

Primjena mehaničke ventilacije u procesu zdravstvene njege

Petrić, Martin

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:416929>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

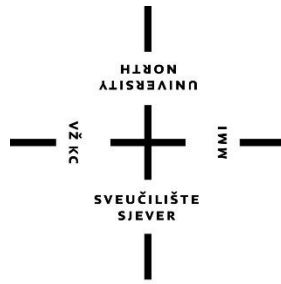
Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-04**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





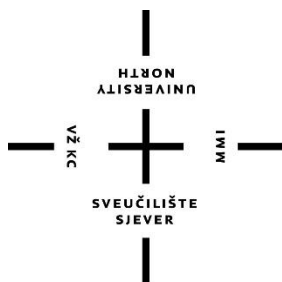
Sveučilište Sjever

Završni rad br. 1780/SS/2024

Primjena mehaničke ventilacije u procesu zdravstvene njege

Martin Petrić, 0336048010

Varaždin, svibanj 2024. godine



Sveučilište Sjever

Odjel za sestrinstvo

Završni rad br. 1780/SS/2024

Primjena mehaničke ventilacije u procesu zdravstvene njege

Student

Martin Petrić, 0336048010

Mentor

dr. sc. Melita Sajko

Varaždin, svibanj 2024. godine

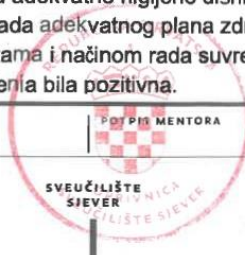
Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

| | | | |
|-----------------------------|--|---------|------------------------------|
| ODJEL | Odjel za sestrinstvo | | |
| STUDIJ | preddiplomski stručni studij Sestrinstva | | |
| PRISTUPNIK | Martin Petrić | JMBAG | 0336048010 |
| DATUM | 12.01.2024 | KOLEGIJ | Zdravstvena njega odraslih I |
| NASLOV RADA | Primjena mehaničke ventilacije u procesu zdravstvene njege | | |
| NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU | Implementation of mechanical ventilation in nursing process | | |
| MENTOR | dr.sc. Melita Sajko | ZVANJE | viši predavač |
| ČLANOVI POVJERENSTVA | 1. Nikola Bradić, dr. med., v.pred., predsjednik 2. dr.sc. Melita Sajko, v.pred., mentorica 3. Zoran Žeželj, mag.med.techn., pred., član povjerenstva 4. Ivana Herak, mag.med.techn., pred., zamjenski član 5. | | |

Zadatak završnog rada

| | |
|----------------|--|
| BROJ | 1780/SS/2024 |
| OPIS | <p>Mehanička ventilacija predstavlja ključni segment suvremene medicinske prakse koja se osobito ističe u intenzivnoj njezi i anestezilogiji. Ovaj postupak podrazumijeva upotrebu uređaja koji potpuno ili djelomično zamjenjuju spontano disanje pacijenata koji su kritično bolesni ili onih koji su podvrgnuti nekoj vrsti kirurškog zahvata. Uvođenje mehaničke ventilacijske potpore započinje procjenom respiratornog statusa pacijenta. Neke od najčešćih indikacija za uvođenje mehaničke ventilacije podrazumijevaju akutnu respiratornu insuficijenciju, respiratorni zastoj, periferni kolaps i metaboličke poremećaje koji nepovoljno utječu na adekvatnu koncentraciju plinova u krvi. Tehnologija suvremenih respiratora pruža podršku disanju invazivnim odnosno neinvazivnim putem regulirajući volumen i pritisak zraka koji ulazi u pluća uz adekvatnu brzinu i omjer respiracija. Njega pacijenata na mehaničkoj ventilaciji zahtjeva stalno praćenje i prilagodbu postavki ventilatora prema kliničkim pokazateljima kako bi ishod skrbi i liječenja bio uspješan. Pozitivan ishod uvelike ovisi o kvalitetno izrađenom i provedenom procesu zdravstvene njege te interdisciplinarnoj suradnji gdje medicinske sestre imaju veliku ulogu u praćenju vitalnih parametara, osiguravanju adekvatne higijene dišnih puteva i sprečavanju komplikacija povezanih s mehaničkom ventilacijom. Izrada adekvatnog plana zdravstvene njege zahtjeva educirane medicinske sestre koje su upoznate s vrstama i načinom rada suvremenih sustava za mehaničku ventilaciju kako bi evaluacija na kraju liječenja bila pozitivna.</p> |
| ZADATAK URUČEN | 12.01.2024 |



Predgovor

Dok stojim na pragu završetka ovog važnog poglavlja u mom životu osvrćem se na putovanje koje bi bilo nezamislivo bez potpore onih koji su mi najdraži. Ovim putem se želim zahvaliti svojoj obitelji na podršci tijekom školovanja. Veliko priznanje dajem i svojim prijateljima koji su bili izvor sreće i bijeg od stresa u napornim vremenima. Također zahvaljujem svim svojim radnim kolegama koji su bili tu za mene kada mi je to bilo potrebno.

Hvala svim predavačima i profesorima Sveučilišta Sjever na kvalitetnoj edukaciji i prenesenom znanju, a posebnu zahvalu dugujem mentorici Meliti Sajko.

Ovaj rad je plod mnogih žrtava, izazova i uspjeha, a ovu etapu završavam s ponosom i zahvalnošću te se radujem budućim izazovima i prilikama uvijek noseći sa sobom lekcije koje sam naučio.

Sažetak

Mehanička ventilacija predstavlja ključni segment suvremene medicinske prakse koja se osobito ističe u intenzivnoj njezi i anesteziologiji. Ovaj postupak podrazumijeva upotrebu uređaja koji potpuno ili djelomično zamjenjuju spontano disanje pacijenata koji su kritično bolesni ili onih koji su podvrgnuti nekoj vrsti kirurškog zahvata. Uvođenje mehaničke ventilacijske potpore započinje procjenom respiratornog statusa pacijenta. Neke od najčešćih indikacija za uvođenje mehaničke ventilacije podrazumijevaju akutnu respiratornu insuficijenciju, respiratorni zastoj, periferni kolaps i metaboličke poremećaje koji nepovoljno utječu na adekvatnu koncentraciju plinova u krvi. Tehnologija suvremenih respiratora pruža podršku disanju invazivnim odnosno neinvazivnim putem regulirajući volumen i pritisak zraka koji ulazi u pluća uz adekvatnu brzinu i omjer respiracija. Njega pacijenata na mehaničkoj ventilaciji zahtjeva stalno praćenje i prilagodbu postavki ventilatora prema kliničkim pokazateljima kako bi ishod skrbi i liječenja bio uspješan. Pozitivan ishod uvelike ovisi o kvalitetno izrađenom i provedenom procesu zdravstvene njege te interdisciplinarnoj suradnji gdje medicinske sestre imaju veliku ulogu u praćenju vitalnih parametara, osiguravanju adekvatne higijene dišnih puteva i sprečavanju komplikacija povezanih s mehaničkom ventilacijom. Izrada adekvatnog plana zdravstvene njege zahtjeva educirane medicinske sestre koje su upoznate s vrstama i načinom rada suvremenih sustava za mehaničku ventilaciju kako bi evaluacija na kraju liječenja bila pozitivna.

KLJUČNE RIJEČI: mehanička ventilacija, disanje, održavanje disanja, oksigenoterapija

Summary

Mechanical ventilation represents a crucial segment of modern medical practice, particularly notable in intensive care and anesthesiology. This procedure involves the use of devices that fully or partially replace spontaneous breathing in patients who are critically ill or undergoing some type of surgical procedure. The initiation of mechanical ventilation support begins with the assessment of the patient's respiratory status. Some of the most common indications for initiating mechanical ventilation include acute respiratory failure, respiratory arrest, peripheral collapse, and metabolic disorders that adversely affect the adequate concentration of gases in the blood. The technology of modern ventilators provides breathing support through invasive or non-invasive methods, regulating the volume and pressure of air entering the lungs with appropriate speed and respiratory ratio. Patient care on mechanical ventilation requires continuous monitoring and adjustment of ventilator settings according to clinical indicators to ensure successful care and treatment outcomes. A positive outcome greatly depends on a well-crafted and executed healthcare process and interdisciplinary collaboration, where nurses play a significant role in monitoring vital parameters, ensuring adequate airway hygiene, and preventing complications associated with mechanical ventilation. Developing an adequate healthcare plan requires educated nurses who are familiar with the types and functioning of modern mechanical ventilation systems to ensure a positive evaluation at the end of treatment.

KEYWORDS: mechanical ventilation, breathing, respiratory maintenance, oxygen therapy, advanced life support

Popis korištenih kratica

ARDS akutni respiratorni distres sindrom

v/q ventiliacijsko perfuzijski omjer

V_T Volumen udaha

Peep pozitivni tlak na kraju ekspirija

CPAP kontinuirani pozitivni tlak u dišnim putovima

PaO₂ parcijalni tlak kisika

DO₂ volumen kisika isporučen tkivima od strane lijeve klijetke u minuti

VO₂ volumen kisika potrošen od strane tkiva svake minute.

SVO₂ omjer između isporuke kisika pacijentu i potrošnje kisika

PaO₂ Parcijalni tlak arterijskog kisika

SaO₂ Saturacija kisikom arterijske krvi

SpO₂ Saturacija krvi kisikom

FiO₂ udio kisika

KOPB kronična opstruktivna bolest pluća

RR respiratorna frekvencija

PIP Peak inspiratory pressure

MAP srednji tlak u dišnom putu

SIMV sinkronizirana intermitentna mehanička ventilacija

I:E omjer inspirija i ekspirija

CMV volumno asistirani kontrolni mod (Volume Assist-Control Mode)

IMV intermitentna obvezna ventilacija (Intermittent Mandatory Ventilation)

PSV ventilacija s podrškom tlaka (Pressure-Support Ventilation)

BiPAP bilevel positive pressure ventilation

IPAP inspiratorni pritisak

EPAP ekspiratorni pritisak

APRV Ventilacija s oslobađanjem tlaka u dišnim putovima (Airway Pressure Release Ventilation)

IMPRV intermitentna obvezna ventilacija s oslobađanjem tlaka u dišnim putovima

PCV ventilacija pod kontrolom tlaka (Pressure Controlled ventilation)

PAV proporcionalno asistirana ventilacija (Proportional Assist Ventilation)

f/VT omjer frekvencije i volumena udaha

RSBI Indeks brzog i plitkog disanja

SBT test spontanog disanja

VAP pneumonija izazvana mehaničkom ventilacijom

EKG elektrokardiogram

EtCO₂ kapnografija

PiCCO pulse index continuous cardiac output

Sadržaj

| | | |
|--------|--|----|
| 1. | Uvod | 1 |
| 2. | Povijest mehaničke ventilacije | 2 |
| 2.1. | Ventilacija s negativnim tlakom | 2 |
| 2.2. | Ventilacija s pozitivnim tlakom | 5 |
| 3. | Anatomija dišnog sustava | 7 |
| 3.1. | Nos | 7 |
| 3.2. | Ždrijelo | 8 |
| 3.3. | Grkljan | 8 |
| 3.4. | Dušnik | 8 |
| 3.5. | Pluća | 9 |
| 4. | Proces oksigenacije tkiva | 10 |
| 4.1. | Fiziologija ventilacije i neuroanatomija dišnog sustava | 11 |
| 4.2. | Perfuzija | 12 |
| 4.3. | Difuzija i izmjena plinova | 13 |
| 5. | Terminologija u području oksigenoterapije | 15 |
| 6. | Metode za nadoknadu kisika | 17 |
| 7. | Mehanička ventilacija | 20 |
| 7.1. | Indikacije za mehaničku ventilaciju | 20 |
| 7.2. | Terminologija mehaničke ventilacije | 20 |
| 7.3. | Načini rada mehaničke ventilacije | 22 |
| 7.3.1. | Volumno asistirani kontrolni mod (Volume Assist-Control Mode - CMV) | 22 |
| 7.3.2. | Intermitentna obvezna ventilacija (Intermittent Mandatory Ventilation – IMV) | 24 |
| 7.3.3. | Ventilacija s podrškom tlaka (Pressure–Support Ventilation - PSV) | 26 |
| 7.3.4. | Kontinuirani pozitivni tlak u dišnim putovima (Continuous Positive Airway Pressure – CPAP) | 28 |
| 7.3.5. | Bilevel positive pressure ventilation (BiPAP) | 30 |

| | |
|--|----|
| 7.3.6. Ventilacija s oslobađanjem tlaka u dišnim putovima (Airway Pressure Release Ventilation – APRV) | 30 |
| 7.3.7. Ventilacija pod kontrolom tlaka (Pressure Controlled ventilation – PCV) | 31 |
| 7.3.8. Proporcionalno asistirana ventilacija (Proportional Assist Ventilation - PAV).. | 32 |
| 7.4. Odvajanje od mehaničke ventilacije | 33 |
| 7.5. Komplikacije mehaničke ventilacije..... | 34 |
| 8. Zdravstvena njega pacijenta na mehaničkoj ventilaciji | 37 |
| 8.1. Procjena medicinske sestre | 39 |
| 8.2. Sestrinski problemi | 42 |
| 9. Prikaz slučaja | 45 |
| 10. Zaključak | 51 |
| 11. Literatura | 52 |

1. Uvod

U proteklom stoljeću svjedočimo nevjerojatnom napretku tehnologije koja se brzo razvija kako bi pratila nove znanstvene spoznaje i omogućila njihovu primjenu s ciljem poboljšanja kvalitete ljudskog života. Ono što je nekad bilo samo teoretski koncept danas postaje stvarnost. Osim širokog spektra farmaceutskih tretmana postoje razni uređaji koji ne samo podržavaju oslabljene organe, već ih ponekad mogu i zamijeniti u potpunosti [1].

Primjer takvog dostignuća je mehanička ventilacija i ventilator koji su nezamjenjivi u mnogim medicinskim postupcima i granama medicine. Mehanička ventilacija ima značajnu ulogu u modernoj zdravstvenoj njezi. Primjena se proširila na različite bolničke odjele, uključujući intenzivnu njegu, operacijske sale, traumatologiju, neurologiju i respiratorne odjele. Osim toga, sve češće se koristi i u vanbolničkim uvjetima u kućnoj njezi i u domovima za starije osobe. Uvođenje mehaničke ventilacije u proces zdravstvene njege donijelo je mnoštvo benefita. Pacijentima s akutnim i kroničnim respiratornim poremećajima omogućuje adekvatnu ventilaciju i oksigenaciju što poboljšava njihovu vitalnu prognozu i kvalitetu života. Također, pomaže u stabilizaciji hemodinamskih parametara i sprječavanju hipoksije organa. Uz brojne prednosti koje mehanička ventilacija pruža u liječenju pacijenata s respiratornim poteškoćama neizbježno je istaknuti i prisutnost određenih rizika i mogućih komplikacija. Ove komplikacije mogu varirati u ozbiljnosti i uključivati pneumoniju, barotraumu, pneumotoraks te infekcije dišnih putova [2].

Medicinske sestre igraju ključnu ulogu u svim fazama ovog procesa. Njihovo znanje, vještine i pažnja pružaju vitalnu podršku pacijentima tijekom mehaničke ventilacije. Njihova briga osigurava sigurnost i udobnost pacijenata, prateći ih kroz svaki korak, od pripreme do postupka i oporavka. U složenim medicinskim intervencijama važnost suradnje u timu je izuzetno velika, a medicinske sestre imaju ključnu ulogu u osiguranju stalne brige i praćenja pacijenata. Njihova posvećenost i stručnost su esencijalni za postizanje visokih standarda u medicinskoj praksi što direktno doprinosi unaprjeđenju ljudskog zdravlja i kvalitete života.

2. Povijest mehaničke ventilacije

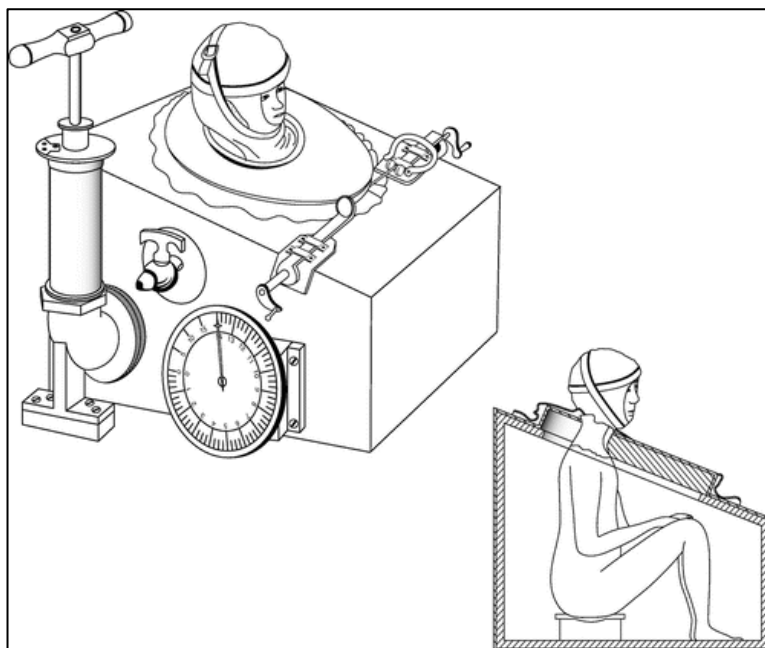
Galen, poznati grčki liječnik i znanstvenik koji je živio u drugom stoljeću imao je važnu ulogu u uvođenju anatomije u razumijevanje bolesti. Iako je napravio veliki napredak njegove disekcije su bile ograničene na životinje te je pretpostavljao da su organi ljudi i životinja identični. Proučavao je i disanje te je podučavao da je disanje potrebno za održavanje cirkulacije. Tijekom sljedećih 1500 godina nije bilo bitnih napredaka u razumijevanju ventilacije [3].

Andreas Vesalius promijenio je sve to sredinom 16. stoljeća. Rođen u Bruxellesu, postao je profesor anatomije u Padovi već sa 23 godine. Zbog disekcije ljudskih leševa naišao je na bijes crkve, a mnoge njegove spoznaje su se suprotstavljale Galenovom učenju. Godine 1543. objavio je traktat o anatomiji nazvan "De Humani Corporis Fabrica" u kojem se vjerojatno prvi put spominje pozitivni pritisak ventilacije kakvog poznajemo danas. To u osnovi opisuje postupak koji danas provodimo u postupku mehaničke ventilacije. Unatoč dramatičnoj demonstraciji moći mehaničke ventilacije taj je postupak bio zaboravljen stoljeće, a nije se uključio u opću medicinsku praksu nekoliko stoljeća [3].

Robert Hook bio je prirodni filozof i briljantni znanstvenik koji je 1667. godine izveo eksperiment kako bi ispitalo Galenovu hipotezu da je kretanje pluća potrebno za cirkulaciju. Važno je razumjeti da liječnicima još uvijek nije bilo jasno zašto ljudi dišu i zašto dolazi do gubitka pulsa. Godine 1774. Joseph Priestly i Wilhelm Scheele neovisno su otkrili kisik, a zatim je Lavoisier otkrio njegovu važnost u disanju, odgovarajući tako na pitanje koje je postavio Hook prije stoljeća o pravoj upotrebi disanja [3].

2.1. Ventilacija s negativnim tlakom

U kasnom 19. stoljeću razvijeni su ventilatori koji su se uglavnom oslanjali na prihvaćene fiziološke principe. Koristili su subatmosferski tlak oko tijela pacijenta kako bi zamijenili ili pomogli radu dišnih mišića. Alfred Jones 1864. godine izumio je jedan od prvih takvih uređaja, nazvan "kutija", koja je potpuno zatvarala tijelo pacijenta od vrata prema dolje. Uređaj je imao klip koji je regulirao tlak u kutiji, uzrokujući udisanje ili izdisanje, a prikazan je na Slici 2.1.1. Jones je tvrdio da je njegov ventilator bio učinkovit u liječenju različitih bolesti poput paralize, neuralgije, astme i drugih [3].



