



Sfinansowano w ramach reakcji Unii na pandemię COVID-19

# PODRĘCZNIK SZKOLENIOWY DLA UCZESTNIKÓW/UCZESTNICZEK KURSU SPECJALISTYCZNEGO PIELĘGNOWANIE PACJENTA DOROSŁEGO WENTYLOWANEGO MECHANICZNIE dla pielęgniarek

Opracowano w związku z realizacją projektu  
Wsparcie kształcenia podyplomowego pielęgniarek i położnych  
w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój  
na lata 2014 – 2020 (PO WER 2014-2020)  
współfinansowanego z Europejskiego Funduszu Społecznego,  
numer POWR.07.01.00-00-0004/22





PODRĘCZNIK SZKOLENIOWY  
DLA UCZESTNIKÓW/UCZESTNICZEK  
KURSU SPECJALISTYCZNEGO  
PIELĘGNOWANIE PACJENTA DOROSŁEGO  
WENTYLOWANEGO MECHANICZNIE  
  
dla pielęgniarek

Opracowano w związku z realizacją projektu  
Wsparcie kształcenia podyplomowego pielęgniarek i położnych  
w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój  
na lata 2014 – 2020 (PO WER 2014-2020)  
współfinansowanego z Europejskiego Funduszu Społecznego,  
numer POWR.07.01.00-00-0004/22

Warszawa 2022

ISBN 978-83-67664-02-8

## AUTORZY MATERIAŁÓW DYDAKTYCZNYCH:

### **mgr piel. Grzegorz Ulenberg**

Katedra Pielęgniarstwa Zabiegowego, Wydział Nauk o Zdrowiu Collegium Medicum im. L. Rydygiera w Bydgoszczy, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu,

Klinika Anestezjologii i Intensywnej Terapii, Szpital Uniwersytecki nr 1 im. Antoniego Jurasza w Bydgoszczy,

Specjalista pielęgniarstwa anestezjologicznego i intensywnej opieki, biegły sądowy z zakresu pielęgniarstwa i pielęgniarstwa anestezjologicznego przy Sądzie Okręgowym w Bydgoszczy.

### **mgr piel. Agata Ulenberg**

Fresenius NephroCare Centrum Dializ Fresenius Ośrodek Dializ nr 10 w Bydgoszczy.

## RECENZENT MATERIAŁÓW DYDAKTYCZNYCH:

### **mgr piel. Lidia Macura**

Konsultant Wojewódzki w dziedzinie pielęgniarstwa anestezjologicznego i intensywnej opieki dla województwa kujawsko-pomorskiego,

Kujawsko-Pomorskie Centrum Pulmonologii w Bydgoszczy.

## SPIS TREŚCI

I. Cel kursu	4
II. Plan nauczania	4
III. Moduł pierwszy – Fizjologia układu oddechowego. Patofizjologia zaburzeń oddechowych	5
IV. Moduł drugi – Podstawy kliniczne niewydolności oddechowej	14
V. Moduł trzeci – Wentylacja mechaniczna	25
VI. Moduł czwarty – Farmakoterapia niewydolności oddechowej	47
Wykaz świadczeń zdrowotnych, do których jest uprawniona pielęgniarka po ukończeniu kursu specjalistycznego pielęgnowanie pacjenta dorosłego wentylowanego mechanicznie	61
Literatura	62

## I. CEL KURSU

Przygotowanie pielęgniarki do samodzielnego udzielania świadczeń zdrowotnych w zakresie pielęgnowania pacjenta dorosłego wentylowanego mechanicznie w warunkach stacjonarnej opieki zdrowotnej i w warunkach domowych.

## II. PLAN NAUCZANIA

Lp.	Nazwa modułu	Liczba godzin teorii	Miejsce realizacji stażu	Liczba godzin stażu	Łączna liczba godzin kontaktowych
I	Fizjologia układu oddechowego. Patofizjologia zaburzeń oddechowych	10			10
II	Podstawy kliniczne niewydolności oddechowej	10			10
III	Wentylacja mechaniczna	15			15
IV	Farmakoterapia niewydolności oddechowej	5			5
V	Pielęgnowanie pacjenta wentylowanego mechanicznie	16	Oddział anestezjologii i intensywnej terapii	28	65
			Oddział chorób płuc; Poradnia domowego leczenia tlenem	21	
<b>Łącznie</b>		<b>56</b>		<b>49</b>	<b>105*</b>

\* Organizator kształcenia w porozumieniu z kierownikiem kursu ma prawo dokonać modyfikacji czasu trwania zajęć teoretycznych. Oznacza to, że 90% łącznej liczby godzin przeznaczonych na realizację programu nie podlega zmianie. Wskazane 10%, co stanowi nie więcej niż 10 godzin, może być wykorzystane na samokształcenie.

# III. MODUŁ PIERWSZY

## FIZJOLOGIA UKŁADU ODDECHOWEGO.

### PATOFIZJOLOGIA ZABURZEŃ ODDECHOWYCH

Celem modułu jest zapoznanie uczestnika kursu z fizjologią układu oddechowego i patofizjologią zaburzeń oddechowych w kontekście stosowania wentylacji mechanicznej.

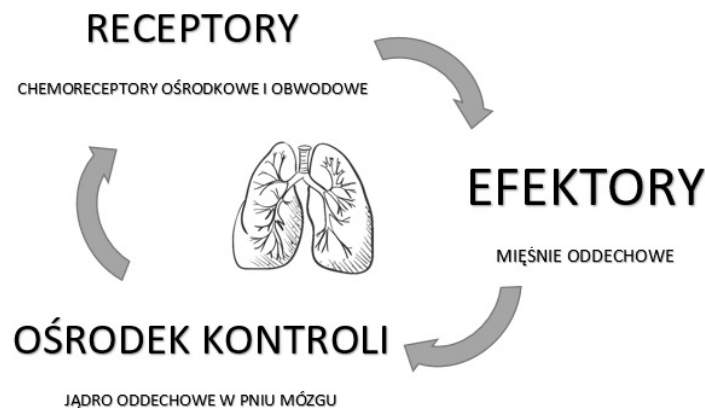
W module zostaną omówione następujące zagadnienia:

1. Fizjologia oddychania
2. Zaburzenia oddychania
3. Zespół bezdechu sennego

#### 1. FIZJOLOGIA ODDYCHANIA

Regulacja oddychania odbywa się automatycznie przy udziale ośrodków oddechowych rdzenia przedłużonego, który otrzymuje informacje o aktualnych stężeniach we krwi tlenu, dwutlenku węgla i jonów H z rozpadu kwasu węglowego. Dane te pochodzą z chemoreceptorów umiejscowionych w ścianach aorty i tętnicach szyjnych. Podczas wstrzymywania oddechu, we krwi stopniowo spada stężenie  $O_2$ , natomiast wzrasta stężenie CO i jonów H. Po wznowieniu oddychania automatycznie wykonujemy kilka głębszych oddechów w celu usunięcia nadmiaru CO i pobrania tlenu. Podczas normowania się stężeń tych gazów nasz oddech będzie się uspokajał.

Rycina 1. Neuronalna pętla sprzężenia zwrotnego



Czynności płuc można dwójako grupować: jako oddechowe oraz jako nieoddechowe.

W skład czynności oddechowych, czyli takich, które polegają na wymianie gazów, wchodzi:

- ruch gazów na osi atmosfera-pęcherzyki płucne
- transfer tlenu z pęcherzyków płucnych do naczyń włosowatych
- transfer dwutlenku węgla z układu włosniczowego płuc do pęcherzyków płucnych
- wiązanie surfaktantu.

Jako czynności nieoddechowe wyróżniamy:

- utrzymywanie równowagi kwasowo-zasadowej
- prowadzenie obrony immunologicznej
- czynności naczyniowe
- czynności metaboliczne i wewnątrzwydzielnicze.

Anatomicznie układ oddechowy dzielimy na górne drogi oddechowe, krtań oraz drzewo tchawiczo-oskrzelowe. W obrębie drzewa tchawiczo-oskrzelowego z kolei wyróżniamy strefę transportową oraz oddechową. Szczegółowe aspekty anatomicznej budowy dróg oddechowych przedstawiono w tabeli 1.

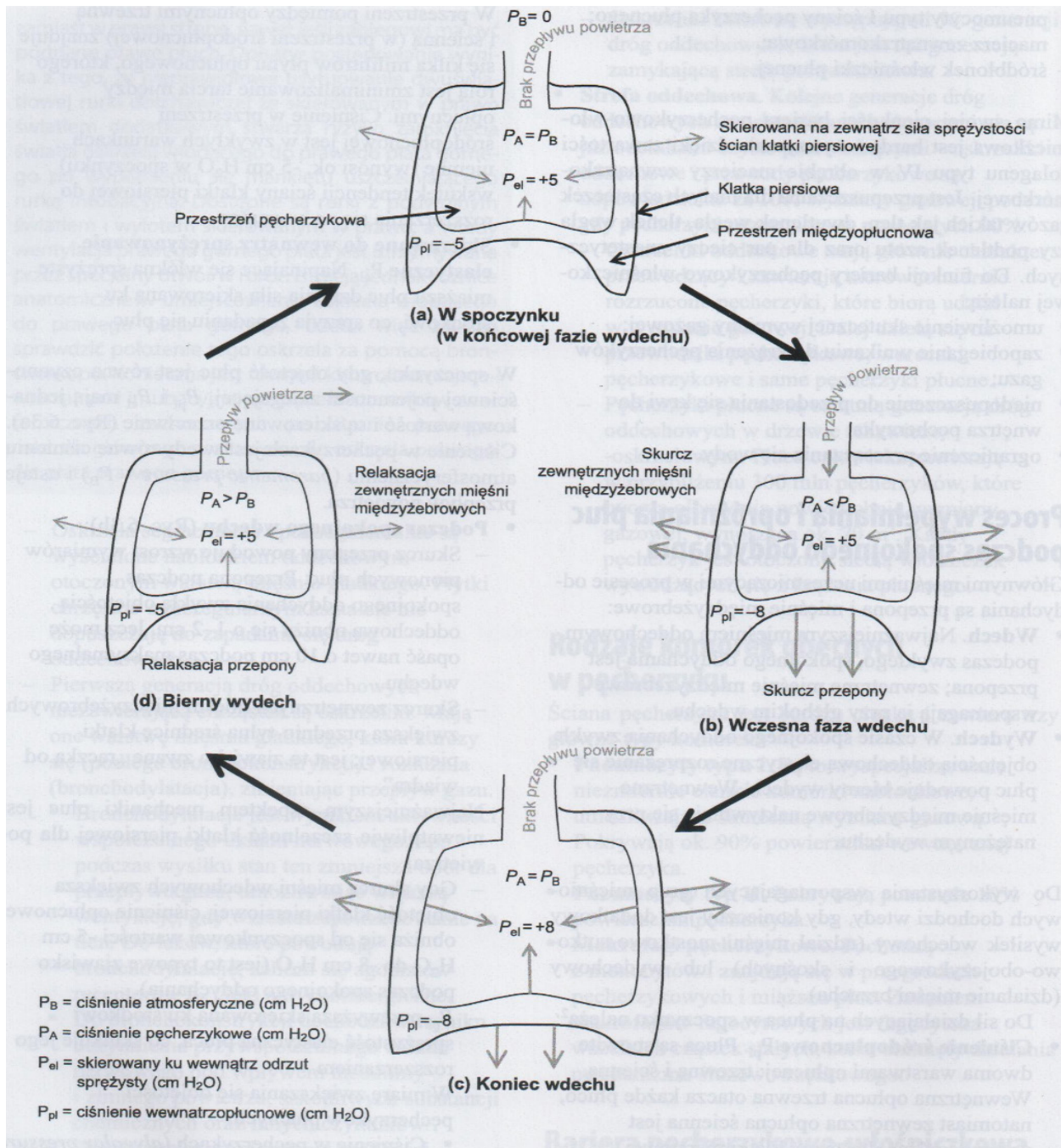
Tabela 1. Drogi oddechowe

DROGI ODDECHOWE		
<p><b>GÓRNE DROGI ODDECHOWE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• włoski nosowe odfiltrują większe cząsteczki</li> <li>• bogato unaczyniona błona śluzowa jamy nosowej – co ma wydatny wpływ na nawilżanie i ogrzewanie wdychanego powietrza.</li> </ul>	<p><b>KRTAŃ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• odwiedzenie fałdów głosowych przy wdechu (zmniejszenie oporu)</li> <li>• przywiedzenie fałdów głosowych przy wydechu (zwiększenie oporu-&gt; dodatnie ciśnienie końcowowydechowe (PEEP) na poziomie 3-4 cm H<sub>2</sub>O)</li> <li>• utrzymanie czynnościowej pojemności zalegającej (FRC).</li> </ul>	<p><b>DRZEWO TCHAWICZO-OSKRZELOWE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• składa się z 23 generacji pomiędzy tchawicą a pęcherzykami płucnymi, ich wielkość maleje wraz ze wzrostem generacji</li> <li>• u standardowego dorosłego człowieka o masie 70 kg objętość anatomicznej przestrzeni martwej wynosi ok. 150 ml; objętość strefy oddechowej w spoczynku wynosi około 3000 ml.</li> </ul>

Głównymi grupami mięśni biorącymi czynny udział w mechanice oddychania są przepona oraz mięśnie międzyżebrowe. Przy czym podczas spokojnego cyklu oddechowego czynny udział bierze przepona, mięśnie międzyżebrowe uaktywniane są przy pogłębionym wdechu i wydechu.

Wykorzystanie wspomagających grup mięśniowych podczas oddechu zachodzi w momencie, gdy pojawia się dodatkowy wysiłek oddechowy. W spoczynku na płuca oddziałują dwie siły: ciśnienie śródopłucnowe Ppl oraz skierowane do wewnątrz sprężynowanie elastyczne Pel. Szczegółowo siły działające na płuco w poszczególnych fazach cyklu oddechowego przedstawiono na rycinie nr 2.

Rycina 2. Siły działające na płuco w poszczególnych fazach cyklu oddechowego



Źródło: Podstawy fizjologii dla anestezjologów, Chambers David, Huang Christopher. MediPage 2017)

### Bariera pęcherzykowo-włośniczkowa

Bardzo cienka błona (w niektórych miejscach jej grubość nie przekracza 200 nm) ułatwiająca prowadzenie skutecznej wymiany gazowej. Pomimo swojej delikatnej budowy stanowi bardzo wytrzymałą strukturę, co zawdzięcza zawartości kolagenu IV w obrębie macierzy zewnątrzkomórkowej. Jest przepuszczalna dla małych cząstek gazów, takich jak tlen, dwutlenek węgla, podtlenek azotu czy pary cieczy anestetycznych. Funkcje bariery pęcherzykowo-włośniczkowej polegają na:

- umożliwieniu prowadzenia skutecznej wymiany gazowej
- prewencji wnikania i adherencji pęcherzyków gazu do krążenia



- kontroli (ograniczenie) przesięku wody
- uniemożliwieniu przedostawania się krwi do światła pęcherzyka.

W organizmie największa ilość żelaza znajduje się w hemoglobinie – białku czerwonych krwinek. Najczęstszą postacią hemoglobiny u ludzi dorosłych jest HbA (ponad 95% w krążeniu osoby dorosłej). Z uwagi na swoją budowę (cztery podjednostki polipeptydu globiny) z każdą cząsteczką hemoglobiny mogą związane być cztery cząsteczki tlenu, po jednej w każdej grupie hemowej.

Hemoglobina praktycznie występuje w dwóch formach: niemal całkowicie wysyczonej tlenem (oksyhemoglobina) lub całkowicie go pozbawiona (dezoksyhemoglobina).

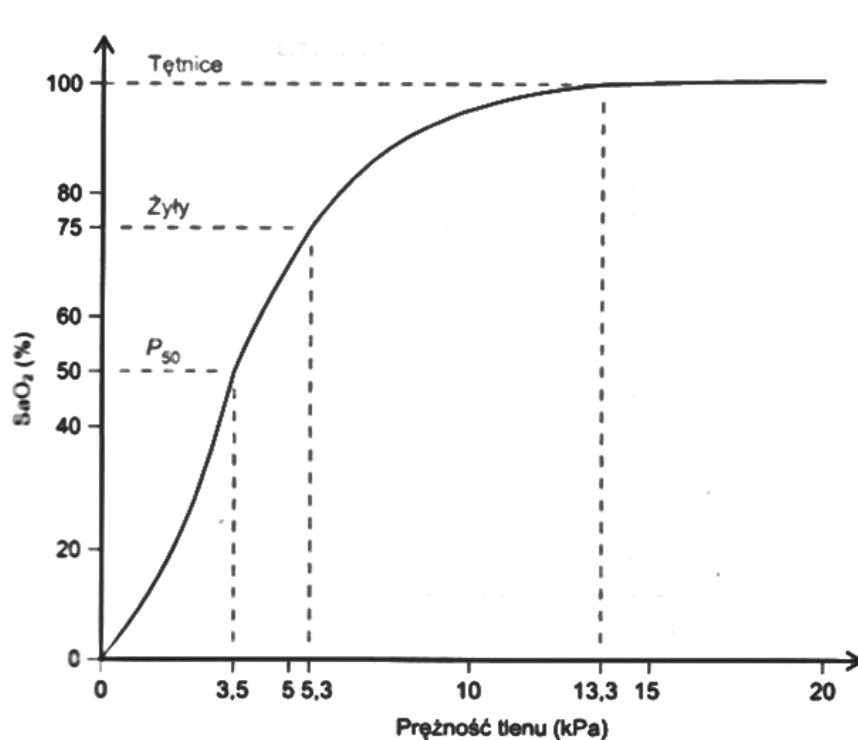
Krzywa dysocjacji oksyhemoglobiny opisuje zależność pomiędzy  $SaO_2$  a prężnością tlenu we krwi (ryc. 3). Górna część krzywej przebiega prosto. Na tym etapie, nawet przy niewielkich obniżkach  $PaO_2$ ,  $SaO_2$  pozostanie na zbliżonym poziomie. Natomiast, przy silnym spadku  $PaO_2$  (zbliżenie do stromej części krzywej) spadek  $SaO_2$  będzie przebiegał lawinowo.

Stroma część wykresu ma istotne znaczenie dla tkanek obwodowych (z utrzymywaniem niskim  $PaO_2$ ). Znaczny spadek  $SaO_2$  będzie oznaczał wytracanie znacznej ilości  $O_2$  przy niewielkich wahaniach  $PaO_2$ .

Umieszczenie krzywej hemoglobiny określa wartość  $P_{50}$  –  $PO_2$ , dla którego 50% hemoglobiny związane jest tlenem. W momencie przesunięcia całej krzywej w prawo zmniejsza się powinowactwo hemoglobiny do tlenu (tlen łatwiej się uwalnia). Może to być spowodowane takimi przyczynami, jak:

- wzrost  $PCO_2$
- kwasica
- wzrost stężenia 2,3-dwufosfoglicerynianów (2,3-DPG)
- wysiłek
- podwyższenie ciepłoty ciała
- obecność HbS w chorobie sierpowatokrwińkowej.

Rycina 3. Krzywa dysocjacji hemoglobiny



Przesunięcie krzywej oksyhemoglobiny w lewo- powoduje wzrost powinowactwa do tlenu. Stanowi bardzo ważny element życia płodowego. Hemoglobina płodowa posiada zdolność wychwytu tlenu z matczynej oksyhemoglobiny. O przesunięciu krzywej w lewo mówimy, gdy zachodzi któreś z wymienionych zjawisk:

- obniżenie  $PCO_2$
- hipotermia
- spadek stężenia 2,3-dwufosfoglicerynianów (2,3-DPG)
- alkaloza
- obecność karboksymohemoglobiny (COHb)
- obecność methemoglobiny (MetHb)
- obecność hemoglobiny płodowej (HbF).

### „Przestrzeń martwa” w płucach

Powietrze wdychane podczas normalnego cyklu oddechowego (VT) dzielimy na:

Objętość pęcherzykową (VA) – objętość docierająca bezpośrednio do perfundowanych pęcherzyków.

Przestrzeń martwą (VD) – objętość, która nie bierze bezpośrednio udziału w wymianie gazowej. Zlokalizowana jest w przewodzących drogach oddechowych oraz pęcherzykach niepodlegających perfundacji. Zależność tą obrazuje równanie:

$$VT = VA + VD$$

Przestrzeń martwą kategorujemy na anatomiczną, pęcherzykową oraz fizjologiczną.

Anatomiczna przestrzeń martwa – VDANAT.

Pęcherzykowa przestrzeń martwa (VDALV) – stanowi całkowitą objętość wentylowanych pęcherzyków płucnych, które nie są w stanie brać czynnego udziału w wymianie gazowej (poprzez upośledzenie perfuzji – niedostosowanie V/Q).

Fizjologiczna przestrzeń martwa (VDPHYS) – czyli łączna przestrzeń martwa – wyraża się wzorem:

$$VDPHYS = VDANAT + VDALV$$

Anatomicznie u standardowej osoby dorosłej o masie ciała 70 kg przestrzeń martwa wynosi 150 ml, czyli ok. 2 ml/kg mc, co stanowi ok. 1/3 fizjologicznej objętości oddechowej (która wynosi 7 ml/kg mc).

Na anatomiczną przestrzeń martwą wpływa wiele czynników, takich jak np.:

- wielkość ciała pacjenta
- pozycja ciała
- zwężenie/ rozszerzenie oskrzeli.

Objętość płuc można zmierzyć metodą bezpośrednią za pomocą spirometru lub metodą rozcieńczenia gazu. Pojemność płuc stanowi sumę dwóch lub więcej objętości płuc. Wyróżniamy cztery objętości oraz cztery pojemności płuc. Dla standardowej osoby dorosłej o masie ciała 70 kg pasuje się to następująco:

Objętość oddechowa VT wynosi 500 ml. Jest wykładnikiem objętości powietrza wydychanego podczas spoczynkowego cyklu oddechowego.

Zapasowa objętość oddechowa IRV – stanowi wykładnik objętości dodatkowego powietrza możliwego do wciągnięcia ponad VT.

Wydechowa objętość zapasowa ERV wynosi 1500 ml – stanowi wykładnik dodatkowej objętości, który możemy usunąć z płuc po zwykłym wydechu.

Objętość zalegająca RV- wynosi 1500 ml. Stanowi wykładnik objętości pozostającej w płucach po maksymalnym wydechu.

Czynnościowa pojemność zalegająca

$$FRC = RV + ERV (= 3000 \text{ ml})$$

Pojemność życiowa

$$VC = ERV + VT + IRV (= 4500 \text{ ml})$$

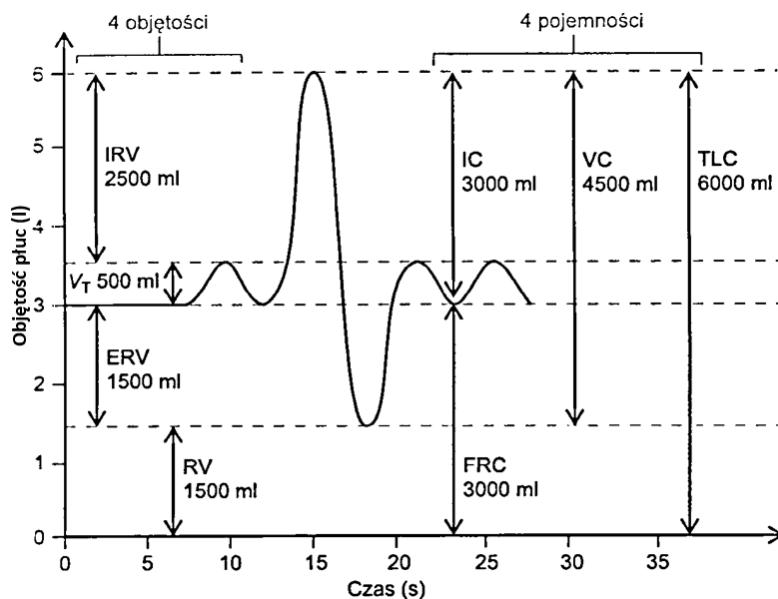
Pojemność wdechowa

$$IC = VT + IRV (= 3000 \text{ ml})$$

Całkowita pojemność płuc

$$TLC = RV + ERV + VT + IRV (=6000 \text{ ml})$$

Rycina 4. Spirometryczny zapis objętości i pojemności płuc



Źródło: Podstawy fizjologii dla anestezjologów, Chambers David, Huang Christopher. MediPage 2017)

Czynnościowa pojemność zalegająca (FRC) stanowi odniesienie do spokojnego oddechu. FRC jest istotna fizjologicznie z trzech powodów:

- buforowanie tlenu
- prewencja zapadania się pęcherzyków płucnych
- optymalna podatność płuc.

