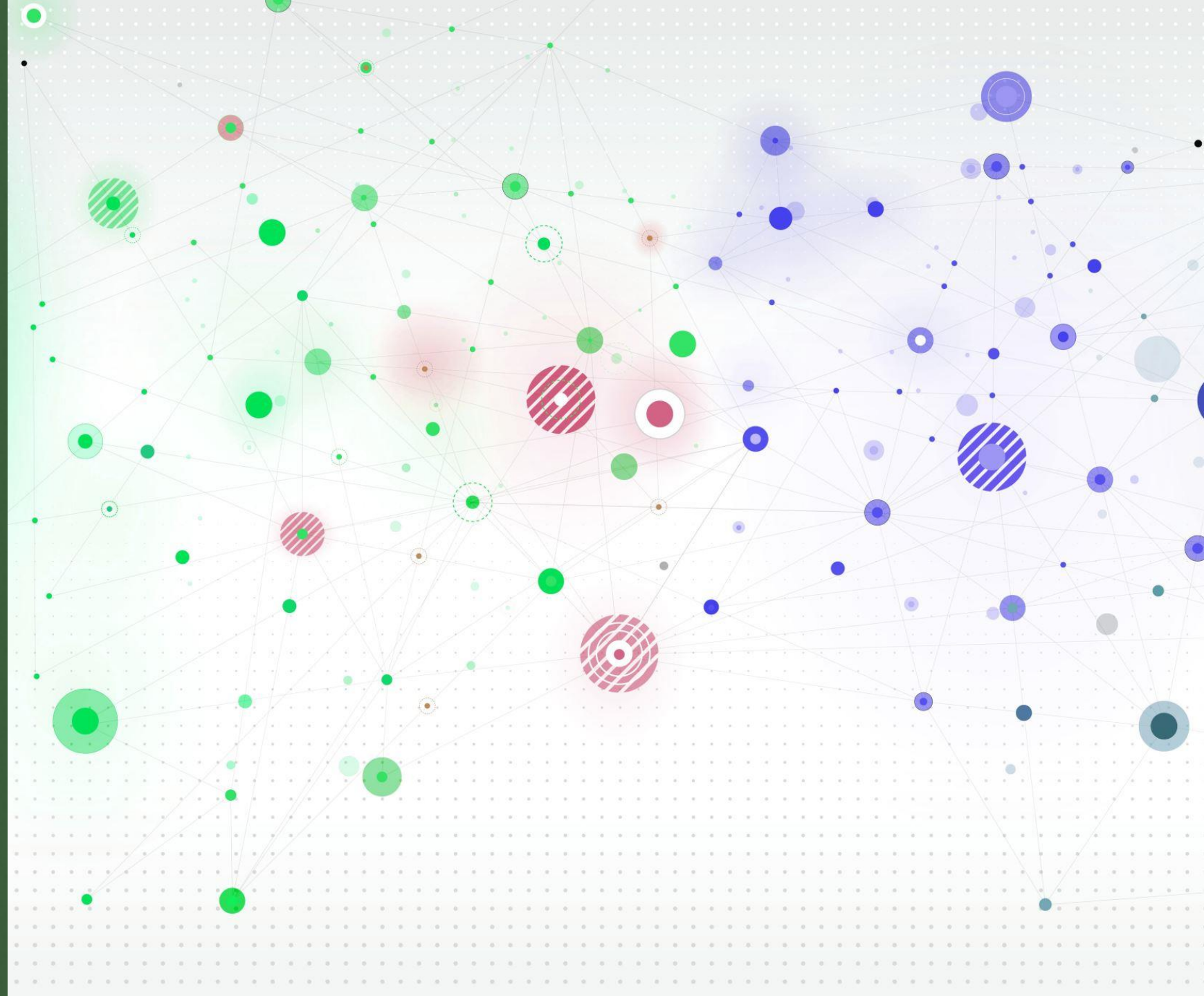


# KRAŻENIE POZAUSTROJOWE



# Trochę historii...

Nie wiadomo, kto pierwszy wpadł na pomysł zastąpienia płuc i utlenowania krwi poza organizmem człowieka. Wiadomo natomiast, że już w roku 1885 Frey i Guber pracowali nad zbudowaniem „sztucznego płuca”.

