

Zagadnienia termiczne w inżynierii biomedycznej

Wykład 4

Inkubator

Aparat wylęgowy, inkubator (łac. *incubare* = wysiadywać jajo).

Urządzenie do sztucznego wylęgu piskląt (bez nasiadki). Jest to rodzaj skrzyni w której, przy zachowaniu odpowiednich warunków temperatury i wilgotności, przebiega normalnie wyląg jaj kurzych, indyckich czy kaczyc.

Źródłem ciepła w aparacie wylęgowym, jest od 1908 roku grzejnik elektryczny, natomiast we wcześniejszych próbach stosowano ogrzewanie ciepłą wodą, lampą naftową (np. u Sartoriusa w Niemczech i Austrii), fermentującym nawozem lub węglem.

Chińczycy i Egipcjanie używali aparatów wylęgowych już 400 lat p.n.e. Arystoteles podaje, że w Egipcie istniały specjalnie zbudowane pomieszczenia ogrzewane ogniem, w których równomierna temperatura utrzymywana była dzięki urządzeniom wentylacyjnym (kanały w ścianach inkubatorów na przemian zamykano i otwierano), jaja układano na ziemi warstwami i 2-3 razy dziennie obracano ręcznie. Pliniusz wspomina, że w Egipcie liczba wylęgniętych piskląt dochodziła rocznie do 1 miliona sztuk. Stosowane metody, które pozwalały na takie osiągnięcia, były tajemnicą pilnie strzeżoną przez kapłanów. Sztuczny wyląg kurcząt propagował także w XII wieku Arab Abdel Latif z Bagdadu. Aparaty takie nie były stosowane w Europie aż do połowy XVII wieku. Dopiero Ferdynand II, książę Toskanii, sprowadził z Kairu do Florencji w 1644 roku dwóch rzemieślników w celu zbudowania pieca egipskiego do wylęgu piskląt.

Inkubator

Pierwszy inkubator dla niemowląt przedwcześnie urodzonych lub słabych, został skonstruowany w 1891 roku przez doktora Alexandre'a Liona z Nicei. Powietrze w inkubatorze pozostawało czyste wskutek filtrowania i nieustannie świeże, dzięki pracy wentylatora. Stałą temperaturę i wilgotność utrzymywał automatyczny termostat, a sam inkubator to komora o podwójnych szklanych ścianach. Po udoskonaleniu inkubatora, doktor Lion założył pierwszą klinikę dla noworodków. W Paryżu można było oglądać inkubowane noworodki za opłatą 50 centymów, co pozwalało pokryć pensje pielęgniarek. Ze 185 inkubowanych w Nicei w ciągu trzech pierwszych lat noworodków, przeżyło 137 - żadne z tych dzieci w normalnych warunkach nie miałoby na to szansy. W Polsce inkubatory wprowadzono w 1922 roku.

Inkubator

Prawidłowy czas trwania ciąży u kobiety wynosi od 38 do 42 tygodni. Dzieci urodzone po pełnych 37 tygodniach ciąży, niezależnie od ich urodzeniowej masy ciała, nazywamy noworodkami donoszonymi. Dzieci, które urodziły się przed ukończonym 37-ym tygodniem, to tak zwane wcześniaki.

Obecnie na świecie udaje się utrzymać przy życiu noworodki urodzone w nawet w 23-24 tygodniu. W Polsce szansę na przeżycie mają raczej dzieci urodzone powyżej 24-25 tygodnia trwania ciąży. Noworodki te ważą znacznie mniej niż donoszone - zdarza się, że ich waga ledwie przekracza 500 g. Mimo ogromnej niedojrzałości w chwili narodzin i wielu niebezpieczeństw, ich późniejszy rozwój może nie odbiegać lub tylko nieznacznie różnić się od rozwoju donoszonych dzieci.

Pobyt wcześniaków w oddziale jest zazwyczaj długi, może trwać nawet kilka miesięcy. Często mijają 3-4 miesiące, zanim przedwcześnie urodzone dziecko osiągnie wagę 1800-1900 gramów. Wypisuje się je do domu dopiero wtedy, gdy lekarz ma pewność, że wcześniak potrafi sam oddychać i jeść tak, aby następował przyrost masy ciała, a matka da sobie radę z dzieckiem w domu. Już podczas pobytu w szpitalu personel zachęca ją i uczy opieki nad noworodkiem. Ważna jest także możliwość dalszego kontaktu ze szpitalem (np. telefonicznego) w razie pierwszych trudności. W dalszej ambulatoryjnej opiece poza zwykłymi wizytami profilaktycznymi i szczepieniami noworodki te wymagają często wielu wysoko specjalistycznych konsultacji i wspierania rozwoju. Dąży się także do wczesnego wykrywania uszkodzeń, np. słuchu i wzroku. Wczesna diagnostyka pozwala na skuteczną pomoc.

Inkubator

Większość wcześniaków spędza pierwszych kilka godzin lub dni swojego życia w łóżeczku, nad którym zamontowane jest źródło ciepła. Jest to tak zwany inkubator otwarty z grzejnikiem zwanym promiennikiem ciepła. Ogrzewa on powietrze wokół dziecka i pomaga mu utrzymać stałą, prawidłową temperaturę. Jest to konieczne, ponieważ wcześniaki nie potrafią samodzielnie utrzymać właściwej temperatury ciała. Mają one niewystarczającą tkankę tłuszczową, a ich mięśnie są zbyt słabe, aby wytwarzać ciepło. Czujnik otwartego inkubatora, przymocowany do skóry dziecka, monitoruje temperaturę jego ciała, a inkubator odpowiednio reguluje ogrzewanie. Dzieci urodzone szczególnie wcześnie bywają także przykryte przezroczystym plastikowym kocem. To dzięki niemu dziecko nie odwadnia się w efekcie ogrzewania źródłem ciepła, zainstalowanym nad otwartym inkubatorem. Skóra bardzo wcześnie urodzonych dzieci nie chroni przed utratą wody z organizmu.

Innym rodzajem inkubatora jest tak zwany inkubator zamknięty. Jest to przezroczysta skrzynka wykonana ze sztucznego tworzywa. Taki inkubator jest zamkniętym prostopadłościanem, co chroni dziecko przed nagłymi zmianami temperatury powietrza. Czynności, które lekarze i pielęgniarki wykonują wokół dziecka, odbywają się przez owalne otwory w ściankach inkubatora lub przez opuszczenie jednej ze ścianek. Inkubator zamknięty ma także system ogrzewania. W niektórych wypadkach jest on połączony z czujnikiem na skórze dziecka; ogrzewanie reguluje się w zależności od temperatury ciała dziecka. W innych wypadkach, wewnątrz inkubatora utrzymuje się stałą temperaturę. Nowoczesne inkubatory wyposażone są w ciekłokrystaliczne ekrany, na których wyświetlana jest temperatura i inne niezbędne dane.