Fizjologicznie FRC stanowi wartość zmienną. Jej objętość może ulec zmianie w wyniku działań chirurgicznych, anestezjologicznych lub indywidualnych cech osobniczych. Wśród przyczyn spadku FRC znajdziemy:

- pozycję ciała
- podwyższenie ciśnienia śródbrzusznego
- znieczulenie ogólne
- choroby tkanki płucnej
- u dzieci (noworodki, niemowlaki) – niedojrzałość.

Na zwiększenie FRC z kolei wpływ mają takie czynniki, jak:

- PEEP
- rozedma tkanki płucnej
- procesy związane z wiekiem starczym
- astma.

Występowanie przecieku płucnego (shunt) jest zjawiskiem, które występuje w momencie przejścia krwi z prawej do lewej komory, bez uczestnictwa w wymianie gazowej. W konsekwencji nienatlenowana krew trafia bezpośrednio do układu tętniczego i miesza się z nią. Skutkuje to obniżeniem  $PaO_2$ .

Przecieki fizjologiczne możemy sklasyfikować następująco:

- przeciek anatomiczny (krążenie oskrzelowe, żyły Tebezasza)
- przeciek czynnościowy (niedopasowanie współczynnika V/Q).

Przecieki patologiczne można klasyfikować w zależności od umiejscowienia jako:

- śródsercowe
- przez duże naczynia łączące
- śródplucne.

### Współczynnik wentylacja – perfuzja

Aby wymiana gazowa odbywała się prawidłowo, stosunek wentylacji do perfuzji musi być dopasowany: ilość VA powinien całkowicie wysycić tlenem całą przepływającą krew. Wynika z tego, że stosunek  $V/Q = 1$

Zbyt mała wentylacja będzie skutkowała niedostatecznym natlenowaniem, z kolei zbyt wysoka wiązać się będzie ze zbędnym wysiłkiem oddechowym. Fizjologicznie perfuzja płuc wynosi 5 l/min, natomiast VA – 4 l/min. Oznacza to, że:

$$V/Q = 0,8$$

## 2. ZABURZENIA ODDYCHANIA

Niewydolność oddechowa to stan, gdy mamy do czynienia z upośledzeniem jednej z dwóch głównych funkcji układu oddechowego: zdolność do natlenowania krwi oraz zdolność do eliminacji  $CO_2$ . W oparciu o wynik gazometrii krwi tętniczej możemy wyróżnić dwa typy niewydolności oddechowej.

Przy niewydolności oddechowej typu I mamy do czynienia z  $PaO_2 < 8,0$  kPa przy prawidłowym lub niskim wyniku  $PaCO_2$ .

Przy niewydolności oddechowej typu II z kolei  $PaCO_2$  wzrasta  $> 6,0$  kPa. Często towarzyszącym zjawiskiem jest hipoksemia.

Po zabezpieczeniu przyrządowym dróg oddechowych (intubacja) tracimy fizjologiczny PEEP; fałdy głosowe tracą możliwość zwierania i rozwierania się w cyklu oddechowym. Może to być przyczynkiem do wystąpienia niedodmy i zaburzenia stosunku  $V/Q$ . W celach prewencyjnych opisanego zjawiska często ustawia się zewnątrz PEEP (w respiratorze) na poziomie 3-5 cm  $H_2O$ . W nielicznych sytuacjach niestosowanie wartości PEEP w nastawach respiratora może przynieść kliniczne korzyści. Wynika to z faktu korelacji pomiędzy wzrostem wartości zewnętrznego PEEP a wzrostem ciśnienia w klatce piersiowej i co za tym idzie upośledzenia powrotu żylnego. Jako przykład stanu klinicznego, w którym zjawisko to może odgrywać znaczącą rolę, można podać pacjentów z urazem czaszkowo-mózgowym (TBI).

Pacjenci z wyłonioną sztuczną drogą oddechową, czy to w postaci rurki intubacyjnej, czy tracheostomijnej, borykają się z problemem upośledzenia funkcji nawilżenia i ogrzania wdychanych gazów oddechowych. Odpowiedź organizmu na oddychanie zimnym i suchym powietrzem manifestuje się poprzez: zwiększenie lepkości śluzu oraz upośledzenie ruchu rzęskowego w dolnych drogach oddechowych. Prowadzi to w konsekwencji do występowania pól niedodmowych, nadmiernego nagromadzenia się śluzu w dolnych segmentach dróg oddechowych oraz do zwiększenia ryzyka wystąpienia zakażeń.

Przewlekła obturacyjna choroba płuc (POCHP) charakteryzuje się brakiem drożności drobnych dróg oddechowych oraz destrukcją tkanki sprężystej płuc. Stanowi to przyczynek do występowania tzw. hiperinflacji klatki piersiowej. W wyniku tego zjawiska dochodzi do spłaszczenia przepony, co przekłada się na zwiększony wysiłek oddechowy u pacjentów, oraz do zwiększenia przedmiotylnej średnicy klatki piersiowej, co z kolei skutkuje wydłużeniem się włókien mięśni międzyżebrowych. Zjawisko to również wpływa na wymuszenie zaangażowania większego wysiłku w pracę oddechową.

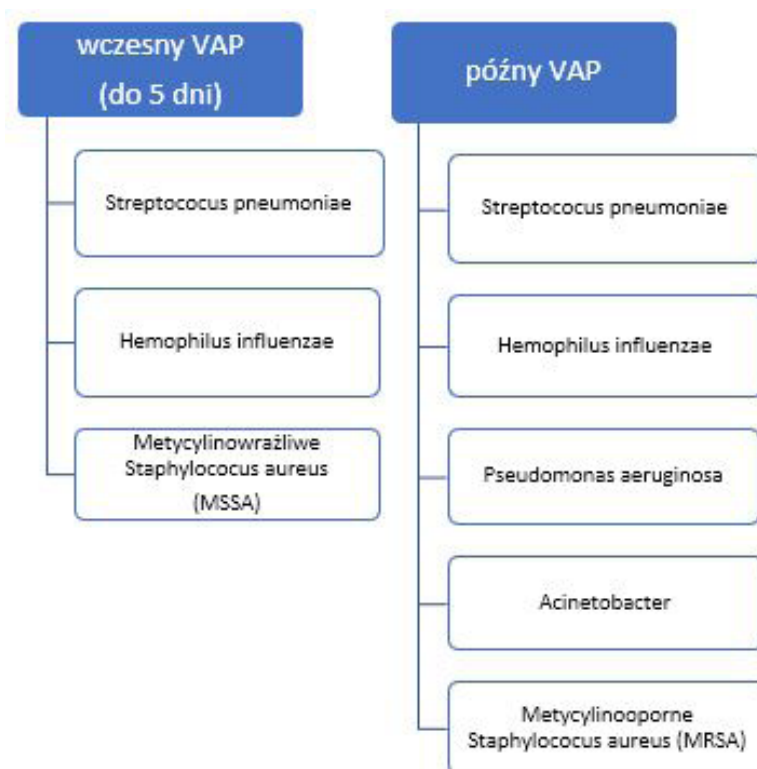
Odmą opłucnową nazywamy stan, gdy w jamie opłucnowej pojawi się powietrze. Opłucna to cienka błona okrywająca powierzchnię płuca od zewnątrz (opłucna trzewna) oraz wyścielająca klatkę piersiową od wewnątrz (opłucna ścienna). W jamie opłucnowej, czyli przestrzeni pomiędzy dwoma opłucnymi, fizjologicznie znajduje się niewielka ilość płynu ułatwiającego poruszanie się płuca względem klatki piersiowej. Spoczynkowe ciśnienie śródopłucnowe wynosi  $-5$  cm  $H_2O$ . W momencie połączenia się atmosfery z jamą opłucnową (np. w wyniku urazu penetrującego), w wyniku występującej różnicy ciśnień, powietrze z atmosfery zostanie zassane do środka. W miarę jak Ppl (ciśnienie wewnątrzopłucnowe) wyrównuje się z PB (ciśnienie atmosferyczne), płuco zapada się. Wynika to z poddania się skierowanej do wnętrza sprężystości elastycznej.

Zapalenie płuc związane z oddychaniem respiratorem (VAP – ventilator associated pneumonia) jest formą szpitalnego zapalenia płuc (HAP – hospital acquired pneumonia, NP – nosocomial pneumonia). Szpitalne zapalenie płuc stanowi najczęstsze zakażenie w oddziałach intensywnej terapii i jest najcięższą formą zakażenia szpitalnego. Śmiertelność wg różnych danych waha się od 20 do aż 50%. Pacjenci wentylowani mechanicznie

są wyjątkowo podatni na występowanie zapalenia płuc – częstość zapadalności jest o 17 do 23% wyższa niż u chorych jedynie zaintubowanych. Wynika z tego szacunek, że ok. ¼ chorych zaintubowanych podczas prowadzenia terapii respiratorem zachoruje na VAP.

Flora bakteryjna VAP jest bardzo zróżnicowana, wynika z cech osobniczych oraz obranej strategii leczenia. Najczęściej izoluje się tlenowe laseczki Gram-ujemne, które w połączeniu z gronkowcem złocistym (*Staphylococcus aureus*) są odpowiedzialne za 50-70% zachorowań.

Rycina 5. Szczepy bakterii izolowane w VAP z uwzględnieniem czasu od rozpoczęcia wentylacji mechanicznej.



Kluczowym elementem warunkującym skuteczność leczenia VAP jest szybkie rozpoczęcie antybiotykoterapii. Skuteczność wczesnego rozpoznania może przysporzyć pewnych problemów z uwagi na występowanie swoistych masek klinicznych dla innych stanów chorobowych. Szczegóły przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Różnicowanie VAP

Maska kliniczna	Maska radiologiczna	Maska mikrobiologiczna
<ul style="list-style-type: none"> <li>gorączka: stan septyczny pozapłucny, zapalenie zatok, zapalenie pęcherza moczowego, zakażenia odcewnikowe</li> <li>ropna wydzielina z dróg oddechowych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>niedodma</li> <li>zawał płuca</li> <li>krwawienie wewnątrzplucne</li> <li>zastoinowa niewydolność krążenia</li> </ul>	posiew krwi może dawać wynik dodatni również przy braku zapalenia płuc

### 3. ZESPÓŁ BEZDECHU SENNEGO

Zespół bezdechu sennego stanowi zespół objawów chorobowych, które spowodowane są okresami bezdechu w czasie snu. Definicja bezdechu obejmuje okres ustania wentylacji na okres dłuższy niż 10 sek. lub spłylenie oddechu poniżej 50%. Wiąże się to ze spadkiem utlenowania hemoglobiny. Zaburzenia oddychania występu-

jące w czasie trwania snu stanowią poważny, potencjalnie zagrażający życiu pacjentów problem. Populacyjnie częstość występowania zespołu bezdechu sennego szacuje się na ok. 5% u kobiet oraz ok. 12% u mężczyzn. Najczęstszą formą zaburzeń oddechowych występujących w czasie snu jest obturacyjny bezdech senny (OBS). Spowodowany jest on poprzez powtarzające się zatrzymania przepływu powietrza w górnych drogach oddechowych. U niektórych ludzi może wynikać z okresowego obniżenia napięcia mięśniowego w obrębie gardła i języka.

Definicyjnie, zespół bezdechu sennego może przybierać trzy formy wyjściowe:

- zaporowa (obwodowa – obturacyjna) – wynika z zaburzeń przepływu powietrza podczas wdechu przez górne drogi oddechowe, spowodowana jest najczęściej zwiotczeniem mięśni w obrębie gardła
- ośrodkowa – wiąże się z zaburzeniami napędu oddechowego pochodzącymi z ośrodka oddechowego zlokalizowanego w mózgu – mechanizm nie został dotychczas poznany
- mieszana – łączy cechy postaci ośrodkowej oraz zaporowej.

Bezdech senny ma istotny wpływ na obniżenie jakości życia pacjentów. Wiąże się ze zwiększoną sennością w ciągu dnia, nawracającymi bólami głowy, zwiększa ryzyko zachorowania na choroby zatorowo- naczyniowe. Posiada także powinowactwo do stałych zmian w strukturach mózgu oraz predysponuje do zachorowania na chorobę Alzheimera.

Proces leczenia bezdechu sennego jest wieloetapowy i obejmuje szereg czynności, takich jak:

- w przypadku osób otyłych bezwzględnie wskazane jest odchudzenie
- unikanie alkoholu i nikotyny
- właściwe pozycjonowanie w czasie snu (unikanie spania „na wznak”)
- stosowanie aparatów CPAP w celu utrzymywanie dodatniego ciśnienia w drogach oddechowych
- używanie nazębnych aparatów wysuwających żuchwę (mandibular advancement device – MAD)
- chirurgiczne interwencje laryngologiczne: korekcja zwężonej cieśni gardzieli (uwulopalatofaryngoplastyka), septoplastyka, tonsilektomia.

# IV. MODUŁ DRUGI

## PODSTAWY KLINICZNE NIEWYDOLNOŚCI ODDECHOWEJ

Celem modułu jest przygotowanie uczestnika kursu do rozpoznawania i oceny stopnia ciężkości niewydolności oddechowej oraz współuczestniczenia w jej leczeniu.

W module zostaną omówione następujące zagadnienia:

Badanie fizykalne układu oddechowego: oglądanie, palpacja, opukiwanie, osłuchiwanie klatki piersiowej

Ocena stanu świadomości

Niewydolność oddechowa

Patofizjologia pooperacyjnej i pourazowej niewydolności oddechowej

Tlenoterapia

Spirometria

### **1. BADANIE FIZYKALNE UKŁADU ODDECHOWEGO: OGLĄDANIE, PALPACJA, OPUKIWANIE, OSŁUCHIWANIE KLATKI PIERSIOWEJ**

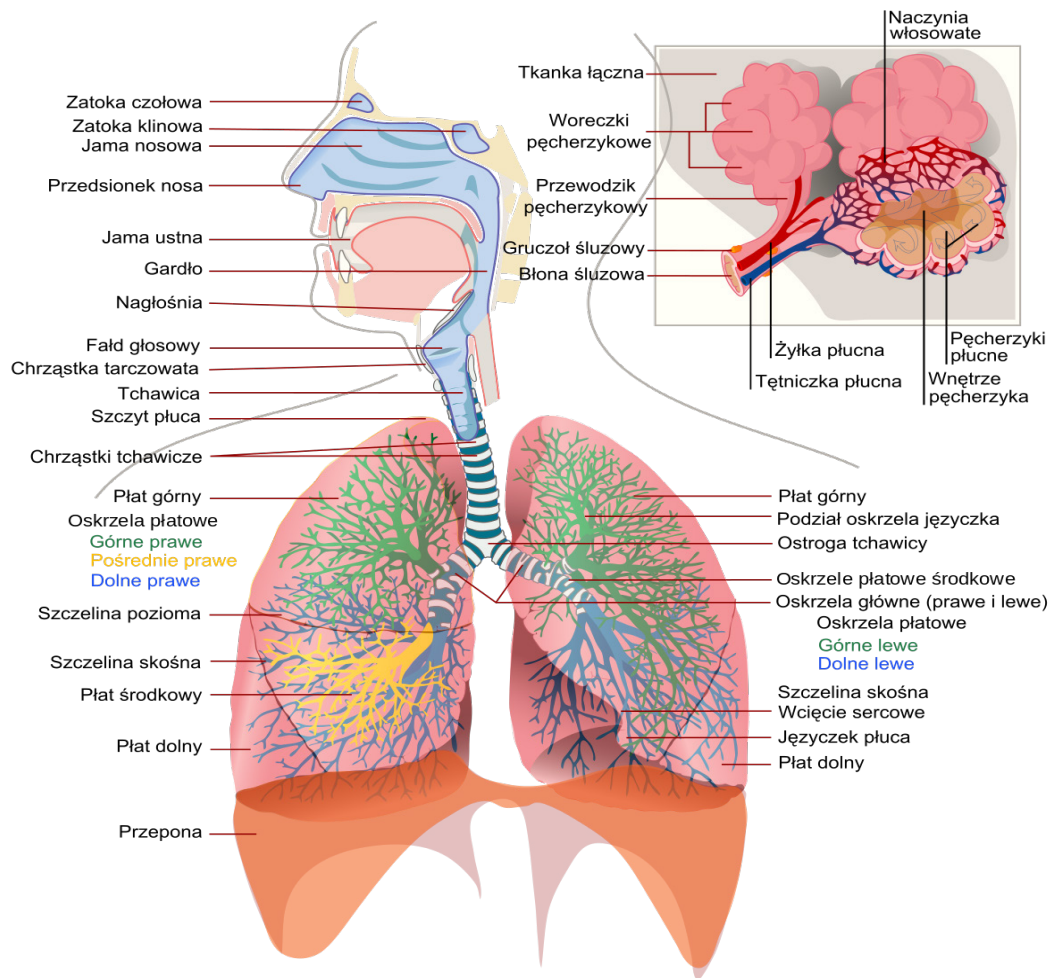
Głównymi strukturami w klatce piersiowej są śródpiersie oraz dwie jamy opłucnej – prawa oraz lewa. W śródpiersiu znajdują się serce, łuk aorty, żyła główna górna, dolna część przełyku oraz tchawica. Jamy opłucnej zawierają odpowiednio płuco prawe i lewe. Jamy opłucne pokryte są dwoma surowiczymi błonami – ścienną oraz trzewną. Opłucna ścienna chroni ścianę klatki piersiowej oraz przeponę, a opłucna trzewna stanowi ochronę dla płuc. Pomiędzy błonami znajduje się niewielka ilość płynu, który redukuje tarcie, gdy płuca poruszają się podczas wdechu i wydechu. Prawe płuco składa się z trzech płatów, a lewe z dwóch.

Większa część układu oddechowego jest chroniona przez struktury kostne, na które składa się 11 kręgów piersiowych, 12 par żeber oraz mostek. Żebra w części tylnej połączone są z kręgami piersiowymi. W części przedniej pierwsze 7 par żeber połączonych jest z mostkiem chrząstkami żebrowymi. Pary żeber od 8-10 połączone są chrząstkami żebrowymi z żebrzem leżącym powyżej. Pary żeber 11 i 12 pozostają z przodu niepołączone z żadną strukturą kostną.

Przepona oraz mięśnie międzyżebrowe są podstawowymi mięśniami biorącymi udział we wdechu. Podczas wdechu przepona kurczy się, spychając zawartość jamy brzusznej w dół. Mięśnie międzyżebrowe natomiast pomagają wypchnąć ścianę klatki piersiowej do przodu. Te dwa mechanizmy pomagają zmniejszyć ciśnienie śródpiersowe, co powoduje ujemne ciśnienie w płucach. Różnica ciśnień w oraz poza płucami pozwala na wypełnienie płuc powietrzem. Podczas wydechu mięśnie się rozluźniają, ciśnienie w śródpiersiu rośnie, a powietrze z płuc wydostaje się na zewnątrz.

Podczas wdechu powietrze jest wdychane przez usta lub nos, przechodzi przez gardło, krtani, dochodzi do tchawicy, która jest elastyczną tubą o długości około 10 cm u dorosłego człowieka. Wymienione struktury tworzą górne drogi oddechowe, których zadaniem jest przede wszystkim poprowadzić powietrze do dolnych dróg oddechowych, by chronić dolne drogi oddechowe przed dostaniem się do nich obcych elementów oraz by ocieplić, oczyścić i nawilżyć wdychane powietrze. Dolne drogi oddechowe składają się z prawego i lewego oskrzela głównego, oskrzeli płatowych, oskrzeli segmentowych, oskrzelików końcowych oraz pęcherzyków płucnych. Tchawica dzieli się na oskrzele główne prawe i lewe na wysokości około czwartego lub piątego kręgu piersiowego. Prawe oskrzele jest krótsze, szersze oraz bardziej pionowe niż lewe. Oskrzele dzieli się następnie na coraz mniejsze oskrzeliki, które przechodzą w przewody pęcherzykowe kończące się licznymi pęcherzykami płucnymi, w których dochodzi do wymiany gazowej.

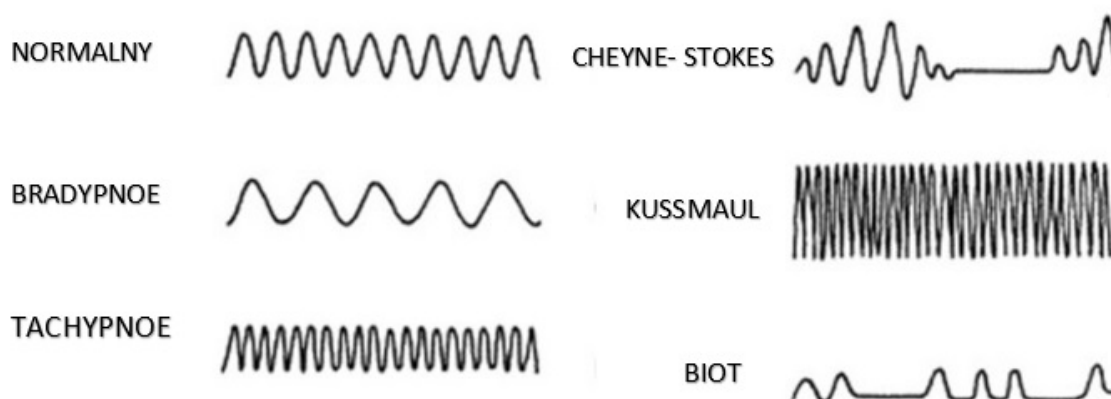
Rycina 6. Budowa układu oddechowego



Pierwszą techniką wykorzystywaną w badaniu fizykalnym układu oddechowego jest obserwacja/oglądanie. Ta technika pozwala między innymi ocenić częstość oddechów. Jeden oddech to wdech i wydech. Fizjologicznie człowiek dorosły oddycha 12 – 20 razy na minutę. Oddech powinien być wykonywany bez wysiłku, powinien być cichy oraz bezwonne. Głębokość każdego wdechu powinna być taka sama. Rycina 7 przedstawia graficznie schemat prawidłowego oddechu oraz kilka najczęściej spotykanych zaburzeń dotyczących głębokości oraz częstości oddechu. Przeprowadzając badanie, należy ocenić prawidłowość ruchów klatki piersiowej w trakcie oddychania. Prawidłowo obie strony klatki piersiowej powinny unosić się symetrycznie podczas wdechu. Podczas badania należy zaobserwować również, jakim torem oddycha pacjent. Kobiety częściej oddychają torem piersiowym, a mężczyźni brzuszny, inaczej zwanym przeponowym. Obserwując pacjenta oddychającego torem piersiowym, można zauważyć, że robiąc wdech rozszerza się, a więc unosi, jego klatka piersiowa. U pacjentów oddychających torem brzuszny widzimy unoszenie się brzucha w trakcie wdechu. Oba tory oddychania są fizjologiczne.



Rycina 7. Graficzne przedstawienie typów oddechowych



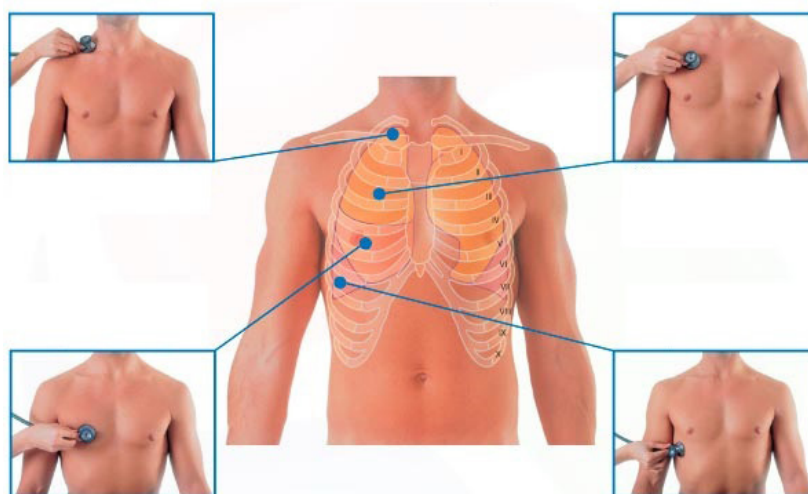
Ważnym elementem obserwacji jest ocena koloru paznokci, skóry oraz ust pacjenta. Łożysko paznokcia powinno być zaróżowione. Kolor skóry oraz ust zdrowego człowieka może być różny i zależy od pochodzenia etnicznego. Ważne, by kolor skóry był jednakowy na całym ciele. U osób z ciemnym kolorem skóry takiej oceny można dokonać na podstawie koloru spojówek, błony śluzowej jamy ustnej, które w przypadku niedotlenienia stają się popielatoszare. Jeśli badający ma wątpliwości dotyczące prawidłowego natlenowania, dokonując obserwacji skóry należy sprawdzić poziom saturacji za pomocą pulsoksymetru.