Dogłębne zrozumienie fizjologii oddychania, pojawienie się nowoczesnej anestezjologii, dopracowanie technik operacyjnych, wynalezienie heparyny, elastycznych materiałów do wytworzenia drenów przyczyniło się do powstania aparatu płuco-serce. Aparat został wykorzystany podczas operacji , zamknięcia ubytku w przegrodzie międzyprzedsionkowej (ASD – atrial septal defect) przez Johna Gibbona pioniera kardiochirurgii.



John Kirklin usprawnia zastosowanie skonstruowanego przez J. Gibona aparatu i w 1955 r. przeprowadza szereg udanych operacji na otwartym sercu w Mayo Clinic (USA) zapoczątkowując trwającą do dzisiaj, erę operacji wewnątrzsercowych (VSD - ventricular septal defect) z wykorzystaniem płuco-serca.

Krążenie pozaustrojowe pozostaje „złotym standardem” operacyjnego leczenia serca.



# Czym jest CPB?

Ideą krążenia pozaustrojowego (CPB – cardiopulmonary bypass) jest

- skierować do oksygenatora całą krew żylną, spływającą w kierunku serca żyłami głównymi ;
- doprowadzić do wymiany gazowej w oksygenatorze ;
- odprowadzić utlenowaną krew do układu tętniczego .

## W organizmie powstają warunki dalekie od fizjologii:

- Rezygnacja z pulsacyjnego przepływu w naczyniach całego organizmu, przy równoczesnym zastosowaniu zwiotczenia ogólnego wybitnie zmieniają charakterystykę reologiczną układu krążenia.
- Całkowite zatrzymanie krążenia, wstrzymanie wentylacji płucnej, brak przepływu płucnego, zahamowanie przepływu w układzie naczyń wieńcowych, podanie roztworu kardioplegii (o wysokim stężeniu jonów potasu do układu krążenia wieńcowego), zmieniony charakter przepływu tkankowego oraz narządowego, ogólnoustrojowa heparynizacja krwi oraz ekspozycja wsierdzia oraz śródbłonna naczyniowego na działanie powietrza – dopełniają całości obrazu zmian tworzących katalog potencjalnych czynników ryzyka.

Aby operacja z zastosowaniem krążenia pozaustrojowego mogła przebiegać bez zakłóceń, musi ono spełniać następujące funkcje:

- utrzymanie odpowiedniego przepływu krwi (perfuzji) przez narządy i tkanki w czasie gdy serce nie pracuje - mechaniczne wymuszenie krążenia za pomocą pompy,
- ograniczenie lub całkowite zatrzymanie czynności oddechowej pacjenta - poprzez zatrzymanie przepływu w krążeniu płucnym oraz wykorzystanie oksygenatora zapewniającego odpowiednie natlenowanie krwi,
- właściwa regulacja temperatury narządów i tkanek - utrzymanie hipotermii zmniejsza metabolizm w tkankach redukując w ten sposób zapotrzebowanie na tlen, a zwiększając efektywność sztucznego natleniania,
- odzyskiwanie krwi z pola operacyjnego, uzdatnianie jej, a następnie zwracanie do organizmu pacjenta

# Z czego składa się system krążenia pozaustrojowego ?

## 1. Główny obieg, w którego skład wchodzi:

- cewnik odbierający krew z ciała pacjenta,
- linia żylna,
- oksygenator - natleniający krew (zastępujący płuca),
- wymiennik ciepła - regulator temperatury krwi w trakcie zabiegów, w których celem jest utrzymanie naturalnej temperatury ciała pacjenta (normotermia), zapobiega jej oziębieniu wynikającemu z różnicy między temperaturą w organizmie a powietrzem na sali operacyjnej; natomiast w sytuacji, kiedy celem jest obniżenie temperatury ciała pacjenta (hipotermia), odpowiednio steruje obniżeniem temperatury krwi,



- zbiornik wyrównawczy krwi - jest rodzajem rezerwuaru krwi, który w przypadku kiedy nagle spadnie prędkość napływu krwi z łożyska żylnego, zapobiegnie jej niedoborowi w łożysku tętniczym,
- filtr tętniczy - zabezpiecza przed dostaniem się do łożyska naczyniowego pacjenta elementów, które mogłyby wywołać zator, oczyszcza powracającą do ciała pacjenta krew z pozlepianych krwinek, mikrofragmentów elementów składowych systemu krążenia pozaustrojowego, pęcherzyków gazu czy fragmentów tkanek odsysanych z pola operacyjnego.

