učinkovitega predihavanja, uporabimo dvoročne C-E ali V-E tehnike. Pri dvoročni C-E tehniki izvedemo prej opisan C-E prijem z obema rokama, stise dihalnega balona pa prepustimo asistentu ali pa, če smo sami, prislonimo dihalni balon med naša rebra in nadlaket, ter z addukcijo roke stiskamo balon. Pri dvoročni V-E tehniki pa položimo palca in tenarja obeh dlani na vsako stran obrazne maske, s preostalimi prsti pa vlečemo spodnjo čeljust naprej in navzgor (6, 17).

V primerih težkega predihavanja so nam v pomoč tudi dodatni pripomočki (ustno-žrelna in nosno-žrelna cevka), ki se lahko že takoj uporabijo pri pričakovanem težkem predihavanju. Dodatna tehnika za izboljšanje predihavanja je tudi obrat glave za 45 stopinj v levo ali desno (19).

Za oceno uspešnosti predihavanja uporabljamo subjektivne in objektivne kazalce. Med subjektivne štejemo opazovanje dvigovanja prsnega koša, rosenje maske in polnjenje dihalnega balona; med objektivne pa meritve nasičenosti arterijske krvi s kisikom ( $\text{SpO}_2$ ), prisotnost ogljikovega dioksida v izdihanem zraku ( $\text{ETCO}_2$ ) in izvid plinske analize arterijske krvi (6). V primerih, ko imamo na voljo kapnografijo, strememimo k predihavanju, s katerim dosežemo graf s prisotnim platojem – znak, da smo dosegli predihavanje alveolov (20). V kolikor obrazna maska ne tesni dobro, bo meritev v izdihu nezanesljiva.

Predihavanje pacienta preko obrazne maske pa lahko poleg dihalnega balona dosežemo tudi z apatom za predihavanje. Raziskave kažejo, da s takšnim pristopom dosežemo nižje vrednosti maksimalnega inspiratornega tlaka, nižje pretoke zmesi dihalnih plinov ter višja  $\text{SpO}_2$  in  $\text{ETCO}_2$ . Prav tako lahko v teh primerih masko držimo z obema rokama (21, 22).

## ZAKLJUČEK

Sprostitev dihalne poti je ena osnovnih prvin v anesteziji in pri obravnavi kritično bolnih. S tem omogočimo pogoje za zadovoljivo predihavanje in oksigenacijo pacienta, kar dosežemo z zvrnitvijo glave, dvigom čeljusti ter uporabo trojnega manevra. V primerih, ko pacientovo spontano dihanje ni zadovoljivo, je potrebno učinkovito predihavanje z obrazno masko, kar v določenih primerih predstavlja velik izziv. Vzrok za zaporo dihalne poti je lahko tudi zapora s tujkom – v teh primerih je nujna zgodnja prepoznavava in primerno ukrepanje.

## VIRI

---

1. Flavell EM, Stacey MR, Hall JE. The clinical management of airway obstruction. *Curr Anaesth Crit Care* 2009;20(3):102–12.
2. Lynch J, Crawley SM. Management of airway obstruction. *BJA Educ* 2018; 18 (2):46–51.
3. Oyama LC. Foreign Bodies of the Ear, Nose and Throat. *Emerg Med Clon N Am* 2019;37:121–30.
4. Hillman DR, Platt PR, Eastwood PR. The upper airway during anaesthesia. *Br J Anaesth* 2003;91:31–9.
5. Shorten GD, Opie NJ, Graziotti P, et al. Assessment of Upper Airway Anatomy in Awake, Sedated and Anaesthetised Patients Using Magnetic Resonance Imaging. *Anaesth Intens Care* 1994;22: 165–9.
6. Davies JD, Costa BK, Asciutto AJ. Approaches to Manual Ventilation. *Respir Care* 2014;59(6): 810–24.
7. Soar J, Böttiger BW, Carli P, et al. European Resuscitation Council Guidelines 2021: Adult advanced life support. *Resuscitation* 2021;161:115–51.
8. Paal P, Goedecke Av, Brugger H, et al. Head position for opening the upper airway. *Anaesthesia* 2007;62: 227–30.
9. Prasarn ML, Horodyski MB, Scott NE. Motion generated in unstable upper cervical spine during head tilt-chin lift and jaw thrust maneuvers. *Spine J* 2014; 14: 609–14.
10. Donaldson III WF, Heil BV, Donaldson VP. The Effect of Airway Maneuvers on the Unstable C1-C2 Segment. *Spine* 1997;22(11):1215–8.
11. Dodson H, Cook J. Foreign Body Airway Obstruction. StatPearls Publishing 2023; Dosegljivo 14.7.2023 na <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK553186/>.
12. Heimlich HJ. A Life-Saving Maneuver to Prevent Food-Choking. *JAMA* 1975; 234 (4):398–401.
13. Langhelle A, Sunde K, Wik L, et al. Airway pressure with chest compressions versus Heimlich manoeuvre in recently dead adults with complete airway obstruction. *Resuscitation* 2000;44:105–8.
14. Divarci E, Toker B, Dokumcu Z, et al. The multivariate analysis of indications of rigid bronchoscopy in suspected foreign body aspiration. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2017;100:232–7.
15. Blain H, Bonnafous M, Grovalet N, et al. The Table Maneuver: A procedure Used with Success in Four Cases of Unconscious Choking Older Subjects. *Am J Med* 2010;123:1150.e7–e9.
16. Dunne CL, Peden AE, Queiroga AC. A systematic review on the effectiveness of anti-choking suction devices and identification of research gaps. *Resuscitation* 2020;153:219–226.
17. Fei M, Blair JL, Rice MJ, et al. Comparison of effectiveness of two commonly used two-handed mask ventilation techniques on unconscious apnoeic obese adults. *Br J Anaesth* 2017;118(4):618–24.
18. Kheterpal S, Han R, Tremper KK, et al. Incidence and Predictors of Difficult and Impossible Mask Ventilation. *Anesthesiology* 2006;105:885–91.
19. Itagaki T, Oto J, Jiang Y, et al. The effect of head rotation on efficiency of face mask ventilation in anaesthetised apnoeic adults. *Eur J Anaesthesiol* 2017;34:432–40.
20. Lim KS, Nielsen JR. Objective description of mask ventilation. *Br J Anaesth* 2016;117(6):828–29.
21. Goedecke Av, Wenzel V, Hörmann, et al. Effects of face mask ventilation in apneic patients with a resuscitation ventilator in comparison with a bag-valve-mask. *J Emerg Med* 2006;30(1):63–7.
22. Goedecke Av, Voelckel WG, Wenzel V, et al. Mechanical Versus Manual Ventilation via a Face Mask During the Induction of Anesthesia: A Prospective, Randomized Crossover Study. *Anesth Analg* 2004;98:260–3.

## 7.

# SUPRAGLOTIČNI PRIPOMOČKI IN VSTAVITEV DIHALNE CEVKE V SAPNIK Z DIREKTNO LARINGOSKOPIO

**Jasna Selinšek**

### POVZETEK

Supraglotični pripomočki in vstavitev dihalne cevke v sapnik spadajo med napredne tehnike oskrbe dihalne poti. Vstavitev dihalne cevke s tesnilnim mešičkom v sapnik je v tem procesu ključna, saj omogoča dokončno oskrbo dihalne poti. Alternativno predstavljajo supraglotični pripomočki, ki ohranjajo odprto dihalno pot, ne varujejo pa pred aspiracijo.

### ABSTRACT

In life-threatening medical situations that require immediate intervention, establishing and maintaining open airway is crucial. Endotracheal intubation, the process of ensuring an unobstructed access to the respiratory tract, is the key technique in this regard. It is considered the gold standard and allows for definitive management of the airway. A supraglottic device can also be inserted as an alternative to endotracheal intubation. This chapter discusses the use of supraglottic devices and intubation using a conventional laryngoscope.

## UVOD

Supraglotični pripomočki in vstavitev dihalne cevke v sapnik spadajo med napredne tehnike oskrbe dihalne poti. Vstavitev dihalne cevke s tesnilnim mešičkom v sapnik je v tem procesu ključna, saj ohranja odprto dihalno pot in hkrati varuje pred aspiracijo ter tako omogoča dokončno oskrbo dihalne poti. Alternativo predstavlja supraglotični pripomočki, ki ohranajo odprto dihalno pot, ne varujejo pa pred aspiracijo. Prav zaradi tega morajo njihove prednosti uporabe odtehtati potencialni riziko.

## SUPRAGLOTIČNI PRIPOMOČKI

Izraz supraglotični pripomočki se nanaša na raznoliko družino medicinskih pripomočkov, ki jih slepo vstavimo v ustni del žrela. Z njihovo pomočjo lahko pacienta umetno predihavamo, oksigeniramo in mu dostavimo inhalacijske anestetike, ne da bi mu pri tem morali vstaviti dihalno cevko v sapnik (1). Uporaba supraglotičnih pripomočkov v anesteziji narašča. V Združenem kraljestvu kar 56 % splošnih anestezij izvedejo z uporabo supraglotičnih pripomočkov (2). Tipično se uporablajo za krajše in manj boleče kirurške posege ter kirurške posege, kjer kombiniramo področno anestesijsko tehniko s splošno anestezijo. Indikacije za uporabo se širijo tudi v bolj kompleksne primere uporabe. Uporaba pri otrocih in novorojenčkih na primer prinaša številne prednosti z nizkim tveganjem za zaplete (3). Sprva je bilo v zvezi z njihovo uporabo kar nekaj dilem tudi med laparoskopskimi posegi. Metaanaliza, ki je primerjala uporabo supraglotičnih pripomočkov in dihalne cevke pri laparoskopskih posegih, ni dokazala razlik med pojavnostjo regurgitacije želodčne vsebine, aspiracije ali napihnjenosti želodca z zrakom (4). Kljub širjenju indikacij uporabe supraglotičnih pripomočkov v operacijskih dvoranah, ostaja vstavitev dihalne cevke v sapnik zlati standard in primarni ukrep za zaščito dihalne poti pri porodnici za carski rez. Supraglotični pripomoček služi le kot rešilna dihalna pot, ko porodnice ni mogoče intubirati (3).

Supraglotični pripomočki so se izkazali za uporabne tudi v okoljih izven operacijskih dvoran. Nujna oskrba dihalnih poti na terenu lahko za izvajalca predstavlja velik izviv. Supraglotični pripomočki v takih trenutkih predstavljajo pomembno prednost, saj imajo višjo stopnjo uspešnosti v primerjavi s predihavanjem z navadno obrazno masko ali vstavitvijo dihalne cevke v sapnik. Kako bo zdravnik na terenu postopal, pa je predvsem odvisno od njegovih izkušenj (3).

Supraglotični pripomočki imajo pomembno vlogo kot rešilna dihalna pot v primeru vitalneurgence, ko pacienta ne moremo niti oksigenirati niti mu ne moremo vstaviti dihalne cevke (angl. *cannot intubate, cannot oxygenate – CICO*). Tako vzpostavljena rešilna dihalna pot in uspešna oksigenacija lahko preprečita potrebo po nujni vzpostavitvi dihalne poti skozi vrat (**10. poglavje**) ali nastanek hipoksične možganske okvare in celo smrti (3).

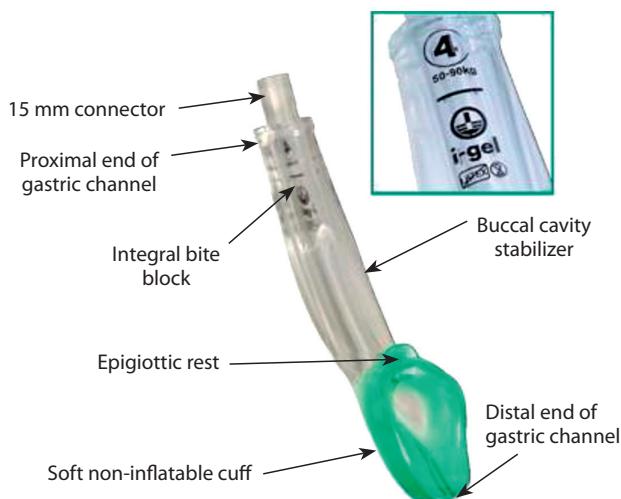
Prednost uporabe supraglotičnega pripomočka pred vstavitvijo dihalne cevke v sapnik je v manjši invazivnosti, s čimer se lahko izognemo ali zmanjšamo verjetnost zapletov, kot so poškodba zob in dihalne poti, boleče grlo, kašelj ob odstranitvi dihalne cevke in drugo. Vstavitev supraglotičnega pripomočka je hitra in enostavna. Pacienti imajo zmanjšane anestetične zahteve, so hemodinamsko bolj stabilni in ne potrebujejo mišične relaksacije (1). Slabost tovrstnih pripomočkov pa je, da ne varujejo pred aspiracijo in da imajo v primerjavi z dihalno cevko relativno nižje tlačne zmožnosti tesnjenja. To pomeni, da je predihavanje manj učinkovito in da lahko pride do napihnjenja želodca, kadar so potrebni višji tlaki. Supraglotični pripomočki tudi ne nudijo zaščite pred laringospazmom (1).

Supraglotične pripomočke lahko razvrstimo v skupine na podlagi dveh glavnih razlik. Prva razvrstitev je na podlagi tega, ali pripomoček vsebuje napihljivi mešiček (angl. *cuff*) ali ne. Pripomočki brez napihljivega mešička imajo morda manjše tveganje za zaplete, ki so povezani z mešičkom, so pa zato bolj podvrženi puščanju zraka med predihavanjem. Bolj kot ta klasifikacija se je sicer uveljavila klasifikacija po generacijah. Poznamo supraglotične pripomočke prve, druge in že tretje generacije. Pripomočki prve generacije so v svoji sestavi enostavnejši. Pripomočki druge generacije so nadgradnja prve in vsebujejo odprtino, ki je namenjena zmanjšanju tveganja za aspiracijo želodčne vsebine (kanal za aspiracijo iz požiralnika in/ali želodca), so krajišči, kar olajšuje vstavitev cevke v sapnik s pomočjo upogljivega bronhosko-

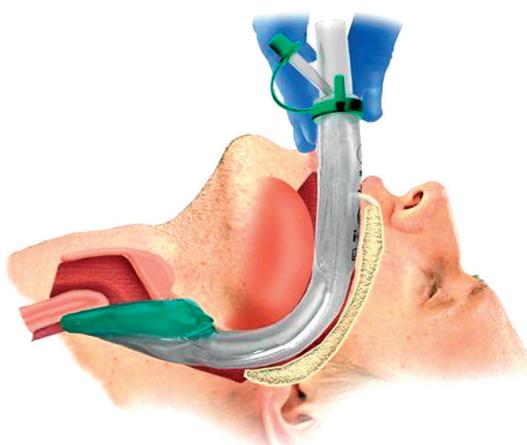
pa in tako definitivno oskrbo dihalne poti, ter omogočajo učinkovitejšo umetno predihavanje, saj tesnijo bolje od supraglotičnih pripomočkov prve generacije (5).

### I-gel®

I-gel® je trenutno najbolj poznana in uporabljeni oblika supraglotičnega pripomočka druge generacije (**Slika 1**) v našem prostoru. Nima napihljivega mešička in je iz mehkega, gelu podobnega termoplastičnega materiala. Njegova prednost je, da se po vstavitvi prilagaja pacientovi anatomiji, saj se maska s telesno temperaturo segreje, kar omogoča boljše tesnenje (**Slika 2**). Vsebuje tudi kanal za dekompresijo želodca, skozi katerega lahko aspiriramo želodčno vsebino in tako zmanjšamo tveganje za aspiracijo. Ima tudi vgrajeno ojačitev, ki preprečuje, da bi ga pacient z zobmi poškodoval ali stisnil in zaprl dihalno pot, hkrati pa omogoča bolj stabilno lego. Na i-gelu® je označena velikost (številke od 1 do 5) in priporočena teža v kilogramih, za katero bi naj bila določena velikost primerna (**Slika 3**). Prav tako je na njem natisnjena vodoravna črta, ki označuje optimalen položaj zob, ko je i-gel® vstavljen. Ker nima mešička, se ne prilega vsakemu posameznemu pacientu enako dobro in lahko pri nekaterih tudi pomembno pušča (6, 7). Skozi i-gel® lahko pacienta tudi intubiramo, to lahko naredimo na slepo ali s pomočjo bronhoskopa (priporočen način). Velikost dihalne cevke za uspešno vstavitev skozi i-gel® številka 3 naj bo 6 mm ali manj, skozi i-gel® številka 4 naj bo 7 mm ali manj in skozi številko 5 naj bo 8 mm ali manj (8). Dihalne cevke enakih notranjih premerov imajo lahko od proizvajalca do proizvajalca različen zunanji premer, ki dejansko določa zmožnost vstavitve dihalne cevke skozi supraglotični pripomoček.



**Slika 1. I-gel®.**



**Slika 2: Sagitalni prikaz vstavljenega i-gela®.**



**Slika 3. Razpoložljive velikosti i-gelov®.**

## Laringealne maske

Klasična laringealna maska (angl. *classical laryngeal mask airway – cLMA*) je sestavljena iz dveh delov, in sicer iz ovalne silikonske maske z napihljivim mešičkom in cevke za pretok dihalne zmesi plinov. Masko ob vstavitvi leži v hipofarinksu in pritiska na tkivo okoli vhoda v grlo. Klasična laringealna maska se lahko po avtoklaviraju uporabi večkrat. Drugi tipi laringealnih mask, ki so sledili razvoju klasične laringealne maske, so:

- LMA Unique, ki je za enkratno uporabo.
- LMA Flexible, ki je upogljiva in primerna za operativne posege na glavi in vratu.
- LMA ProSeal ima dodatni kanal za aspiracijo želodčne vsebine in omogoča predihavanje pacienta z višjimi tlaki zaradi boljšega tesnjenja.
- LMA Supreme je novejša različica ProSeal, ki ima ojačan vrh maske, zaradi česar se lažje vstavi in je zaščitena pred ugrizi pacienta.
- LMA Fastrach je posebna laringealna maska, namenjena vstavitvi dihalne cevke v sapnik, saj v kompletu z masko dobimo tudi silikonsko dihalno cevko in stabilizator. Zaradi svoje oblike (U oblike) omogoča slepo vstavitev dihalne cevke v sapnik v kar 97 %, z razliko od ostalih laringealnih mask, kjer je verjetnost uspešne vstavitve dihalne cevke v sapnik na slepo bistveno manjša. Uporablja se kot pripomoček pri težki oskrbi dihalne poti, kot rešilna dihalna pot in vodilo za vstavitev dihalne cevke v sapnik na slepo ali s pomočjo upogljivega bronhoskopa (9).

## Kombitubus

Kombitubus (**Slika 4**) je pripomoček z dvema svetlinama, ki omogoča predihavanje v vsakem primeru, ne glede na to ali ga vstavimo v sapnik ali požiralnik. Ko ga vstavljam na slepo, je skoraj zagotovo vstavljen v požiralnik. Sestavljen je iz dveh cevk in ima dva tesnilna mešička. Proksimalni mešiček se po vstavitvi nahaja v orofarinksu, distalni pa v požiralniku ali v sapniku. Daljša, modra cevka je na spodnjem delu zaprta in ima odprtine za predihavanje nameščene med obema mešičkoma. Če smo kombitubus vstavili v požiralnik, pacienta predihavamo preko te (modre) cevke. Krajša, prozorna cevka ima na koncu odprtino za predihavanje. Če smo kombitubus vstavili v sapnik, bomo pacienta predihavali skozi prozorno cevko, takrat bo pripomoček deloval kot dihalna cevka (angl. *endotracheal tube*). Uporaba kombitubusa je precej zahtevna, saj se je treba držati točno določenega vrstnega reda postopkov. Kombitubus je pripomoček, ki ima lahko prednost pri omejenem dostopu do pacientove glave (npr. ukleščen poškodovanec) in pri slabem prikazu glasilk pri sumu na poškodbo vratne hrbtenice (10).



Slika 4. Kombitubus.

Slika 5. Laringealni tubus.

## Laringealni tubus

Laringealni tubus (**Slika 5**) je podoben laringealni maski, vendar ima dva ločena kanala – enega za predihavanje in drugega za aspiracijo želodčne vsebine. Na spodnjem delu, ki ga vstavimo v požiralnik, se nahajata dva napihljiva mešička, ki se preko cevčice napolnita z zrakom. Med njima se nahajata dve ovalni odprtini, s katerima pacienta predihavamo. Spodnji (požiralnični) mešiček stabilizira spodnji del dihalne cevi in prepreči regurgitacijo, zgornji (orofaringealni) pa omogoči stabilizacijo dihalne cevi in ločitev odprtin za predihavanje ustne in nosne votline (10).

## Supraglotični pripomočki tretje generacije

Za razliko od supraglotičnih pripomočkov prve in druge generacije, ki jih vstavljamo na slepo, prenos slike s pomočjo kamere na vrhu supraglotičnih pripomočkov tretje generacije omogoča natančnejšo postavitev supraglotičnega pripomočka pred vhodom v grlo. Takšna možnost indirektne vizualizacije zmanjša možnost zapletov, daje povratno informacijo o tesnjenju supraglotičnega pripomočka, kar nam omogoča takojšnjo prilagoditev položaja in ukrepanje v primeru zatekanja želodčne vsebine ter preverjanje, ali je izbrana velikost pripomočka primerna za izbranega pacienta (**Slika 6**). Pripomočki iz biokompatibilnih materialov v optimalni velikosti za pacienta bi lahko zmanjšali možnost neželenih učinkov. V tej luči bi supraglotični pripomočki tretje generacije lahko postali nov standard za vzpostavitev proste dihalne poti (11).



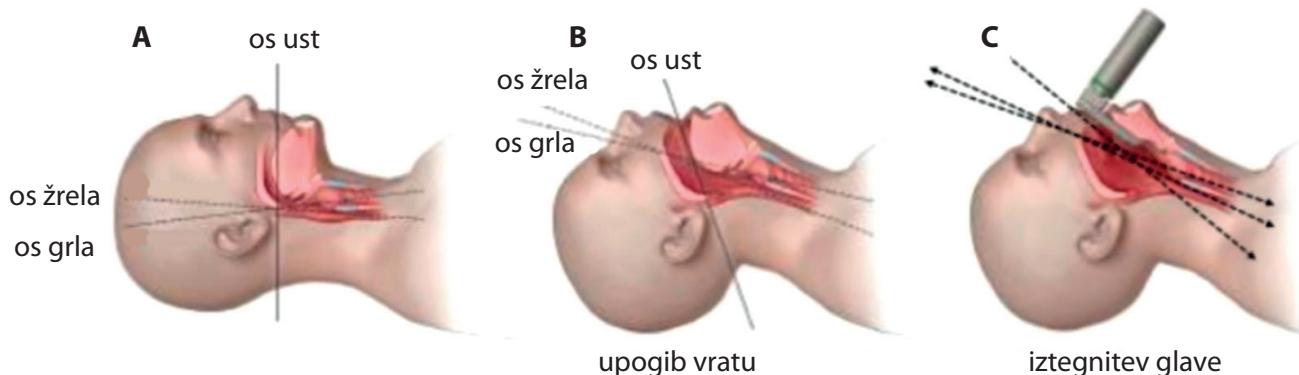
**Slika 6. Supraglotični pripomoček 3. generacije.**

## VSTAVITEV DIHALNE CEVKE Z DIREKTNO LARINGOSKOPIO

Vstavitev dihalne cevke med glasilke (angl. *endotracheal intubation*) predstavlja zlat standard varne oskrbe dihalne poti. Nudi zaščito pred aspiracijo želodčne vsebine v pljuča in dovoljuje predihavanje z višjimi pozitivnimi tlaki v primerjavi z obrazno masko ali preko supraglotičnih pripomočkov. V naši ustanovi jo še zmeraj najpogosteje izvedemo s pomočjo direktne laringoskopije (1).

Vstavitev dihalne cevke je absolutno indicirana pri pacientih, ki niso tešči in imajo visoko verjetnost aspiracije želodčne vsebine, pri kritično bolnih, pri tistih s pljučno patologijo (nizka podajnost dihal, visoka upornost v dihalnih poteh, slabša oksigenacija), omejeno zavestjo, pri operacijah v prsnem košu, trebušni votlini, medenici, glavi, pri operacijah, kjer pričakujemo velike izgube krvi, hemodinamsko nestabilnost, kjer se prekrivata operativna in dihalna pot, pri novorojenčkih in nedonošenčkih in številnih drugih situacijah, kjer je potreben natančen hemodinamski in respiratori monitoring (**5. poglavje**). Vstavitev dihalne cevke v sapnik je treba uporabiti tudi, ko supraglotičnega pripomočka ni mogoče vstaviti ali če ob vstavitvi lega ni primerna, ko je pričakovani daljši poseg, ali pa je položaj pacienta na operacijski mizi takšen, da vstavitev dihalne cevke predstavlja varnejšo različico oskrbe dihalne poti (npr. lega na trebuhu, glava obrnjena na stran ipd.) (1).

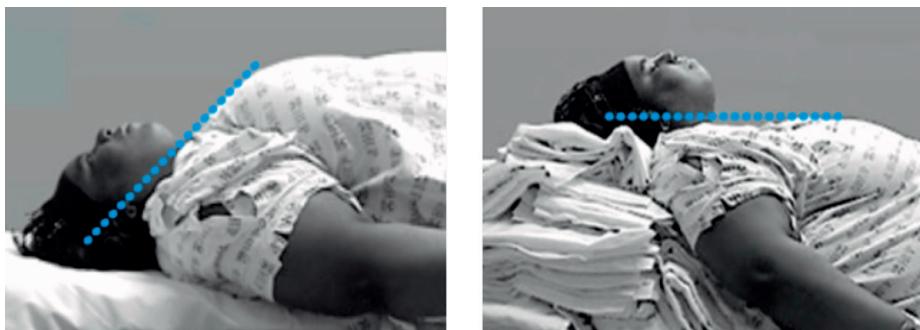
Dihalno cevko lahko vstavljamo z direktno ali indirektno laringoskopijo. Pri direktni laringoskopiji je vidni kot majhen, od 15–20 stopinj (**8. poglavje**), kar zahteva čim večjo poravnavo osi ust (odpiranje ust za vsaj 3 cm), osi žrela (vzvrat glave v atlantookcipitalnem sklepu) ter osi grla (upogib vratu v cervikotorakalnem delu) za čim boljšo vidljivost grla (**Slika 7**).



**Slika 7. Pravilen položaj glave med direktno laringoskopijo.**

- (A) Nevtralen položaj glave;
- (B) z odpiranjem ust in upogibom vratu se poravnata osi ust in žrela;
- (C) z iztegnitvijo glave v atlantookcipitalnem sklepu, upogibom vratu in odpiranjem ust uskladimo vse tri osi (prirejeno in pridobljeno s spletnne strani Anesthesia Key, 13. 9. 2019; <https://aneskey.com/evaluation-and-recognition-of-the-difficult-airway/>).

Za lažjo direktno laringoskopijo in posledično uspešnejšo vstavitev dihalne cevke je pri pacientih s prekomerno telesno težo in porodnicah priporočljiv RAMP položaj (angl. *Rapid Airway Management Position – RAMP*), pri katerem je hrbet dvignjen za 25 stopinj, glava pa je nagnjena nazaj tako, da ležita zunanji sluhovod in prsnica v isti ravnini (**Slika 8**).



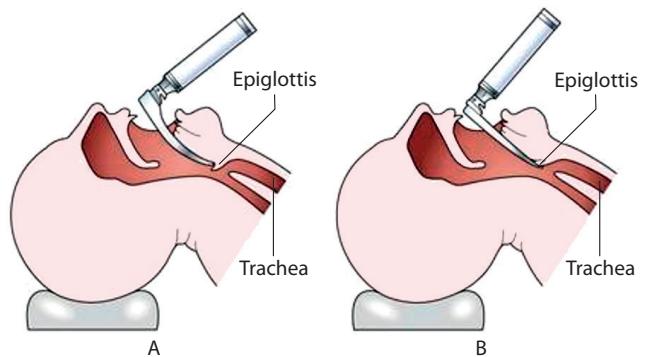
**Slika 8. RAMP položaj.**

Hrbet je dvignjen za 25 stopinj, glava je v položaju, pri katerem sta zunanji sluhovod in prsnica v isti ravnini (prirejeno in pridobljeno s spletno strani ACLS medical training, 20. 10. 2019; <https://acslsmedicaltraining.com/blog/how-to-master-tracheal-intubation/>).  
RAMP – angl. *Rapid Airway Management Position*.

Laringoskop sestavlja držalo z baterijami in žlice, ki so praviloma zamenljive. Najpogosteje uporablja- mo dve vrsti žlic: ukrivljeno (Macintoshovo) in ravno (Millerjevo) (**Slika 9** in **Slika 10**).



**Slika 9. Ukrivljena, Macintoshova žlica (zgoraj) in ravna, Millerjeva žlica (spodaj).**



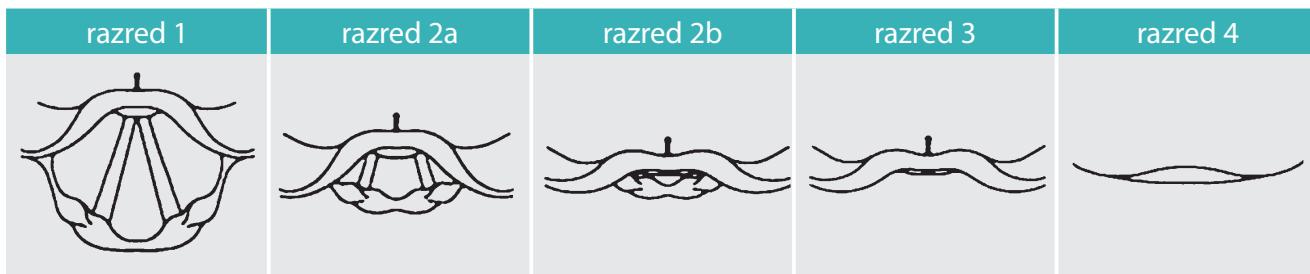
**Slika 10. Tehnika laringoskopije z ukrivljeno in ravno žlico.**

#### **Postopek direktne laringoskopije in vstavitve dihalne cevke**

Pri pripravi laringoskopa je treba preveriti, ali lučka na vrhu žlice laringoskopa deluje pravilno. S tem preverimo delovanje žarnice in napolnjenost baterij oziroma akumulatorja v držalu laringoskopa. Običajno laringoskop držimo v levi roki. Žlico vstavimo v desno stran ust. Ob tem moramo paziti, da se ne naslonimo na sprednje zobe ali da sprednje zgornje ustnice ne pritisnemo ob zobe. Pri uporabi direktnega laringoskopa z Macintoshevo žlico jezik in žlico zajamemo ter ga odmaknemo iz desne proti sredini. Ko s konico žlice dosežemo valekulo, si z dvigom jezika v submandibularni prostor omogočimo prikaz grla. Pri uporabi Millerjeve žlice, zaradi njene ozke in dolge oblike, jezika ne odmikamo. Žlico vstavimo v usta preko desnega ustnega kota med bukalno sluznico in desnim robom jezika (retromolarno). Z vrhom žlice potujemo v zgornji del grla, kar nam omogoča, da dvignemo poklopec in si na ta način prikažemo celotno grlo. Zaradi oblike žlice in načina ustavljanja je Millerjeva žlica primerna za boljši prikaz grla pri omejenem odpiranju ust, majhni prostornini ustne votline (velik jezik, majhna mandibula) ter spredaj ležečem grlu. Zaradi svojih posebnosti je še vedno najbolj primerna žlica za vstavitev dihalne cevke novorojenčkom in majhnim otrokom z anomalijami, ki so povezane s težko oskrbo dihalne poti (npr. Pierre-Robinovim sindromom). Če je prikaz struktur težaven, lahko s pritiskom z desno roko na sprednji del pacientovega vratu manipuliramo z glasilkami in si jih tako bolje prikažemo (glasilke namreč

ležijo za tiroidnim hrustancem). Manever se imenuje BURP (angl. *Backward, Upward, Rightward Pressure – BURP*). S tem manevrom grlo premaknemo nazaj (Backward – B) k vratni hrbitenici, navzgor (Upward – U) in rahlo na desno stran (Rightward – R). Pri tem nam z enakim manevrom lahko pomaga tudi asistent, s čimer se pojavnost težke vstavitve dihalne cevke v sapnik zmanjša iz 4,7 % na 1,8 % (15).

Za ocenjevanje vidljivosti grla med laringoskopijo uporabljamo Cormack-Lehane lestvico. Glede na sliko, ki jo dobimo med laringoskopijo, lahko ocenimo težavnost vstavitve dihalne cevke. Lestvica je sestavljena iz štirih razredov (**Slika 11**). Tretji in četrti razred sta povezana s povečanim tveganjem za težko oskrbo dihalne poti.



**Slika 11. Cormack-Lehane lestvica za opis prikaza vhoda v grlo.**

Prikaz vhoda v grlo med laringoskopijo:

razred 1 – viden večji del grla;

razred 2a – viden zadnji del grla;

razred 2b – vidna samo aritenoidna hrustanca;

razred 3 – viden samo poklopec;

razred 4 – poklopec ni viden.

Pridobljeno in prijeteno iz prispevka (14).

Ko si želeno prikažemo v vidnem polju, z desno roko previdno potisnemo dihalno cevko med glasilke. Če je oseba, ki vstavlja dihalno cevko z desno roko do takrat vršila pritisk na sprednji strani vratu, ta pritisk prevzame asistent. Če se dihalna cevka zatakne na aritenoidnih grčicah, jo poskusimo obrniti za 90 stopinj v obratni smeri urinega kazalca. Preden izvlečemo laringoskop, se moramo prepričati, da smo dihalno cevko vstavili med glasilke. Običajna globina vstavljenih dihalnih cevki je v desnem ustrem kotu pri odraslih 21–23 cm. Če je dihalna cevka vstavljen pregloboko, običajno zdrsne v desni glavni bronhij (12, 13). V primeru neuspešne vstavitve dihalne cevke v sapnik se je potrebno držati algoritmov za težko oskrbo dihalne poti (12, 13).