Slika 2.1.1 „Kutija“ – ventilacija s negativnim tlakom,

Izvor: <https://www.atsjournals.org/doi/full/10.1164/rccm.201503-0421pp>

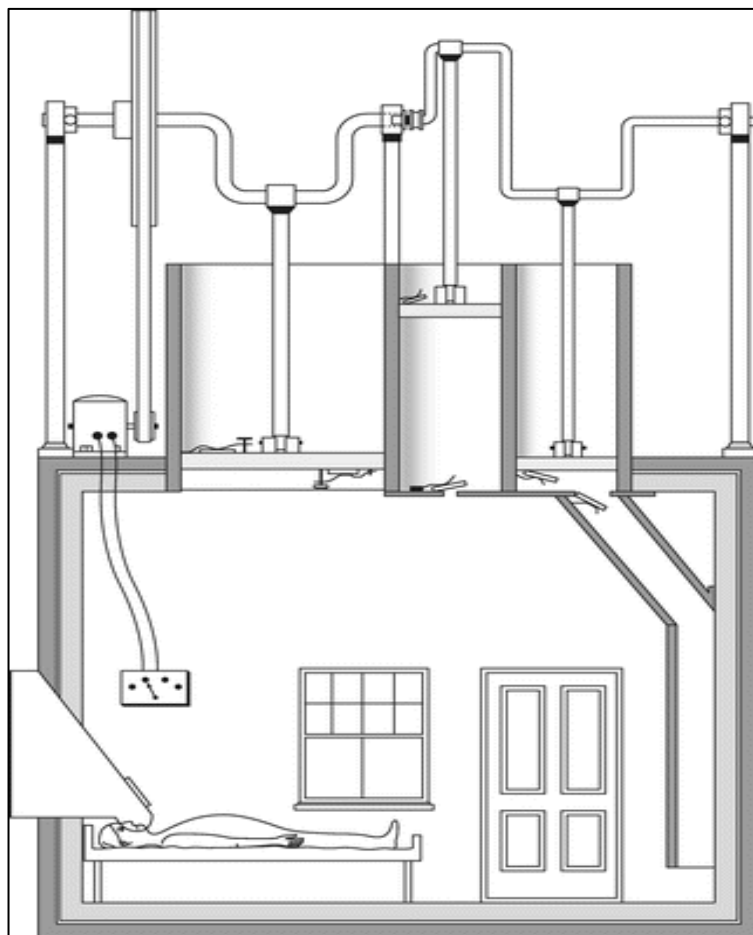
Godine 1876. Alfred Woillez izgradio je prva funkcionalna željezna pluća nazvana Spirofor, a prikazana su na Slici 2.1.2. Predloženo je da se ovi ventilatori postave duž rijeke Seine kako bi se pomoglo žrtvama utapanja. Spirofor je imao metalnu šipku koja je počivala na prsima, a kretanje te šipke korišteno je kao pokazatelj volumena pluća. Prva široko korištena željezna pluća razvijena su u Bostonu 1929. godine od strane Drinker i Shaw te su se koristila za liječenje pacijenata s dječjom paralizom. Jedan od problema s tim uređajima je to što je teško njegovati pacijente jer je bilo teško pristupiti pacijentovom tijelu [3].



Slika 2.1.2 Željezna pluća,

Izvor: <https://www.tportal.hr/tehnolo/clanak/znete-li-sto-su-zeljezna-pluca-da-nije-njih-ne-bi-bilo-ni-respiratora-20240324>

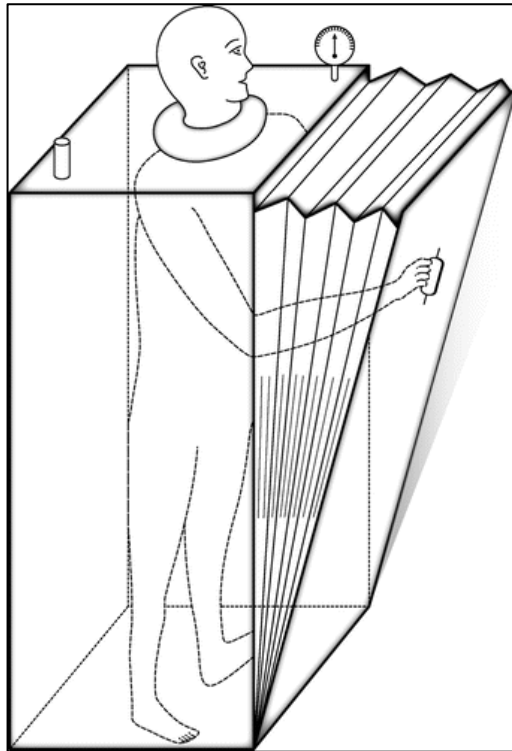
Kako bi riješio ovaj problem, Peter Lord patentirao je respirator u kojem je pacijent ležao s glavom izvan prostorije. Unutra su ogromni klipovi stvarali promjene tlaka što je uzrokovalo kretanje zraka u i iz pluća. Prostorija za respirator imala je vrata kako bi medicinsko osoblje moglo ući i brinuti za pacijenta. Naravno, ti su ventilatori bili iznimno skupi pa je James Wilson razvio ventilacijsku sobu u kojoj se moglo liječiti više pacijenata te je ona prikazana na Slici 2.1.3. Jedna takva soba korištena je u dječjoj bolnici u Bostonu tijekom nekoliko epidemija [3].



Slika 2.1.3 Soba za respirator;

Izvor: <https://www.atsjournals.org/doi/full/10.1164/rccm.201503-0421pp>

Wilhelm Schwake razvio je pneumatsku komoru 1926. godine prikazanu na Slici 2.1.4. Bio je posebno zabrinut za usklađivanje uzorka disanja pacijenta i vjerovao je da će ovaj ventilator pomoći u tom pogledu. Također je naveo da negativni pritisak na kožu izvlači plinovite nusproizvode [3].



Slika 2.1.4 Pneumatska komora,

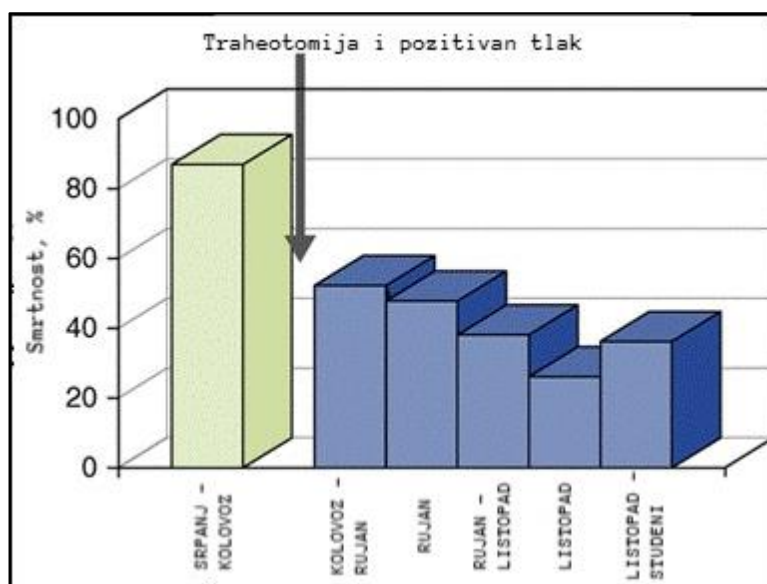
Izvor: <https://www.atsjournals.org/doi/full/10.1164/rccm.201503-0421pp>

2.2. Ventilacija s pozitivnim tlakom

Povratak dječje paralize označio je prekretnicu u povijesti mehaničke ventilacije. Prije tog vremena mehanička ventilacija smatrana je korisnom, ali nije široko korištena. Nakon toga koriste ventilacije bile su dramatične i očite što je dovelo do njezine široke primjene diljem svijeta [3].

Godine 1951. održana je međunarodna konferencija o dječjoj paralizi u Kopenhagenu, a sljedećeg ljeta grad je doživio strašnu epidemiju dječje paralize, vjerojatno potaknutu unošenjem virusa dječje paralize tijekom konferencije prethodne godine. Na vrhuncu epidemije 50 pacijenata dnevno primljeno je u infektivnu bolnicu. Mnogi su imali paralizu dišnih mišića ili bulbarne paralize. Smrtnost u tih pacijenata bila je izuzetno visoka, viša od 80%. Tada je većina liječnika vjerovala da pacijenti umiru od zatajenja bubrega uzrokovanog prevelikom sistemskom viremijom [3].

Bjorn Ibsen, anesteziolog koji je bio obučen u laboratoriju Beechera u Bostonu shvatio je da ovi simptomi nisu uzrokovani zatajenjem bubrega, već zatajenjem disanja. Stoga je preporučio traheotomiju i pozitivni tlak ventilacije. Lassen koji je bio glavni liječnik bolnice prvotno je odbio ovaj pristup, ali je uskoro popustio kada je Ibsen pokazao njegovu učinkovitost. Smrtnost je dramatično pala s 87% na otprilike 40% što je prikazano na Slici 2.2.1 [3].



Slika 2.2.1 Učinkovitost traheotomije i pozitivnog tlaka ventilacije,

Izvor: <https://anesth.ru/monografii/MV%20Nurse.pdf>

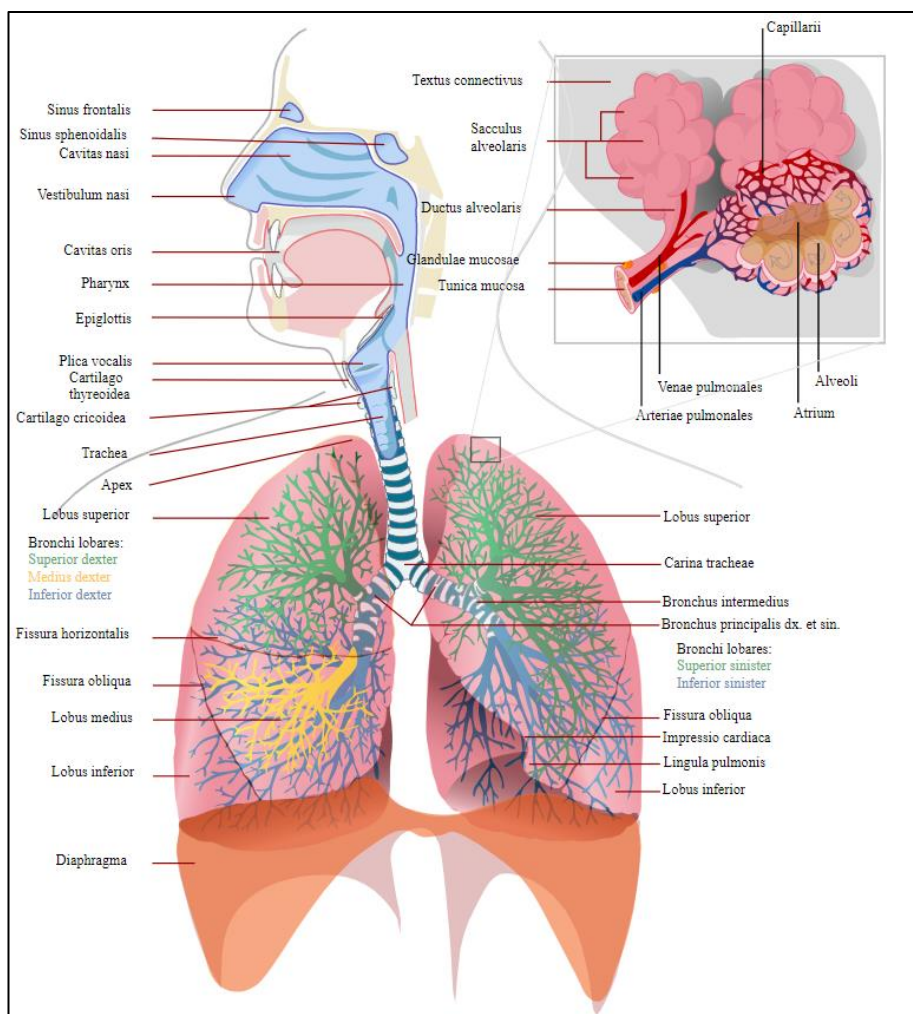
Pružanje skrbi svim pacijentima bila je veliki logistički problem budući da nije bilo ventilatora s pozitivnim tlakom pa su pacijenti morali biti "ručno ventilirani". Na vrhuncu epidemije, istovremeno je 70 pacijenata ručno ventilirano. Ukupno je do kraja epidemije otprilike 1500 studenata pružalo ručnu ventilaciju što je ukupno iznosilo 165 000 sati. Jedan pristup rješavanju logističkog izazova bio je da se svi ti pacijenti zbrinjavaju na jednom mjestu. To je dovelo do prvih jedinica intenzivne njege kakve danas poznajemo. Fokus do tog vremena bio je uglavnom na pružanju ventilacijske potpore odnosno pružanju zamjene za respiratorne mišiće. To se promijenilo tijekom sljedećih nekoliko desetljeća s većim fokusom na otkrivanje uzroka otkazivanja oksigenacije, identifikacijom akutnog respiratornog distress sindroma (ARDS) i povećanim fiziološkim razumijevanjem utjecaja tlakova u plućima na izmjenu plinova [3].

Tijekom posljednjih 60 godina mnogi tehnički aspekti ventilatora dramatično su poboljšani s obzirom na isporuku protoka, a to je omogućeno suvremenim ventilima za izdisaj, novim mikroprocesorima, poboljšanom okidačkom funkcijom i razvojem novih načina ventilacije [3].

U 1980-ima i 1990-ima došlo je do paradigmatškog pomaka od kontrolirane ventilacije do djelomične ventilacijske potpore te zatim do ventilacije s potporom tlaka. Fokus je bio na poboljšanju interakcije između potrebe pacijenta za disanjem i isporuke svakog udaha ventilatorom. Bitno je reći da se mnogi trenutni načini ventilacije usredotočuju na povećanu kontrolu pacijenta nad ventilacijom do te mjere da omogućuju pacijentu potpunu kontrolu nad ventilatorom [3].

3. Anatomija dišnog sustava

Zrak ulazi kroz nos i putuje kroz ždrijelo i grkljan do dušnika koji ga potom razvodi u pluća kroz bronhije i alveole. Slika 3.1 prikazuje anatomiju dišnog sustava [5].



Slika 3.1 Anatomija dišnog sustava,

Izvor: <https://anatomytool.org/content/ladyofhats-drawing-overview-respiratory-system-latin-labels>

3.1. Nos

Nosna šupljina i nos predstavljaju početak dišnog sustava. Nos dijeli nosna pregrada, a naprijed se nalaze nosnice. Sastoji se korijena, hrpta, vrha, nosnih krila, elastičnih hrskavica te vanjskog dijela nosa, koji je piramidalnog oblika i sačinjen od koštane osnove. Šupljina nosa se sastoji od krova koji je formiran rešetkastom pločom rešetnice i okna sastavljenog od nepčanih nastavaka nepčanih kostiju i gornje čeljusti. Na sredini nosa nalazi se pregrada sačinjena od vomera i okomite

ploče rešetnice, a prednji dio te strukture je hrskavica. Stražnji dio nosa povezan je s ždrijelom putem nosnih cijevi. Sluznica nosa služi za grijanje i vlaženje zraka tijekom disanja dok trepetljike pomažu u zadržavanju nečistoća i čestica prašine [5].

3.2. Ždrijelo

Ždrijelo je dio dišnog i probavnog sustava smješteno iza nosne šupljine i usta te ispred grkljana i jednjaka. Anatomski se dijeli na tri dijela: nazofarinks (gornji dio), orofarinks (srednji dio) i laringofarinks (donji dio). Nazofarinks je gornji dio ždrijela i on se nalazi iza nosne šupljine. Povezan je s nosnom šupljinom kroz nosne šupljine i otvaranjem slušne cijevi. Orofarinks je srednji dio ždrijela koji se proteže od dna nosne šupljine i usne šupljine do korijena jezika. Ovdje se nalaze tonzile i ulaz u grkljan. Laringofarinks je donji dio ždrijela koji se proteže od korijena jezika do ulaza u jednjak i grkljan. Laringofarinks je zajednički put za hranu i zrak te je važan za gutanje i disanje. Ždrijelo je obloženo sluznicom koja je bogata krvnim žilama i limfnim čvorovima. Sadrži mišiće koji omogućuju gutanje hrane i tekućina te propuštaju zrak iz nosa u dišne puteve [5].

3.3. Grkljan

Grkljan je proširen dio gornjeg dišnog sustava, a smjestio se između dušnika i ždrijela te je oblikovan od 4 hrskavice. Glavna među njima je cartilago thyroidea koja se naziva štitasta hrskavica. Ona na prednjoj strani grkljana tvori izbočinu koju nazivamo Adamova jabučica. Ispod štitaste hrskavice se nalazi cartilago cricoidea odnosno prstenasta hrskavica. Na gornjoj strani i straga smještene su cartilagine arytenoideae, odnosno vrčaste hrskavice glasnika. Ispod korijena jezika, neposredno iznad grkljana, ispod korijena jezika, nalazi se zasebna hrskavična struktura koja zatvara ulaz u grkljan kako bi spriječila ulazak hrane u dišne puteve. Ta hrskavica povezana je s grkljanskim poklopcem, poznatim kao epiglottis. Sve hrskavice u grkljanu međusobno su povezane zglobovima i ligamentima kako bi pružile podršku i stabilnost [5].

3.4. Dušnik

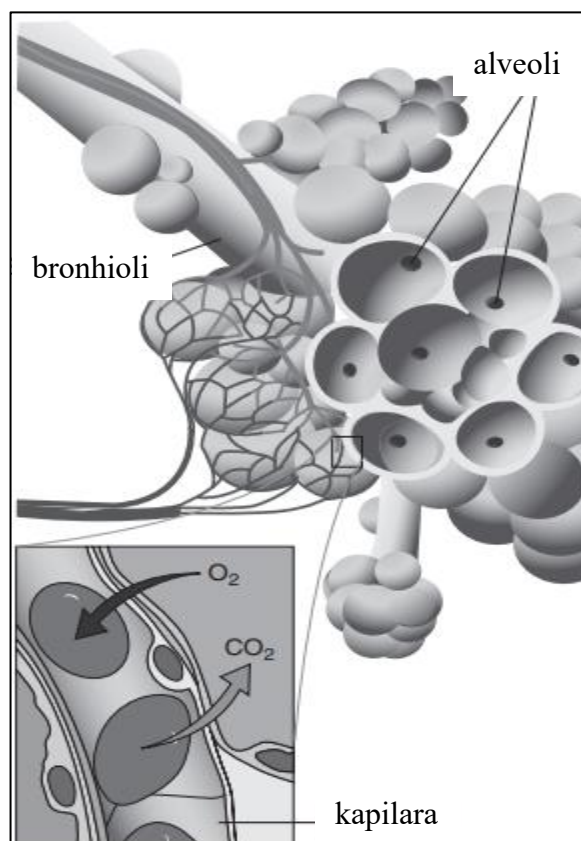
Dušnik koji se nastavlja na grkljan, ima promjer od otprilike 15 mm i oblikovan je od šesnaest do dvadeset hrskavica potkovastog oblika. Te hrskavice se međusobno povezuju elastičnim ligamentima, a nazivaju se ligamenti anulari. Njihova uloga je održavati dušnik otvorenim za prolaz zraka. Dušnik se proteže duboko u prsnu šupljinu spuštajući se prednjom stranom vrata te je smješten ispred jednjaka. Dušnik je u razini četvrtog prsnog kralješka podijeljen na lijevu i desnu dušnicu, a to je poznato kao dušično rašljište ili bifurcatio tracheae [5].

3.5. Pluća

Pluća se nalaze u sredini prsne šupljine i okružena su rebrima. Razlikuju se desno i lijevo plućno krilo pri čemu svako ima oblik nepravilnog čunja s vrhom usmjerenim prema nadključnoj jami i bazom koja se proteže do kupole dijafragme. S unutarnje strane pluća u središtu je plućna stapka ili hilum, koja služi kao ulaz za dušnice, krvne žile (uključujući plućnu arteriju i venu) te limfne žile i živce. Desno plućno sastoji se od 3 režnja, dok lijevo plućno krilo ima dva. Režnjevi se dalje dijele na manje dijelove odnosno lobuse, koji se završavaju alveolama dajući plućima spužvastu strukturu. Vanjski sloj pluća obložen je tankom seroznom opnom poznatom kao pleura. Pleura se sastoji od vanjskog lista koji oblaže rebra (pleura parietalis) i unutarnjeg lista (pleura visceralis ili pulmonalis) koji prekriva plućni parenhim. Između ova dva lista nalazi se zrakoprazni prostor u kojem je prisutan negativni intrapleuralni tlak što pomaže u održavanju proširenja pluća tijekom disanja. Prostor između dva krila pluća u sredini prsne šupljine naziva se mediastinum. U tom prostoru se nalaze srce, velike krvne žile, dušnik, jednjak, bronhi, timus, limfne žile i živci. Pluća imaju dva krvotoka - nutritivni i funkcionalni. Nutritivni krvotok uključuje arterije i vene bronha, dok funkcionalni krvotok obuhvaća plućne arterije i vene koje prolaze kroz plućno deblo [5, 6].