## 2. Obieg pomocniczy - mający za zadanie odbierać krew z pola operacyjnego:

- ssak kardiotorijny,
- linie ssakowe,
- pompy ssakowe,
- zbiornik kardiotorijny z filtrem,
- linia łącząca z częścią żylną układu głównego.

Pompa wymuszająca przepływ w krążeniu pozaustrojowym umieszczona jest w zależności od rodzaju oksygenatora przed (oksygenatory membranowe) lub za nim (oksygenator spieniający).

# Etapy krążenia pozaustrojowego

## 1. Przygotowanie aparatu do krążenia ustrojowego.

Cały obieg wypełnia się specjalnie przygotowanym płynem oraz powietrzem. Ponieważ płyn ma stanowić rodzaj substytutu krwi, musi posiadać odpowiednie właściwości: być izotoniczny (o takim samym jak krew pH), izoosmolarny (zawierający taką samą jak krew ilość elektrolitów) i łatwy do wydalenia z organizmu. Do płynu dodaje się heparynę w celu uniknięcia powstawania skrzepów.

## 2. Przygotowanie pacjenta.

Zanim przystąpi się do podłączania pacjenta do krążenia pozaustrojowego, podaje się mu środki przeciwkrzepliwe (heparynę). Procedura ta ma na celu zapobieganie krzepnięciu krwi pacjenta po przetoczeniu jej do aparatury.

Wykrzepianie krwi jest fizjologicznym mechanizmem uruchamiającym się po wynaczynieniu jej z naturalnego łożyska naczyniowego lub po kontakcie z obcymi materiałami.

Po przygotowaniu aparatury i pacjenta lekarz przystępuje do cewnikowania naczyń. Z reguły uzyskuje się dostęp do części wstępującej aorty oraz przez prawy przedsionek do żyły głównej górnej i dolnej.

### 3. Rozpoczęcie krążenia pozaustrojowego.

- Po podłączeniu pacjenta do aparatury rozpoczyna się krążenie pozaustrojowe. Przepływ właściwy dla powierzchni ciała pacjenta uzyskuje się powoli, aby uniknąć przesunięć objętości płynów.
- Po kontroli natlenowania krwi zatrzymuje się czynność oddechową pacjenta.
- Cały czas kontroluje się ciśnienie krwi w naczyniach pacjenta, ciśnienie w systemie pozaustrojowym oraz kolor krwi.
- Następnie rozpoczyna się schładzanie pacjenta. Bardzo istotne jest osiągnięcie odpowiednio niskiej temperatury w obrębie mięśnia sercowego. Uzyskuje się to za pomocą chłodzenia z zewnątrz.

## HIPOTERMIA

☐ Odgrywa kluczową rolę podczas zabiegu, zmniejszając zapotrzebowanie tkanek na tlen.

Badania wykazały, że:

- obniżenie temperatury o 10 stop. C skutkuje dwukrotnym zmniejszeniem szybkości reakcji chemicznych,
- zmniejszenie temperatury ciała o każdy 1 stop. C zmniejsza zużycie tlenu o około 10%.

☐ Reasumując zmniejszeniu ulega metabolizm organizmu, pozwala to, w sposób bezpieczny dla pacjenta, zmniejszyć perfuzję, a co za tym idzie ograniczyć uszkodzenie elementów morfotycznych krwi oraz krwawienie.

Hipotermia jest jednym z istotnych elementów śródoperacyjnej ochrony mięśnia sercowego przed niedokrwieniem, jak również wykazuje działanie neuroprotekcyjne.