Drugim elementem badania fizykalnego układu oddechowego jest palpacja. Za pomocą palpacji można sprawdzić tkiwość mięśni klatki piersiowej oraz jej symetrię. Klatkę piersiową bada się z przodu i z tyłu, zwracając uwagę na okolice, w których pacjent odczuwa ból podczas dotyku. Układając dłonie po obu stronach klatki piersiowej i badając obie strony jednocześnie, można wykryć ewentualną asymetrię. Technika palpacji można zbadać także rozszerzalność klatki piersiowej. By ocenić rozszerzalność tylnej ściany klatki piersiowej, badający powinien ułożyć kciuki pionowo po obu stronach kręgosłupa pacjenta, na wysokości wyrostków kolczy-stych kręgow T9 lub T10. Resztę palców dłoni należy ułożyć tak, by opuszki palców były skierowane w stronę boków klatki piersiowej. Oceniając rozszerzalność przedniej ściany klatki piersiowej, ręce należy ułożyć tak, by kciuki badającego były ułożone pionowo w miejscu połączenia żeber z wyrostkiem mieczykowatym mostka. Resztę palców należy ułożyć wzdłuż przednich żeber. Badając zarówno przednią, jak i tylną ścianę klatki piersiowej, pacjent powinien wziąć kilka głębokich oddechów. Osoba badająca obserwuje ruchy swoich kciuków, podczas gdy pacjent bierze wdech. Prawidłowo kciuki powinny rozchodzić się symetrycznie. Za pomocą palpacji można również ocenić położenie tchawicy. By to zrobić, należy wyczuć organ na przedniej ścianie szyi, a następnie ułożyć pionowo kciuki po obu jego stronach. Prawidłowo tchawica powinna znajdować się w linii środkowej szyi. Tchawica powinna być wyczuwalna w trakcie palpacji oraz lekko ruchoma.

Trzecią techniką badania fizykalnego układu oddechowego jest opukiwanie. Opukiwać należy obie strony klatki piersiowej symetrycznie, tak by móc dokonać porównania usłyszanych odgłosów opukowych. Opukując ścianę klatki piersiowej nad zdrową tkanką płucną, badający powinien usłyszeć odgłos jawny. Odgłos stłumiony może być słyszalny, jeśli w płucach lub opłucnej znajduje się płyn. Odgłos bębnowy może świadczyć o odmie.

Ostatnią techniką badania fizykalnego wykorzystywanego w ocenie układu oddechowego jest osłuchiwanie. Należy poinstruować pacjenta, by w trakcie osłuchiwania siedział prosto i oddychał powoli, wykonując wdech i wydech przez usta. Membranę stetoskopu należy przykładać do skóry z przodu, z tyłu oraz boków klatki piersiowej. Stetoskop powinien być przykładany do skóry symetrycznie po obu stronach klatki piersiowej, zaczynając od szczytu płuc – powyżej obojczyka, a kończąc u podstawy – na wysokości 12 żebra. W każdym punkcie należy wysłuchać zarówno wdechu, jak i wydechu, porównując do siebie usłyszane odgłosy po obu stronach.

Rycina 8. Miejsca osłuchiwania układu oddechowego



Do fizjologicznych szmerów oddechowych zaliczamy szmer pęcherzykowy i oskrzelowy. Szmer pęcherzykowy powinien być słyszalny podczas wdechu oraz na początku wydechu nad niemal całymi polami płucami. Określany jest jako dźwięk o niskim tonie. Szmer oskrzelowy w prawidłowych warunkach jest słyszalny na początku wdechu oraz podczas wydechu nad dużymi oskrzelami oraz nad tchawicą. Opisywany jest jako wysoki dźwięk.

## 2. OCENA STANU ŚWIADOMOŚCI

Wpływ na utrzymanie świadomości mają przede wszystkim trzy układy – układ nerwowy, oddechowy oraz krążenia. Zaburzenia w chociażby jednym z tych układów mogą wpływać negatywnie na stan świadomości.

W zależności od zaawansowania niewydolności oddechowej pogłębiają się również zaburzenia świadomości związane z niedotlenieniem. W przypadku pacjentów wentylowanych mechanicznie ocena stanu świadomości może być zaburzona z powodu podawania leków analgesydatywnych.

Skala Glasgow (GCS) pozwala na ocenę zaburzeń świadomości, oceniając trzy aspekty – otwieranie oczu, odpowiedź słowną oraz odpowiedź ruchową.

Tabela 3. Skala GCS

Badana reakcja	Stopień zaburzeń	Liczba punktów
otwieranie oczu	spontaniczne	4
	na polecenie	3
	w odpowiedzi na bodziec bólowy	2
	brak reakcji	1
odpowiedź słowna	prawidłowa, pacjent w pełni zorientowany	5
	odpowiada, ale jest zdezorientowany	4
	używa niewłaściwych słów	3
	wydaje nieartykułowane dźwięki	2
	brak reakcji	1
odpowiedź ruchowa	na polecenie	6
	potrafi umiejscowić bodziec bólowy	5
	prawidłowa reakcja zgięciowa (wycofanie w odpowiedzi na bodziec bólowy)	4
	nieprawidłowa reakcja zgięciowa	3
	relacja wyprostna	2
	brak reakcji	1

- GCS 13 – 15 łagodne zaburzenia świadomości
- GCS 9 – 12 umiarkowane zaburzenia świadomości
- GCS 6 – 8 brak świadomości
- GCS 5 odkorowanie
- GCS 4 odmóżdzenie
- GCS 3 śmierć mózgowa

### 3. NIEWYDOLNOŚĆ ODDECHOWA

Niewydolność oddechowa jest stanem, w którym układ oddechowy nie radzi sobie z pokryciem zapotrzebowania metabolicznego tkanek, może to być związane z zaburzeniem wentylacji lub utlenowania krwi.

Do objawów niewydolności oddechowej zaliczamy:

- zwiększoną częstość oddechów
- duszność
- sinicę
- duży wysiłek oddechowy
- pracę dodatkowych mięśni oddechowych
- pobudzenie lub splątanie
- wzrost wartości tętna
- wzrost wartości ciśnienia tętniczego.

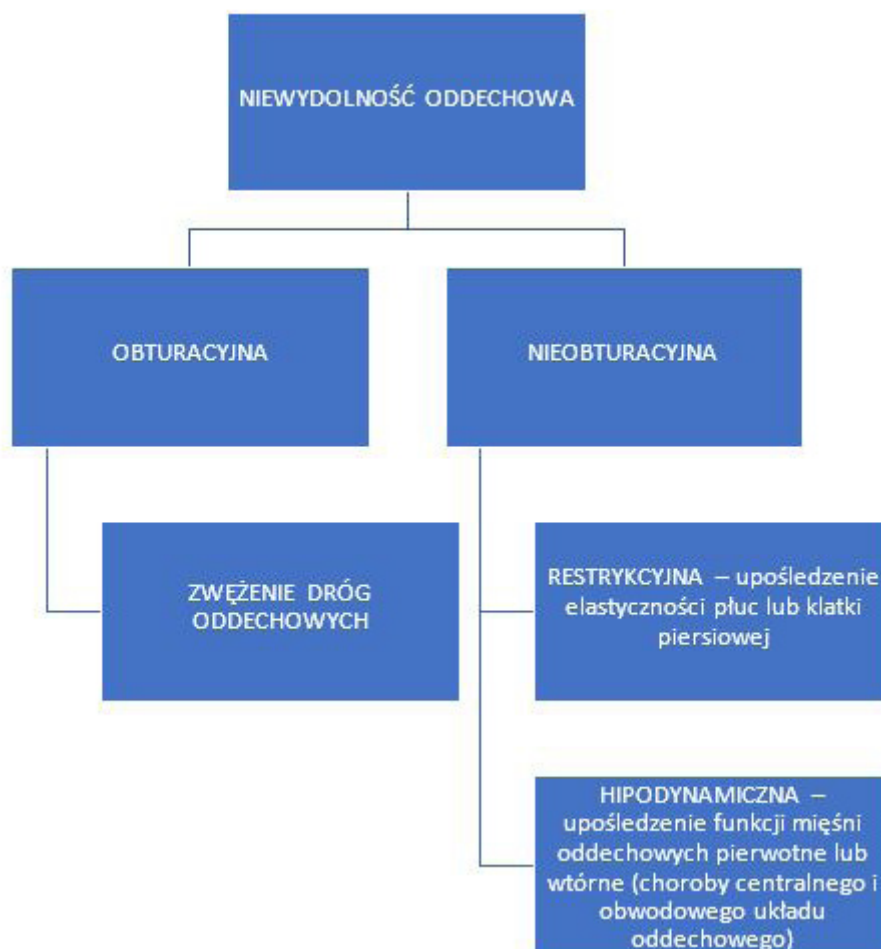
W sytuacji gdy dochodzi do spadku ciśnienia parcjalnego tlenu we krwi tętniczej poniżej 60 mm Hg, rozpoznaje się ostrą hipoksemię, ciśnienie parcjalne dwutlenku węgla wynoszące powyżej 50 mm Hg świadczy o hiperkapni.

Tabela 4. Różnicowanie hipoksji i hiperkapni

Hipoksja	Hiperkapnia
<p><b>Lekkiego stopnia</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Brak objawów lub jedynie zmniejszona ogólna sprawność chorego</li> </ul> <p><b>Umiarkowanego stopnia</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zmiany nastroju: euforia lub depresja</li> <li>• Zmniejszona sprawność ogólna chorego</li> <li>• Zaburzona ocena sytuacji</li> <li>• Ból głowy</li> <li>• Nadciśnienie tętnicze</li> <li>• Duszność wysiłkowa</li> <li>• Sinica</li> <li>• Zmiennego stopnia hiperwentylacja</li> <li>• Przyspieszona akcja serca</li> <li>• Przewlekła retencja dwutlenku węgla</li> </ul> <p><b>Ciężkiego stopnia</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nadciśnienie lub obniżone ciśnienie tętnicze</li> <li>• Niedowidzenie</li> <li>• Senność, stupor, śpiączka</li> </ul>	<p><b>Zwiększenie prężności dwutlenku węgla powyżej wartości wyjściowej</b></p> <p>5 Gorące dłonie</p> <p>10 Szybkie, skaczące tętno, wąskie źrenice</p> <p>15 Przepętnienie żył tarczy nerwu wzrokowego, splątanie lub ospałość, drżenie mięśni</p> <p>30 Osłabienie odruchów ścięgnistych, osłabienie odruchu podeszwowego i śpiączka</p> <p>40 Obrzęk tarczy nerwu wzrokowego</p>

Niewydolność oddechowa, jest stanem, w którym pacjent nie jest w stanie wykonać wystarczającej pracy oddechowej dla zapewnienia bazowej wymiany gazowej. Dystrybucja tlenu do tkanek oraz eliminacja dwutlenku węgla na zewnątrz staje się nieefektywna, czyli dochodzi do upośledzenia wymiany gazowej. Klinicznie niewydolność oddechową można podzielić na postać obturacyjną i nieobturacyjną (w skład której wchodzi niewydolność restrykcyjna oraz hipodynamiczna). Najczęściej w praktyce klinicznej występuje postać mieszana.

Rycina 9. Podział niewydolności oddechowej



Niewydolność oddechowa może być efektem wielu stanów chorobowych. Tabela 5 przedstawia podział przyczyn niewydolności oddechowej na podstawie pierwotnego miejsca, w którym powstało zaburzenie.

Tabela 5. Podział przyczyn niewydolności oddechowej na podstawie pierwotnego miejsca, w którym powstało zaburzenie.

<b>Choroby dotyczące płuc</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• zapalenie płuc</li> <li>• zapalenie oskrzelików</li> <li>• astma oskrzelowa</li> <li>• mukowiscydoza</li> </ul>
<b>Mechaniczne zaburzenia wentylacji</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• choroby nerwowo-mięśniowe (miopatie, zespół Guillaina-Barrego)</li> <li>• uraz ściany klatki piersiowej</li> <li>• duży wysięk opłucnowy</li> <li>• restrykcyjne choroby płuc z zajęciem mięśni oddechowych</li> </ul>
<b>Choroby powodujące zwężenie dróg oddechowych</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ciało obce</li> <li>• przepona krtani</li> <li>• pierścień naczyniowy</li> </ul>
<b>Zaburzenia ośrodkowej kontroli oddychania</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• urazy</li> <li>• zakażenia</li> <li>• zatrucia</li> <li>• choroby genetyczne</li> <li>• guzy</li> </ul>
<b>Upośledzone pokrycie zwiększonego zapotrzebowania tkanek na tlen</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• wstrząs septyczny</li> </ul>

#### 4. POOPERACYJNA NIWYDOLNOŚĆ ODDECHOWA

Pooperacyjna niewydolność oddechowa zawsze stanowi stan nagły. Przebiegać może w wyniku kilku czynników:

- kurcz krtani (podrażnienie mechaniczne lub zalegająca wydzielina)
- przedłużone działanie blokady nerwowo-mięśniowej
- przedłużone działanie opioidów
- zaleganie w drogach oddechowych krwi, wydzieliny lub śluzu
- obrzęk płuc.

Niezależnie od czynnika wywołującego sytuacja zawsze jest nagłą, wymaga sprawnego rozpoznania potencjalnej przyczyny, usunięcia jej i dołączenia objawowego, z koniecznością prowadzenia oddechu wspomaganego włącznie.

Jako profilaktykę hipoksemii w okresie pooperacyjnym stosuje się bierne suplementowanie pacjentów tlenem przez maskę twarzową w okresie kilku godzin po wybudzeniu ze znieczulenia ogólnego oraz systematyczną ocenę stanu świadomości i napędu oddechowego przez okres do 2 godzin po zakończeniu znieczulenia.

Rycina 10. Maska twarzowa z rezerwuarem



Niewydolność oddechową pourazową klasyfikuje się jako zaburzenia oddechowe wywołane mechanicznie przebiegające z hipowentylacją, której przyczyną umiejscowiona jest poniżej tchawicy.

Czynnikami wstępnym mogą być:

- uraz
- odma
- krwiak opłucnej.

Jako najbardziej charakterystyczny objaw urazowej niewydolności oddechowej jest oddech paradoksalny (niestabilna klatka piersiowa). Wśród objawów klinicznych można wymienić jeszcze ból, duszność (z tachypnoe), nadmiernie wypełnione żyły szyjne.

W ustaleniu mechanizmu pomocny będzie wywiad obejmujący mechanizm urazu oraz dokładnie przeprowadzone badanie podmiotowe, oraz POCUS (Point of care ultrasonography).

Leczenie obejmuje zabezpieczenie przyrządowe dróg oddechowych w postaci intubacji dotchawiczej i wdrożenie oddechu zastępczego, aktywne drenowanie klatki piersiowej w przypadku odmy lub krwiaka zlokalizowanego w jamie opłucnej oraz zapewnienie odpowiedniej hemostazy.

## 5. TLENOTERAPIA

Tlenoterapia jest podstawowym narzędziem poprawiającym natlenowanie organizmu. Wskazaniem do tlenoterapii są pojawiające się u pacjenta objawy niewydolności oddechowej.

Prowadząc terapię tlenem, należy pamiętać, że tlen jest lekiem, a jego nadmiar jest toksyczny dla organizmu. Toksyczny efekt tlenu zależy od jego stężenia oraz czasu działania. W układzie oddechowym toksyczność tlenu może prowadzić do zmian zapalnych w tchawicy i oskrzelach, niedodmy absorpcyjnej spowodowanej wypłukiwaniem azotu, który zapobiega zapadaniu się pęcherzyków płucnych, ostrego uszkodzenia płuc oraz do dysplazji oskrzelowo-płucnej u noworodków. U noworodków leczonych tlenem w wysokim przepływie może dochodzić również do retinopatii.

Do prowadzenia tlenoterapii potrzebne jest źródło tlenu. W szpitalu źródłem tlenu może być centralna instancja tlenowa lub przenośna butla tlenowa. W tlenoterapii domowej wykorzystywane są najczęściej koncentratory. Koncentrator tlenu jest źródłem tanim, ale stacjonarnym, ograniczającym korzystanie z tlenu do przestrzeni mieszkania. Tlen ciekły, znacznie kosztowniejszy, jest z punktu widzenia chorego idealnym źródłem tlenu, ponieważ aparatura nie wytwarza hałasu, nie wymaga zasilania zewnętrznego, pozwala na aplikowanie dużych przepływów tlenu powyżej 5 l na minutę oraz używanie tlenu poza domem dzięki przenośnym zbiornikom. Do źródła tlenu podłączony musi być przepływomierz, który umożliwi regulację przepływu tlenu.

To, w jaki sposób tlen będzie podawany pacjentowi, zależy między innymi od celu tlenoterapii. Tlenoterapię bierną można prowadzić przy pomocy zarówno różnego rodzaju masek, jak i cewnika donosowego.

Cewniki donosowe zakłada się do obydwu nozdrzy przednich. Zalecany przepływ tlenu, korzystając z cewników donosowych, wynosi 1 - 6 l/min, co zapewnia stężenie tlenu w granicach 24%-44%. Ta metoda podawania tlenu jest prosta, bezpieczna i łatwo tolerowana przez pacjentów. Nie przeszkadza także pacjentom w trakcie jedzenia czy rozmowy. Wadami cewników donosowych jest fakt, że powodują wysychanie błony śluzowej

nosa, mogą uszkadzać skórę w okolicy nosa czy uszu oraz mogą łatwo wysuwać się z nozdrzy, co zmniejsza ich efektywność.

Używając masek prostych, zalecany przepływ wynosi 6 - 12 l/min (stężenie tlenu 30% - 50%). Są one szczególnie polecane w trakcie transportu pacjenta, u którego prowadzona jest tlenoterapia. Maski mogą nasilać uczucie klaustrofobii u pacjentów, uniemożliwiają również jedzenie i rozmowę.

Maski z zastawkami Venturiego pomagają dostarczyć nawilżony tlen pacjentowi. Wady tych masek są takie same jak wady masek prostych. Maski Venturiego mogą dodatkowo powodować podrażnienie skóry twarzy z powodu wilgoci.

Maski częściowo zwrotne lub bezzwrotne posiadają worek rezerwuarowy. Zapewniają duże stężenia tlenu w mieszaninie wdechowej. Przepływ tlenu powinien być ustawiony 10 - 15 l/min, co zapewnia stężenie tlenu 60% - 90%.

Cewniki donosowe z dużym przepływem gazów pozwalają prowadzić wysokoprzepływową tlenoterapię donosową, która dostarcza tlen w stężeniu 21% - 100% w zależności od przepływu. Ta metoda podawania tlenu pomaga eliminować dwutlenek węgla, ułatwia utrzymanie drożności dróg oddechowych. Stosowanie jej u pacjentów ekstubowanych pomaga zmniejszyć ryzyko ponownej intubacji.

Worki samorozprężalne z maską twarzą są najczęściej używane do wentylacji zastępczej. Przy ustawionym dużym przepływie pomagają dostarczyć tlen w wysokim stężeniu.

Innymi sprzętami niezbędnymi do prowadzenia tlenoterapii są dreny łączące oraz urządzenia do nawilżania i ogrzewania gazów oddechowych.

Najczęstszą metodą oceny tlenoterapii jest pulsoksymetria. Według British Thoracic Society porządna wartość saturacji wynosi 94% - 98%. Są jednak pewne wyjątki. Należą do nich pacjenci z hiperkapnią lub z podwyższonym jej ryzykiem, u których saturacja powinna wynosić 88% - 92%. Innym wyjątkiem są pacjenci z odma płucną oraz pacjenci po zatruciu tlenkiem węgla, u których docelowa saturacja wynosi 100%.

## **6. SPIROMETRIA**

Spirometria stanowi najważniejsze obiektywne badanie czynnościowe układu oddechowego. W czasie badania spirometrycznego ocenia się objętość powietrza wydychanego i wdychanego do płuc.

Badania czynnościowe układu oddechowego dają możliwość określenia sprawności wentylacyjnej, objętości płuc, wielkości przepływu powietrza przez drogi oddechowe, reaktywność dróg oddechowych, ogólną sprawność wymiany gazowej. Parametry oceniane podczas badania spirometrycznego przedstawiono w tabeli 6.

Tabela 6. Parametry oceniane podczas badania spirometrycznego

objętość oddechowa (TV)	objętość powietrza wdychanego lub wydychanego podczas pojedynczego, spokojnego oddechu
wdechowa objętość zapasowa (IRV)	największa objętość, która może być wdychana do płuc dodatkowo po zakończeniu spokojnego wdechu
wydechowa objętość zapasowa (ERV)	największa objętość, która może być wydychana z płuc po zakończeniu spokojnego wydechu
pojemność wdechowa (IC)	największa objętość, która może być wdychana do płuc po zakończeniu spokojnego wydechu (TV + IRV)
pojemność życiowa (VC)	objętość płuc między maksymalnym wdechem a maksymalnym wydechem (TV + IRV + ERV)
natężona pojemność życiowa (FVC)	maksymalnie głęboki wydech poprzedzony maksymalnie głębokim wdechem
natężona pojemność wydechowa pierwszosekundowa (FEV1)	objętość powietrza usunięta z płuc w 1. sekundzie maksymalnego wydechu
szczytowy przepływ wydechowy (PEF)	
maksymalny przepływ wydechowy przy 75%, 50% i 25% FVC (MEF75, MEF50, MEF25)	
opór dróg oddechowych	
czynnościowa pojemność zalegająca (FRC)	pojemność gazów zawartych w klatce piersiowej
pojemność dyfuzyjna płuc	

Na podstawie wskazanych wykładników obliczyć można rozmaite wskaźniki dające informacje na temat sprawności mechanizmów oddychania, np. wskaźnik Tiffeneau.

Spirometria stanowi badanie różnicujące w diagnostyce pomiędzy obturacyjnymi i restrykcyjnymi chorobami płuc. Spirometryczne próby prowokacyjne, próba rozkurczowa czy badanie zdolności dyfuzji gazów w płucach opierają się na podobnych zasadach.

Próba rozkurczowa, po wykonaniu podstawowej spirometrii, polega na podaniu pacjentowi do wdychania lek rozkurczający oskrzela. Po upływie 15 minut powtarza się badanie spirometryczne. Różnica pomiędzy wynikiem przed inhalacją i po niej dostarcza wiedzy o odwracalności obturacji dróg oddechowych.



Próba prowokacyjna polega na wdychaniu stopniowo zwiększanego stężenia substancji powodującej skurcz oskrzeli (zwykle histaminy lub metacholiny) i ocenie zmiany parametru FEV1 w stosunku do przeprowadzonej wcześniej spirometrii podstawowej.

Szczytowy przepływ wdechowy (PEF) jest mierzony w czasie wykonywania przez pacjenta gwałtownego wydechu natychmiast po najgłębszym wdechu. Czynność jest powtarzana w celu uzyskania miarodajnego wyniku.

Określenie zdolności dyfuzji gazów w płucach (DLCO) polega na wykonaniu i zbadaniu parametrów w czasie, gdy po kilku spokojnych wdechach pacjent wykonuje maksymalny wydech i następnie maksymalny wdech, w trakcie którego podawana jest do ustnika mieszanka powietrza z gazami znacznikowymi – helem i tlenkiem węgla w niskich, bezpiecznych stężeniach. Na szczycie wdechu należy zatrzymać oddech na 10 sekund, po czym wypuścić powietrze przez ustnik. Różnica stężeń gazów znacznikowych przy wdechu i wydechu świadczy o zdolności przechodzenia gazów z powietrza do krwi.

# MODUŁ TRZECI

## WENTYLACJA MECHANICZNA

Celem modułu jest przygotowanie uczestnika kursu do współuczestniczenia w procesie leczenia pacjenta dorosłego wentylowanego mechanicznie metodą inwazyjną i nieinwazyjną.