Inkubator

Zapewnienie komfortu cieplnego noworodkowi jest jednym z podstawowych czynników warunkujących jego przeżycie. Ze względu na niewielką aktywność fizyczną, niezdolności do termogenezy drżeniowej, zmniejszonej wydolności termogenezy bezdrżeniowej w związku z małą ilością brunatnej tkanki tłuszczowej — wcześniaki mają ograniczoną produkcję ciepła [2]. Skóra wcześniaka, ze względu na niedorozwój warstwy rogowaciejącej nabłonka wielowarstwowego płaskiego, predysponuje do większej przeznaskórkowej utraty wody. Z przeznaskórkową utratą wody związana jest wzmożona utrata ciepła przez wcześniaka, a jego wychłodzenie prowadzi do wystąpienia licznych zaburzeń czynnościowych i metabolicznych w następstwie skurczu naczyń i ograniczenia perfuzji tkanek z hipoglikemią, hipoksją i kwasicą metaboliczną. Wszystkie te mechanizmy prowadzą do hamowania wytwarzania i wydzielania surfaktantu oraz wpływają niekorzystnie na czynność innych układów i narządów. Niezbędne zatem w pielęgnacji jest stosowanie ciepłarek, powszechnie nazywanych inkubatorami, z odpowiednią temperaturą oraz wilgotnością (> 60%), indywidualnie regulowanych do każdego wcześniaka [1, 4, 6–8]. Przez pierwsze tygodnie życia noworodek jest leczony i pielęgnowany w inkubatorze, który nie tylko zapewnia mu warunki zbliżone do wewnątrzłonowych, ale też gwarantuje spokój. Hałas panujący na oddziale intensywnej terapii

powoduje wzrost ciśnienia wewnątrzczaszkowego, aktywuje układ sympatyczny pacjenta, zaburza stany snu i czuwania, dlatego też należy go chronić przed nadmiernym natężeniem bodźców akustycznych [11]. Noworodki mniej dojrzałe są początkowo umieszczane w inkubatorach otwartych — ułatwia to wykonywanie wszelkich niezbędnych procedur leczniczych, w tym implantację centralnego cewnika żylnego. Z istoty działania inkubatora otwartego wynikają straty wody i ciepła związane z parowaniem, zwłaszcza przy niedopełnieniu zasad korzystania z nich. Niezwykle ważne jest zatem możliwie najszybsze przeniesienie noworodka do inkubatora zamkniętego, przystosowanego do prowadzenia intensywnej terapii [9, 12]. Najlepsze warunki pielęgnacji i leczenia spełnione są w inkubatorach tak zwanych otwarto-zamkniętych, czyli zmienianych stosownie do potrzeb funkcji bez przenoszenia noworodka. Są one jednak około 2-krotnie droższe. Zabiegi wykonywane wobec pacjentów będących wcześniakami należy organizować tak, by do minimum ograniczyć nieprzyjemne bodźce, które pomimo braku działania uszkadzającego mogą sprawiać ból i są źle tolerowane [10].

Inkubator

Drogi utraty ciepła. W pierwszych dniach swojego życia, noworodki o bardzo małej masie ciała (< 1500 g) tracą ciepło przede wszystkim drogą parowania, zwielokrotnionego dzięki cienkiej, niedojrzałej skórze ubogiej w ochronną warstwę keratynową, niezwykle przepuszczalną dla wody. Wielkość utraty wody tą drogą przekracza ośmiokrotnie wartości spotykane u dorosłych. Rolę ochronnego filtra zmniejszającego utratę ciepła drogą parowania pełni cienka, bogata w lipidy, hydrofobowa struktura (*vernix caseosa*) pokrywająca od trzeciego trymestru ciąży rozwijającą się warstwę rogową naskórka. U noworodków urodzonych przed 36. tygodniem ciąży skuteczność tej bariery ochronnej jest znikoma. Niekorzystny z punktu widzenia utrzymania stałej temperatury ciała jest przede wszystkim stosunek powierzchni ciała noworodka do jego masy, przewyższający trzykrotnie wartości występujące u dorosłych. U noworodków o bardzo małej urodzeniowej masie ciała, powierzchnia, poprzez którą następuje utrata ciepła, jest proporcjonalnie 5-6-krotnie większa niż u dorosłego. Obniżone napięcie mięśniowe, występujące u noworodków urodzonych przedwcześnie, jest przyczyną zwiększenia powierzchni ciała (niemożność utrzymania pozycji embriona) i przyczynia się u tych pacjentów do nasilonej utraty ciepła drogą parowania, konwekcji i promieniowania, stanowiących najistotniejsze drogi utraty ciepła przez noworodka.

Inkubator

W temperaturze otoczenia 33°C, utrata ciepła przez tygodniowego, ważącego 2 kg noworodka następuje na drodze promieniowania (40% całkowitej utraty ciepła), konwekcji (33%), parowania (24%) i przewodzenia (3%). Udział poszczególnych dróg utraty ciepła zmienia się w zależności od temperatury otoczenia i jego wilgotności.

W przypadku ułożenia rozebranego noworodka w inkubatorze zamkniętym o pojedynczych ścianach, temperatura ścian pomieszczenia, w jakim się on znajduje, ma istotne znaczenie, gdyż obniżając temperaturę ścian inkubatora, prowadzi w efekcie do utraty ciepła drogą promieniowania (40% całkowitej utraty ciepła). Problem ten jest szczególnie istotny u noworodków transportowanych.

Utrata ciepła drogą konwekcji (33% całkowitej utraty ciepła) związana jest ruchem zimnych mas powietrza otaczającego noworodka i zależy od szybkości przepływu powietrza i jego temperatury. Szczelne zamknięcie okienek i ścian inkubatora zmniejsza ryzyko oziębienia noworodka na drodze konwekcji, poprzez wyeliminowanie ruchu powietrza. Ułożenie dziecka na zimnym podłożu (stół do pielęgnacji, stół operacyjny, kaseta z kliszą RTG) zwiększa ryzyko oziębienia drogą przewodzenia, kiedy to następuje oddawanie ciepła do zimniejszego przedmiotu, z którym styka się ciało noworodka. Ponieważ noworodek z reguły układany jest na materiałach o małych zdolnościach do przewodzenia podczerwonych fal elektromagnetycznych (materacyk, kocyk, pieluszka), utrata ciepła tą drogą jest stosunkowo niewielka (3% całkowitej utraty ciepła).