W niektórych korektach wad wrodzonych konieczne jest schłodzenie pacjenta do temo nawet 20 stopni Celsjusza (hipotermia głęboka)

Kardioplegia- czasowe zatrzymanie akcji serca za pomocą środków farmakologicznych i temperatury.

Kardioplegina- jest to płyn jałowy, bogatopotasowy i najczęściej schłodzony do temp.4 stopni Celsjusza , który powoduje zatrzymanie elektromechaniczne serca w rozkurczu i zmniejszenie jego metabolizmu.

Kardiopleginę podaje się pod ciśnieniem do aorty lub zatoki wieńcowej w prawym przedsionku do naczyń wieńcowych po zaklemowaniu aorty.

.



# Podział hipotermii wg Okamury

Hipotermia płytka	30 °C
Hipotermia średnia	30-25 °C
Hipotermia głęboka	20-30 °C
Hipotermia graniczna	10 °C

W trakcie operacji cały czas kontroluje się temperaturę oraz czynność bioelektryczną serca (prawidłowo nie występuje). Jeżeli temperatura podniesie się lub na ekranie monitora pojawi się zapis świadczący o jakiegokolwiek aktywności mięśnia sercowego, natychmiast podaje się więcej kardiopleginy oraz zwiększa przepływ płynów chłodzących.

Innym ważnym elementem CPB jest regulacja gospodarki kwasowo-zasadowej.

Hipotermia zwiększając rozpuszczalność  $\text{CO}_2$ ,

skutkuje zmniejszeniem ciśnienia  $\text{CO}_2$  i wzrostem pH.

Zaleca się utrzymywanie pH na poziomie 7,4 i ciśnienia  $\text{CO}_2$  ok. 40mmHg.

Podczas zabiegu stosuje się leczenie przeciwkrzepliwe za pomocą heparyny, której działanie odwraca się poprzez podanie siarczanu protaminy. Niezbędne jest monitorowanie aktywowanego czasu krzepnięcia (ACT), którego wartość nie powinna podczas zabiegu spadać poniżej 300 s.

## 4. Zakończenie krążenia pozaustrojowego.

- Pierwszym etapem jest stopniowe ogrzewanie pacjenta. Minimalna temperatura jaką należy osiągnąć to 35°C. Następnie podtrzymuje się temperaturę podawanych płynów na poziomie 37°C.
- Kolejnym etapem jest ponowne uruchomienie przepływu krwi przez serce oraz ogrzanie mięśnia do temperatury około 32°C,
- Przystąpienie do defibrylacji, jeżeli samoczynna akcja wcześniej nie powróciła.
- Rozpoczęcie wentylacji mechanicznej pacjenta.
- Po uzyskaniu odpowiedniej akcji serca można rozpocząć stopniowe zmniejszanie jego wspomagania za pomocą krążenia pozaustrojowego

# Metody wspomagania krążenia pozaustrojowego

## 1. Kontrapulsacja wewnątrzortalna

jest najczęściej stosowaną metodą mechanicznego wspomagania serca. Cewnik zakończony balonem wprowadza się przez tętnicę udową, powyżej tętnicy głębokiej uda. Prawidłowo założony cewnik dystalnym końcem sięga ujścia lewej tętnicy podobojczykowej. Pozycję balonu sprawdza się za pomocą fluoroskopii lub echokardiografii przezprzełykowej

## Wskazania do wykonania kontrapulsacji wewnątrzortalnej:

W kardiologii wskazaniami do kontrapulsacji wieńcowej są :

- wstrząs kardiogeny,
- niestabilna choroba wieńcowa,
- przezskórna interwencja wieńcowa u chorych w grupie wysokiego ryzyka,
- istotne komorowe zaburzenia rytmu,
- chirurgiczne powikłania ostrych zespołów wieńcowych (ostra niedokrwienność niedomykalność mitralna, pozawałowy otwór w przegrodzie międzykomorowej),
- obrzęk płuc w wadach mitralnych .