W module zostaną omówione następujące zagadnienia:

1. Utrzymanie drożności dróg oddechowych
2. Techniki wentylacji
3. Tryby wentylacji i wspomaganie oddechu
4. Monitorowanie pracy respiratora, alarmy
5. Ocena skuteczności wentylacji
6. Odzwyczajanie od respiratora
7. Wskazania do ekstubacji
8. Wentylacja nieinwazyjna
9. Domowa wentylacja nieinwazyjna
10. Metody nawilżania i ogrzewania gazów
11. Działania niepożądane i powikłania wentylacji mechanicznej
12. Drenaż jamy opłucnowej
13. Problemy, które mogą wystąpić u pacjenta wentylowanego mechanicznie
14. Kontrola zakażeń układu oddechowego związanych z prowadzeniem wentylacji mechanicznej. Metody pobierania materiału do badań bakteriologicznych.

### 1. UTRZYMANIE DROŻNOŚCI DRÓG ODDECHOWYCH

Udrożnienie i utrzymanie drożności dróg oddechowych odgrywa kluczową rolę w postępowaniu z pacjentem. Zasadniczo sposoby udrażniania dróg oddechowych klasyfikujemy na bezprzyrządowe i przyrządowe.

Techniki bezprzyrządowe to:

- Rękoczyn czoło-żuchwa u osób (u których nie podejrzewamy urazu kręgosłupa). Manewr ten polega na położeniu jednej ręki na czole poszkodowanego, a drugiej na brodzie tak, aby palce znajdowały się w okolicy żuchwy. Następnie odchylamy głowę do tyłu i sprawdzamy, czy drogi oddechowe zostały udrożnione, sprawdzając oddech przez 10 sekund.
- Wysunięcie (luksowanie) żuchwy. Rękoczyn ten polega na wysunięciu stawów żuchwowych do przodu, tak, aby dolne zęby poszkodowanego znalazły się powyżej górnych.

Techniki przyrządowe, jak nazwa wskazuje, bazują na wykorzystaniu odpowiednich urządzeń do udrażniania dróg oddechowych.

Wśród najpopularniejszych i najczęściej wykorzystywanych wymienić należy: rurkę ustno-gardłową, rurkę nosowo-gardłową, maskę krtaniową, rurkę krtaniową oraz obturator przełykowy (Combitube).

**Rurka ustno-gardłowa (Guedla) – zapobiega zapadnięciu języka w kierunku tylnej ściany gardła.**

Technika wprowadzenia rurki nie jest skomplikowana i nie wymaga żadnego dodatkowego sprzętu. Rurkę wsuwa się do jamy ustnej pacjenta w pozycji odwróconej niż pozycja, jaką rurka przyjmie po ostatecznym jej ułożeniu. Wprowadzając ją, kieruje się wypukłą część ku dołowi do poczucia delikatnego oporu – punktu połączenia podniebienia miękkiego z twardym. W tym punkcie należy obrócić ją o 180 stopni i wsunąć dalej do momentu przykrycia zębów przez mankiet rurki.

Rurka nosowo-gardłowa – służy do ratunkowego udrożnienia dróg oddechowych. Jest znacznie lepiej tolerowana przez osoby przytomne niż rurka ustno-gardłowa.

**Maska krtaniowa (LMA) – stanowi alternatywę dla intubacji (dzięki prostszemu sposobie zakładania).** Niektóre towarzystwa naukowe (np. Amerykańskie Towarzystwo Kardiologiczne) rekomenduje wybór używanie LMA w sytuacjach ratunkowych jako metodę z wyboru w udrażnianiu dróg oddechowych przez ratowników.

Uszczelnienie mankietu na poziomie krtani pozwala utworzyć ustno-gardłową drogę oddechową w znacznie mniej urazowy sposób niż rurka dotchawicza.

**Rurka krtaniowa (LT – laryngeal tube)** – urządzenie do podtrzymywania drożności dróg oddechowych. Lekko wygięta rurka wyposażona w dwa mankiety uszczelniające – gardłowy (duży) i przełykowy (mały). Mankiety wypełniane są powietrzem przez jeden balonik kontrolny. Kryteria zastosowania rurki krtaniowej są takie same jak LMA. Rurka krtaniowa lepiej chroni drogi oddechowe przed zachłyśnięciem treścią żołądkową.

**Combitube – urządzenie składające się z rurki o podwójnym świetle (2 kanały: przełykowy i tchawiczy)**, z których jedno jest ślepo zakończone (kanał przełykowy). Powyżej ujścia przełykowego na powierzchni rurki znajdują się otwory służące do wentylacji. Posiada dwa mankiety uszczelniające, zapobiegające przedostawaniu się powietrza do przełyku i wstecznie do jamy ustnej.

Intubacja dotchawicza zapewnia drożność dróg oddechowych. Chroni przed zachłyśnięciem, ułatwia usuwanie wydzieliny z drzewa oskrzelowego, daje możliwość prowadzenia terapii oddechowej za pomocą respiratora. Poza procedurami chirurgicznymi, gdzie występuje konieczność znieczulenia ogólnego pacjentów, wskazania do intubacji dotchawiczej przedstawiają się następująco:

Utrata świadomości ( $\leq 8$  pkt w skali GCS) lub jej poważne zaburzenia, brak odruchów obronnych (połykania, kaszlu), ryzyko zachłyśnięcia się treścią pokarmową, brak możliwości zabezpieczenia drożności dróg oddechowych innymi metodami; konieczność stosowania oddechu zastępczego, resuscytacja krążeniowo-oddechowa.

Intubację dotchawiczą można przeprowadzić na dwa podstawowe sposoby: przez usta i przez nos. Standardowo, na potrzeby anestezji lub ostrych stanów niewydolności oddechowej, bazową techniką jest intubacja przez usta. Za pomocą laryngoskopu, przy właściwym ułożeniu głowy chorego (lekko odchylona lub tzw. węższa), uwidacznia się szparę głośni, a następnie pod kontrolą wzroku wprowadza się rurkę przez usta i krtani do tchawicy. Podczas intubacji przez nos rurkę wprowadza się przez jamę nosową do części ustnej gardła, następnie, podobnie jak w przypadku intubacji przez usta, do tchawicy. Najczęściej pomocnym sprzętem w intubacji przez nos są kleszczyki intubacyjne, które pomagają umieścić rurkę w preferowanym miejscu.

## **2. TECHNIKA SZYBKIEJ INTUBACJI**

### **Protokół RSII**

Gdy mówimy o tzw. szybkiej intubacji, mamy na myśli sytuację, gdy istnieje relatywnie wysokie ryzyko regurgitacji treści pokarmowej podczas zabezpieczania dróg oddechowych (cięża, niedrożność przewodu pokarmowego, brak karencji płynowo-pokarmowej przed procedurą anestezjologiczną). William Stept i Peter Safan w 1970 roku po raz pierwszy opisali procedurę RSI – rapid sequence intubation, która aktualnie w literaturze fachowej często jest zastępowana skrótem RSII, czyli rapid sequence intubation and induction. Stanowi to naturalną ewaluację i uzupełnienie procedury w celu pełniejszego obrazu przeprowadzanej procedury. Proces szybkiej indukcji i zabezpieczenia dróg oddechowych stanowi zawsze spore wyzwanie dla zespołu medycznego z uwagi na możliwe powikłania, czy też na możliwe braki w przygotowaniu wynikające z pilności sytuacji. Pomocnym narzędziem we właściwym przygotowaniu się do RSI może okazać się checklista przygotowująca, kryjąca się pod akronimem „SPEED BOMB”, która posiada polski przekład, jest szeroko stosowana w procedurach pozaszpitalnych, wydaje się również być wysoko zasadna w postępowaniu wewnątrzszpitalnym.

Rycina 11. Checklista SPEED BOMB

**S**uction ssak

dwa niezależne źródła ssania; najlepiej z końcówką typu Yankauer

**P**ositioning pozycja ciała

głowa w pozycji węższej, górna połowa ciała uniesiona  $>20^\circ$ , ręczna stabilizacja kręgosłupa szyjnego u pacjentów urazowych, kobiety ciężarne ułożone na lewym boku  $15^\circ$

**E**quipment for intubation sprzęt

2 laryngoskopy, prowadnica Bougie,  $>2$  rurki intubacyjne o różnych rozmiarach, sprzęt do uszczelnienia i umocowania rurki intubacyjnej

**E**nd-tidal  $\text{CO}_2$  wydechowe  $\text{CO}_2$

kapnometr/kapnograf

**D**rugs and IV access leki i dostęp dożylny

2 drożne dostępy *i.v.*; fentanyl, etomidat/propofol, ketamina, rocuronium/ suksametonium, efedryna

**B**ack up airway ready alternatywny dostęp do dróg oddechowych

worek samorozprężalny i rurki ustno-gardłowe, maska krtaniowa, zestaw do konikotomii

**O**xygen tlen

$\text{O}_2$  15 l/minutę na masce z rezerwuarem, zapasowe źródło tlenu

**M**onitoring minimum monitorowanie

EKG, pulsoksymetria, pomiar ciśnienia tętniczego

**B**riefing omówienie

podział ról, omówienie strategii z zespołem, plan na postępowanie awaryjne

Procedura szybkiego zabezpieczenia dróg oddechowych przedstawiona w kolejności chronologicznej przedstawia się następująco:

1. preoksygenacja 100% tlenem
2. w tym czasie potwierdzenie gotowości do wykonania procedury (wykonanie czeklisty)
3. podaż anestetyku dożylnego (ew. plus szybko działający opioid)
4. podaż leku zwiotczającego mięśnie (lek depolaryzujący płytkę – sukcynylocholina, lub niedepolaryzujący płytkę – rocuronium)
5. intubacja dotchawicza.

Leki stosowane podczas szybkiej indukcji i intubacji zamieszczono w tabeli 7.

Tabela 7. Leki stosowane podczas szybkiej indukcji i intubacji

Lek	Dawka w RSII	Uwagi
propofol	2 mg/kg	nie stosować w RSII u pacjentów obciążonych kardiologicznie, starszych, hipowolemicznych, we wstrząsie
etomidat	0,2–0,4 mg/kg	większa stabilność hemodynamiczna, redukcja dawki u osób starszych dla uzyskania lepszych warunków, można łączyć z midazolamem
ketamina	1-2 mg/kg	redukcja dawki u pacjentów hipowolemicznych, ostrożnie u pacjentów z hipertensją, lek z wyboru w RSI przedszpitalnej oraz we wstrząsie
rocuronium	1-1,2mg/kg	w opiece po intubacji zalecany jako lek podtrzymujący zwiotczenie przy problemach z wentylacją w dawce 0,6 mg/kg co około 50 min; zazwyczaj dobre warunki do intubacji po 60 s i przy braku napięcia mięśni żuchwy
suksametonium	od 1 mg/kg do 1,5 mg/kg	należy odczekać do zakończenia fascykulacji; dawka prekuraryzacyjna, jeśli stosowana: 10% ED95, np. 2 mg rocuronium podane 5 min wcześniej

### Sprzęt potrzebny do zabezpieczenia dróg oddechowych

Najważniejszy sprzęt służący do zabezpieczenia dróg oddechowych to **laryngoskop i rurki intubacyjne**.

Laryngoskop jest narzędziem służącym do uwidaczniania krtani. Składa się z dwóch części: łyżki ze źródłem światła oraz rękojeści (uchwyty) z bateriami/ akumulatorami. Kształt i powierzchnia rękojeści powinna być ergonomiczna i ułatwiająca pewny chwyt laryngoskopu podczas intubacji. Łyżką uciska się tkanki miękkie dna jamy ustnej, podciąga się ku dołowi (doogonowo) żuchwę, a język przesuwają w stronę lewą. Laryngoskopy dzielimy z uwagi na kształt łyżki na dwa rodzaje:

- łyżki zakrzywione (Macintosh)
- łyżki proste (Millera).

Podstawowy podział łyżek nie uwzględnia licznych modyfikacji łyżek zarówno Macintosha (np. McCoy), jak i Millera (np. Jacksona-Wisconsin).

Wybór łyżki do intubacji w głównej mierze opiera się na osobistych preferencjach osoby wykonującej intubację.

Zalety łyżek prostych to między innymi: lepsze ustawienie szpary głośni, lepsza kontrola rurki podczas wprowadzania, rzadziej istnieje konieczność używania prowadnicy.

Zalety łyżek zakrzywionych to: mniejsza traumatyzacja zębów, większa ilość wolnego miejsca w jamie ustnej, lepsza prewencja uszkodzenia nagłośni w wyniku ucisku.

Rurki intubacyjne (dotchawicze) wytwarzane są w różnych rozmiarach z różnych materiałów z lub bez mankietów uszczelniających. Przekrój wewnętrzny rurki jest okrągły, co ma utrudniać możliwość jej zagięcia. Na jej proksymalnym końcu znajduje się plastikowy łącznik w uniwersalnym rozmiarze, umożliwiający połączenie rurki z układem oddechowym respiratora czy z workiem samorozprężalnym. Koniec dystalny jest natomiast skośnie ścięty, a przed ścięciem znajduje się owalny otwór zwany okiem (otworem) Murphego. Powyżej otworu Murphego znajduje się (z wyjątkiem rurek o małych rozmiarach) balon uszczelniający, który powinien wypełniany być powietrzem.

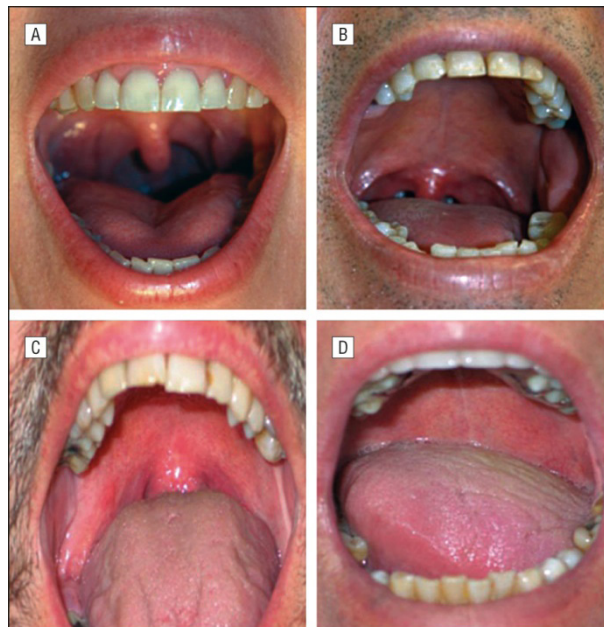
Dodatkowy sprzęt wykorzystywany w intubacji, również podczas problemów z przeprowadzeniem zabezpieczenia dróg oddechowych, to między innymi: **przewodnice – miękkie typu Bougie, lub krótkie (z drutu), kleszczyki intubacyjne (najczęściej typu Magilla), ssak, urządzenia do optymalnego pozycjonowania pacjentów (kliny, udogodnienia).**

W przewidywaniu trudnych warunków intubacyjnych przydatne mogą być różnego rodzaju testy przesiewowe oceniające różne uwarunkowania anatomiczne pacjentów. W warunkach szeroko pojętej anestezji złotym standardem oceny warunków do zabezpieczenia dróg oddechowych jest skala Mallampatiego. Wyróżnia ona 4 stopnie:

1. widoczne podniebienie miękkie, języczek, gardło i zarys migdałków
2. widoczne podniebienie miękkie i języczek
3. widoczne podniebienie miękkie i podstawa języczka
4. nie widać podniebienia miękkiego.

Graficznie przedstawiono ją na rycinie 12.

Rycina 12. Skala Mallampati



Skala Mallampatiego niestety daje bardzo wysoki odsetek wyników fałszywie dodatnich (ok. 50%). Sprawia również często trudności interpretacyjne. Powoduje to podjęcie dyskusji o zasadności jej stosowania, która od jakiegoś czasu toczy się w świecie naukowym. Jako jedną z alternatyw wysuwaną przez takie towarzystwa naukowe czy organizacje jak International Trauma Life Support do oceny Mallampatiego może posłużyć akronim LEON:

L – Look (popatrz, „ogólne wrażenie”),

E – Evaluate 3-3-2 (czy „wchodzą” 3 palce pomiędzy górne i dolne zęby? „cofnięta” żuchwa? krótka szyja?),

O – Obstruction/Obesity (otyłość?),

N – Neck mobility (zmniejszona ruchomość szyi?).

Dodatkowe kryteria oceny przedintubacyjnej to ocena ruchomości odcinka szyjnego, test Patila (odległość krtaniowo-żuchwowa; w warunkach prawidłowych odległość ta wynosi powyżej 6,5 cm. Im mniejsza odległość, tym trudniejsze warunki intubacyjne), czy skala pięciu czynników ryzyka Wilsona, czyli narzędzie, w skład którego chodzą takie parametry, jak:

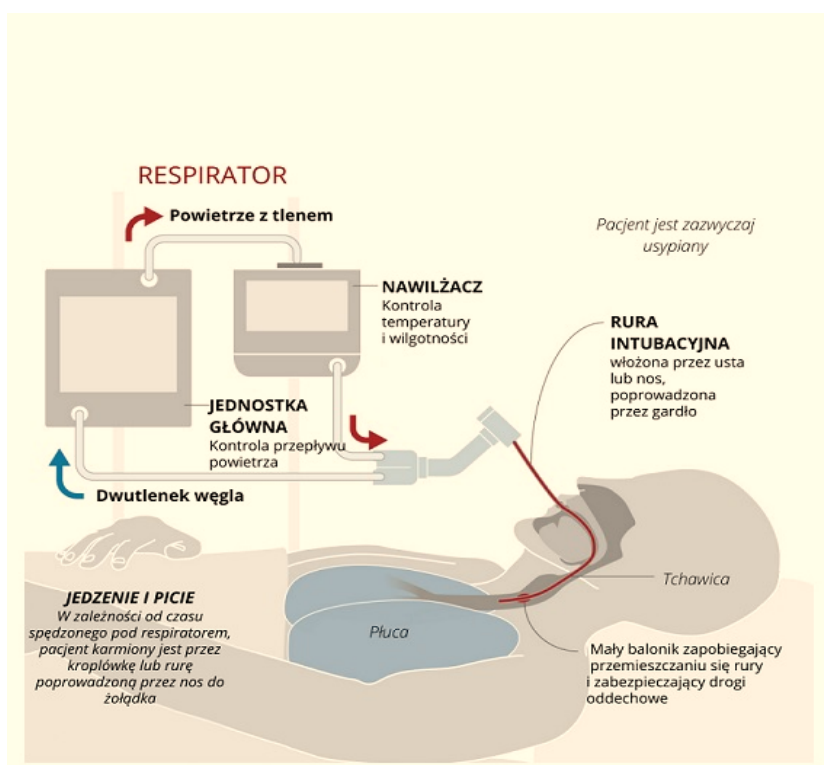
- masa ciała
- ruchomość kręgosłupa w odcinku szyjnym

- ruchomość stawów skroniowo-żuchwowych
- cofnięta broda
- wystające zęby.

## 2. TECHNIKI WENTYLACJI

Respirator jest urządzeniem, które może wspomagać lub całkowicie przejąć proces oddychania pacjenta, gdy z różnych powodów proces ten nie może odbywać się samodzielnie.

Rycina 13. Ogólna zasada działania respiratora



Podczas procesu oddechowego realizowanego z użyciem respiratora czas, objętość, ciśnienie i prędkość przepływu są wzajemnie powiązane. Można ich używać zarówno do opisu spontanicznego, jak i całkowicie mechanicznej wentylacji ciśnieniem dodatnim. Mechanizm kluczowy dla przejścia wdechu do fazy wydechu stanowi podstawę dla podziału rodzajów respiratorów.

Wdech mechaniczny najczęściej inicjowany jest przez generator czasowozmienny. Wszystkie dostępne na rynku respiratory mierzą przynajmniej jedną z wartości: ciśnienie, objętość, przepływ lub czas, który po osiągnięciu ustalonych wcześniej kryteriów (wartości) rozpoczyna cykl. Najczęściej ową zmienną stanowi czas. W niektórych przypadkach wskazane jest zastosowanie cyklu sterowanego ciśnieniem, które jest generowane spontanicznym wysiłkiem wdechowym pacjenta.

Faza wydechu najczęściej stanowi zjawisko bierne. Odbywa się samoistnie do atmosfery. Może być inicjowana na trzy sposoby:

- objętością – przełączenie następuje po dostarczeniu pacjentowi zaprogramowanej objętości oddechowej po której następuje pauza wdechowa,
- ciśnieniem – przełączenie następuje po osiągnięciu zaprogramowania ciśnienia w górnych drogach oddechowych,
- czasem – faza wdechu ma stały zaprogramowany wcześniej czas, po której następuje krótka pauza wdechowa.

### Przygotowanie respiratora do pracy

Przed rozpoczęciem wentylacji mechanicznej (podłączeniem pacjenta do respiratora) konieczne jest przeprowadzenie testu potwierdzającego sprawność działania urządzenia. Wszystkie dostępne urządzenia, niezależnie

od stopnia zaawansowania technologicznego, są wyposażone w krótki startowy auto-test. Poza wykonaniem autotestu warto przeprowadzić manualną kontrolę szczelności układu oddechowego, oraz skontrolować działanie czujników przepływu gazu czy ilość dostarczanego tlenu do mieszaniny oddechowej.

Podział trybów oddechowych stosowanych podczas terapii respiratorem w warunkach szpitalnych przedstawiono na rycinie 14.

Rycina 14. Podział trybów oddechowych stosowanych podczas terapii respiratorem w warunkach szpitalnych

#### Tryby wentylacji kontrolowane objętością

wcześniejsze nazewnictwo	IPPV/ CMV	IPPV <sub>assist</sub> / CMV <sub>assist</sub>	SIMV	MMV
nowe nazewnictwo	VC-CMV	VC-AC	VC-SIMV	VC-MMV

#### Tryby wentylacji kontrolowane ciśnieniem

wcześniejsze nazewnictwo		BIPAP <sub>assist</sub> / PCV <sub>assist</sub> <sup>+</sup>		BIPAP/ PCV <sup>+</sup>	APRV	
nowe nazewnictwo	PC-CMV	PC-AC	PC-SIMV	PC-BIPAP	PC-APRV	PC-PSV

#### Tryby wspomaganie oddechu spontanicznego

wcześniejsze nazewnictwo	CPAP/ASB/ CPAP/PS			PPS
nowe nazewnictwo	SPN-CPAP/PS	SPN-CPAP/VS		SPN-PPS

Krzywe oddechowe generowane przez respirator są graficznym przedstawieniem interakcji pomiędzy respiratorem a pacjentem.

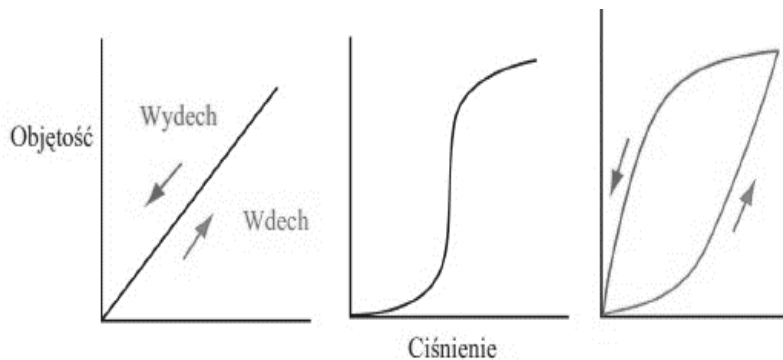
Pomimo bardzo dynamicznego rozwoju technologicznego, żaden z respiratorów nie jest w stanie dostarczyć idealnego oddechu. Krzywe oddechowe dzielimy na skalary i pętle. Skalary przedstawiają objętości, ciśnienia i przepływ w czasie rzeczywistym. Stanowią więc wynik pomiaru objętości, ciśnienia oraz przepływu pisane na wykresie względem czasu. Pętle natomiast stanowią przedstawienie graficzne objętości wyznaczonej w stosunku do ciśnienia lub przepływu względem objętości.

#### Pętla ciśnienie–objętość

Pętla PV przesuwają się w czasie wdechu wzdłuż linii przekątnej ku górze i ku dołowi po tej samej linii w czasie wydechu. W warunkach fizjologicznych granice powietrze–płyn w płucach wytwarzają siły napięcia powierzchniowego, natomiast krzywe wdechu i wydechu tworzą inny wykres – nie krzywają, lecz pętlę. Prawidłowa pętla ciśnienie–objętość jest odkształcona: nie wydaje się symetryczna, posiada wybrzuszenie w lewo w górnej połowie i w prawo w dolnej.