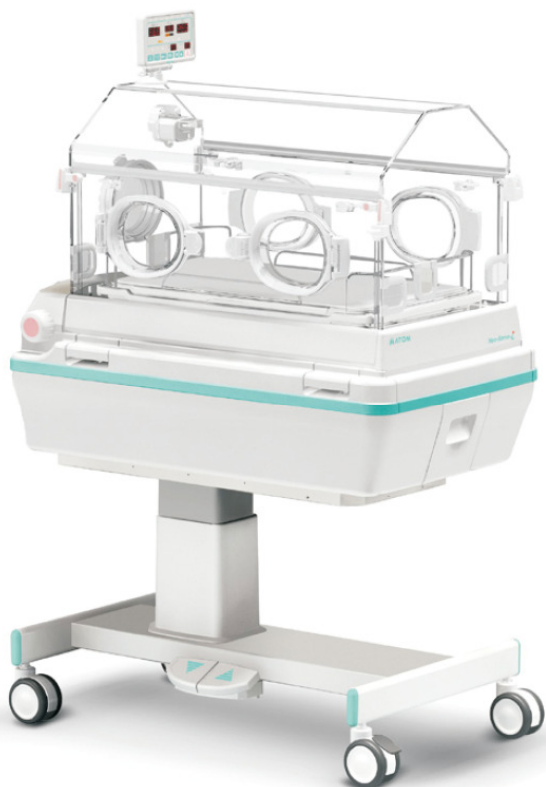
Inkubator

Hipertermia. Hipertermia u noworodka rozwija się znacznie szybciej niż u dorosłego, ze względu na większy stosunek powierzchni ciała do jego masy i mniejszą zdolność do magazynowania energii. Najczęściej jest ona wynikiem przegrzania noworodka (światło słoneczne, fototerapia, niesprawny inkubator, dodatkowe źródło ciepła) lub toczących się procesów chorobowych. Zastosowanie inkubatora o podwójnych ścianach chroni noworodka przed przegrzaniem, o ile inkubator narażony jest na działanie promieni słonecznych o krótkiej długości. Liczba gruczołów potowych przypadających na jednostkę powierzchni u noworodka donoszonego jest sześciokrotnie wyższa niż u dorosłego, ale nawet przy wzroście temperatury głębokiej do 38°C, nieuchwytna utrata wody wzrasta u noworodka zaledwie czterokrotnie. Możliwość utraty ciepła związana z poceniem się maleje wraz z malejącą dojrzałością noworodka. U dziecka urodzonego zaledwie trzy tygodnie przed planowanym terminem, dojrzałe gruczoły potowe występują wyłącznie w okolicy twarzy i głowy.

Inkubator

Zapobieganie oziębieniu i przegrzaniu noworodka. Obecny stan wiedzy położników i neonatologów oraz posiadanie odpowiedniego sprzętu umożliwiają uniknięcie szkodliwych następstw oziębienia noworodka na sali porodowej. Odpowiednio wczesne przygotowanie stanowiska do resuscytacji noworodka i właściwe postępowanie, szczególnie z noworodkiem urodzonym przedwcześnie, pozwala na utrzymanie właściwej temperatury dziecka, pomimo że temperatura otoczenia jest niższa. Natychmiastowe osuszenie skóry noworodka zmniejsza utratę ciepła drogą parowania. Po urodzeniu noworodek z reguły układany jest na stole wyposażonym w promiennik podczerwieni lub przenoszony do inkubatora. Wśród metod, dzięki którym udaje się zmniejszyć utratę ciepła, znajdują się: wyposażenie inkubatora w podwójne ściany, utrzymanie wysokiej wilgotności w inkubatorze, szczególnie w przypadku bardzo niedojrzałych noworodków, wyposażenie stołów do pielęgnacji noworodków w promienniki ciepła, osłonięcie głowy noworodka czapeczką, osłonięcie ciała noworodka przezroczystą folią, która z jednej strony przepuszcza promieniowanie podczerwone, a z drugiej strony zmniejsza utratę ciepła drogą parowania.

Inkubator do podstawowej opieki nad wcześniakiem



Ciche i czyste środowisko wewnątrz inkubatora

Mniejsze narażenie noworodka na hałas

Hałas pracy inkubatora nowej generacji w stosunku do poprzednich modeli został jeszcze bardziej obniżony, co predysponuje go do miana jednego z najcichszych na świecie - wewnątrz kopuły **< 43dB**. Ponadto, hałas związany z otwieraniem lub zamykaniem ściany kopuły oraz okienka został również obniżony za pomocą lepszych materiałów uszczelniających i nowo wprowadzonej miękkiej podkładki.

Serwosterowanie wilgotnością

Sterownik wilgotności automatycznie steruje nawilżaniem do wcześniej ustalonej wartości, aby precyzyjnie utrzymać względną wilgotność w inkubatorze na stałym poziomie. Nawilżacz jest zbudowany w formie wyjmowanej kasety. Kase ta zawiera zbiornik wody destylowanej i komorę odparowania.

Nie ma bezpośredniego kontaktu wody w zbiorniku z powietrzem obiegającym przedział noworodka. Takie rozwiązanie zmniejsza ryzyko zakażeń.



Inkubator do podstawowej opieki nad wcześniakiem

Podwójny mechanizm blokujący dla lepszego bezpieczeństwa przedniej ściany kopuły

Cała przednia ściana kopuły całkowicie otwiera się w celu dokonania zabiegów. Po zwolnieniu blokad, ścianka zostaje uwolniona w celu jej opuszczenia.

Przednia ściana kopuły umożliwia łatwe umieszczenie i wyjęcie noworodka lub budki tlenowej. Poza mechanizmem blokującym obsługiwany pokrętką, kopuła jest wyposażona w blokadę automatycznie blokującą przednią ścianę kopuły podczas jej zamykania.



Nowy elektrostatyczny system filtrujący

Elektrostatyczny filtr jest o wiele bardziej efektywny w zbieraniu i zatrzymywaniu kurzu niż konwencjonalne filtry powietrza. Poprzez okienko inspekcyjne można sprawdzić stan filtra z zewnątrz.



Inkubator do podstawowej opieki nad wcześniakiem

INKUBATOR Neo-Servo i

> Szerokość	100 cm
> Głębokość	60 cm
> Wysokość	136 cm
> Wysokość materacyka	95 cm
> Waga	80 kg
> Zasilanie	230V +/-10%, 50Hz (moc 600W)

KOPUŁA

> Wymiary materacyka	65 x 36,5 x 2 cm
> Kopuła posiada	4 owalne drzwiczki o bardzo cichym działaniu, 1 otwór z przesłoną irysową 4 uszczelnione przepusty na przewody
> Pochylenie materacyka	+/- 13°
> Poziom hałasu pod kopułą	< 43 dBA

WYŚWIETLACZ

> Ekran:	LED
----------	-----

STEROWANIE TEMPERATURĄ

> Temperatura skóry (Servo Control)	34 do 38°C
> Temperatura powietrza	23 do 39°C
> Monitorowanie temperatury skóry	30 do 42°C
> Monitorowanie temperatury powietrza	20 do 42°C
> Wskaźnik pracy grzałki	0 - 100% (w skali 10-cio poziomowej)

STEROWANIE WILGOTNOŚCIĄ

> Tryb sterowania	Servo regulacja
> Zakres ustawień	40-95%
> Monitorowanie	15-99%
> Maksymalna wilgotność	≥ 90%

ALARMY

> Wizualne i dźwiękowe	Zasilania, cyrkulacji powietrza, awaria systemu, awaria czujników, temperatury powietrza, temperatury skóry, nawilżacza.
------------------------	--

Inkubator do intensywnej opieki nad wcześniakiem



Inkubator do intensywnej opieki nad wcześniakiem

Dobrze widoczny, przyjazny użytkownikowi oraz wielofunkcyjny panel LCD.