4. Proces oksigenacije tkiva

U plućnom sustavu dolazi do razmjene plinova od respiratornih bronhiola do alveola. Ta područja dobivaju hranjive tvari i kisik iz plućne cirkulacije. Pojam acinus se odnosi na terminalnu respiratornu jedinicu iza terminalnih bronhiola koja sadrži alveolarne membrane za razmjenu plinova. Respiratorni bronhioli su manji od 1 mm u promjeru i to je mjesto gdje se odvija razmjena plinova. Alveolarni kanali, alveolarni mjehurići i alveoli obloženi su alveolarnim epitelom što je mjesto gdje se odvija difuzija kisika i ugljičnog dioksida između udahnutog zraka i krvi. Tip 1 pneumociti pokrivaju većinu površine alveola i odgovorni su za zračno-krvnu barijeru dok tip 2 pneumociti proizvode i pohranjuju surfaktant, tvar koja oblaže unutarnju stranu alveola. Nedostatak surfaktanta u plućima dovodi do kolapsa alveola, gubitka plućne funkcije i edema. Poluživot surfaktanta je samo 14 sati pa oštećenje stanica koje ga proizvode može uzrokovati ozbiljne probleme. Alveolo-kapilarna membrana oblaže respiratorne bronhiole i pruža put za razmjenu plinova između alveola i krvi. Budući da je vrlo tanka omogućava brzu razmjenu plinova difuzijom što je prikazano na Slici 4.1.1 [7].




Slika 4.1.1 Proces oksigenacije tkiva,

Izvor: A. Hasan: *Understanding Mechanical Ventilation: A Practical Handbook*, Springer Publishing, New York, 2010

4.1. Fiziologija ventilacije i neuroanatomija dišnog sustava

Ventilacija se odnosi na kretanje zraka između atmosfere i alveola te raspodjelu zraka unutar pluća radi održavanja odgovarajućih razina kisika i ugljičnog dioksida. Proces ventilacije odvija se kroz ciklus udisanja i izdisanja kao što je prikazano u Tablici 4.1.1 [7].

Postoji nekoliko komponenti koje sudjeluju u brzini, ritmu i dubini ventilacije. Područje medule u mozgu odgovorno je za kontrolu centralnih i arterijskih kemoreceptora. Centralni kemoreceptori osjetljivi su na pH cerebrospinalne tekućine i služe kao primarna kontrola ventilacije. Centralni kemoreceptori su pod utjecajem razine parcijalnog tlaka ugljičnog dioksida (PaCO_2) i pH vrijednosti. Na primjer, povećanje PaCO_2 uzrokuje povećanje brzine i dubine ventilacije dok smanjenje PaCO_2 uzrokuje smanjenje brzine i dubine ventilacije. Arterijski kemoreceptori nalaze se unutar aorte i karotidnih tijela te su osjetljivi na razine pH vrijednosti i na parcijalni tlak kisika (PaO_2). Arterijski kemoreceptori pružaju sekundarnu kontrolu ventilacije i reagiraju kada PaO_2 padne ispod 60 mmHg. Drugo područje mozga, pons, kontrolira receptore za istežanje, proprioceptore i baroreceptore, koji mogu utjecati na brzinu i ritam ventilacije. Receptori za istežanje prisutni su u alveolama kako bi inhibirali daljnji udah i spriječili prekomjerno istežanje. To se naziva Hering-Breuerov refleks. Proprioceptori se nalaze u mišićima i tetivama te povećavaju ventilaciju u odgovoru na pokret tijela. Baroreceptori se nalaze u aorti i karotidnim tijelima i mogu povećati krvni tlak u odgovoru na promjene u izlaznom srčanom volumenu što pak može inhibirati ventilaciju [8].

| UDISAJ | | IZDISAJ |
|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none">• atmosferski zrak ulazi u alveole• slanje poruke iz medule do freničnog živca i dijafragme• dijafragma i međurebreni mišići se stežu• grudni koš se povećava• zrak ulazi u pluća kako bi se izjednačila razlika između atmosferskog i alveolarnog tlaka |  | <ul style="list-style-type: none">• kretanje zraka iz alveola prema atmosferi• opuštanje dijafragme i vanjskih međurebrenih mišića• elastično stežanje pluća na početnu veličinu• izlazak zraka iz pluća radi izjednačavanja tlaka |

Tablica 4.1.1 Udisaj i izdisaj,

Izvor: autor M.P.

4.2. Perfuzija

Plućni se sustav prokrvljuje kretanjem krvi kroz plućne kapilare. Kada pacijent ima smanjen protok kisika u pluća može doći do hipoksične vazokonstrikcije pluća na lokaliziran ili generaliziran način. Lokalizirana vazokonstrikcija pluća predstavlja zaštitni mehanizam u kojem se smanjuje protok krvi u područje s lošom ventilacijom kako bi krv bila preusmjerena u područja s boljom ventilacijom. Lokalizirana pulmonalna konstrikcija potiče se alveolarnim razinama kisika. Ako svi alveoli imaju niske razine kisika hipoksična pulmonalna vazokonstrikcija može biti raspoređena po plućima što rezultira povećanim tlakom u plućnoj arteriji i povećanom vaskularnom rezistencijom pluća [8].

Da bi se optimalna razmjena plinova odvijala iz pluća prema opskrbi krvi i dalje do tkiva potrebno je da postoji dobro podudaranje između perfuzije (opskrbe krvi) i ventilacije (opskrbe plinom). Ako dođe do problema u nekom od ovih čimbenika tada se smatra da postoji ventilacijsko perfuzijska (V/Q) nerazmjernost i razmjena plinova neće biti idealna. Postoje 3 takva slučaja i prikazani su u Tablici 4.2.1 [8].

| V > Q | Uzroci |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">• ventilacija je primjerena, ali postoji problem s perfuzijom | <ul style="list-style-type: none">• plućna embolija• stanje šoka• povećani tidalni volumen (V_t) ili pozitivni tlak na kraju ekspirija (PEEP)." |
| Q > V | |
| <ul style="list-style-type: none">• perfuzija je primjerena, ali postoji problem s ventilacijom | <ul style="list-style-type: none">• atelektaza• akutni respiratorni distress sindrom (ARDS)• pneumonija |
| Bez Q i bez V | |
| <ul style="list-style-type: none">• perfuzija i ventilacija su loše ili ih uopće nema | <ul style="list-style-type: none">• Srčani zastoj |

Tablica 4.2.1 V/Q nerazmjernost,

Izvor: autor M.P.

4.3. Difuzija i izmjena plinova

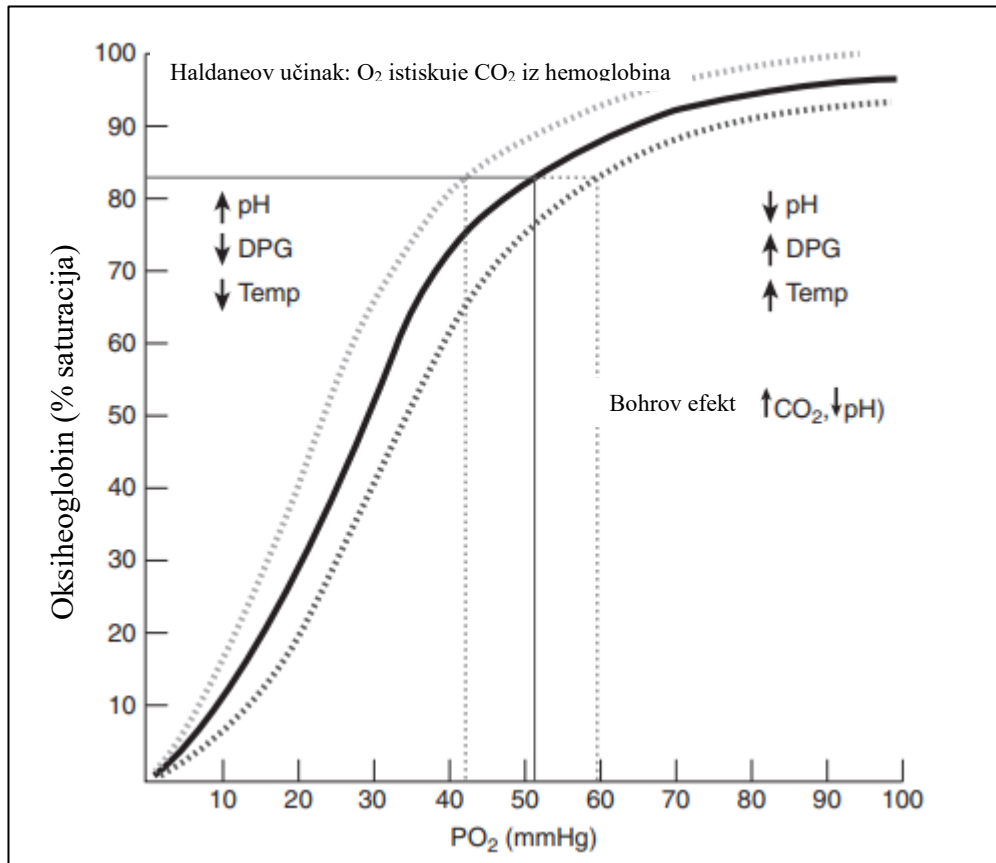
Nakon što su uzeti u obzir ventilacija i perfuzija, sljedeći korak u razmjeni plinova je difuzija, odnosno kretanje plinova među alveolama, plazmom i crvenim krvnim stanicama. Opći principi difuzije uključuju to da plinovi se kreću od područja veće koncentracije prema područjima manje koncentracije dok se koncentracija ne izjednači [8, 9].

Tijekom inspiracije, gornji dišni putovi zagrijavaju i vlaže atmosferski zrak dok ulazi u dišne putove. Kako se udisani plin miješa s plinom koji nije izdisan, koncentracije plinova (CO_2 i O_2) mijenjaju se. Na primjer, zrak u alveolama ima visok tlak kisika i nizak tlak ugljičnog dioksida, dok krv u plućnoj kapilari ima visok tlak ugljičnog dioksida i nizak tlak kisika. Ova razlika u tlaku uzrokuje da plinovi difundiraju ili se kreću preko alveolo-kapilarnih membrana prema nižim respektivnim gradijentima tlaka (tj. kisik se kreće iz alveole prema kapilari, a ugljični dioksid se kreće iz kapilara prema alveoli). Postoji nekoliko čimbenika koji određuju koliko dobro će se odvijati difuzija plinova:

- površina dostupna za prijenos (manja površina ako je izvršena lobektomija ili pulmektomija)
- debljina alveolo-kapilarne membrane (debljina u plućnom edemu i plućnoj fibrozi otežava difuziju)
- koeficijent difuzije plina (CO_2 je 20 puta brži u difuziji od O_2 pa će u slučaju hipoksije postojati veća vjerojatnost problema s difuzijom nego u slučaju hiperkapnije)
- pogonski tlak plina negativno je pogođen niskim razinama inspiriranog kisika (npr. udisanje dima ili nizak tlak na visokim nadmorskim visinama) i pozitivno je pogođen dodatkom dodatnog kisika ili višim vrijednostima od normalnih barometarskih tlaka (npr. hiperbarična komora s kisikom). CPAP (konstantni pozitivni tlak u dišnim putovima) i PEEP također mogu povećati pogonski tlak kisika [8].

Nakon što se difuzija dogodi, kisik i ugljični dioksid kreću se kroz cirkulacijski sustav. Kisik se kreće iz alveole prema tkivima, dok se ugljični dioksid kreće iz tkiva prema alveoli radi izdisanja. Razmatranja o tome koliko dobro će kisik biti prenesen do stanica uključuju razmatranje hemoglobina i količine kisika koje hemoglobin može nositi. Sposobnost hemoglobina da prenosi kisik bit će negativno pogođena anemijom ili abnormalnim hemoglobinom (npr. bolesti srpastih stanica, metemoglobinemija ili karboksihemoglobinemija). Krivulja disocijacije oksihemoglobina pokazuje odnos između parcijalnog tlaka kisika (PaO_2) i zasićenosti hemoglobina. Postoji tvar u eritrocitu nazvana 2,3-DPG koja utječe na afinitet hemoglobina za kisik. Ta tvar je glavni krajnji

produkt metabolizma glukoze i kontrolni mehanizam koji regulira otpuštanje kisika u tkiva. Kada je razina 2,3-DPG povećana, krivulja oksihemoglobina pomakne se udesno, smanjujući afinitet između hemoglobina i kisika. Suprotno tome, smanjene količine 2,3-DPG pomaknu krivulju ulijevo, povećavajući afinitet između hemoglobina i kisika što je prikazano na Slici 4.3.1 [9].



Slika 4.3.1 Krivulja disocijacije oksihemoglobina,

Izvor: A. Hasan: *Understanding Mechanical Ventilation: A Practical Handbook*, Springer Publishing, New York, 2010

Uzrok povećane razine 2,3-DPG je kronična hipoksemija, anemija, hipertireoza i nedostatak piruvat kinaze do su uzrok povećane vrijednosti brojne transfuzije, hipotireoza, hipofosfatemija (primjerice zbog malnutricije) [9].

5. Terminologija u području oksigenoterapije

Popis i vrijednosti važnih pojmova u oksigenoterapiji nalaze se u Tablici 5.1

| Naziv | Objašnjenje |
|---------------------------------|---|
| DO₂ | <ul style="list-style-type: none">• Normalna vrijednost je 1000 mL/min• Volumen kisika isporučen tkivima od strane lijeve klijetke u minuti. |
| VO₂ | <ul style="list-style-type: none">• Normalna vrijednost 250 mL/min• Volumen kisika potrošen od strane tkiva svake minute. |
| Omjer ekstrakcije kisika | <ul style="list-style-type: none">• Procjena količine kisika ekstrahirane iz arterijske krvi dok prolazi kroz kapilare. |
| Stanična respiracija | <ul style="list-style-type: none">• Korištenje kisika od strane stanice. |
| SVO₂ | <ul style="list-style-type: none">• Normalna vrijednost 60% - 80%• Prati ukupni ravnotežu kisika i odražava odnos između isporuke kisika pacijentu (DO₂) i potrošnje kisika. Promjena od 5% do 10% može biti rani pokazatelj fiziološke nestabilnosti. Čimbenici koji utječu na SVO₂ uključuju: smanjenu isporuku kisika (npr. smanjenje srčanog izlaza, smanjenje hemoglobina) ili povećanu potrošnju kisika (npr. groznica, bol, napadaji, brojni medicinski postupci poput aspiracije, fizioterapije prsa). |
| SaO₂ | <ul style="list-style-type: none">• Normalna vrijednost 95%-99%• Saturacija kisikom arterijske krvi |
| PaO₂ | <ul style="list-style-type: none">• Normalna vrijednost 80-100 mmHg• Parcijalni tlak arterijskog kisika |
| SpO₂ | <ul style="list-style-type: none">• Normalna vrijednost >95%• Saturacija krvi kisikom |

Tablica 5.1 Terminologija u području oksigenoterapije,

Izvor: M.P.

Hipoksemija se javlja kada dođe do smanjenja parcijalnog tlaka kisika u arterijskoj krvi (tj. smanjenje SaO₂ i PaO₂). Dijagnoza hipoksemije postavlja se analizom arterijske krvi. Postoje tri razine hipoksemije:

- blaga hipoksemija = $\text{PaO}_2 < 80 \text{ mmHg}$ ($\text{SaO}_2 < 95$)
- umjerena hipoksemija = $\text{PaO}_2 < 60 \text{ mmHg}$ ($\text{SaO}_2 < 90$)
- teška hipoksemija = $\text{PaO}_2 < 40 \text{ mmHg}$ ($\text{SaO}_2 < 75$)

Hipoksija označava smanjenje oksigenacije tkiva i dijagnosticira se kliničkim pokazateljima (npr. nemir, zbunjenost, tahikardija, tahipneja, dispneja, upotreba dodatnih mišića za disanje i cijanoza) [10].

Pacijenti koji doživljavaju hipoksemiju ili hipoksiju često su hemodinamski nestabilni te mogu imati hipotenziju, tahikardiju, aritmije, smanjen nivo svijesti i smanjen izlučivanje urina. Osim toga, obično imaju smanjeni PaO_2 , smanjeni SaO_2 i smanjene razine SVO_2 . Pacijenti koji su hipoksični ili hipoksemični također mogu imati povišene razine mliječne kiseline te promjene u boji i temperaturi kože. Pacijenti koji doživljavaju hipoksiju ili hipoksemiju obično će zahtijevati terapiju kisikom. Indikacije za terapiju kisikom uključuju:

- značajna hipoksemija (tj. $\text{PaO}_2 < 60 \text{ mmHg}$)
- sumnja na hipoksemiju (pneumotoraks, astma)
- povećan rad srčanog mišića/ infarkt miokarda
- povećana potreba za kisikom (tj. septički šok)
- smanjena nosivost kisika (tj. anemija)
- potrebno prije postupaka koji uzrokuju hipoksiju (tj. aspiracija) [10].

6. Metode za nadoknadu kisika

Kroz stoljeća, terapija kisikom ostaje ključna u medicini. Kao esencijalni lijek, kisik zahtijeva precizno propisivanje i primjenu uvijek uzimajući u obzir indikacije za njegovu upotrebu koje su obično povezane s hipoksemijom. Iako može izazvati nuspojave i specifične rizike uz strogo praćenje i pažljivu primjenu, kisik je iznimno korisna terapija za pacijente s respiratornim stanjima [11].

- **Nazalna kanila**

Dostavlja kisik u rasponu od 0,5 do 4 litara u minuti i kisik u koncentraciji od 24% do 44%. Sigurna je i jednostavna za korištenje, pogodna za primjenu kod pacijenata s niskim potrebama za kisikom. Ekonomična je i omogućuje pacijentima da jedu i razgovaraju dok ga koriste. Međutim, nije prikladna za uporabu kod pacijenata s nazalnom opstrukcijom, može dovesti do isušivanja sluznice nosa te do nastanka oštećenja kože iza ušiju. Koncentracija kisika može varirati ovisno o volumenu udisaja, respiratornoj frekvenciji i prohodnosti nosa [11].

- **Oronazalna maska**

Dostavlja od 4 do 10 litara kisika u minuti i kisik u koncentraciji od 40% do 60%. Omogućuje visoke koncentracije kisika. Može se koristiti kod nazalne opstrukcije. Međutim, može biti neugodna zbog topline i stiskanja te ometa jedenje i razgovor. Ne može dostaviti koncentraciju kisika ispod 40%. Nije praktična za dugotrajnu uporabu [11].

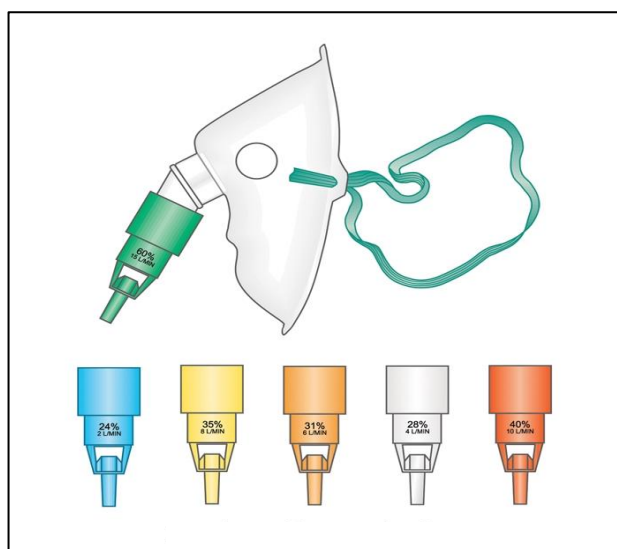
- **Maska s rezervoarom**

Dostavlja od 6 – 10 l/min kisika, a sustav može pružiti od 50% do 70% kisika. Postoji i maska s rezervoarom koja može dostaviti 100% kisika. Ona se sastoji od ventila koji onemogućavaju punjenje rezervoara izdahnutim zrakom i ima posebne ventile koji onemogućavaju ulazak zraka iz atmosfere u masku [11].

- **Venturijeva maska**

Venturi maska prikazana je na Slici 6.1 i onda radi na Bernoullijevom principu, kako bi pružila unaprijed određenu i fiksnu koncentraciju kisika pacijentu. Veličina suženja nastavka određuje konačnu koncentraciju kisika. To se postiže unatoč disanju pacijenta pružanjem većeg protoka plina od maksimalne inspiratorne brzine. Kada protok kisika prolazi kroz suženje, stvara se negativni tlak. To uzrokuje da se okolni zrak uvlači i miješa s protokom kisika. Udio kisika (FiO_2) ovisi o stupnju miješanja zraka. Manje miješanja osigurava da se dostavi veći FiO_2 . Koncentracija

kisika može biti 0,24, 0,28, 0,31, 0,35, 0,4 ili 0,6. Venturi maske često se koriste kod kronične opstruktivne plućne bolesti gdje je važno ne prekomjerno oksigenirati pacijenta. Pružaju 24-60% kisika, a različite boje maski isporučuju različite razine kisika [11].