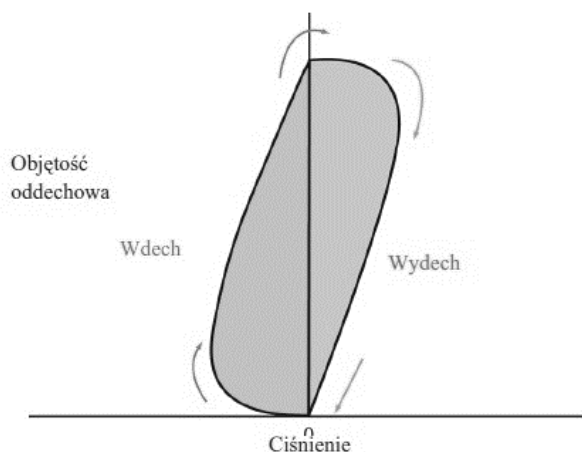


Rycina 15. Pętla ciśnienie– objętość



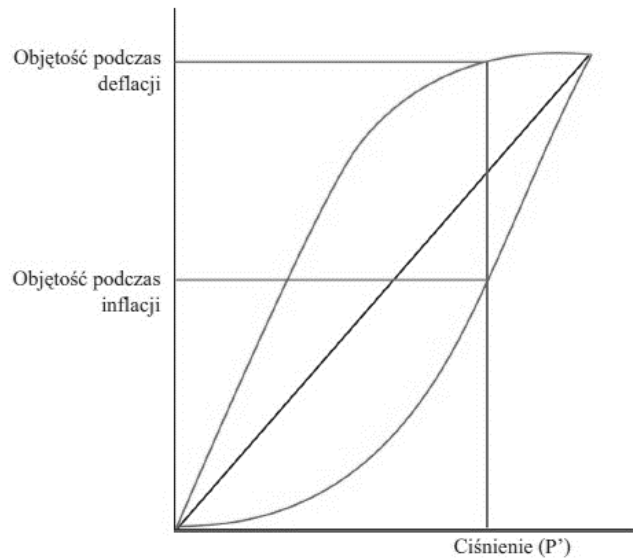
Podczas oddechu spontanicznego, bez stosowania żadnych form wspomagania, oddech spontaniczny przemieszcza się na pętli zgodnie z ruchami wskazówek zegara (odwrotnie niż przy oddechu mechanicznym). Podczas wdechu, gdy ciśnienie w jamach opłucnowych staje się ujemne, dochodzi do przesunięcia się wykresu na osi x w lewo i powietrze zostaje wciągnięte do płuc. Podczas wzrastania objętości oddechowej, ujemne ciśnienie w jamie opłucnowej zmniejsza się – krzywa powraca do wartości zerowej na linii ciśnienia (oś Y).

Rycina 16. Pętla PV w oddechu spontanicznym



Oddech z respiratora: Podczas prowadzenia oddechu mechanicznego z respiratora, krzywa rozpoczyna się w dolnym lewym rogu wykresu i rysuje się w kierunku odwrotnym do kierunku ruchu wskazówek zegara. W końcowej fazie powraca do punktu, w którym się rozpoczęła. Szczytowy moment krzywej PV odczytany na osi y wyraża objętość oddechową. Ten sam punkt na osi x odzwierciedla PIP (szczytowe ciśnienie wdechu). Zmiany objętości w stosunku do zmian ciśnienia określają podatność, dlatego pętla PV jest użyteczną metodą monitorowania podatności układu oddechowego. Ponieważ pętle są wykreślane podczas przepływu, pętla PV dostarcza istotnych informacji również o oporze dróg oddechowych.

Rycina 17. Pętla ciśnienie–objętość: objętość płuc podczas napełniania i opróżniania



### 3. TRYBY WENTYLACJI I WSPOMAGANIA ODDECHU

Dla dobrego zrozumienia procesu prowadzonej terapii oddechowej warto zapoznać się ze skrótami występującymi w respiratorach i ich rozwinięciach:

- $f$  – częstość oddechów na minutę (*ang. frequency*)
- TV – objętość oddechowa (objętość jednego wdechu, *ang. tidal volume*)
- MV – wentylacja minutowa (*ang. minute ventilation*)
- PEEP – dodatnie ciśnienie w drogach oddechowych w czasie końcowej fazy wydechu (*ang. positive end-expiratory pressure*)
- I:E – stosunek czasu wdechu do czasu wydechu (*ang. inspiration – expiration ratio*)
- Pmax – ciśnienie szczytowe (*ang. pressure – ciśnienie*)
- $FiO_2$  – stężenie tlenu w mieszaninie oddechowej (*ang. fraction of inspired oxygen*).

Zasadniczo określenie wyjściowych nastawień respiratora zależne jest ściśle od stanu pacjenta i dostosowane musi być do jego indywidualnych potrzeb. W celu opanowania podstaw wentylacji mechanicznej można przytoczyć kilka istotnych wzorów i schematów.

$$MV \text{ (objętość minutowa)} = f \text{ (częstość)} \times TV \text{ (objętość jednego wdechu)}.$$

Przykładowe ustawienie pracy respiratora w sytuacji krytycznej, np. NZK powinno być zbliżone do schematu:

$$f = 10\text{--}12/\text{min}$$

$$TV = 6\text{--}8 \text{ ml/kg}$$

$$FiO_2 = 1.0$$

$$PEEP = 5 \text{ cm H}_2\text{O}$$

$$I:E = 1:2$$

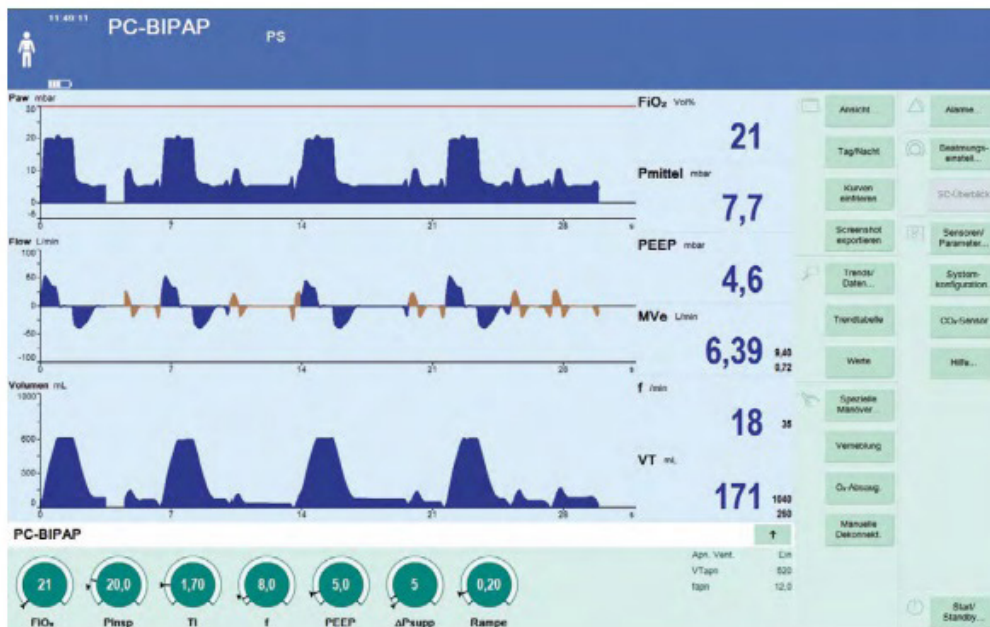
Należy pamiętać, że pacjentów dorosłych TV jest wartością zależną od należyj masy ciała, czyli na masę, którą powinien mieć pacjent o danym wzroście, a nie na jego rzeczywistą masę ciała.

$$\text{Należy masa ciała} = \text{orientacyjny wzrost w centymetrach} - 100.$$

### Podstawowe tryby pracy respiratora

BIPAP- PC (Pressure Control – Biphasic Positive Airway Pressure) – liczba obowiązkowych oddechów jest wcześniej zaprogramowana, są one zsynchronizowane z wdechem i wydechem – istnieje możliwość swobodnego oddychania pomiędzy oddechami obowiązkowymi.

Rycina 18. Tryb BIPAP z widoczną pracą oddechową pacjenta



SPN-PPS (Spontaneous – Proportional Pressure Support) oraz CPAP (continuous positive airway pressure) – wsparcie ciśnieniowe wyzwalane jest przez pacjenta, proporcjonalnie do mięśniowego wysiłku oddechowego pacjenta – stopień wsparcia jest programowany dla restrykcyjnych i obturacyjnych zmian w układzie oddechowym wpływających na pracę oddychania.

Rycina 19. Tryb SPN-PPS

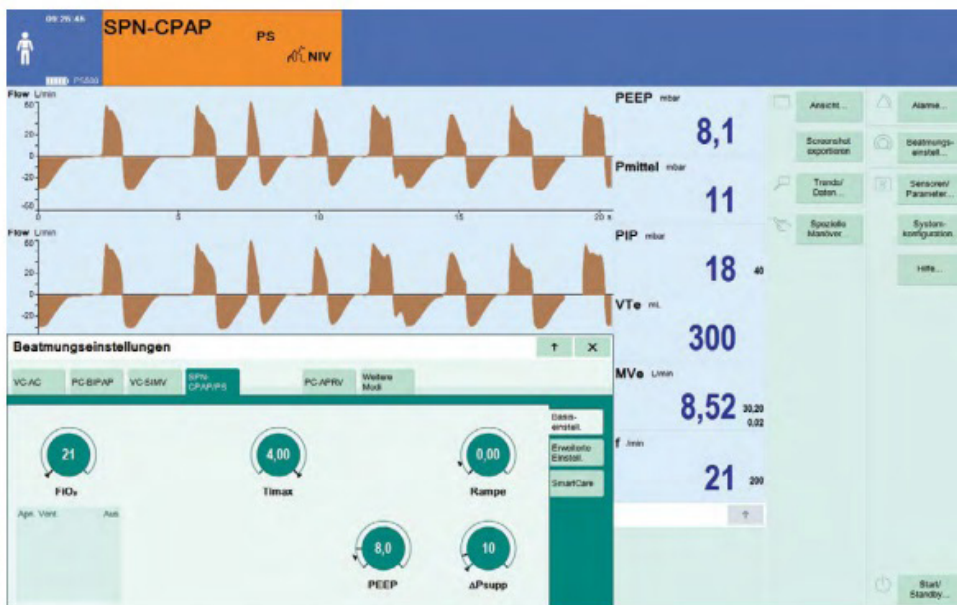


Rycina 20. Tryb CPAP



NIV (Non invasive ventilation) – wentylacja nieinwazyjna może pozwolić na uniknięcie intubacji. Uzupełnia także proces odwyuczajania od wentylacji mechanicznej chorych zaintubowanych.

Rycina 21. Aktywowany tryb NIV



SIMV (synchronized intermittent mandatory ventilation) – synchronizowana przerywana wentylacja obowiązkowa. Urządzenie ustawione jest odgórnie na daną częstość oddechów, którą powinien wykonywać chory. Wymuszone oddechy dostosowują się do wysiłku pacjenta i poprawiają wentylację minutową.

Rycina 22. Tryb SIMV



PEEP jest dodatnim ciśnieniem w końcowej fazie wydechu. Jest zjawiskiem fizjologicznym, które jako takie znika wraz z zabezpieczeniem przyrządowym dróg oddechowych i rozpoczęciem wentylacji mechanicznej. Sztucznie generowany PEEP, jakkolwiek jest wartością pożądaną, wywiera szerszy wpływ na pacjenta.

Tabela 8. Efekty fizjologiczne używania PEEP

POPRAWA UTLENOWANIA	POPRAWA PODATNOŚCI	ZMNIJSZENIE PRAWDOPODOBIENSTWA NIEDODMY
PEEP wewnętrznie protezuje pęcherzyki i stanowi protekcję zapadania się ich w końcowej fazie wydechu	Pęcherzyki poprzez pozbawienie surfaktantu w wyniku procesu chorobowego zapadają się w końcowej fazie wydechu	Siły biorące udział w zjawisku otwierania się i zamykania zmienionych chorobowo pęcherzyków płucnych generują odruch rozciągania na granicy tych pęcherzyków z pęcherzykami o prawidłowej podatności
↓	↓	↓
Większa liczba „działających” pęcherzyków poprawia utlenowanie	Ponowne rozprężenie się pęcherzyków wymaga używania wysokich ciśnień rozprężających	PEEP rekrutuje pęcherzyki i stanowi protekcję przed zapadaniem się ich, zabezpieczając w ten sposób tkankę płucną przed niedodmą
	↓	
	Zmniejszenie ciśnienia koniecznego do uzyskania określonej zmiany objętości PEEP powoduje, że płuca stają się bardziej podatne	

**Auto-PEEP.** Zjawisko auto-PEEP jest zjawiskiem fizjologicznym, które występuje powszechnie u pacjentów wentylowanych mechanicznie. Auto-PEEP jest powszechnie spotykany u pacjentów z ostrą, ciężką astmą, przewlekłą obturacyjną chorobą płuc lub u pacjentów otrzymujących wentylację z odwróconym współczynnikiem wdech/wydech. Czynniki predysponujące do auto-PEEP obejmują skrócenie czasu wydechu poprzez zwiększenie częstości oddechów, objętości oddechowej lub czasu wdechu. Auto-PEEP może predysponować pacjen-

tów do wzmożonej pracy oddechowej, barotraumy, niestabilności hemodynamicznej i trudności w prowadzeniu wentylacji zastępczej.

#### 4. MONITOROWANIE PRACY RESPIRATORA

Respiratory, jako urządzenia wysoko zaawansowane technicznie, wciąż są udoskonalane pod kątem zapewnienia bezpieczeństwa pacjentom. Posiadają szereg zaprogramowanych alarmów, które mają zabezpieczyć pacjenta wentylowanego mechanicznie na okoliczność zdarzeń niepożądanych, takich jak: rozłączenie układu oddechowego, nadmierny wzrost ciśnienia w układzie oddechowym, wzrost objętości oddechowej lub jej spadek, spadek ciśnienia gazów (Air, O<sub>2</sub>) w instalacji gazowej czy braku zasilania w energię elektryczną. Uruchomienie się alarmu ma na celu wzbudzenie gotowości do podjęcia działań wśród personelu medycznego. Z uwagi na fakt, że identyfikacja źródła problemu bywa problematyczna w pierwszej chwili, przydatnym narzędziem (szczególnie dla mniej doświadczonego personelu medycznego) może być lista kontrolna DOPES (*displacement, obstruction, pneumothorax, equipment, stomach*).

**D** – przemieszczenie się rurki intubacyjnej (wysunięcie się rurki lub przemieszczenie do oskrzela głównego),

**O** – zatkanie się rurki intubacyjnej/duża ilość wydzieliny w drogach oddechowych,

**P** – problemy z płucami lub z drogami oddechowymi – odma opłucnowa/skurcz oskrzeli,

**E** – problemy ze sprzętem – rozłączenie układu/zagięcie rurki intubacyjnej/niedostatecznie wypełniony mankiety uszczelniający/brak tlenu/złe nastawy respiratora,

**S** – intubacja przetyku/nadmierne rozdęcie żołądka upośledzające wentylację.

Czynniki prowadzące najczęściej do aktywacji alarmów związanych z objętością oddechową przedstawiono w tabeli 9.

Tabela 9. Czynniki prowadzące najczęściej do aktywacji alarmów związanych z objętością oddechową

Mała objętość oddechowa	Duża objętość oddechowa
Rozłączenie układu oddechowego	Ból
Przeciek w połączeniach	Niepokój
Złącze Y	Hipoksemia
Filtr oddechowy	Kwasica metaboliczna
Obwód nawilżacza	Hiperkarbonizacja
Nieszczelny balon uszczelniający	Gorączka
Ekstubacja	Dieta nadmiernie kaloryczna
Hipowentylacja	Niesprawny respirator
Szeroka przetoka oskrzelowo-opłucnowa z założonym drenażem	
Niesprawny respirator	

Czynniki prowadzące do aktywacji alarmów ciśnieniowych w drogach oddechowych przedstawiono w tabeli 10.

Tabela 10. Czynniki prowadzące do aktywacji alarmów ciśnieniowych w drogach oddechowych

Górna granica ciśnienia	Dolna granica ciśnienia
Kaszel	Rozłączenie układu
Niedrożność rurki	Relokacja rurki ku górze
Zagięcie rurki	Przeciek w układzie
Zagryzienie rurki	Niedostatecznie wypełniony mankiet uszczelniający
Zwiększona ilość wydzieliny w drzewie oskrzelowym	Niesprawny balon uszczelniający
Niedrożność filtra oddechowego	Przetoka oskrzelowo-opłucnowa z założonym drenażem opłucnowym
Nadmierna kondensacja w obwodzie oddechowym	
Relokacja rurki	
Przepuklina mankieta uszczelniającego	
Obturacja oskrzeli	
Brak synchronizacji pacjenta z respiratorem	
Niska podatność płuc	
Złe działanie zastawki wdechowo/wydechowej	

## 5. OCENA SKUTECZNOŚCI WENTYLACJI

Podstawą monitorowania skuteczności wentylacji u pacjentów, tzw. „złotym standardem”, jest pulsoksymetria. Jest to nieinwazyjna metoda przezskórnego oznaczania wysycenia krwi tlenem. Zasada działania pulsoksymetrów opiera się na zasadzie spektrofotometrycznego pomiaru wysycenia tlenem hemoglobiny. Wynika to z faktu, że natlenowana hemoglobina wykazuje odmienne właściwości optyczne niż hemoglobina odtlenowana. Parametrem dodatkowym monitorowanym przy pomocy pulsoksymetru jest tętno. Należy zauważyć, że pulsoksymetria, z uwagi na specyfikę prowadzonego pomiaru, obarczona jest relatywnie wysokim ryzykiem artefaktów. Do najczęstszych czynników zaburzających odczyt saturacji należą:

- zatrucie tlenkiem węgla
- methemoglobinemia
- niedokrwistość
- błękit metylenowy
- niska perfuzja tkankowa
- artefakty ruchowe.

Kapnografia jest nieinwazyjnym badaniem, które pozwala na określenie stężenia dwutlenku węgla w powietrzu wydychanym. Badanie pozwala określić stężenie dwutlenku węgla na etapie końcowowydechowym (EtCO<sub>2</sub>). Zapis badania w przypadku kapnografii odbywa się na zasadzie kreślenia graficznego krzywej kapnograficznej. Zapis odbywa się w czasie rzeczywistym i pozwala śledzić graficznie cały cykl oddechowy. Wykorzystanie kapnografii znajdziemy m.in. w takich sytuacjach, jak:

- potwierdzenia intubacji dotchawiczej
- kontrolowania procesu wentylacji mechanicznej
- oceny przebiegu resuscytacji krążeniowo-oddechowej (kapnometria stanowi wskaźnik efektywności kompre-

- sji klatki piersiowej oraz pozwala na możliwie wczesną ocenę powrotu spontanicznego krążenia krwi)
- diagnostyki zastoinowej niewydolności krążenia oraz spazmu oskrzeli (jako badanie dodatkowe).

Gazometria krwi tętniczej jest badaniem inwazyjnym, polegającym na ocenie prężności gazów oddechowych ( $O_2$ ,  $CO_2$ ) we krwi. Zasadniczo gazometrię można wykonać z każdego rodzaju krwi uzyskanej od pacjenta (żylna, włosniczkowa), jednak jedynie badanie próbki tętniczej jest w pełni miarodajne i oddaje stan rzeczywisty pacjenta. W otrzymanym wyniku parametry, na które należy zwrócić szczególną uwagę, to: ciśnienie parcjale tlenu ( $PaO_2$ ) oraz ciśnienie parcjale dwutlenku węgla ( $PaCO_2$ ).  $PaO_2$  mniejsze niż 60 mm Hg świadczy o niewydolności oddechowej i zwykle jest wskazaniem do tlenoterapii.

Symbol	Nazwa (i wyjaśnienie)	Norma
pH	pH	7,35–7,45
$PaCO_2$	ciśnienie parcjale dwutlenku węgla we krwi tętniczej	32–45 mm Hg (4,27–6,00 kPa)
$PvCO_2$	ciśnienie parcjale dwutlenku węgla we krwi żyłnej	45–47 mm Hg
$HCO_3^-$ akt	aktualne stężenie wodorowęglanów w osoczu	21–27 mmol/l
$HCO_3^-$ std	standardowe stężenie wodorowęglanów	24 (21–25) mmol/l
BE	nadmiar zasad we krwi	od -2,3 do +2,3 mEq/l
$PaO_2$	ciśnienie parcjale tlenu we krwi tętniczej	75–100 mm Hg
$PvO_2$	ciśnienie parcjale tlenu we krwi żyłnej	35–40 mm Hg
ct $CO_2$	całkowita zawartość dwutlenku węgla w osoczu	22–28 mmol/l 47–60,5% obj.
$SaO_2$	wysycenie tlenem hemoglobiny krwi tętniczej	95–98%
$SvO_2$	wysycenie tlenem hemoglobiny krwi żyłnej	70–75%

Tabela 11. Prawidłowe wyniki gazometrii krwi tętniczej

## 6. ODZWYCZAJANIE OD RESPIRATORA

Odzwyczajanie chorego od respiratora (ang. weaning) jest procesem polegającym na przeniesieniu wysiłku prowadzenia wentylacji mechanicznej z respiratora na pacjenta. Jego efektywność jest w znacznej mierze warunkowana dobrym ogólnym stanem pacjenta oraz poprawną kondycją jego mięśni oddechowych. Czas prowadzenia procesu odzwyczajania od respiratora niestety często pokrywa się u pacjentów z okresem absencyjnym po spłyceniu czy odstawieniu leków analgosedatywnych. Proces powinien być prowadzony wg określonych kryteriów lub optymalnie wg standaryzowanych narzędzi w postaci protokołów odzwyczajania od respiratora (weaning protocol). Pozwala to skrócić realnie czas procesu ze średnio 7,3 dnia do 4,9 dnia, co ma wymierny wpływ na ilość potencjalnych powikłań. U pacjentów, u których terapia respiratorem nie trwała dłużej niż 48 h, zazwyczaj nie ma konieczności wdrażania żadnego specjalnego postępowania. W przypadku długotrwałych wentylacji, należy stopniowo przyzwyczajać organizm do wysiłku oddechowego. Szczególne problemy w procesie odzwyczajania od respiratora dotyczą ok. 20% pacjentów długotrwanie wentylowanych mechanicznie. Grupą szczególnie narażoną na wystąpienie trudności są pacjenci chorujący na przewlekłą obturacyjną chorobę płuc.

Niezależnie od przyjętej strategii odzwyczajania od respiratora kluczowym elementem jest odzyskanie przez pacjenta zdolności samodzielnego, spontanicznego oddychania przez z góry określony okres (0,5h – 2h), bez



stosowania dodatkowej pomocy. Tego typu próby odbywają się z użyciem rurki T lub tracheofili, ponieważ konieczna w tym momencie jest bierna suplementacja tlenowa.

## 7. WSKAZANIA DO EKSTUBACJI

Ekstubacja pacjenta może się odbyć w momencie, gdy reprezentuje on wydolny oddech własny oraz odruchy obronne. Dodatkowo, powinien spełniać polecenia głosowe (np. otwieranie oczu na polecenie). Samodzielna praca oddechowa pacjenta powinna wyrażać się w wartościach 5-6 ml/kg mc objętości oddechowej, częstotliwością oddechu w przedziale 8-20 odd./min, wartości SpO<sub>2</sub> na poziomie 95-98% przy FiO<sub>2</sub> 0,21-0,3, zachowanej pełnej zdolności przelknięcia.

## 8. WENTYLACJA NIEINWAZYJNA

Aparaty do prowadzenia oddechowej terapii nieinwazyjnej (NIV) działają na zasadzie generowania dodatniego ciśnienia (kilkanaście cm H<sub>2</sub>O) w układzie oddechowym – większe w fazie wdechu (IPAP) i mniejsze, ale wciąż dodatnie w fazie wydechu (EPAP). Stanowi to wydatną pomoc dla pacjentów podczas wykonywania przez nich pracy oddechowej. Poziom wsparcia udzielonego pacjentowi poprzez wspomaganie czynności jego mięśni oddechowych zależy głównie od różnicy ciśnienia wdechowego i wydechowego, którą określa się jako wsparcie ciśnieniowe (PS). Oddech podczas sesji oddechowej jest realizowany za pomocą masek twarzowych, nosowych, przyłbic lub hełmów oddechowych. Najczęściej używane maski posiadają niewielkie otwory umożliwiające zamierzony przeciek powietrza podczas wentylacji chorego (maski wentylowane). Przeciek powietrza w układzie (w tym przypadku celowy) jest konieczny w celu unikania zjawiska retencji dwutlenku węgla. W przypadku używania masek niewentylowanych należy zwrócić uwagę na dobór odpowiedniego układu oddechowego (z zastawką wydechową lub dwururowych).