## ZAKLJUČEK

Tako supraglotični pripomočki kot vstavitev dihalne cevke s klasičnim laringoskopom imajo svoje prednosti in slabosti. Izbor ustrezen metode je odvisen od številnih dejavnikov, vključno s pacientovo anatomsijo, kliničnim stanjem in usposobljenostjo zdravstvenega osebja. Ne glede na izbrano metodo je ključnega pomena pravilna uporaba in pristop, s katerim zagotovimo najboljšo možno oskrbo. Z napredkom tehnologije in nadaljnjam izobraževanjem zdravstvenega osebja lahko še izboljšamo učinkovitost in varnost metod za vzpostavitev ozioroma oskrbo dihalne poti.

## VIRI

1. Hagberg CA, Artine CA. Airway Management in the Adult. V: Miller RD, ur. Miller's Anesthesia. 8th ed. Philadelphia, PA Publisher: Elsevier Saunders; 2015;1661–71.
2. Cook TM, Woodall N, Harper J, Benger J, Fourth National Audit P. Major complications of airway management in the UK: results of the Fourth National Audit Project of the Royal College of Anaesthetists and the Difficult Airway Society. Part 2: intensive care and emergency departments. Br J Anaesth 2011;106:632–42.
3. Gordon J, Cooper RM, Parotto M. Supraglottic airway devices: indications, contraindications and management. Minerva Anestesiol 2018;84:389–97.

4. Park SK, Ko G, Choi GJ, Ahn EJ, Kang H. Comparison between supraglottic airway devices and endotracheal tubes in patients undergoing laparoscopic surgery: A systematic review and meta-analysis. *Medicine (Baltimore)* 2016;95:e4598.
5. Ramachandran SK, Kumar AM. Supraglottic airway devices. *Respir Care*. 2014;59(6):920–31; discussion 931–2.
6. de Montblanc J, Ruscio L, Mazoit JX, Benhamou D. A systematic review and meta-analysis of the i-gel(®) vs laryngeal mask airway in adults. *Anaesthesia*. 2014;69(10):1151–62.
7. Park SK, Choi GJ, Choi YS, Ahn EJ, Kang H. Comparison of the i-gel and the laryngeal mask airway proseal during general anesthesia: a systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2015;10(3):e0119469.
8. Choudhary N, Kumar A, Kohli A, Wadhawan S, Bhadaria P. I-Gel as an intubation conduit: Comparison of three different types of endotracheal tubes. *Indian J Anaesth*. 2019;63(3):218–224.
9. Bosson N, Soo Hoo GW, glavni ur.. Laryngeal Mask Airway [internet]. Medscape; 12. oktober 2021 [dostopano 2. avgusta 2023]. Dosegljivo na: <https://emedicine.medscape.com/article/82527-overview?form=fpf#showall>
10. Kupnik D. Postopki odpiranja dihalne poti. V: Grmec Š. ur. Nujna stanja. 5th ed. Ljubljana: Združenje zdravnikov družinske medicine SZD. 2008:369–392.
11. Van Zundert AAJ, Kumar CM, Van Zundert TCRV, Gatt SP, Pandit JJ. The case for a 3rd generation supraglottic airway device facilitating direct vision placement. *J Clin Monit Comput*. 2021;35(2):217–224.
12. Rosenblatt WH, Sukhupragarn W. Airway Management. V: Barash PG, ur. Clinical Anesthesia. 7th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. 2013:774–778.
13. Bortle DC. Tracheal intubation. Dosegljivo na <https://www.msdmanuals.com/professional/critical-care-medicine/respiratory-arrest/trachealintubation>.
14. Cormack RS, Lehane J. Difficult tracheal intubation in obstetrics. *Anaesthesia* 1984; 39:1105.
15. Ulrich B, Listyo R, Gerig HJ, et al. The difficult intubation: The value of BURP and 3 predictive tests of difficult intubation. *Anaesthetist*. 1998;47:45.

## 8.

# VSTAVITEV DIHALNE CEVKE V SAPNIK S POMOČJO VIDEOLARINGOSKOPA

**Darjan Kos**

### **POVZETEK**

Videolarnigoskopi so alternativni pripomočki za oskrbo dihalne poti. V zadnjem času so postali ključen pripomoček za oskrbo težke dihalne poti in so v klinični praksi marsikje nadomestili večino ostalih pripomočkov za oskrbo težke dihalne poti. Klinična praksa in izsledki raziskav kažejo, da videolaringoskopi omogočajo manj zapletov pri oskrbi dihalne poti in višjo stopnjo uspešnosti vstavitve dihalne cevke v prvem poskusu. Tako so ponekod že nadomestili klasično, direktno laringoskopijo tudi za rutinsko vstavitev dihalne cevke. Treba se je zavedati, da uporaba (video)laringoskopa zahteva usposabljanje in da je kljub temu smiselno še naprej vzdrževati znanje uporabe direktne laringoskopije.

### **ABSTRACT**

Video laryngoscopes are alternative airway management devices that recently gained popularity and widespread use and are increasingly becoming the airway management devices of choice for difficult airway management. Studies have confirmed their clinical superiority in the operating theatre environment regarding lower incidence of respiratory complications and difficult airway and higher probability of first-pass intubation. Video laryngoscopes have, in some places, entirely replaced direct laryngoscopy. However, the appropriate use of video laryngoscopy requires additional training and skills. Nonetheless, skills for using direct laryngoscopy should be maintained.

## UVOD

Oskrba dihalne poti je eden ključnih in bolj kritičnih korakov pri izvajanju splošne anestezije, tako med oskrbo poškodovanca ter pri oskrbi pacienta v enoti intenzivne terapije. Najbolj zanesljiva oblika oskrbe dihalne poti je vstavitev dihalne cevke s tesnilnim mešičkom v sapnik. To omogoča umetno predihavanje in oksigenacijo ter preprečuje aspiracijo želodčne vsebine, krvi oziroma drugih izločkov ali snovi v pljuča. Vstavitev dihalne cevke se večinoma izvaja pod kontrolo očesa, v določenih primerih pa lahko poteka tudi slepo. Zlati standard pri oskrbi dihalne poti je vstavitev dihalne cevke s pomočjo direktne laringoskopije (**7. poglavje**). S tehnološkim napredkom so bili z namenom olajšanja oskrbe dihalne poti poleg ostalih alternativnih pripomočkov razviti tudi različni videolaringoskopi, ki so postopoma postali prevladujoči pripomočki za oskrbo težke dihalne poti in ponekod tudi že pripomoček prve izbire za rutinsko oskrbo dihalne poti.

## OSNOVE DIREKTNE LARINGOSKOPIJE IN DRUGIH ALTERNATIVNIH PRIPOMOČKOV

Laringoskopi za direktno laringoskopijo so v osnovi sestavljeni iz ročaja in različnih oblik žlic z virom svetlobe, kar je natančneje opisano v **7. poglavju** tega učbenika. Pri opisovanju postopkov in primerjavah se bomo nanašali na Macintoshovo ukrivljeno žlico. Za večjo verjetnost uspešne vstavitve dihalne cevke je pri direktni laringoskopiji potreben čim boljši neposredni prikaz struktur dihalne poti. To dosežemo z določenimi manevri, in sicer fleksijo spodnjega dela patientove vratne hrbtenice, ekstenzijo zgornjega dela vratne hrbtenice in manipulacijo grla. Na ta način se izravnajo različne osi dihalne poti (usta, žrelo, grlo). Z laringoskopom si pomagamo pri retrakciji jezika in mehkih tkiv proti ustnemu dnu, kar skupaj z opisanim položajem paciente omogoča direkten pogled v grlo in vstavitev dihalne cevke v sapnik. Vizualizacija grla je, glede na to, katere strukture vidimo, razdeljena v štiri kategorije po Cormack-Lehane klasifikaciji (**7. poglavje**)(1).

Klub optimalni izvedbi postopka lahko občasno pride do težke laringoskopije (stopnji III ali IV po Cormack-Lehane klasifikaciji) ter težke (več kot trije poskusi ali 10 minut) ali neuspešne vstavitve dihalne cevke. V izsledkih raziskav se incidence težke in neuspešne vstavitve dihalne cevke nekoliko razlikujejo. Po preglednem članku je bila pojavnost težke vstavitve dihalne cevke do 6 % in pojavnost neuspešne vstavitve dihalne cevke do 0,3 % (2). Dejavniki, ki vodijo do težav, so razdeljeni na dejavnike paciente, okolja in zdravnika, ki izvaja oskrbo dihalne poti. Patientovi dejavniki, ki so povezani z večjo verjetnostjo težke ali neuspešne vstavitve dihalne cevke, so: prekomerna telesna teža, omejena gibljivost vratu, omejeno odpiranje ust, povečan jezik, slaba premakljivost tkiv, stanje po operativnih posegih ali obsevanju v predelu ustne votline, žrela in vratu ter okužbe v tem področju (3, 4). Posebna, bolj tvegana skupina patientov so poškodovanci, opečenci in pacienti v enotah intenzivne terapije, kjer lahko oskrbo dihalne poti otežijo nestabilna vratna hrbtenica, poškodbe ali opekline obraza ter dihalne poti. Potencialno težko oskrbo dihalne poti pri pacientu lahko z določeno verjetnostjo predvidimo z uporabo različnih testov oziroma najbolje z njihovo kombinacijo. Natančen opis testov je v **12. poglavju** tega učbenika. Zaradi razmeroma nizke pozitivne napovedne vrednosti teh testov pogosto pride tudi do nepredvideno težke ali neuspešne vstavitve dihalne cevke.

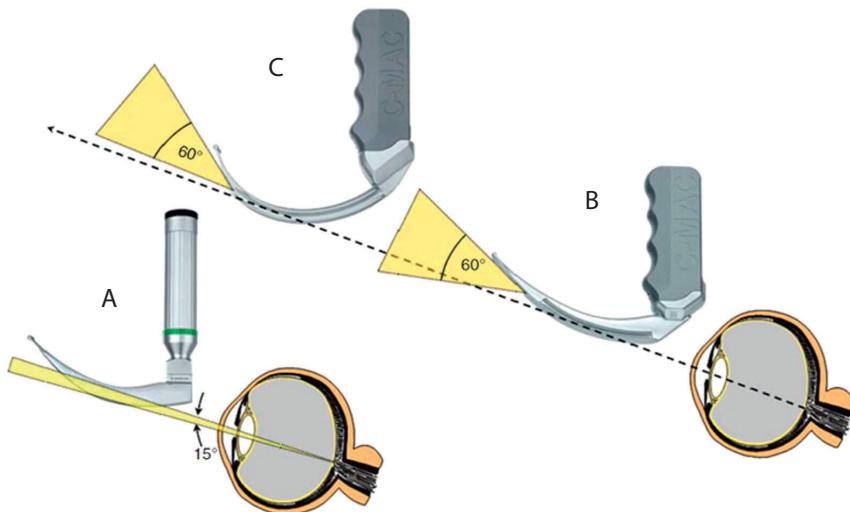
Težka ali neuspešna vstavitev dihalne cevke v sapnik je povezana z zapleti, kot so padec nasičenosti arterijske krvi s kisikom, povišan krvni tlak, sprejem v enoto intenzivne terapije ali celo smrt. Višja je tudi verjetnost poškodbe tkiv in zbojava, bolečega grla ter hripavosti.

Da bi se izboljšal prikaz grla, so se v preteklosti razvili različni pripomočki, in sicer McCoyev laringoskop, različni rigidni in fleksibilni endoskopi ter optična vodila, ki so poleg upogljivega bronhoskopa v zadnjem desetletju predstavljali tehnični odgovor za težko oskrbo dihalne poti.

## VIDEOLARINGOSKOPI

Kombinacija sodobne optične tehnike z modifikacijo direktnih laringoskopov pa je vodila v nastanek videolaringoskopov, alternativnih pripomočkov, ki s pomočjo digitalne tehnologije (ali pa tudi s sistemom

leč) omogočajo prenos slike s konice žlice laringoskopa do zaslona, ki je del laringoskopa ali pa ločena enota. Na ta način omogočajo indirektno laringoskopijo, s čimer se poveča vidljivost/ločljivost struktur in razširi vidno polje, kar omogoča vidljivost tudi bolj spredaj ležečega grla (**Slika 1**). Zmanjša se potreba po izravnavi osi dihalne poti, kar vključuje tudi potrebo po pretiranih premikih vratne hrbtnice. Zmanjša se tudi pritisk na jezik, posledično sta manj verjetni stimulacija stresnega odziva in možnost poškodbe mehkih tkiv (5). Videolaringoskopi so uvrščeni v skupine glede na različne klasifikacije (6, 7, 8), vendar se običajno uporablja delitev na tri skupine (5): Macintoshova modifikacija, skupina z večjo ukrivljenostjo žlice (angl. *hyperangulated blade*) in skupina z ali brez žleba za dihalno cevko.



**Slika 1. Povečan kot gledanja pri videolaringoskopiji.**

- A) Direktni laringoskop: 15°;
  - B) videolaringoskop z Macintoshovo žlico številka 4: 60°;
  - C) videolaringoskop z bolj ukrivljeno žlico (npr. D blade C-MAC): 60°;
- prirejeno in pridobljeno po Van Zundertu s sodelavci (9).

Pri Macintoshovi modifikaciji gre za klasičen Macintoshev laringoskop, ki sta mu bila dodana kamera in zaslon. Zaradi video sistema dodatno omogoča indirektno videolaringoskopijo, v primeru prevelike količine izločkov na leči ali ob okvari video sistema pa je še vedno mogoča direktna laringoskopija. Primeri takšnih videolaringoskopov so McGrath MAC (**Slika 2**), Storz V-Mac in Storz C-Mac (**Slika 3**). Prednost videolaringoskopov z Macintoshovo žlico je v boljši vidljivosti spredaj ležečega grla, manj ali neuporabni so v primeru omejenega odpiranja ust ali omejeni retrofleksiji glave.



**Slika 2. McGrath MAC videolaringoskop.**



**Slika 3. Storz C-MAC videolaringoskop.**

Videolaringoskopi z večjo ukrivljenoščjo žlice imajo žlico, ukrivljeno pod večjim kotom, kar omogoča še boljši prikaz grla z minimalnimi premiki pacienteve glave in vratu. Dihalna cevka mora v tem primeru imeti zmeraj vstavljeni čvrsto vodilo in biti tako nekoliko bolj ukrivljena kot sicer, da jo lahko pod večjim kotom vstavimo skozi grlo v sapnik. V to skupino spadajo GlideScope GVL (**Slika 4**), GlideScope Cobalt, GlideScope Ranger (**Slika 5**), McGrath Series 5 (**Slika 6**) in Storz C-Mac D-Blade (**Slika 7**).



**Slika 4. GlideScope GVL videolaringoskop.**



**Slika 5. GlideScope Ranger videolaringoskop.**



**Slika 6. McGrath series 5 videolaringoskop.**



**Slika 7. Storz C-MAC D-blade videolaringoskop.**

Videolaringoskopi z žlebom za dihalno cevko imajo poseben žleb, ki predhodno vstavljeni dihalno cevko usmeri proti grlu. Vodila tako na potrebujemo. Primera sta Pentax AWS (**Slika 8**) in Airtraq (**Slika 9**). Airtraq ima lahko le sistem leč, video sistem je možen kot dodatna oprema. Prednosti videolaringoskopije so boljši pogled na vhod v grlo, še posebej v okoliščinah, ko je pri pacientu omejeno odpiranje ust in gibljivost vratne hrbtenice. Učna krivulja je krajsa, hkrati je stopnja uspešne vstavitve dihalne cevke višja pri začetnikih (3) in tistih, ki nimajo pogostega stika z oskrbo dihalne poti oziroma niso izkušeni v direktni laringoskopiji. Dodatna prednost je tudi, da imajo vsi sodelujoči omogočen pogled na strukture grla in sami opazujejo postopek vstavitve dihalne cevke. Možno je tudi snemanje postopka, kar omogoča podatke v potencialnih sodno-medicinskih postopkih. Slabosti sta možen podaljšan čas vstavitve dihalne cevke ter ob pogosti uporabi izguba prakse v uporabi direktne laringoskopije. Kljub boljšemu pogledu na vhod v grlo je lahko vstavitev dihalne cevke težja, še posebej pri žlicah z večjo ukrivljenostjo. Omogoča le dvodimenzionalni pogled z izgubo občutka za globino, pogled je lahko moten zaradi rosenja leče ali izločkov, ki umažejo kamero. Videolaringoskopi so dražji in lahko dajejo lažen občutek varnosti ter tako vodijo k slabši pripravi na oskrbo pričakovane težke dihalne poti.



**Slika 8. Pentax AWS videolaringoskop.**



**Slika 9. Airtraq videolaringoskop.**

Pregledni članek iz leta 2015 (10) kaže na značilno boljšo preglednost grla, manj neuspešnih vstavitev dihalne cevke pri pacientih s pričakovano težko oskrbo dihalne poti in pri simulirani težki dihalni poti, manj poškodb dihalne poti in manj hripavosti. Razlike v uspešnosti pri pacientih brez pričakovane težke oskrbe dihalne poti so bile nepreporočljive (10). Dopolnitev omenjenega preglednega članka, ki je izšla leta 2022 (11), je dodatno opredelila učinkovitost različnih skupin videolaringoskopov. Pri vseh skupinah videolaringoskopov je značilno višja verjetnost uspešne vstavitve dihalne cevke v prvem poskusu v primerjavi z direktno laringoskopijo, prav tako je manj epizod hipoksemije. Pri uporabi videolaringoskopov z večjo ukrivljenostjo žlice je manj vstavitev dihalne cevke v poziralnik in več uspešnih vstavitev dihalne cevke pri pacientih s težko dihalno potjo v primerjavi z drugima dvema skupinama videolaringoskopov. Videolaringoskopija omogoča v večjem deležu boljši pregled grla po Cormack-Lehane klasifikaciji kot direktna laringoskopija (8, 12). Pri enostavni, direktni laringoskopiji (Cormack-Lehane I in II) videolaringoskopija ni imela nobene prednosti, le podaljšal se je čas, potreben za uspešno vstavitev dihalne cevke v sapnik, vendar je bilo to klinično nepomembno. Pri težki direktni laringoskopiji (Cormack-Lehane III ali IV) je videolaringoskopija izboljšala pregled grla z višjo stopnjo uspešne vstavitve dihalne cevke v enakem ali krajšem času (7). Videolaringoskopija je v primerjavi z direktno laringoskopijo manj verjetno povzročila poškodbe ustne votline, žrela ali grla, manj je bilo pooperativne hripavosti (10). Dokazano manj je bilo premikov vratne hrbtenice z uporabo Airtraqa ali Pentax AWS (13, 14) ter manjša potreba po dodatnih manevrih oziroma optimizaciji lege pri uporabi GlideScope-a (15). GlideScope olajša vstavitev dihalne cevke pri pacientih z ankirozirajočim spondilitisom (16). Pri pacientih s prekomerno telesno težo (indeks telesne mase 40 ali več) je videolaringoskopija bila povezana z izboljšanim pregledom grla, krajšim časom in manjšim številom poskusov vstavitve dihalne cevke (5). Nižji je bil delež pacientov, pri katerih je prišlo do padca nasičenosti arterijske krvi s kisikom (5).

V raziskavah, ki so primerjale uporabo videolaringoskopov z direktno laringoskopijo v okolju zunaj operacijskih dvoran (enote intenzivne terapije, urgentni centri in teren), so si dokazi nasprotujoči. Poročali so o višji stopnji uspešnosti v prvem poskusu v enotah intenzivne terapije ter na terenu in v urgence v primeru manj izkušenega izvajalca (17). Na terenu in v urgence razlike v uspešnosti pri izkušenih izvajalcih ni bilo, je bilo pa v vseh okoljih manj vstavitev dihalnih cevk v poziralnik (17). Nasprotno v določenih raziskavah ni bilo dokazanih kakršnihkoli prednosti videolaringoskopije v okolju zunaj operacijskih dvoran (18, 19). Ob nekonsistentnih dokazih bo v prihodnje potrebno odkriti razloge za te. Jasni dokazi o večji učinkovitosti uporabe videolaringoskopov v operacijski dvorani se niso prenesli v okolje zunaj operacijskih dvoran in vprašanje je, v kolikšnem deležu so razlogi na račun pacientovih dejavnikov oziroma v kolikšnem deležu na račun dejavnikov okolja, tehnike ter izkušenj izvajalca.

## ZAKLJUČEK

Videolaringoskopi so že vključeni med alternativne pripomočke v smernicah za oskrbo težke dihalne poti. Smernice angleškega združenja za težko oskrbo dihalne poti (angl. *Difficult Airway Society*) priporočajo razpoložljivost videolaringoskopov v ustanovi in usposobljenost izvajalcev oskrbe dihalne poti za njegovo uporabo. Njihova uporaba oziroma razpoložljivost lahko izboljša varnost pri oskrbi težke dihalne poti. V raziskavi, ki je primerjala kontrolno bolnišnico z bolnišnico, kjer so uporabljali videolaringoskop kot pripomoček prve izbire, je bilo v obdobju spremeljanja značilno manj dihalnih poti opredeljenih kot težkih. Prav tako je bilo značilno manj uporabe rešilnih tehnik pri oskrbi dihalne poti (20). Vprašanje, ali bodo videolaringoskopi kdaj v celoti nadomestili klasične Macintosheve laringoskope, ostaja za prihodnost. Glede na zbrane dokaze je vsekakor smiselno, da so vsi, ki se ukvarjajo z oskrbo dihalne poti, usposobljeni za uporabo videolaringoskopov.

## VIRI

---

1. Cormack RS, Lehane, J. Difficult tracheal intubation in obstetrics. *Anaesthesia* 1984;39(11): 1105–11.
2. Shiga T et al. Predicting difficult intubation in apparently normal patients: a meta-analysis of bedside screening test performance. *Anesthesiology* 2005;103(2):429–37.
3. Lundstrom LH et al. High body mass index is a weak predictor for difficult and failed tracheal intubation: a cohort study of 91,332 consecutive patients scheduled for direct laryngoscopy registered in the Danish Anesthesia Database. *Anesthesiology*. 2009;110(2):266–74.
4. Cook TM, Woodall N, Frerk C. Major complications of airway management in the UK: results of the Fourth National Audit Project of the Royal College of Anaesthetists and the Difficult Airway Society. Part 1: *Arenaesthesia*. British Journal of Anaesthesia 2011;106(5):617–31.
5. Chemsian RV, Bhananker S, Ramaiah R. Videolaryngoscopy. *Int J Crit Illn Inj Sci.* 2014;4(1):35–41
6. Hurford W. The video revolution: A new view of laryngoscopy. *Respir Care* 2010;55:1036–45.
7. Niforopoulou P et al. Video-laryngoscopes in the adult airway management: A topical review of the literature. *Acta Anaesthesiologica Scand.* 2010;54:1050–61.
8. Paolini JB, Donati F, Drolet P. Video-laryngoscopy: Another tool for difficult intubation or a new paradigm in airway management? *Can J Anaesth.* 2013;60:184–91.
9. A. Van Zundert, V. Dörges, B. Pieters in C. Gatt. Videolaryngoscopy allows a better view of the pharynx and larynx than classic. *Br J Anaesth.* 2012;109:1014–15.
10. Lewis SR et al. Videolaryngoscopy versus direct laryngoscopy for adult patients requiring tracheal intubation. *Cochrane Systematic Review.* 2016.
11. Hansel J et al. Videolaryngoscopy versus direct laryngoscopy for adults undergoing tracheal intubation: a Cochrane systematic review and meta-analysis update. *Br J Anaesth* 2022;129(4):612–23.
12. Nouruzi-Sedeh P, Schumann M, Groeben H. Laryngoscopy via Macintosh blade versus GlideScope: Success rate and time for intubation in untrained medical personnel. *Anesthesiology* 2009;110:32–7.
13. Hirabayashi Y et al. A comparison of cervical spine movement during laryngoscopy using the Airtraq or Macintosh laryngoscopes. *Anesthesia* 2008;63:635–40.
14. Maruyama K et al. Randomized cross-over comparison of cervical-spine motion with the AirWayScope or Macintosh laryngoscope with in-line stabilization: A video-fluoroscopic study. *Br J Anaesth* 2008;101:563–7.

- 15.** Robitaille A et al. Cervical spine motion during tracheal intubation with manual in-line stabilization: Direct laryngoscopy versus GlideScope videolaryngoscopy. *Anesth Analg* 2008;106,935–41.
- 16.** Lai HY et al. The use of the GlideScope for tracheal intubation in patients with ankylosing spondylitis. *Br J Anaesth* 2006;97:419–22.
- 17.** Arulkumaran N et al. Videolaryngoscopy versus direct laryngoscopy for emergency orotracheal intubation outside the operating room: a systematic review and meta-analysis. *Br J Anaesth* 2018;120(4):712–24.
- 18.** Lascarrou JB, Boisrame-Helms J, Bailly A, et al. Video Laryngoscopy vs Direct Laryngoscopy on Successful First-Pass Orotracheal Intubation Among ICU Patients: A Randomized Clinical Trial. *JAMA*. 2017;317(5):483–493.
- 19.** Jiang J et al. Video laryngoscopy does not improve the intubation outcomes in emergency and critical patients – a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Crit Care* 2017;21:288.
- 20.** Cook TM, AZIZ MF. Has the time really come for universal videolaryngoscopy? *Br J Anaesth* 2022;129(4):474–7.

## 9.

# VSTAVITEV DIHALNE CEVKE V SAPNIK Z UPOGLJIVIM BRONHOSKOPOM IN KOMBINIRANE TEHNIKE

**Marko Zdravković, Goran Jeglič in Jože Kučič**

### POVZETEK

V primerih znanega ali z visoko verjetnostjo predvidenega velikega tveganja za težko vstavitev dihalne cevke se zaradi pacientove varnosti odločimo za izvedbo tega posega v budnem stanju. To je v primeru predvidene težke oskrbe dihalne poti, ko obstaja velika verjetnost, da pacienta ne bomo mogli niti predihavati niti oksigenirati po uvodu v splošno anestezijo, pri pacientu s predvideno težko vstavitvijo dihalne cevke v sapnik, ki je v dihalni stiski in/ali ni tešč. Izvedemo jo ob dobri pripravi pacienta in delovišča. Poseg izvedemo z video pripomočki, kot sta upogljiv bronhoskop in/ali videolaringoskop. Vstavitve dihalne cevke v budnem stanju se lotimo z instrumentom, s katerim znamo delati, saj mora biti izvedba čim bolj suverena in kratka. Običajno so priprave bistveno daljše kot pa sama izvedba posega. Poznati moramo tehnike topikalne anestezije dihalne poti, oksigenacije, sedacije in ključne podrobnosti izvedbe same vstavitve dihalne cevke s pomočjo tehničnih pripomočkov, ki so nam na voljo.

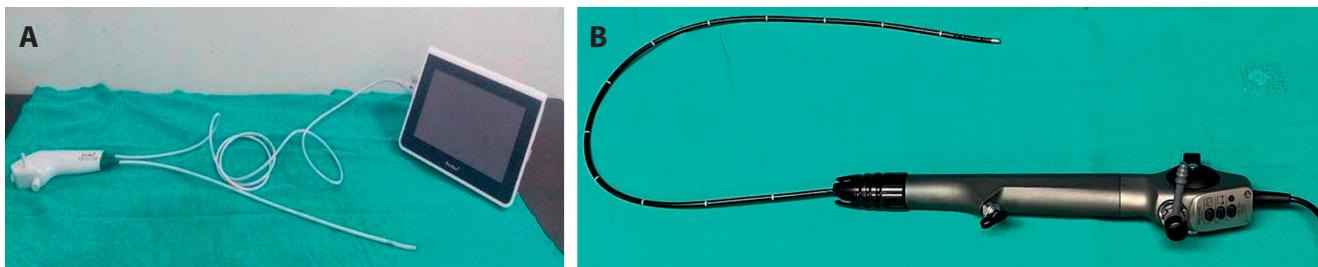
### ABSTRACT

Awake tracheal intubation is used to ensure adequate patient safety whenever we have a known or predicted difficult airway in a patient with expected difficulties with ventilation and oxygenation after induction of general anaesthesia, in a patient with predicted difficult airway in acute respiratory failure and/or with a full stomach. The procedure is performed with good preparation of the patient and the workplace and with appropriate video equipment, such as a flexible bronchoscope and/or video laryngoscope. Awake tracheal intubation should be carried out with the instrument that we are acquainted with, as the performance should be swift and short. Usually, the preparation takes much longer than the procedure itself. We must know the techniques of airway topicalisation, oxygenation, sedation, and the key details of the procedure itself.

## UVOD

V vsakdanji praksi velikokrat uporabljammo ime fiberoptični bronhoskop za vse upogljive bronhoskope, kar pa ni ustrezno poimenovanje. Izraz fiberoptični bronhoskop se nanaša na posebno tehnologijo steklenih vlaken, preko katerih se prenaša slika s konice inštrumenta do zaslona. Ta tehnologija je danes že zastarella, tako da imamo na voljo vse več pripomočkov, ki imajo namesto steklenih ali tako imenovanih fiberoptičnih vlaken prisoten čip s kamero na konici inštrumenta. Zaradi tega niso tako zelo podvrženi poškodbam ob zvijanju v primerjavi z bronhoskopi iz steklenih vlaken.

Grobo delitev upogljivih bronhoskopov lahko naredimo v smislu njihove zmožnosti ponovne (ne)uporabe. Torej, poznamo takšne, ki so za enkratno uporabo (npr. Ambu aScope) in takšne, ki so za večkratno uporabo (npr. Karl Storz) (**Slika 1**). Ključno je, da vsak izmed nas zelo dobro pozna razpoložljive pripomočke za oskrbo dihalne poti v svoji ustanovi oziroma na svojem/ih delovišču/ih. V praksi izberemo tisti pripomoček, ki nam je na voljo in ustreza namenu, za katerega ga bomo uporabili. Upogljivi bronhoskopi se razlikujejo glede na zunanjji premer (npr. 3 mm do 6,5 mm), ki določa najmanjšo velikost dihalne cevke, ki jo lahko uporabimo, in prisotnost delovnega kanala, ki je prav tako lahko različnih dimenzij (npr. 1,5 mm do 3 mm). Skozi ustrezen širok delovni kanal se lahko vstavijo tudi različni instrumenti za odvzem biopsije ter dovajajo zdravila (npr. za vzpostavitev hemostaze ali topikalno anestezijo). V tem poglavju se bomo osredotočili na uporabo upogljivega bronhoskopa za vstavitev dihalne cevke, ki jo lahko izvedemo pri budnem ali spečem pacientu. Ob tem se moramo zavedati, da je instrument upogljiv zato, da ga lahko krmarimo s pomočjo vzvodov in rotiramo po naši volji.



**Slika 1. Različni upogljivi bronhoskopi.**

- A) za enkratno uporabo – primer proizvajalca Ambu,
- B) za večkratno uporabo – primer proizvajalca Karl Storz.

## INDIKACIJE IN NAČINI VSTAVITVE DIHALNE CEVKE V SAPNIK Z UPOGLJIVIM BRONHOSKOPOM

Indikacije za uporabo upogljivega bronhoskopa v operacijski dvorani so: potrditev lege dvosvetlinske dihalne cevke, oskrba dihalne poti v budnem stanju pri pričakovani težki vstavitvi dihalne cevke v sapnik, po nepričakovani težki oskrbi dihalne poti, za pregled sapnika in bronhijev ob sumu na njihovo poškodbo ter redkeje za toaleto dihalne poti. Nasprotno pa sta v enotah intenzivne terapije toaleta dihalne poti in jemanje bronhoalveolarnega izpirka najpogosteji indikaciji za uporabo upogljivega bronhoskopa.

Starejša priporočila krovnih anestezioloških združenj so pri pacientu z znano težko oskrbo dihalne poti kot metodo prvega izbora priporočali vstavitev dihalne cevke v budnem stanju ob ohranjenem spontanem dihanju. Ker pa imajo indikatorji za težko oskrbo dihalne poti relativno slabo napovedno vrednost (1–3), najnovejša priporočila ameriškega združenja anesteziologov svetujejo vstavitev dihalne cevke v budnem stanju (ali ob ohranjenem spontanem dihanju) v primeru predvidene težke oskrbe dihalne poti, kjer obstaja velika verjetnost, da pacienta ne bomo mogli niti predihavati niti oksigenirati po uvodu v splošno anestezijo in pri pacientu s predvideno težko oskrbo dihalne poti, ki je v dihalni stiski in/ali ni tešč (4). Za načrtovano vstavitev dihalne cevke v sapnik s pomočjo upogljivega bronhoskopa pri pacientu v budnem stanju je v nasprotju s prepričanjem nekaterih tveganje za vdahnenje želodčne vsebine v pljuča še zmeraj prisotno (1, 5). Edina absolutna kontraindikacija za vstavitev dihalne cevke v budnem stanju je pacientova zavnitev takšnega načina oskrbe dihalne poti. Relativni kontraindikaciji sta alergija na lokalni anestetik in krvavitev iz dihalne poti (1). Za vstavitev dihalne cevke z upogljivim bronhoskopom pri spečem pacientu se odločimo predvsem pri nepričakovani težki oskrbi dihalne poti (tj. ko smo pacienta že uspavali), lahko pa tudi kot način rutinske vstavitve dihalne cevke.

Obstajajo različni načini vstavitve dihalne cevke z uporabo upogljivega bronhoskopa, in sicer skozi usta ali skozi nos, ter dve kombinirani tehniki: skozi supraglotični pripomoček in s sočasno uporabo direktoскопa ali (bolje) videolaringoskopa (1, 6, 7). Ker je bronhoskop vodljiv, ob dobi sprostitvi dihalne poti, po katere svetlini vodimo instrument, izberemo vstavitev dihalne cevke skozi usta. Nazalno pot izberemo zaradi potreb operativnega posega ali pri anatomskej indikaciji.