Zewnętrzny dotykowy (kolorowy) ekran TFT-LCD jest ruchomym - obracającym panelem sterowania oraz monitorowania parametrów inkubatora. Może on być zamocowany po lewej lub prawej stronie inkubatora, aby zapewnić optymalną pozycję pracy. Funkcja wyświetlania trendów pomaga zaobserwować zmiany funkcji życiowych noworodka oraz zmian środowiska w inkubatorze. Wyposażony w czujnik natężenia światła, automatycznie reaguje na jego zmiany.



Duża platforma materacyjka z płynną regulacją pochylenia

Platforma materacyjka może być płynnie przechylona do pożądanego stopnia $\pm 13^\circ$ za pomocą mechanizmu płynnego przechylenia. Regulacja ta dostępna jest z obu stron inkubatora i odbywa się bez względu na to czy ścianka przednia jest zamknięta czy otwarta. Po otwarciu ściany, platforma materacyjka może zostać płynnie wysunięta na zewnątrz inkubatora z obu jego stron.

Dodatkowo materacyk wyposażony jest w cztery (wyjmowane) wewnętrzne ścianki zabezpieczające noworodka podczas wysunięcia platformy materacyjka.



Stojak HL (HiLo) do regulacji wysokości

System hybrydowy posiada elektryczną regulację wysokości, dostępną po obu stronach inkubatora. Wysokość płaszczyzny materacyjka inkubatora może być wyregulowana dla prawidłowego poziomu w zakresie do 40 cm.



Inkubator do intensywnej opieki nad wcześniakiem

Szuflada do kasety RTG jako wyposażenie standardowe

Szuflada do kasety rentgenowskiej jest teraz dostępna z obu stron inkubatora, bez konieczności otwierania ścianek, w celu utrzymania stałego mikroklimatu wewnątrz inkubatora.

Zdjęcia rentgenowskie mogą być robione bez wyjmowania noworodka z inkubatora.



System nieinwazyjnego wspomagania oddechu

Oxygen Blender and manometer is integrated.



- Manometer
- O2 Blender
- Suction Unit

Inkubator do intensywnej opieki nad wcześniakiem

Serwosterowanie wilgotnością

Sterownik wilgotności automatycznie steruje nawilżaniem do wcześniej ustalonej wartości, aby precyzyjnie utrzymać względną wilgotność w inkubatorze na stałym poziomie. Nawilżacz jest zbudowany w formie wyjmowanej kasety. Kaseeta ta zawiera zbiornik wody destylowanej i komorę odparowania.

Nie ma bezpośredniego kontaktu wody w zbiorniku z powietrzem obiegającym przedział noworodka. Takie rozwiązanie zmniejsza ryzyko zakażeń.



System cyrkulacji powietrza dla zmniejszenia utraty ciepła noworodka

Dwustrumieniowy system cyrkulacji powietrza umożliwia ciągły przepływ ciepłego powietrza pomiędzy wewnętrzną i zewnętrzną ścianką przedniej i tylnej strony kopuły. Zapewnia to równe i jednolite rozprowadzenie temperatury powietrza wewnątrz inkubatora oraz minimalizuje utratę ciepła promieniowania noworodka poprzez ogrzanie wewnętrznych ścianek kopuły. Minimalizuje to również utratę ciepła konwekcyjnego noworodka, poprzez utrzymanie niskiej prędkości cyrkulacji powietrza. Nawet kiedy przednia ściana kopuły jest otwarta, ciepłe powietrze przepływające w górę inkubatora, odcina powietrze otoczenia i zapobiega spadkowi temperatury powietrza wewnątrz inkubatora (kurtyna ciepłego powietrza).

Nawilżanie i ogrzewanie powietrza

Inkubator do intensywnej opieki nad wcześniakiem

Wbudowany pulsoksymetr z standardem MASIMO

Wbudowany pulsoksymetr zapewnia dokładne monitorowanie SpO₂ przez eliminowanie szumów generowanych przez ruch noworodka. Stabilne monitorowanie jest zapewnione nawet kiedy sygnały są słabe na skutek słabego krążenia obwodowego.

Saturacja (łac. *saturatio*) - oznacza nasycenie cieczy gazem. W medycynie dokonuje się pomiarów nasycenia płynów ustrojowych, m.in. krwi czy płynu komórkowego gazami.

Saturacja krwi tlenem

Krzywa wysycenia hemoglobiny w zależności od ciśnienia cząstkowego tlenu.

Najbardziej powszechnym pomiarem saturacji w działaniach medycznych jest pomiar saturacji krwi tlenem (nasycenia krwi tętniczej tlenem) metodą pulsoksymetrii w celu przeciwdziałania niewydolności oddechowej. Istotne jest zwłaszcza monitorowanie stanu pacjenta w trakcie znieczulenia ogólnego podczas zabiegów medycznych, w trakcie tlenoterapii i przypadku ciężkiego stanu chorego. Pomiar oznacza procent związania hemoglobiny we krwi z tlenem (zawartości oksyhemoglobiny). Oznaczenie wartości saturacji wyraża się skrótem "Sp" dodając chemiczny symbol gazu np. tlenu "O₂", oraz procentowy wynik badania "X%". Przykładowy zapis to SpO₂ 97%.

Przy niskich ciśnieniach cząstkowych tlenu przeważa hemoglobina nieutlenowana. W około 90% nasycenie tlenem (wartość zależy od kontekstu klinicznego) wzrasta w zależności od krzywej wysycenia hemoglobino-tlenowego i osiąga 100% przy ciśnieniach cząstkowych tlenu powyżej 10 kPa.

Pomiar i zakres saturacji

Pomiar saturacji wykonywany jest pulsoksymetrem i opiera się na zasadzie absorpcji światła charakterystycznej dla oksyhemoglobiny. Wartość saturacji krwi tlenem u zdrowych ludzi zawiera się w zakresie SpO₂ 95–99%. Saturacja poniżej 90% oznacza niedotlenienie, które może być spowodowane m.in. przez niedokrwistość (anemię). Objawem niskiego SpO₂ jest sinica.