Układy oddechowe dla stosowania wentylacji NIV są zróżnicowane. Można tu wyróżnić:

- 1) układ jednoramienny – jedna rura bez zastawek, filtr umieszczony pomiędzy rurą a respiratorem,
- 2) układ jednorurowy zmodyfikowany na potrzeby wentylacji chorych na COVID-19 – za maską niewentylowaną podłącza się dodatkowy łącznik zawierający port wydechowy; za maską podłącza się dodatkowy filtr,
- 3) układ jednoramienny z zastawką wydechową, otwierającą się w czasie wydechu (do maski niewentylowanej); w przypadku wentylacji chorego na COVID-19 – wymaga podłączenia dodatkowego filtra (za maską, a przed zastawką lub do wylotu zastawki),
- 4) układ dwuramienny z rurą doprowadzającą mieszaninę oddechową do maski i rurą odprowadzającą powietrze wydychane; jest wyposażony w dodatkową zastawkę zapewniającą właściwy kierunek przepływu powietrza.

Efektywność terapii NIV warunkowana jest kilkoma czynnikami. Najważniejsze z nich to:

- 1) szczelność maski
- 2) pełna świadomość i współpraca chorego (edukacja pacjenta z zakresu prowadzonej terapii, nauka koordynowania cyklu oddechowego z maszyną)
- 3) brak dużej ilości wydzieliny w drogach oddechowych.

Tabela 12. Porównanie wentylacji inwazyjnej i nieinwazyjnej

	WENTYLACJA	
	inwazyjna	nieinwazyjna
Skuteczność utlenowania krwi tętniczej	+++	+
Ryzyko infekcji	+++	+/-
Wygoda dla chorego	--	+/-
Potrzeba sedacji (kontakt z otoczeniem)	+	+/-

Tryby oddechowe w NIV w dzisiejszych czasach są bardzo zbliżone do tych spotykanych w wentylacji inwazyjnej (tj. realizowanej przez rurkę intubacyjną lub tracheostomijną).

Oprócz trybów oddechowych kluczowe parametry ustawiane na aparatach NIV to:

- dodatnie ciśnienie wdechowe (IPAP)
- dodatnie ciśnienie wydechowe (EPAP), w niektórych trybach wentylacji określane jako dodatnie ciśnienie końcowowydechowe (PEEP).

W celu poprawy parametrów gazometrycznych można zwiększać ciśnienia wdechowe i wydechowe, należy jednak pamiętać, że wiązać się to będzie z mniejszym komfortem oddechowym pacjenta. Większe wartości PS (wsparcia ciśnieniowego) wpływają wprost na wzrost objętości oddechowej i wentylacji minutowej. Dla pacjentów, którzy nie są w grupie ryzyka rozwinięcia hiperkapnii, orientacyjne wartości IPAP będą wynosić około 20 cm H<sub>2</sub>O, natomiast EPAP będzie się zawierać w granicach 7-8 cm H<sub>2</sub>O. U chorych z grupy ryzyka rozwinięcia hiperkapnii lub już objętych retencją dwutlenku węgla (np. pacjenci z POChP) należy zachowywać względnie jak największą różnicę IPAP-EPAP.

## 9. DOMOWA WENTYLACJA NIEINWAZYJNA

Nieinwazyjną terapię wentylacyjną od lat z powodzeniem można i prowadzi się w Polsce (oraz w większości państw zachodnich) w warunkach domowych. Schemat organizacyjny zespołów domowego leczenia respiratorem jest regulowany prawnie, a sama procedura posiada odrębne finansowanie ze środków Narodowego Funduszu Zdrowia. Kwalifikacja pacjentów do objęcia ich opieką wentylacyjną w warunkach domowych odbywa się w szpitalach, a pacjenci, którzy zostają objęci opieką Zespołu Domowego Leczenia Respiratorem (ZDLR), w zależności od stopnia zaawansowania problemów oddechowych trafiają pod regularną (odbywającą się systematycznie) opiekę lekarza, pielęgniarki oraz w przypadku grup pacjentów z najbardziej rozwiniętą chorobą również fizjoterapeuty.

Tabela 13. Wskazania do wentylacji nieinwazyjnej w domu z uwzględnieniem przebiegu choroby, stopnia ciężkości oraz przewidywanego czasu leczenia

Choroba	Objawy kliniczne +dzienna hipowentylacja	Objawy kliniczne +nocna hipowentylacja	Tylko nocna hipowentylacja	Bez cech klinicznych i hipowentylacji	Długość wentylacji domowej (lata)
Skoliozy	Tak	Tak	Do rozważenia	Nie	> 10–20
Inne zniekształcenia klatki piersiowej	Tak	Tak	Nie	Nie	10
Choroby nerwowo-mięśniowe	Tak	Tak	Nie	Nie	0–15
POChP	Do rozważenia	Nie	Nie	Nie	1-5
Rozstrzenie oskrzeli	Tak	Do rozważenia	Nie	Nie	1–5
Hipowentylacja otyłych	Tak	Tak	Do rozważenia	Nie	> 10–20

## 10. METODY NAWILŻANIA I OGRZEWANIA GAZÓW

Powietrze wdechowe jest ogrzewane do temperatury centralnej, która wynosi 37 st. C. Jest również całkowicie wysycane parą wodną, co oznacza, że zawiera 44 mg wody w litrze. Rurka intubacyjna wyłącza fizjologiczną czynność jamy nosowej (funkcję wymiennika ciepła i wilgoci). W odróżnieniu od powietrza atmosferycznego, gazy oddechowe uzyskiwane z gazów ciekłych są suche, dlatego utrata wody z dolnych partii dróg oddechowych znacząco wzrasta. Suche powietrze może stanowić trigger dla spazmu oskrzeli.

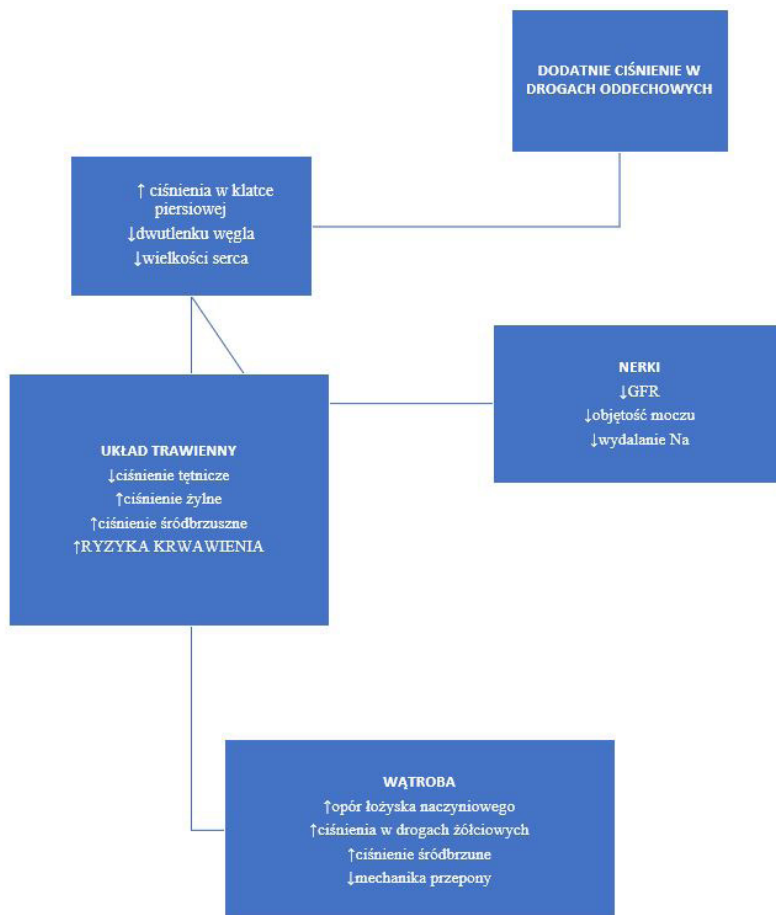
Oddychanie gazem o temperaturze wyższej od temperatury ciała może szybko uszkadzać drogi oddechowe. Nadmierne wysycenie wodą w przegrzonym powietrzu prowadzi do nadmiernej aktywacji układu rzęskowo-słuzowego oraz do uszkodzenia go. Nadmierne nawodnienie ma również destrukcyjny wpływ na surfaktant. Gorące i suche powietrze jest bardziej szkodliwe od zimnego i suchego powietrza. Gorące i suche powietrze prowadzi do wysuszenia drogi oddechowej, zagęszcza wydzielinę oraz przesuwa granicę izotermicznego wysycenia ku górze.

W terapii oddechowej stosuje się dwa rodzaje urządzeń do nawilżania: nawilżacze ogrzewane oraz wymienniki ciepła i wilgoci. Zasada działania nawilżaczy ogrzewanych polega na przepływie ogrzanego w nawilżaczu ogrzewanym gazem przez ramię wdechowe do pacjenta. Podczas tego procesu oziębia się, a para wodna skrapla się na ścianach układu oddechowego. Z uwagi na panującą wilgoć układy oddechowe często są bogato kolonizowane przez liczne drobnoustroje. Biorąc pod uwagę wspomniane fakty, przyjmuje się, że używanie nawilżaczy ogrzewanych jest jednym z czynników predysponujących do występowania szpitalnych infekcji oddechowych (VAP), mimo że ścisłej koincydencji dotąd nie udało się zaobserwować. Wymienniki ciepła i wilgoci działają na takich samych zasadach jak nos, dlatego też w żargonie medycznym często są określane mianem „sztucznego nosa”.

## 11. DZIAŁANIA NIEPOŻĄDANE I POWIKŁANIA WENTYLACJI MECHANICZNEJ

Prowadzenie terapii oddechowej i utrzymywanie dodatnich ciśnień w układzie oddechowym, jakkolwiek korzystne dla pacjentów z punktu widzenia zapewnienia odpowiedniego poziomu utlenowania, wywiera szeroki wpływ na wiele narządów wewnętrznych.

Rycina 23. Zmiany fizjologiczne zachodzące w wyniku dodatnich ciśnień oddechowych



Korelację pomiędzy prowadzeniem wentylacji mechanicznej a zaburzeniem funkcji nerek w postaci zmniejszonej diurezy opisano już w 1947 roku. Na przestrzeni lat różni badacze, niezależnie od przyjętej metodologii potwierdzili, że u pacjentów z rozpoczętą wentylacją mechaniczną z dodatkimi ciśnieniami dochodzi do zmniejszenia się ilości wydzielanego moczu, spadku przesączania kłębuszkowego (GFR) oraz do spadku wydalania sodu. Etiologii tych zjawisk nie udało się dotychczas w pełni wyjaśnić, natomiast z całą pewnością można przyjąć, że jest to zjawisko złożone i wieloaspektowe.

Również w przypadku upośledzenia funkcji układu trawiennego oraz funkcji wątroby, pomimo uchwyconej korelacji z wentylacją mechaniczną, nie udało się jednoznacznie wskazać dokładnego mechanizmu. Najprawdopodobniej główne przyczyny dysfunkcji tych układów to:

- spadek pojemności minutowej serca
- wzrost oporu wątrobowego łożyska naczyniowego:
  - wzrost ciśnienia żylnego
  - wzrost ciśnienia śródbrzusznego
  - ucisk przepony
- wzrost ciśnienia w drogach żółciowych.

Wentylacja mechaniczna wywiera również wydatny wpływ na regulację ICP (ciśnienie śródczaszkowe). Prowadzenie umiarkowanej hiperwentylacji z objętościami oddechowymi na poziomie 12-15 ml/kg mc z częstością oddechu ok. 10 odd./min przynosi efekt w postaci obkurczenia naczyń mózgowych i spadku ICP (regulacja PaCO<sub>2</sub>). Należy jednak pamiętać, że proces ten musi podlegać regularnym kontrolom wartości gazometrycznych w celu unikania hiperwentylacji zbliżonej do poziomów PaCO<sub>2</sub> <20 mm Hg – może to skutkować ostrym niedokrwieniem tkanki mózgowej.

Respiratorowe uszkodzenie płuc (*ventilator-induced lung injury*, VILI) jest poważnym powikłaniem wynikającym z prowadzenia wentylacji mechanicznej z wykorzystaniem respiratora. Uszkodzone płuca są niezwykle podatne na dalszą destrukcję. Wentylacja mechaniczna sama w sobie jest w stanie indukować dalsze uszkodzenia płuca. Ostre uszkodzenie płuca w trakcie prowadzenia wentylacji mechanicznej daje obraz kliniczny bliźniaczo zbliżony do tego, który możemy zobaczyć w ARDS.

W momencie nadmiernego wzrostu ciśnienia pęcherzykowego względem ciśnienia w tkance śródmiąższowej, istnieje znaczne ryzyko pęknięcia pęcherzyków płucnych. Powietrze w takiej sytuacji może przedostać się do tkanki śródmiąższowej, z której może dostać się do śródpiersia (powodując rozedmę śródpiersia). W przypadku dodatkowego rozerwania opłucnej śródpiersiowej dojdzie do wytworzenia się odmy opłucnowej. W przypadku pacjentów wentylowanych mechanicznie (z zabezpieczonymi drogami oddechowymi), zawsze będzie to odma zamknięta i będzie wymagała natychmiastowej interwencji.

Rycina 24. Możliwe objawy barotraumy

<b>ODMA OPŁUCNOWA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• duszność, ból w klatce piersiowej</li> <li>• tachykardia, tachypnoe</li> <li>• RTG- pogłębienie kąta żebrowo- przeponowego</li> </ul>
<b>ODMA ŚRÓDPIERSIA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• duszność, ból w klatce piersiowej</li> <li>• tachykardia, tachypnoe</li> <li>• trzeszczenia śródpiersiowe</li> </ul>
<b>ODMA OTRZEWNOWA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ból brzucha</li> <li>• rozdęcie brzucha</li> <li>• w RTG cienie w górnym prawym kwadrancie</li> <li>• objaw Riglera</li> <li>• objaw piłki</li> </ul>
<b>ROZEDMA PODSKÓRNA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• obrzęk górnej części klatki piersiowej</li> <li>• trzeszczenia</li> <li>• smugi widoczne w RTG</li> </ul>

## 12. DRENAŻ JAMY OPŁUCNOWEJ

Drenaż jamy opłucnej jest procedurą wykonywaną u pacjentów w celu usunięcia płynu lub powietrza, które fizjologicznie nie powinny tam występować. Może to być krew, płyn przesiątkowy, ropa czy w przypadku odmy opłucnowej powietrze.

Rycina 25. Butla drenażowa



Drenowanie klatki piersiowej wykonuje się u pacjentów leżących na plecach lub zrotowanych do boku. W celu poszerzenia przestrzeni międzyżebrowych można unieść rękę pacjenta do góry po stronie planowanego zabiegu. Zabieg powinien być przeprowadzony z użyciem leków analgesydatywnych. Dren wprowadzony przezskórnie do jamy opłucnowej powinien być przymocowany do skóry za pomocą szwu. Podłącza się go do zastawki wodnej, która wymusza jednostronny ruch gazu w drenie. Po podłączeniu wprowadzonego drenu do zastawki wodnej powinno nastąpić rozprężenie płuca i powrót jego prawidłowej czynności. Prawidłowość położenia drenu w jamie opłucnej oraz efekt działania układu drenującego powinien odbyć się za pomocą zdjęcia rentgenowskiego.

Możliwe powikłania drenowania jamy opłucnowej to m.in.:

Tabela 14. Powikłania zabiegu drenowania jamy opłucnej

uszkodzenie płuca	<b>Powikłania w czasie zabiegu</b>
krwawienie do jamy opłucnej (krwiak opłucnej)	
uszkodzenie nerwu międzyżebrowego	
ból – jeśli chory nie przyjmie leku przeciwbólowego, po ustąpieniu znieczulenia miejscowego niemal u wszystkich chorych pojawia się ból w miejscu wprowadzenia drenu lub w szczycie klatki piersiowej	<b>Powikłania po zabiegu</b>
odma podskórna	

## 13. PROBLEMY, KTÓRE MOGĄ WYSTĄPIĆ U PACJENTA WENTYLOWANEGO MECHANICZNIE

Brak synchronizacji pomiędzy pacjentem a respiratorem jest jednym z najczęściej spotykanych problemów podczas prowadzenia procesu leczenia respiratorem. Niestety, najczęściej winą za ten stan rzeczy jednostkowo obarczany jest pacjent, co skutkuje pogłębieniem sedacji lub włączanie do prowadzonej farmakoterapii blokad nerwowo-mięśniowych.

Jeżeli w dotychczas dobrze prowadzonej wentylacji nagle pojawiają się problemy w realizacji cyklu oddechowego, w pierwszej kolejności należy sprawdzić poprawność działania respiratora. Odłączenie układu respiratora i rozpoczęcie wentylacji za pomocą worka samorozprężalnego (resuscytatora) pozwala wykluczyć przyczyny natury fizjologicznej. W przypadku szybkiej poprawy najbardziej prawdopodobną przyczyną są błędne nastawy respiratora. Inne elementy do wykluczenia przy poszukiwaniu spadku wydolności oddechowej u pacjentów zaintubowanych przedstawia akronim DOPES:

**D** – displacement – przemieszczenie rurki intubacyjnej

**O** – obstruction – zatkanie rurki intubacyjnej

**P** – pneumotorax – odma płučna

**E** – equipment – problemy ze sprzętem

**S** – stomach – rozdęcie żołądka.

Dodatkowo nie należy zapominać o różnicowaniu klinicznym takich stanów, jak zatorowość płucna, sepsa, zespół majaczeniowy czy gorączka.

Ogólne przyczyny asynchronii wentylacyjnej na linii pacjent– respirator można sklasyfikować następująco:

- błędy w wyzwalaniu oddechu
- brak właściwego wspomaganie oddechowego
- nieprawidłowe zakończenie oddechu.

Wyzwalanie z respiratora następuje w momencie podejmowania wysiłku oddechowego po stronie pacjenta. Wyzwalacz (trigger) można zaprogramować na wykrywanie ujemnego ciśnienia wdechowego albo szybkość przepływu wdechowego. Nieskuteczny trigger oznacza brak reakcji maszyny na sygnał dany przez pacjenta. W przypadku pomyślnej kontroli poprawności ustawień triggera przyczyną może być hiperinflacja (AUTO PEEP) lub w przebiegu osłabienia mięśni w chorobach nerwowo-mięśniowych. W niektórych sytuacjach może dojść do sytuacji, gdy respirator nie dostarcza świeżego gazu oddechowego w tak szybkim tempie, jak życzyłby sobie tego pacjent. Niedostatek przepływu można oczywiście zwiększyć poprzez zwiększenie szybkości ruchu gazów w układzie. Można to osiągnąć poprzez:

- skrócenie czasu wdechu w trybach kontrolowanych objętościowo
- zmianę przepływu ze zwalniającego na stały; u pacjentów odczuwających większy głód oddechowy (np. z POChP) zmiana przepływu daje możliwość szybszego dostarczenia objętości oddechowej
- skrócenie czasu narastania wdechu.

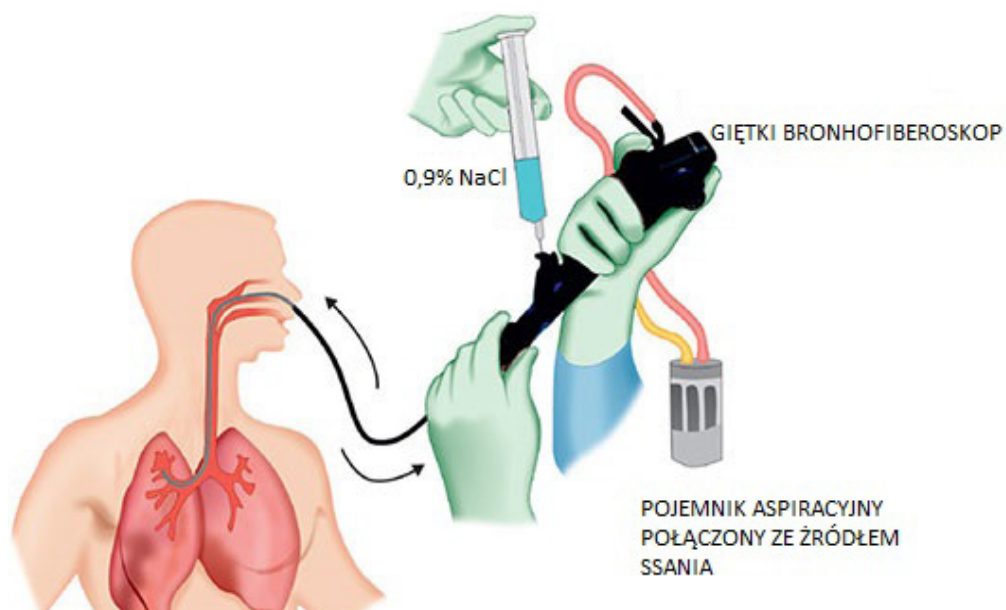
## **14. KONTROLA ZAKAŻEŃ UKŁADU ODDECHOWEGO ZWIĄZANYCH Z PROWADZENIEM WENTYLACJI MECHANICZNEJ.**

### **METODY POBIERANIA MATERIAŁU DO BADAŃ BAKTERIOLOGICZNYCH**

Diagnostyka mikrobiologiczna zakażeń odrespiratorowych oparta jest na ilościowym posiewie wydzieliny z drzewa oskrzelowego oraz ocenę obecności ropnej wydzieliny ( $> 25$  neutrofilów,  $< 10$  komórek nabłonkowych w polu widzenia w badaniu mikroskopowym). Jako czynnik uzupełniający rozpoznanie odrespiratorowego zapalenia płuc (VAP) można traktować obraz radiologiczny płuc, nie jest to jednak element przesądający rozpoznanie. W momencie wysnucia podejrzenia zakażenia VAP należy pobrać wydzielinę oskrzelową metodą protekcyjną mini-BAL (mini-bronchoalveolar lavage) lub BAL (bronchoalveolar lavage) do oceny ilościowej. W przypadku ciężkiego przebiegu klinicznego w celach diagnostycznych można dołączyć badanie mikrobiologiczne krwi.

Pobranie materiału z dróg oddechowych do badania mikrobiologicznego przedstawiono na rycinie 26.

Rycina 26. Ogólny schemat pobrania bronchoaspiratu do badań mikrobiologicznych



## VI. MODUŁ CZWARTY

# FARMAKOTERAPIA NIEWYDOLNOŚCI ODDECHOWEJ

Celem modułu jest przygotowanie uczestnika kursu do współuczestniczenia w farmakoterapii niewydolności oddechowej.

W module zostaną omówione następujące zagadnienia:

1. Leki rozszerzające oskrzela
2. Leki mukolityczne
3. Sterydy (wziewne i podawane systemowo)
4. Leki niesteroidowe przeciwzapalne
5. Analgesedacja. Ocena poziomu sedacji. Protokoły sedacji i analgezji u pacjentów wentylowanych mechanicznie
6. Środki zwiotczające
7. Nebulizacja jako metoda podawania leków, nebulizatory
8. Antybiotykoterapia w VAP

### 1. LEKI ROZSZERZAJĄCE OSKRZELA

Optymalna terapia, która umożliwi szybkie rozkurczenie oskrzeli w czasie obturacji i zniesienie objawów astmatycznych, polega na podaży szybko działających leków z grupy agonistów receptorów adrenergicznych  $\beta$  podawanych drogą wziewną. Najczęściej stosowane są leki z grupy  $\beta_2$ -mimetyków, czyli z grupy agonistów receptorów  $\beta_2$ . Należą do niej takie leki jak salbutamol czy lewosalbutamol i pirbuterol (oba produkty bez rejestracji w Polsce) oraz orcyprenalina (metaproterenol), która nie jest dostępna w Polsce do podaży parenteralnej. Początek działania agonistów receptorów  $\beta_2$  wynosi nie dłużej niż 5 minut, natomiast czas działania waha się od 4 do 6 godzin. Maksymalny efekt osiągnąć jest w przedziale 30-60 minut od momentu podania. Częste, regularne przyjmowanie leków rozszerzających oskrzela nie powoduje zmniejszenia efektywności podawanego leku, ma natomiast niewielki wpływ na skrócenie ogólnego czasu działania preparatu. Zgodnie z aktualnym stanem wiedzy medycznej istnieją dowody na to, że regularne (np. w schemacie 4 x dziennie) przyjmowanie tych leków, nie przynosi wymiernych korzyści leczniczych w porównaniu do przyjmowania ich w razie potrzeby.