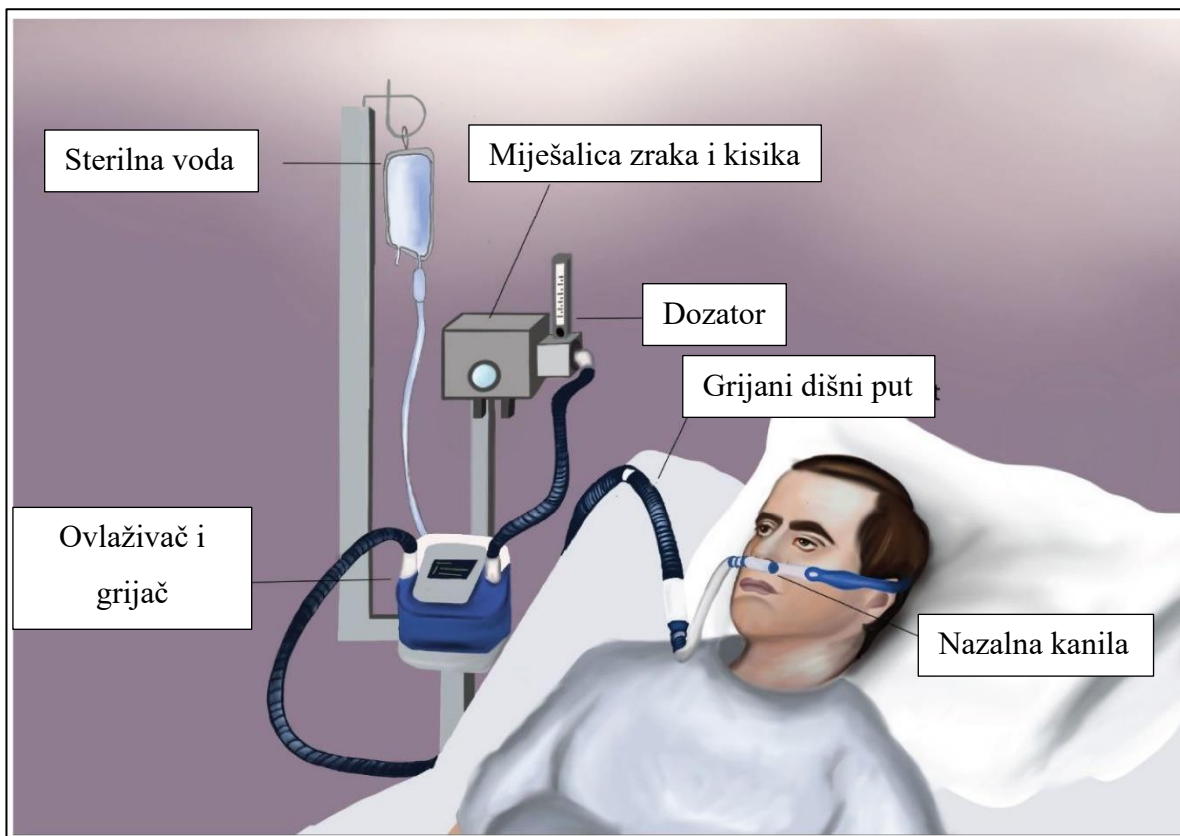


Slika 6.1 Venturijeva maska,

Izvor: <http://ba.formedtech.org/respiratory-supply/venturi-mask/venturi-mask-with-6-diluters.html>

- **Visoko protočne nazalne kanile**

Kod sustava visokog protoka kroz nosne kanile, FiO₂ se isporučuje preciznije i može se postaviti od 21% do 100%. Mješavina zraka i kisikakoja je isporučena pacijentu je zagrijana i ovlažena pomoću komore za ovlaživanje i grijanog dišnog kruga. Taj dišni krug sadrži grijaće žice unutar stijenke cijevi koje minimiziraju kondenzaciju. Terapija kisikom se isporučuje kroz pacijentov nos kako je prikazano na Slici 6.2 Ako tradicionalna terapija kisikom ne pomaže, terapija visokim protokom kisika pomaže smanjiti napor koji vaše tijelo mora uložiti u disanje. Smanjenjem napora disanja i stvaranjem male količine pozitivnog tlaka u gornjim dišnim putevima, ovaj način pomaže poboljšati dostavu kisika [11].



Slika 6.2 Visoko protočne nazalne kanile,

Izvor: <https://www.mdpi.com/2077-0383/12/20/6685>

7. Mehanička ventilacija

7.1. Indikacije za mehaničku ventilaciju

Da bi se održala normalna ventilacija bez potpornih strategija kao što je mehanička ventilacija potrebno je imati zdrav grudni koš i dijafragmu te respiratorne mišiće koji pravilno funkcioniraju. Također ne smije biti ništa što bi ometalo intrapleuralni ili intraalveolarni tlak, a osoba mora biti sposobna održavati normalan proces disanja. Svi ovi mehanizmi moraju biti prisutni kako bi se omogućila normalna razmjena plinova. Najčešća indikacija za početak primjene mehaničke ventilacije je akutno respiratorno zatajenje s respiratornom acidozom. Prije priključivanja pacijenta na mehaničku ventilaciju moraju se razmotriti osnovni uzroci i alternativni oblici održavanja ventilacije jer mehanička ventilacija može imati više kratkoročnih i dugoročnih komplikacija. Važno je utvrditi da li osnovni problem koji uzrokuje respiratorno zatajenje predstavlja pitanje oksigenacije, ventilacije ili oboje.

Indikacija za mehaničku ventilaciju također može biti:

- nemogućnost stabilizacije prsnog koša (trauma, penetrirajuće povrede)
- nakon većih operacija radi održavanje oksigenacije
- kardiogeni ili septički šok radi smanjenja opterećenja miokarda i održavanja oksigenacije
- teška astma ili anafilaksija
- akutni respiratorni distress sindrom (ARDS)
- pneumonija
- opekotine i trovanje plinovima
- neuromišićne bolesti (miastenija gravis, lateralna amiotrofična skleroza, Guillian Barréov sindrom)
- predoziranje opioidima
- povreda mozga
- kronična opstruktivna bolest pluća (KOPB) [12].

7.2. Terminologija mehaničke ventilacije

Za pružanje zdravstvene njege pacijentu koji je na mehaničkoj ventilaciji, prvostupniku sestrištva je važno poznavati nekoliko uobičajenih termina. Poznavanje ovih termina pomoći će u preciznom dokumentiranju promjena u napretku pacijenta te će također pružiti zajednički jezik prilikom razgovora o mehaničkoj ventilaciji s drugim članovima zdravstvenog tima [13].

- **Respiratorna frekvencija (RR)**

Ovo se odnosi na broj udisaja u minuti koje pacijent izvodi ili koje isporučuje ventilator. Važno je razlikovati broj spontanih udisaja od broja udisaja koje isporučuje stroj kako bi se utvrdio osnovni respiratorni napor pacijenta. Normalna spontana respiratorna frekvencija je 12 do 20 udisaja u minuti. Respiratorna frekvencija isporučena ventilatorom može varirati od 10 do 50 udisaja u minuti (osim tijekom odvikavanja kada frekvencija može biti manja od 10), ovisno o cilju i strategijama liječenja te spontanom naporu pacijenta [13].

- **Volumen udaha (tidal volume – V_T)**

To je količina plina isporučena sa svakim predodređenim udahom ventilatorom ili volumen udaha spontano uzet od strane pacijenta. Mehanički ventilator postavlja volumen udaha obično ne veći od 8 do 10 mL/kg kako bi se izbjegla barotrauma i dugoročne komplikacije. Postavljeni volumen udaha može biti manji (npr. 6–8 mL/kg) kod pacijenata s bolestima pluća [13].

- **Minutni volumen (V_E)**

Minutni volumen se odnosi na količinu izdahnutog plućnog volumena u 1 minuti. Normalni plućni volumen je 8 do 10 L/min [13].

- **Tlak na kraju inspirija (Peak inspiratory pressure - PIP)**

Ovo je vrhunski tlak koji se mjeri prilikom svakog udaha. Kako bi se pacijent zaštitio od barotraume od barotraume, postavljaju se visoki i niski alarmi tlaka u odnosu na PIP. Normalni PIP je manji od 35 cm H₂O. Ako se otpor poveća u plućima ili ako se smanji plućna podatnost kao rezultat patološkog stanja (npr. ARDS), PIP će se povećati. Ako dođe do prekida veze ili propuštanja u ventilatorskom krugu PIP će biti nizak [13].

- **Srednji tlak u dišnom putu (MAP)**

MAP se odnosi na prosječni tlak u dišnom putu tijekom cijelog respiratornog ciklusa [13].

- **Protok (V)**

Protok je metoda i brzina kojom će volumen udaha biti ispušten mehaničkim ventilatorom kod svakog udaha. Normalni raspon je od 40 do 100 L/min. Protok se može manipulirati kako bi se promijenilo vrijeme provedeno u inspiraciji ili ekspiraciji [13].

- **Okidač**

Funkcija okidača postavljena je da uzrokuje željeni inspiratorni protok iz ventilatora. Primjerice udah može započeti na temelju proteklog vremena (npr. na određeni broj udaha u minuti) ili na negativnu inspiratornu silu pacijenta (respiratorni napor) [13].

- **Osjetljivost**

Ovo podešavanje prilagođava koliki napor pacijent mora generirati (negativna inspiratorna sila) prije nego što ventilator dostavi udah. Ovo podešavanje se aktivira samo u načinima rada pomoć/kontrola ili SIMV (sinkronizirana intermitentna mehanička ventilacija) [13].

- **Ciklus**

Ciklus je suprotnost okidaču. Ciklus se odnosi na ono što zaustavlja inspiratorni protok ili zaustavlja dostavu udaha od strane ventilatora [13].

- Ciklus tlaka - unaprijed određeni i postavljeni tlak prekida inspiraciju. U ovom načinu rada, tlak je konstantan, a volumen varira ovisno o podatnosti pluća.
- Ciklus volumena - prethodno određeni volumen će prekinuti disanje nakon što bude isporučen.
- Ciklus vremena – odnosi se na isporuku zraka/plina tijekom prethodno postavljenog vremenskog okvira. Ovaj način rada utječe na omjer inspiracije i ekspiracije (I:E). Udah u ciklusu vremena je izravno povezan s brzinom kojom se volumen udaha događa [13].

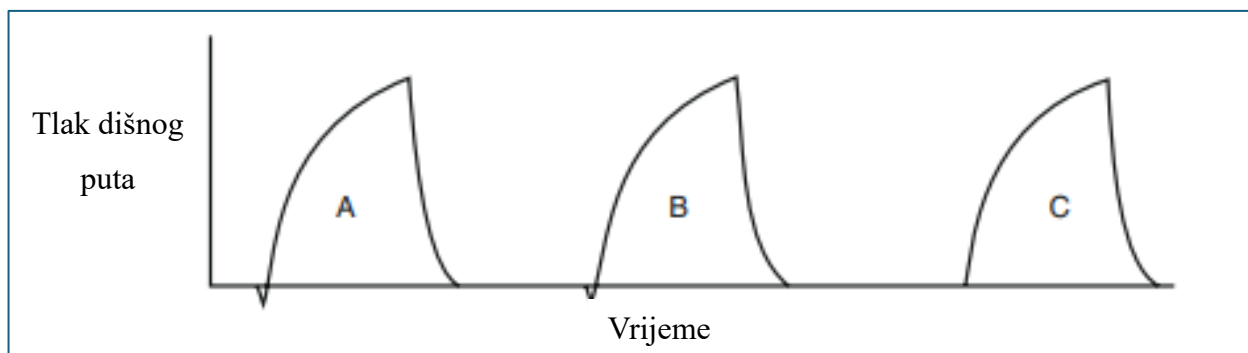
7.3. Načini rada mehaničke ventilacije

7.3.1. Volumno asistirani kontrolni mod (Volume Assist-Control Mode - CMV)

Ovo je način koji se najčešće koristi pri početku mehaničke ventilacijske podrške pacijentu. U jedinici intenzivne njege početak mehaničke ventilacijske podrške pacijentu obično se poduzima kada je pacijent vrlo bolestan ili nestabilan. U takvim okolnostima poželjno je da se pacijentu ne nanosi nepotrebno opterećenje disanja koje bi moglo ozbiljno opteretiti njegov kardiorespiratorni sustav, a to osigurava ovaj mod rada.

Liječnik određuje tidalni volumen i respiratornu frekvenciju prema potrebama pacijenta. Unaprijed postavljeni tidalni volumen tidalni volumen (npr. 500 mL) - isporučuje se pri postavljenoj brzini (npr. 12 udaha/min). To pacijentu jamči minimalnu minutnu ventilaciju od 500 mL puta 12 udaha/min = 6.000 mL/min [14, 15].

Asistirano-kontrolirana ventilacija odmara pacijenta i oslobađa ga većine rada disanja. Dok jamči osnovne ventilacijske potrebe, asistirano-kontrolirani režim ne sprječava spontano disanje pacijenta. Na Slici 7.3.1.1 prikazan je primjer ovog načina rada gdje udah A i B pokreće pacijent, a udah C pokreće ventilator, budući da pacijent nije uspio pokrenuti inspiraciju samostalno. Stoga asistirano-kontrolirani režim odgovara dinamičnim potrebama pacijenta, budući da respiratornu frekvenciju kontrolira pacijent prema svojim potrebama [14, 15].



Slika 7.3.1.1 CMV način rada,

Izvor: A. Hasan: Understanding Mechanical Ventilation: A Practical Handbook, Springer Publishing, New York, 2010

Ovaj način ventilacije često je neugodan za pacijenta čija respiratorna potreba zahtijeva veće tidalne volumene od onih koji su prethodno postavljeni. Nedostatak prilagodljivosti asistirano-kontroliranog režima promjenjivoj kliničkoj situaciji može rezultirati drugim problemima. Primjerice kod opstruktivnih bolesti dišnih putova s općim sužavanjem dišnih putova dostupno vrijeme za izdisaj često se pokaže nedostatnim za potpuno izdisanje prethodno postavljenih tidalnih volumena što rezultira zadržavanjem zraka, a to može dovest do povećanja intratorakalnog tlaka i pogoršanja plućnog stanja [15].

Iako je prednost asistirano-kontroliranog načina to što većinu rada disanja obavlja ventilator, pacijent ipak mora potrošiti energiju da bi pokrenuo ventilator. Ako je osjetljivost okidača postavljena na previsoku razinu, energija potrebna za pokretanje ventilatora može biti značajna, što dovodi do značajnog rada disanja. Također, pacijentov inspiratorni napor ne prestaje jednom kada je ventilator okinut. Neuronski ulaz u respiratorne mišiće može se nastaviti tijekom varijabilnog razdoblja dok je ventilator još uvijek u procesu isporuke inspiratornog udaha. Kad postavljeno inspiratorno vrijeme na ventilatoru ne odgovara pacijentovom neuronskom inspiratornom vremenu može doći do asinkronije pacijenta i ventilatora. Ventilatorom isporučeni inspiratorni udah ponekad se može podudarati s pacijentovim naporom izdisanja, rezultirajući

"sudaranjem" udaha i neusklađenošću pacijenta te ventilatora. Moguće je da pacijent s visokom respiratornom potrebom može poduzeti neučinkovite pokušaje udisanja dok čeka sljedeći udah od ventilatora što može povećati rad disanja, povećati razinu nelagode i imati negativan utjecaj na hemodinamski status. Takav pacijent zahtijeva značajnu sedaciju [15].

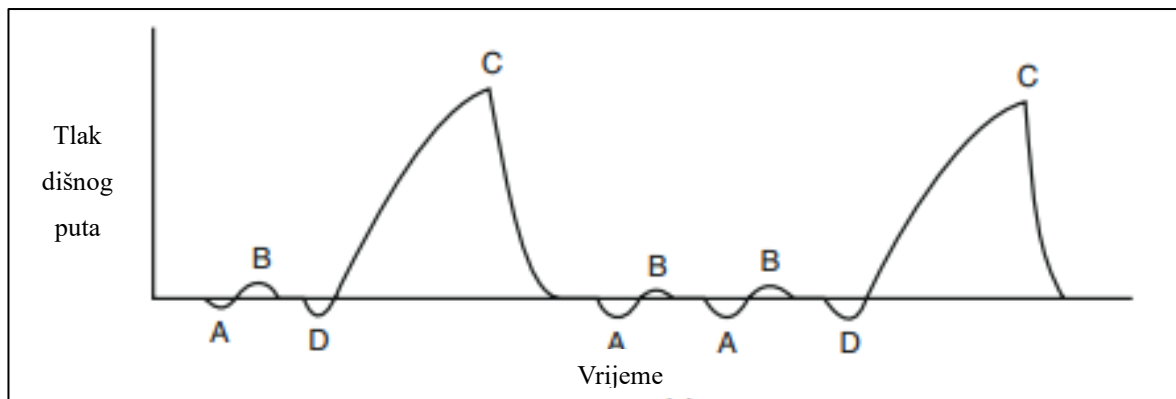
S druge strane, ako postavljena minutna ventilacija premašuje ono što je potrebno da bi se održao pacijentov PaCO₂ unutar razumnog raspona, može doći do respiratorne alkaloze s njezinim pratećim posljedicama. Pacijent čiji je respiratorni nagon povećan zbog groznice ili nelagode također je podložan razvoju respiratorne alkaloze. Ako se asistirano-kontrolirani način koristi kao dominantan način ventilacije tijekom produljenog vremena, nedostatak stimulacije respiratornih mišića pacijenta može rezultirati atrofijom respiratornih mišića. Stoga, iako je prikladan za ventilaciju novo intubiranog "nestabilnog" pacijenta, asistirano-kontrolirani način ne ispunjava potrebe idealnog dugoročnog načina ventilacije za većinu ostalih [15].

7.3.2. Intermitentna obvezna ventilacija (Intermittent Mandatory Ventilation – IMV)

Na početku je IMV način korišten uglavnom kao način isključivanja s respiratora. U ovom načinu rada, određeni broj udaha je unaprijed postavljen od strane liječnika. Ti obvezni udasi se daju pacijentu bez obzira na njegove vlastite zahtjeve. Liječnik postavlja tidalni volumen i frekvenciju disanja, a obvezni udasi se isporučuju pacijentu povremeno, u jednakim vremenskim intervalima. U međuvremenu između obveznih udaha, pacijent može disati svojom željenom frekvencijom disanja. Tidalni volumen spontanih udaha će ovisiti o snazi inspiratornog napora pacijenta. Kad pacijent ne može generirati dovoljnu inspiratornu silu da bi proizveo zadovoljavajuće tidalne volumene tijekom svojih spontanih udaha, može doći do alveolarne hiperventilacije - osim ako rezervna (obvezna) brzina nije postavljena dovoljno visoko da bi se samostalno brinula o većini minutne ventilacije [15, 16].

Kao i u kontrolnom načinu ventilacije, ako se pojavi asinkronija između pacijentovog spontanog udisanja i ventilatorom isporučenog udaha, može doći do "sukoba" ili "nakupljanja" udaha. Kako bi se spriječila asinkronija između pacijenta i ventilatora, ventilator detektira početak pacijentovog spontanog inspiratornog napora i isporučuje obvezni udah sinkronizirano s njim, na sličan način kao u asistirano-kontroliranom načinu. Takav način ventilacije naziva se sinkronizirana intermitentna obvezna ventilacija (SIMV) i prikazana je na slici 7.3.2.1. Blage valovite fluktuacije oko osnovne linije (A i B) predstavljaju pacijentove spontane udahe, a C je obvezni udah koji pokreće ventilator koji je usklađen s pacijentovim inspiratornim naporom (D).

Unutar vremenskog prozora aktiviranog u periodičkim intervalima, pacijentov inspiratorni napor je detektiran od strane ventilatora i obvezni udah je isporučen sinkronizirano s njim [15, 16].



Slika 7.3.2.1 SIMV ventilacija,

Izvor: A. Hasan: *Understanding Mechanical Ventilation: A Practical Handbook*, Springer Publishing, New York, 2010

U SIMV načinu, obvezni udasi su postavljeni od strane liječnika. Tijekom obveznih udaha pacijentu se isporučuju prethodno postavljeni tidalni volumeni, ali tidalni volumeni spontanijih udaha ovise o snazi inspiratornog napora. S druge strane, svaki udah u asistiranom-kontroliranom načinu će imati tidalni volumen jednak prethodno postavljenom tidalnom volumenu, bilo da je udah pokrenut od strane pacijenta ili rezervni udah [15, 16].