Kontrapulsację wewnątrzortalną można stosować  
kardiochirurgii :

Przed operacją:

- wstrząs kardiogeny w wyniku wcześniej wymienionych powikłań ostrych zespołów wieńcowych,
- ciężka postać niestabilnej choroby wieńcowej słaboreagująca na leki

W czasie operacji : do wspomaganie krążenia

We wczesnym okresie pooperacyjnym – niewydolność serca po operacjach tętniaków lewej komory lub operacjach wieńcowych w przypadku bardzo uszkodzonej lewej komory.



Kryteria zastosowania IABP opierają się między innymi na pomiarach hemodynamicznych:

- wskaźnik sercowy (CI, cardiac index) poniżej 1,8 l/min/m
- ciśnienie zaklinowania w tętnicy płucnej (PCWP, pulmonary capillary wedge pressure) powyżej 20 mm Hg
- ciśnienie skurczowe < 70 mm Hg
- narastająca kwasica metaboliczna,
- brak reakcji na progowe dawki leków inotropowych i rozszerzających,
- oliguria < 20 ml/h .

Kontrapulsację wewnątrzortalną stosuje się od kilku godzin do kilku dni w zależności od dynamiki parametrów hemodynamicznych i ich stabilizacji

# Techniki zakładania IAPB

1. Chirurgiczna przez tętnicę udową

2. Przezskórna przez tętnicę udową

3. Chirurgiczna poprzez:

- aortę wstępującą i łuk aorty
- tętnicę podobojczykową i pachową

## POWIKŁANIA IABP

WCZESNE: •

- Niedokrwienie kończyny dolnej
- Infekcja
- Uszkodzenie naczyń
- Nieprawidłowe położenie cewnika
- Uszkodzenie elementów morfotycznych krwi
- Inne: pęknięcie balonu, ucieczka gazu

## POWIKŁANIA IABP

### Późne

- Zaburzenia ruchowe kończyny dolnej
- Porażenia nerwów
- Tętniaki rzekome tętnicy udowej



# ODŁĄCZANIE IABP

- ❖ Stopniowe przez 1-24 godzin
- ❖ Poprzez zmniejszenie częstości działania IABP 1:1; 1:2; 1:4 itd.
- ❖ Poprzez zmniejszenie objętości napełniania balona stopniowo o 10%
- ❖ Konieczna kontrola echokardiograficzna – ocena EF
- ❖ Kontrola parametrów krzepnięcia, ewentualne wyrównanie zaburzeń ,np.: przetoczenie KKP

# ODŁĄCZANIE IABP cd

- IABP założone metodą Seldingera: ucisk 30minut ręcznie, opatrunek uciskowy na 24 godziny
- IABP założone sposobem chirurgicznym:  
chirurgiczna rewizja rany, zeszcicie tętnicy udowej, ewentualna embolektomia
- Konieczna kontrola USG Doppler tętnic kk. dolnych w przypadku podejrzenia niedokrwienia

## Powikłania krążenia pozaustrojowego

Krążenie pozaustrojowe jest metodą bardzo skomplikowaną, a procesy, którym poddawana jest krew pacjenta, bardzo złożone. Z tego względu procedura ta obarczona jest możliwością wystąpienia wielu powikłań tj.:

- destrukcja lub zaburzenie czynności elementów morfotycznych (krwinek czerwonych i białych płytek krwi),
- zmiana lepkości oraz pH krwi,
- wprowadzenie do krwi cząsteczek gazu lub obcych mikrocząsteczek,
- aktywacja procesów krzepnięcia.

Dodatkowo mogą wystąpić powikłania ogólnoustrojowe:

- niedokrwistość,
- uszkodzenie płuc,
- upośledzenie pracy serca,
- krwawienia,
- zaburzenie pracy nerek.