Pri nas je trenutno najpogosteje uporabljeni supraglotični pripomoček i-gel. Po priporočilih proizvajalca lahko skozi i-gel velikosti 3 vstavimo dihalno cevko, ki ima notranji premer manjši od 6 mm, skozi i-gel velikosti 4 takšno, ki ima notranji premer manjši od 7 mm, skozi i-gel velikosti 5 pa lahko uspešno vstavimo dihalno cevko z notranjim premerom, manjšim od 8 mm (avtorji glede na izkušnje raje priporočamo 7,5 mm) (8). Pri tem igra ključno vlogo zunanjji premer dihalne cevke, ki se lahko med proizvajalci opreme pomembno razlikuje. Pri sočasni uporabi videolaringoskopa potrebujemo dva izvajalca, in sicer prvi vzdržuje odprt zgornji del dihalne poti s pomočjo videolaringoskopa, kar omogoča drugemu, da lažje in hitreje pripelje konico upogljivega bronhoskopa do vhoda v grlo.

Zmeraj je pomembno upoštevati zmožnost zagotavljanja ustrezne anestezije zgornjega dela dihalne poti, sedacije in oksigenacije. V kolikor slednja ni mogoča, so lahko poskusi vstavitve dihalne cevke z upogljivim bronhoskopom preveč zamudni in je treba pravočasno razmislieti in se tudi odločiti za nujno vzpostavitev dihalne poti skozi vrat (angl. *emergency front of neck access – eFONA*) s tehniko "scalpel-vodilo-dihalna cevka" (**10. poglavje**) (1, 6, 9). Seveda pa bomo v osnovi pristopili k vstavitvi dihalne cevke v budnem stanju prav zato, da do takšne situacije ne bi prišlo.

## VSTAVITEV DIHALNE CEVKE V BUDNEM STANJU

Pristop k vstavitvi dihalne cevke z upogljivim bronhoskopom je različen v primeru budnega in spečega pacienta. Angleško združenje za anesteziologijo je leta 2019 izdalo prva priporočila za ta poseg v budnem stanju (1). Štirje ključni elementi za uspešno vstavitev dihalne cevke v budnem stanju so oksigenacija, anestezija zgornje dihalne poti, učinkovita izvedba ter sedacija (**Slika 2**). Prav tako je pomembno, da pacientu dobro pojasnimo tehniko in predvidene načine lajšanja nelagodja.

<b>OKSIGENACIJA</b> <ul style="list-style-type: none"><li>zgodaj dodati visokopretočni O<sub>2</sub> preko nosu</li><li>titrirati pretok O<sub>2</sub> v območju 30–70 l/min</li><li>O<sub>2</sub> se naj dovaja tekom celotnega postopka oskrbe dihalne poti</li></ul>	<b>TOPIKALNA ANESTEZIJA</b> <ul style="list-style-type: none"><li>10 % lidokain v razpršilu: baza jezika, orofarinks ter nebna loka</li><li>20–30 razprškov (med vdihom, v 5 min)</li><li>če preko nosu: co-fenilkain</li><li>atravmatsko testiranje zadostnosti topikalizacije</li><li>po potrebi dodatek lokalnega anestetika do maksimalnega odmerka: 5 razprškov 10 % lidokaina na bazo jezika, 2 mL 2 % lidokaina (3-x): nad, v nivoju in pod nivojem glasilk (preko epiduralnega katetra, delovnega kanala bronhoskopa ali atomizatorja)</li></ul>
<b>IZVEDBA</b> <ul style="list-style-type: none"><li>izbor ustrezne velikosti dihalne cevke</li><li>pacient v sedečem položaju</li><li>izvajalec naj vidi pacienta, monitor vitalnih parametrov, infuzijske črpalki in video zaslon</li><li>očistiti sekret</li><li>izvedba z upogljivim bronhoskopom: izvajalec stoji pred pacientom, v primeru izvedbe preko ust se lahko uporabi posebno ustno vodilo za bronhoskop, poševnina konice dihalne cevke naj bo obrnjena posteriorno</li><li>izvedba z videolaringoskopom: položaj izvajalca za pacientom; možna uporaba vodila (angl. <i>bougie</i>)</li><li>pred uvodom v anestezijo: 2 točkovna potrditev lege dihalne cevke</li></ul>	1 razpršek 10 % lidokaina (0,1 mL): 10 mg 1 ml 2 % lidokaina: 20 mg co-fenilkain: 2,5 mL: 125 mg lidokaina in 12,5 mg fenilefrina

**Slika 2. Štirje ključni elementi za uspešno vstavitev dihalne cevke v budnem stanju so oksigenacija, anestezija zgornje dihalne poti, učinkovita izvedba ter sedacija (1).**

## Oksigenacija

Med posegom je treba poskrbeti za ustrezno oksigenacijo pacientove krvi. Pri tem govorimo o preoksi- genaciji, ki jo lahko kvalitetno izvedemo preko obrazne maske (z doseganjem deleža kisika v izdihanem zraku > 90 %) ter o peroksigenaciji, ki jo izvajamo tudi med samim posegom. Možnosti te so različne; za najbolj učinkovito se je izkazalo visokopretočno dovajanje navlaženega kisika preko nosu (angl. *high-flow nasal oxygen*), saj je incidanca desaturacije ( $\text{SpO}_2 < 91\%$ ) pri tej tehniki nizka, zgolj do 1,5 % (1). V kolikor nam to ni na voljo, lahko uporabimo dovajanje kisika preko nosnega katetra z manjšimi pretoki in/ali pa tudi dovajanje kisika preko delovnega kanala bronhoskopa oziroma ob konici videolaringoskopa (**Slika 3**). Možna je tudi uporaba obrazne maske s stranskim priključkom dovajanja kisika in vstopnim kanalom za bronhoskop (**Slika 4**).



**Slika 3. Dovajanje kisika preko cevke za kisik, na koncu katere smo odrezali nastavek za obrazno masko in jo vstavili v utor žlice videolaringoskopa.**



**Slika 4. Oksigenacija z možnostjo sočasne vstavitve dihalne cevke z bronhoskopom preko obrazne maske.**

## Topikalna anestezija

Uspešnost vstavitve dihalne cevke v budnem stanju je odvisna predvsem od zadostnosti anestezije zgornej dihalne poti. V kolikor se odločimo za vstavitev skozi nos, je treba nanesti vazokonstriktor v nosno sluznico, saj zmanjša pojavnost epistakse (npr. kombinacija fenilefrina z lidokainom). Nato je treba anestezirati dihalno pot z lokalnim anestetikom, najpogosteje lidokainom, ki ima v primerjavi z ostalimi lokalnimi anestetiki boljši varnosti profil (1). Ključno je, da se ne preseže skupen odmerek lidokaina, 9 mg/kg puste telesne teže pacienta. Zmeraj mora biti na voljo vsa oprema in ustrezno znanje za ukrepanje v primeru pojava sistemski toksičnosti lokalnega anestetika (10). Zadostno anestezijo zgornje dihalne poti lahko dosežemo s topikalno aplikacijo lokalnega anestetika, s področno anestezijo (**2. poglavje**) ali kombinacijo obeh. Topična anestezija je enostavnejša, vendar zajame zgolj sluznico dihalne poti, medtem ko so bloki živcev dihalne poti tehnično zahtevnejši, ampak nudijo tudi anestezijo globljih tkiv (11). Od blokov oziroma invazivnejših tehnik anestezije zgornje dihalne poti je najenostavnejša transtrahealna injekcija 2–4 % lidokaina, in sicer 4 do 5 mL (10). Trenutno sicer ni dokazov, ki bi govorili v prid uporabe določene tehnike topikalizacije; uporabimo lahko atomizator, tehniko sprotnega pršenja lokalnega anestetika (angl. *spray-as-you-go*), transtrahealno injekcijo in nebulizacijo (1). Pri transtrahealni injekciji moramo vstavljeni iglo s prsti trdno zasidrati na kožo (**Slika 5**), da med kašljanjem igla ne uide v globino in ne poškoduje požiralnika. Ne glede na uporabljeni tehniko je treba preveriti zadostnost anestezije dihalne poti pred pričetkom postopka vstavitve dihalne cevke v budnem stanju (npr. z mehkim katetrom).



**Slika 5. Transtrahealna injekcija lidokaina.**

### **Sedacija**

Vstavitev dihalne cevke v budnem stanju lahko varno in uspešno izvedemo tudi brez sedacije. Uporaba sedacije pa zmanjša stopnjo nelagodja in anksioznosti pri pacientu. Običajno pacienti postopek tolerirajo dlje časa kot v primeru brez sedacije. Zaželeno je, da je en anesteziolog zadolžen zgolj za titriranje sedacije, v izogib posledicam prekomerne sedacije (depresija dihanja, izguba proste dihalne poti, hipoksemija, aspiracija in hemodinamska nestabilnost)(1). Remifentanil (0,05–0,1 mcg/kg/min) in deksametomidin (bolus 1 mcg/kg telesne teže, nato 0,2–1,0 mcg/kg/h) sta povezana z visoko stopnjo zadovoljstva pri pacientih in nizko verjetnostjo prekomerne sedacije ali zapore dihalne poti (1,12–14). Propofol je v primerjavi z remifentanilom povezan z večjo verjetnostjo prekomerne sedacije, kašljem in zaporo dihalne poti (12, 13). Možna je tudi uporaba drugih zdravil: midazolam 1–2 mg i.v., fentanil 0,05–0,1 mg i.v. ali alfentanil 0,25–1 mg i.v. Priporoča se uporaba enega sedativa (1). Sedacija se ne sme uporabljati kot zamenjava za nezadostno topikalizacijo dihalne poti (1).

### **Izvedba z upogljivim bronhoskopom**

Delovišče je treba ustrezno pripraviti tako, da izvajalec z lahkoto vidi pacienta, monitor, infuzijske črpalke in zaslon upogljivega bronhoskopa. Nekaterim je sicer enostavnejše izvesti vstavitev dihalne cevke v budnem stanju pri pacientu, ki leži na hrbtnu, pri čemer je smiselno celotno operacijsko mizo nagniti na noge. Želimo, da pacient spontano diha, da je dobro anesteziran v območju zgornjega dela dihalne poti in da izvajamo uspešno oksigenacijo med izvedbo vstavitve dihalne cevke v budnem stanju. Pri budnem pacientu moramo zmeraj uporabiti medzobno vodilo za bronhoskop, ker lahko pacient ob vzdraženju stisne zobe in poškoduje bronhoskop (**Slika 6**). Pri vstavitvi dihalne cevke skozi usta pacienta prosimo, da potisne jezik ob ustno dno do spodnjih zob. S tem bo pot za bronhoskop preko ustno žrelnega prostora sproščena. Pri roki je treba imeti aspirator ter izbrati ustrezno velikost dihalne cevke (**Slika 7**). Dihalna cevka se mora čim bolj prilegati bronhoskopu, da se ne zagozdi na vhodu v grlo. Ponavadi za ženske 6,5 mm in za moške 7,0 mm. To velja tudi za transnazalno vstavitev dihalne cevke. Če se pri tem uporablja navadni in ne žični tubus, ga tik pred uporabo vzamemo iz vroče vode, da je mehak in se lahko neškodljivo prilagodi obliki nosnih školjk. Poševna odprtina dihalne cevke naj bo usmerjena posteriorno (manj zatikanja za aritenoidna hrustanca; **Slika 7**). Pravilen položaj dihalne cevke je treba potrditi s kapnografijsko in vizualizacijo sapnika z upogljivim bronhoskopom, tako imenovana dvotočkovna potrditev lege dihalne cevke (1). Šele nato je smiselno izvesti uvod v splošno anestezijo. Pred odstranitvijo bronhoskopa je treba potrditi zadostno oddaljenost konice dihalne cevke od karine. Tesnilni mešiček na dihalni cevki se lahko napihne pred, med ali po uvodu v splošno anestezijo. Smiselno je treba omejiti število poskusov na 3+1, kjer naj četrti poskus izvede najbolj izkušeni anesteziolog (1, 6). Pacienti, ki jim vstavimo dihalno cevko v budnem stanju zaradi znane ali predvidene težke oskrbe dihalne poti, imajo povečano tveganje za zaplete ob odstranitvi dihalne cevke. Zato je treba imeti primerno strategijo tudi za odstranitev dihalne cevke ob zaključku operativnega posega (1, 6).



**Slika 6. Pacientka z medzobnim vodilom, pripravljena na vstavitev dihalne cevke z upogljivim bronhoskopom.**



**Slika 7. Razlog, zakaj se dihalna cevka zatakne ob vstopu v grlo – prevelika razlika v premeru bronhoskopa in dihalne cevke.**

### Izvedba z videolaringoskopom

Delovišče je treba ustrezno pripraviti tako, da izvajalec z lahkoto vidi pacienta, monitor, infuzijske črpalke in zaslon videolaringoskopa. Običajno je pacient v ležečem anti-Trendelenburgovem položaju ali pa v sedečem položaju. Želimo, da pacient spontano diha, da je dobro anesteziran v območju zgornjih dihalnih poti ter da izvajamo uspešno oksigenacijo med izvedbo vstavitve dihalne cevke v budnem stanju. Pri roki je treba imeti aspirator ter ustrezno oblikovati dihalno cevko v enako krivino, kot je žlica videolaringoskopa. Smiselna je uporaba bolj ukrivljene žlice videolaringoskopa (angl. *hyperangulated blade*), saj v tem primeru pripomočka ne bo potrebno zamenjati, v kolikor bi bili z običajnimi Macintoshевimi žlicami neuspešni. Za ohranjanje oblike dihalne cevke se priporoča kovinsko vodilo, ki pa ne sme segati čez konico dihalne cevke. Pacient najprej izplazi jezik, v usta vstavimo videolaringoskop in si prikažemo vhod v grlo. Preko desnega ustnega kota vstavimo dihalno cevko tako, da se konica prikaže pred vhodom v grlo. V kolikor je dihalna cevka ustrezno oblikovana in razdalja od konice videolaringoskopa do vhoda v grlo ni prekratka (ne smemo iskati preveč idealnega pogleda na grlo), je uspešna vstavitev dihalne cevke ob nežni rotaciji visoko zanesljiva (uspešnost v prvem poskusu nad 90 %). Pravilen položaj dihalne cevke je treba potrditi s kapnografijo in vizualizacijo prehoda dihalne cevke preko glasilk v grlo, tako imenovana dvotočkovna potrditev lege dihalne cevke (1). Šele nato je smiselno izvesti uvod v splošno anestezijo. Tesnilni mešiček na dihalni cevki se lahko napihne pred, med ali po uvodu v splošno anestezijo. Smiselno je treba omejiti število poskusov vstavitve dihalne cevke na 3+1, kjer naj četrti poskus izvede najbolj izkušeni anesteziolog (1, 6). Pacienti, ki jim vstavimo dihalno cevko v budnem stanju zaradi znane ali predvidene težke oskrbe dihalne poti, imajo povečano tveganje za zaplete ob odstranitvi dihalne cevke. Zato je treba imeti primerno strategijo tudi za odstranitev dihalne cevke ob zaključku operativnega posega (1, 6).

### KOMBINIRANA TEHNIKA

Vstavitev dihalne cevke v spečem ali budnem stanju (15–17) lahko izvedemo tudi s kombinirano tehniko, to je z uporabo videolaringoskopa in upogljivega bronhoskopa. Priprava je enaka kot je že opisano zgoraj. Za izvedbo kombinirane tehnike sta potrebna dva izvajalca, in sicer prvi vstavi videolaringoskop v usta in na zaslonu prikaže strukture grla. Drugi izvajalec nato ob gledanju na zaslon videolaringoskopa uvede konico bronhoskopa do konice videolaringoskopa. Takrat prične gledati ekran upogljivega bronhoskopa, ki ga je treba uvesti v sapnik. Ta kombinirana tehnika skrajša čas uvajanja upogljivega bronhoskopa skozi usta/nos do grla in predstavlja dodatno vizualizacijo, kar je dobrodošlo predvsem pri vodenju dihalne cevke preko bronhoskopa v grlo (pozorni smo na morebitno zatikanje na vhodu v grlo).

## USPOSABLJANJE

Uspešnost vstavitev dihalne cevke v budnem stanju ni odvisna od starosti anesteziologa, ampak od izkušenosti v tem postopku (18). Pridobivanje izkušenj je mogoče na več načinov, tako z uporabo modelov, simulacij, kadavrov kot pacientov (1). Anesteziologi moramo izkoristiti vsako priložnost za pridobitev in vzdrževanje te veščine (1). Samo zadostno število uspešnih vstavitev dihalne cevke z upogljivim bronhoskopom je način, da si pridobimo dovolj izkušenj. Ker je pacientov, pri katerih je ta postopek indiciran, sorazmerno malo, se lahko za bronhoskopsko vstavitev dihalne cevke odločimo tudi pri pacientih po uvodu v splošno anestezijo (pri katerih je sicer možna oskrba dihalne poti z direktno laringoskopijo) (19,20). Dokler nismo dovolj samostojni, postopek izvajamo pod nadzorom izkušenega operaterja, ki nas nadzoruje in vodi ob pogledu na monitor.

## ZAKLJUČEK

Vstavitev dihalne cevke z upogljivim bronhoskopom lahko izvedemo na različne načine. Vstavitev dihalne cevke v budnem stanju tako z uporabo videolaringoskopa in/ali upogljivega bronhoskopa se pri nas zgodovinsko premalo poslužujemo (1, 21). Za uspešno izvedbo je ključno zagotoviti ustrezen usposobljanje ter slediti priporočilom o perioksigenaciji, anesteziji zgornjega dela dihalne poti, sedaciji in izvedbi, ki so na kratko opisani v tem poglavju. Osem ključnih priporočil angleškega združenja za anesteziologijo za uspešno izvedbo vstavitev dihalne cevke v budnem stanju je (1):

- Vstavitev dihalne cevke v budnem stanju je metoda izbora ob prisotnosti indikatorjev za težko oskrbo dihalne poti.
- Priporočena je uporaba opomnika pred in med izvedbo.
- Kisik je treba zmeraj dodajati ves čas izvedbe.
- Učinkovita topikalna anestezija dihalne poti mora biti preverjena. Maksimalni odmerek lidokaina ne sme preseči 9 mg/kg puste telesne teže.
- Previdna uporaba minimalne sedacije je koristna. V kolikor je to izvedljivo, naj bo en anesteziolog zadolžen zgolj za izvedbo sedacije. Sedacija ni nadomestilo za nezadostno anestezijo dihalne poti.
- Število poskusov je treba omejiti na 3, z možnostjo dodatnega poskusa, ki pa ga mora izvesti najbolj izkušen anesteziolog za ta poseg (3+1).
- Uvod v anestezijo se lahko izvede zgolj po dvotočkovni potrditvi uspešne vstavitev dihalne cevke: vizualna potrditev in kapnografija.
- Oddelki naj podpirajo anesteziologe za pridobitev in vzdrževanje kompetenc za vstavitev dihalne cevke v budnem stanju.

## VIRI

---

1. Ahmad I, El-Boghdady K, Bhagrath R, Hodzovic I, McNarry AF, Mir F, O'Sullivan EP, Patel A, Stacey M, Vaughan D. Difficult Airway Society guidelines for awake tracheal intubation (ATI) in adults. *Anaesthesia*. 2020;75(4):509–528.
2. Roth D, Pace NL, Lee A, Hovhannisyan K, Warenits AM, Arrich J, Herkner H. Bedside tests for predicting difficult airways: an abridged Cochrane diagnostic test accuracy systematic review. *Anaesthesia*. 2019;74(7):915–928.
3. Heidegger T. Management of the Difficult Airway. *N Engl J Med*. 2021;384(19):1836–1847.
4. Apfelbaum JL, Hagberg CA, Connis RT, et al. 2022 American Society of Anesthesiologists Practice Guidelines for Management of the Difficult Airway. *Anesthesiology*. 2022;136(1):31–81.
5. Zdravkovic M, Berger-Estilita J, Sorbello M, Hagberg CA. An international survey about rapid sequence intubation of 10,003 anaesthetists and 16 airway experts. *Anaesthesia*. 2020;75(3):313–322.
6. Frerk C, Mitchell VS, McNarry AF, Mendonca C, Bhagrath R, Patel A, O'Sullivan EP, Woodall NM, Ahmad I; Difficult Airway Society intubation guidelines working group. Difficult Airway Society 2015 guidelines for management of unanticipated difficult intubation in adults. *Br J Anaesth*. 2015;115(6):827–48.
7. Jae Lin Lee, Byung Gun Lim, Mi Kyung Lee et al. Fiberoptic intubation through a laryngeal mask airway as a management of difficult airway due to the fusion of the entire cervical spine. *Korean J Anesthesiol*. 2012;62(3):272–276.
8. I-gel User Guide. Intersurgical. Dostopno na: <https://www.intersurgical.com/content/files/80023/1103318462> (17. 9. 2023).

9. Duggan LV, Lockhart SL, Cook TM, O'Sullivan EP, Dare T, Baker PA. The Airway App: exploring the role of smartphone technology to capture emergency front-of-neck airway experiences internationally. *Anaesthesia*. 2018;73(6):703–710.
10. Macfarlane AJR, Gitman M, Bornstein KJ, El-Boghdadly K, Weinberg G. Updates in our understanding of local anaesthetic systemic toxicity: a narrative review. *Anaesthesia*. 2021;76 dod. 1:27–39.
11. Stopar Pintarič T, Markov L. Anatomija in anestezija zgornje dihalne poti z uporabo področne anestezije. V: Šola anesteziologije, reanimatologije in perioperativne intenzivne medicine, Modul 8: »Specialna anestezija 3« (Kamnik M, urednik). Maribor, Univerzitetni klinični center, Medicinska fakulteta, 2021. str. 98–104. Dosegljivo na URL: <https://www.ukc-mb.si/strokovna-sre%C4%8Danja/zborniki> (dostopno 10. 7. 2023).
12. Rai MR, Parry TM, Dombrovskis A, Warner OJ. Remifentanil target-controlled infusion vs propofol target-controlled infusion for conscious sedation for awake fibreoptic intubation: a double-blinded randomized controlled trial. *British Journal of Anaesthesia* 2008;100:125–30.
13. Lallo A, Billard V, Bourgain JL. A comparison of propofol and remifentanil target-controlled infusions to facilitate fiberoptic nasotracheal intubation. *Anesthesia and Analgesia* 2009;108: 852–7.
14. Caron M, Parrot A, Elabbadi A, Dupeyrat S, Turpin M, Baury T, Rozencwajg S, Blayau C, Fulgencio JP, Gibelin A, Blanchard PY, Rodriguez S, Daigné D, Allain MC, Fartoukh M, Pham T. Pain and dyspnea control during awake fiberoptic bronchoscopy in critically ill patients: safety and efficacy of remifentanil target-controlled infusion. *Ann Intensive Care*. 2021;11(1):48.
15. Khan MF, Shamim F, Slote MU, Salim B, Abbas SA. Combined use of a videolaryngoscope and a flexible bronchoscope for awake tracheal intubation when front-of-neck airway is not an option. *Anaesth Rep*. 2021;9(1):12–15.
16. Saunders TG, Gibbins ML, Seller CA, Kelly FE, Cook TM. Videolaryngoscope-assisted flexible intubation tracheal tube exchange in a patient with a difficult airway. *Anaesth Rep*. 2019;7(1):22–25.
17. Greib N, Stojeba N, Dow WA, Henderson J, Diemunsch PA. A combined rigid videolaryngoscopy-flexible fibrescopy intubation technique under general anesthesia. *Can J Anaesth*. 2007;54(6):492–3.
18. El-Boghdadly K, Onwochei DN, Cuddihy J, et al. A prospective cohort study of awake fibreoptic intubation practice at a tertiary centre. *Anaesthesia* 2017;72:694–703.
19. Šorli J. Osnovne smernice za bronhoskopsko tehniko. Učna delavnica o posebni intubaciji, Maribor 1995:20–21.
20. Estilita B, Steck K. Teaching Anaesthesia Residents Advanced Airway Skills: A Proposal for Teaching Orotracheal Intubation Using a Fiberoptic Bronchoscope. *Journal of the Portuguese Society of Anesthesiology* 2019;28(1) 10–15.
21. Alhomary M, Ramadan E, Curran E, Walsh SR. Videolaryngoscopy vs. fiberoptic bronchoscopy for awake tracheal intubation: a systematic review and meta-analysis. *Anaesthesia*. 2018;73(9):1151–1161.

# 10.

## VZPOSTAVITEV DIHALNE POTI SKOZI VRAT

**Luka Pušnik, Nejc Umek, Tatjana Stopar Pintarič**

### POVZETEK

Osnovni namen vzdrževanja proste dihalne poti je zagotavljanje zadostne oskrbe s kisikom, s čimer se preprečujejo srčni zastoj, dolgoročni zapleti zaradi pomanjkanja kisika in smrt pacienta. Vzpostavitev dihalne poti skozi vrat omogoča takojšen dostop do dihalne poti v primerih, kadar pacienta ne moremo oksigenirati, niti mu ne moremo vstaviti dihalne cevke v sapnik ter v redkih načrtovanih situacijah, kadar je potreben poseg zaradi hujše zapore zgornjih dihal. Postopek vzpostavitve dihalne poti skozi vrat vključuje krikotiroidektomijo (konikotomijo), ki omogoči dostop do dihal skozi krikotiroidno membrano, ter traheotomijo, ki omogoči neposreden dostop do sapnika. Glede na algoritmom angleškega združenja za težko oskrbo dihalne poti predstavlja vzpostavitev dihalne poti skozi vrat zadnji, rešilni načrt oskrbe dihalne poti. V primeru tipne krikotiroidne membrane smernice priporočajo izvedbo tehnike s skalpelom "skalpel-rotacija-vodilo-dihalna cevka". V primeru, da krikotiroidna membrana ni tipna, pa priporočajo izvedbo tehnike "skalpel-prst-vodilo". Nujna traheotomija ni priporočena tehnika izbora – izvajanje je priporočeno zgolj za izkušene izvajalce oziroma za manj izkušene v primerih, kadar krikotiroidektomija ni bila uspešna.

### ABSTRACT

The main purpose of maintaining a patent airway is to ensure adequate oxygenation and prevent cardiac arrest, long-term complications due to oxygen deprivation, and patient death. Emergency front-of-neck access (eFONA) allows immediate access to the upper airway in “cannot ventilate, cannot oxygenate” scenarios, as well as in rare elective situations, when severe upper airway obstruction requires intervention. The eFONA procedure involves cricothyroidotomy (coniotomy), which provides access to the airway through the cricothyroid membrane, and tracheotomy, which enables direct access to the trachea. According to the Difficult Airway Society algorithm, eFONA represents the final rescue plan for airway management. When the cricothyroid membrane can be palpated, guidelines recommend performing the “stab-twist-bougie-tube” technique. If the cricothyroid membrane cannot be palpated, the “scalpel-finger-bougie” technique is recommended. In emergency situations, tracheotomy is not the recommended technique of choice – its implementation is advised solely for experienced operators or less experienced in the event of unsuccessful cricothyroidotomy.

## UVOD

Osnovni namen vzdrževanja proste dihalne poti je zagotavljanje ustrezone oksigenacije in tako preprečevanje srčnega zastoja ter razvoja poznih posledic hipoksemije. Neuspešno oskrbljena dihalna pot tako predstavlja tveganje za trajno zdravstveno škodo in poveča verjetnost za pacientovo smrt. Uporaba obrazne maske, supraglotičnih pripomočkov in dihalne cevke sodi med osnovne večchine zdravstvenih delavcev, ki se ukvarjajo z vzdrževanjem proste dihalne poti (1, 2). Vzdrževanje odprte dihalne poti je najvarnejše, kadar so morebitne težave prepoznane pred posegom, kar omogoča pripravo načrtov, ki so usmerjeni v zmanjšanje tveganja za zaplete. V ta namen moramo opraviti rutinsko predoperativno pripravo pacienta, ki pomaga pri prepoznavi dejavnikov tveganja za težko oskrbo dihalne poti (angl. *difficult airway management*). Težka oskrba dihalne poti (**11. poglavje**) predstavlja klinično stanje, v katerem izkušen anesteziolog naleti na težave pri predihavanju z obrazno masko, vstavljivo dihalne cevke ali obojim, rešitev teh težav pa je odvisna od njegove izkušenosti, specifičnosti pacienta, vrste operacije in klinične situacije (3). Doseganje ustrezone oksigenacije pri pacientih je včasih oteženo tudi v posameznih okoliščinah, kot so zapora zgornjega dela dihalne poti zaradi tumorjev glave in vratu, poškodb obraza in vratu ter izrazite otekline dihalne poti, ki je lahko posledica opeklin, okužbe ali anafilaksije (1, 4).

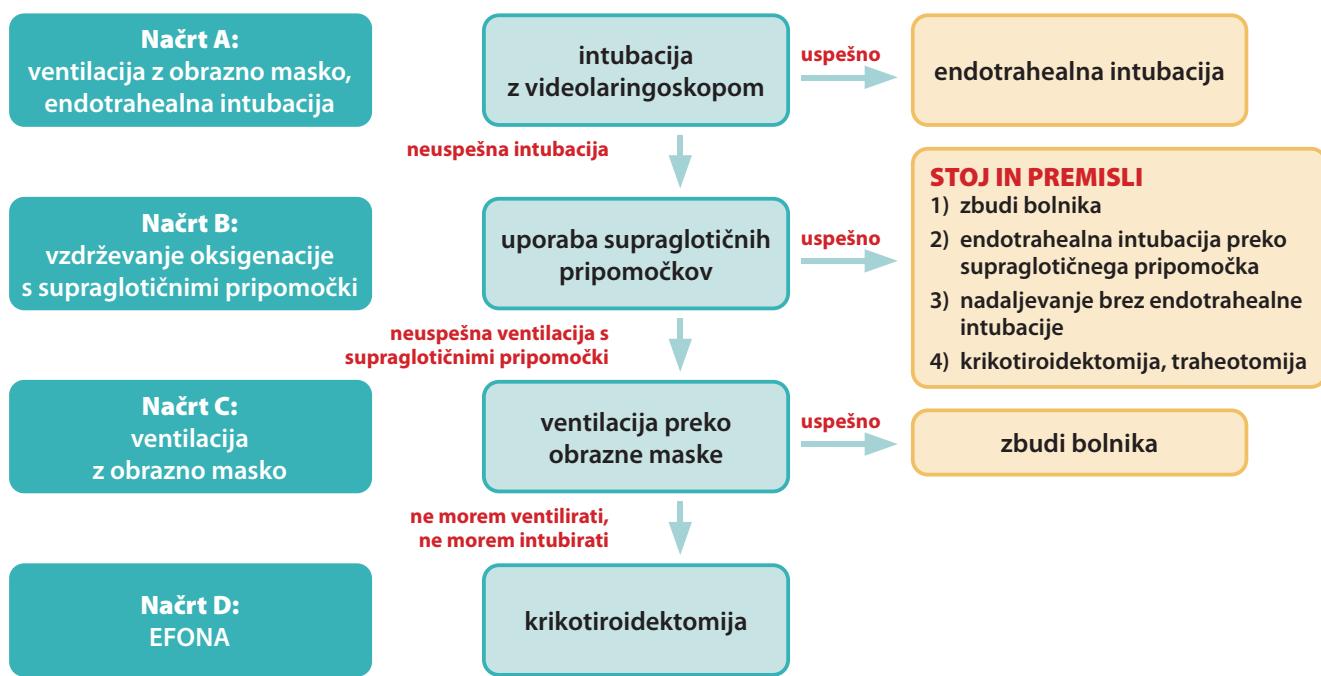
Po ocenah četrtega poročila britanskega združenja za anesteziologijo (angl. *The Fourth National Audit Project of the Royal College of Anaesthesia*) se s situacijo »ne morem vstaviti dihalne cevke, ne morem oksigenirati« (angl. *cannot intubate, cannot oxygenate* – CICO) pri uporabi splošne anestezije srečamo pri približno 1/22.000 pacientov (5). Neuspešna zagotovitev primerne dihalne poti je odgovorna za več kot eno četrtino vseh smrtnih, povezanih s splošno anestezijo (5, 6). V primeru CICO, ko pacienta ne moremo niti predihavati preko obrazne maske ali supraglotičnega pripomočka, niti ne moremo vstaviti dihalne cevke, je potrebno vzpostaviti dihalno pot skozi vrat (angl. *emergency front of neck access* – eFONA). Pred tem je potrebno izključiti bronhospazem in/ali laringospazem, ki sta po večkratnih neuspešnih poskusih vstavitve dihalne cevke v sapnik ob hkratni splitiviti anestezije pogosto vzroka za nezmožnost predihavanja in oksigenacije pacienta. Ta zaplet rešujemo z dodatno poglobitvijo anestezije ter mišično relaksacijo po predhodni aspiraciji zgornje dihalne poti. eFONA je postopek, ki omogoča takojšen in neposreden dostop do dihalne poti preko sprednjega dela vratu in je tako zadnji rešilni korak pri vzdrževanju proste dihalne poti v primerih, ko drugi pristopi za vzdrževanje dihalne poti niso učinkoviti ali izvedljivi. Vzdrževanje proste dihalne poti se tako zagotovi z izvedbo krikotiroidektomije (konikotomije) skozi krikotiroidno membrano (lat. *ligamentum cricothyroideum*), ali s traheotomijo skozi sapnik (1, 4).