Inkubator do intensywnej opieki nad wcześniakiem

INKUBATOR Incu i z elektryczną regulacją wysokości HL (bez wyświetlacza)

> Szerokość	107 cm
> Głębokość	68 cm
> Wysokość	138 do 178 cm
> Wysokość materacyka	80 do 120 cm
> Waga	100 kg (104 kg z wbudowaną wagą)
> Zasilanie	230V +/-10%, 50Hz (moc 800W)

KOPUŁA

> Wymiary materacyka	65 x 36,5 x 2 cm
> Kopuła posiada	5 owalnych drzwiczek o bardzo cichym działaniu, 1 otwór z przesłoną irysową 8 uszczelnionych przepustów na przewody
> Pochylenie materacyka	+/- 13°
> Poziom hałasu pod kopułą	< 43 dBA

WYŚWIETLACZ

> Ekran:	LCD 8,5" - kolorowy, dotykowy, o rozdzielczości 800x480 dpi
> 24 godzinne trendy:	Temperatura powietrza, Temperatura skóry, Stężenie tlenu, Wilgotność względna, Waga*, Pulsoksymetr*.

STEROWANIE TEMPERATURA

> Temperatura skóry (Servo Control)	34 do 37,5°C
> Temperatura powietrza	23 do 37°C
> Monitorowanie temperatury skóry	30 do 42°C
> Monitorowanie temperatury powietrza	20 do 42°C
> Wskaźnik pracy grzałki	0 - 100% (w skali 10-cio poziomowej)
> Czas narastania temperatury	≤ 60 minut przy temperaturze otoczenia 25°C

STEROWANIE WILGOTNOŚCIĄ

> Tryb sterowania	Servo regulacja
> Zakres ustawień	40-95%
> Monitorowanie	15-99%
> Maksymalna wilgotność	≥ 90%

STEROWANIE TLENEM

> Tryb sterowania	Servo regulacja
> Zakres ustawień	22 do 65%
> Monitorowanie	15 do 105%

WAGA*

> Zakres ważenia	od 300 do 7000g
> Rozdzielczość	1g

PULSOKSYMETR*

> SpO2	1 do 100%
> Puls	25 do 240 ud/min

ALARMY

> Wizualne i dźwiękowe	Zasilania, cyrkulacji powietrza, awaria systemu, awaria czujników, temperatury powietrza, temperatury skóry, stężenia tlenu, nawilżacza, wagi, pulsoksymetru.
------------------------	---

Inkubator do transportu zewnętrznego

Stabilne środowisko opieki w warunkach gdy temperatura zewnętrzna spada do 0°C.

Otwierana ściana od strony głowy (wysuwany materac). Dostęp do noworodka także przez otwory zatraskowe

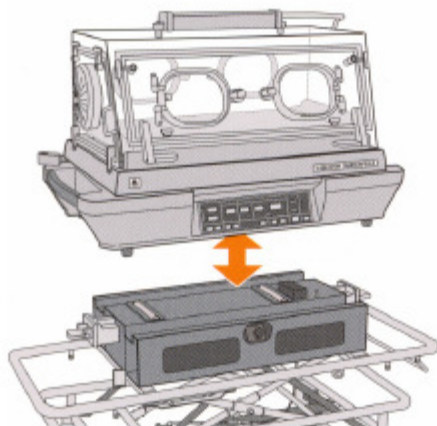
Kontrola wilgotności wewnątrz kopuły



Inkubator do transportu zewnętrznego

Rozłączana jednostka główna w celu zwiększenia mobilności

Główną jednostkę, która zawiera wbudowany mały akumulator zapewniający ponad 15 minut pracy, można rozłączyć od głównego akumulatora w podstawie jezdnej zapewniającej 4 godziny pracy. Po oddzieleniu, główna jednostka, ważąca 34 kg, może być wygodnie wykorzystana do przetransportowania noworodka po schodach lub przez wąską przestrzeń. Wysokość podstawy jezdnej (wyposażonej w butlę) można płynnie regulować w zakresie 32-61 cm.



Różne rodzaje źródeł zasilania dla różnych sytuacji transportowych

Trzy różne rodzaje źródeł zasilania są dostępne w zależności od środka transportu: zasilanie prądem zmiennym (AC, 230V), wewnętrzny akumulator (DC12V) oraz zewnętrzne źródło prądu DC (DC 12V/DC 24V). Spełniający standardy EMC i wyposażony w środki zapobiegające zakłóceniom elektromagnetycznym V-808 może uporać się z różnymi sytuacjami transportowymi.

Jasne i naturalne światło z lampy o natężeniu 1500 luksów

Lampa fluorescencyjna, która zapewnia wystarczające natężenie światła do obserwacji i leczenia, nawet w nocy lub ciemności, umożliwia personelowi medycznemu obserwację koloru skóry noworodka tak jak w świetle naturalnym.

Filtr elektrostatyczny dla utrzymania czystego środowiska wewnątrz kopuły inkubatora

Filtr elektrostatyczny, który doskonale filtruje substancje stałe, zbiera kurz i inne cząsteczki znacznie bardziej skutecznie niż jakiegokolwiek konwencjonalny filtr powietrza.

Inkubator do transportu zewnętrznego

Kopuła z podwójną ścianką zapewniającą stabilne środowisko

Kopuła z podwójną ścianką minimalizuje stratę ciepła wypromieniowanego przez noworodka. Ponadto, możliwa duża moc ogrzewania oraz precyzyjny system kontroli temperatury utrzymują temperaturę inkubatora nawet na poziomie 34°C przy temperaturze otoczenia 0°C.

Pomiar temperatury i stężenia tlenu

Temperatura skóry noworodka oraz stężenie tlenu w inkubatorze są cyfrowo wyświetlane aby zapewnić optymalną kontrolę temperatury skóry oraz bardzo precyzyjne podawanie tlenu.