W tabeli 15 przedstawiono nazwy handlowe oraz postaci i dawki salbutamolu.



Tabela 15. Nazwy handlowe oraz postaci i dawki salbutamolu

Tabela 1. Krótkodziałające leki z grupy agonistów receptorów $\beta$ -adrenergicznych*						
Lek	Nazwa handlowa	Postać	Dawka	Liczba dawek w opakowaniu	Bezpieczeństwo stosowania w ciąży†	Uwagi
Salbutamol	Ventolin (GlaxoSmithKline), ProAir (Teva), Proventil (Schering-Plough)	MDI-HFA	90 $\mu$ g/dawkę	200	C	Inhalatory z nośnikiem CFC zostały wycofane z rynku amerykańskiego po 31 grudnia 2008 r.; odtwórcze inhalatory HFA zawierające salbutamol nie są jeszcze dostępne
	AccuNeb (Dey), produkt odtwórczy	płyn do nebulizacji	0,63, 1,25 lub 2,5 mg/fiolkę; 5 mg/ml		C	
	Proventil Repetabs, Vospire ER (DAVA Pharmaceuticals)	tabletki o przedłużonym uwalnianiu	4 lub 8 mg		C	
	Proventil, produkt odtwórczy	tabletki	2 lub 4 mg		C	
	Produkt odtwórczy	syrop	2 mg/5ml		C	
Lewosalbutamol	Xopenex (Sepracor)	MDI-HFA	45 $\mu$ g/dawkę	200	C	Pojedynczy stereoisomer, pochodna salbutamolu
		Płyn do nebulizacji	0,31, 0,63 lub 1,25 mg/fiolkę		C	
Orcyprenalina	Alupent (Boehringer Ingelheim), produkt odtwórczy	płyn do nebulizacji	10 lub 20 mg/fiolkę; 50 mg/ml		C	Mniejsza wybiórczość w stosunku do receptorów $\beta_2$ ; wytwarzanie MDI zawierających orcyprenalinę zostało wstrzymane w lipcu 2008
		tabletki lub syrop	10 lub 20 mg; 10 mg/5ml		C	
Pirbuterol	Maxair (Graceway)	MDI-CFC	200 $\mu$ g/dawkę	400	C	Inhalator proszkowy

\* CFC – chlorofluorokarbone, HFA – hydrofluoroalkany, MDI – inhalator ciśnieniowy z dozownikami  
 † Bezpieczeństwo stosowania w ciąży: kategoria C oznacza, że nie można wykluczyć ryzyka dla płodu  
 Tabela z lekami dostępnymi w Polsce na s. 92

## 2. LEKI MUKOLITYCZNE

Leki mukolityczne mają za zadanie rozrzedzenie wydzieliny górnych dróg oddechowych. Skutkuje to ułatwieniem usuwania jej z tego obszaru oraz ułatwienie transportu śluzówkoworzęskowego. Wpływają również na poprawienie efektywności czynności nabłonka oddechowego wpływającego na usuwanie nadmiaru wydzieliny w drogach oddechowych. W swoim wielokierunkowym działaniu wpływają również prewencyjnie na obturację dróg oddechowych. Łączenie mukolityków z antybiotykami w przypadku zakażeń bakteryjnych skutkuje wzrostem stężenia antybiotyku w śluzie. Aktualnie, coraz większe znaczenie przypisuje się lekom mukolitycznym w procesie usuwania wolnych rodników, które jak udowodniono odgrywają istotną rolę w patogenezie niektórych chorób układu oddechowego, takich jak na przykład: idiopatyczne zwłóknienie płuc czy zespół ostrej niewydolności oddechowej.

Najczęściej używane w Polsce leki mukolityczne oraz ich handlowych przedstawicieli przedstawiono w tabeli 16.

Tabela 16. Najczęściej używane w Polsce leki mukolityczne i ich nazwy handlowe

Acetylocysteina	ACC, Acetylocysteina, Acypront, Flumucil, Tussicom
Ambroksol	Aflegan, Ambrohexal, Ambroksol, Bronchopront, Deflegmin, Flavamed, Mucosolvan, Mukobron
Bromheksyna	Bisolvon, Bromhexin, Flegamina
Karbocysteina	Mucopront, Mucolina, PectoDrill
Mesna	Mistabron, Mucofluid
Dornaza alfa	Pulmozyme

### 3. STERYDY

Kortykosteroidy, z uwagi na swoje wielokierunkowe działania przeciwzapalne, stanowią skuteczną grupę leków w leczeniu wielu chorób o podłożu zapalnym. Zastopowanie stanu zapalnego w obrębie dróg oddechowych, koreluje się w stopniu znacznym ze zmniejszeniem nieswoistej reakcji nadreaktywnej oskrzeli. Klinicznie skutkuje to poprawą czynności układu oddechowego. Należy pamiętać, że podaż kortykosteroidów samo w sobie jedynie tłumii reakcję zapalną, jednak definitywnie jej nie leczy. Ponadto skuteczność leczenia tą grupą leków posiada zmienne osobnicze (jak np. różnice w leczeniu kortykosteroidami palaczy i osób nie palących). Istnieją również przypuszczenia (na dzień dzisiejszy bez wystarczających dowodów naukowych), że skuteczność terapii sterydowej może być warunkowana różnicami w ludzkim genomie.

Do działań niepożądanych wziewnie podawanych kortykosteroidów należą: ból gardła, występujący kaszel w trakcie inhalacji leku, osłabienie głosu czy chrypka oraz możliwa kandydoza w przebiegu przewodu pokarmowego.

Wziewnie stosowane kortykosteroidy wraz ich postaciami handlowymi i dawkowaniem przedstawiono w tabeli 17.

Tabela 17. Kortykosteroidy wziewne

Lek	Nazwa handlowa	Postać	Dawka w jednej inhalacji (µg)	Liczba dawek w opakowaniu	Bezpieczeństwo stosowania w ciąży†	Wiek pacjenta (lata)
Beklometazon	Qvar (Teva)	MDI-HFA	40 lub 80	100	C	≥5
Budezonid	Pulmicort (AstraZeneca)	DPI lub roztwór do nebulizacji	DPI: 90 lub 180; roztwór do nebulizacji: 250 lub 500	DPI: 60 lub 120; roztwór do nebulizacji: gotowe fiolki zawierające pojedyncze dawki leku	B	DPI: ≥6; roztwór do nebulizacji: 1-8
Cyklezonid	Alvesco (Sepracor)	MDI-HFA	80 lub 160	60	C	≥12
Flunizolid	Aerobid (Forest Laboratories)	MDI-CFC	250	100	C	≥6
Flutykazon	Flovent (GlaxoSmithKline)	MDI-HFA lub DPI	MDI-HFA: 44, 110 lub 220; DPI: 50 lub 100	MDI-HFA: 120; DPI: 60	C	≥4
Mometazon	Asmanex (Shering-Plough)	DPI	110 lub 220	30; 30, 60, 120	C	≥4
Triamcynolon	Azmacort (Abbott)	MDI-CFC	75	240	C	≥6
W połączeniu z długodziałającymi agonistami receptorów β-adrenergicznych						
Budezonid z formoterolem	Symbicort (AstraZeneca)	MDI-HFA	80 lub 160 (z 4,5 µg formoterolu)	120	C	≥12
Flutykazon z salmeterolem	Advair (GlaxoSmithKline)	MDI-HFA lub DPI	MDI-HFA: 45, 115 lub 230 (z 21 µg salmeterolu); DPI: 100, 250 lub 500 (z 50 µg salmeterolu)	MDI-HFA: 120; DPI: 60	C	MDI-HFA: ≥12; DPI ≥4

Dożylna podaż kortykosteroidów wg zaleceń Europejskiego Towarzystwa Intensywnej Terapii polega głównie na leczeniu chorych z ARDS oraz pacjentów z pozaszpitalnym zapaleniem płuc leczonych w szpitalu. Wyniki prowadzonych badań sugerują natomiast, żeby unikać podaży dożylnych kortykosteroidów w przypadku zaburzeń oddychania w przebiegu zachorowania na gripę. W przypadku umiarkowanego i ciężkiego ARDS rekomenduje

się podaż metyloprednizonu w dawce 1 mg/kg mc/d, jeśli rozpoczęto leczenie w ciągu tygodnia od chwili wystąpienia ARDS, a w dawce 2 mg/kg mc/d, jeżeli leczenie rozpoczęto w 2. tygodniu od wystąpienia ARDS. Po 2 tygodniach od zachorowania należy powoli odstawiać lek przez kolejne 6–14 dni.

W przypadku pozaszpitalnego zapalenia płuc leczonego w szpitalu sugeruje się podaż hydrokortyzolu w dawce <400 mg/d lub inny GKS w dawce równoważnej przez 5–7 dni.

#### 4. LEKI NIESTEROIDOWE PRZECIWPALNE

Niesteroidowe leki przeciwzapalne (NLPZ) stanowią dużą i różnorodną grupę leków. Generalizując, ich mechanizm działania związany jest przede wszystkim z procesem hamowania syntezy prostoglandyn (hormonów pośredniczących w procesie rozwoju stanu zapalnego).

Zasady działania NLPZ, niezależnie, czy mówimy o lekach ogólnodostępnych, czy dostępnych na receptę, są zbliżone do siebie. Podobne są również ich skutki niepożądane. Należy pamiętać, że leki z grupy NLPZ wykazują tzw. efekt pułapowy, czyli po przekroczeniu określonej dawki ich siła działania przeciwbólowego oraz przeciwzapalnego nie zwiększa się. Nasila się natomiast ryzyko wystąpienia skutków niepożądanych. Często pojawiającym się błędem w postępowaniu z NLPZ jest łączenie kilku preparatów z tej samej grupy naraz. Swoobodnie można natomiast łączyć NLPZ z takimi lekami, jak paracetamol, metamizol lub z opioidami.

NLPZ mają działanie antyagregacyjne na płytki krwi, przez co wydłużają czas krwawienia i podwyższają ryzyko krwawień. W razie występowania zaburzeń krzepnięcia należy odstawić klasyczne NLPZ, oraz wdrożyć terapię wybiórczymi lub selektywnymi inhibitorami COX-2. Ryzyko wystąpienia krwawienia z górnego odcinka przewodu pokarmowego w terapii NLPZ przedstawiono w tabeli 18.

Tabela 18. Ryzyko wystąpienia krwawienia z górnego odcinka przewodu pokarmowego w terapii NLPZ

NLPZ	RYZYKO WZGLĘDNE
Ibuprofen	2,0
Diklofenak	4,2
Naproksen	9,1
Indometacyna	11,3
Piroteksam	13,7
Ketoprofen	23,7

Podczas terapii niesteroidowymi lekami przeciwzapalnymi może dojść do reakcji pseudoalergiczej. Wg danych ogólnodostępnych od 8 do 20% pacjentów przyjmujących NLPZ jest narażonych na wystąpienie napadu astmy oskrzelowej. Po odnotowaniu tego typu epizodzie niesteroidowe leki przeciwzapalne należy stosować bardzo ostrożnie lub całkowicie z nich zrezygnować.

Co niepokojące, w ostatnich latach dostarczane są dowody naukowe na zależność pomiędzy stosowaniem NLPZ w leczeniu zakażeń wirusowych (zwłaszcza układu oddechowego) a rozwojem ropniaka płucnej.

#### 5. ANALGOSEDACJA. OCENA POZIOMU SEDACJI. PROTOKOŁY SEDACJI I ANALGEZJI U PACJENTÓW WENTYLOWANYCH MECHANICZNIE

Analgo-sedacja polega na podażu anestetyków oraz leków przeciwbólowych (analgetyków) w celu zmniejszenia stopnia świadomości pacjenta. Wykonuje się ją w celu łagodzenia lęku i bólu podczas wykonywania u chorego bolesnych procedur, w celu ułatwienia prowadzenia danej terapii, lub protekcyjnie dla poszczególnych zajętych chorobowo układów. Leki służące do prowadzenia analgo-sedacji wraz z opisem działań niepożądanych przedstawiono w tabeli 19.

Tabela 19. Leki w analgesodacji.

Lek	Dawkowanie	Efekt terapeutyczny	Działania niepożądane
Fentanyl	Dawka wstępna: wlew 0,35-0,5 mg/kg i.v. Dawka podtrzymująca: wlew 0,7-10 µg/kg/ godz. i.v.	Działanie przeciwbólowe.	Kumulacja w tkance tłuszczowej przy wlewie powyżej 4 h. Nudności, wymioty, zaparcia.
Remifentanyl	Dawka wstępna: wlew 6 µg/kg/godz. i.v. Zwiększenie prędkości przepływu o 1,5 µg/kg/ godz. i.v. co 5 min. Dawka podtrzymująca: wlew do max 45 g/kg/ godz. i.v.	Działanie przeciwbólowe.	Nasilony efekt depresyjny przy stosowaniu ze środkami uspokajającymi – bradykardia, spadek CTK. Nudności, wymioty, zaparcia.
Morfina	Dawka wstępna: 0,01-0,15 mg/kg i.v. Dawka podtrzymująca: wlew 0,07-0,5 mg/kg/godz. i.v.	Działanie przeciwbólowe.	Nudności, wymioty, zaparcia.
Oksykodon	Dawka wstępna: 1-2 mg i.v. Dawka podtrzymująca: 0,015-0,03 mg/kg/godz. we wlewie ciągłym i.v.	Działanie przeciwbólowe.	Nudności, wymioty, zaparcia.
Midazolam	Dawka wstępna: 0,02-0,08 mg/kg i.v. Dawka podtrzymująca: 0,04-0,2 mg/kg/godz. i.v.	Działanie uspokajające, nasenne, przeciwłękowe, przeciwdrgawkowe, miorelaksujące. Niepamięć następcza.	W przypadku zbyt wysokich dawek wydłużony okres odzyskania przytomności przez chorego. Obniżenie ciśnienia tętniczego krwi. Zespół abstynencyjny i zwiększone ryzyko wystąpienia majaczenia przy przedłużającym się wlewie; ryzyko majaczenia potęguje podawanie benzodwiazepin, stąd też w uzasadnionych klinicznie przypadkach zamiast benzodwiazepin.
Propofol	Dawka wstępna: 5 µg/kg/min i.v. Dawka podtrzymująca: do 25-50 µg/kg/min wlew i.v.	Działanie uspokajające, nasenne. Miorelaksacja.	Zaburzenia gospodarki lipidowej. Przy długotrwałym wlewie ryzyko rozwoju zespołu PRIS (ciężka kwasica metaboliczna, lipemia, niewydolność serca z zaburzeniami rytmu, hepatomegalia, rhabdomyoliza z mioglobinurią, ketonuria). Mioklonie, obniżenie ciśnienia tętniczego krwi, zakrzepowe zapalenie żył.
Ketamina	Dawka wstępna 0,1-0,5 mg/ kg i.v. Dawka podtrzymująca: wlew 0,05-0,4 mg/kg/godz. i.v.	Indukowanie skutecznej analgezji. Zmniejszenie zapotrzebowania na opioidy.	Halucynacje, stan splątania, pobudzenie, zwiększone napięcie mięśni szkieletowych, ruchy toniczno-kloniczne, podwójne widzenie, podwyższenie ciśnienia tętniczego.
Thiopental	Wlew 1-4 mg/kg/godz. i.v.	Działanie nasenne.	Duży potencjał uwolnienia histaminy. Działanie inotropowo ujemne. Obniża ciśnienie tętnicze krwi.

Deksmedetomidyna	Dawka nasycająca: wlew 0,6 µg/kg/godz. i.v. przez 10 minut. Dawka podtrzymująca: wlew 0,2-0,7 µg/kg/godz. i.v.	Przeciwbólowe, przeciwłękowe, uspokajające, sympatykolytyczne, kardioprotekcyjne.	Zmniejszenie odpowiedzi stresowej przez zahamowanie wyrzutu katecholamin i zmniejszenie ich osoczowego stężenia. Bradykardia, wahania ciśnienia tętniczego krwi, bradypnoe, zmniejszenie wydzielania śliny i soków trawiennych, zwolnienie motoryki żołądka.
------------------	---	---	--

Źródło: Dobrowolska, E., Woroń, J., Zaorska, J., Jakowicka-Wordliczek, J., Srednicki, W., Wordliczek, J. (2015) Analgosedacja i leczenie bólu u dorosłego pacjenta po urazie w warunkach oddziału intensywnej terapii [w] *Anestezjologia i Ratownictwo*, 9(3).

Według wytycznych Towarzystwa Medycyny stanów nagłych wskazania do prowadzenia sedacji przedstawiają się następująco:

*„Pożądaną poziom sedacji należy określić na początku terapii i w regularnych odstępach czasu ponawiać tę ocenę wraz ze zmianami klinicznego stanu pacjenta.*

*Zalecany sposób stosowania odpowiednich leków powinien być dostępny w formie pisemnej i cechować się pewną elastycznością, by umożliwić stopniowe docieranie do wartości końcowej; trzeba też przewidzieć fluktuacje potrzebnej sedacji w zależności od pory dnia”.*

Na potrzeby oceny skuteczności prowadzonej sedacji korzysta się z różnych narzędzi standaryzowanych w postaci skal. Najpopularniejsze narzędzia stosowane do oceny stopnia sedacji w warunkach szpitalnych to skala RASS (Richmond Agitation and Sedation Scale) oraz Ramsay (Ramsay scale). Pośredni obraz stopnia sedacji u pacjentów wentylowanych mechanicznie można uzyskać, dodatkowo oceniając ich stan za pomocą Behawioralnej Skali Oceny Bólu (BPS). Wszystkie wspomniane narzędzia posiadają polskie przekłady i walidacje.

Skala Ramsay

R0 – pacjent przytomny, zorientowany

R1 – pacjent pobudzony, niespokojny

R2 – pacjent współpracujący, spokojny

R3 – sedacja, częściowo zdolny do reakcji na głos, częściowo reagujący na polecenia

R4 – głęboka sedacja, żywa reakcja na ból zachowana

R5 – znieczulenie ogólne, leniwa reakcja na silne bodźce bólowe

R6 – głęboka śpiączka

## Skala RASS

Tabela 20. Skala RASS (Richmond Agitation and Sedation Scale)

Punktacja	Stan	Opis	Reakcja
+4	AGRESYWNY	Walczący z personelem, stanowi dla niego zagrożenie.	
+3	BARDZO POBUDZONY	Próbuje usuwać wkłucia lub cewniki, agresywny.	
+2	POBUDZONY	Częste niecelowe ruchy, brak współpracy pacjenta z respiratorem.	
+1	NIESPOKOJNY	Zaniepokojony lub lękliwy, bez agresywnych ruchów.	
0	CZUJNY I SPOKOJNY	Spontanicznie reaguje i słucha opiekuna.	Na głos
-1	SENNY	Nie w pełni uważny, ale w pełni przytomnie reaguje na głos (otwarcie oczu i kontakt wzrokowy >10 sekund).	Na głos
-2	LEKKA SEDACJA	Krótkotrwałe przebudzenie na głos (otwarcie oczu i kontakt wzrokowy).	Na głos
-3	UMIARKOWANA SEDACJA	Poruszenie lub otwarcie oczu na głos (bez kontaktu wzrokowego).	Na głos
-4	GŁĘBOKA SEDACJA	Brak reakcji na głos, poruszenie w reakcji na stymulację ruchową.	Na dotyk
-5	BEZ REAKCJI	Brak reakcji na głos i stymulację ruchową.	Na dotyk

## Behawioralna Skala Oceny Bólu

Rycina 27. Skala BPS (Behavioural Pain Scale)

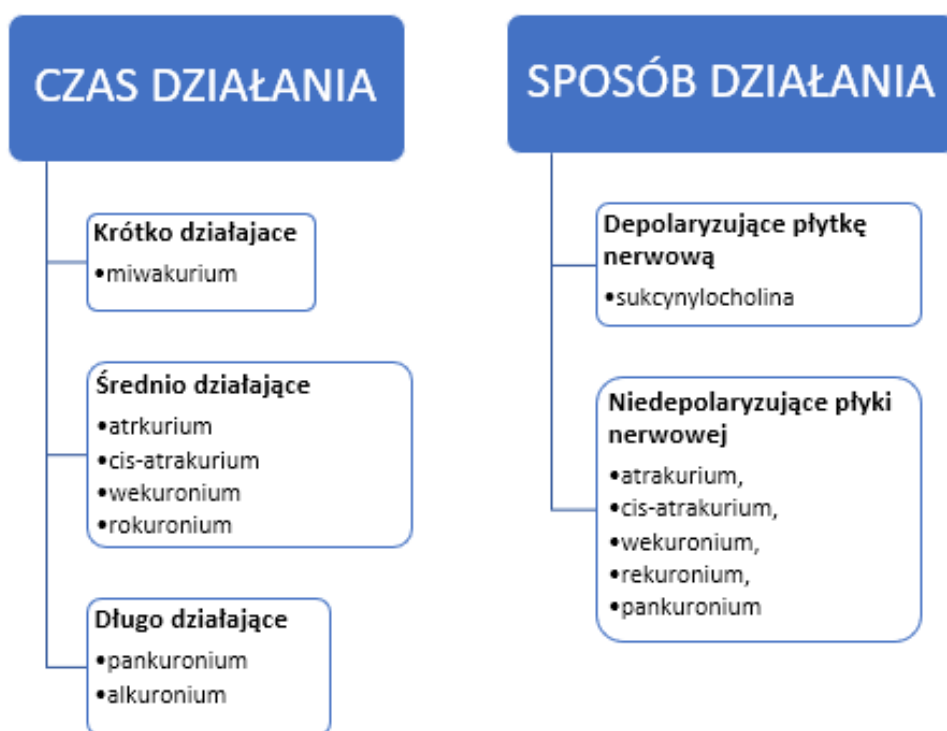
**Skala BPS określająca nasilenie bólu u pacjentów wentylowanych, których stopień świadomości nie pozwala na zastosowanie skali NRS**

Mimika (M)	Spokojna	1
	Częściowo napięta	2
	Całkowicie napięta	3
	Silny grymas bólu	4
Kończyny górne (K)	Brak ruchu	1
	Częściowe zgięte	2
	Całkowicie zgięte z palcami	3
	Silny stały przykurcz	4
Podatność na wentylację mechaniczną	Pełna tolerancja	1
	Kaszele, ale toleruje	2
	„Kłóci się” z respiratorem	3
	Sztuczna wentylacja	4

## 6. ŚRODKI ZWIOTCZAJĄCE

Środki zwiotczające są substancjami, które wywołują czasowe, pożądane, odwracalne porażenie mięśni poprzecznie prążkowanych. Funkcję neurotransmitera na końcowej płytce motorycznej pełni acetylocholina. Wiąże się z nikotynowym receptorem acetylocholino umieszczonym na końcowej płytce motorycznej, co w efekcie wywołuje depolaryzację. Fala depolaryzacyjna biegnie przez mięśnie poprzecznie prążkowane, co doprowadza do skurczu mięśnia. Podział środków zwiotczających przebiega wg kryteriów czasu działania oraz sposobu działania.

Rycina 27. Podział środków zwiotczających mięśnie.



Pośród działań niepożądanych środków zwiotczających mięśnie wymienić należy:

- nagły wyrzut histaminy
- reakcje uczuleniowe
- bradykardię/bradyarytmię
- obturację oskrzeli
- obniżenie ciśnienia tętniczego krwi.

Istnieje szereg czynników wpływających na czas działania środków zwiotczających. Można tu wymienić takie, jak:

- obniżenie ciepłoty ciała (hipotermia)
- antybiotykoterapia
- anestetyki wziewne
- zaburzenia elektrolitowe
- diuretyki pętlowe
- poważne dysfunkcje nerek i wątroby.