## ANGLEŠKE IN AMERIŠKE SMERNICE

Glede na algoritem za ukrepanju v primeru težke vstavitve dihalne cevke, ki ga je izdal angleško združenje za težko oskrbo dihalne poti (angl. *Difficult Airway Society*) je vzdrževanje ustrezone oksigenacije ključnega pomena (4). Smernice poudarjajo pomen preoksigenacije in čim hitrejši klic na pomoč. Kot prvo izbiro pri težki vstavitvi dihalne cevke priporočajo uporabo videolaringoskopa. Osnova prvega načrta (načrt A) je uspešna vstavitev dihalne cevke, oziroma v primeru neuspeha časovna omejitev ter omejitev števila poskusov z namenom zmanjšanja možnosti poškodbe dihalne poti in morebitnega napredovanja do situacije CICO. Vsak neuspešni poskus vstavitve dihalne cevke predstavlja tveganje za poškodbo dihalne poti in zmanjša verjetnost kasnejše uspešne oskrbe dihalne poti. Angleške smernice priporočajo največ tri poskuse vstavitve dihalne cevke, oziroma štiri poskuse, če zadnji poskus izvede bolj izkušeni izvajalec (4). V kolikor vstavitev dihalne cevke ni uspešna oziroma mogoča, se za zagotavljanje proste dihalne poti svetuje uporaba supraglotičnih pripomočkov (načrt B) kot rešilne dihalne poti. Ponovno priporočajo zgolj tri poskuse vstavitve supraglotičnega pripomočka. V primeru uspešne oksigenacije s supraglotičnim pripomočkom je potreben razmislek glede nadaljnje obravnave pacienta ter odločitev, ali naj:

- se pacienta zbudi;
- se poskusi vstaviti dihalna cevka preko supraglotičnega pripomočka (**7. in 9. poglavje**);
- se poseg nadaljuje brez vstavitve dihalne cevke (v kolikor to dovoljujeta pacientovo stanje in vrsta posega);
- se (najredkeje) izvede krikotiroidotomija oziroma traheotomija.

V kolikor po treh poskusih vstavitev supraglotičnega pripomočka dihalna pot ni uspešno vzpostavljena, moramo neposredno slediti načrtu C – predihavanje z obrazno masko. Že med izvajanjem načrtov A in B moramo preveriti, ali je predihavanje z obrazno masko uspešno. Pri tem se moramo zavedati, da lahko manipulacija med poskusi vstavitev dihalne cevke ali supraglotičnega pripomočka poškoduje dihalno pot. Če predihavanje z obrazno masko zagotavlja ustrezno oksigenacijo, je (razen v izjemnih okoliščinah) treba pacienta zbuditi. V kolikor primerne oksigenacije ni mogoče vzdrževati z obrazno masko, se moramo zateči k načrtu D, še preden se razvije kritična hipoksemija, ki lahko vodi do srčne odpovedi in smrti. V primeru neuspeha in situacije CICO se priporoča vzpostavitev dihalne poti skozi vrat, eFONA. Glede na angleške smernice predstavlja eFONA zadnji, rešilni načrt oskrbe dihalne poti. Nepripravljenost izvajalca na izvedbo eFONA se je izkazala kot pomemben dejavnik, ki vpliva na obolenost in smrtnost v situacijah CICO. Dokazi o optimalni tehniki izvajanja eFONA so omejeni na posamezne primere, predvsem iz predkliničnih raziskav in vojaške medicine, simulacijskih raziskav ter raziskav na telesih umrlih darovalcev. Sistematični pregled 24 večjih raziskav ni pokazal, da bi imela katera od tehnik eFONA posebne prednosti, vendar je po angleških smernicah krikotiroidotomija s skalpelom tehnika izbire (**Slika 1**) (4, 7).



**Slika 1. Povzetek smernic angleškega združenja za težko oskrbo dihalne poti v primerih težke vstavitev dihalne cevke.** Prirejeno po Frerk in sod. 2015 (7).

eFONA - nujna vzpostavitev dihalne poti skozi vrat (angl. *emergency front of neck access*).

Novejše smernice Ameriškega združenja za anesteziologijo (angl. *American Society of Anesthesiologists*) iz leta 2022 se osredotočajo na oskrbo težkih dihalnih poti, s katerimi se srečujemo pri predihavanju z obrazno masko, uporabi supraglotičnih pripomočkov ali pri vstavitevi dihalne cevke v sapnik za posege, ki zahtevajo splošno anestezijo, zmerno do globoko sedacijo ali v načrtovanih primerih obvladovanja dihalne poti. Med posege eFONA pa sodijo kirurška krikotiroidektomija (krikotiroidektomija s pomočjo skalpela), perkutana krikotiroidektomija s pomočjo igle ozziroma intravenske kanile velikosti 14–16 G ter traheotomija (dilatacijska ali kirurška) (8).

### KRIKOTIROIDOTOMIJA S SKALPELOM

Krikotiroidotomija (konikotomija) s skalpelom je hitra in dokončna tehnika oskrbe dihalne poti v nujnih stanjih, ker imamo vse pripomočke, ki jih potrebujemo (skalpel, vodilo in dihalno cevko) zmeraj na voljo (9). V literaturi je opisanih več različnih načinov izvedbe krikotiroidotomije s skalpelom. Vsem je skupna ekstenzija vratu, prepoznava krikotiroidne membrane, rez krikotiroidne membrane ter vstavitev dihalne

cevke v sapnik (1, 7). V primeru tipne krikotiroidne membrane angleške smernice priporočajo izvedbo tehnike s skalpelom (**Tabela 1**) "vbod-rotacija-vodilo-dihalna cevka" (angl. *stab-twist-bougie-tube*) (7). V primeru, da krikotiroidna membrana ni tipna, smernice priporočajo izvedbo tehnike "skalpel-prst-vodilo" (angl. *scalpel-finger-bougie*) pri kateri po 8–10 cm vertikalnem rezu kože s pomočjo prstov izvedemo topo razmagnitev podkožnega tkiva, med katero zatipamo krikotiroidno membrano. Nadaljevanje posega je enako kot pri prejšnji tehniki (1, 7). Krikotiroidna membrana pogosteje ni tipna pri pacientih s prekomerno telesno težo, širokim in kratkim vratom, po obsevanju glave in vrata in pri nosečnicah (10). V takih primerih se svetuje tudi uporabo ultrazvoka, ki omogoča prikaz anatomije grla in priležnih žilnih struktur (**2. poglavje**) (11). Angleške smernice za izvedbo eFONA priporočajo uporabo standardizirane opreme, in sicer skalpel z rezilom številka 10, dihalno cevko z mešičkom velikosti 6,0 mm in vodilo (7).

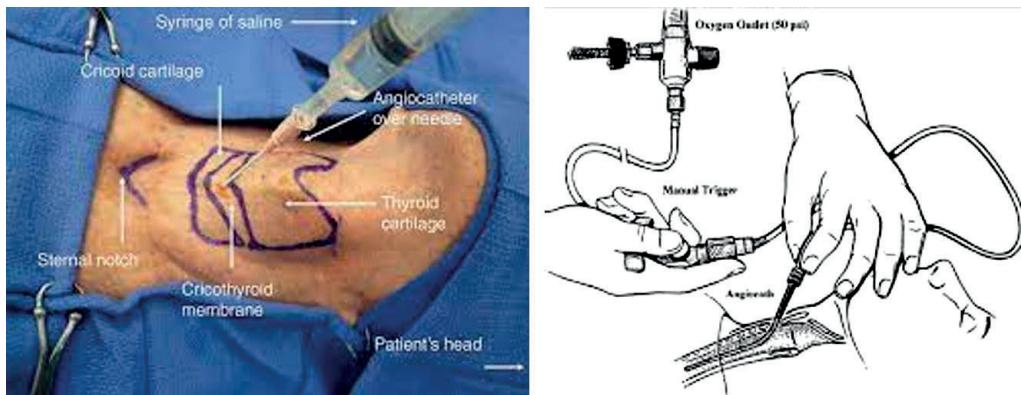
Položaj pacienta	Pacientova glava in vrat naj bosta v ekstenziji ali hiperekstenziji. Priporoča se uporaba vzglavnika pod glavo.
Položaj izvajalca posega	V primeru, da je izvajalec desnoročen, naj stoji ob pacientovem levem ramenu oziroma obratno v primeru levoročnosti.
Priprava opreme	Svetuje se uporaba vnaprej pripravljenega seta za izvedbo posega.
Prepoznavanje krikotiroidne membrane	Palpacijo grla naj izvajalec izvede z nedominantno roko. Svetuje se, da začne palpacijo s palcem in kazalcem na nivoju juguluma prsnice in nadaljuje navzgor preko sapničnih hrustancev proti krikoidnemu hrustancu, nad katerim se v rahli vdolbini zatipa krikotiroidna membrana. Prsta, ki morata biti nekoliko razmagnjena, s pritiskom fiksirata grlo. Položaj prstov se v naslednjih korakih reza ne sme premikati.
Vbod kože in krikotiroidne membrane in rotacija rezila	Z dominantno roko naj se opravi vbod s konico rezila čez kožo in krikotiroidno membrano tako, da je rezilo obrnjeno proti izvajalcu. Nato naj izvajalec rezilo zavrti za 90° v smeri proti pacientovim nogam. Rezilo naj prime z nedominantno roko in vzdržuje rahlo trakcijo.
Uporaba vodila	Z dominantno roko vzame vodilo ter z njegovo konico drsi ob rezilu v sapnik. Z rotacijskim gibom je treba glede na potek sapnika poravnati vodilo. Vodilo naj bo vstavljen do dolžine 10–15 cm.
Uporaba dihalne cevke	V naslednjem koraku je treba odstraniti rezilo, stabilizirati sapnik z nedominantno roko in vstaviti lubrificirano dihalno cevko z mešičkom premera 6,0 mm, ga zavrteti in odstraniti vodilo.
Predihavanje	V zadnjem koraku je treba napihniti tesnilni mešiček dihalne cevke, pričeti predihavanje, preveriti lego dihalne cevke in jo ustrezno pričvrstiti.

**Tabela 1.** Nujna vzpostavitev dihalne poti skozi vrat s tehniko "vbod-rotacija-vodilo-dihalna cevka" (7).

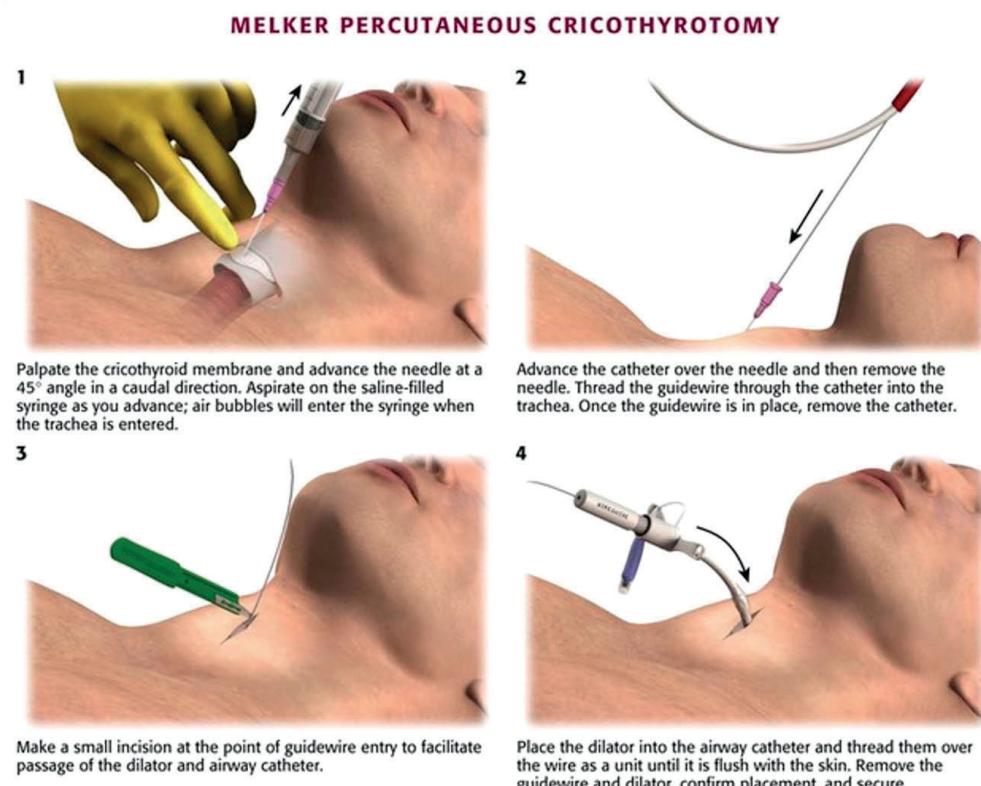
## KRIKOTIROIDEKTOMIJA Z UPORABO KANILE

Krikotiroidektomija z uporabo kanile je tehnika translaringealnega pristopa, pri kateri krikotiroidno membrano prebodemo z intravensko kanilo. Nadaljnji postopek gre lahko v dve smeri; prehodna, rešilne oksigenacija z uporabo cevke, preko katere dovajamo kisik z visokim pretokom skozi kanilo (**Slika 2**) ali dokončna oksigenacija z uporabo vnaprej pripravljenih setov za nujno krikotiroidotomijo, na primer set Melker (angl. *Melker Cuffed Emergency Cricothyrotomy Catheter Set*) (**Slika 3**). Kot je že predhodno opisano pri izvajanju krikotiroidotomije s skalpelom, izvajalec eFONA tudi tokrat uporabi nedominantno roko za prepoznavo in stabilizacijo krikotiroidne membrane. Brizgo volumna 5 mL je treba pred izvedbo napolniti z 1–2 mL fiziološke raztopine ter jo povezati s 14–16 G intravensko kanilo. Operater s kanilo pod kotom 45° v kavdalni smeri v mediani ravnini prebode kožo. Za nadaljnje prebadanje pretrahealnih struktur in krikotiroidne membrane je treba ubrati bolj pravokoten kot. Pri prebadanju je treba ves čas aspirirati z brizgo in tako preverjati lego konice kanile. V trenutku, ko kanila prestopi skozi krikotiroidno membrano, so v brizgi pojavijo mehurčki zraka. V primeru ustrezne lege konice kanile je mogoča aspira-

cija celotnega volumna brizge z zrakom. Če v brizgi nastane podtlak in se bat premakne nazaj, to nakaže na neustrezno lego kanile. V naslednjem koraku je treba izvleči iglo ter skozi kanilo uvesti fleksibilno vodilno žico po Seldingerjevi metodi. Vodilna žica služi uvedbi dilatatorja, ki omogoči dilatacijo trahealne stene z namenom vstavitve kanile z ali brez tesnilnega meščka, ki predstavlja dokončno oskrbo dihalne poti (2, 12, 13).



**Slika 2. Igelna krikotiroidektomija ter visokopretočna oksigenacija preko kanile.**



**Slika 3. Perkutana krikotiroidektomija po Seldingerjevi metodi z uporabo Melkerjevega krikotiroidektomijskega seta.**

Uporabo kanil za krikotiroidektomijo priporočajo številni anesteziologi, predvsem zaradi boljšega poznavanja in boljše spremnosti s kanilo kot s skalpelom. Tehnika s kanilo v primerjavi s skalpelom velja tudi za manj invazivno. Številne raziskave so pokazale, da je pri uporabi tehnike z uporabo kanile manjše tveganje za poškodbo žilnih struktur v primerjavi s tehniko s skalpelom (14–16). Uporabimo lahko ozke kanile z notranjim premerom manjšim od 2 mm ter širše kanile z notranjim premerom večjim od 4 mm. Ozke kanile za ustrezno predihavanje zahtevajo visokotlačne ventilacijske sisteme, kar predstavlja pomemben dejavnik tveganja za barotraumo, ki je zaplet pri približno 30 % pacientov (17, 18). Po ocenah angleške nacionalne raziskave skoraj dve tretjini posegov s tankimi kanilami ni uspešnih predvsem zara-

di zvijanja in dislokacije kanil (5). Mnogi anasteziologi za izvedbo krikotiroidektomije s širšo kanilo priporočajo uporabo prej opisane Seldingerjeve tehnike, ki jim je dobro poznana, saj je postopek podoben kot pri vstavljanju osrednjega venskega katetra, vendar je zaradi potrebe fine motorike tehnika manj primerena v stresnih situacijah (13). Njena dodatna pomanjkljivost je, da lahko neuspešen poskus vstavitve kanile povzroči podkožni emfizem in tako oteži morebitno kasnejšo izvedbo tehnike s skalpelom (19). Druge pogosteje težave pri izvajanju krikotiroidektomije z uporabo kanile so neustrezna lega kanile zaradi slabe tehnike izvedbe ali težavne anatomije pacienta, zapora kanile ter poškodba priležnih anatomskih struktur. V literaturi so opisane tudi mnoge druge tehnike z uporabo širših kanil in trokarja, katerih glavna omejitev je velika raznolikost tehnik ter njihova nestandardiziranost (20).

## NUJNA TRAHEOTOMIJA

Nujna traheotomija je kirurški poseg, s katerim vzpostavimo dihalno pot skozi vrat do sapnika, nato pa vzdržujemo dihalno pot s trahealno kanilo. Traheotomija je lahko kirurška ali perkutana. Kirurška traheotomija je poleg konikotomije metoda izbora za nujno oskrbo dihalne poti, z razliko od perkutane ali dilatacijske traheotomije, ki je rezervirana za elektivno oskrbo dihalne poti, ko pričakujemo dolgotrajno predihavanje v enoti intenzivne terapije.

Kirurška traheotomija zajema rez kože, razmik pretrahealnih tkiv, rez stene sapnika ter vstavitev trahealne kanile v sapnik. Za izvedbo mora imeti pacient iztegnjen vrat, lahko tudi podložen. Kirurška traheotomija se mora izvesti pod prvim trahealnim obročkom, saj je tako manjše tveganje za subglotično stenozo. Operater se lahko orientira s pomočjo tipanja prominence tiroidnega hrustanca, krikoidnega hrustanca ali istmusa ščitnice. Najprej se izvede horizontalen rez kože tik pod krikoidno prominenco, ki mu sledi rez čez platizmo ter nato disekcija pretrahealnih tkiv v vertikalni smeri medialne ravnine. Operater mora biti pozoren, da ne poškoduje anteriornih jugularnih ven, ki se nahajata pred infrahioidnimi mišicami. Infrahioidne mišice je treba odmakniti, prav tako je treba izvesti retrakcijo istmusa ščitnice, v kolikor je to potrebno. Slednja običajno leži nad drugim ter tretjim hrustančnim obročkom sapnika. S trahealnim kavljem se lahko privzdigne grlo in sapnik ter se ju tako stabilizira. Traheostoma se nato naredi na sprednji steni med drugim in tretjim oziroma tretjim in četrtem hrustančnim obročkom. Druga tehnika izvedbe je perkutana (dilatacijska) traheotomija, ki zajema disekcijo pretrahealnih tkiv, ki ji sledi dilatacija sapnika s Seldingerjevo tehniko oziroma s pomočjo vodilne žice. Obstaja več različnih vrst dilatacijske perkutane traheotomije. Položaj pacienta mora biti ponovno enak kot pri izvedbi kirurške traheotomije. Operater mora s palpacijo prepoznavati anatomiske mejnike. Pri izvedbi te tehnike je treba sapnik prebosti s kanilo. Izvedba tehnike poteka podobno kot pri prej opisani perkutani konikotomiji, vendar je lokacija izvedbe posega tukaj premaknjena na nivo sapnika – med drugim in tretjim oziroma tretjim in četrtem hrustančnim obročkom (21–23).

Kontraindikacije za izvedbo perkutane dilatacijske traheotomije so nezmožnost prepozname anatomskih struktur (npr. krikoidnega ter tiroidnega hrustanca) na sprednji strani vrata, povečana ščitnica, prisotnost suprasternalne mase, motnje strjevanja krvi ter visoko ležeč brahiocefalični trunkus. Morebitni zapleti kirurške in perkutane traheotomije vključujejo krvavitve, poškodbe krikoidnega hrustanca, pnevmotoraks, pnevmomediastinum, poškodbo požiralnika, izpad kanile, infekcije, dekubitus stene sapnika, granulacije v sapniku, popustitev šivov, podkožni emfizem in stenozo grla ter sapnika. Kirurška tehnika je varnejša predvsem v primerih, kadar je težje zatipati in prepoznavati anatomiske strukture (24). Oliver s sodelavci v svoji metaanalizi navajajo, da je perkutana tehnika hitrejša, vendar ima višjo stopnjo zgodnjih pooperativnih oziroma medoperativnih zapletov, medtem ko v poznih zapletih ni pomembnih razlik (25). Delaney in sodelavci medtem ugotavljajo, da je manj zapletov okužb ran pri dilatacijski perkutani traheotomiji v primerjavi s kirurško tehniko, kar pripisujejo predvsem manj invazivni naravi tehnike (26). Glede na omenjene angleške smernice se nujne traheotomije naj ne bi uporabljalo kot metode izbora, saj zahteva izkušenega izvajalca in dobro poznavanje ustrezne opreme za izvedbo posega. Nujno traheotomijo naj bi izvajali zgolj izkušeni izvajalci oziroma manj izkušeni zgolj v primerih, kadar je krikotirodotomija neuspešna (4, 7, 27).

## ZAKLJUČEK

Neuspešno oskrbljena dihalna pot predstavlja pomemben dejavnik obolenosti ter smrtnosti pri uporabi splošne anestezije. V situacijah CICO in posameznih načrtovanih primerih je potrebna vzpostavitev dihalne poti skozi vrat, eFONA. V takšnih primerih je potrebno poznati protokole ukrepanja, vključno s standardizacijo tehnik in opreme za ta poseg ter periodično obnavljanje znanja in veščin.

## VIRI

---

1. Higgs A, McGrath BA, Goddard C, et al. Guidelines for the management of tracheal intubation in critically ill adults. *Br J Anaesth.* 2018;120(2):323–352.
2. Umek N, Hodzovic I, Damjanovska M, et al. Rescue oxygenation success by cannula or scalpel-bougie emergency front-of-neck access in an anaesthetised porcine model. *PLoS One.* 2020;15(5):e0232510.
3. Stopar Pintarič T, Jeglič G, Lužar T, et al. Algoritem za težko intubacijo Slovenskega združenja za anesteziologijo. *Zdrav Vestn.* 2013;82(12).
4. Price TM, McCoy EP. Emergency front of neck access in airway management. *BJA Educ.* 2019;19(8):246–253.
5. Cook TM, Woodall N, Frerk C. Major complications of airway management in the UK: results of the Fourth National Audit Project of the Royal College of Anaesthetists and the Difficult Airway Society. Part 1: Anaesthesia. *Br J Anaesth.* 2011;106(5):617–631.
6. Peterson GN, Domino KB, Caplan RA, et al. Management of the Difficult Airway. *Anesthesiology.* 2005;103(1):33–39.
7. Frerk C, Mitchell VS, McNarry AF, et al. Difficult Airway Society 2015 guidelines for management of unanticipated difficult intubation in adults. *Br J Anaesth.* 2015; 115(6):827–848.
8. Apfelbaum JL, Hagberg CA, Connis RT, et al. 2022 American Society of Anesthesiologists Practice Guidelines for Management of the Difficult Airway. *Anesthesiology.* 2022;136(1):31–81.
9. Lockey D, Crewdson K, Weaver A, et al. Observational study of the success rates of intubation and failed intubation airway rescue techniques in 7256 attempted intubations of trauma patients by pre-hospital physicians. *Br J Anaesth.* 2014;113(2):220–225.
10. You-Ten KE, Desai D, Postonogova T, et al. Accuracy of conventional digital palpation and ultrasound of the cricothyroid membrane in obese women in labour. *Anaesthesia.* 2015;n/a-n/a.
11. Ansari U, Malhas L, Mendonca C. Role of Ultrasound in Emergency Front of Neck Access. *A & A Practice.* 2019;13(10):382–385.
12. Melker JS, Gabrielli A. Melker Cricothyrotomy Kit: An Alternative to the Surgical Technique. *Annals of Otology, Rhinology & Laryngology.* 2005;114(7):525–528.
13. Schaumann N, Lorenz V, Schellongowski P, et al. Evaluation of Seldinger Technique Emergency Cricothyroidotomy versus Standard Surgical Cricothyroidotomy in 200 Cadavers. *Anesthesiology.* 2005;102(1):7–11.
14. Schaumann N, Lorenz V, Schellongowski P, et al. Evaluation of Seldinger Technique Emergency Cricothyroidotomy versus Standard Surgical Cricothyroidotomy in 200 Cadavers. *Anesthesiology.* 2005;102(1):7–11.
15. Heard AMB, Green RJ, Eakins P. The formulation and introduction of a 'can't intubate, can't ventilate' algorithm into clinical practice. *Anaesthesia.* 2009;64(6):601–608.
16. Howes TE, Lobo CA, Kelly FE, et al. Rescuing the obese or burned airway: are conventional training manikins adequate? A simulation study. *Br J Anaesth.* 2015;114(1):136–142.
17. Duggan LV, Ballantyne Scott B, Law JA, et al. Transtracheal jet ventilation in the 'can't intubate can't oxygenate' emergency: a systematic review. *Br J Anaesth.* 2016;117:i28–i38.
18. Ross-Anderson DJ, Ferguson C, Patel A. Transtracheal jet ventilation in 50 patients with severe airway compromise and stridor. *Br J Anaesth.* 2011;106(1):140–144.
19. Bourgain JL, Desruennes E, Fischler M, et al. Transtracheal high frequency jet ventilation for endoscopic airway surgery: a multicentre study. *Br J Anaesth.* 2001;87(6):870–875.
20. Crewdson K, Lockey DJ. Needle, knife, or device – which choice in an airway crisis? *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 2013;21(1):49.
21. De Leyn P, Bedert L, Delcroix M, et al. Tracheotomy: clinical review and guidelines. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery.* 2007;32(3):412–421.
22. Goldenberg D, Ari EG, Golz A, et al. Tracheotomy Complications: A Retrospective Study of 1130 Cases. *Otolaryngology-Head and Neck Surgery.* 2000;123(4):495–500.
23. Cheung NH, Napolitano LM. Tracheostomy: Epidemiology, Indications, Timing, Technique, and OutcomesDiscussion. *Respir Care.* 2014;59(6):895–919.

24. Al-Ansari MA, Hijazi MH. Clinical review: Percutaneous dilatational tracheostomy. *Crit Care*. 2005; 10(1):202.
25. Oliver ER, Gist A, Gillespie MB. Percutaneous Versus Surgical Tracheotomy: An Updated Meta-Analysis. *Laryngoscope*. 2007; 117(9):1570–1575.
26. Delaney A, Bagshaw SM, Nalos M. Percutaneous dilatational tracheostomy versus surgical tracheostomy in critically ill patients: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care*. 2006;10(2):R55.
27. Okada A, Okada Y, Kandori K, et al. Adverse events of emergency surgical front of neck airway access: an observational descriptive study. *Acute Medicine & Surgery*. 2022;9(1).

# 11. TEŽKA OSKRBA DIHALNE POTI

**Dušan Mekiš**

## **POVZETEK**

Težka oskrba dihalne poti je lahko pričakovana ali nepričakovana klinična situacija, pri kateri ima usposobljen zdravnik za oskrbo dihalne poti težave z uporabo različnih tehnik oskrbe dihalne poti. Ustrezno usposabljanje, izkušnje, ocena tveganja in klinična presoja so bistveni za zanesljivo napovedovanje težav pri oskrbi dihalne poti. Kljub natančni predoperativni oceni tveganja za težko oskrbo dihalne poti bodo nekateri pacienti s težko dihalno potjo ostali neodkriti, zato je potrebno imeti znanje in usvojiti spremnosti tudi za reševanje nepričakovane težke oskrbe dihalne poti ter poznavanje protokola ukrepanja pri oskrbi težke dihalne poti.

## **ABSTRACT**

A difficult airway is a clinical situation where a healthcare provider, skilled in airway management, experiences difficulties with one or more airway management techniques. Appropriate training, experience, risk assessment, and clinical judgement are seen as essential to reliably predict the difficulty of managing a particular patient's airway. Despite careful preoperative airway evaluation, some patients with a difficult airway will remain undetected. Therefore, it is necessary to have the knowledge and skills to manage an unexpected difficult airway.

## UVOD

Osnovno znanje in večine oskrbe dihalne poti ter predihavanja mora poznati in obvladati vsak zdravnik. Večina oskrbe dihalne poti temelji na znanju anatomije, farmakologije zdravil, poznavanju tehničnih pripomočkov in algoritmov ukrepanja ter se potencira s kliničnimi izkušnjami ter poznavanjem pravil komuniciranja in kriznega ukrepanja.

## DEFINICIJA

Prva široko sprejeta definicija težke oskrbe dihalne poti (angl. *difficult airway*) je definicija ameriškega anesteziološkega združenja (angl. *American Society of Anesthesiologists*) iz leta 2003: »Težka oskrba dihalne poti je klinična situacija, pri kateri ima izkušen anesteziolog težave s prikazom grla z direktno laringoskopijo in/ali z vstavitvijo dihalne cevke in/ali s predihavanjem z masko in dihalnim balonom« (1). Zatem so bile v literaturi objavljene številne definicije, ki so bile variacije definicije ameriškega združenja iz leta 2003. Ameriško združenje anesteziologov je leta 2022 posodobila svojo definicijo (2), in sicer: »težka oskrba dihalne poti je lahko pričakovana ali nepričakovana klinična situacija, pri kateri ima usposobljen zdravnik za oskrbo dihalne poti težave:

- s predihavanjem z masko in dihalnim balonom;
- z laringoskopskim prikazom grla, kljub večkratnim poskusom;
- s predihavanjem preko supraglotičnega pripomočka, kljub večkratnim korekcijam lege supraglotičnega pripomočka;
- z vstavitvijo dihalne cevke, kljub večkratnim poskusom;
- pri odstranitvi supraglotičnega pripomočka ali dihalne cevke, zaradi nezmožnosti spontanega dihanja pacienta in nezmožnosti ročnega predihavanja;
- z izvedbo konikotomije ali traheotomije;
- z ustreznim predihavanjem pacienta, kar se klinično manifestira z naslednjimi znaki:
  - izguba kapnografske krivulje na monitorju,
  - odsotnost dihalnega gibanja prsnega koša,
  - tiko ali neslišno dihanje pri avskultaciji,
  - slišni znaki zapore dihalne poti,
  - patološka ultrazvočna slika pljuč,
  - cianoza,
  - hipoksemija ( $\text{SpO}_2 < 90\%$ ),
  - hiperkapnija,
  - hipertenzija,
  - motnje srčnega ritma,
  - motnja zavesti.

Incidenca težkega predihavanja z masko in dihalnim balonom je 0,9–5 % medtem, ko je neuspešno predihavanje z masko in dihalnim balonom redka klinična situacija z incidento 0,07–0,16 % (3, 4). Pri otrocih je incidenca težkega predihavanja z masko in dihalnim balonom nekoliko višja kot pri odraslih, in sicer 2,8–6,6 % (5, 6). Incidenca težke vstavitve dihalne cevke v sapnik je 0,13–27 %, medtem ko je incidenca neuspešne vstavitve dihalne cevke 0,05–0,35 % (7, 8). Vsaka oskrba dihalne poti se lahko zaplete do kritične klinične situacije CICO, ki ima sicer nizko incidento (0,0001–0,02), vendar zahteva hitro krizno ukrepanje z nujno vzpostavitvijo dihalne poti skozi vrat (**10. poglavje**) (9).

## VZROKI TEŽKE OSKRBE DIHALNE POTI

Verjetnost težke oskrbe dihalne poti lahko ocenimo samo, če poznamo vzroke, ki lahko pripeljejo do takšne klinične situacije. Vzroki težke oskrbe dihalne poti so številni. Vzroki, ki jih lahko pripišemo medicinski ekipi, so neustrezno poznavanje tehnik oskrbe dihalne poti, neustrezna predoperativna ocena verjetnosti za težko oskrbo dihalne poti, neustrezna opremljenost ekipe, tehnične težave z delovanjem opreme in neustrezna komunikacija med člani ekipe. Vzroki, ki jih lahko pripišemo pacientu, so bodisi

prirojeni v smislu anatomskeih posebnosti in anomalij oblike obraza, vratu in dihalne poti bodisi pridobljeni. Prirojeni vzroki so:

- Pierre-Robin sindrom: mikrognatija, makroglosija, razcepljeno mehko nebo;
- Treacher-Collins sindrom: okvare oči in ušes, hipoplazija mandibule;
- Goldenhar sindrom: okvare oči in ušes, hipoplazija mandibule;
- Downov sindrom: anatomska spremenjen nos, makroglosija;
- Kippel-Feil sindrom: zraščenost vratnih vretenc, omejena gibljivost vratu.

Pridobljeni vzroki težke oskrbe dihalne poti so:

- vnetja: supraglotitis, absces v/ob dihalni poti, Ludwigova angina;
- artritis: revmatoidni artritis, ankilozni spondilitis vratne hrbtenice;
- benigni tumorji: cistični higrom, lipom, adenom, golša;
- maligni tumorji;
- endokrinološka obolenja;
- poškodba obraza, grla, žrela, stanje po operaciji, obsevanju v poteku dihalne poti/vratu;
- poškodba vratne hrbtenice, stanje po spondilodezi;
- prekomerna telesna teža
- nosečnost;
- hematom;
- opeklina.

Tveganje za težko oskrbo dihalne poti se oceni s pregledom medicinske dokumentacije, anamneze in kliničnim pregledom. V anamnezi in pri kliničnem pregledu se pozornost usmeri k bolezenskim in anatomskeim posebnostim, ki povečujejo verjetnost težke oskrbe dihalne poti (**Tabela 1**). Zatem se v sklopu kliničnega pregleda naredijo specifični testi za napoved težke oskrbe dihalne poti (**12. poglavje** in **Tabela 2**). Klinični pregled z oceno tveganja za težko oskrbo dihalne poti je obvezen pred vsako oskrbo dihalne poti, tako pri otrocih kot pri odraslih, saj se s tem lahko izognemo nepričakovani težki oskrbi dihalne poti in posledičnim hudim zapletom, kot so poškodba dihalne poti, nepotrebna traheotomija/konikotomija, zastoj srca, ishemična poškodba možganov in smrt (1).

## NATANČNOST OCENE TVEGANJA ZA TEŽKO OSKRBO DIHALNE POTI

Vsak klinični znak ali test (**12. poglavje**) ima svojo lastno statistično oceno senzitivnosti, specifičnosti in natančnosti napovedi težke oskrbe dihalne poti (**Tabela 3**). Idealen kazalnik za oceno težke dihalne poti mora imeti:

- visoko senzitivnost, da pravilno predvidi vse paciente s težko oskrbo dihalne poti;
- visoko specifičnost, da pravilno predvidi vse paciente z enostavno oskrbo dihalne poti;
- visoko natančnost, da pravilno predvidi paciente s težko in z enostavno oskrbo dihalne poti.