TwIB04.pptx1

Inkubator do transportu zewnętrznego

Zasilanie	Źródło zasilania AC: wg specyfikacji klienta Zewnętrzne zasilanie DC: DC12V, 20A / DC24V, 10A		
Akumulator	Główna bateria: DC12V/48Ah Ciągła praca z wbudowanym akumulatorem: ok. 90 minut (faktyczny pomiar: ok. 4 godzin z całkowicie nowym akumulatorem). Wbudowana bateria: DC12V/7.2Ah Ciągła praca: ok. 15 minut.		
Klasyfikacja	Klasa I, Typ BF		
Sterowanie Temperaturą	Zakres ustawień temperatury powietrza: 23.0-38.0°C Zakres wskazań temperatury powietrza: 20.0-42.0°C. Zakres wskazań temperatury skóry: 30.0-42.0°C Wskaźnik pracy grzałki: 0-pełna moc (w skali 10-cio poziomej) Alarmy: Wysoka temperatura, wartość zadana, awaria zasilania, wentylator, czujnik temperatury skóry, awaria systemu		
Nawilżanie	Maksymalna wilgotność ≥ 60% (przy wilgotności otoczenia 50%, temperaturze otoczenia 25°C, temperatura powietrza w inkubatorze 34°C)		
Tlen	Maksymalne stężenie tlenu: ≥ 60% (przepływ 10L/min) Zakres wskazań stężenia tlenu: 15-105% Alarmy: Czujnik tlenowy, limit stężenia tlenu		
Pulsoksymetria	Zakres wskazań SpO2: 1-100% (dokładność ±3%) Zakres wskazań częstości pulsu: 25-240 ud/min (dokładność ±3%) Alarmy: Limit SpO2, limit częstości pulsu		
Kółka samonastawne	Antystatyczne kółka samonastawne: 4 x 12,5 cm średnicy z hamulcami		
Wymiary	Jednostka główna: 98(szer.) x 49(gł.) x 72(wys.)cm Stojak: 120(szer.) x 52(gł.) x 32-61(wys.)cm Materacyk: 62(szer.) x 33(gł.) x 3(gr.) cm		
Waga	Kapsuła: ok. 34kg Podstawa: ok. 30 kg Wózek: ok. 26 kg		
Akcesoria	Ramię typu I.V Pole (waga ok. 3 kg).....1 Pokrowiec na inkubator.....1 Otwory pielęgnacyjne (owalne).....4 Otwory pielęgnacyjne (okrągłe).....4	Pas mocujący noworodka.....3 Element E filtra.....1 Czujnik temperatury skóry.....1 Jednorazowy czujnik nowor. (typ L)....1	Jednorazowy czujnik wcześn. (typ L)1 Przewód pacjenta (1.6m) do pulsoksymetru....1 Czujnik tlenu.....1

Inkubator otwarty



LED Light



Canopy



X-ray tray



Hi-Low Stand



Inkubator otwarty

Power requirements	Customer specified Power consumption : 700VA (Maximum)
Heater capacity	500W
Classification	Class I, Type BF
Dimensions	84(W) X 110(D) X 178-218(H)cm (Mattress surface : 80-120cm)
Weight	105kg
Temperature control	Servo control (Manual control also available)
Skin temperature	Setting range : 34.0-38.0°C Display range : 30.0-42.0°C
Heater output	Setting range : 0-100% (in 5% increments) Indication range : 0-100 (in 10 levels)
Alarms	Skin temperature, skin temperature probe, check baby, sysytem failure, main failure, canopy state
Timer	Time display range : 0-60minutes 00 seconds (in 1 second increments) APGAR mode /CPR mode switchable
Lighting	LED lamp Adjustable illumination intensity 0-1200lux
Mattress platform angle	Inclination angle (back and forth) : +13°~-13°
Communication port	RS-232
Accessories	Skin temperature probe (yellow)1 Dust cover1 Mattress sheet1

Inkubator otwarty

pulsoksymetr

Display range	1-100%SpO2
Averaging time	8, 4, 16 seconds (Selectable)
SpO2 alarm setting range	Upper limit : 50-99% (in 1% increments) Lower limit : 45-95% (in 1% increments)
Pulse rate display range Pulse rate alarm setting range	25-240bpm Upper limit : 80-240bpm, OFF Lower limit : 35-180bpm, OFF (in 5bpm increments)
Alarms	SpO2 high/low limit, pulse rate high/low limit, SpO2 sensor

Respirator - aparat wspomagający oddychanie

Manometer	Pressure indication : -2 ~ 8 kPa (-20 ~ 80cmH2O)
Suciton unit	Suction pressure control range : 0 ~ 26.7 kPa (0 ~ 200mmHg)
O2 Blender	Oxygen concentration control range : 21 ~ 100% Oxygen flow rate control range : 0 ~ 15L/min.
Resusci-flow unit	PMAX setting range : 19 ~ 58 kPa (20 ~ 60cmH2O) Default setting range : 39 kPa (40cmH2O)

Inkubator operacyjny

Istotne jest, aby sala operacyjna miała zapewnioną możliwość regulacji temperatury od poziomu 19–24°C, zwykle $\pm 2^{\circ}\text{C}$ w stosunku do zaplanowanej. Należy pamiętać, że temperatura sali operacyjnej powinna być dostosowana do wieku chorego i rodzaju planowanej operacji. Wyższa temperatura sali obowiązuje, kiedy znieczulany jest noworodek (temperatura neutralna dla urodzonego o czasie noworodka wynosi około 33°C, a dla wcześniaka około 36°C), a niższa, jeżeli planowana jest operacja korekcji wady serca w krążeniu pozaustrojowym.

Należy także zwrócić uwagę na wrażliwość skóry noworodków, a zwłaszcza wcześniaków, na oparzenia. Dlatego niedozwolone jest stosowanie jakichkolwiek sposobów bezpośredniego ogrzewania dziecka, które nie dają możliwości kontroli temperatury [11, 14, 15].

Ograniczenie strat ciepła przez dziecko

- inkubator operacyjny z systemem lamp grzewczych,
- materacyk elektryczny wodny,
- urządzenie podgrzewające dziecko za pomocą ciepłego powietrza,
- okrycie głowy chroniące przed utratą ciepła przez głowę,
- folie termoizolacyjne,
- systemy podgrzewające płyny infuzyjne,
- nawilżacz i ogrzewacz gazów oddechowych, w tym gą-
- unikanie utraty ciepła przez przewodzenie — poprzez minimalizację jego kontaktu z chłodnymi elementami wyposażenia,
- zmniejszenie strat ciepła przez parowanie — poprzez ograniczenie do minimum powierzchni ciała poddawanych myciu czy dezynfekcji,
- zapobieganie utracie ciepła przez konwekcję — poprzez ograniczenie ruchu chłodnego powietrza wokół chorego.

Tlenoterapia

FiO_2 - stężenie tlenu w mieszaninie oddechowej

PIP - szczytowe ciśnienie wdechowe

MAP - średnie ciśnienie w drogach oddechowych

PEEP - dodatnie ciśnienie końcowo-wydechowe

CPAP - stałe ciśnienie dodatnie w drogach oddechowych

PPH - zespół nadciśnienia płucnego

BPD - dysplazja oskrzelowo-płucna

TcO_2 - przezskórny pomiar stężenia tlenu

SaO_2 - przezskórny pomiar saturacji hemoglobiny

RKZ - równowaga kwasowo-zasadowa krwi. 1 kPa 7 mmHg

Definicje

Hipoksemia - stan niedostatecznego wysycenia krwi tlenem. Po pierwszej dobie życia zaczyna się przy $\text{PaO}_2 < 80$ mmHg. W pierwszej dobie życia wartość uznawana za progową zależy od czasu, jaki upłynął od porodu i od wieku płodowego.

Hipoksja - stan niedostatecznego zaopatrzenia tkanek w tlen w stosunku do zapotrzebowania. Może być wynikiem hipoksemii, ale także niedostatecznego przepływu krwi, niskiego stężenia hemoglobiny lub jej dysfunkcji, czasem zbyt intensywnego metabolizmu.