Mechanizm działania niedepolaryzujących środków zwiotczających polega na zablokowaniu dostępu acetylocholino do receptora na końcu płytki motorycznej. Osłabienie mięśni następuje dopiero po zablokowaniu 70% receptorów acetylocholino przez środek zwiotczający. Oznacza to, że dla podtrzymania efektu zwiotczenia, należy podawać znacznie niższe dawki leków zwiotczających (fenomen Eisberga).

Tabela 21. Początek działania poszczególnych leków zwiotczających

Ultra szybki (<1 min)	Sukcynylocholina
Szybki (1-2 min)	Rokuronium
Średni (2-4 min)	Atrakurium
	Wekuronium
	Pankuronium
Długi (>4 min)	Cis-atrakurium
	Doksakurium

Charakterystyka wybranych środków zwiotczających mięśnie.

#### **Sukcynylocholina**

- jedyny używany u ludzi lek depolaryzujący
- brak możliwości odwrócenia blokady
- nie przechodzi przez łożysko
- może powodować hiperkaliemię
- może powodować bradykardię
- powoduje bóle mięśniowe
- wzmacnia wydzielanie śliny
- wzrost ICP
- wyrzut histaminy.

Przeciwwskazania:

- świeża polytrauma
- urazy oka
- oparzenia
- hipertermia złośliwa
- hiperkaliemia
- choroby z grupy nerwowo- mięśniowych.

#### **Rokuronium**

- pochodna wekuronium
- rekomendowane w protokołach RSI (uraz, „pełen żołądek”)
- możliwa szybka indukcja środka przy dawkach 2-3x ED<sub>95</sub>
- możliwy wzrost BP oraz HR
- nie rozkłada się, wydalany z żółcią
- przeciwwskazany w przewidywalnych trudnych intubacjach.

#### **Atrakurium**

- eliminowany w mechanizmie Hoffmanna
- dla poprawnego działania powinien przechowywany być w lodówce
- nie kumuluje się
- nie przechodzi przez łożysko.



### Cis- atrakurium

- około 4x silniejszy od atrakurium
- rozkład głównie przez eliminację Hoffmanna
- dla poprawnego działania powinien przechowywany być w lodówce
- nie uwalnia histaminy
- obojętny dla układu krążenia.

### Mivakurium

- bardzo krótki czas działania
- łączenie mivakurium ze środkami o dłuższym czasie działania, może doprowadzić do nieprzewidywalnie wydłużonego działania środków
- uwalnia histaminę
- powoduje zaczerwienienie skóry
- przeciwwskazany przy dysfunkcji nerek i wątroby.

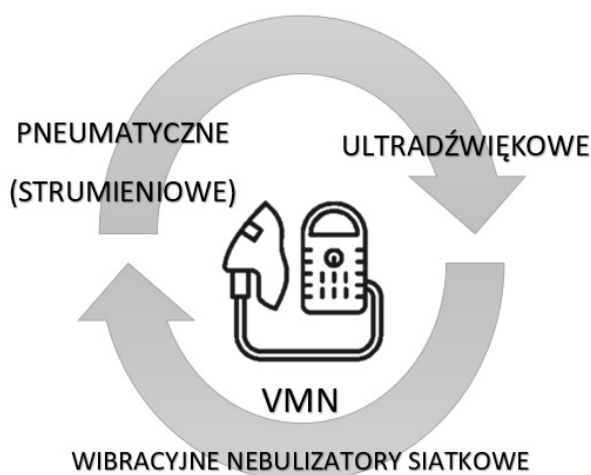
### UWAGA!

W kontynuacji terapii wentylacyjnej, nawet w piorunujących przypadkach towarzyszących ostrej niewydolności oddechowej (np. ARDS), nie zaleca się rutynowego stosowania środków zwiotczających mięśnie przed optymalizacją warunków wentylacji mechanicznej. W przypadku pacjentów dobrze tolerujących terapię wentylacyjną przy wdrożonej płytkiej sedacji nie ma konieczności stosowania ciągłych wlewów z leków zwiotczających mięśnie.

## 7. NEBULIZACJA JAKO METODA PODAWANIA LEKÓW

Nebulizacja jest procesem przetwarzania płynnego roztworu w formę aerozolu, który jest dostarczany do dróg oddechowych pacjenta w cyklu oddechowym za pomocą nebulizatora. Zaznaczyć należy, że nebulizacja i inhalacja, mimo że często są w nazewnictwie traktowane zamiennie, są różnymi technikami. Nebulizacja co do zasady trwa dłużej, a cząsteczki substancji leczniczej są w stanie dotrzeć w większej ilości do tkanki płucnej.

Rycina 28. Rodzaje nebulizatorów używanych u pacjentów wentylowanych mechanicznie



Podczas prowadzenia nebulizacji można podawać roztwory, zawiesiny zmikronizowanych cząstek i/lub nanocząsteczek oraz liposomy.

Roztwory nebulizacyjne w znacznej większości zawierają w sobie substancje pomocnicze, które są odpowiedzialne m.in. za: doprowadzanie do izotonii, regulację pH, konserwację produktu czy stabilizację. Zasady sporządzania konkretnych roztworów nebulizacyjnych przedstawiono w tabeli 22, natomiast możliwości mieszania wybranych substancji leczniczych w tej samej nebulizacji w tabeli 23.

Tabela nr 22. Zasady sporządzania konkretnych roztworów nebulizacyjnych

Preparat (substancja działająca)	Uwagi
Atrovent roztwór do nebulizacji (bromek ipratropium)	Uważnie należy wykonywać nebulizację u pacjentów z jaskrą wąskiego kąta przesączania. Po nebulizacji może bowiem pojawić się bolesność gałki ocznej, niewyraźne widzenie, aureola wzrokowa jednocześnie z zaczerwienieniem oka. Lek może być podawany w nebulizacji łącznie z preparatem Mucosolvan, Bisolvan i Berotec. Nie można go stosować w tej samej inhalacji z preparatami zawierającymi kromoglikan dwusodowy ze względu na wytrącenie się osadu.
Cromohexal roztwór do nebulizacji Intal roztwór do nebulizacji (kromoglikan dwusodowy)	W wyniku nieprawidłowego przechowywania (w temperaturze powyżej 25°C i przy dostępie światła) preparat może zmieniać barwę na żółtawą. Nie należy go wtedy podawać. Roztwory chlorowodoru epinefryny, siarczanu terbutaliny i acetylocysteiny można mieszać z roztworem kromoglikanu sodowego i podawać w ciągu 1 godziny.
Mucosolvan roztwór do nebulizacji (chlorowodorek ambroksolu)	Przed podaniem rozcieńczyć roztworem 0,9% chlorku sodowego w stosunku 1:1.
Ventolin 0,1% płyn do inhalacji z nebulizatora 0,2% płyn do inhalacji z nebulizatora 0,5% płyn do inhalacji z respiratora lub nebulizatora SteriNeb-Salamol roztwór do nebulizacji (salbutamol)	Jest to roztwór salbutamolu w 0,9% roztworze chlorku sodowego. Przed podaniem preparat można dodatkowo rozcieńczyć 0,9% chlorkiem sodowym.
Berodual roztwór do nebulizacji (bromowodorek fenoterolu i bromek ipratropium)	Ze względu na zawartość w preparacie leku cholinolitycznego – bromku ipratropium, należy chronić oczy podczas inhalacji, mogą bowiem pojawić się po nebulizacji zaburzenia akomodacji. Lek można rozcieńczać przed podaniem 0,9% roztworem chlorku sodowego.
Pulmicort zawiesina do nebulizacji (budesonid)	Lek można rozcieńczyć (do 2ml) przed podaniem 0,9% roztworem chlorku sodowego. Preparat może być podawany w mieszaninie z roztworami terbutaliny, salbutamolu, fenoterolu, acetylocysteiny, kromoglikanu dwusodowego lub bromku ipratropium. Mieszanina powinna być zużyta w czasie do 30 minut od momentu sporządzenia. Nie zaleca się stosowania nebulizatorów ultradźwiękowych do inhalacji preparatu.
Flixotide zawiesina do inhalacji z nebulizatora (propionian flutikazonu)	Nie zaleca się stosowania nebulizatorów ultradźwiękowych do inhalacji preparatu. Zaleca się inhalację leku za pomocą ustnika, aby uniknąć ryzyka pojawienia się zmian zanikowych na skórze twarzy w przypadku długotrwałego podawania propionianu flutikazonu przy użyciu maski twarzowej. W przypadku stosowania maski, skóra twarzy kontaktująca się z nią powinna być chroniona kremem lub dokładnie umyta po inhalacji. Preparat Flixotide do inhalacji z nebulizatora można rozcieńczyć roztworem 0,9% chlorku sodowego.
Pulmozyme (dornaza α)	Preparat nie powinien być rozcieńczany lub mieszany z innymi lekami w nebulizatorze. Mieszanie dornazy alfa z innymi lekami może bowiem prowadzić do niekorzystnych zmian fizykochemicznych substancji.

Źródło: Dailey L. A., Schmehl T., Gessler T., Wittmar M., Grimminger F., Seeger W., Kissel T.: Nebulization of biodegradable nanoparticles: impact of nebulizer technology and nanoparticle characteristics on aerosol features. *J. Control. Rel.* 2003, 86,131-144.

Tabela nr 23. Możliwości mieszania wybranych substancji leczniczych w tej samej nebulizacji

	Albuterol	Bromek ipratropium	Kromoglikan sodowy	Budezonid	Tobramycyna	Kolistyna	Dornaza alfa
Albuterol		Możliwe	Możliwe	Możliwe	Możliwe	Możliwe	Niepolecane
Bromek ipratropium	Możliwe		Możliwe	Możliwe	Możliwe	Brak informacji	Niepolecane
Kromoglikan sodowy	Możliwe	Możliwe		Możliwe	Niepolecane	Brak informacji	Niepolecane
Budezonid	Możliwe	Możliwe	Możliwe		Niepolecane	Brak informacji	Niepolecane
Tobramycyna	Możliwe	Możliwe	Niepolecane	Niepolecane		Nieuzasadnione	Niepolecane
Kolistyna	Możliwe	Brak informacji	Brak informacji	Brak informacji	Nieuzasadnione		Niepolecane
Dornaza alfa	Niepolecane	Niepolecane	Niepolecane	Niepolecane	Niepolecane	Niepolecane	

Mieszanie roztworów substancji jest możliwe, jeżeli roztwór nie zawiera środków konserwujących (chlorku benzalkoniowego).

Źródło: Dailey L. A., Schmehl T., Gessler T., Wittmar M., Grimminger F., Seeger W., Kissel T.: Nebulization of biodegradable nanoparticles: impact of nebulizer technology and nanoparticle characteristics on aerosol features. *J. Control. Rel.* 2003, 86,131-144.

## 8. ANTYBIOTYKOTERAPIA W ODRESPIRATOROWYM ZAPALENIU PŁUC (VENTILATOR-ASSOCIATED PNEUMONIA-VAP)

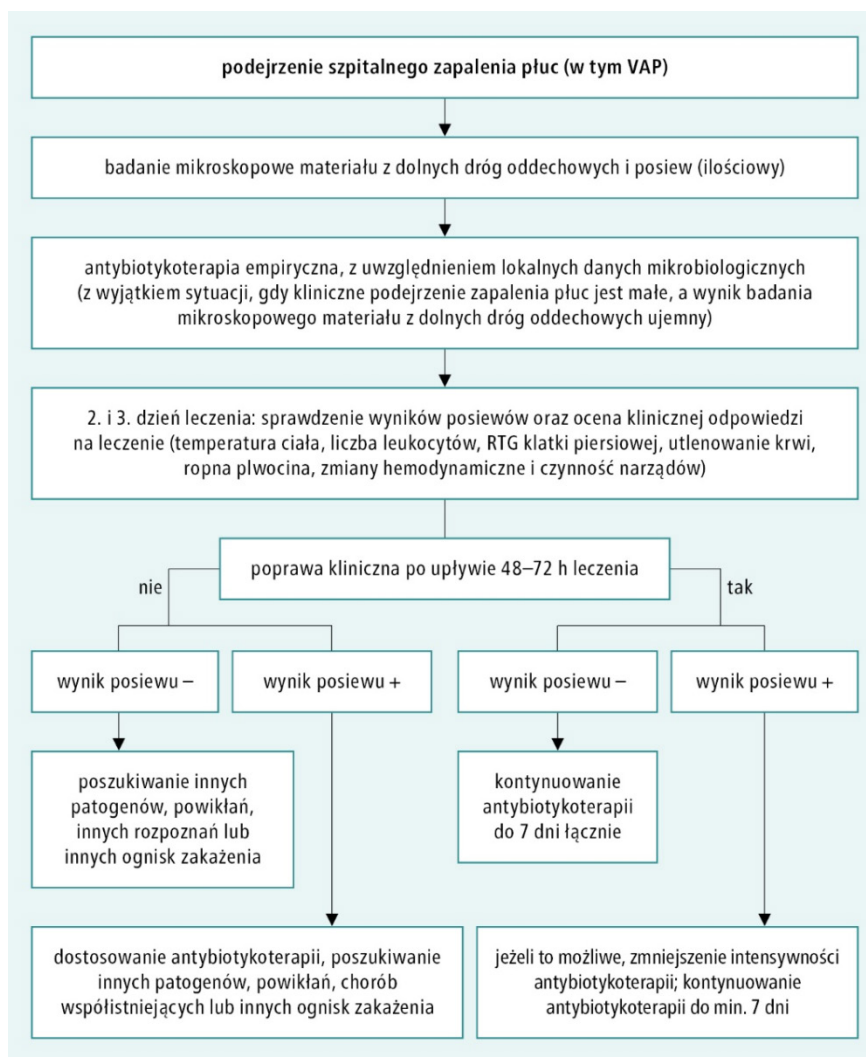
Jako VAP rozumiemy zapalenie płuc, które rozwinęło się powyżej 48 h od momentu rozpoczęcia inwazyjnej respiratoroterapii u pacjenta. Etiologie VAP różnicujemy w zależności od czasu wystąpienia zakażenia. W przypadku wystąpienia VAP w ciągu 4 pierwszych dób pobytu w szpitalu, zostało ono wywołane przez te same bakterie, które powodują występowanie pozaszpitalnego zapalenia płuc oraz pałeczki Gram-ujemne (*E. coli*, *K. pneumoniae*, *Enterobacter*, *Proteus* i *Serratia*), ale o zachowanej wrażliwości na antybiotyki. Po upływie 4 doby zaczyna dominować flora lekooporna, najczęściej tlenowych pałeczek Gram-ujemnych: *P. aeruginosa*, *E. coli*, *K. pneumoniae*, *Acinetobacter spp.* oraz *L. pneumophila*. Wśród bakterii Gram-dodatnich przede wszystkim *S. aureus*, którego szczepy szpitalne mogą być odporne na metycylinę.

Do czynników ryzyka zakażenia lekoopornymi bakteriami wywołującymi VAP należy zaliczyć:

- niedawno przebyta antybiotykoterapia dożylna (do 3 mies.)
- wstrząs septyczny
- leczenie nerkozastępcze ze wskazań ostrych
- ARDS.

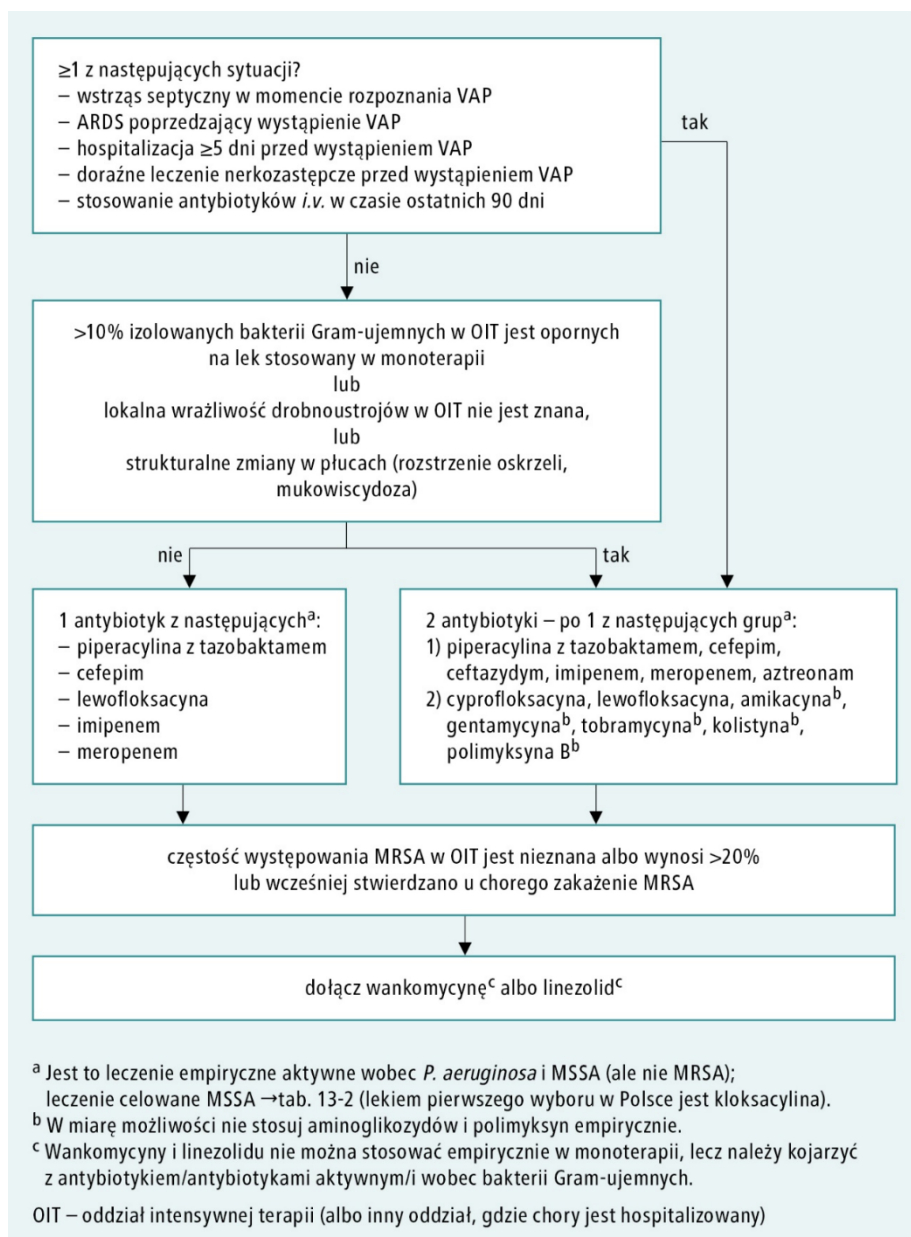
Rycina 29. Schemat rozpoznania VAP przedstawiono na rycinie

Schemat rozpoznania VAP przedstawiono na rycinie 29, z kolei na rycinie 30 przedstawiono wybór wstępnego leczenia empirycznego u chorych z podejrzeniem zapalenia płuc związanego z wentylacją mechaniczną.



Źródło: <https://www.mp.pl/interna/chapter/B16.II.3.11.2>.

Rycina 30. Wybór wstępnego leczenia empirycznego u chorych z podejrzeniem zapalenia płuc związanego z wentylacją mechaniczną



Zródło: <https://www.mp.pl/interna/chapter/B16.II.3.11.2>.

## WYKAZ ŚWIADCZEŃ ZDROWOTNYCH, DO KTÓRYCH JEST UPRAWNIONA PIELĘGNIARKA PO UKOŃCZENIU KURSU SPECJALISTYCZNEGO PIELĘGNOWANIE PACJENTA DOROSŁEGO WENTYLOWANEGO MECHANICZNIE

1. Ocena i monitorowanie wydolności oddechowej pacjenta na podstawie badania podmiotowego, badania przedmiotowego oraz dostępnych badań diagnostycznych.
2. Ocena i monitorowanie skuteczności wentylacji mechanicznej na podstawie badania podmiotowego, badania przedmiotowego oraz dostępnych badań diagnostycznych.
3. Ocena i monitorowanie działania drenażu czynnego, ssącego jamy opłucnej.
4. Ocena ryzyka i zapobieganie powikłaniom związanym ze stosowaniem wentylacji mechanicznej inwazyjnej i nieinwazyjnej.
5. Ocena stanu pacjenta i rozpoznawanie powikłań związanych z prowadzoną wentylacją mechaniczną.
6. Pomiar i ocena stężenia gazów biorących udział w procesie oddychania (gazometria, kapnometria).
7. Pomiar i ocena wyniku pulsoksymetrii i wykresu tętna.
8. Udzielanie pierwszej pomocy w stanach zagrożenia zdrowia i życia, udrażnianie dróg oddechowych metodą przyrządową ( rurka ustno-gardłowa lub nosowo-gardłowa) i bezprzyrządową, doraźna tlenoterapia.
9. Doraźna wentylacja zastępcza z użyciem maski twarzowej/maski krtaniowej/rurki dotchawiczej i worka samrozprężalnego.
10. Ocena położenia, monitorowanie ciśnienia w mankiecie uszczelniającym i pielęgnacja rurki dotchawiczej.
11. Przygotowanie sprzętu i urządzeń niezbędnych do wdrożenia wentylacji mechanicznej – wykonanie testu poprawności pracy sprzętu, testu szczelności układu oddechowego respiratora oraz testu aparatu.
12. Wykonanie inhalacji/nebulizacji z wykorzystaniem zestawów do inhalacji dla pacjentów wentylowanych mechanicznie.
13. Pielęgnacja dróg oddechowych pacjenta wentylowanego mechanicznie (kontrola wydzieliny w drogach oddechowych, fizjoterapia klatki piersiowej, odsysanie wydzieliny z dróg oddechowych, higiena jamy ustnej i nosowej).
14. Ocena i monitorowanie poziomu sedacji za pomocą wybranych skal, wdrażanie przyjętych protokołów sedacji.
15. Ocena gotowości pacjenta do odzwyczajenia od respiratora na podstawie przyjętych protokołów.
16. Ułożenie terapeutyczne pacjenta wentylowanego mechanicznie w łóżku.
17. Komunikowanie się z pacjentem wentylowanym mechanicznie i jego rodziną, stosowanie alternatywnych metod komunikacji.
18. Współpraca z członkami zespołu terapeutycznego, rodziną pacjenta oraz innymi instytucjami działającymi na rzecz pacjenta i rodziny.
19. Zapewnienie odpowiednich warunków otoczenia pacjenta wentylowanego mechanicznie w domu.
20. Edukacja w zakresie zapobiegania infekcjom dróg oddechowych u pacjenta wentylowanego mechanicznie.
21. Edukacja w zakresie pielęgnacji rurki dotchawiczej.
22. Edukacja w zakresie obserwacji niepokojących objawów, które muszą skłonić pacjenta/rodzinę do poinformowania lekarza i pielęgniarki.
23. Edukacja w zakresie zapewnienia odpowiednich warunków otoczenia pacjenta w domu.
24. Edukacja w zakresie pielęgnacji pacjenta wentylowanego mechanicznie w domu.

## LITERATURA

### Literatura obowiązkowa:

1. Oczeniński W., Werba A., Andel H.: Podstawy wentylacji mechanicznej.  $\alpha$ -Medical Press, 2003.
2. Łazowski T., Lei Y.: Respiratory. Przewodnik kliniczny. Makmed 2018.
3. Kubler A., Kochs E., Knipfer E.: Pielęgniarstwo anestezyjologiczne. Edra Urban & Partner 2017.
4. Owczuk R., Owens W.: Wentylacja mechaniczna. Edra Urban & Partner 2022.
5. Rybicki Z.: Intensywna terapia dorosłych. Kompendium. Wydawnictwo Makmed, Lublin 2010.
6. Maciejewski, D., Wojnar-Gruszka, K.: Wentylacja mechaniczna: teoria i praktyka.  $\alpha$ -Medica Press, 2016.
7. Grupa robocza ds. praktyki w pielęgniarstwie anestezyjologicznym i intensywnej opieki. PTPAiIO. Zalecenia dotyczące pielęgnowania pacjenta leczonego w oddziale intensywnej terapii. Poznań 2013.

### Literatura uzupełniająca:

1. Bochenek A., Reicher M.: Anatomia człowieka. PZWL, 2010, t. II.
2. Traczyk W.: Fizjologia człowieka w zarysie. PZWL, 2013.
3. Chambers D. (red.), Redaktorzy wydania polskiego Kusza K., Kamiński B.: Podstawy fizjologii dla anestezjologów. MediPage, 2017.
5. Hasn A. (red.), Maciejewski D.: Zrozumieć wentylację mechaniczną. Medipage, 2013.