Vsak posamezen kazalnik ima razmeroma nizko senzitivnost, specifičnost in natančnost za oceno verjetnosti težke oskrbe dihalne poti (11).

Klinični pregled	Napovedni znaki/dejavniki
• obraz	oblika, brki in brada, odpiranje ust, nakit, majhna spodnja čeljust, omejeno odpiranje ust
• nosnice	prehodnost, ukrivljenost nosnega pretina, smrčanje, obstruktivna apnea v spanju
• zobovje in jezik	nepravilen ugriz, razmajano zobovje ali posamezni zobje, štrleči sekalci, brezzoba čeljust, zobna proteza, velikost jezika
• razmerje med maksilarnimi in mandibularnimi sekalcimi	maksilarni sekalci pred mandibularnimi sekalcimi, nezmožnost hoteno iztegniti mandibulo in mandibularne sekalce preko maksilarnih
• gibljivost temporo-mandibularnega sklepa	odpiranje ust z razdaljo med sekalcimi manjšo kot 3 cm
• vidljivost uvule	ni vidna, velik jezik
• oblika neba	visoko obokano ali ozko
• ocena elastičnosti in oblike submandibularnega prostora	trd, zadebeljen, zapolnjen s tumorsko raščo
• oblika vratu	kratek in debel, sternomentalna razdalja < 12 cm
• glas	hri pavost, stridor
• gibljivost glave in vratu	omejena gibljivost s fleksijsko-ekstenzijskim kotom < 35°
• bolezenske spremembe v poteku dihalne poti	brazgotine, absces, flegmona, epiglotitis, oteklina, tumor, krvavitev, opeklina, tujek, podkožni emfizem, obsevalna poškodba
• oblika telesa	nosečnost, debelost z indeksom telesne mase > 25 kg/m <sup>2</sup>
• demografski podatki	moški spol, starost > 46 let
• anamnistični podatki	težka oskrba dihalne poti
• izvedba oskrbe dihalne poti	neizkušenost izvajalca posega, neustrezna komunikacija, jezikovna ovira, stres, utrujenost, odsotnost strokovne pomoči, neugodna lokacija in/ali položaj pacienta, neuporaba mišičnega relaksanta, prisotnost krvi, sekreta, izbruhanih mas in tujkov v dihalni poti
• stanje pacienta	hipoksemija, kardiocirkulatorna nestabilnost, zmanjšana funkcionalna rezidualna kapaciteta, povečana poraba kisika, motnje acido-baznega ravnovesja, poln želodec, teža < 10 kg, starost < 2 let

**Tabela 1. Usmerjeni klinični pregled z opozorilnimi znaki za povišano tveganje za težko oskrbo dihalne poti (10).**

Klinični pregled	Napovedni znaki
• gibljivost glave in vratu	⇒ fleksijsko-ekstenzijski kot < 35°
• merjenje hiomentalne razdalje	⇒ < 3 cm
• merjenje tiromentalne razdalje	⇒ < 6 cm
• merjenje sternomentalne razdalje	⇒ < 12,5 cm
• razdalja med sekalcimi	⇒ < 3 cm
• pregled ustne votline in žrela po Mallampatiju	⇒ 3. in 4. razred
• test ugriza v zgornjo ustnico s spodnjimi sekalcimi	⇒ nezmožnost ugriza
• ultrazvočni prikaz anatomije dihalne poti	⇒ razdalja koža-poklopec > 27,5 mm
• slikovne metode	
• digitalni fotografski posnetki	
• RTG posnetki, CT posnetki, MR posnetki	

**Tabela 2. Specifični klinični testi za napoved povišanega tveganja za težko oskrbo dihalne poti (10).**

Test	Senzitivnost (%)	Specifičnost (%)	Pozitivna napovedna vrednost (%)	Negativna napovedna vrednost (%)	Natančnost (%)
Mallampatijev test	32–82	61–97	8–65	94–98	61–94
Test ugriza v zgornjo ustnico	17–76	89–97	29–35	91–98	85–90
Razdalja med sekalci	23–68	77–93	8–13	98	76
Tiromentalna razdalja	7–17	25–99	5–18	98	82
Sternomentalna razdalja	13–84	71–96	8–13	98	71
Majhna spodnjega čeljust	6	99	50	84	—
Omejeno odpiranje ust	10–47	95–98	50	84	—
Nepravilen ugriz	13	78	11	82	—
Omejena gibljivost vrata	10–17	92–99	5–67	84–98	—
Razmerje med višino in tiromentalno razdaljo	71	98	78	97	96
Razmerje med obsegom vrata in tiromentalno razdaljo	88	83	45,5	97,8	—

**Tabela 3. Statistična ocena natančnosti testov za oceno verjetnosti težke oskrbe dihalne poti (12–15).**

Vzrok za veliko variabilnost in nezanesljivo napovedno vrednost kliničnih znakov, testov in ocenjevalnih modelov za napoved težke oskrbe dihalne poti je veliko:

- različne definicije težke oskrbe dihalne poti;
- nizka incidenca težke oskrbe dihalne poti;
- različni vzroki za težko oskrbo dihalne poti;
- variabilnost klinične ocene zaradi subjektivnih vzrokov – različni preiskovalci;
- variabilnost v metodologijah in statistični analizi validacijskih raziskav;
- različne tehnike uvoda v splošno anestezijo;
- farmakodinamska in farmakokinetična variabilnost;
- nezmožnost kliničnega znaka, testa ali modela za napoved težke oskrbe dihalne poti.

Napoved težke oskrbe dihalne poti je vsekakor natančnejša z usmerjeno anamnezo in kliničnim pregledom in v kolikor se za oceno uporabi več kliničnih znakov in testov (12. poglavje). Na podlagi multivariantnih analiz so bili razviti številni ocenjevalni modeli z vgrajenimi različnimi kliničnimi znaki in testi za napoved težke oskrbe dihalne poti (16). Vsi modeli imajo zelo široke razpone v statistični oceni natančne napovedne vrednosti težke oskrbe dihalne poti (17).

Po najnovejših priporočilih je potrebno pred vsakim začetkom oskrbe dihalne poti oceniti tveganje za (2, 10):

- težko predihavanje z masko in dihalnim balonom;
- težko vstavitev in predihavanje s supraglotičnim pripomočkom;
- težko direktno in indirektno laringoskopiranje in vstavitev dihalne cevke in
- težko vzpostavitev dihalne poti skozi vrat.

## ZAKLJUČEK

Dobra anamneza in klinični pregled lahko opozorita na povečano tveganje za težko oskrbo dihalne poti, vendar lahko posamezni pacient preseneti, zato je nujno potrebno poznavanje algoritma ukrepanja ter poznavanje opreme in pripomočkov za oskrbo dihalne poti (19).

## VIRI

---

1. American Society of Anesthesiologists. Practice guidelines for management of the difficult airway: an updated report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Management of the Difficult Airway. *Anesthesiology*. 2003;98:1269–77.
2. Apfelbaum JL, Hagberg CA, Connis RT, Abdelmalak BB, Agarkar M, Dutton RP, Fiadjoe JE, Greif R, Klock PA, Mercier D, Myatra SN, O'Sullivan EP, Rosenblatt WH, Sorbello M, Tung A. 2022 American Society of Anesthesiologists Practice Guidelines for Management of the Difficult Airway. *Anesthesiology*. 2022;136(1):31–81.
3. Langeron O et al. Prediction of difficult mask ventilation. *Anesthesiology*. 2000; 9: 1229–36.
4. Kheterpal S, Han R, Tremper KK et al. Incidence and predictors of difficult and impossible mask ventilation. *Anesthesiology*. 2006;105:885–91.
5. Valois-Gómez T et al. Incidence of difficult bag-mask ventilation in children: a prospective observational study. *Paediatr Anaesth*. 2013;23:920–6.
6. Laschat M in sod. Difficult airway management in paediatric patients. *Anasthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther*. 2009;44:728–34.
7. Djabatey EA in sod. Difficult and failed intubation in 3430 obstetric general anaesthetics. *Anaesthesia*. 2009;64:1168–71.
8. Roth D, Pace NL, Lee A, Hovhannisyan K, Warenits AM, Arrich J, Herkner H. Bedside tests for predicting difficult airways: an abridged Cochrane diagnostic test accuracy systematic review. *Anaesthesia*. 2019;74(7):915–928.
9. Heard AM in sod. The formulation and introduction of a ‘can't intubate, can't ventilate’ algorithm into clinical practice. *Anaesthesia*. 2009;64:601–8.
10. Law JA, Duggan LV, Asselin M, Baker P, Crosby E, Downey A, Hung OR, Kovacs G, Lemay F, Noppens R, Parotto M, Preston R, Sowers N, Sparrow K, Turkstra TP, Wong DT, Jones PM; Canadian Airway Focus Group. Canadian Airway Focus Group updated consensus-based recommendations for management of the difficult airway: part 2. Planning and implementing safe management of the patient with an anticipated difficult airway. *Can J Anaesth*. 2021;68(9):1405–1436.
11. Iohom G, Ronayne M, Cunningham AJ. Prediction of difficult tracheal intubation. *Eur J Anaesthesiol*. 2003;20:31–6.
12. Lundstrøm LH, Vester-Andersen M, Møller AM, Charuluxananan S, L'hermite J, Wetterslev J. Poor prognostic value of the modified Mallampati score: a meta-analysis involving 177 088 patients. *Br J Anaesth*. 2011;107:659–67.
13. El-Ganzouri AR, McCarthy RJ, Tuman KJ, Tanck EN, Ivankovich AD. Preoperative airway assessment: predictive value of a multivariate risk index. *Anesth Analg*. 1996;82:1197–204.
14. Yentis SM. Predicting difficult intubation--worthwhile exercise or pointless ritual? *Anaesthesia*. 2002;57(2):105–9.
15. Alp G, Koşucu M. Which test best predicts difficult endotracheal intubation? A prospective cohort study. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg*. 2023;29(4):477–485.
16. Karkouti K, Rose DK, Wigglesworth D, Cohen MM. Predicting difficult intubation: a multivariable analysis. *Can J Anesth*. 2000;47:730–9.
17. Vannucci A, Cavallone LF. Bedside predictors of difficult intubation: a systematic review. *Minerva Anestesiol* 2016;82:69–83.
18. De Hert S, Imberger G, Carlisle J, Diemunsch P, Fritsch G, Moppett I et al. Preoperative evaluation of the adult patient undergoing non-cardiac surgery: guidelines from the European Society of Anaesthesiology. *Eur J Anaesthesiol*. 2011;28:684–722.
19. Green L. Can't intubate, can't ventilate! A survey of knowledge and skills in a large teaching hospital. *European Journal of Anaesthesiology* 2009;26:480–483.

## 12.

# PRIPRAVA NA OSKRBO DIHALNE POTI: OCENA IN NAČRT

**Vesna Sok**

### **POVZETEK**

Temeljna odgovornost anesteziologa je vzpostavitev ustrezne in varne dihalne poti in s tem zagotovitev ustreznega predihavanja in oksigenacije. Najhujši zapleti anestezije se nanašajo na vzdrževanje dihalne poti in vstavitev dihalne cevke. Zato je ustrezna ocena pacienteve dihalne poti ključni del predoperativne obdelave in kliničnega pregleda, saj nam omogoča napoved morebitnih težav pri oskrbi dihalne poti in pravočasno pripravo načrta vzpostavitev ustrezne dihalne poti ter preprečitev situacije nepričakovane težke dihalne poti. Sam načrt oskrbe dihalne poti za posameznega pacienta je odvisen od anamnističnih podatkov, kliničnega pregleda, vrste posega, kirurških pogojev in predvidenih težav pri oskrbi dihalne poti.

### **ABSTRACT**

The main responsibility of the anesthesiologist is to establish an adequate and safe airway and thereby ensure adequate ventilation and oxygenation. The most serious complications of anaesthesia relate to maintaining the airway and intubation. Therefore, a proper assessment of the patient's airway is a key part of the preoperative treatment and examination of the patient, as it enables us to predict potential problems in airway management, prepare a plan to establish an adequate airway in time, and prevent the situation of an unexpected difficult airway. At the same time, the individual patient's airway care plan depends on the data obtained during the physical examination, the type of planned surgical/diagnostic intervention, the necessary surgical conditions, and the expected degree of difficulty in the event of the necessity to insert the endotracheal tube.

## UVOD

Splošna anestezija je povezana z različnimi učinki na dihalni sistem, vključno z izgubo prehodnosti dihalne poti, izgubo zaščitnih refleksov ter hipoventilacijo oziroma odsotnostjo dihanja. Zato je ena temeljnih odgovornosti anesteziologa vzdrževanje odprte dihalne poti, ki omogoča ustrezno predihavanje in oksigenacijo pacienta. Prekinitev izmenjave plinov in s tem ustrezne preskrbe tkiv z kisikom že za nekaj minut lahko povzroči hude posledice, kot so ishemična možganska okvara in tudi smrt (1–3).

Težka oskrba dihalne poti je klinična situacija, pri kateri ima izkušen anesteziolog težave s prikazom grla z direktno laringoskopijo in/ali z vstavljivo dihalno cevko in/ali s predihavanjem z masko in dihalnim balonom in je natančneje opisana v **11. poglavju** tega učbenika.

Najhujši zapleti anestezije se nanašajo na vzdrževanje odprte dihalne poti in težav pri vstavitvi dihalne cevke v sapnik. Vsaj tretjina teh zapletov je povezana z nezmožnostjo ohranjanja odprte dihalne poti, kar v 80 % vodi do smrti ali hude okvare možganov. Vsaj 70 % teh zapletov bi lahko preprečili z ustreznim predoperativnim pregledom in primerno obravnavo (4). Težave pri oskrbi dihalne poti so 10 do 30-krat pogostejše pri pacientih, ki so oskrbljeni izven operacijske dvorane, kar je predvsem posledica neugodnih okoljskih dejavnikov, nezadovoljive opreme in slabše izurjenosti osebja (4).

## OCENA DIHALNE POTI: ANAMNEZA IN KLINIČNI PREGLED

Ocena patientove dihalne poti je sestavni del predoperativne anesteziološke obdelave. Njen namen je napovedati morebitne težave pri oskrbi dihalne poti ter pripravo načrta glede na smernice za težko oskrbo dihalne poti.

Ocena dihalne poti se začne z anamnezo in kliničnim pregledom (1). S strani pacienta ali dokumentacije pridobimo podatke o predhodnih anestezijah in morebitnih težavah pri oskrbi dihalne poti. Pomembni so podatki o uporabljenih pripomočkih, načinu in uspešnosti vzpostavitev dihalne poti, prirojenih in kroničnih boleznih ter nedavnih okužbah dihal, ki povečujejo verjetnost nastanka laringospazma in bronhospazma (2, 4). Iz anamneze moramo pridobiti podatek o morebitni nosečnosti in o zadnjem uživanju tekočine, hrane, alkohola in drog. Slednja sta še posebej pomembna, ker potencirata fazo ekscitacije med zbujanjem in povečujeta možnost laringospazma pri prehitri odstranitvi dihalne cevke ob koncu obravnave/posega.

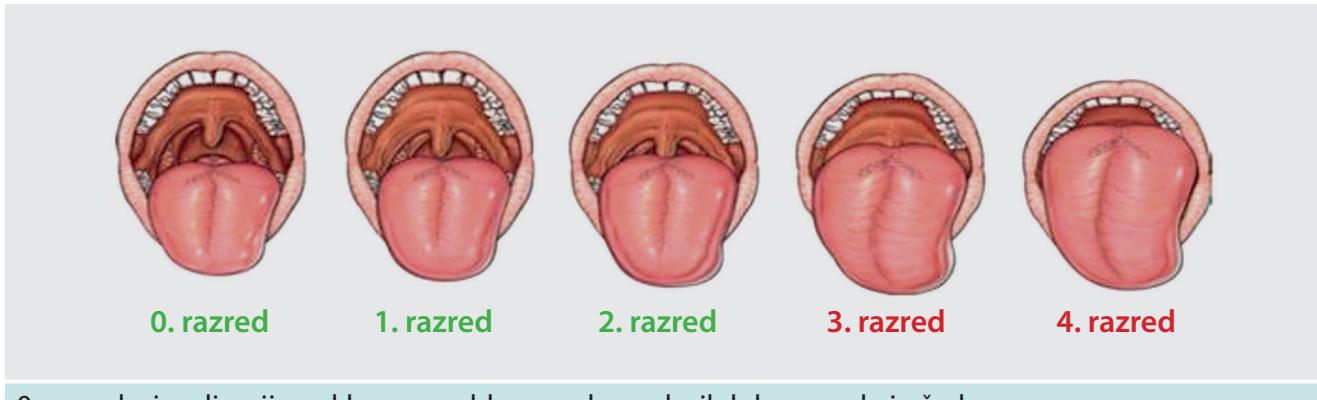
Klinični pregled vsebuje oceno anatomskeih, fizioloških in patoloških posebnosti, ki povečujejo verjetnost za težko oskrbo dihalne poti (**11. poglavje, Tabela 1**). Za oceno dihalne poti tudi uporabljamo nabor različnih testov oziroma meritev.

## TESTI IN MERITVE ZA NAPOVED TEŽKE OSKRBE DIHALNE POTI

Za uspešno direktno laringoskopijo je pomembno, da pacient lahko odpre usta, upogne vrat v cervikotorakalni hrbtnici in iztegne glavo v atlantookcipitalnem sklepu. Na ta način poravnamo osi ust, žrela in grla, kar nam omogoča direkten pogled v grlo med direktno laringoskopijo, pri kateri je kot gledanja ozek (15–20°). Prav zato ocena težavnosti oskrbe dihalne poti vsebuje pregled vseh sledečih parametrov, vključno z možnostjo odpiranja ust in velikostjo sekalcev (prominentni sekalci).

### **Ocena po Mallampatiju (ocena razmerja med velikostjo jezika in ustne votline ter orofarinks)**

S testom po Mallampatiju ocenjujemo prostornino ustne votline brez jezika. Pacient sedi z glavo v neutralni legi, odpre usta in izplazi jezik, ob tem ne tvori glasov. Glede na to, v kolikšnem obsegu jezik prekriva vidljivost ustne votline in orofarinks, ločimo pet razredov (8). Vidljivosti tretjega in četrtega razreda opozarjata na povečano tveganje za težko oskrbo dihalne poti (**Slika 1**). Pri pregledu ustne votline moramo biti pozorni na tujke, odlomljene ali majave zobe (tudi majavi mlečni zobje pri otrocih), kri, gnoj, tumorske mase in ostanke hrane, ki lahko onemogočijo pogled na dihalno pot ali zapletejo oskrbo dihalne poti.



0. razred: vizualizacija poklopca, mehkega neba, nebnih lokov, uvule in žrela.

I. razred: vizualizacija mehkega neba, nebnih lokov, uvule in žrela.

II. razred: vizualizacija mehkega neba, nebnih lokov in uvule.

III. razred: vizualizacija mehkega neba.

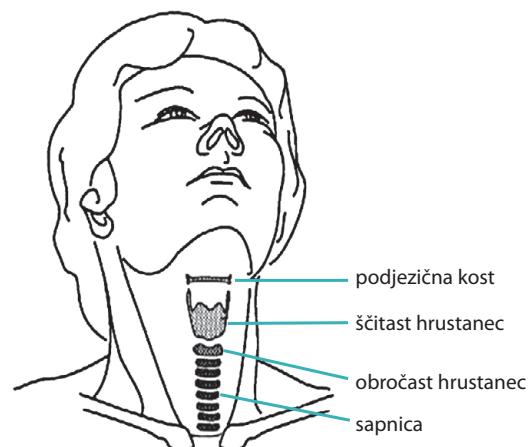
IV. razred: vizualizacija trdega neba.

### Slika 1. Pregled ustne votline in žrela po Mallampatiju.

#### Ocena velikosti submandibularnega prostora

Submandibularni prostor predstavlja dno ustne votline, kamor med direktno laringoskopijo odrivamo jezik. Podajnost submandibularnega prostora ocenimo s palpacijo, velikost submandibularnega prostora pa se oceni z (Slika 2):

- merjenjem hiomentalne razdalje, to je razdalja med brado in podjezično kostjo ob položaju vratu v popolni ekstenziji, ki normalno meri  $> 3$  cm;
- merjenjem tiromentalne razdalje, to je razdalja med brado in ščitastim hrustancem grla ob popolni ekstenziji vratu, ki je normalno večja od 6,5 cm oziroma večja od debeline 3 prstov (5);
- merjenjem sternomentalne razdalje, to je razdalja med brado in prsnico ob popolnoma iztegnjenem vratu, ki normalno meri  $> 12,5$  cm;
- izračun razmerja med telesno višino in tiromentalno razdaljo – razmerje, večje od 22,24, napoveduje višjo verjetnost težke oskrbe dihalne poti (6);
- izračun razmerja med obsegom vratu in tiromentalno razdaljo – razmerje, večje od 5 napoveduje višjo verjetnost težke oskrbe dihalne poti (7).



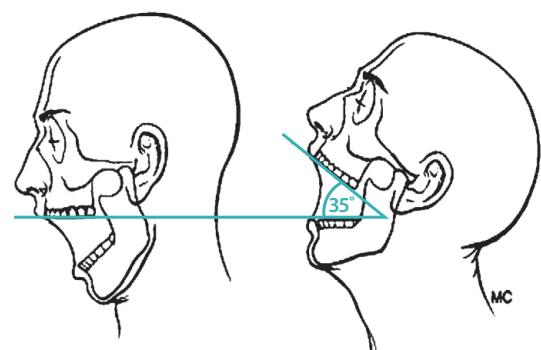
**Slika 2.**  
**Ocena submandibularnega prostora.**

#### Test ugriza v zgornjo ustnico

S testom ugriza v zgornjo ustnico testiramo premakljivost spodnje čeljusti, na podlagi česar ločimo tri razrede (9). Če pacient s spodnjimi sekalcji ni sposoben doseči zgornje ustnice, je to napovedni dejavnik za težko oskrbo dihalne poti (2).

#### Test ekstenzije atlantookcipitalnega sklepa in fleksije vratu

Iztegnitev glave v atlantookcipitalnem sklepu in fleksiji vratu omogoča izravnavo osi grla z osjo žrela (7. poglavje). Prvo ocenjujemo tako, da pacient maksimalno iztegne glavo (Slika 3). Izmerjeni kot med horizontalno ravnino in zgornjimi sekalcji normalno znaša vsaj 35° ali več (2).



**Slika 3. Test ekstenzije atlantookcipitalnega sklepa.**

## **Slikovna ocena anatomije dihalne poti**

Različni slikovni prikazi glave in dihalne poti nam služijo za merjenje razdalj, kotov ter razmerij med anatomskimi strukturami, ki so povezane s povečanim tveganjem za težko oskrbo dihalne poti. Preiskave se redko uporabljajo in niso del vsakodnevne ocene tveganja za težko oskrbo dihalne poti (**2. poglavje**): rentgenski posnetki skeleta glave in vratu, fluoroskopija, ultrazvok, računalniška tomografija in magnetna resonanca (2).

## **OCENA DIHALNE POTI V VSAKDANJI KLINIČNI PRAKSI**

Posamezni klinični testi so visoko specifični in nizko senzitivni (**11. poglavje**), zato je za zanesljivejšo napoved težke dihalne poti potrebno uporabiti več testov hkrati. Evropsko anesteziološko združenje predlaga obvezno vključitev naslednjih testov (11):

- Mallampatijev test;
- merjenje tiromentalne razdalje;
- odpiranje ust ali ocena razdalje med sekalci;
- merjenje dolžine, debeline in gibljivosti vratu;
- oceno podajnosti submandibularnega prostora;
- test ugriza v zgornjo ustnico.

Vsi algoritmi za težko oskrbo dihalne poti delijo nadaljnje postopke glede na to, ali težave predvidimo ali ne. V primeru predvidene težke vstavitev dihalne cevke v sapnik je glavno vprašanje, ali oskrbeti dihalno pot v budnem stanju (**9. poglavje**) ali po uvodu v splošno anestezijo. Za vstavitev dihalne cevke v budnem stanju se odločimo takrat, ko obstaja možnost, da po uvodu v splošno anestezijo ne bomo več mogli vzdrževati proste dihalne poti in/ali pacienta učinkovito predihavati preko supraglotičnega pripomočka ali obrazne maske. Vstavitev dihalne cevke v budnem stanju se priporoča tudi pri pacientih s pričakovano težko vstavitvijo dihalne cevke, ki niso tešči in/ali so v dihalni stiski (13, 14).

Pacientu, pri katerem pričakujemo težko vstavitev dihalne cevke, pa lahko oskrbimo dihalno pot tudi po uvodu v splošno anestezijo, če ocenimo, da bomo lahko vzdrževali ustrezno oksigenacijo s pomočjo supraglotičnega pripomočka ali obrazne maske. Katere pripomočke bomo za to uporabili in v kakšnem zaporedju, pa je odvisno predvsem od posameznikovega znanja in kliničnih izkušenj ter razpoložljive opreme.

O nepredvideni težki vstaviti dihalne cevke govorimo takrat, ko po uvodu v splošno anestezijo med direktno laringoskopijo ne vidimo vhoda v grlo in/ali ne moremo vstaviti dihalne cevke v sapnik pri sicer vidnem grlu. Večino teh primerov se reši zadovoljivo, vendar lahko ob tem pride tudi do resnih poškodb mehkega tkiva, hujše hipoksemije in posledično poškodbe možganov. Vodenje nepričakovane težke vstavitev dihalne cevke se mora zato osredotočiti predvsem na čim manjše število neuspešnih poskusov, da ne pridemo do situacije, ko zaradi poškodbe mehkih tkiv, edema in krvavitve ne bomo mogli pacienta niti predihavati niti oskogenirati. Po uspešni oskrbi težke dihalne poti je to treba dokumentirati na kartici anestezioloških posebnosti, kjer se med drugim zabeleži postopanje, ki je privelo do uspešne vstavitev dihalne cevke v sapnik, zmožnost predihavanja in oksigenacije pacienta ter pogled na grlo po Cormack-Lehane klasifikaciji (**7. poglavje**).

## **NAČRT OSKRBE DIHALNE POTI**

Načrt oskrbe dihalne poti pri posameznem pacientu bo odvisen od podatkov pridobljenih na podlagi anamneze, kliničnega pregleda, rezultatov testov za oceno dihalne poti, vrste predvidenega posega, potrebnih kirurških pogojev in pričakovane stopnje težav ob potrebi po vstaviti dihalne cevke. Pomembno je vedeti, da lahko vsaka strategija/načrt nepričakovano spodleti, zato je treba zmeraj razmisli o rezervnih načrtih (14).

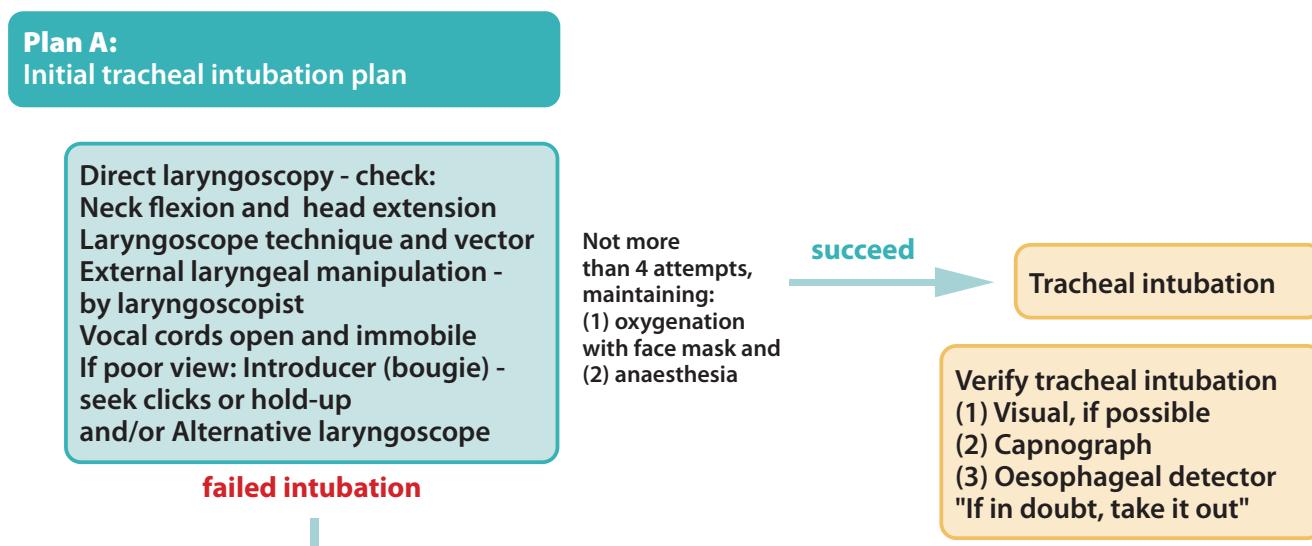
Pri oblikovanju načrta oskrbe dihalne poti je treba upoštevati naslednja vprašanja:

- kateri pripomočki za vzpostavitev dihalne poti se lahko uporabijo pri pacientu glede na predviden poseg;
- vpliv lokacije in dolžine kirurškega posega, patientovega položaja med operacijo in potreba po mišičnih relaksantih;
- kateri pripomočki za vzpostavitev dihalne poti se lahko uporabijo glede na stanje pacienta;
- upoštevanje tveganja za aspiracijo, težko predihavanje z obrazno masko, težko namestitev supraglotičnega pripomočka ali težko vstavitev dihalne cevke ter verjetnost težkega umetnega predihavanja: visok maksimalen tlak v dihalih v času vdiha (angl. *peak inspiratory pressure*), potreba po visokem pozitivnem tlaku ob koncu izdiha (angl. *positive end-expiratory pressure*), ko je dihalna pot vzpostavljena;
- če je načrtovana vstavitev dihalne cevke v sapnik, katero metodo uporabiti za prikaz dihalne poti: direktno laringoskopijo, videolaringoskopijo ali izvedbo z upogljivim bronhoskopom ali kombinacijo teh;?
- ali naj se uvod v anestezijo izvede pred vstavitevijo dihalne cevke v sapnik ali po njej (**9. poglavje**);
- ali obstaja velika verjetnost potrebe po vzpostavitvi dihalne poti skozi vrat in fizična prisotnost specialista otorinolaringologa (**10. poglavje**);
- če začetni načrt ne uspe, kaj je naslednji korak (rezervni načrt).

Načrt zaporedja oskrbe dihalne poti je pomembna komponenta v sklopu priprave na oskrbo dihalne poti, saj se moramo zavedati, da nobena posamezna tehnika ni zmeraj 100 % učinkovita (15, 16). Učinkovita oskrba dihalne poti zahteva skrbno načrtovanje, tako da je mogoče izvesti rezervne načrte (načrt B, C, D), ko primarna tehnika (načrt A) ne uspe. Ob tem moramo zagotoviti oziroma omogočiti ustreznost strokovno usposobljeno osebje ter opremo. Vsi načrti niso primerni za vse možne scenarije. Rezultat vsakega načrta določa napredok do naslednjega načrta. Med izvajanjem vsakega načrta pa je osnovni ukrep vzdrževanje oksigenacije pacienta.

### **Načrt A**

To je načrtovan prvi poskus vstavitev dihalne cevke, običajno z direktno laringoskopijo. Bistvo načrta A je povečati verjetnost za uspešno vstavitev dihalne cevke v sapnik v prvem poskuusu ali, če ta ne uspe, omejiti število in trajanje poskusov, da bi preprečili poškodbe dihalne poti in napredovanje v CICO situacijo (**Slika 4**).



**Slika 4. Načrt A v načrtu oskrbe dihalne poti (22).**

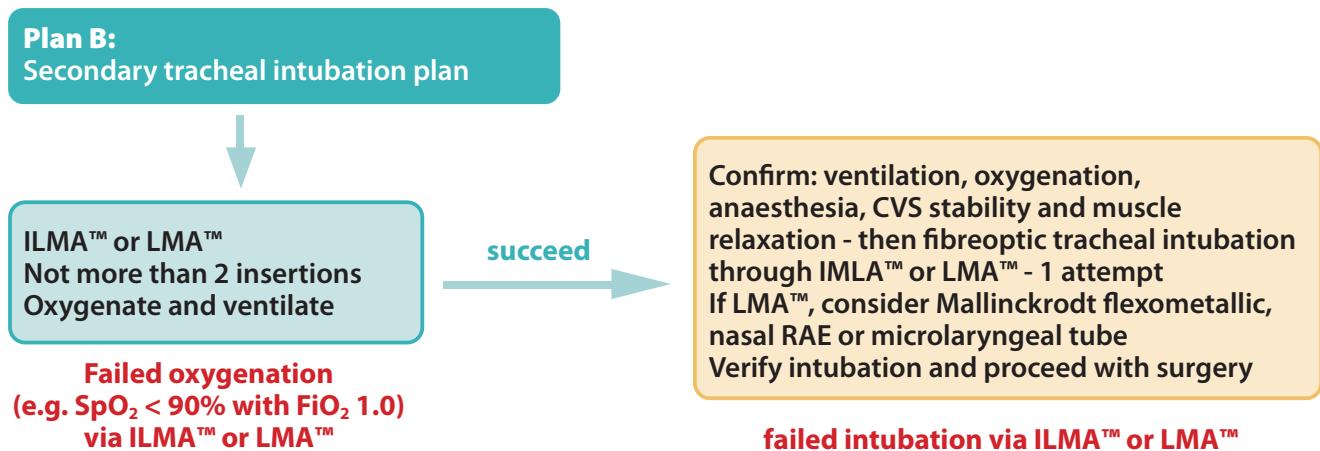
### Ključni elementi v načrtu A:

- prednostna naloga je vzdrževanje oksigenacije;
- ustreza preoksigenacija vseh pacientov (to je doseganje koncentracije kisika v izdihanem zraku nad 90 %);
- optimalen položaj glave in vrata;
- zunanjaja manipulacija grla;
- uporaba vodila (angl. *bougie*);
- priporočljive so tehnike apnoične oksigenacije pri pacientih s povečanim tveganjem za težko oskrbo dihalne poti;
- ustreza nevromišična blokada;
- uporaba videolaringoskopa;
- priporočajo se največ trije poskusi laringoskopije oziroma še četrti, ki ga naj izvede najbolj izkušen član ekipe (3+1).