Tlenoterapia - wszelka forma podaży tlenu w stężeniu wyższym od atmosferycznego.

Wentylacja - proces wymiany gazowej w upowietrzonych strukturach płuc.

Wskazania ogólne do tlenoterapii

1. W stanach klinicznych bezpośredniego zagrożenia życia, gdzie można domniemywać obecności hipoksemii.
2. W stanach gdzie hipoksemia jest udowodniona na podstawie objawów klinicznych i pomiarów obiektywnych.
3. Oporowe nadciśnienie płucne.

Tlenoterapia

Przeciwwskazania ogólne do tlenoterapii

Wady serca, gdzie przepływ systemowy zależy od wysokiego oporu płucnego (udokumentowany niedorozwój lewego serca - por. protokół leczenia wad serca).

Objawy kliniczne i dane laboratoryjne będące wskazaniem do tlenoterapii w neonatologii

klinicznie istotny bezdech,

sinica centralna,

objawy narastającej niewydolności oddechowej,

objawy ciężkich zaburzeń perfuzji obwodowej (powrót krążenia włosniczkowego > 3 s) $\text{PaO}_2 < 50 \text{ mmHg}$,

SaO_2 , 88-92%.

TcO_2 nie nadaje się do wiarygodnej oceny hipoksemii.

Uwaga: ze względu na specyfikę okresu noworodkowego (duża skłonność do powstawania rozsianej niedodmy, wąskie i wiotkie drogi oddechowe) istnieją niemal zawsze wskazania do włączenia wraz z tlenoterapią techniki CPAP lub PEEP.

Warunki techniczne tlenoterapii przy wentylacji workiem resuscytacyjnym

W resuscytacji podajemy tlen stuprocentowy. Przepływ minimum 5 l/min. Do worka samorozprężalnego należy dołączyć rezerwuar tlenu (np. rurkę karbowaną) na zawór wlotowy.

Tlenoterapia

Ogólne zasady stosowania tlenu

1. Pomijając krótkie epizody terapii tlenem musi on być ogrzany i nawilżony. Temp.: minimum 34°C, maksimum 37°C, wilgotność bezwzględna minimum 30 mg/l. Takie warunki zapewnia jedynie podgrzewana płuczka lub system grzewczo-nawilżający inkubatora.
2. FiO_2 winno być kontrolowane oksymetrem w sposób ciągły. Wymóg ten nie dotyczy sytuacji, w których stężenie tlenu wynika z nastawienia mieszalnika gazów (respiratory).
3. Tlen musi być podawany w sposób ciągły, bez nawet najkrótszych przerw na np. pielęgnację dziecka.
4. Należy kontrolować efekt podaży tlenu opierając się na objawach klinicznych, wskazaniach aparatury monitorującej i badaniach gazometrycznych.
5. Podstawa prowadzenia tlenoterapii jest pisemne zlecenie lekarza określające sposób podania, przepływ lub stężenie tlenu i warunki monitorowania. W nagłych stanach zagrożenia życia pielęgniarka ma prawo pod nieobecność lekarza sama podjąć decyzję o rozpoczęciu tlenoterapii.
6. Pielęgniarka prowadząca tlenoterapię powinna prowadzić zapis jej przebiegu (wielkość przepływu, FiO_2 , wskazania aparatury monitorującej).
7. Tlen stosowany w celach medycznych musi odpowiadać polskim normom dla gazów medycznych.
8. Przy stosowaniu tlenu należy przestrzegać przepisów bezpieczeństwa pożarowego i obsługi butli ze sprężonym gazem. Szczególnie niedopuszczalne jest używanie urządzeń iskrzących i otwartego ognia oraz smarowanie urządzeń tlenowych (ryzyko samozapalenia).

Tlenoterapia

Drogi podawania tlenu

1. Do inkubatora.

Zalety: prostota, odpada problem płuczki.

Wady: w praktyce trudno osiągnąć $FiO_2 > 0,4$; duże zużycie tlenu; spadek FiO_2 przy otwieraniu okienek inkubatora.

2. Kopułka (budka) tlenowa.

Zalety: można osiągnąć FiO_2 w szerokim zakresie stężeń przy niewielkim zużyciu tlenu; FiO_2 stabilne nawet u ruchliwego dziecka, także przy otwartym inkubatorze.

Wady: spadki FiO_2 przy odsysaniu i karmieniu; trudno zmieścić w ciasnym inkubatorze; możliwy ucisk na barki lub szyję w razie nieuwagi.

3. Cewnik donosowy (rozmiar Ch 6-8, głębokość 2 cm).

Zalety: nie krępuje swobody dziecka; możliwa pielęgnacja i karmienie przez matkę.

Wady: może drażnić śluzówkę j. nosowej; zwykle konieczny przepływ rzędu 0,5-1 l/min, trudny do precyzyjnego ustawienia konwencjonalnym przepływomierzem.

Zespół zaleca stosowanie w wyjątkowych, krótkich sytuacjach, np. na czas pielęgnacji poza inkubatorem i karmienia.

4. Maski tlenowa:

ogólnie źle tolerowana przez noworodka, nie zapewnia stabilnego FiO_2 .

5. Respirator lub zestaw do CPAP.

Tlenoterapia

Minimalizowanie szkodliwości tlenoterapii i ryzyka hipoksemii

1. Stosować zawsze najniższe FiO_2 zapewniające wystarczające wysycenie hemoglobiny tlenem.
2. Unikać wahań stężeń podawanego tlenu.
3. Weryfikować stężenie tlenu oksymetrem w sposób ciągły.

Monitorowanie stopnia utlenowania krwi

Częstość pomiarów inwazyjnych w ostrej fazie choroby uzależniona jest od sytuacji klinicznej i konkretnej jednostki chorobowej (por. odpowiedni protokół). Zaleca się ocenę utlenowania z krwi tętniczej uzyskanej z kaniuli założonej na stałe lub punkcji tętnicy.

1. Pomiar z kaniuli dotętniczej. Preferowana: prawa tętnica promieniowa. Zalecany zakres: 50-80 mm Hg > 34. t. c., 50-70 mm Hg < 34. tyg. Kaniulacja poprzez tętnice pępowinową jest alternatywą szczególnie u noworodków o bardzo małej urodzeniowej masie ciała. Obowiązuje przestrzeganie szczegółowych zasad kaniulacji naczyń pępowinowych.
2. Pomiar z nakłucia tętnicy.
3. Pulsoksymetria.

Zalety: nieinwazyjna, prosta, względnie tania, pomiar ciągły. Wymaga dokładnego zapoznania się z jej ograniczeniami.