# POZAUSTROJOWE LECZENIE NIEWYDOLNOŚCI ODDECHOWEJ ( ECMO )





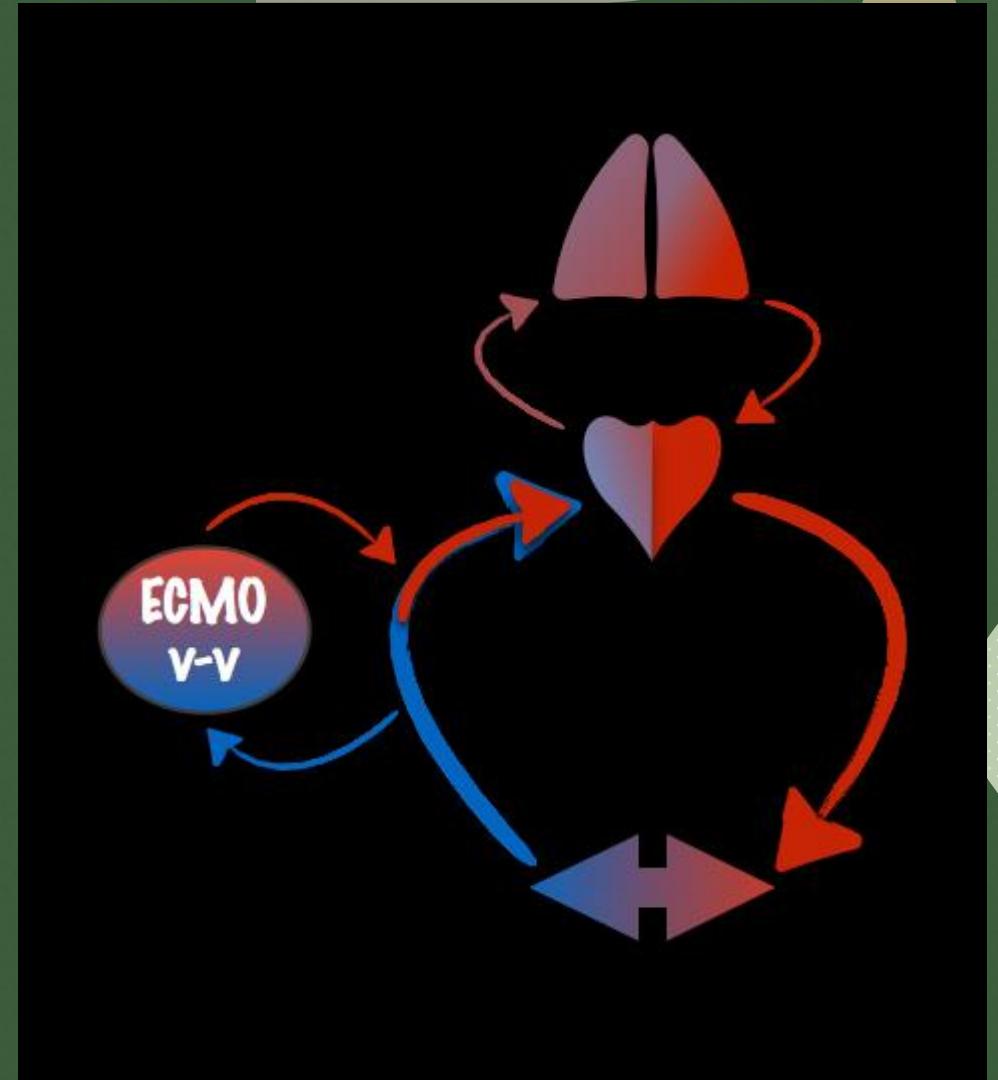


# Urządzenie pozaustrojowe ECMO może być zastosowane w dwóch konfiguracjach

## 1. żylna-żylna ECMO V-V

- układ pozaustrojowy podłączony jest tylko do układu żylnego. Analogicznie jak w technikach nerkozastępczych.