Po vstavitevi dihalne cevke v sapnik je potrebna potrditev lege, kar vključuje vizualno potrditev dihalne cevke med glasilkama, obojestransko dvigovanje prsnega koša ter avskultacijo in kapnografijo (**14. poglavje**) (22). V primeru neuspešne vstavitve dihalne cevke preidemo na izvedbo načrta B.

### **Načrt B**

Poudarek je na vzdrževanju oksigenacije z uporabo supraglotičnega pripomočka. Za potrditev uspešnosti vstavitve je potrebna klinična ocena in kapnografija (**Slika 5**).



**Slika 5. Načrt B v oskrbi dihalne poti (22).**

Uspešna vstavitev supraglotičnega pripomočka ustvarja priložnost za razmislek glede nadaljnega ukrepanja, na kar pa vplivajo: pacientovi dejavniki, nujnost operacije ter usposobljenost ekipe. Temeljno načelo je vzdrževati oksigenacijo, hkrati pa zmanjšati tveganje za aspiracijo želodčne vsebine. Glede na prisotne dejavnike se odločamo ali:

- pacienta zbuditi;
- narediti nadaljnji poskus vstavitve dihalne cevke preko supraglotičnega pripomočka (**7. in 9. poglavje**);
- nadaljevati anestezijo brez vstavitve dihalne cevke;
- (redko) preiti neposredno na vzpostavitev dihalne poti skozi vrat.

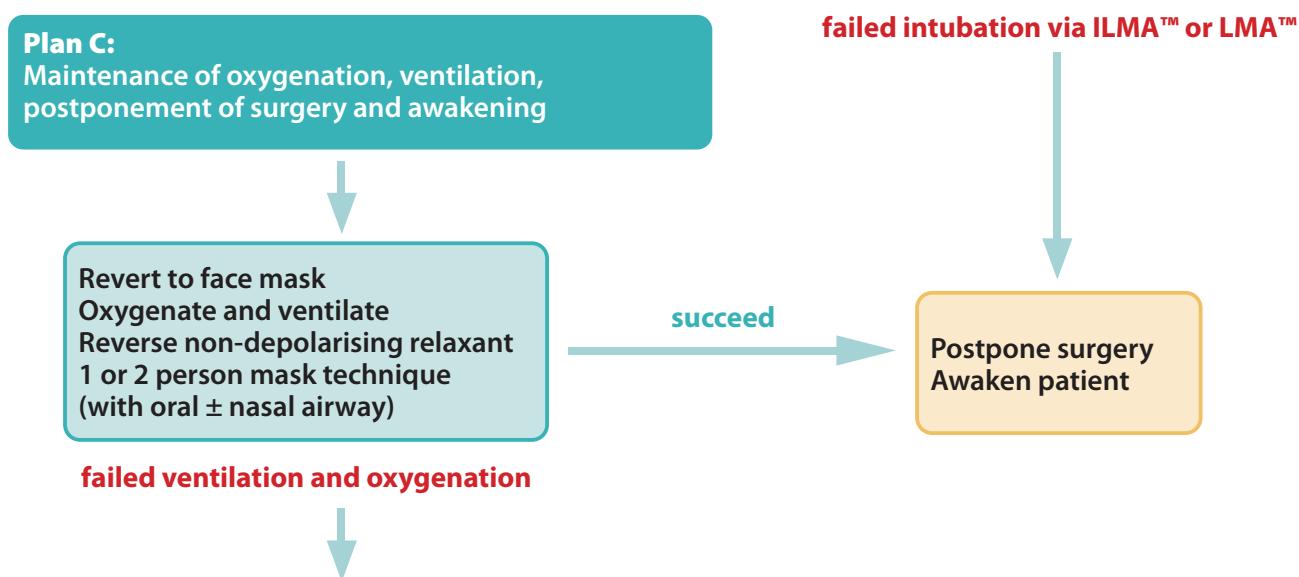
Idealne lastnosti supraglotičnih pripomočkov so enostavnost vstavitve, visok tesnilni tlak, ločitev prebavil in dihalne poti ter združljivost z optično vodeno vstavitvijo dihalne cevke. Ponavljajoči se poskusi vstavljanja povečajo verjetnost poškodbe dihalne poti. Če oksigenacije s supraglotičnim pripomočkom ni mogoče doseči po največ treh poskusih, je treba izvesti načrt C.

Če je pacient po vstavitev supraglotičnega pripomočka stabilen s primerno oksigenacijo, lahko poskusimo z vstavljivo dihalne cevke skozenj. Splea vstavitev dihalne cevke skozi Fastrach laringealno masko ima visoko stopnjo uspešnosti, vendar se vseeno priporoča tehnika s pomočjo bronhoskopa (17–19, 22). Če je vstavitev dihalne cevke uspešna, nadaljujemo operacijo. Če vstavitev dihalne cevke s sekundarno tehniko ne uspe in hkrati predihavanje preko supraglotičnega ni mogoče, prav tako preidemo na načrt C.

### **Načrt C**

Predstavlja zadnji poskus predihavanja, in sicer z obrazno masko (**Slika 6**). Če predihavanje ni zadovoljivo, odstranimo supraglotični pripomoček in se vrnemo na predihavanje z obrazno masko. Za držanje obrazne maske lahko uporabimo obe roki, če to ne uspe, razmislimo o 4-ročnem predihavanju z obrazno masko, pri katerem štiri roke vzdržujejo položaj obrazne maske in odprejo dihalno pot s potiskom čeljusti in iztegom vratu. Na tej stopnji lahko pride do številnih možnih scenarijev. Če je v začetnih poskusih oskrbe dihalne poti bilo predihavanje z obrazno masko enostavno, se je situacija lahko spremenila, če je prišlo med poskusi laringoskopije in vstavitev supraglotičnega pripomočka do poškodbe dihalne poti. Vpliv anestezije, predhodna travma, oteklini ali že obstoječa patologija zgornjega dela dihalne poti lahko vsi prispevajo k zapori dihalne poti. Če ni mogoče vzdrževati oksigenacije z obrazno masko, nam dodatna poglobitev anestezije in nevromišične blokade ponuja zadnjo priložnost za vzpostavitev dihalne poti pred usmeritvijo k načrtu D, ker se je treba prepričati, da niso težave CICO posledica splitvitve anestezije in posledičnega laringospazma med številnimi poskusi neuspešne vstavitev dihalne cevke v sapnik. Če ni mogoče vzdrževati nasičenosti arterijske krvi s kisikom nad 90 % s 100 % kisikom v dihalni zmesi ob predihavanju z obrazno masko, preidemo v situacijo CICO.

Če s predihavanjem preko obrazne maske vzdržujemo ustrezno oksigenacijo, je potrebno pacienta zbuditi v vseh okoliščinah, razen v izjemnih primerih, kar zahteva popoln antagonizem nevromišične blokade (20–22).



**Slika 6. Načrt C v oskrbi dihalne poti (22).**

### **Načrt D**

Situacija CICO nastane, ko so poskusi oskrbe dihalne poti z vstavljivo dihalne cevke v sapnik s pomočjo supraglotičnega pripomočka ali predihavanje z obrazno masko neuspešni. Hipoksična poškodba možganov in smrt bosta nastopili, če se stanje ne reši pravočasno. Nujne invazivne tehnike vzpostavitev dihalne poti skozi vrat vključujejo krikotiotomijo z vstavljivo kanile in kirurško traheotomijo/krikotiotomijo (**10. poglavje**) (**Slika 7**).



**Slika 7. Načrt D v oskrbi dihalne poti (22).**

### ZAKLJUČEK

Zagotovitev in vzdrževanje varne dihalne poti je osnovna naloga in odgovornost anesteziologa. Ta mora imeti temeljna znanja iz anatomije in fiziologije dihalne poti ter hkrati dobro razvite veščine upravljanja z najrazličnejšimi pripomočki za oskrbo dihalne poti. Zelo pomembno je tudi krizno upravljanje. Čeprav je oskrba dihalne poti največkrat enostavna, ostaja oskrba težke dihalne poti ena najpomembnejših in najzahtevnejših nalog za anesteziologa, intenzivista oziroma urgentnega zdravnika. Napoved in predvidevanje težke oskrbe dihalne poti na podlagi natančne ocene in pregleda pacientove dihalne poti nam omogoča pravočasno pripravo načrta vzpostavitve ustrezne dihalne poti in preprečitev situacije nepričakovano težke oskrbe dihalne poti. Učinkovita oskrba dihalne poti pa ob skrbnem načrtovanju hkrati zahteva tudi ustrezen strokovno usposobljeno osebje ter ustrezeno opremo. Veliko težav z dihalnimi potmi je mogoče rešiti z relativno preprostimi napravami in tehnikami, vendar so potrebne izkušnje in dobra klinična presoja izvajalca.

### VIRI

1. American Society of Anesthesiologists. Practice guidelines for management of the difficult airway: an updated report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Management of the Difficult Airway. *Anesthesiology* 2003;98:1269–77.
2. Gupta S, Sharma R, Jain D. Airway assessment : predictors of difficult airway. *Indian J. Anesth.* 2005;49:257–262.
3. El-Ganzouri AR, McCarthy RJ, Tuman KJ et al. Preoperative Airway Assessment: Predictive Value of a Multivariate Risk Index. *Anesth Analg* 1996;82:1197–204.
4. Durbin CG, Bell TC, Shilling AM. Elective intubation. *Respiratory care* 2014;59(6):825–849.
5. Baker PA, Depuydt A, Thompson JMD. Thyromental distance measurement – fingers don't rule. *Anaesthesia* 2009;64:878–82.
6. Honarmand A, Safavi MR. Prediction of difficult laryngoscopy in obstetric patients scheduled for Caesarean delivery. *Eur J Anaesthesiol.* 2008;25:714–20.
7. Kim WH, Ahn HJ, Lee CJ, Shin BS, Ko JS, Choi SJ et al. Neck circumference to thyromental distance ratio: a new predictor of difficult intubation in obese patients. *Br J Anaesth.* 2011;106:743–8.
8. Mallampati SR in sod. A clinical sign to predict difficult tracheal intubation: a prospective study. *Can Anaesth Soc J.* 1985;32:429–434.
9. Eberhart LHJ, Arndt C, Cierpka T, Schwanekamp J, Wulf H, Putzke C. The reliability and validity of the upper lip bite compared with the Mallampati classification to predict difficult laryngoscopy: An external prospective evaluation. *Anesth Analg* 2005;101:284–9.
10. Cormack RS, Lehane J. Difficult Intubation in Obstetrics. *Anaesthesia* 1984; 39:1005–11.
11. De Hert S, Imberger G, Carlisle J, Diemunsch P, Fritsch G, Moppett I et al. Preoperative evaluation of the adult patient undergoing non-cardiac surgery: guidelines from the European Society of Anaesthesiology. *Eur J Anaesthesiol.* 2011;28: 684–722.
12. American Society of Anesthesiologists task force on management of the difficult airway. Practice guidelines for management of the difficult airway. An updated report. *Anesthesiology*. 2003; 95:1269–77.
13. Stopar Pintarič T, Jeglič G, Lužar T, Benedik J. Algoritem za težko intubacijo Slovenskega združenja za anesteziologijo. *Zdrav Vestn.* 2013;82:791–5.

- 14.** Apfelbaum JL, Hagberg CA, Connis RT, et al. 2022 American Society of Anesthesiologists Practice Guidelines for Management of the Difficult Airway. *Anesthesiology* 2022;136:31.
- 15.** Henderson, J.J., Popat, M.T., Latto, I.P. and Pearce, A.C. (2004), Difficult Airway Society guidelines for management of the unanticipated difficult intubation. *Anaesthesia*, 59:675–694.
- 16.** Davies JM, Weeks S, Crone LA, Pavlin E. Difficult intubation in the parturient. *Canadian Journal of Anaesthesia* 1989;36:668–74.
- 17.** Brain AI, Verghese C, Addy EV, Kapila A, Brimacombe J. The intubating laryngeal mask. II. A preliminary clinical report of a new means of intubating the trachea. *British Journal of Anaesthesia* 1997;79:704–9.
- 18.** Joo HS, Kapoor S, Rose DK, Naik VN. The intubating laryngeal mask airway after induction of general anesthesia versus awake fiberoptic intubation in patients with difficult airways. *Anesthesia and Analgesia* 2001;92:1342–6.
- 19.** Ferson DZ, Rosenblatt WH, Johansen MJ, Osborn I, Ovassapian A. Use of the intubating LMA-Fastrach in 254 patients with difficult-to-manage airways. *Anesthesiology* 2001;95:1175–81.
- 20.** Curtis R Lomax S Patel B. Use of sugammadex in a ‘can’t intubate, can’t ventilate’ situation. *Br J Anaesth* 2012;108:612–4.
- 21.** Benumof JL ASA Difficult Airway algorithm. New thoughts and considerations. V: Hagberg C,ur. *Handbook of Difficult Airway Management*. Philadelphia: Churchill Livingstone, 2000:31–48.
- 22.** Frerk C et al. Difficult Airway Society intubation guidelines working group, Difficult Airway Society 2015 guidelines for management of unanticipated difficult intubation in adults, *BJA: British Journal of Anaesthesia* 2015;115:827–848.

# 13.

# PERIOKSIGENACIJA

**Peter Poredoš**

## POVZETEK

Temelj varne in nezapletene oskrbe dihalne poti je preprečevanje hipoksemije in posledične tkivne hipoksije. Kritično obdobje nastopi s pričetkom apneje, ko je vzdrževanje ustrezone ravni nasičenosti hemoglobina s kisikom v arterijski krvi oteženo. Vzdrževanje ustreznih zalog kisika v alveolih opredeljuje proces perioksigenacije, ki vključuje preoksigenacijo (čas do nastopa apneje) in apneično oksigenacijo. Uspešno in učinkovito preoksigenacijo omogoča vdihavanje visokega deleža kisika z normalnimi dihalnimi volumni ali globokim dihanjem, pri določenih populacijah pacientov pa uspešnost še dodatno poveča dvig vzglavja (pri poškodovancih anti-Trendelenburgov položaj) in dihanje s pozitivnimi tlaki v dihalnih poteh (pacienti s prekomerno težo). Čas do desaturacije (nasičenosti hemoglobina v arterijski krvi < 90 %) med apnejo se lahko podaljša z apneično oksigenacijo: dovajanjem kisika preko nosne kanile s pretokom 15 L/min, potrebno je biti pozoren na stalno odprto dihalno pot. Kot še bolj učinkovito se je med apnejo izkazalo dodajanje kisika z visokim pretokom (> 30 L/min) preko nosu. Čeprav je proces perioksigenacije vitalnega pomena za paciente s skrajšanim časom do pojava hipoksije med apnejo (starejši, pacienti s prekomerno težo, nosečnice, otroci, poškodovanci), je pomemben za vse paciente, saj je večina primerov težke oskrbe dihalne poti nepredvidenih. Za uspešno izvedbo je potrebno dobro poznавanje fiziologije perioksigenacije in opreme, ki je zanjo potrebna.

## ABSTRACT

The basis of safe and uncomplicated airway management is the prevention of hypoxia. The critical period begins with the start of apnea, when the maintenance of appropriate arterial haemoglobin oxygen saturation poses a challenge. An appropriate oxygen loading in lung alveoli is provided by the process of perioxgenation, which includes preoxygenation (time until the start of apnea) and apneic oxygenation. An efficacious and efficient preoxygenation is possible by breathing a high oxygen concentration with normal tidal volume or deep breathing; in some patient populations, the efficiency can be improved by elevation of the head (or reverse Trendelenburg position in trauma patients) and breathing with positive airway pressure (obese patients). Apneic oxygenation is the technique used for extending the time to desaturation (the saturation of arterial hemoglobin < 90 %) during apnea: oxygen delivery through nasal cannulae with the flow of 15 L/min, during which an open airway should be maintained. A method that was shown to be even more efficient during apnea is high-flow nasal oxygenation (> 30 L/min). Perioxgenation is of vital importance for patients with decreased time to hypoxia occurrence during apnea (elderly, obese, pregnant, children, trauma patients); however, it should be considered in all patients, as the majority of difficult intubations is unpredictable. For the successful performance of perioxgenation, suitable knowledge of perioxgenation physiology and the necessary equipment is of utmost importance.

## UVOD

Optimizacija pacientove oksigenacije je ključni del oskrbe dihalne poti. Kritično obdobje med uvodom v anestezijo nastopi s pričetkom apneje, ko je vzdrževanje ustrezne ravni nasičenosti hemoglobina s kisikom v arterijski krvi ( $S_aO_2$ ) oteženo vse dokler ni vzpostavljena dihalna pot. Padec  $S_aO_2$  oziroma desaturacija lahko vodi do motnje srčnega ritma, hemodinamsko nestabilnost, hipoksično okvaro možganov in nazadnje celo v smrt (1). Ustrezna  $S_aO_2$  se vzdržuje s procesom perioksigenacije, ki postaja standard oskrbe pacientov (2). Osnovni namen perioksigenacije je povečanje zalog kisika ( $O_2$ ) in posledično podaljšanje časa do desaturacije arterijskega oksihemoglobina v času hipoventilacije in apneje. Perioksigenacija vključuje preoksigenacijo in apneično oksigenacijo. Preoksigenacija se konča, ko zaradi uvoda v anestezijo in živčno-mišične blokade nastopi apneja. Obe tehniki sta postali nepogrešljivi del postopka vstaviteve dihalne cevke v sapnik s hitrim zaporedjem (angl. *rapid sequence induction/intubation – RSI*), še bolj pomembni pa sta pri pacientih, pri katerih ročno predihavanje po uvodu v anestezijo ni zaželeno (poln želodec), pri pričakovanih težavah s predihavanjem z obrazno masko in težki vstavitevi dihalne cevke, ko so potrebne posebne tehnike vstavitevi dihalne cevke (dvolumenska) ter pri pacientih nagnjenih k hitri desaturaciji (prekomerna telesna teža, nosečnice, febrilni pacienti, pacienti s pljučnimi obolenji) (3). Uporabnost apneične oksigenacije je bila opažena tudi pri kratkih operativnih posegih na dihalni poti. Ker je večina primerov težke oskrbe dihalne poti nepredvidljivih, je dobra preoksigenacija pomembna za vse paciente.

## ZALOGE KISIKA V TELESU IN APNEJA

Za lažje razumevanje postopka perioksigenacije je potrebno poznavanje fizioloških osnov. Kri (arterijska in venska) predstavlja pomemben rezervoar  $O_2$ : večina  $O_2$  se po telesu prenaša reverzibilno vezanega na hemoglobin (Hb), manjši del pa je raztopljen v plazmi. Količina na Hb vezanega kisika je odvisna od koncentracije Hb in nasičenosti Hb s kisikom (4). Vsebnost kisika v arterijski krvi ( $C_aO_2$ ) lahko izračunamo:

$$C_aO_2 = (1,34 \times Hb \times S_aO_2) + (P_aO_2 \times 0,0031)$$

Pri tem je 1,34 ocenjena prostornina  $O_2$ , ki jo veže 1g Hb;  $S_aO_2$  je arterijska nasičenost Hb s  $O_2$ ;  $P_aO_2$  parcialni arterijski tlak  $O_2$  in 0,003 topnostni koeficient  $O_2$  v človeški plazmi.

Vsebnost  $O_2$  v venski krvi lahko izračunamo na enak način, le da uporabimo delni tlak  $O_2$  v mešani venski krvi ( $P_vO_2$ ) in nasičenost Hb s  $O_2$  v mešani venski krvi. Med ostale rezervoarje  $O_2$  štejemo pljuča oziroma alveole (funkcionalno rezidualno kapaciteto pljuč - FRC),  $O_2$  raztopljen v telesnih tkivih, najdemo pa ga tudi vezanega na mioglobin. Zaloge  $O_2$  v telesu so majhne, jih pa lahko pomembno povečamo z vdihavanjem 100 %  $O_2$ , ob tem se zaloga najbolj poveča v pljučih (**Tabela 1**) (5).

Shramba $O_2$	Vdihavanje zraka (mL)	Vdihavanje 100 % $O_2$ (mL)
Pljuča (FRC)	450	3000
Kri	850	950
Raztopljen v tkivnih tekočinah	50	100
V kombinaciji z mioglobinom	200	200
Skupno	1550	4250

**Tabela 1. Zaloge kisika v telesu med dihanjem zraka ali 100 % kisika.**

$O_2$  – kisik; FRC – funkcionalna rezidualna kapaciteta pljuč.

## Vpliv apneje

O apneji govorimo, ko pride do prenehanja dihanja oziroma prenehamo s predihavanjem pacienta. Med apnejo ostane osnovna poraba  $O_2$  v telesu enaka (230 mL/min). Zaradi porabe  $O_2$  parcialni tlak  $O_2$  v arterijski krvi ( $P_aO_2$ ) in v alveolih ( $PAO_2$ ) hitro upada, izločanje ogljikovega dioksida ( $CO_2$ ) iz krvi v alveole pa ne sledi prehodu  $O_2$  iz alveolov v kri. Posledično pride (ob zaprti dihalni poti) do nastanka negativnega tlaka v alveolih, ki še dodatno zniža  $P_aO_2$  (6). Vrednost  $S_aO_2$  ostaja nad 90 % vse dokler se Hb reoksigenira v

pljučih (7) – do izpraznjenja zalog  $O_2$  v pljučih ( $P_aO_2$  pod 60 mmHg). Odnos med  $P_aO_2$  in  $S_aO_2$  je najbolje prikazan v disociacijski krivulji za oksihemoglobin. Sigmoidna oblika krivulje ima pomembno fiziološko posledico, in sicer sploščenost pri  $P_aO_2$  nad 80 mmHg zagotavlja precej nespremenljivo  $S_aO_2$  kljub precejšnjim spremembam alveolarnega tlaka  $O_2$ . Ko so zaloge kisika izčrpane, pride do hitre desaturacije, ne glede na tehniko preoksigenacije. Vse navedeno pomeni, da oksimetrija ni najboljši napovednik pričetka hipoksemije. O kritični desaturaciji oksihemoglobina govorimo pri  $S_aO_2$  pod 80 %. Pri  $S_aO_2$  pod 80 % upada saturacija med apnejo za 20–40 % na minuto.

### Apneična oksigenacija

Apneična oksigenacija je fiziološki pojav, pri katerem razlika med alveolarnim odstranjevanjem kisika iz pljuč in izločanjem  $CO_2$  v pljuča ustvarja negativni gradient tlaka do 20 cm  $H_2O$  in ta tlak poganja  $O_2$  v pljuča (6). Odkrita je bila že leta 1908 (8), kot apneična oksigenacija pa imenovana s strani Frumina in sodelavcev leta 1959 (9). Pojav učinkuje ob predpostavki odprte celotne dihalne poti med alveoli in zunanjostjo in služi podaljšanju trajanja apneje brez desaturacije.

Natančneje, poraba  $O_2$  in s tem odstranjevanje iz pljuč v času apneje ostane konstantna (230 mL/min), izločanje  $CO_2$  ob odsotnosti predihavanja pa se zmanjša na 20 mL/min. Preostali  $CO_2$  se pufrja v tkivih. Zaradi razlike v prostornini izmenjanih plinov se zmanjšuje prostornina pljuč za 210 mL/min, posledično nastane tlačna razlika med zgornjim delom dihalne poti in alveoli, kar ob odprtih dihalnih poti privede do gibanja zraka in s tem  $O_2$  v alveole. Ob zaprtih dihalnih poti pride do hitrega zmanjšanja volumna plinov v pljučih, hkrati upada intratorakalni tlak. Ko je zapora dihalne poti razrešena, pride do hitrega pretoka  $O_2$  v pljuča in hitre reoksigenacije (10). Zaradi gibanja plinov proti alveolom se  $CO_2$  ne izloča, kar privede do naraščanja delnega tlaka  $CO_2$  v alveolih ( $PACO_2$ ), 8–16 mmHg v prvi minutah, nato pa linearno za 3 mmHg/min (11). Nastane respiratorna acidozna, ki lahko preseže telesne sposobnosti pufranja; nekatere raziskave so predčasno zaključili zaradi pojave prekatnih aritmij (9). Smrt zaradi acidoze običajno nastopi pri pH pod 6,9 (12).

Kako pacienti tolerirajo apnejo ob predpostavki fiziološke apneične oksigenacije? Pomembno vlogo pri toleranci na apnejo ima razmerje med FRC in telesno maso. Pacienti z nizkim razmerjem FRC/telesna masa ne morejo tolerirati apneje več kot 4 minute, pacienti z visokim razmerjem ( $>53,3 \pm 7$  mL/kg) pa so  $S_aO_2$  nad 90 % vzdrževali tudi 15 min ali več. Ob nameščeni kisikovi maski z deležem  $O_2$  v vdihovanem zraku ( $FiO_2$ ) blizu 100 % so  $S_aO_2$  nad 90 % ob apneični oksigenaciji vzdrževali tudi do 100 min (13). Ključno za uspešnost apneične oksigenacije je prehodnost dihalne poti.

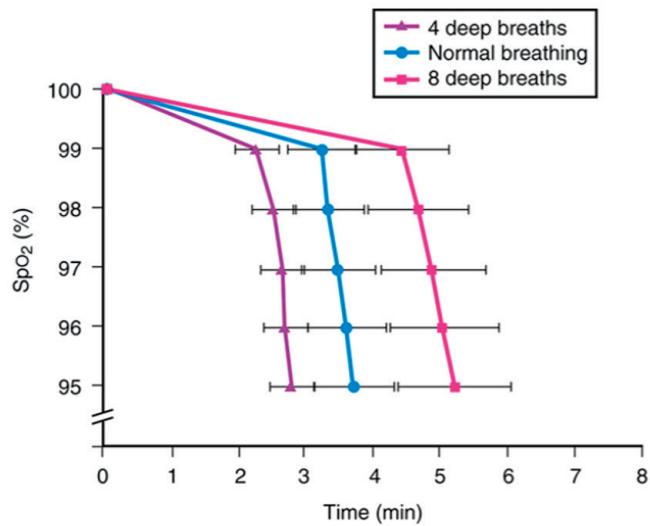
### PREOKSIGENACIJA

Preoksigenacija je glavna tehnika za podaljšanje časa do desaturacije med apnejo. Pri zdravem odraslem, ki diha sobni zrak, pride do padca  $S_aO_2$  na 70 % po 1 minutah apneje, ob ustreznih preoksigenacijah pa po 5 minutah ali celo dlje. Dejanski čas do desaturacije je odvisen od učinkovitosti preoksigenacije. Med preoksigenacijo pride do odstranjevanja dušika iz alveolov (denitrogeniranja), zamenjuje ga  $O_2$ . S tem se v alveolih ustvari rezervoar  $O_2$ . Poznamo različne načine preoksigenacije, pri vseh pacientu dodamo čim višjo koncentracijo  $O_2$  ( $FiO_2$  čim bližje 1,0):

- spontano dihanje  $O_2$  preko obrazne maske z normalnimi dihalnimi volumnom v trajanju 3–5 minut, lahko tudi 1 globok vdih z vitalno kapaciteto, zadržanje diha, ki omogoča gibanje zraka iz bolj podajnih v manj podajne alveole in nato normalno dihanje (14, 15);
- globoko dihanje – tukaj je več možnosti: 1 vdih z vitalno kapaciteto, 4 globoki vdihi z vitalno kapaciteto v 30 s, 8 globokih vdihov v 60 s ali podaljšano globoko dihanje (12–16 vdihov z vitalno kapaciteto). Tehnika 4 globokih vdihov je manj učinkovita kot spontano dihanje, saj je hitrost pretoka plinov med vdihi višja od dotoka  $O_2$ , zato pride do ponovnega vdihavanja že izdihanega dušika in zmanjšanja  $FiO_2$  (16). Poleg tega potrebujejo tkiva in venski kompartiment več kot 30 s, da se napolnijo s  $O_2$ . Tako je tehnika 4 globokih vdihov rezervirana zgolj za nujna stanja, ko je čas do ustrezne oskrbe dihalne poti močno omejen (Slika 1). K večji učinkovitosti 8 globokih vdihov naj bi prispevalo hiperventilacijsko-inducirano znižanje  $PaCO_2$  s premikom disociacijske krivulje za oksihemoglobin v levo;

- preoksigenacija z dodatnimi manevri: kontinuiranim pozitivnim tlakom v dihalni poti (angl. *continuous positive airway pressure* – CPAP), pozitivnim tlakom v dihalnih poteh na 2 nivojih (angl. *bilevel*) ali neinvazivno ventilacijo s pozitivnim tlakom preko obrazne maske, skafandra ali nosnega nastavka (NIV).

**Slika 1. Srednji čas do padca nasičenosti arterijske krvi s kisikom ( $\text{SpO}_2$ ) med apnejo ob treh različnih tehnikah preoksigenacije (17).**



Pri nosečnicah, pacientih s prekomerno težo ali kritično bolnih je FRC zmanjšana, prisotno je povečano tveganje za nastanek atelektaz in desno-levega šanta. Preoksigenacijo pri navedenih pacientih je možno izboljšati z neinvazivno ventilacijo s pozitivnim tlakom s 100 %  $\text{O}_2$  in hkratnim pozitivnim tlakom ob koncu izdiha (angl. *positive end-expiratory pressure* – PEEP) v obrathnem Trendelenburgovem položaju (18). To tehniko se poveča srednji tlak v dihalni poti in rekrutirajo alveoli, ki bi sicer prispevali k desno-levem šantu. Baillard s kolegi je dokazal učinkovitost predstavljenih tehnik pred vstavitvijo dihalne cevke s hitrim zaporedjem (angl. *rapid sequence induction and intubation*) – delež pacientov, pri katerih je prišlo do desaturacije, je bil pomembno nižji kot pri preoksigenaciji z normalnim vdihavanjem 100 %  $\text{O}_2$  (19). Preoksigenacija s pozitivnim tlakom in s PEEP je pomembno skrajšala čas do dosežene koncentracije  $\text{O}_2$  v izdihanem zraku nad 90 % oziroma čas do uspešne preoksigenacije (20).

### **Učinkovitost in uspešnost preoksigenacije**

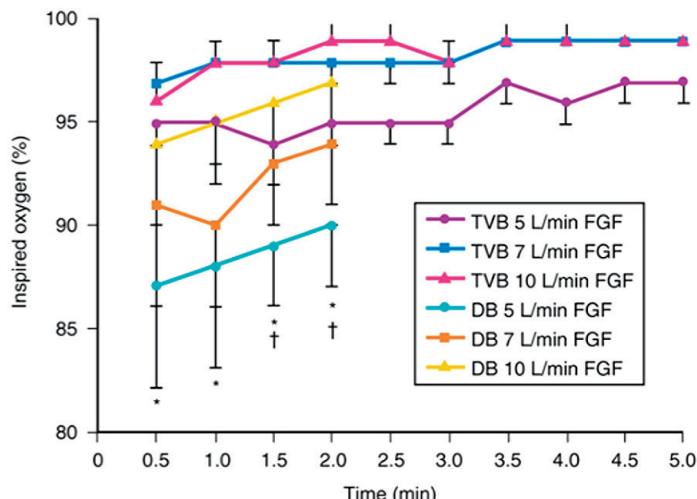
Uspešnost preoksigenacije ugotavljamo z merjenjem  $\text{P}_\text{a}\text{O}_2$ , parcialnega tlaka dušika v alveolih in  $\text{P}_\text{a}\text{O}_2$ , učinkovitost pa na podlagi padanja vrednosti  $\text{S}_\text{a}\text{O}_2$  med apnejo (3). Cilj uspešne preoksigenacije je izplavljanje dušika in naraščanje koncentracije  $\text{O}_2$ , časovna konstanta tega procesa je odvisna od razmerja med alveolarno ventilacijo in FRC. Po pretečeni 1 časovni konstanti ( $\tau$ ) pride do porasta koncentracije  $\text{O}_2$  v FRC za 63 %, po  $2\tau$  za 86 % in po  $3\tau$  za 95 % (21). Za hitrejšo denitrogenacijo se priporoča:

1. preprihovanje anesteziskskega dihalnega sistema z visokim pretokom  $\text{O}_2$ , ki onemogoča ponovno vdihavanje (angl. *rebreathing*), preden položimo obrazno masko na pacientov obraz;
2. uporaba obrazne maske, ki ne pušča;
3. uporaba pretoka  $\text{O}_2$  vsaj 5 L/min za normalno dihanje in 10 L/min za globoko dihanje.

Maksimalna alveolarna preoksigenacija ali denitrogenacija je dosežena, ko je delež kisika v izdihanem zraku > 90 % in koncentracija dušika pod 5 % (22). Zaradi vsebnosti  $\text{CO}_2$  in vode v alveolarnem zraku je izjemno težko doseči koncentracijo izdihanega  $\text{O}_2$  nad 97 %. O maksimalni oksigenaciji pa govorimo, ko se s  $\text{O}_2$  napolni alveolarni, arterijski, tkivni in venski kompartiment. Dejavniki, ki vplivajo na uspešnost preoksigenacije, so:

- delež  $\text{O}_2$  v vdihnem zraku ( $\text{FiO}_2$ ): višji  $\text{FiO}_2$  – hitreje in bolj učinkovito napolnimo rezervoar  $\text{O}_2$ ;
- puščanje pod obrazno masko se pojavi pri kar 11,5 % pacientov brez zob, z brado in/ali brki, z anomalijami obraza, opeklinami in ob prisotnosti nazogastrične cevke, k puščanju pa prispeva tudi neustrezna velikost obrazne maske ali neustrezni trakovi za pritrditev obrazne maske (23). Puščanje vodi v razredčenje  $\text{O}_2$  z zrakom iz okolice;
- vrsta uporabljenega sistema: omogočati mora visoke  $\text{FiO}_2$ ;
- pretok svežih plinov (angl. *fresh gas flow*): ob prenizkih pretokih pride do ponovnega vdihavanja izdihanih plinov s posledičnim znižanjem  $\text{FiO}_2$ . Med spontanim dihanjem je ta vpliv pri pretokih nad 5 L/min minimalen (ob 5 L/min je  $\text{FiO}_2$  0,95, ob 10 L/min pa 0,98), nasprotno pa je pri globokem dihanju ta pomemben (ob 5 L/min je  $\text{FiO}_2$  0,88, pri 10 L/min pa 0,95) (Slika 2) (24);

- trajanje dihanja: za doseganje maksimalne preoksigenacije je potreben čas. Ob  $\text{FiO}_2$  blizu 1,0 večina odraslih pacientov doseže delež kisika v izdihanem zraku nad 90 % v 3–5 min;
- razmerje med alveolarno ventilacijo in FRC: hitrost naraščanja deleža kisika v izdihanem zraku med preoksigenacijo je večja ob manjši FRC in večji alveolarni ventilaciji (globoko dihanje) (3). Pri nosečnicah je FRC zmanjšan, alveolarna ventilacija pa povečana, zato pri njih pride do hitrejšega porasta deleža kisika v izdihanem zraku. Podobno je preoksigenacija hitreje dosežena pri dojenčkih in otrocih (25).