Zalecany zakres: 40-60 mm Hg

4. Pomiar mieszanej krwi żyłnej i krwi włosniczkowej. Interpretacja PaO_2 (nie - pH i PCO_2) z tych próbek jest obarczona znacznym błędem i stąd mało wiarygodna. $\text{PO}_2 > 60$ mm Hg sugeruje hiperoksemię.

Tlenoterapia

Tlenoterapia w wybranych sytuacjach klinicznych

Zwiększenie PaO_2 powyżej 80 mm Hg może być w niektórych sytuacjach korzystne:

- PPH,
- BPD w okresie zaostrzenia objawów,

Uzasadnione jest przejściowe zwiększenie FiO_2 o 0,1-0,2 w podanych sytuacjach:

- podczas toalety dróg oddechowych i po jej zakończeniu,
- ekstubacja.

Sytuacje w których uzasadnione jest stosowanie tlenu o stuprocentowym stężeniu:

- resuscytacja krążeniowo-oddechowa.
- przygotowanie do intubacji.

Odstawianie tlenu

1. Zawsze powolne, by uniknąć ryzyka skurczu naczyń płucnych - maksimum 0,1 jednorazowo.
2. W stanie znacznej hiperoksemii dopuszczalne jest szybsze redukowanie jego podaży.

Koszty tlenoterapii

Koszt tygodnia tlenoterapii jednego dziecka przy przepływie 5 l/min wynosi ok. 250 zł.

Wentylacja płuc

Ułożenie ciała

Noworodka należy ułożyć na plecach na twardym podłożu. Klatka piersiowa musi być dobrze widoczna, to bowiem umożliwi obserwację jej ruchów w czasie oscylacji. Noworodka można umieścić zarówno w inkubatorze zamkniętym, jak i otwartym; powinny one umożliwiać zmianę ułożenia ciała.

Odsysanie

Zaleca się podłączenie zestawu do odsysania w układzie zamkniętym, umożliwiającym niezwłoczne odessanie dróg oddechowych. Odessanie należy wykonać przed podłączeniem noworodka do respiratora. W trakcie prowadzenia wentylacji podczas odsysania dróg oddechowych należy obserwować zakres zmian ciśnienia rozprężającego. Znaczne obniżenie ciśnienia może prowadzić do niedodmy płuc. W czasie odsysania nie należy wyłączać oscylacji.

Nawilżanie gazów oddechowych

Mieszanka gazów oddechowych zapewniająca przepływ bazowy musi być nawilżona i ogrzana, w związku z powyższym należy:

- sprawdzić regulacje nawilżacza;
- ustawić ciepłotę gazów oddechowych na 37°C;
- w nawilżaczach z automatyczną regulacją wilgotności wybrać pozycję „ rurka inkubacyjna”.

Wentylacja płuc

Rozprężenie płuc (manewr rekrutacji)

Przed rozpoczęciem wentylacji należy rozprężyć płuca, czyli przeprowadzić manewr rekrutacji pęcherzyków płucnych. Czynności te należy wykonać przy początkowym stężeniu tlenu w mieszaninie oddechowej ($FiO_2 \leq 0,8$). Zastosowanie stężenia tlenu zależne jest od stanu noworodka. Upowietrznienie płuc następuje w wyniku zwiększenia ciśnienia rozprężającego (CDP) do wartości maksymalnego ciśnienia otwarcia 20–30 cm H₂O. Ciśnienie to należy utrzymywać przez 30–40 sekund. W tym czasie powinno się uzyskać optymalny zakres saturacji krwi tlenem, tj. 88–92%. Równocześnie należy obniżyć FiO_2 , dopóki utrzymuje się oczekiwany poziom saturacji krwi tlenem (88–92%). Ciśnienie, przy którym utrzymuje się najwyższa saturacja przy najniższym FiO_2 , jest maksymalnym ciśnieniem otwarcia. Oznacza to, że płuca osiągnęły całkowitą objętość (TLC – total lung capacity)

Celem tego manewru jest zwiększenie powierzchni wymiany gazowej przez rozprężenie największej liczby pęcherzyków płucnych i utrzymanie ich w tym stanie w czasie wdechu i wydechu bez ujemnego wpływu na układ krążenia. Niekorzystny wpływ CDP na układ krążenia obserwuje się przy przedłużaniu stosowania maksymalnego ciśnienia otwarcia (powyżej 40 sekund); polega on na utrudnieniu powrotu żylnego krwi, zaciskaniu płucnym naczyń włosowatych przez nadmiernie rozprężone pęcherzyki płucne. Czynniki te zaburzają perfuzję płuc i niekorzystnie wpływają na utlenowanie krwi. Po uzyskaniu optymalnej wartości SaO_2 (88–92%) należy obniżyć ciśnienie rozprężające (CDP), obserwując przy tym zmiany SaO_2 . Jeśli dojdzie do obniżenia się saturacji, należy ponownie zwiększyć ciśnienie aż do takiej wartości, przy której uzyskamy $SaO_2 = 90\% \pm 2$. Po uzyskaniu optymalnego ciśnienia rozprężającego 15–20 cm H₂O należy włączyć drgania membrany, czyli rozpocząć wentylację HFOV. Strategia utrzymania CDP na stałym optymalnym poziomie w czasie wdechu i wydechu zapewnia otwarcie płuc i utrzymanie objętości bliskiej TLC. Dzięki temu można uniknąć powikłań związanych z nadmiernym rozprężeniem (volutrauma/barotrauma) oraz naprzemiennym zapadaniem i rozprężaniem się pęcherzyków płucnych (atelektotrauma)

Wentylacja płuc

Parametry wentylacji

Ciśnienie rozprężające płuca

Ciągłe ciśnienie rozprężające (CDP-Paw) ma podstawowe znaczenie w kontroli utlenowania krwi dziecka. Zakres utlenowania powinien wynosić 50–70 mmHg. Zwiększenie ciśnienia zwiększa pojemność płuc, a tym samym powierzchnię pęcherzykową.

Zalecane wartości CDP (przy wentylacji oscylacyjnej):

- manewr rekrutacji (otwarcie pęcherzyków do maksymalnego ciśnienia otwarcia) – 20–30 cm H₂O;
- rozpoczęcie wentylacji HFOV (ciśnienie optymalne) – 15–20 cm H₂O;
- podczas zmiany trybu wentylacji z wentylacji konwencjonalnej na HFOV – 2–3 cm H₂O powyżej średniego ciśnienia (MAP) stosowanego w wentylacji konwencjonalnej.

Stężenie tlenu w mieszaninie oddechowej

Stężenie tlenu w mieszaninie oddechowej należy ustawić mieszalnikami gazów. Manewr rekrutacji rozpoczyna się przy stężeniu FiO₂ ≤ 0,8 w zależności od stanu noworodka. W czasie zwiększania ciśnienia rozprężającego FiO₂ można zwykle obniżyć. Wartość FiO₂ 0,25–0,30 najczęściej wystarcza do uzyskania prawidłowej saturacji (SaO₂ 88–92%).