U SIMV načinu pacijentu se isporučuje potpuna količina postavljenih obveznih udaha bez obzira na to koliko dodatnih spontanijih udaha pacijent odabere uzeti, a u asistiranom-kontroliranom načinu, pacijent određuje vlastitu respiratornu frekvenciju sve dok spontano diše brže od rezervne brzine. Ako pacijentova respiratorna frekvencija na asistiranom-kontroliranom načinu zbog nekog razloga padne ispod minimuma (rezervne) brzine, stroj osigurava siguran nivo ventilacije isporučujući minimum broja (rezervnih) udaha [15, 16].

Jedna prednost SIMV načina je što pacijent može koristiti svoje respiratorne mišiće (disati spontano između obveznih udaha). To je posebna prednost tijekom dugoročne mehaničke ventilacije gdje može doći do atrofije respiratornih mišića zbog nekorisćenja i to može biti prednost tijekom razdoblja isključivanja s respiratora, kada se ventilacijski teret postupno može prenijeti s stroja na pacijenta smanjivanjem broja obveznih udaha i poticanjem pacijenta da diše samostalno [15, 16].

Važno je napomenuti da je asistiranom-kontrolirani način vrlo različit u ovom pogledu. Na asistiranom-kontroliranom načinu, barem u teoriji, osim trošenja energije na pokretanje ventilatora,

pacijent obavlja vrlo malo rada disanja, jer dodatno disanje između udaha isporučenih strojem nije moguće. Jednom kada je pokrenut, ventilator je odgovoran za cjelokupan inspiratorni rad disanja od tog trenutka nadalje, omogućujući umornim respiratornim mišićima da odmaraju. Stoga se asistirano-kontrolirani način koristi u situacijama gdje je potrebna veća razina respiratorne podrške i treba očekivati da će potpuno zadovoljiti ventilacijske potrebe pacijenta [15, 16].

Namjera u SIMV načinu je drugačija. Pacijenta se potiče da obavi više rada disanja, pri čemu obvezna rezervna brzina služi kao buffer za njegovu minutnu ventilaciju i sprječava pacijenta da potpuno preuzme na sebe teret svog rada disanja. Prednost SIMV načina je što pacijent može povećati ili smanjiti volumen i frekvenciju svojih spontanih udaha prema svojim potrebama. Iako postavljanje dovoljno visoke obvezne brzine udaha može potpuno zadovoljiti ventilacijske potrebe pacijenta to obično nije cilj ovog načina. Cilj kao što je gore spomenuto je potaknuti pacijenta da obavlja barem dio rada disanja, a kako bi se to omogućilo minutna ventilacija osigurana obveznim udasima namjerno je postavljena na razinu ispod potreba minutne ventilacije pacijenta [15, 16].

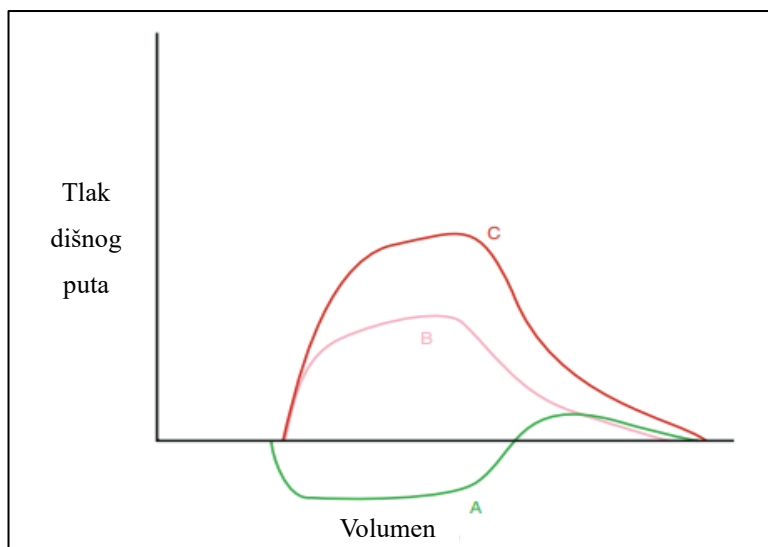
Stvaranje spontanog udaha u SIMV načinu zahtjeva stvaranje negativnog intratorakalnog tlaka stezanjem inspiratornih mišića. Dakle, spontani udasi se generiraju na način koji je sličniji fiziološkom disanju. Kao posljedica toga, ne dolazi do tolikog porasta intratorakalnog tlaka kao što bi bio slučaj kad bi svi udasi bili udasi s pozitivnim tlakom, stoga razina hemodinamičkog kompromisa uzrokovanog ovim načinom trebala bi biti relativno manja [15, 16].

7.3.3. Ventilacija s podrškom tlaka (Pressure–Support Ventilation - PSV)

Tijekom ventilacije s podrškom tlaka ventilator pojačava inspiratorni napor pacijenta s pozitivnom podrškom tlaka, a izdisanje je pasivno. Budući da je razina podrške tlaka unaprijed postavljena od strane liječnika - uz konstantnu jačinu inspiratornog napora pacijenta - tidalni volumeni mogu se povećati ili smanjiti variranjem razine podrške tlaka. Drugim riječima, razina podrške tlaka određuje tidalne volumene. PSV način rada prikazan je na Slici 7.3.1 gdje je tlak u dišnim putovima tijekom ne asistiranog udaha predstavljen je zelenom linijom (A). Tlak u dišnim putovima tijekom udaha s podrškom tlaka predstavljen je ružičastom (B) i crvenom (C) linijom [15, 17].

S početkom inspiracije tlak u dišnim putovima brzo raste, a ta razina tlaka se održava na ravnoj liniji tijekom većeg dijela inspiracije. Kada protok zraka počne usporavati prema kraju inspiracije, ventilator prelazi na izdisaj i omogućava pasivno izdisanje. Prag protoka koji određuje ovu promjenu na izdisaj je 25% maksimalnog protoka za većinu ventilatora. Drugim riječima, prelazak

na izdisaj se događa kada protok zraka tijekom faze inspiracije padne na 25% svoje maksimalne razine [15, 17].



Slika 7.3.3.1 PSV način rada,

Izvor: A. Hasan: Understanding Mechanical Ventilation: A Practical Handbook, Springer Publishing, New York, 2010

Kako bi ventilator isporučio udah, potrebno je da pacijent prvo "zatraži" udah od ventilatora pokušavajući pokrenuti inspiraciju. Ventilator detektira privremeni pad tlaka u dišnim putovima koji proizvodi pacijentov napor inspiracije i odmah isporučuje udah s podrškom tlaka. PSV stoga funkcionira samo ako pacijent može sam pokrenuti ventilator [15, 17].

Unutar PSV načina, pacijent može disati brzinom disanja koju odabere. Pacijent također kontrolira inspiratorno vrijeme i brzinu protoka za svaki udah. Budući da pacijent kontrolira dubinu, trajanje i profil protoka za svaki udah, PSV obično bude relativno udoban i dobro podnošljiv način ventilacije. Budući da je pacijent taj koji odlučuje kada pokrenuti udah postiže se bolja sinkronizacija s ventilatorom [15, 17].

Podržavajući inspiratorni napor pacijenta PSV minimizira rad disanja. S povećanjem tidalnih volumena, respiratorna frekvencija opada te je to znak udobnijeg disanja. Nizak nivo podrške tlaka (npr. 5–10 cm H₂O) obično je dovoljan da neutralizira dodatni otpor nametnut endotrahealnom cijevi (budući da je lumen endotrahealne cijevi mnogo manji od lumena prirodnih dišnih putova). PSV omogućuje značajnu fleksibilnost u ventilacijskoj podršci, naime visoki nivoi podrške tlaka sposobni su pružiti gotovo potpunu ventilacijsku podršku. Kada se podrška tlaka postavi na razinu

koja nadoknađuje dodatni otpor nametnut endotrahealnom cijevi i krugom ventilatora može se postići uzorak disanja vrlo sličan fiziološkom disanju [15, 17].

Nedostaci PSV temelje se na činjenici da je stanje dišnog sustava obično dinamično i stalno varira. Unutar PSV načina osigurava se samo tlak, ali ne i tidalni volumeni. Primjerice ako pluća postanu „tvrda“ (npr. zbog plućnog edema) ili su blokirana (npr. bronhospazam ili sekrecije koje blokiraju endotrahealnu cijev) iz bilo kojeg razloga tidalni volumeni će pasti. Smanjenje tidalnih volumena smanjenjem minutne ventilacije može rezultirati hipoventilacijom. Ako je respiratorni nagon očuvan, može se očekivati da će pacijent obraniti svoju minutnu ventilaciju povećanjem spontane respiratorne frekvencije kako bi nadoknadio pad tidalnih volumena. Stoga, povećanje spontane respiratorne frekvencije kod pacijenta na PSV-u trebalo bi privući pažnju na mogućnost pogoršanja respiratorne mehanike [15, 17].

Isto tako PSV je općenito loše podnošljiv kod pacijenata s aktivnim bronhospazmom jer postavljena razina podrške tlaka možda nije adekvatna za isporuku dovoljnih tidalnih volumena kod pacijenta s visokim intrinzičnim otporom dišnih putova [17].

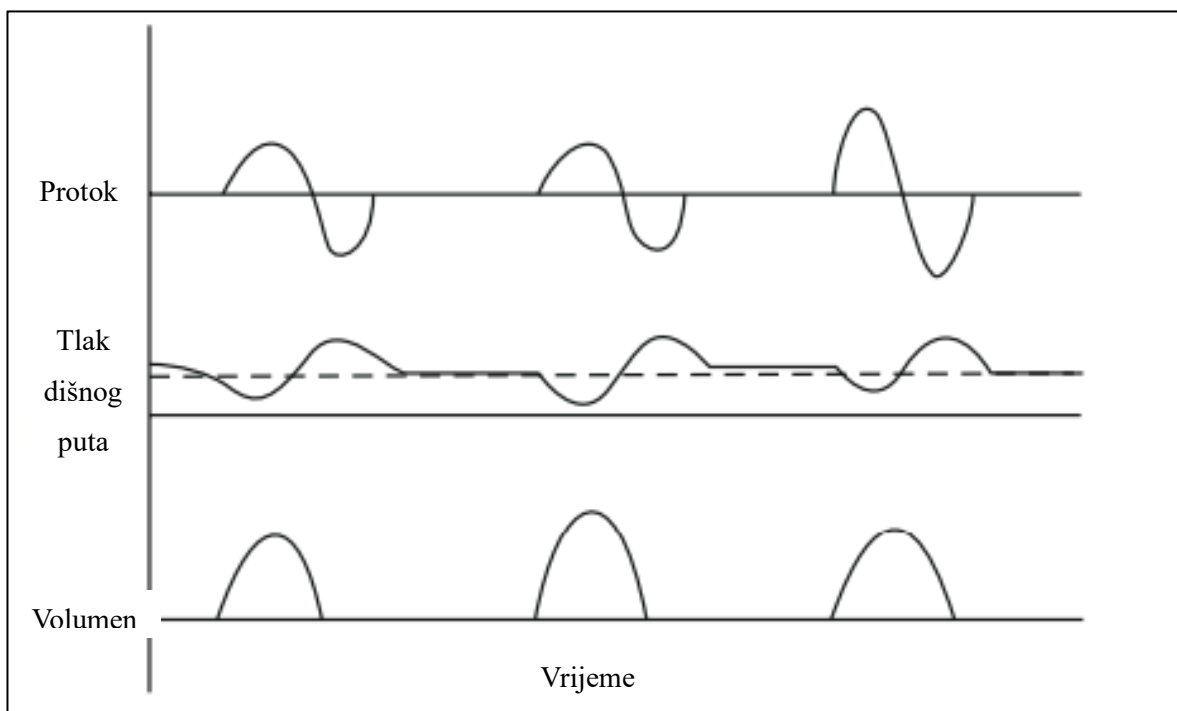
Iako PSV način vjerojatno približava fiziološkom disanju više nego neki drugi načini i dalje može potaknuti ne sinkronizaciju pacijenta s ventilatorom. Kao što je već spomenuto, prelazak iz inspiracije u ekspiraciju događa se kada inspiratorni protok padne na određenu prethodno određenu razinu, obično 25% maksimalne brzine protoka zraka [17].

Kod bolesnika s KOPB-om suženje dišnih putova je široko rasprostranjeno duž traheobronhialnog stabla, što može biti značajno u malim dišnim putovima. To rezultira sporim pražnjenjem pluća, a potrebno je dulje vrijeme za ekspiririj. Također, pluća duže vremena trebaju za punjenje tijekom inspiracije. Uobičajeno je da bolesnici s KOPB-om pokušaju započeti ekspiraciju dok ventilator još uvijek isporučuje udah [17].

7.3.4. Kontinuirani pozitivni tlak u dišnim putovima (Continuous Positive Airway Pressure – CPAP)

Budući da tlak na oba kraja cijevi mora biti jednak kako bi prestalo strujanje zraka, na kraju izdisaja, alveolarni tlak nužno se podudara s atmosferskim tlakom. Na kraju izdisaja, alveolarni tlak je nizak. Kada su alveoli bolesni, imaju tendenciju prijevremenog urušavanja. Tada će doći do hipoksije zbog nesrazmjera ventilacije i perfuzije te prokrvljenosti koja se vraća bez oksigenacije u srce putem plućnih vena. Bolesni alveoli imaju tendenciju potpunog urušavanja jer im nedostaje surfaktant i ako im se dopusti potpuno zatvaranje, potrebna količina sile potrebna za ponovno

otvaranje vjerojatno će biti značajna. Drugim riječima, potrebno je imati puno veći tlak za proširenje bolesnog pluća za određeni volumen nego za proširenje normalnog pluća istim volumenom. Visoki tlak potreban za ponovno otvaranje potpuno zatvorenih alveola tijekom svakog respiratornog ciklusa može prekomjerno rastezati zdrave i elastičnije alveole, predisponirajući na volutraumu i barotraumu. Ako se bolesnim alveolima može spriječiti potpuno urušavanje, to će spasiti pluća od visokih rasteznih tlakova. Povišenjem tlaka na kraju izdisaja kao iznad atmosferskog tlaka podupire pluća kao što je prikazano na Slici 7.3.4.1 što sprječava nestabilne alveolarne jedinice da se uruše. CPAP se može koristiti kako kod intubiranih tako i kod neintubiranih pacijenata. Nazalne i oronazalne maske za CPAP omogućuju primjenu pozitivnog krajnjeg ekspiratornog tlaka plućima pacijenta na neinvazivan način. Budući da je cilj CPAP-a isključivo održavanje pozitivnog tlaka u dišnim putovima na kraju izdisaja, CPAP ne pruža vrstu intermitentnog pozitivnog tlaka tijekom inspiracije na način na koji to čini PSV. Da bi se CPAP uspješno koristio, pacijent treba imati kapacitet za spontano disanje [15].



Slika 7.3.4.1 CPAP,

Izvor: A. Hasan: Understanding Mechanical Ventilation: A Practical Handbook, Springer Publishing, New York, 2010

7.3.5. Bilevel positive pressure ventilation (BiPAP)

BiPAP način ventilacije uključuje ventilaciju pacijenta pozitivnim pritiskom na dva različita nivoa. Budući da je pritisak kontrolna varijabla, bitno je pratiti isporučeni disajni volumen u skladu s odabranim pritiscima, uzimajući u obzir komplijansu pluća i otpor disajnih puteva. Ovaj način ventilacije postao je popularan zbog svoje sigurnosti, smanjujući rizik od barotraume, te omogućujući bolju sinkronizaciju između pacijenta i ventilatora u usporedbi s drugim načinima, poput SIMV-a. Na ventilatoru se podešavaju dva pritiska - inspiratorni pritisak u disajnim putevima (IPAP, ili visoki PEEP) i ekspiratorni pritisak (EPAP, ili niski PEEP), kao i respiratorna frekvencija i trajanje inspirija. Pacijentu je dopušteno spontano disanje na oba nivoa pritiska, uz frekvenciju i volumen koje sam određuje. Ventilator generira respiratorne cikluse sinkronizirane s pacijentovim spontanom disanjem. Ovaj način ventilacije može se kombinirati s pritisno potpornim (PSV) načinom ventilacije, gdje svaki spontani udah podržava određeni pritisak ventilatora ili na visokom ili na niskom pritisku. U slučaju da pacijent prestane disati, ventilacija se nastavlja kontroliranim udahom s postavljenom frekvencijom i volumenom ovisno o postavljenim pritiscima. Ovaj način ventilacije također se koristi za odvikavanje pacijenata od mehaničke ventilacije [15].

7.3.6. Ventilacija s oslobađanjem tlaka u dišnim putovima (Airway Pressure Release Ventilation – APRV)

APRV uključuje periodično oslobađanje tlaka tijekom disanja u CPAP načinu rada. Oslobađanje tlaka može biti vremenski regulirano ili se može dogoditi nakon određenog broja udaha; ovaj drugi način naziva se intermitentna obvezna ventilacija s oslobađanjem tlaka u dišnim putovima (IMPRV), kao i kod SIMV-a obvezni udasi mogu se sinkronizirati s inspiracijskim naporom pacijenta. Udasi u CPAP-u daju se na dva nivoa tlaka - P_{high} i P_{low} . Obvezni udasi započinju vremenskim zatvaranjem ventilskog ventila, a tlak se povećava od P_{low} do P_{high} . Na ovom povišenom nivou CPAP-a (P_{high}), pacijentu se dopušta spontano disanje. Oslobađanje tlaka obično je vremenski regulirano, a na kraju obveznog udaha otvaranje ventilskog ventila smanjuje tlak natrag na P_{low} tijekom kratkog perioda vremena, obično 1–2 s tijekom kojeg pacijent ponovno može spontano disati. Pad tlaka u dišnim putovima s P_{high} na P_{low} omogućuje veće ispiranje CO_2 . Način rada sposoban je pružiti djelomičnu ili potpunu ventilacijsku potporu. Pacijenti često dobro usklađuju s uređajem, smanjujući potrebu za jakom sedacijom ili paralizom. Tlakovi u dišnim putovima su, sveukupno, niži. Budući da je izdisanje skraćeno, nedostatak je, naravno, da može doći do zadržavanja zraka ili pogoršanja kod pacijenata koji imaju ograničenje protoka zraka.

Volumeni udara mogu biti neujednačeni kada su respiratorna mehanika nestabilna, a u takvim situacijama potrebno je pažljivo praćenje [15].

7.3.7. Ventilacija pod kontrolom tlaka (Pressure Controlled ventilation – PCV)

U PCV-u liječnik samo neizravno kontrolira tidalni volumen. Postavlja se određena granica tlaka. Tijekom inspiracije koju isporučuje ventilator, kako zrak ulazi u pluća, tlak u dišnim putovima brzo raste, dosežući predodređenu razinu tlaka kontrole. Taj se tlak održava tijekom cijele inspiracijske faze. Granica tlaka, respiratorna frekvencija i vrijeme inspiracije postavljeni su od strane liječnika [18].

Unutar određenog vremena inspiracije, viša postavljena granica tlaka omogućuje veće punjenje pluća, više zraka može ući u pluća prije nego što protok zraka počne usporavati pa su tidalni volumeni veći. Stoga kod pacijenta s stabilnom mehanikom pluća tidalni volumen povećava se ako je gornja granica tlaka postavljena visoko, a smanjuje ako je postavljena na nisku razinu [18].

Za određenu granicu tlaka kontrole i vrijeme inspiracije, ventilator će moći uvesti više zraka ako su pluća zdrava i rastezljiva nego ako su tvrda i neelastična. Iz tog razloga tidalni volumeni kod opstrukcije dišnih putova bit će niski, tlak u dišnim putovima puno brže raste kada se zrak gura u sužene dišne putove, granica tlaka doseže se relativno rano tijekom inspiracije [18].