**Slika 2. Primerjava preoksigenacije z dihanjem z normalnimi dihalnimi volumni in globokim dihanjem ob različnih pretokih svežih plinov (16).**

DB – globoko dihanje (angl. *deep breathing*);  
FGF – pretok svežih plinov (angl. *fresh gas flow*);  
TVB - dihanje z normalnimi dihalnimi volumni (angl. *tidal volume breathing*).

Dejavniki, ki vplivajo na učinkovitost preoksigenacije (26):

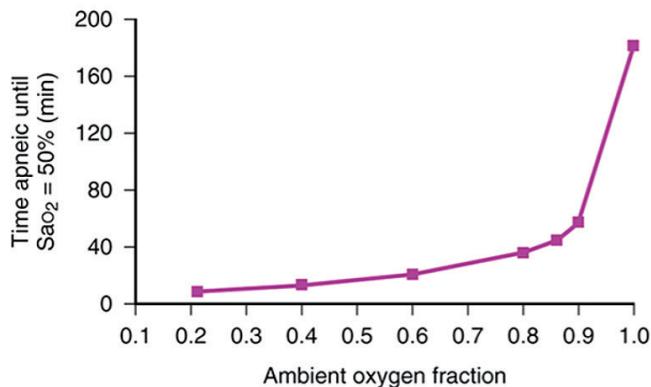
- kapaciteta za hranjenje  $\text{O}_2$ :
  - $\text{P}_\text{a}\text{O}_2$  in FRC: ležanje ravno na hrbtnu omejuje pacienta pri globokem dihanju, privede do razvoja pljučnih atelektaz in zmanjšanja FRC. Pri pacientih z dvignjenim vzglavjem in poškodovancih z nagibom celega telesa za 30° v obratnem Trendelenburgovem položaju je preoksigenacija bolj učinkovita in tako tolerirajo daljši čas apneje (27);
  - vsebnost  $\text{O}_2$  v arterijski krvi in minutni volumen srca;
  - poraba  $\text{O}_2$ .

Kakšen je vpliv maksimalnega izdiha pred pričetkom preoksigenacije? Pri zdravem človeku s FRC 3 L forsiran izdih do rezidualnega volumna zmanjša volumen pljuč na 1,5 L. 50 % zmanjšanje FRC vodi do 50 % kraje časovne konstante izplavljanja dušika iz alveolov (28). Manever se ni izkazal za učinkovitega, saj je bil čas do 90 %  $\text{O}_2$  v izdihanem zraku pri vseh skupinah pacientov enak (29).

## APNEIČNA OKSIGENACIJA

Apneično oksigenacijo dosežemo z učinkovito preoksigenacijo, ki ji sledi vpihovanje  $\text{O}_2$  v dihalno pot. To lahko dosežemo skozi nazofarigealno ali orofarigealno kanilo ali pa skozi iglo vstavljenko skozi krikotiroidno ali krikotrahealno membrano. Pri zdravih pacientih in prehodni dihalni poti to zagotavlja vsaj 10 min ustrezne oksigenacije, kar pomembno poveča varnost pacientov, pri katerih je prisotna težka vstavitev dihalne cevke in težko predihavanje (9). Postopek ima prednost tudi pri pacientih z zmanjšanimi rezervami  $\text{O}_2$ : otroci, nosečnice, pacienti s prekomerno težo in pacienti s sindromom akutne dihalne stiske (angl. *acute respiratory distress syndrome – ARDS*) (30), pri bronhoskopiji in otorinolaringoloških posegih (31).

Pomemben vpliv na podaljšanje časa do nastanka hipoksije ima delež  $\text{O}_2$  v vdihnem zraku, pri čemer so ta učinek dokazali pri različnih deležih pljučnega obvoda (**Slika 3**) (32).



**Slika 3.**

**Čas apneje za padec nasičenosti arterijske krvi s kisikom ( $\text{SaO}_2$ ) na 50 % ob odprtih dihalnih poti in izpostavljenosti različnim koncentracijam  $\text{O}_2$  (32).**

## NAČINI PODALJŠEVANJA ČASA APNEJE

### Kisik preko nosnega katetra

Nosni kateter se namesti na pacienta pod obrazno masko med preoksigenacijo. Po uvodu v anestezijo med apnejo se pretok  $\text{O}_2$  preko nosnega katetra poveča na 15 L/min. Tehnika se je izkazala za učinkovito tudi pri novorojenčkih (33).

### Vpihanje kisika v žrelo

Pacienti med apnejo prejemajo  $\text{O}_2$  preko katetra (8 Fr kateter ali odrezana dihalna cevka velikosti 3,5 mm) v žrelo ali bukalno s pretoki 5–10 L/min. V raziskavi so ob uporabi navedenih metod pokazali pomembno daljši čas do desaturacije (34).

### Dovajanje kisika z visokimi pretoki preko nosu (angl. high flow nasal oxygenation – HFNO)

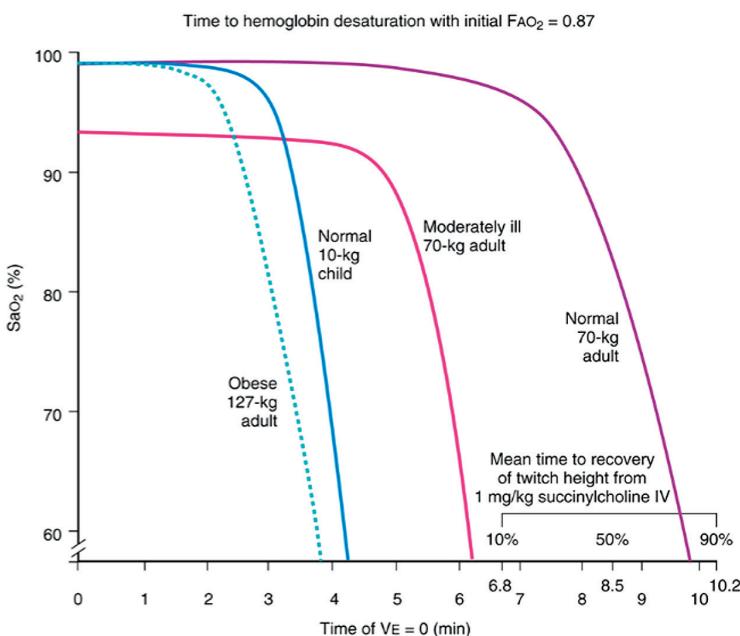
Pri tej tehniki gre za vpihanje ogretega in navlaženega  $\text{O}_2$  s pretokom 30–80 L/min preko nazalnega sistema (Slika 4). Transnazalno hitro vpihanje vlažnega  $\text{O}_2$  ustvarja pozitivni tlak v dihalni poti 2–7 cm  $\text{H}_2\text{O}$ , še posebej ob zaprtih ustih. Poleg podaljšanja časa do desaturacije med apnejo pospešuje izpiranje nazofaringealnega prostora (manjši anatomske mrtvi prostori in izplavljanje  $\text{CO}_2$ ), zmanjša nazofarigealni upor, poveča rekrutacijo alveolov in zmanjša delo dihanja. Navlaženi in ogreti plini posnemajo fiziološke pogoje, kar ohranja mukociliarno funkcijo (35). Pacienti takšno dovajanje kisika zelo dobro sprejemajo, saj jim omogoča hkratno komunikacijo. Zaradi vseh pozitivnih lastnosti je bila tehnika vključena v številne smernice za oskrbo dihalne poti (36). Patel in Nouraei sta pokazala, da med apnejo, ki traja do 65 min, ne pride do padca  $\text{S}_a\text{O}_2$  pod 90 %, ob tem je bila povprečna vrednost  $\text{CO}_2$  v arterijski krvi 7,8 kPa, najvišja pa 15,3 kPa. Med postopkom vstavitve dihalne cevke pripomočka ni potrebno odstranjevati, tako zagotavlja tudi apneično oksigenacijo.



**Slika 4. Sistem za THRIVE**  
– transnazalno ventilatorno izmenjavo s hitrim vpihanjem vlažnega  $\text{O}_2$ ,  
(slika iz arhiva Fisher & Paykel Healthcare, Auckland, Nova Zelandija).

## PREOKSIGENACIJA PRI POSEBNIH POPULACIJAH PACIENTOV

Dejavniki tveganja za hitrejši razvoj hipoksemije med apnejo: zmanjšana FRC, neustrezna denitrogenacija, hipoventilacija pred apnejo, povečana poraba O<sub>2</sub> in zapora dihalne poti (**Slika 5**) (37).



**Slika 5.**

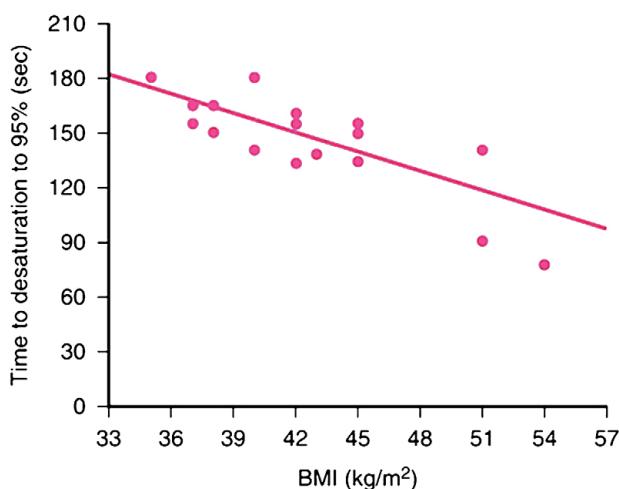
**Nasičenost oksihemoglobina v arterijski krvi (S<sub>a</sub>O<sub>2</sub>) v času apneje pri različnih populacijah pacientov (25).**

## Nosečnice

Nosečnice imajo manjši rezervoar za O<sub>2</sub> (po 5. mesecu 80 % FRC) in povečano porabo O<sub>2</sub> (za 30–40 %). Zaradi povečane alveolarne ventilacije je pri njih potreben pretok O<sub>2</sub> vsaj 10 L/min med spontanim in globokim dihanjem (38). Leta 2015 so v smernicah za oskrbo težke dihalne poti pri nosečnicah priporočili dvig vzglavlja (poveča FRC), pretok svežih plinov vsaj 10 L/min in dobro tesnenje obrazne maske. Ob koncu nosečnosti zadostuje že 2-minutna preoksigenacija, med apnejo pa so priporočali uporabo nazalne ali nazofaringealne kanile (39). Uporaba HFNO pri nosečnicah je pomembno podaljšala čas varne apneje na 7 min v primerjavi s 4 min ob predihavanju z obrazno masko in apneično oksigenacijo preko nosne kanile s pretokom kisika 6 L/min, vrednosti P<sub>a</sub>CO<sub>2</sub> se med skupinama niso razlikovale (40).

## Morbidna debelost

Morbidna debelost je povezana s hitrejšim padcem S<sub>a</sub>O<sub>2</sub> med apnejo (manjši FRC in povečana poraba O<sub>2</sub>), ob pridruženi obstruktivni apneji med spanjem pa je prisotno tudi tveganje za težko vstavitev dihalne cevke v sapnik in oteženo predihavanje (41). Z naraščanjem indeksa telesne mase se krajsa čas do desaturacije Hb med apnejo (**Slika 5**). Pri morbidni debelosti se FRC med uvodom v anestezijo zmanjša do 50 % (pri pacientih brez morbidne debelosti 20 %), dihalni volumen pa se približa zapiralni kapaciteti, kar povzroči nastanek atelektaz in povečanje znotrajpljučnega obvoda.



**Slika 6. Razmerje med časom desaturacije Hb do 95 % in indeksom telesne mase (angl. body mass index – BMI) med apnejo po preoksigenaciji pri morbidni debelosti (42).**

Kot učinkovit ukrep pri zmanjševanju količine atelektaz in podaljšanju časa do desaturacije pri pacientih s prekomerno telesno težo se je izkazala preoksigenacija s CPAP (10 cmH<sub>2</sub>O), prav tako NIV (43). Shah sodelavci (44) so pokazali, da pri pacientih s prekomerno telesno težoučinkovitost preoksigenacije poveča dvig vzglavlja in CPAP. Ob že prisotnih atelektazah pa se je kot najbolj učinkovit izkazal BiPAP, ki povzroči hkratno rekrutiranje atelektatičnih delov pljuč.

### **Starejši**

Starejši pacienti imajo zmanjšano elastičnost pljuč in šibkejše dihalne mišice. Pri njih se je dihanje z normalnim dihalnim volumenom za vsaj 3 minute izkazalo za bolj učinkovito kot globoko dihanje (45).

### **Otroci**

Mlajši kot je otrok, hitreje nastopi hipoksemija (46). Pojav desaturacije med apnejo je odvisen od učinkovitosti preoksigenacije, starosti in teže otroka, pridruženih bolezni (okužba zgornje dihalne poti) in sestave plinov v pljučih. Maksimalna oksigenacija je pri otrocih dosežena hitreje kot pri odraslih. V 1. letu v 20–60 s, v starosti 3–5 let v 30–90 s in pri starejših od 5 let v 30–100 s, zagotavlja pa približno 2 minuti varne apneje (47), pri starejših otrocih še dlje (48). Prisotnost dušikovega oksidula podaljša čas do desaturacije (hitrejša absorpcija dušikovega oksidula v kri, s čimer narašča P<sub>a</sub>O<sub>2</sub>) (46). V raziskavah so ugotavljali, da je čas do pojava hipoksemije med apnejo ob dovajanju O<sub>2</sub> preko nosne kanile s pretokom 0,2 L/kg/min enak kot med visokim pretokom (2 L/kg/min) (49).

### **Kritično bolni**

Kritično bolni so močno podvrženi hipoksemiji, še posebej pacienti s sepso, pljučnico, pljučnim edemom, ARDS in poškodbami (50). K hitrejši desaturaciji vodi povečan alveolo-arterijski gradient. Mort sodelavci je ugotovil, da je pri pacientih, pri katerih so odpovedale metode neinvazivne dihalne podpore in ki so potrebovali nujno vstavitev dihalne cevke v sapnik, preoksigenacija s predihavanjem s 100 % O<sub>2</sub> preko obrazne maske in dihalnega balona zgolj minimalno učinkovita (51). Pri pacientih z visokim alveolo-arterijskim gradientom se priporoča vsaj 3-minutna preoksigenacija z NIV za rekrutacijo alveolov s podpornim tlakom 5–15 cm H<sub>2</sub>O in PEEP 5–10 cm H<sub>2</sub>O. Kot učinkovita se je izkazala tudi HFNO. Po smernicah angleškega združenja za težko oskrbo dihalne poti je priporočen ciljni delež kisika v izdihanem zraku > 85 % z uporabo NIV ali HFNO (36).

### **Poškodovanci**

Poškodovanci so podvrženi hipoksemiji med postopkom vstavitve dihalne cevke zaradi otežene oskrbe dihalne poti, pomanjkanja časa za preoksigenacijo, velikega tveganja za aspiracijo, hipoventilacije, pridruženih poškodb (dihalne poti, prsnega koša) in nesodelovanja pacienta (52). Med postopkom RSI pride do desaturacije pri kar 38 % pacientov, pri katerih vstavitev dihalne cevke ne uspe v prvem poskusu, posledice hipoksemije pa so hujše kot pri drugih populacijah pacientov (53). Podatkov je malo, a je jasno nakazan trend učinkovitosti apneične oksigenacije pri poškodovancih, saj je ta do 7-x zmanjšala pojavnost hipoksemije. Pacienti so O<sub>2</sub> prejemali preko nosne kanile (15 L/min) ali HFNO (54).

## **ZAPLETI PERIOKSIGENACIJE**

### **Hipoventilacija**

Dodatek kisika pacientu s kronično obstruktivno pljučno bolezni na začetku povzroči zmanjšanje frekvence dihanja, a se ta hitro normalizira. Povišana koncentracija kisika namreč izpodriva CO<sub>2</sub> iz Hb, s čimer izničuje kompenzatorni mehanizem Haldanovega učinka (55).

### **Absorpcijske atelektaze**

Visoka koncentracija O<sub>2</sub> v alveolih z zmanjšanim razmerjem med predihavanjem in prekrvavitvijo (angl. *ventilation perfusion*) povzroči njihov kolaps. Pride namreč do hitrejše absorpcije O<sub>2</sub> v kri, kot se ta nado-mešča s predihavanjem. Do nastanka atelektaz pride pri zdravih pri FiO<sub>2</sub> nad 0,8, pri pacientih z zmanjšanim razmerjem med predihavanjem in prekrvavitvijo pa pri FiO<sub>2</sub> nad 0,5. Verjetnost nastanka atelektaz med apnejo je manjša pri uporabi HFNO v primerjavi z ostalimi tehnikami apneične oksigenacije (56). Kot

protiutež tveganju za nastanek atelektaz se priporočajo tehnike NIV med uvodom v anestezijo in izvedba manevrov rekrutacije alveolov po vstavitvi dihalne cevke (57).

### Toksičnost kisika

Pojavi se po 8–12 h izpostavljenosti visokemu  $\text{FiO}_2$  (58). Zdrava pljuča tolerirajo  $\text{FiO}_2$  pod 0,6, okvarjena pljuča pa pod 0,5. Mehanizem je nastanek kisikovih prostih radikalov (superoksidnih anionov  $\text{O}_2^-$ , hidroksilnih radikalov  $\text{OH}^-$  in vodikovega peroksida  $\text{H}_2\text{O}_2$ ), ki preko inaktivacije encimov povzročijo motnjo v DNA sintezi in integriteti celičnih membran s peroksidacijo lipidov (58). Posledice povečane količine prostih kisikovih radikalov so pljučni edem, ARDS, odstop mrežnice, retinopatija nedonošenosti in krči. Čas preoksidacije je kratek, zato ima nastanek reaktivnih kisikovih spojin majhen klinični učinek. Najboljše zdravljenje toksičnosti je preprečevanje: zagotavljanje ustrezne oksigenacije z minimalnim  $\text{FiO}_2$  za vzdrževanje  $\text{S}_a\text{O}_2$  nad 90 % (po uspešni oskrbi dihalne poti).

### Vazokonstriktorni odgovor na hiperoksijo

Vazokonstriktorni odgovor na hiperoksijo, ki zmanjša dotok krvi v ledvice, črevesni trakt in ude, padec srčne frekvence, minutnega volumna srca, povečanje periferne žilne upornosti, padec pretoka krvi skozi koronarne in možganske arterije. Vsi ti zapleti imajo majhen klinični pomen, tveganja neuspešne vstavitev dihalne cevke oziroma neuspešne oksigenacije pa so večja od zapletov visokega  $\text{FiO}_2$  (59).

## ZAKLJUČEK

Perioksigenacija je temelj varne in nezapletene oskrbe dihalne poti v različnih kliničnih situacijah. Za doseganje maksimalnega časa apneje, ki ga lahko pacient tolerira brez kliničnih posledic, je pomembno:

- dihanje visokega  $\text{FiO}_2$  z normalnimi dihalnimi volumni vsaj 3 minute ali 8 globokih vdihov;
- ob vztrajanju  $\text{S}_a\text{O}_2$  pod 95 % je potrebno razmisliti o povečanju tlaka v dihalni poti s CPAP, BiPAP ali vsaj PEEP;
- izvajanje preoksidacije v sedečem (ali anti-Trendelenburgovem) položaju;
- pozornost na populacije pacientov s skrajšanim časom do pojave hipoksije med apnejo: starejši, pacienti s prekomerno težo, nosečnice, otroci, pacienti s pljučnimi boleznimi in kritično bolni;
- dovajanje  $\text{O}_2$  preko nosne kanile (15 L/min) med vstavljivo dihalne cevke v sapnik – apneična oksigenacija s pozornostjo na stalno odprto dihalno pot;
- dobro razumevanje fiziologije perioksigenacije in opreme, ki je zanj potrebna.

## VIRI

1. Weingart SD, Levitan RM. Preoxygenation and prevention of desaturation during emergency airway management. Ann Emerg Med 2012;59(3):165–75.
2. Patel A, El-Boghdadly K. Apnoeic oxygenation and ventilation: go with the flow. Anaesthesia 2020;75(8):1002–5.
3. Benumof JL. Preoxygenation: best method for both efficacy and efficiency. Anesthesiology 1999;91(3):603–5.
4. Nunn JF. Oxygen. V: Nunn JF, ur. Nunn's Applied Respiratory Physiology. 4th ed. Butterworth-Heinemann;1993:247–305.
5. Campbell IT, Beatty PC. Monitoring preoxygenation. Br J Anaesth 1994;72(1):3-4.
6. Weitzner SW, King BD, Ikezono E. The rate of arterial oxygen desaturation during apnea in humans. Anesthesiology 1959;20:624–7.
7. Hardman JG, Wills JS, Aitkenhead AR. Factors determining the onset and course of hypoxemia during apnea: an investigation using physiological modelling. Anesth Analg 2000;90(3):619–24.
8. Volhard F. Über künstliche Atmung durch Ventilation der Trachea und eine einfache Vorrichtung zur hytmischen künstlichen Atmung. München Medizinische Wochenschrift 1908;55:209–11.
9. Frumin MJ, Epstein RM, Cohen G. Apneic oxygenation in man. Anesthesiology 1959;20:789–98.
10. Sirian R, Wills J. Physiology of apnoea and the benefits of preoxygenation. Contin Educ Anaesth Crit Care Pain 2009;9:105–8.
11. Eger EI, Severinghaus JW. The rate of rise of  $\text{PaCO}_2$  in the apneic anesthetized patient. Anesthesiology 1961;22:419–25.

12. Joels N, Samueloff M. Metabolic acidosis in diffusion respiration. *J Physiol* 1956;133(2):347-59.
13. Fraioli RL, Sheffer LA, Steffenson JL. Pulmonary and cardiovascular effects of apneic oxygenation in man. *Anesthesiology* 1973;39(6):588-96.
14. Nimmagadda U, Salem MR, Joseph NJ, et al. Efficacy of preoxygenation with tidal volume breathing. Comparison of breathing systems. *Anesthesiology* 2000;93(3):693-8.
15. Baraka A, Haroun-Bizri S, Khoury S, et al. Single vital capacity breath for preoxygenation. *Can J Anaesth* 2000;47(11):1144-6.
16. Nimmagadda U, Chiravuri SD, Salem MR, et al. Preoxygenation with tidal volume and deep breathing techniques: the impact of duration of breathing and fresh gas flow. *Anesth Analg* 2001;92(5):1337-41.
17. Baraka AS, Taha SK, Aouad MT, et al. Preoxygenation: comparison of maximal breathing and tidal volume breathing techniques. *Anesthesiology* 1999;91(3):612-6.
18. Tanoubi I, Drolet P, Donati F. Optimizing preoxygenation in adults. *Can J Anaesth* 2009;56(6):449-66.
19. Baillard C, Fosse JP, Sebbane M, et al. Noninvasive ventilation improves preoxygenation before intubation of hypoxic patients. *Am J Respir Crit Care Med* 2006;174(2):171-7.
20. Hanouz JL, Lammens S, Tasle M, et al. Preoxygenation by spontaneous breathing or noninvasive positive pressure ventilation with and without positive end-expiratory pressure. *Eur J Anaesthesiol* 2015;32:881-7.
21. Carmichael FJ, Cruise CJ, Crago RR, et al. Preoxygenation: a study of denitrogenation. *Anesth Analg* 1989;68(3):406-9.
22. Gold MI, Duarte I, Muravchick S. Arterial oxygenation in conscious patients after 5 minutes and after 30 seconds of oxygen breathing. *Anesth Analg* 1981;60(5):313-5.
23. Heller ML, Watson TR Jr. Polarographic study of arterial oxygenation during apnea in man. *N Engl J Med* 1961;264:326-30.
24. Berthoud M, Read DH, Norman J. Pre-oxygenation - how long? *Anaesthesia* 1983;38(2):96-102.
25. Butler PJ, Munro HM, Kenny MB. Preoxygenation in children using expired oxygraphy. *Br J Anaesth* 1996;77(3):333-4.
26. Benumof JL, Dagg R, Benumof R. Critical hemoglobin desaturation will occur before return to an unparalyzed state following 1 mg/kg intravenous succinylcholine. *Anesthesiology* 1997;87(4):979-82.
27. Boyce JR, Ness T, Castroman P, et al. A preliminary study of the optimal anesthesia positioning for the morbidly obese patient. *Obes Surg* 2003;13(1):4-9.
28. Baraka AS, Taha SK, El-Khatib MF, et al. Oxygenation using tidal volume breathing after maximal exhalation. *Anesth Analg* 2003;97(5):1533-5.
29. Nimmagadda U, Salem MR, Joseph NJ, et al. Efficacy of preoxygenation using tidal volume and deep breathing techniques with and without prior maximal exhalation. *Can J Anaesth* 2007;54(6):448-52.
30. Baraka A, Salem MR, Joseph NJ. Critical hemoglobin desaturation can be delayed by apneic diffusion oxygenation. *Anesthesiology* 1999;90(1):332-3.
31. Draper WB, Whitehead RW, Spencer N. Studies on diffusion respiration; changes in alveolar gases and pH of venous blood. *Fed Proc* 1947;6(1):323.
32. McNamara MJ, Hardman JG. Hypoxaemia during open-airway apnoea: a computational modelling analysis. *Anaesthesia* 2005;60(8):741-6.
33. Bhagwan SD. Levitan's no desat with nasal cannula for infants with pyloric stenosis requiring intubation. *Paediatr Anaesth* 2013;23(3):297-8.
34. Heard A, Toner AJ, Evans JR, et al. Apneic oxygenation during prolonged laryngoscopy in obese patients: A randomized, controlled trial of buccal RAE tube oxygen administration. *Anesth Analg* 2017;124(4):1162-7.
35. Doyle AJ, Stolady D, Mariyaselvam M, et al. Preoxygenation and apneic oxygenation using transnasal humidified rapid-insufflation ventilatory exchange for emergency intubation, *J Crit Care* 2016;36:8-12.
36. Higgs A, McGrath BA, Goddard C, et al. Guidelines for the management of tracheal intubation in critically ill adults. *Br J Anaesth* 2018;120(2):323-52.
37. Craven DE, Goularte TA, Make BJ. Contaminated condensate in mechanical ventilator circuits. A risk factor for nosocomial pneumonia? *Am Rev Respir Dis* 1984;129(4):625-8.
38. Hignett R, Fernando R, McGlennan A, et al. A randomized crossover study to determine the effect of a 30° head-up versus a supine position on the functional residual capacity of term parturients. *Anesth Analg* 2011;113(5):1098-102.
39. Tan PCF, Millay OJ, Leeton L, et al. High-flow humidified nasal preoxygenation in pregnant women: a prospective observational study. *Br J Anaesth* 2019;122(1):86-91.
40. Osman YM, Abd El-Raof R. High flow nasal cannula oxygen preventing deoxygenation during induction of general anaesthesia in caesarean section: A randomized controlled trial. *Trends Anae Crit Care* 2021;40:23.
41. Jense HG, Dubin SA, Silverstein PI, et al. Effect of obesity on safe duration of apnea in anesthetized humans. *Anesth Analg* 1991;72(1):89-93.

42. Baraka AS, Taha SK, Siddik-Sayyid SM, et al. Supplementation of pre-oxygenation in morbidly obese patients using nasopharyngeal oxygen insufflation. *Anaesthesia* 2007;62(8):769–73.
43. Coussa M, Proietti S, Schnyder P, et al. Prevention of atelectasis formation during the induction of general anaesthesia in morbidly obese patients. *Anesth Analg* 2004;98(5):1491–5.
44. Shah U, Wong J, Wong DT, et al. Preoxygenation and intraoperative ventilation strategies in obese patients: a comprehensive review. *Curr Opin Anaesthesiol* 2016;29(1):109–18.
45. McCarthy G, Elliott P, Mirakhur RK, et al. A comparison of different pre-oxygenation techniques in the elderly. *Anaesthesia* 1991;46:824–7.
46. Videira RL, Neto PP, do Amaral RV, et al. Preoxygenation in children: for how long? *Acta Anaesthesiol Scand* 1992;36(2):109–11.
47. Morrison JE Jr, Collier E, Friesen RH, et al. Preoxygenation before laryngoscopy in children: how long is enough? *Paediatr Anaesth* 1998;8(4):293–8.
48. Hardman JG, Wills JS. The development of hypoxaemia during apnoea in children: a computational modelling investigation. *Br J Anaesth* 2006;97(4):564–70.
49. Riva T, Pedersen TH, Seiler S, et al. Transnasal humidified rapid insufflation ventilatory exchange for oxygenation of children during apnoea: a prospective randomised controlled trial. *Br J Anaesth* 2018;120:592–9.
50. Mosier JM, Hypes CD, Sakles JC. Understanding preoxygenation and apneic oxygenation during intubation in the critically ill. *Intensive Care Med* 2017;43(2):226–8.
51. Mort TC. Preoxygenation in critically ill patients requiring emergency tracheal intubation. *Crit Care Med* 2005;33(11):2672–5.
52. Hagberg CA, Kaslow O. Difficult airway management algorithm in trauma: updated by COTEP. *ASA Monitor* 2014;78:56.
53. Perera A, Alkhouri H, Fogg T, et al. Apnoeic oxygenation was associated with decreased desaturation rates during rapid sequence intubation in multiple Australian and New Zealand emergency departments. *Emerg Med J* 2021;38:118–24.
54. Sakles JC, Mosier JM, Patanwala AE, et al. Apneic oxygenation is associated with a reduction in the incidence of hypoxemia during the RSI of patients with intracranial hemorrhage in the emergency department. *Intern Emerg Med* 2016;11:983–92.
55. Clark JM, Lambertsen CJ, Gelfand R, et al. Effects of prolonged oxygen exposure at 1.5, 2.0, or 2.5 ATA on pulmonary function in men (predictive studies V). *J Appl Physiol* 1999;86(1):243–59.
56. Lee JH, Ji SH, Jang YE, et al. Application of a high-flow nasal cannula for prevention of postextubation atelectasis in children undergoing surgery: a randomized controlled trial. *Anesth Analg* 2021;133:474–82.
57. Edmark L, Kostova-Aherdan K, Enlund M, et al. Optimal oxygen concentration during induction of general anesthesia. *Anesthesiology* 2003;98:28–33.
58. Deneke SM, Fanburg BL. Normobaric oxygen toxicity of the lung. *N Engl J Med* 1980;303(2):76–86.
59. Nimmagadda U, Salem MR, Crystal GJ. Preoxygenation: Physiologic Basis, Benefits, and Potential Risks. *Anesth Analg* 2017;124(2):507–17.

## 14.

# POTRDITEV USPEŠNE VSTAVITVE DIHALNE CEVKE V SAPNIK

**Denis Sraka**

### **POVZETEK**

Neprepoznan nepravilna vstavitev dihalne cevke je definirana kot vstavitev dihalne cevke drugam kot v sapnik, ki ni prepoznana. Je nesprejemljiva in ima katastrofalne posledice. Dostopnost monitoringa ogljikovega dioksida v izdihinem zraku v kombinaciji s kliničnim pregledom, ezofagealnimi detektorji, radiografijo in ultrazvokom, nam pomaga, da se ji izognemo. Potrditev ustreznosti vstavitve dihalne cevke mora biti nemudoma preverjena. Avskultacija prsnega koša in opazovanje dviganja prsne stene so statistično najpogostejše metode za potrditev uspešne vstavitve dihalne cevke. Kapnografija pa ostaja zlati standard za potrditev pravilne vstavitve dihalne cevke v sapnik. Za prepoznavanje vstavitve dihalne cevke v požiralnik imata avskultacija prsnega koša in kapnografija visoko senzitivnost, vendar pa specifičnost ni zadostno visoka, še posebej pri pacientih v srčnem zastoju ali pri stanjih z zmanjšano prekrvavitvijo. Prednosti ultrazvoka so, da je lahko opravljen neposredno med vstavljanjem dihalne cevke, da je neustrezna lega dihalne cevke lahko prepoznanata pred začetkom umetnega predihavanja, da ima odlično specifičnost za najdbo vstavitve dihalne cevke v požiralnik ter da ga lahko uporabimo tudi pri stanjih, kjer je kapnografija dvoumna oziroma nejasna.

### **ABSTRACT**

Unrecognized incorrect intubation is defined as insertion of the endotracheal tube in some other location than trachea, which is not recognized. It is unacceptable and has catastrophic consequences. Confirmation of proper endotracheal tube insertion has to be made immediately after each intubation. Auscultation of chest and observation of chest wall rise are statistically the most frequent way of tracheal intubation confirmation. However, capnography remains the gold standard for assessment of correct endotracheal tube insertion. For detecting the esophageal intubation, auscultation and capnography have high sensitivity but inadequate specificity, especially in patients in cardiac arrest or in low perfusion states. Advantages of tracheal ultrasound are that it can be done directly during intubation, that wrong endotracheal tube insertion can be recognized before initiation of ventilation, that it has an excellent specificity for esophageal intubation detection, and that we can also use it in cases where capnography is ambiguous or unclear.