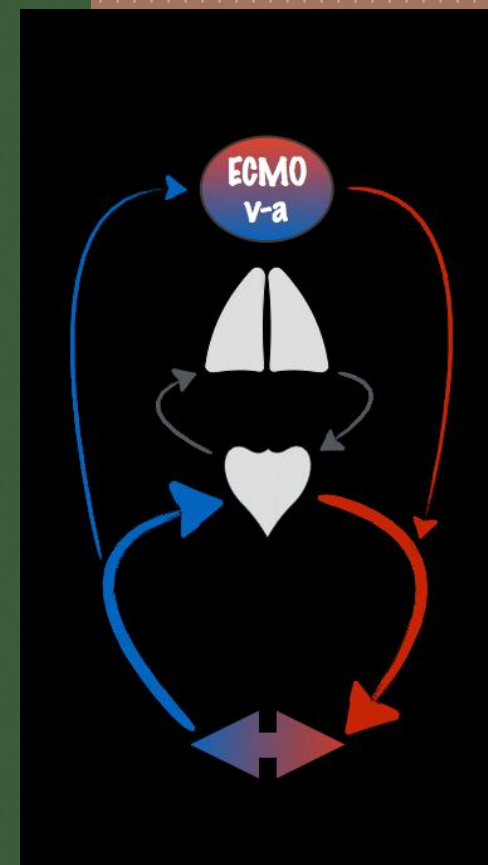
Pacjent może być podłączony do takiego ECMO albo przez podwójną kaniulę podobną do Sheldona, założoną do żyły szyjnej, albo poprzez dwie osobne kaniule. W tym drugim przypadku jedna gruba kaniula założona jest do żyły udowej. Jej kaliber to prawie 1 cm, a długość 40-60 cm. Czyli koniec jej sięga prawie do prawego przedsionka. Druga kaniula założona jest wtedy do żyły szyjnej po stronie prawej. Kaniule te mocuje się przyszywając je bezpośrednio do skóry.