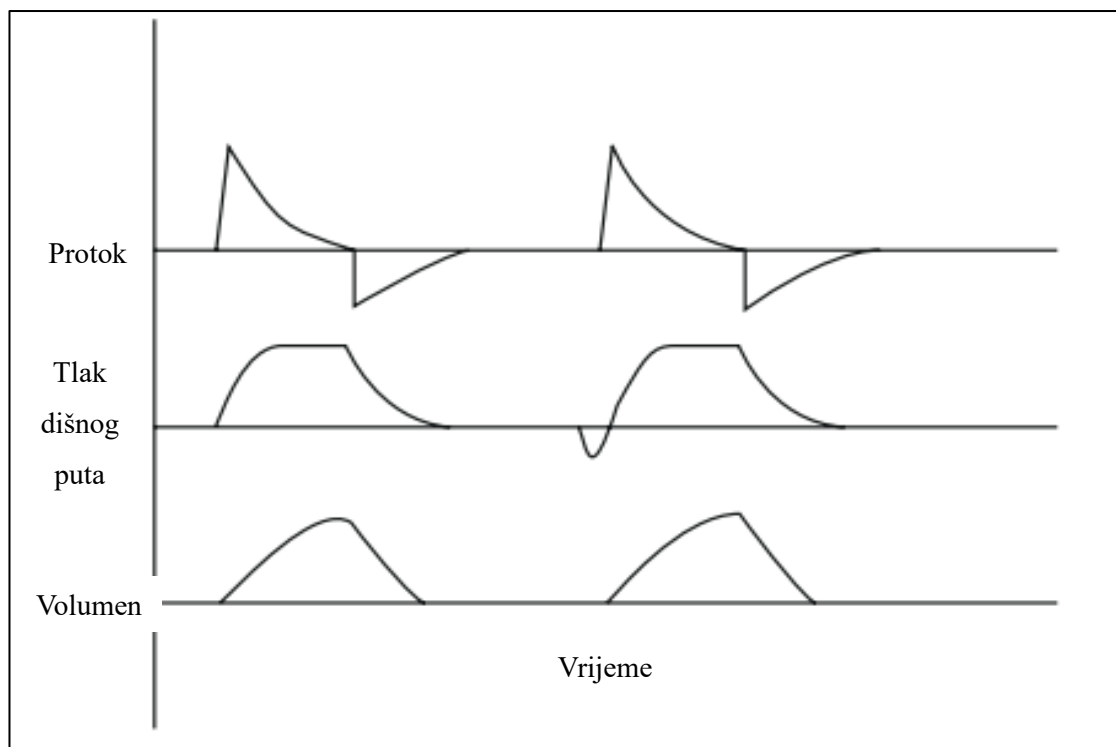
Od trenutka kada se doseže granica tlaka, inspiratorni protok postupno usporava kako bi se održala postavljena razina tlaka unatoč rastezanju pluća. Sporiji protok unutar dostupnog vremena inspiracije rezultat će manjim tidalnim volumenima [18]. Ovaj način rada prikazan je na Slici 7.3.7.1

Prednost PCV-a leži u garanciji da će maksimalni tlak ostati zadan i nikada neće premašiti postavljenu granicu tlaka. Rizik od barotraume i drugih neželjenih događaja povezanih s visokim intratorakalnim tlakovima time se minimizira. Relativni značaj maksimalnog tlaka u usporedbi s pauzalnim tlakom u nastanku barotraume [18].

Glavna mana PCV-a je što kod pacijenta s nestabilnom ili promjenjivom mehanikom pluća svaka značajna fluktuacija u plućnoj komplijansi ili otporu dišnih putova izravno utječe na isporučene tidalne volumene. Tidalni volumeni mogu značajno varirati s promjenama u komplijansi ili otporu, što rezultira neželjenim promjenama u minutnoj ventilaciji [18].

Važno je napomenuti da je ventilacija kontrolirana tlakom vremenski ciklična, što znači da se inspiratorni udah prekida nakon što je prošlo određeno vrijeme, dok je ventilacija kontrolirana

volumenom ciklična po volumenu što znači da se inspiracija završava tek kada je isporučen postavljeni tidalni volumen [18].



Slika 7.3.7.1 PCV način rada,

Izvor: A. Hasan: Understanding Mechanical Ventilation: A Practical Handbook, Springer Publishing, New York, 2010

7.3.8. Proporcionalno asistirana ventilacija (Proportional Assist Ventilation - PAV)

U ovom načinu rada isporuka tlaka, protoka i volumena diktirana je naporom pacijenta. Osim toga kliničar određuje koliko ventilator mora pojačati ove varijable u odgovoru na pacijentov inspiracijski napor i postojeću mehaniku pluća. Ventilator pojačava protok (koji prevladava otporni rad) i volumen (koji prevladava elastični rad) [18].

Povećanje protoka i volumena je u izravnoj proporciji s naporom pacijenta, stoga je netaknuta respiratorna poticajna snaga ključna za uspješno korištenje ovog načina rada. Ventilator kontinuirano prati pacijentovu mehaniku pluća u stvarnom vremenu i oblikuje konture valne forme izdaha udisaja po udahu [18].

Postavke ventilatora usmjerene su na prevladavanje određenog dijela elastičnog i otpornog rada disanja. Tipično početno postavljanje od 80% osigurat će da ventilator obavi 80% rada. Ako se respiratorna mehanika i stoga rad disanja promijeni, pacijent će i dalje obaviti ne više od 20%

ukupnog rada. Stoga se PAV način rada najčešće koristi s ciljem uravnoteženja pacijentovog rada disanja. Budući da su varijable (tidalni volumen, inspiracijski protok, inspiracijsko vrijeme i ekspiracijsko vrijeme) kontrolirane od strane pacijenta, ovaj način rada promovira bolju sinkronizaciju pacijent – ventilator [18].

Očiti nedostatak ovog načina rada je da se ne može primijeniti kod pacijenata s nedostatnim respiratornim poticajem. S druge strane, može doći do prekomjerne potpore ako se mehanika pluća iznenada poboljša. Prekomjerna potpora može se također pojaviti kada postoje zračni propusti i može doći do automatskog cikliranja [18].

7.4. Odvajanje od mehaničke ventilacije

Odvajanje je termin koji se koristi za opisivanje cijelog procesa oslobađanja pacijenta od mehaničke ventilacije. Odvajanje je izuzetno važan proces jer produžena ventilacija može povećati rizik od razvoja barotraume, upale pluća, ozljeda dušnika i propadanja mišićno-koštanog sustava. Dodatno odgađanje odvikavanja pacijenta povezano je s većim razinama morbiditeta, mortaliteta i boravka u bolnici [19].

Godine 2005. održana je Međunarodna konsenzusna konferencija o intenzivnoj medicini. Glavna tema te konferencije bilo je odvikavanje pacijenata s mehaničke ventilacije. Konferencija je zaključila da se proces odvikavanja može podijeliti na šest koraka. Koraci su sljedeći:

- pružiti pacijentu odgovarajući tretman za akutno respiratorno zatajenje
- razmotriti odvikavanje što je ranije moguće
- procijeniti spremnost pacijenta za odvikavanje
- provesti test spontanog disanja (SBT)
- ekstubacija pacijenta
- eventualna ponovna intubacija, ako je potrebno [19].

Za procjenu spremnosti pacijenta za odvikavanje postoje razni prediktori odvikavanja. Prediktori odvikavanja se znatno razlikuju između različitih jedinica intenzivne njege i među kliničarima. Indeks brzog i plitkog disanja (RSBI) je omjer frekvencije i volumena udaha (f/VT) i vrlo je važan prediktor odvikavanja. RSBI vrijednost manja od 105 smatra se prediktorom uspješnog odvikavanja. RSBI vrijednosti od 105 ili veće predviđaju neuspješno odvikavanje. RSBI je samo dio kliničke procjene spremnosti pacijenta za odvikavanje, a rezultati RSBI-a nisu potpuno indikativni za ishod odvikavanja. Trenutno se koriste tri metode prilikom izvođenja SBT-a. Te metode uključuju upotrebu invazivne ventilacije s niskom potporom tlaka, upotrebu T-nastavka ili

upotrebu kontinuiranog pozitivnog tlaka u dišnim putovima (CPAP). Nakon odabira metode, sljedeći kriteriji moraju biti ispunjeni minimalno trideset minuta kako bi SBT bio uspješan:

- stopa disanja manja od 35 udaha u minuti
- broj otkucaja srca manji od 140 u minuti ili varijabilnost otkucaja srca veća od 20%
- zasićenje kisikom veće od 90%
- sistolički tlak između 80-180 mmHg ili manje od 20% promjene u odnosu na baznu vrijednost
- dobra tolerancija na SBT
- nema znakova distresa ili povećanog napora disanja [20].

Neuspjeh odvikavanja opisuje slučajeve u kojima pacijent nije uspio prekinuti mehaničku ventilaciju ili zahtijeva ponovnu intubaciju unutar 24-72 sata nakon uklanjanja endotrahealne cijevi. Neuspjeh odvikavanja definiran je neuspješnim SBT-om. Slučajevi u kojima je potrebna ponovna intubacija unutar prvih 72 sata nakon ekstubacije također se mogu nazvati neuspjehom ekstubacije. Neuspjeh ekstubacije javlja se kod 2-25% pacijenata. Neuspjeh ekstubacije može biti uzrokovan razlikom između kapaciteta dišnih mišića i napora disanja, opstrukcijom gornjih dišnih putova, prekomjernim izlučevinama, encefalopatijama, disfunkcijom srca i nedostatnim kašljem. Pacijenti s neuspjehom ekstubacije imaju povećane stope mortaliteta i morbiditeta, produljen boravak u jedinici intenzivne njege i bolnici, produljenu mehaničku ventilaciju i povećanu potrebu za traheostomijom. Treba napomenuti da čimbenici rizika za neuspjeh ekstubacije uključuju pedijatrijske pacijente, dob stariju od 70 godina, produljenu mehaničku ventilaciju, kontinuiranu intravensku sedaciju i anemiju [20, 21].

7.5. Komplikacije mehaničke ventilacije

Iz mehaničke ventilacije pacijenata može proizaći mnoštvo komplikacija. U te komplikacije spadaju navedena stanja.

- **Barotrauma**

Barotrauma je ozljeda pluća koja proizlazi iz visokog transpulmonalnog tlaka uzrokovanog povišenim tlakom inflacije pluća kod ventiliranih pacijenata. To dovodi do prekomjernog proširenja pluća i rezultira curenjem zraka. Barotrauma može dovesti do puknuća alveola, pneumotoraksa, pneumomediastinuma i potkožnog emfizema. Barotraumu je moguće spriječiti pažljivim kontroliranjem vrijednosti tlaka inflacije [22].

- **Volutrauma**

Volutrauma je termin koji se koristi za opisivanje stanja u kojem su alveoli prekomjerno prošireni. Kako se prekomjerna ekspanzija događa, veza između alveolarnog epitela i vaskularnog endotela počinje se razdvajati. To rezultira formiranjem alveolarnog i intersticijalnog edema [22].

- **Atelektrauma**

Atelektraumu definiramo kao oštećenje pluća zbog smičnih sila dok susjedni alveoli kolapsiraju i šire se tijekom mehaničke ventilacije. Nju možemo spriječiti korištenjem PEEP-a. Nejednolikost u plućima povećava rizik od razvoja atelektraume zbog smičnih sila i nejednolikog napuhavanja alveola [22].

- **Biotrauma**

Biotrauma opisuje nepovoljan upalni odgovor na ozljedu pluća. Ova ozljeda pluća uzrokuje aktivaciju citokina i drugih upalnih medijatora. Ovaj štetni upalni odgovor može se proširiti na druge organe u tijelu i izazvati disfunkciju više organa. Biotrauma je povezana s povećanjem smrtnosti kod pacijenata koji su mehanički ventilirani [22].

- **Ventilatorom izazvana pneumonija**

Pneumonija povezana s ventilatorom (VAP) je nastanak pneumonije više od 48 sati nakon početka ventilacije. Da bi se dijagnosticirao VAP, pacijent ne smije biti dijagnosticiran s pneumonijom prije ili tijekom intubacije. VAP je povezan s povećanom smrtnošću i morbiditetom i može se VAP se može podijeliti u dvije kategorije: rani početak VAP-a i kasni početak VAP-a. Rani početak VAP-a javlja se unutar prvih 96 sati i povezan je s boljom prognozom od kasnog početka VAP-a koji se pojavljuje nakon prvih 96 sati. Kasni početak VAP-a povezan je s većim rizikom od infekcije uzrokovane otpornim patogenom i većom stopom smrtnosti [22].

- **Hemodinamski kompromis**

Kontinuirano praćenje krvnog tlaka kod pacijenta na mehaničkoj ventilaciji vrlo je važno jer je hemodinamski kompromis moguća komplikacija mehaničke ventilacije. Nakon endotrahealne intubacije, pritisak desne pretkomore raste što rezultira smanjenim preopterećenjem srca, što pak pogoršava hemodinamiku unutar pacijenta. Još jedan uzrok hemodinamskog kompromisa može proizaći iz uporabe sedacije i analgezije tijekom ventilacije. Sedacija i analgezija mogu smanjiti tonus arteriola. Hemodinamski kompromis, kao komplikacija mehaničke ventilacije, obično je posljedica inherentne komorbidnosti pacijenta kao i statusa napunjenosti srca. Kod primjećivanja

bilo kakve promjene u hemodinamici kod pacijenta na ventilaciji treba provesti temeljitu istragu potencijalnih uzroka hemodinamskog kompromisa [23].

8. Zdravstvena njega pacijenta na mehaničkoj ventilaciji

Jedna trećina pacijenata primljenih u jedinicu intenzivnog liječenja u svijetu treba liječenje mehaničkom ventilacijom. Mehanička potpora respiratora jedna je od glavnih indikacija za prijem u jedinicu intenzivnog liječenja. Kontinuirani razvoj mehaničkih respiratora i njihova klinička uporaba ključni su čimbenici za razvoj i rast intenzivne skrbi i respiratornih profesija. Mehanički respirator je uređaj za disanje s pozitivnim ili negativnim tlakom koji može održavati ventilaciju i isporuku kisika dulje vrijeme. Neophodan je za podršku pacijentima pri disanju kada ne mogu sami ventilirati i oksigenirati zbog kritične bolesti ili operacije. Obično se pacijent intubira prije nego što se priključi na respirator. Endotrahealna cijev ili traheostomska cijev povezana je cijevima za kisik s respiratorom. Ako pacijent ima znakove respiratornog zatajenja ili kompromitiranog dišnog puta, indicirana je endotrahealna intubacija i mehanička ventilacija. Ovaj klinički dokaz može biti potkrijepljen kontinuiranim smanjenjem oksigenacije (PaO_2), povećanjem razine ugljičnog dioksida u arterijama (PaCO_2) i perzistentnom acidozom (smanjeni pH). Mehanički respiratori tradicionalno su klasificirani prema načinu na koji podržavaju ventilaciju. Dvije opće kategorije su ventilatori s negativnim i pozitivnim tlakom. U međuvremenu, pacijent ostaje na respiratoru dok ne može samostalno disati [24].

Iako mehanička ventilacija može spasiti živote, ona također nosi nekoliko nuspojava i komplikacija kao što su asinkronija, auto-PEEP (pozitivan tlak na kraju izdisaja), barotrauma, hemodinamska nestabilnost, nozokomijalne infekcije, anksioznost, stres, deprivacija sna, čirevi, gastritis, pothranjenost, dekondicioniranje mišića i ovisnost o ventilaciji [24]. Povišeni intratorakalni tlak može dovesti do sistemskog edema jer je venski povrat smanjen, što često rezultira produljenom mehaničkom ventilacijom, povećanom smrtnošću, produljenim boravkom u bolnici i visokim troškovima za pacijenta. U razvijenim zemljama 2 do 3 milijuna pacijenata na jedinicama intenzivne njege godišnje primi invazivnu mehaničku ventilaciju uz procijenjene troškove od 15-27 milijardi dolara [25].

Liječenje kritično bolesnih pacijenata postalo je sve važnije u modernim medicinskim sustavima i sustavima skrbi. Medicinske sestre u jedinicama intenzivnog liječenja imaju ključnu ulogu u poboljšanju učinkovitosti mehaničke ventilacije, sprječavanju ozljeda i optimiziranju zdravstvenih ishoda pacijenata. Vještine i znanja zdravstvenih timova u vezi sa zdravstvenom negom pacijenta na mehaničkom respiratoru i kliničkim statusom pacijenata omogućuju im odgovarajuće podešavanje postavki respiratora kako bi se maksimizirale prednosti respiratorske potpore uz minimaliziranje komplikacija.

Znanje medicinskih sestara o funkcijama i ograničenjima načina rada respiratora, uzrocima distresa, disinkroniji s mehaničkom ventilacijom i odgovarajućem upravljanju omogućuje im pružanje visokokvalitetne skrbi. Kako su medicinske sestre na prvoj liniji u skrbi za pacijenta i upravljanju s respiratorom, ključno je prepoznati probleme poput respiratornog distresa, dispneje i pojačanog rada disanja te intervencije koje treba poduzeti za rješavanje tih problema. Dakle, medicinske sestre koje pružaju zdravstven njegu pacijentima na mehaničkoj ventilaciji moraju razumjeti osnovne postavke respiratora, uključujući način rada, postavke i alarme. Također je važno biti vješt u brzom prepoznavanju i rješavanju uobičajenih problema povezanih s pacijentima i respiratorom kako bi se pružila optimalna skrb usmjerena na pacijenta i spriječile komplikacije.

Glavni ciljevi zdravstvene njege za pacijente s endotrahealnom intubacijom i/ili traheostomijom koji primaju mehaničku ventilaciju uključuju poboljšanje izmjene plinova, održavanje prohodnosti dišnih putova, prevenciju traume, promicanje optimalne komunikacije, minimiziranje tjeskobe i odsutnost srčanih i plućnih komplikacija [26]. Sljedeći su prioriteti u njezi pacijenata koji primaju mehaničku ventilaciju:

- osiguravanje slobodnog dišnog puta i pravilnog postavljanja endotrahealnog tubusa,
- praćenje i upravljanje pacijentovim respiratornim statusom, uključujući procjenu plućnih zvukova, razine zasićenosti kisikom i praćenje ugljičnog dioksida,
- praćenje i upravljanje razinama sedacije i kontrole boli za udobnost pacijenta i za promicanje sinkronizacije s respiratorom,
- procjena i upravljanje svim mogućim komplikacijama ili hitnim slučajevima, kao što je pomicanje cijevi, pneumotoraks ili opstrukcija dišnih putova, te brzo pokretanje odgovarajućih intervencija,
- sprječavanje komplikacija povezanih s mehaničkom ventilacijom, kao što je upala pluća povezana s respiratorom i ozljeda pluća izazvana respiratorom,
- suradnja sa zdravstvenim timom na optimizaciji postavki respiratora, protokola za odvikavanje i procjene spremnosti za ekstubaciju, uz pružanje stalne edukacije i podrške pacijentu i obitelji [26].

Kod bilo kojeg invazivnog postupka, priprema je ključ uspješnog ishoda. Priprema bi trebala uključivati procjenu opreme i zaliha mehaničke ventilacije, osiguravajući odgovarajući inventar i organizaciju; prikupljanje potrepština za zdravstvenu njegu uz krevet; i razvoj protokola ustanove i obrazovanje kliničkog i medicinskog osoblja kako bi se osiguralo upoznavanje i poznavanje protokola [26].

Respirator za intenzivnu njegu kapitalni je trošak za zdravstvenu ustanovu, a kao i svaka investicija, ovaj stroj zahtijeva održavanje kako bi se osiguralo da bude spreman za upotrebu kada je to potrebno. Pacijent kojem je potrebna mehanička ventilacija ne može čekati naručivanje zaliha ili koordinaciju popravaka, mora biti spreman u trenutku kada je potreban. Važan aspekt pripreme za svakog pacijenta kojem je potrebna mehanička ventilacija je redovita provjera broja, funkcije i sterilnosti potrošnog materijala. Proizvodi se često mogu ponovno obraditi samo određeni broj puta prije nego što se performanse pogoršaju, zbog čega je važno voditi detaljne informativne zapise o tome koliko je puta neki proizvod korišten i uvijek imati sigurnosnu kopiju pri ruci. Važno je dodijeliti pojedinačnog člana osoblja za održavanje respiratora [27]. Ova bi osoba trebala nadzirati zdravstvenu njegu i održavanje stroja, kao i popis zaliha za zdravstvenu ustanovu. Posjedovanje sustava za pregled, naručivanje i organiziranje ovog inventara pomoći će u osiguravanju održavanja odgovarajućih količina.

8.1. Procjena medicinske sestre

Medicinska sestra često je odgovorna za praćenje mehanički ventiliranih pacijenata. Dok su instrumenti i monitori korisni u promatranju trendova i promjena iz minute u minutu, iskusna medicinska sestra ključna je u ukupnoj procjeni pacijenata. Promjene u parametrima bolesnika treba istražiti, a liječnika treba odmah obavijestiti. Zdravstvena njega može biti ograničena veličinom pacijenta, reakcijom na podražaj ili drugim čimbenicima [28].