## UVOD

Statistika kaže, da se v primeru nujne obravnave kritično bolnih vstavitve dihalne cevke v požiralnik pojavi v 1 od 18 primerov. Pri načrtovanih kirurških posegih je incidenca nižja. Trenutno ne poznamo strukturirane metode za oceno pogostosti neprepoznane vstavitve dihalne cevke v požiralnik, zato je njena pojavnost najverjetneje podcenjena. Kljub temu, da je v večini primerov hitro prepoznanata, je povezana s povečanim tveganjem za hudo hipoksemijo, pljučno aspiracijo želodčne vsebine, srčnim zastojem in redko tudi z rupturo želodca ali požiralnika (1, 2). Iz tega vidika je potrditev pravilne lege dihalne cevke nujna, da se izognemo neželenim posledicam. Za prepoznavo pravilne lege so bile opisane številne metode, in sicer vstavitev dihalne cevke z direktno laringoskopijo (direktna vizualizacija), opazovanje dviganja prsnega koša, obojestranska avskultacija dihalnih zvokov, merjenje ogljikovega dioksida v izdihamem zraku ( $\text{ETCO}_2$ ), uporaba detektorjev požiralnika, upogljava bronhoskopija, kontrola lege z ultrazvokom in z rentgenskim posnetkom prsnega koša. Med vsemi metodami je zlati standard kapnografija, ki pa je lahko v določenih pogojih manj zanesljiva (npr. hemodinamska nestabilnost s slabo prekrvavljenostjo, srčni zastoj, huda hipotenzija, pljučna embolija, hudi bronhospazem, pnevmotoraks idr.). Uporaba ultrazvoka za potrditev pravilne lege dihalne cevke je v klinični praksi čedalje bolj priljubljena. Je neinvazivna, prenosna in v realnem času omogoča diagnostiko s hitrimi in točnimi rezultati. Zelo dobro se izkaže v primerih, kjer je kapnometrija nezanesljiva (3, 4, 5). Uporaba kliničnih testov za potrditev pravilne lege dihalne cevke je del ustaljene klinične prakse. V večini primerov nam klinični testi potrdijo samo, da je dihalna cevka v dihalni poti in da se pljuča predihavajo, vendar pa lahko konica dihalne cevke leži nad ali pod karino in supraglotično ali celo faringealno. V primerih, ki so se zaradi nepravilne lege končali s smrтjo, velikokrat naletimo na ponavljanjajočo tematiko neodstranitve nepravilno vstavljenih dihalnih cevki zaradi navidezno prepričljivih kliničnih testov. Najdbe, kot so rosenje dihalne cevke, dviganje prsnega koša in obojestransko prisotni dihalni zvoki so velikokrat prisotne kljub napačno vstavljeni dihalni cevki, to je v požiralniku (4).

## KLINIČNI PREGLED

Od začetka uporabe dihalnih cevk je bil klinični pregled osnovna in glavna metoda za ocenjevanje pravilne lege. Direktna vizualizacija vstavitve dihalne cevke skozi glasilke v sapnik je bila prva metoda za potrditev pravilnega položaja. Danes se že priporoča rutinska uporaba videolaringoskopa, v kolikor to razmere dopuščajo, saj videolaringoskop poveča kot gledanja, omogoča vstavitev dihalne cevke v sapnik brez potrebe po izravnaji vseh osi (**8. poglavje**), zmanjša možnost vstavitve dihalne cevke v požiralnik in omogoči ogled postopka vstavitve dihalne cevke tudi drugim članom ekipe, ki lahko ocenijo pravilno vstavitev dihalne cevke ali izrazijo dvom o pravilni končni legi. Pri vsakem poskusu laringoskopije naj izvajalec posega na glas opiše pogled na anatomske strukture, ki si jih je uspel prikazati, še posebej v primeru, da uporaba videolaringoskopa ni na voljo (2, 6). Direktna vizualizacija z bronhoskopijo po vstavitev dihalne cevke z najdbo trahealnih obročev je naslednja najboljša metoda za ocenitev pravilne lege dihalne cevke.

Sekundarne metode za potrditev vstavitve dihalne cevke v sapnik so nujno potrebne. Nadaljujemo z avskultacijo prsnega koša in trebuha za ocenitev prehoda zraka v pljuča ob umetnem predihavanju. Prvo avskultiramo v področju epigastrija, da preverimo odsotnost dihalnih zvokov nad želodcem. Trebuhi, ki se povečuje, ali slišna inflacija zraka v želodcu sta lahko prva znaka lege dihalne cevke v požiralniku. Avskulatacio nadaljujemo s točkami, ki se nahajajo na prsnih steni, lateralno od prsnih bradavic. Avskultiramo obojestransko od zgoraj navzdol, kjer iščemo prisotnost in simetričnost dihalnih zvokov. Izogibamo se avskultaciji preko centralnega dela prsnega koša, kjer se lahko zvoki inflacije požiralnika ali želodca prenašajo preko prsne stene. Ti zvoki lahko posnemajo dihalne zvoke in vodijo k neuspešni prepoznavi vstavitve dihalne cevke v požiralnik. Anesteziologi so ob idealnih pogojih v operacijski dvorani z uporabo samo dihalnih zvokov napačno identificirali položaj dihalne cevke v 16 % primerov (7). Pri avskultaciji smo pozorni tudi na simetričnost dihalnih zvokov. Glede na anatomijo dihalne poti bo ob preglaboko vstavljeni dihalni cevki ta običajno zašla v desni glavni bronh. Priporočena globina vstavljenih dihalnih cevke je 21 cm (pri ženskah) in 23 cm (pri moških) – do višine sprednjih sekalcev. Konica dihalne cevke naj bi bila oddaljena 4 cm od karine oziroma proksimalni del mešička naj bi bil 1,5–2,5 cm od glasilka (8).

V primeru, da so dihalni zvoki močnejši na desni strani, mešiček izpihamo in postopoma izvlečemo dihalno cevko po 1 cm, dokler niso dihalni zvoki slišni simetrično in obojestransko. S tem se bomo izognili nezadostnemu predihavanju in nezadostni oksigenaciji, hkrati pa bomo vzdrževali nižje tlake v dihalni poti. Naslednji korak je ocena ustreznega simetričnega dvigovanja prsnega koša. Rosenje dihalne cevke je pogosto uporabljeno za oceno primerne vstavitve, kar se je izkazalo za nezanesljivo. Pojavlji se v 83 %, ko je ta vstavljen v požiralnik (9, 10, 11). Zadnji korak kliničnega pregleda po vstavitvi dihalne cevke je ocena ustreznosti oksigenacije preko barve kože in pulzne oksimetrije. Cianoza in trend upada nasičnosti arterijske krvi s kisikom so pozni znaki neustrezne vstavitve dihalne cevke (2).

## DETEKTORJI POŽIRALNIKA

Požiralnični manometri izkoriščajo strukturne spremembe med sapnikom in požiralnikom pri določanju pravilne lege dihalne cevke. Polkrožni sapnični hrustančni obroči omogočajo konstantno vzdrževanje odprte dihalne poti za prehod zraka. Cevast požiralnik, kateremu manjka struktorna podpora, kolabira in preprečuje gibanje zraka ob sukciji. Poznamo dva tipa požiralničnih detektorjev, ki izkoriščajo to lastnost, in sicer metoda z brizgo in z žogico. Metoda z brizgo temelji na postopnem in konstantnem vleku bata, medtem ko je konica pritrjena na proksimalni del dihalne cevke. Če je dihalna cevka v sapniku, bo vlek bata enostaven in brez upora. Volumen aspiriranega zraka naj bi bil višji od 30 mL v manj kot 4 sekundah. Ko je distalni del dihalne cevke vstavljen v požiralnik, se bo ob aspiraciji čuti upor. Stik med dihalno cevko in brizgo mora tesniti neprodušno, saj lahko v nasprotnem primeru pride do lažno-pozitivnih rezultatov.

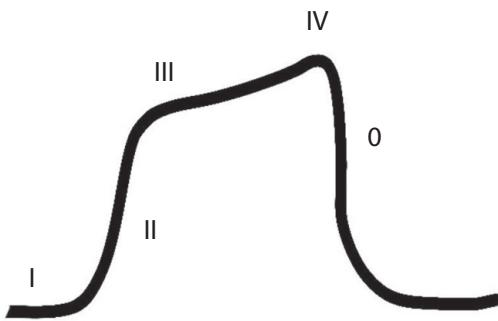
Na principu kolapsa požiralnika temelji tudi metoda z žogico. Iz gumijaste žogice iztisnemo ves zrak in jo stisnjeno pritrdimo na proksimalni del dihalne cevke. Ob tem pazimo, da stik dobro tesni. Nato sprostimo žogico, ki se bo v primeru, da je dihalna cevka v sapniku, enostavno in popolnoma napihnila. V primeru, da se žogica ne napolni popolnoma, lahko sklepamo, da je dihalna cevka najverjetneje v požiralniku. Opisani so številni primeri, v katerih so ti detektorji napačno identificirali nepravilno pozicionirano dihalno cevko. Najpogosteje se je to zgodilo po neustreznem predihavanju pacienta preko dihalnega balona in posledičnim napihom želodca ter požiralnika z zrakom. Prav tako je prišlo do neustrezone identifikacije neustrezeno vstavljeni dihalne cevke, ko je bila ta vstavljen tik nad glasilkami, saj v tem primeru ni zapore zračnega toka, zato se brizga oziroma žogica lahko enostavno napolni z zrakom. Nepravilna identifikacija položaja dihalne cevke se pojavi tudi, ko je ta vstavljeni v enega izmed bronhijev ali ko se konica dihalne cevke naslanja na steno sapnika, saj lahko zmotno verjamemo, da je v požiralniku. Ob prisotnosti obilnega in gostega sekreta ali tekočine v pljučih lahko ta moti pri aspiraciji preko brizge ali žogice. Pozornost je potrebna tudi pri pacientih s prekomerno težo, kjer lahko posteriorni, ne-hrustančni del sapnika kolabira v lumen in moti pretok zraka. Kljub številnim omejitvam teh naprav te vseeno predstavljajo hitro in poceni metodo za potrditev pravilne lege dihalne cevke, kar je še posebej pomembno pri hipotenziji, srčnem zastoju in pljučni emboliji, kjer je uporaba nekaterih drugih naprav omejena (2, 5).

## NAPRAVE ZA ZAZNAVO OGLJKOVEGA DIOKSIDA IN KAPNOGRAFIJO

ETCO<sub>2</sub> se za potrditev vstavitev dihalne cevke v sapnik uporablja že od leta 1985. Za zaznavanje CO<sub>2</sub> v izdihanem zraku je potrebno, da izdihan CO<sub>2</sub> potuje skozi dihalno cevko. Za zadostno tvorbo CO<sub>2</sub> in njegov prenos do pljučnega parenhima je potrebna zadostna cirkulacija. Detektor ETCO<sub>2</sub> se lahko uporablja bodisi kvalitativno kot enkratna točkovna kontrola z uporabo kolorimetričnega detektorja bodisi se monitorira kontinuirano preko kapnografije. Obe metodi se uporabljata kot detektor, ki je pritrjen med koncem dihalne cevke in napravo za dostavo kisika (dihalni balon ali cev za ventilator). Infrardeči senzor je preko kabla povezan z monitorjem, ki generira krivuljo, ki prikazuje koncentracijo ETCO<sub>2</sub>, kar omogoča kontinuirano oceno umetnega predihavanja, nastajanja CO<sub>2</sub> in v primeru srčnega zastopa tudi kvalitetno stisov prsnega koša (3).

Po vstavitvi dihalne cevke nam prisotnost krivulje s svojimi štirimi fazami (**Slika 1**) kaže, da je dihalna cevka med glasilkami in v sapniku. Normalna krivulja je prisotna tudi v primeru pregloboke vstavitve, in sicer v desni ali levem glavnem bronhu. Podobno, vendar lažno krivuljo lahko dobimo tudi takrat, ko se dihalna

cevka nahaja v hipofarinksu tik nad glasilkami, vendar bo čez čas ta krivulja postala popačena zaradi prostega premikanja konca dihalne cevke, kar kaže na nepravilnost lege. Ravna krivulja navadno kaže na vstavitev v požiralnik, čeprav se lahko popačena ali ravna krivulja redko pojavi tudi v drugih situacijah, in sicer pri zapori dihalne cevke, popolni zapori dihalnih poti distalno od dihalne cevke (npr. tujek ali hud bronhospazem), tehničnih težavah z monitorjem ali cevmi ter dlje časa trajajočem srčnem zastoju z difuzno celično smrtjo, kjer zaradi odsotnosti celičnega dihanja ni nastajanja  $\text{CO}_2$ . Ne glede na to je lahko štirifazni kapnogram prisoten po vstavitvi dihalne cevke v sapnik pri pacientih v srčnem zastoju, kar nam kaže na pravilno pozicionirano lego dihalne cevke. Če se ravna krivulja pojavi naknadno, je potrebno ponovno preveriti pravilnost lege dihalne cevke, saj se lahko med postopki oživljavanja premakne oziroma izpade iz sapnika (1, 3).

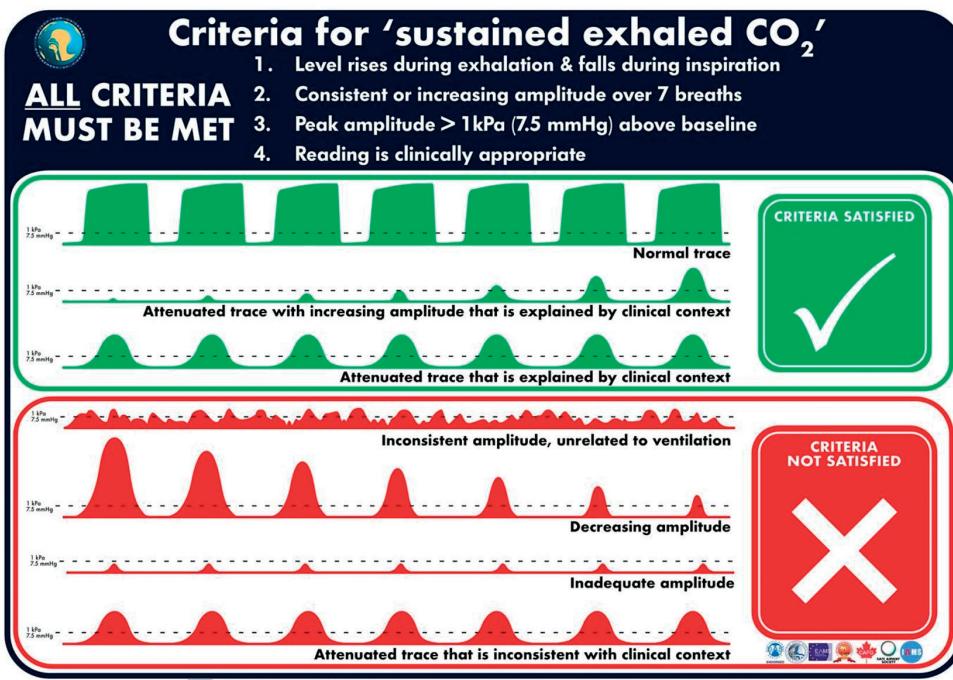


**Slika 1. Štiri faze kapnograma.**

- I – izhodišče,
- II – dvig ob pričetku izdiha,
- III – alveolarni plato,
- IV – spust ob vdihu.

(Povzeto po Capnography Waveform Interpretation, Chris Nickson, <https://litfl.com/capnography-waveform-interpretation/>, dostopeno 16.8.2023) (12).

Po vstavitvi dihalne cevke je za potrditev pravilne lege potrebno trajno vzdrževanje  $\text{ETCO}_2$  (**Slika 2**). Vstavitev dihalne cevke v požiralnik je navadno povezana z odsotnostjo zaznave  $\text{ETCO}_2$ , kar je prikazano kot ravna črta na kapnogramu. Pri veliko primerih, ki so se končali s smrtnim izidom ali s hudimi posledicami za pacienta, pa je ob vstavitvi dihalne cevke prisotna zmeda glede zmanjševanja velikosti krivulje ali njenе neustrezne oblike. Za potrditev trajnega vzdrževanja  $\text{ETCO}_2$  morajo biti na kapnogramu izpolnjeni vsi naslednji pogoji: amplituda se dvigne med izdihom in pada med vdihom, prisotna je stalna ali rastuča amplituda v zadnjih sedmih vdihih, najvišja amplituda je 1 kPa (oziora 7,5 mmHg) nad izhodiščem ter meritev je smiselna glede na klinični potek. Nezmožnost izpolnjevanja teh kriterijev ne izključuje vstavitev dihalne cevke v sapnik, ampak nakazuje na nesprejemljivo visoko tveganje, da je dihalna cevka vstavljeni v požiralnik. Potrebna je aktivna izključitev nepravilne lege dihalne cevke (6).



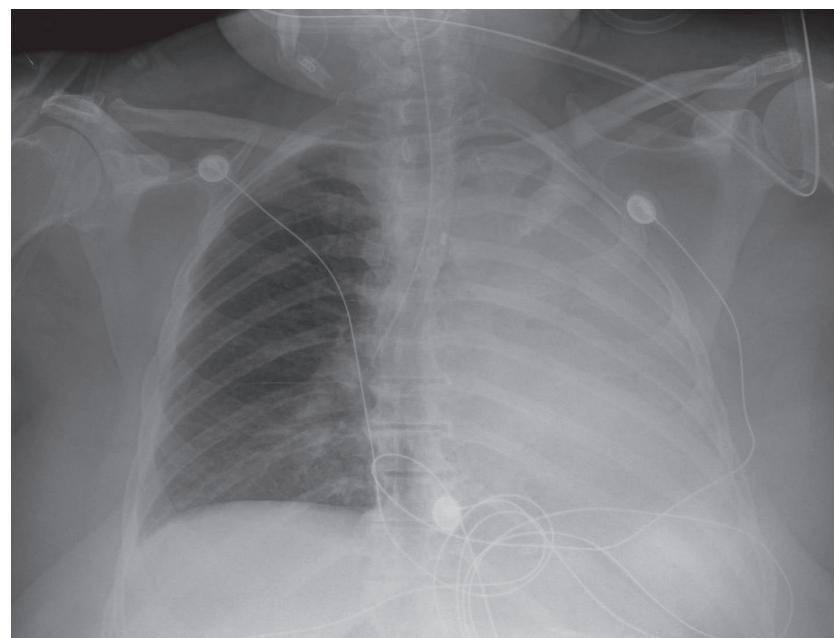
**Slika 2.**  
**Kriteriji za trajno vzdrževanje  $\text{ETCO}_2$  (6).**

Verjetnost delnega tlaka ETCO<sub>2</sub> pod 1 kPa (7,5 mmHg) je pri vstavitvi dihalne cevke v sapnik pri pacientu s spontanim krvnim obtokom nizka. Vrednost ETCO<sub>2</sub> je lahko med oživljjanjem z izvajanjem prsnih stisov nižja, vendar moramo ob vrednosti pod 1 kPa razmisliti o nepravilno vstavljeni dihalni cevki ali o zelo veliki možnosti slabega izhoda reanimacije. Prvi ukrep ob zaznavi amplitudo ETCO<sub>2</sub> pod 1 kPa mora biti ocena prisotnosti spontanega krvnega obtoka. V kolikor je ta odsoten, pričnemo z izvajanjem prsnih stisov. Če nizka vrednost vztraja kljub kvalitetnim prsnim stisom, se srčni zastoj ne smatra kot vzrok za neizpolnjevanje pogojev trajnega vzdrževanja ETCO<sub>2</sub>, prav tako ne razloži ravne črte na kapnogramu. Potrebna je izključitev vstavitve dihalne cevke v požiralnik. Hud bronhospazem je v anekdotah večkrat naveden kot vzrok odstotnosti ETCO<sub>2</sub> in je pogosto obravnavan kot verjeten razlog v primerih neprepozname vstavitve dihalne cevke v požiralnik. Ob uporabi ustreznih delovnih tlakov v dihalni poti, ob zagotavljanju podaljšanega časa izdiha in ob poglobitvi anestezije je zelo malo verjetno, da je bronhospazem razlog za odsotnost ETCO<sub>2</sub> in je zato potrebna izključitev vstavitve dihalne cevke v požiralnik (6).

Natančnost ETCO<sub>2</sub> za potrditev lege dihalne cevke v sapniku varira glede na uporabljeno tehnologijo. Za paciente, ki niso v srčnem zastaju, so raziskave za kvalitativni kolorimetični ETCO<sub>2</sub> pokazale 100 % senzitivnost in 100 % specifičnost za vstavitev dihalne cevke v sapnik. Pri srčnem zastaju se senzitivnost za potrjevanje vstavitve dihalne cevke v sapnik z ETCO<sub>2</sub> giblje med 62–100 %, odvisno od uporabljene metode in glede na čas trajanja srčnega zastopa (11). V celoti je kapnografija zelo natančna pri določanju lokacije dihalne cevke, zato je njena uporaba priporočena pri vseh pacientih, ki imajo vstavljeni dihalni cevki. Zaradi majhnega števila pacientov v srčnem zastaju z vstavljenimi dihalnimi cevkami v požiralnik je moč raziskav, ki preučujejo natančnost kapnografije pri določanju pravilne lege dihalne cevke med oživljjanjem, omejena. Resnična specifičnost kapnografije pri zaznavanju vstavitve dihalne cevke v požiralnik ni zanesljiva (11, 13).

### RENTGENSKI POSNETEK PRSNEGA KOŠA

Glavna uporabnost rentgenograma prsnega koša pri potrditvi vstavitve dihalne cevke v sapnik je njegova zmožnost prikaza, ali je dihalna cevka vstavljena pregloboko. Pozicioniranje konice dihalne cevke približno 3–4 cm nad karino lahko prepreči nekatere zaplete, povezane s položajem dihalne cevke v desnem ali levem glavnem bronhiju (**Slika 3**). Po vstavitvi dihalne cevke lahko tudi pomaga pri identifikaciji nekaterih zapletov oskrbe dihalne poti med katere uvrščamo aspiracijo, poškodbo sapnika, pneumomediastinum ali pnevmotoraks. Ne pomaga nam pa pri razlikovanju med pravilno vstavljeni dihalno cevko v sapnik in napačno vstavljeni cevko v požiralnik. Čas, ki je navadno potreben za pridobitev rentgenske slike, pacienta izpostavlja nepotrebnemu dodatnemu tveganju (2).



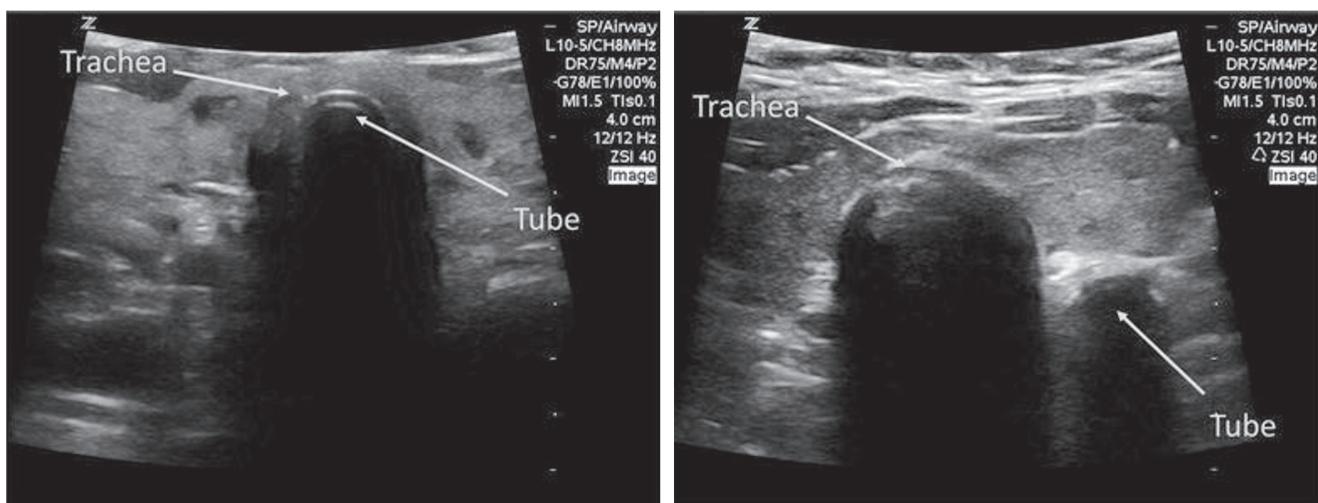
**Slika 3. Rentgenogram prsnega koša z dihalno cevko v desnem glavnem bronhiju.**

(Right main bronchial intubation, Stefan Tigges, Radiopaedia.org, rID: 97865. Objavljeno pod pogoji licence CC 4.0, dostopano 16.8.2023) (14).

## ULTRAZVOK

Ultrazvok se lahko uporablja sočasno ali takoj po vstavitevi dihalne cevke. Vstavitev dihalne cevke v požiralnik lahko zaznamo že pred začetkom predihavanja, s čemer preprečimo nepotrebno napihovanje želodca in s tem povezanih zapletov. Ultrazvočni znaki plevralnega polzenja lahko z obojestransko primerjavo dodatno izključijo nenamerno enostransko predihavanje pljuč zaradi pregloboke lege dihalne cevke. Ultrazvok ima odlično specifičnost za prepoznavo vstavitve dihalne cevke v požiralnik, dobro se izkaže pri stanjih, kjer je kapnografija dvoumna ozziroma nejasna. Za ultrazvočno potrditev pravilne lege dihalne cevke sta v literaturi najpogosteje opisani dve metodi. Direktna vizualizacija dihalne cevke med njeno vstavitevijo in drsenje plevre (viscero-parietalni plevralni stik) (1, 2, 3, 15).

Za ta namen se uporablja linearna sonda, ki se postavi horizontalno na nivoju suprasternalne zareze. Ob pravilno vstavljeni dihalni cevki v sapnik bo na ultrazvočni sliki vidna črna okroglia anehogena struktura, iz katere (zaradi prisotnosti zraka) seva anehogena senca. V primeru vstavitve dihalne cevke v požiralnik, se bo sapnik prikazal podobno kot v primeru vstavitve dihalne cevke v sapnik, le da bo levo od sapnika viden še požiralnik s posteriorno senco zaradi vstavljeni dihalne cevke. Za ultrazvok prsne stene z oceno drsenja plevre je potrebno predihavanje pacienta. Sonda se postavi vertikalno na anteriorno-superiorni del prsne stene med drugim in tretjim rebrrom v medioklavikularni liniji. Premikanje hiperehogenega stika med obema listoma plevre bo vidno med vsakim vdihom, pomembno pa se je zavedati, da drsenja ne bo v primeru izključitve pljučnega krila (vstavitev dihalne cevke v enega od glavnih bronhijev), v primeru pnevmotoraksa (tu je pomembna določitev pljučne točke) ali v primeru plevrodeze (drsenja ne bo kljub pravilni vstaviti dihalne cevke) (15, 16).



**Slika 4. Ultrazvočna slika pravilne vstavitve dihalne cevke v sapnik in nepravilne vstavitve z uporabo linearne sonde v prečni legi na nivoju susprasternalne zareze.**

Leva slika prikazuje vstavitev dihalne cevke v sapnik, kjer je vidna ehogena polkrožna cev znotraj svetline sapnika. Na desni sliki je vidna vstavitev dihalne cevke v požiralnik, kjer je možno videti prisotnost dvojnega polkrožnega lumna z akustično senco, ki se pojavi zunaj za ozziroma pod vstavljeni dihalno cevko.

V tem primeru sta vidni dve akustični senci: sapnika in požiralnika, ki se nahaja levo od sapnika.

(Ultrasound images of endotracheal and esophageal intubations, Jordan Chenkin, <https://rdcu.be/djJhl>. Objavljeno pod pogoji licence CC 4.0.) (17).

Potrditev pravilne lege dihalne cevke z ultrazvokom predstavlja uporabno dodatno metodo pri pacientih s prekomerno telesno težo, kjer je pravilna vstavitev in potrditev lege dihalne cevke praviloma težja. Pri pacientih s prekomerno telesno težo dihalni zvoki pogosto niso prepričljivi ali zavajajo, saj zvok potuje skozi znatno debelejša tkiva, ki predstavljajo oviro. Prav tako so pri teh pacientih zaradi povišanega znotrajtrebušnega tlaka dihalni volumni navadno nižji, kar naredi dihalne zvoke šibkejše. Ultrazvok sapnika ima pri pacientih s prekomerno telesno težo visoko senzitivnost in specifičnost za potrditev vstavitev dihalne cevke v sapnik (18).

## ZAKLJUČEK

Klinične najdbe, kot so rosenje dihalne cevke, dvigovanje prsnega koša in obojestransko prisotni dihalni zvoki, so velikokrat prisotne kljub napačno vstavljeni dihalni cevki (v požiralnik), zato vedno razmislimo o uporabi sekundarnih metod za preverjanje pravilne lege. O uporabi detektorjev požiralnika razmišljamo, ko druge, bolj zanesljive metode niso na voljo. Kapnografija ostaja zlati standard potrditve vstavitve dihalne cevke v požiralnik, vendar se moramo zavedati njenih omejitev. Ultrazvok se lahko uporablja sočasno ali takoj po izvedbi vstavitve dihalne cevke. Tako lahko napačno vstavitev dihalne cevke v požiralnik zaznamo že pred začetkom predihavanja, s čemer preprečimo nepotrebno napihovanje želodca in s tem povezanih zapletov. Ultrazvočni prikaz plevralnega polzenja lahko z obojestransko primerjavo dodatno izključi nenamerno enostransko predihavanje pljuč in pregloboko lego dihalne cevke. Ultrazvok ima odlično specifičnost za prepoznavo vstavitve dihalne cevke v požiralnik, dobro se izkaže pri stanjih, kjer je kapnografija dvoumna oziroma nejasna.

## VIRI

---

1. Silvestri S, Ralls GA, Krauss B, Thundiyil J, Rothrock SG, Senn A, Carter E, Falk J. The effectiveness of out-of-hospital use of continuous end-tidal carbon dioxide monitoring on the rate of unrecognized misplaced intubation within a regional emergency medical services system. *Ann Emerg Med.* 2005;45(5):497–503.
2. Reichman EF. Emergency medicine procedures, 2e. McGraw Hill; 2013:76–80.
3. Chou EH, Dickman E, Tsou PY, Tessaro M, Tsai YM, Ma MH, Lee CC, Marshall J. Ultrasonography for confirmation of endotracheal tube placement: a systematic review and meta-analysis. *Resuscitation.* 2015;90:97–103.
4. Hansel J, Law JA, Chrimes N, Higgs A, Cook TM. Clinical tests for confirming tracheal intubation or excluding oesophageal intubation: a diagnostic test accuracy systematic review and meta-analysis. *Anaesthesia.* 2023;78(8):1020–1030.
5. DeBoer S, Seaver M, Arndt K. Verification of endotracheal tube placement: a comparison of confirmation techniques and devices. *J Emerg Nurs.* 2003;29(5):444–50.
6. Chrimes N, Higgs A, Hagberg CA, Baker PA, Cooper RM, Greif R, Kovacs G, Law JA, Marshall SD, Myatra SN, O'Sullivan EP, Rosenblatt WH, Ross CH, Sakles JC, Sorbello M, Cook TM. Preventing unrecognised oesophageal intubation: a consensus guideline from the Project for Universal Management of Airways and international airway societies. *Anaesthesia.* 2022;77(12):1395–1415.
7. Birmingham PK, Cheney FW, Ward RJ. Esophageal intubation: a review of detection techniques. *Anesth Analg.* 1986;65(8):886–91.
8. Varshney M, Sharma K, Kumar R, Varshney PG. Appropriate depth of placement of oral endotracheal tube and its possible determinants in Indian adult patients. *Indian J Anaesth.* 2011;55(5):488–93.
9. Kelly JJ, Eynon CA, Kaplan JL, de Garavilla L, Dalsey WC. Use of tube condensation as an indicator of endotracheal tube placement. *Ann Emerg Med.* 1998;31(5):575–8.
10. Pollard BJ, Junius F. Accidental intubation of the oesophagus. *Anaesth Intensive Care.* 1980;8(2):183–6.
11. Bhende MS, Thompson AE. Evaluation of an end-tidal CO<sub>2</sub> detector during pediatric cardiopulmonary resuscitation. *Pediatrics.* 1995;95(3):395–9.
12. Slika 1: Štiri faze kapnograma. Povzeto po: Capnography Waveform Interpretation, Chris Nickson, <https://litfl.com/capnography-waveform-interpretation/>, dostopano 16.8.2023.
13. Bozeman WP, Hexter D, Liang HK, Kelen GD. Esophageal detector device versus detection of end-tidal carbon dioxide level in emergency intubation. *Ann Emerg Med.* 1996;27(5):595–9.
14. Slika 3: Rentgenogram prsnega koša z dihalno cevko v desnem glavnem bronhiju. Right main bronchial intubation, Stefan Tigges, Radiopaedia.org, rID: 97865. Objavljeno pod pogoj licence CC 4.0., dostopano 16.8.2023.
15. Sethi AK, Salhotra R, Chandra M, Mohta M, Bhatt S, Kayina CA. Confirmation of placement of endotracheal tube - A comparative observational pilot study of three ultrasound methods. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol.* 2019;35(3):353–358.
16. Sahu AK, Bhoi S, Aggarwal P, Mathew R, Nayer J, T AV, Mishra PR, Sinha TP. Endotracheal Tube Placement Confirmation by Ultrasonography: A Systematic Review and Meta-Analysis of more than 2500 Patients. *J Emerg Med.* 2020;59(2):254–264.
17. Slika 4. Ultrazvočna slika pravilne vstavitve dihalne cevke v sapnik in nepravilne vstavitve z uporabo linearne sonde v prečni legi na nivoju susprasternalne zareze. Ultrasound images of endotracheal and esophageal intubations, Jordan Chenkin, <https://rdcu.be/djJhl>. Objavljeno pod pogoj licence CC 4.0., dostopano 16.8.2023.
18. Men XQ, Yan XX. Tracheal Ultrasound for the Accurate Confirmation of the Endotracheal Tube Position in Obese Patients. *J Ultrasound Med.* 2020;39(3):509–513.