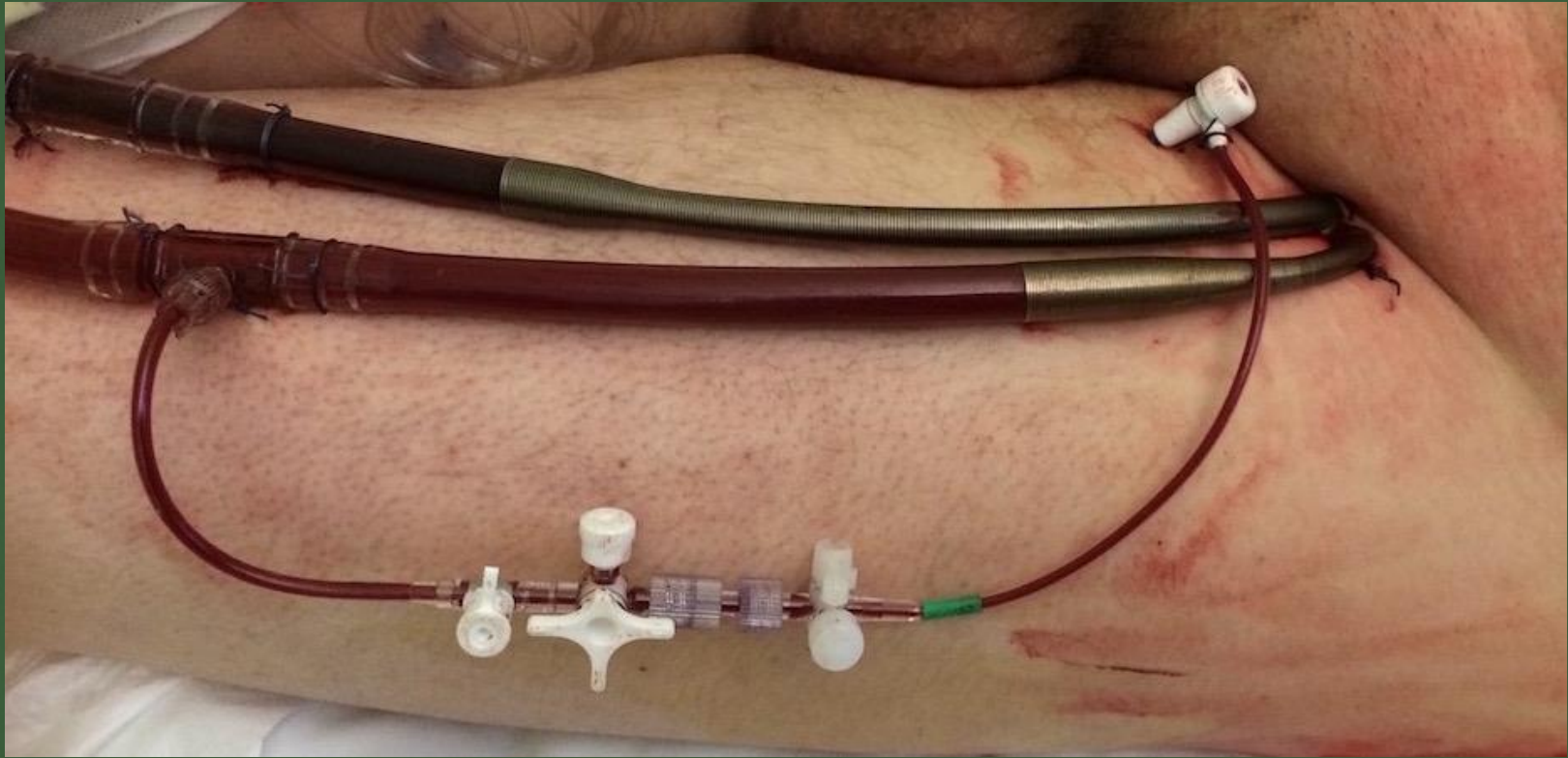




## 2. żylno-tętniczej ECMO V-A- stosowany jest w sytuacji ciężkiej niewydolności serca

Skierowanie utleniwanej krwi bezpośrednio do układu tętniczego pozwala na przywrócenie funkcji wszystkich narządów nawet przy całkowitym zatrzymaniu akcji serca. Kaniula pobierająca krew podłączona jest tak samo jak w układzie VV ale ta oddająca wprowadzona jest do tętnicy. Najczęściej udowej. Taka duża kaniula w tętnicy udowej zamyka ją i upośledza prawidłowy napływ krwi do kończyny dolnej. Dlatego często wprowadza się dodatkowe cewniki do naczyń kończyny dolnej i kieruje się do nich dodatkowy strumień utlenowanej krwi z ECMO, co poprawia ukrwienie poniżej kaniulacji.





W przypadku zatrzymania akcji serca uciskanie klatki piersiowej nie jest potrzebne gdy podłączone jest ECMO V-A, gdyż wspomagane są obydwa układy – oddechowy i krążenia. W razie zatrzymania krążenia w przebiegu terapii ECMO V-V niezbędne jest podjęcie uciskania klatki piersiowej.

Aby krew w układzie pozaustrojowym nie wykrzepła, terapia ECMO wymaga stosowania antykoagulacji (zapobieganie zakrzepom, wykrzepianiu oksygenatora). Dlatego częściej dochodzi do miejscowych krwawień i częściej istnieje zapotrzebowanie na krew i jej preparaty (zależnie od krwawienia, diagnozy, rodzaju operacji, typu kaniulacji, obecności aktywnego krwawienia). Należy często kontrolować wartość Hgb, Aptt, INR, ACT, PLT. Za pomocą tych wskaźników ustala się wskazania do przetoczenia.

## Powikłania ECMO

Powikłania ECMO są związane z kaniulacją dużych naczyń oraz samą procedurą. Zakładanie kaniul do dużych naczyń wiąże się z pewnym ryzykiem ich uszkodzenia. Procedura ECMO wymaga stosowania ciągłego i intensywnego leczenia przeciwzakrzepowego, które zapobiega wykrzepianiu krwi na sztucznych powierzchniach. Stąd większość powikłań ma charakter krwotoczny – najpoważniejszym jest krwawienie śródczaszkowe.



# Powikłania krążenia pozaustrojowego

Powikłania dotyczące krwi:

- destrukcja lub zaburzenie czynności elementów morfotycznych (krwinek czerwonych i białych płytek krwi),
- zmiana lepkości oraz pH krwi,
- wprowadzenie do krwi cząsteczek gazu lub obcych mikrocząsteczek,
- aktywacja procesów krzepnięcia.

## Powikłania ogólnoustrojowe:

- niedokrwistość,
- uszkodzenie płuc,
- upośledzenie pracy serca,
- krwawienia,
- zaburzenie pracy nerek,
- zakażenia,
- zgon.

Precyzyjne przygotowanie pacjenta znacznie ogranicza możliwość wystąpienia tych powikłań

Dziękuję za uwagę.....