Mehanički ventilirani pacijenti osjetljivi su na infekcije povezane s uređajem, kao što su infekcije mokraćnog sustava povezane s kateterom, infekcije krvotoka povezane sa središnjom linijom i druge infekcije krvotoka. Odgovarajuća higijena ruku je imperativ. Preporuča se uporaba rukavica za pregled kod svakog ventiliranog pacijenta; međutim, korištenje rukavica ne smije se koristiti umjesto odgovarajuće higijene ruku. Higijena ruku identificirana je kao jedan od najvažnijih koraka za smanjenje rizika od različitih bolničkih infekcija [29]. Unatoč svim koristima, pridržavanje higijene ruku i dalje se smatra problemom.

Korištenje rukavica povezano je sa smanjenom usklađenošću s pranjem ruku i izbjicanjem bakterija otpornih na više lijekova. Iako se korištenje rukavica često smatra alternativom pranju ruku, nužno je oprati ruke prije i odmah nakon skidanja rukavica, jer se ruke kontaminiraju u procesu skidanja rukavica. Važno je uzeti u obzir da postoje različiti režimi higijene ruku koji su jednako učinkoviti u smanjenju bakterijskog opterećenja na rukama. Ponuda raznih proizvoda uključujući blagi, hidratantni sapun bez mirisa i sredstva za dezinfekciju ruku uz bolesnikov krevet i na drugim ključnim mjestima može poboljšati suradljivost [29].

Zdravstvena njega i dnevno praćenje pacijenta imperativ je za prepoznavanje promjena u statusu bolesnika i provođenje ranih intervencija. Kod svakog mehanički ventiliranog bolesnika potrebno je pratiti najmanje elektrokardiograf (EKG), kapnografiju (EtCO₂) i pulsni oksimetar (SpO₂). Često se dodatno prate pogonski tlakovi, transpulmonalni tlakovi i petlje tlaka i volumena kako bi osigurali odgovarajući pozitivni tlak na kraju izdisaja i spriječili prekomjerni tlak distenzije [26].

Kontinuiranim EKG-om prate se otkucaji i ritam srca, što omogućuje medicinskoj sestri da identificira eventualne aritmije koje se mogu razviti. Zvučni ton pulsa, uz alarme postavljene na upozorenje za visoki i niski broj otkucaja srca za pacijenta, pruža mogućnost da se promjene odmah prepoznaju. Ispitivanje promjena u brzini otkucaja srca može uključivati ispitivanje doziranja lijekova i procjenu razine boli, sedacije i anksioznosti bolesnika. Bolesniku također treba procijeniti hemodinamsku stabilnost [26].

Arterijski krvni tlak može se pratiti invazivno preko arterijskog katetera ili neinvazivno putem oscilometra. Invazivno mjerenje krvnog tlaka zlatni je standard i trebalo bi ga koristiti za najtočnije mjerenje krvnog tlaka. Ventilacija s pozitivnim tlakom povezana je s povećanim intratorakalnim tlakom tijekom udisaja i može dovesti do smanjenog venskog povratka, minutnog volumena srca i sekundarne hipotenzije. Varijacija pulsog tlaka, koja kvantificira promjene u arterijskom pulsnom tlaku tijekom mehaničke ventilacije, jedna je od dinamičkih varijabli koje mogu predvidjeti reakciju tekućine. Takva analiza može pomoći u prepoznavanju hipovolemije i pružiti uvid u pacijentov odgovor na terapiju tekućinom. Općenito je prihvaćeno da pad sistoličkog krvnog tlaka veći od 10 mmHg tijekom udisaja u usporedbi s izdisajem ukazuje na reakciju na tekućinu [26]. U bolesnika kod kojih se ne može postaviti arterijski kateter, kao alternativa može se koristiti neinvazivno praćenje krvnog tlaka putem oscilometra.

Status intravaskularnog volumena i hidratacija mogu se pratiti serijskim tjelesnim težinama, fizičkim pregledima, procjenama postotka dehidracije, ultrazvukom prsnog koša uključujući omjer lijevog atrijskog i korijena aorte. Varijacija udarnog volumena, varijacija pulsog tlaka i indeks pletizmografske varijabilnosti mogu biti korisni u procjeni reakcije na tekućinu kod mehanički ventiliranih pacijenata. Mehanička ventilacija s pozitivnim tlakom povezana je s retencijom natrija i vode, kao i plućnim edemom, osobito kada su potrebne tekućine i/ili kateholamini za održavanje odgovarajuće hemodinamske potpore. Sindrom neodgovarajućeg antidiuretskog hormona također je viđen u vezi s upalom pluća i mehaničkom ventilacijom [30]. Može biti uzrokovan poremećajima središnjeg živčanog sustava, plućnom bolešću, kao nuspojava lijekova kao što su opiodi ili kao rezultat same ventilacije pozitivnim tlakom. Ovi pacijenti mogu izgledati dovoljno

hidrirani ili pokazivati znakove zadržavanja tekućine (debljanje), smanjeno izlučivanje urina s povišenom specifičnom težinom urina. Može biti indicirano liječenje niskom dozom furosevida (0,1–0,5 mg/kg IV prema potrebi). Praćenje ukupnog primijenjenog volumena tekućine i njegova usporedba s ukupnim proizvedenim volumenom tekućine koristan je način za prepoznavanje jesu li pacijentove potrebe za tekućinom zadovoljene [30]. To se često naziva praćenjem ulaza i izlaza tekućine, a kada se procjenjuju kao dio ukupnog statusa pacijenta, ova mjerenja mogu ponuditi uvid u potrebe pacijenta za tekućinom.

Frekvenciju disanja i napor važno je pratiti osobito ako je pacijent na režimu koji dopušta spontano disanje. Mehanički respirator za intenzivnu njegu pružit će neke informacije o spontanom udisajima, kao što su volumen izdisaja i vršni tlakovi; međutim, bilo kakva promjena u pacijentovom naporu trebala bi zahtijevati ispitivanje koje može uključivati auskultaciju prsnog koša na bilo kakvo zviždanje, pucketanje, pojačane ili smanjene plućne zvukove [28]. Sve primijećene promjene mogu zahtijevati izvođenje torakalne radiografije.

Unatoč svojim ograničenjima, pulsna oksimetrija važan je neinvazivni alat za praćenje oksigenacije u mehanički ventiliranog bolesnika. Zlatni standard za praćenje oksigenacije je parcijalni tlak arterijskog kisika izmjeren na uzorku arterijske krvi. Međutim, uzorkovanje plina arterijske krvi je invazivno, a periferna saturacija kisikom može se pratiti kontinuirano, neinvazivno i s relativnom točnošću u hemodinamski stabilnim stanjima pulsni oksimetrom. Nakon početne stabilizacije na respiratoru, obično cilj od 95 % periferne saturacije kisikom treba biti cilj tijekom mehaničke ventilacije kako bi se ublažili rizici između hipoksije i hiperoksije [28].

Prilikom početne stabilizacije pacijenta na mehaničkom respiratoru, često uzorkovanje plina arterijske krvi često pomaže liječniku da prilagodi postavke respiratora kako bi optimizirao oksigenaciju i ventilaciju. Uz kontinuirano praćenje krvnog tlaka, arterijski kateter može se koristiti za uzorkovanje plina arterijske krvi. Ova procjena također je korisna za procjenu acidobaznog statusa i elektrolita pacijenta [27].

Tjelesna temperatura može se pratiti povremeno ili kontinuirano pomoću višeparametarskog monitora. Potencijalni uzroci povećanja temperature mogu uključivati novu infekciju (pireksiju), disinkroniju pacijent/respirator ili pogoršanje temeljnog bolesnog procesa. Hipertermija je povezana s odgođenim odvikavanjem od ventilacijske potpore. Važno je identificirati mogući uzrok povišene temperature, budući da hipertermija i pireksija mogu zahtijevati drugačiji pristup liječenju. Ponovna provjera rendgenskih snimaka, broja bijelih krvnih stanica ili koncentracije c-reaktivnog proteina može pomoći u razlikovanju pireksije od hipertermije [28]. Liječenje

hipertermije uključuje mjere aktivnog hlađenja, prilagodbu sedacije i/ili načina i postavki ventilatora. Kako su pacijenti na mehaničkoj ventilaciji izloženi većem riziku od razvoja nozokomijalnih infekcija, liječenje pireksije može uključivati ispitivanje izvora infekcije.

Također treba pratiti mentalni status, kao i razinu boli i sedacije. Za jako sedirane pacijente treba pratiti dubinu anestezije, a pacijente treba držati na najmanjoj potrebnoj sedaciji. Za bolesnike s drugim komorbiditetima koji ne zahtijevaju tešku sedaciju ili punu anesteziju za održavanje odgovarajuće mehaničke ventilacije kroz traheostomsku cijev, praćenje stanja u obliku Glasgow koma skale može biti korisno. Za pacijente koji se mogu ventilirati dok su budniji, praćenje bilo kakvih promjena u mentalnom sustavu može biti pokazatelj pogoršanja ili poboljšanja prognoze. Protokoli sedacije pokreću se zavisno od pacijenta do pacijenta, s ciljem brzog liječenja boli, pružanja odgovarajuće sedacije za anksioznost i smanjenja kardiovaskularnih nuspojava. U humanoj medicini medicinske sestre podcjenjuju bol pacijenata, unatoč velikom postotku pacijenata na intenzivnoj njezi koji su prijavili da osjećaju bol [28]. Postoje ograničenja za izravnu primjenu specifičnih komponenti skrbi, kao što je komunikacija s pacijentima za procjenu potrebe za boli ili sedacijom, fizička ograničenja za pozicioniranje i početak fizikalne terapije.

8.2. Sestrinski problemi

Glavni sestrinski problemi uočeni kod mehaničke ventilacije uključuju hemodinamsku nestabilnost zbog ventilacije pozitivnim tlakom, infekcije (povezane s ventilatorom i/ili stečene u bolnici), pneumotoraks, ozljedu pluća izazvanu ventilatorom, nuspojave lijekova i nemogućnost prekida ventilacijske potpore. Ostale komplikacije mogu uključivati poremećaje kože uzrokovane produljenim ležećim položajem ili edemom, povećan rezidualni volumen želuca i komplikacije venskog ili arterijskog katetera. Ako pacijenta treba mehanički ventilirati dulje od 3 dana, može doći do rasprave o izvođenju traheostomije, u kojem slučaju medicinsko osoblje može pripremiti svu opremu za postavljanje traheostome i zdravstvenu njegu [31].

Bolesnici koji su dulje vrijeme mehanički ventilirani pod utjecajem su mnogih fizičkih negativnih čimbenika. Polineuropatija i generalizirana slabost zbog nepokretnosti su među glavnim problemima koji se javljaju. Dodatne ozljede mogu uključivati dekubituse, fekalne ili urinarne ojedine i periferne edeme. Pasivni opseg pokreta može pomoći kod aktivnih mišićnih vlakana i smanjiti ukočenost zglobova. Promjena položaja tijela poboljšat će ventilaciju, potaknuti čišćenje plućnog sekreta, povećati oksigenaciju i povećati volumen pluća. Redovita rotacija pacijenata može pomoći u smanjenju pritiska i riziku od stvaranja dekubitusa u specifičnim

zonama rizika uključujući: kožu koja prekriva skapulohumeralni zglob, trtičnu kost, veliki trohanter, petu, laktove i rebra [31]. Korištenje antidekubitalnih pomagala za smanjenje pritiska također će biti korisno za ukupnu udobnost pacijenta.

Vaskularni pristup može predstavljati izazov u kritičnih bolesnika iz mnogo razloga. Briga o kateterima je imperativ za trajnu njegu i sigurnost bolesnika. Preporučuje se sustavna procjena kliničkih problema i zamjena vaskularnih katetera kada je indicirana. Za središnje venske katetere, uspostavljanje protokola za postavljanje, rukovanje i održavanje, osim što osigurava da je osoblje upoznato s protokolima, ključno je za smanjenje rizika od komplikacija. Nekim pacijentima postavljaju se arterijski kateteri za izravno praćenje krvnog tlaka i serijsko uzimanje plinskih uzoraka arterijske krvi. Zdravstvena njega ovih katetera često uključuje planirano ispiranje i procjenu u potrazi za znakovima gubitka prohodnosti, flebitisa, boli ili krvarenja [31]. Ovisno o procesu bolesti, neki pacijenti mogu imati niz dodatnih katetera, cjevčica ili drenova za upravljanje. Prema potrebi potrebno je pratiti mjesto umetanja radi razvoja otekline, crvenila ili iscjetka, promjena u mjestu postavljanja i promjena zavoja.

Oralna njega se koristi za smanjenje bakterijskog opterećenja u ustima i time smanjuje rizik od ulaska kontaminiranih oralnih sekreta u traheju oko endotrahealnog tubusa ili prilikom oralne intubacije pacijenta. Oralna njega također može održavati tkivo usta vlažnim. Higijena ruku pri rukovanju pacijentovim ustima, endotrahealnim tubusom i ostalom opremom važna je za sprječavanje daljnje kolonizacije usta. Standardizirana oralna njega implementirana je u humanu medicinu upotrebom unaprijed zapakiranih setova dizajniranih za korištenje tijekom 24 sata ili setova izrađenih u ustanovama sa svim potrebnim priborom. Protokoli oralne njege trebali bi uključivati pravilnu tehniku orofaringealne sukcije i mehaničko čišćenje svih površina u ustima, obično u intervalima od 4-8 h [32].

Zbrinjavanje mokraćnog mjehura važan je detalj kod zdravstvene njege mehanički ventiliranog bolesnika. Urinarni kateter se može postaviti kako bi se pacijent održavao čistim i suhim, može smanjiti količinu manipulacije potrebne za ručno izbacivanje mokraćnog mjehura i može biti alat koji se koristi za procjenu statusa hidracije. Iako su korisni, urinarni kateteri nisu bez rizika. Infekcije povezane s kateterom rezultiraju produljenom hospitalizacijom i povećanim medicinskim troškovima [32].

O prehrani bi se trebalo pozabaviti rano tijekom mehaničke ventilacije jer je vjerojatno korisna za oporavak. Pacijenti su već suočeni s rizicima razvoja oslabljenih respiratornih mišića dok dolazi do produljene sedacije i ventilacije, a pothranjenost može pogoršati te učinke. Prehrana se može

davati parentalno putem centralne linije ili enteralno. U nekim je slučajevima parenteralna nužna, ali postoje mnogi potencijalni rizici povezani s njezinom primjenom. Enteralna prehrana je sigurniji i poželjniji put kod većine bolesnika [32].

Važan dio zdravstvene njege pacijenta na mehaničkoj ventilaciji je detaljno vođenje evidencije i sestrinske dokumentacije. Uz standardnu shemu liječenja koja bi uključivala tretmane svakih sat vremena, plan zdravstvene njege i lijekove, mehanički ventiliranim pacijentima može koristiti određena lista toka ventilatora. Shema protoka ventilatora treba imati odgovarajuću oznaku pacijenta, datum i broj stranice. Trebao bi sadržavati informacije o postavkama stroja za održavanje pacijenta, kako pacijent reagira na te postavke i osnovne bilješke o praćenju bolesnika i njezi. Snimljena očitavanja mogu se uzeti u bilo kojem željenom intervalu koji liječnik odabere. Ako je slučaj dinamičan i zahtijeva mnogo promjena u planu liječenja, mogu se indicirati češća očitavanja (5–15 min) [33]. Ako je slučaj stabilniji, rjeđa očitavanja (15–60 min) mogu biti prikladna. To će omogućiti brzi pregled trendova i ranu identifikaciju problema tako da se, uz nadzor liječnika, mogu izvršiti prilagodbe u planu liječenja.

9. Prikaz slučaja

Pacijent N.N. rođen 1959. godine u Puli zaprima se u siječnju 2023. na Zavod za torakalnu kirurgiju zbog operativnog liječenja planucelularnog karcinoma donjeg režnja desnog plućnog krila. Do sada nije teže bolovao, krajem siječnja 2022. imao je prijelom lijevog humerusa koji je liječen konzervativno. Navodi da od terapije koristi Diazepam 5 mg i Zaldiar tbl. prema potrebi. Pri prijemu pacijent je dobrog općeg stanja, orijentiran u sva tri pravca, samostalno pokretan. Eupnoičan u mirovanju, a koža i vidljive sluznice su dobro prokrvljene i vlažne. Turgor kože očuvan. Glava i vrat su bez osobitosti, na vratu se ne pipaju limfadenopatija. Prsni koš je jednakomjerno respiratorno pomičan, abdomen je u razini prsnog koša, mekan i bezbolan na dodir. Ekstremiteti su simetrični, bez edema urednih arterijskih pulzacija. Pacijent je samostalno pokretan. Pri prijemu je napravljena potrebna obrada za operativni zahvat.

Početak veljače 2022. pacijent je bio febrilan kroz dva mjeseca, nakon čega je krenuo u obradu u Općoj bolnici u Puli. Tom obradom utvrđen je planocelularni karcinom desnog plućnog režnja. Po PET CT-u vidljiva je metabolička aktivnost u području lezije desnog donjeg plućnog režnja te tek diskretna aktivnost u području limfnih čvorova supkardinalno trahilarno obostrano. Uz to vidljiva je pojačana metabolička aktivnost u području jednjaka. U listopadu 2022. napravljena je fiberbronhoskopija u sedaciji gdje je bila vidljiva tumorska infiltracija navedenog režnja.

Pacijent je u siječnju 2023. godine primljen u operacijsku salu, spojen na kontinuirano praćenje vitalnih parametara, postavljen mu je epiduralni kateter za primjenu analgezije. Pacijent je uspavan i intubiran dvolumenskim Carlens tubusom veličine 41 te je spojen na mehaničku ventilaciju. Tokom operativnog zahvata transfundirane su tri doze koncentrata eritrocita i dvije doze svježe smrznute plazme te su sve transfuzije protekle uredno. Po završetku operativnog zahvata reintubiran je jednolumenskim tubusom veličine 8.0 te se intubiran transportira na Odjel za anesteziologiju, poslijeoperacijsko zbrinjavanje i intenzivnu medicinu torakalnih bolesnika. Pacijentu je učinjena desna torakotomija, dekortikacija i inferiorna bilobektomija uz mediastinalnu limfadenektomiju.

Pri prijemu u jedinicu intenzivnog liječenja pacijent je spojen na mehaničku ventilaciju i kontinuirano mjerenje vitalnih parametara. Zbog hipotenzije uključena je kontinuirana vazoaktivna potpora noradrenalina, a zbog primjene mehaničke ventilacije uključena je kontinuirana sedacija doricumom. Također je napravljen plan zdravstvene njege, a od sestrinskih dijagnoza bile su zadane navedene [34].

- **Smanjena mogućnost brige za sebe – osobna higijena**

- Cilj:

- pacijent će biti čist, bez neugodnih mirisa, očuvanog integriteta kože, osjećati će se ugodno [34].

- Intervencije:

- osigurati privatnost
- osigurati s pacijentom dogovorenu temperaturu vode
- osigurati optimalnu temperaturu prostora gdje se provodi osobna higijena
- promatrati i uočavati promjene na koži tijekom kupanja
- biti uz pacijenta tijekom kupanja
- koristiti pH neutralni sapun, naročito u predjelu genitalne i aksilarne regije
- utrljati losion u kožu po završenom kupanju
- ne koristiti grube trljačice i ručnike
- urediti nokte na nogama
- urediti nokte na rukama
- kupati pacijenta u krevetu
- presvući krevet nakon kupanja [34].

- **Smanjena prohodnost dišnih puteva**

- Cilj:

- pacijent će imati prohodne dišne putove, disati će bez hropaca u frekvenciji 16-20 udaha u minuti [34].

- Intervencije:

- nadzirati respiratorni status tijekom 24 sata.
- dogovoriti fizioterapiju grudnog koša
- asistiranje kod bronhoaspiracije provoditi prema standardu
- pratiti i evidentirati izgled, količinu i miris iskašljaja
- namjestiti pacijenta u visoki fowlerov položaj u krevetu
- primijeniti propisane lijekove (antibiotike, bronhodilatatore, ekspektoranse), pratiti njihovu učinkovitost, uočiti nuspojave i izvijestiti o njima
- nadzirati stanje kože i sluznica
- uočavati promjene u stanju svijesti (letargija, konfuzno stanje, nemir i pojačana razdražljivost) [34].

- **Visok rizik za infekciju**

- Cilj:

- tijekom hospitalizacije neće biti simptoma niti znakova infekcije [34].

- Intervencije:

- mjeriti vitalne znakove (tjelesnu temperaturu afebrilnim pacijentima mjeriti dva puta dnevno, te izvijestiti o svakom porastu iznad 37°C)
- pratiti izgled izlučevina
- primijeniti mjere izolacije pacijenata prema standardu
- održavati higijenu ruku prema standardu
- bronhalni sekret poslati na bakteriološku analizu
- prikupiti i poslati uzorke za analizu prema pisanoj odredbi liječnika
- obući zaštitne rukavice prema standardu
- obući zaštitnu odjeću prema standardu
- provoditi higijenu usne šupljine prema standardu
- aspiracija dišnoga puta prema standardu
- njega i.v. i arterijalnog katetera, urinarnih katetera, et tubusa, trahealnih kanila, ng sonda i prema standardu
- aseptično previjanje rana
- primijeniti antibiotsku profilaksu prema pisanoj odredbi liječnika [34].

- **Visok rizik za dekubitus**

- Cilj:

- pacijentova koža će ostati intaktna; integritet kože će biti očuvan [34].

- Intervencije:

- procjenjivat postojanje čimbenika rizika za dekubitus - braden skala svakodnevno
- osigurati optimalnu hidraciju pacijenta
- nadzirati pojavu edema
- održavati higijenu kože - prema standardu
- održavati higijenu kreveta i posteljnog rublja
- koristiti antidekubitalne madrace i jastuke koji umanjuju pritisak: punjene pjenom, zrakom, vodom ili gelom
- položaj u krevetu mijenjati podizanjem pacijenta, ne povlačenjem
- provoditi aktivne vježbe ekstremiteta
- primijeniti propisana sredstva protiv boli [34].

- **Akutna bol**

- Cilj:
 - pacijent će na skali boli iskazati nižu razinu boli od početne [34].
- Intervencije:
 - prepoznati znakove boli
 - obavijestiti liječnika o pacijentovoj boli
 - primijeniti farmakološku terapiju prema pisanoj odredbi liječnika
 - ponovno procjenjivati bol
 - dokumentirati pacijentove procjene boli na skali boli [34].

Sljedećeg dana oko 07:50 sati bolesnik je postao uznemiren i dezorijentiran te se samostalno ekstubirao. Potom biva nesuradljiv, tahidispnoičan, hipotenzivan unatoč vazoaktivnoj potpori noradrenalina, a u dišnim putevima je prisutan gusti sekret kojeg nije mogao iskašljati. Zbog toga je napravljena fiberbronhoskopija pomoću koje je evakuirano dosta gnojnog sekreta, a također je uzet kateter aspirat za mikrobiološku analizu. Nakon navedenog postupka pacijentova mehanika disanja je i dalje neadekvatna uz masku s rezervoarom protoka kisika 10 l/min. Zbog toga pacijent biva intubiran tubusom veličine 8.0, položaj tubusa provjerio se fiberbronhoskopom te je ponovo aspirirano traheobronhalno stablo. Pacijent je jedno vrijeme bio na BiPap načinu rada koji je kasnije promijenjen na CPAP način rada. Tijekom dana pacijentu je obilno nadoknađivan volumen intravenoznim načinom. Oko 15 h pacijent postaje febrilan do 38,5 °C, nakon čega su uzete periferne i centralne hemokulture, učinjen je panel pretraga na Covid-19 i influenza virus tipa A koji je bio negativan. Potom je započeta primjena antibiotika širokog spektra. Zbog perzistentne hipotenzije uključena je još kontinuirana primjena vazopresina.

Sljedećeg dana pacijentovo stanje se stabiliziralo te su isključene vazoaktivne potpore te biva oko 15 h ekstubiran i stavljen na protok kisika 6 l/min putem maske. Odmah nakon ekstubacije napravljena je fiberbronhoskopija pomoću koje je evakuirana velika količina gnojnog sadržaja.

Sljedećih 5 dana pacijent je u hiperaktivnom deliriju, subfebrilan ili febrilan uz primjenu antipiretika. Zbog velike količine sekreta često su rađene fiberbronhoskopije. Rentgenske slike pluća pokazuju zasjenjena desnog hemitoraksa, nadoknađivani su trombociti te ostali krvni derivati. Korigirani su elektroliti i sedacija. Također je postavljena nazogastrična sonda za hranjenje te su proprani torakalni drenovi. Oko drena počinje biti prisutan serozno žuti sadržaj.

Pacijent je tada bio uglavnom nesuradljiv i oscilirajuće komunikacije, napravljen je MSCT mozga i toraksa, nakon kojeg su torakalni kirurzi najavili desnu kompletirajuću pulmektomiju.

Nakon toga biva pripremljen za operativni zahvat. Korigirana je anemija i elektrolitski status, učinjena je toaleta dišnih puteva fiberbronhoskopom.

Pacijent je upućen na ponovni operativni zahvat gdje je učinjena desna retorakotomija i kompletirajuća pulmektomija. Po završetku zahvata pacijent dolazi intubiran, relaksiran i sediran te se prima u jedinicu intenzivnog liječenja gdje je spojen na mehaničku ventilaciju. U ranom poslijeoperacijskom razdoblju respiratorno je stabilan u BiPap način rada koji je promijenjen u PSV način rada uz FiO_2 0,40. Tijekom noći prisutna sinus tahikardija do 120 otkucaja u minuti uz zadovoljavajuće vrijednosti arterijskog krvnog tlaka. Ujutro dolazi do progresije tahikardije i hipotenzije te je uvedena kontinuirana primjena noradrenalina i korigirana je mehanička ventilacija (povećava se potpora i FiO_2 se postavlja na 0,5). Tim postupcima postignuta su privremena cirkulacijska poboljšanja.

Sljedećih dana pacijent je i dalje u teškom stanju, na asistiranoj ventilaciji, postavljen je PiCCO hemodinamski monitoring koji pokazuje zadovoljavajuće vrijednosti. Također postaje nesuradljiv, agresivan, samostalno se ekstubirao uz primjenu humane fiksacije. Ponovno je intubiran i napravljena je fiberbronhoskopija u nekoliko navrata. Analgesediran Dexdorom i Sufentanilom, a vazoaktivna potpora mu je i dalje u tijeku. Svakodnevno se korigiraju postavke mehaničke ventilacije prema općem stanju pacijenta koje nije zadovoljavajuće. Nakon nekoliko dana na mehaničkoj ventilaciji pacijent postaje respiratorno i hemodinamski stabilan. Uz primjenu antibiotika širokog spektra i specifičnog antibiotika prema nalazu antibiograma dolazi do pada upalnih parametara i pacijent postaje afebrilan.

Sljedećeg dana pacijent je u neverbalnom kontaktu, smanjena je respiratorna potpora mehaničke ventilacije te je pacijent odvojen od mehaničke ventilacije preko T – nastavka. Nakon toga je respiratorno suficijentan i ekstubiran. Plinska analiza arterijske i venske krvi je zadovoljavajuća uz suplementaciju kisika 2 l/min. Također je često rađena fiberbronhoskopija zbog velike količine sekreta u dišnim putevima.

U slijedeća 24 dana pacijent je jednom navratu reanimiran, preživio je cerebrovaskularni inzult, a kao posljedica prisutna je diskretna lijevostrana hemipareza te lijeva hemihipoestezija. Svakim danom nakon ovih životno ugrožavajućih stanja pacijentovo stanje se poboljšavalo. Plinske analize krvi su bile zadovoljavajuće uz asistirano mehaničku ventilaciju, no pacijent nije mogao samostalno disati te je učinjena perkutana traheotomija i postavljena je trahealna kalila preko koje je pacijent spojen na ventilator. Također je došlo do infekcije torakalne rane koja obilno secernira i zbog toga je u terapiju uvedena antibiotska terapija uz VAC terapiju.

Nakon dužeg vremena na mehaničkoj ventilaciji pacijent se od nje odvajaju te je respiratorno suficijentan uz oksigenoterapiju od 2 l/min na trahealnu kanilu. Pacijent je nekoliko sati bio stabilan nakon čega dolazi do somnolencije i porasta CO₂ u arterijskoj krvi nakon čega se pacijent ponovo spaja na asistiranu mehaničku ventilaciju uz FiO₂ 30%. na kojoj je bio sljedećih 5 dana.

Nakon toga dogovoren je premještaj pacijenta u Respiracijski centar Bolnice za plućne bolesti Klenovnik. Nekoliko dana prije otpusta pacijent postaje respiratorno suficijentan bez mehaničke ventilacije. Kod otpusta pacijent je hemodinamski stabilan, orijentiran u sva 3 pravca te je na ciljanoj antibiotskoj terapiji.

Pacijent je na Odjelu za anesteziologiju, poslijeoperacijsko zbrinjavanje i intenzivnu medicinu torakalnih bolesnika proveo ukupno 70 dana od čega je na mehaničkoj ventilaciji proveo 1092 sata odnosno 45,5 dana. Svakodnevno su provođeni planovi zdravstvene njege uz adekvatno zbrinjavanje i zadovoljavanje svih bolesnikovih potreba u danom trenutku. Od zadanih planova zdravstvene njege evaluacije su bile sljedeće [34].

- **Smanjena mogućnost brige za sebe – osobna higijena**
 - Evaluacija: Pacijent je suh, čist, očuvan je integritet kože [34].
- **Smanjena prohodnost dišnih puteva**
 - Evaluacija: Pacijent ne može samostalno iskašljavati, otežano diše u frekvenciji više od 20 udaha u minuti, čuju se hropci. Prisutni su simptomi i znakovi retencije sekreta u dišnim putovima [34].
- **Visok rizik za dekubitus**
 - Evaluacija: Pacijentova koža je očuvanog integriteta. Nema crvenila i drugih oštećenja [34].
- **Akutna bol**
 - Evaluacija: Pacijent na skali boli iskazuje nižu jačinu boli od početne [34].

10. Zaključak

Disanje, temeljni i složeni proces, uključuje različite mehanizme unutar respiratornog trakta i drugih organskih sustava. Mehanička ventilacija ima za cilj olakšati izmjenu plućnih plinova, održati alveolarnu ventilaciju i dati preciznu razinu kisika. Ona nalazi primjenu u kirurškim okruženjima i jedinicama intenzivne njege, gdje upala pluća povezana s ventilatorom predstavlja značajnu prepreku u liječenju. U takvim okruženjima nužan je predan tim s dubokim razumijevanjem akutnih stanja. Prilikom pokretanja mehaničke ventilacije najvažniji je odabir odgovarajućeg načina rada za stanje pacijenta i praćenje njegovog utjecaja na ostale tjelesne sustave.

Osiguravanje dišnih putova kritično bolesnih pacijenata i početak mehaničke ventilacije ključne su intervencije u njihovoj skrbi. Svi oblici mehaničke ventilacije, osim spontane, izrazito utječu na hemodinamiku. Uz naprednu tehnologiju, respiratori su sve sofisticiraniji, sposobni se prilagođavati pojedinačnim stanjima pacijenata, omogućujući preciznu prilagodbu parametara. Od vitalne je važnosti da se medicinsko osoblje kontinuirano obrazuje i bude u tijeku s novim razvojem, pridonoseći istraživanju i širenju nalaza kako bi se poboljšala njega pacijenata i ubrzao oporavak.

U jedinicama intenzivne njege medicinske sestre igraju ključnu ulogu u provedbi i praćenju mehaničke ventilacije. Oni su odgovorni za osiguravanje ispravnog rada ventilatora, provođenje bronhalnih aspiracija, sprječavanje infekcija i pomno praćenje respiratorne funkcije pacijenata nakon ekstubacije. Osim toga, medicinske sestre olakšavaju vježbe za pacijente i pružaju osnovnu edukaciju, služeći kao ključni zagovornici dobrobiti pacijenata tijekom njihove skrbi.

11. Literatura

- [1] T. Pham, J. Brochard, S. Slutsky: Mechanical Ventilation: State of the Art, Mayo Clinic Proceedings, br. 92, rujan 2017, str. 1382-1400
- [2] C. Meitner, R. Feuerstein, A. Steele: Nursing strategies for the mechanically ventilated patient, Frontiers, br.10, srpanj 2023, str. 5-10
- [3] A. Slutsky: History of Mechanical Ventilation. Fro Vesalius to Ventilator-induced Lung Injury, American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, br. 191, travanj 2015, str. 1-10
- [4] J. L. Kaplan: MSD priručnik za liječnike, Hemed, Zagreb, 2018.
- [5] D. Jalšovec: Anatomija i fiziologija, Školska knjiga, Zagreb, 2009.
- [6] K. Rotim i suradnici: Anatomija, Zdravstveno veleučilište Zagreb, Zagreb, 2017.
- [7] N. R. MacIntyre, R.D. Branson: Mechanical ventilation, Saunders Elsevier, Missouri, 2009.
- [8] S. Pilbea, J. Cairo: Mechanical Ventilation: Physiological and clinical applications, Mosby, St. Louis, 2006.
- [9] R. Dennison: Pass CCRN! Mosby, St. Louis, 2013.
- [10] D. Weigand – McHale: AACN manual for critical care, Elsevier, St. Louis, 2011.
- [11] K. Ernsteier: Nursing Skills, Eau Claire, 2021.
- [12] M. Baird, S. Bethel: Manual of critical care nursing: Nursing interventions and collaborative management, Elsevier, St. Louis, 2011.
- [13] N. Shaikh: ICU Management and Protocols, Intechopen, London, 2022.
- [14] I. Grossbach, D. Wilson: Respiratory nursing: A core curriculum, Springer Publishing, New York, 2008.
- [15] A. Hasan: Understanding Mechanical Ventilation: A Practical Handbook, Springer Publishing, New York, 2010.
- [16] R. M. Kacmarek: The Mechanical Ventilator: Past, Present and Future, Respiratory Care, br. 56, kolovoz 2011, str. 1170-1180
- [17] N. MacIntyre: Patient-ventilator interactions: Optimizing conventional ventilation modes, Respiratory Care, br. 56, siječanj 2011, str. 73-84

- [18] C. Haas, K. Bauser: Advanced ventilator modes and techniques. *Critical Care Nurse Quarterly*, br 35, ožujak 2012, str. 27-38
- [19] S. Haribhai, S. Mahboobi: *Ventilator Complications*, Statpearls, St. Petersburg, 2024.
- [20] S. Bortolotto, M. Makic: Understanding advanced modes of mechanical ventilation, *Critical Care Nursing Clinics*, br. 24, rujan 2012, str. 443-456
- [21] I. Grossbach, L. Chlan: Overview of mechanical ventilator support and management of patient and ventilator related responses, *Critical Care Nurse*, br. 31, lipanj 2011, str. 30-44
- [22] L. Pierce, D. Klein: *Introduction to critical care nursing*, Elsevier, St. Louis, 2013.
- [23] C. Kane, N. York: Understanding the alphabet soup of mechanical ventilation, *Dimensions of Critical Care*, br. 31, kolovoz 2012, str. 217-222
- [24] B. Pruitt: The basics of mechanical ventilation in adults, *Nursing*, br. 53(3), 2023, str. 27-35
- [25] H. Baid: Patient Safety: Identifying and Managing Complications of Mechanical Ventilation, *Crit Care Nurs Clin North Am*, br, 28(4), 2016, str. 451-462
- [26] C. Meitner, R.A. Feuerstein, A.M. Steele: Nursing strategies for the mechanically ventilated patient, *Front Sci*, br. 28, 2023, str. 58
- [27] S.M. Ellis, K.N. Dainty, G. Munro, D.C. Scales: Use of mechanical ventilation protocols in intensive care units: a survey of current practice, *J Crit Care*, br. 27(6), 2012, str. 556-63
- [28] L. Nielsen: Mechanical ventilation: patient assessment and nursing care, *Am J Nurs*, br. 80(12), 2019, str. 2191-217
- [29] M.M.E. Abd-Elmonsef, D. Elsharawy, A.S. Abd-Elsalam: Mechanical ventilator as a major cause of infection and drug resistance in intensive care unit, *Environ Sci Pollut Res Int*, br. 25(31), 2018, str. 30787-30792
- [30] V.A. Lindgren, N.J. Ames: Caring for patients on mechanical ventilation: what research indicates is best practice, *Am J Nurs*, br. 105(5), 2005, br. 50-60
- [31] S. Maurya, S.B. Mishra, A. Azim, A.K. Baronia, M. Gurjar: Ventilator-associated complications: A study to evaluate the effectiveness of a planned teaching program for intensive care unit staff nurses-an Indian experience, *Am J Infect Control*, br. 44(11), 2016, str. 1422-1423

[32] D. Ward, P. Fulbrook: Nursing Strategies for Effective Weaning of the Critically Ill Mechanically Ventilated Patient, Crit Care Nurs Clin North Am, br. 28(4), 2016, str. 499-512

[33] N. Malouf-Todaro, J. Barker, D. Jupiter, P.H. Tipton, J. Peace: Impact of enhanced ventilator care bundle checklist on nursing documentation in an intensive care unit, J Nurs Care Qual, br. 28(3), 2013, str. 233-40

[34] Bolnički informacijski sustav, KBC Zagreb, Zagreb 2024.

Popis slika

| | |
|--|----|
| Slika 2.1.1 „Kutija“ – ventilacija s negativnim tlakom, Izvor: https://www.atsjournals.org/doi/full/10.1164/rccm.201503-0421pp | 3 |
| Slika 2.1.2 Željezna pluća, Izvor: https://www.tportal.hr/tehnoclanak/znete-li-sto-su-zeljezna-pluca-da-nije-njih-ne-bi-bilo-ni-respiratora-20240324 | 3 |
| Slika 2.1.3 Soba za respirator, Izvor: https://www.atsjournals.org/doi/full/10.1164/rccm.201503-0421pp | 4 |
| Slika 2.1.4 Pneumatska komora, Izvor: https://www.atsjournals.org/doi/full/10.1164/rccm.201503-0421pp | 5 |
| Slika 2.2.1 Učinkovitost traheotomije i pozitivnog tlaka ventilacije, Izvor: https://anesth.ru/monografii/MV%20Nurse.pdf | 6 |
| Slika 3.1 Anatomija dišnog sustava, Izvor: https://anatomytool.org/content/ladyofhats-drawing-overview-respiratory-system-latin-labels | 8 |
| Slika 4.1.1 Proces oksigenacije tkiva, Izvor: A. Hasan: Understanding Mechanical Ventilation: A Practical Handbook, Springer Publishing, New York, 2010..... | 10 |
| Slika 4.3.1 Krivulja disocijacije oksihemoglobina..... | 14 |
| Slika 6.1 Venturijeva maska, Izvor: http://ba.formedtech.org/respiratory-supply/venturi-mask/venturi-mask-with-6-diluters.html | 17 |
| Slika 6.2 Visoko protočne nazalne kanile, Izvor: https://www.mdpi.com/2077-0383/12/20/6685 | 18 |
| Slika 7.3.1.1 CMV način rada, Izvor: A. Hasan: Understanding Mechanical Ventilation: A Practical Handbook, Springer Publishing, New York, 2010..... | 22 |
| Slika 7.3.2.1 SIMV ventilacija, Izvor: A. Hasan: Understanding Mechanical Ventilation: A Practical Handbook, Springer Publishing, New York, 2010..... | 24 |
| Slika 7.3.3.1 PSV način rada, Izvor: A. Hasan: Understanding Mechanical Ventilation: A Practical Handbook, Springer Publishing, New York, 2010..... | 26 |

| | |
|---|----|
| Slika 7.3.4.1 CPAP, Izvor: A. Hasan: Understanding Mechanical Ventilation: A Practical Handbook, Springer Publishing, New York, 2010..... | 28 |
| Slika 7.3.7.1 PCV način rada, Izvor: A. Hasan: Understanding Mechanical Ventilation: A Practical Handbook, Springer Publishing, New York, 2010..... | 31 |

Sveučilište Sjever



IZJAVA O AUTORSTVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, Martin Petrić (*ime i prezime*) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/~~diplomskog~~ (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom Primjena mehaničke ventilacije u procesu zdravstvene njege (*upisati naslov*) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
(*upisati ime i prezime*)

MP

(vlastoručni potpis)

Sukladno čl. 83. Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Sukladno čl. 111. Zakona o autorskom pravu i srodnim pravima student se ne može protiviti da se njegov završni rad stvoren na bilo kojem studiju na visokom učilištu učini dostupnim javnosti na odgovarajućoj javnoj mrežnoj bazi sveučilišne knjižnice, knjižnice sastavnice sveučilišta, knjižnice veleučilišta ili visoke škole i/ili na javnoj mrežnoj bazi završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice, sukladno zakonu kojim se uređuje znanstvena i umjetnička djelatnost i visoko obrazovanje.