



Estrategias de Perfusión en Cirugía de Norwood: Nuestra Experiencia

Mónica Hernández Abaunza
Perfusionista Clínica CardioVid
Medellín -Colombia
5 Sep 2024



Experiencia
Local
(Protocolos)

Literatura
(Estudios)

Establecer
Objetivos



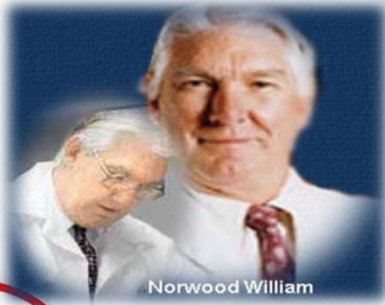
**Abordaje
del Tema**

Contexto

**Parámetros en
CEC**

Conclusiones

Contexto



1980

Cirugía de Norwood transformo el pronóstico SVHI

Procedimientos iniciales se llevaron a cabo en Boston Children's Hospital.

2018

Sociedad de Cirujanos Torácicos reportó 2737 operaciones en 105 instituciones de salud.

2023

Pasantía Grupo de Perfusión-Anestesia-Cirugía Cardiovascular al Boston Children's Hospital.

Contexto



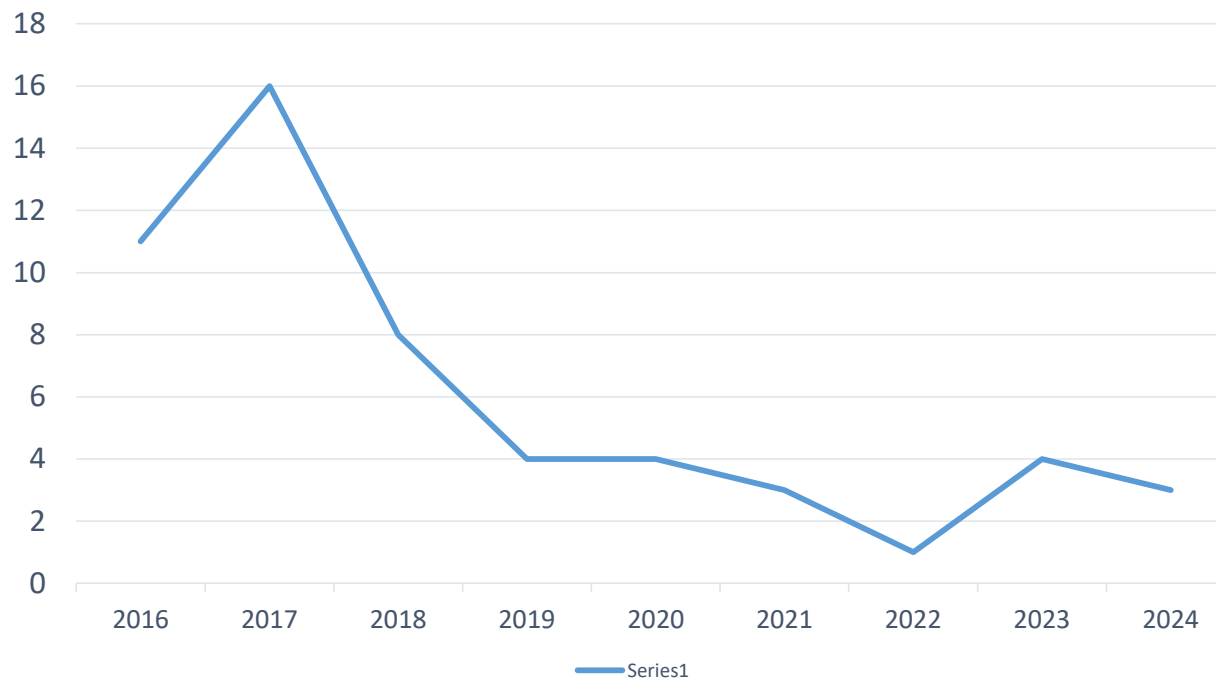
- Año 2014: Inicia Programa de Ventrículo Único.
- Población: 161 pacientes activos.
- Equipo multidisciplinario.
- Seguimiento estrecho: enfermera y una cardióloga pediatra.
- Camino Univentricular.



Contexto

Norwood/Año

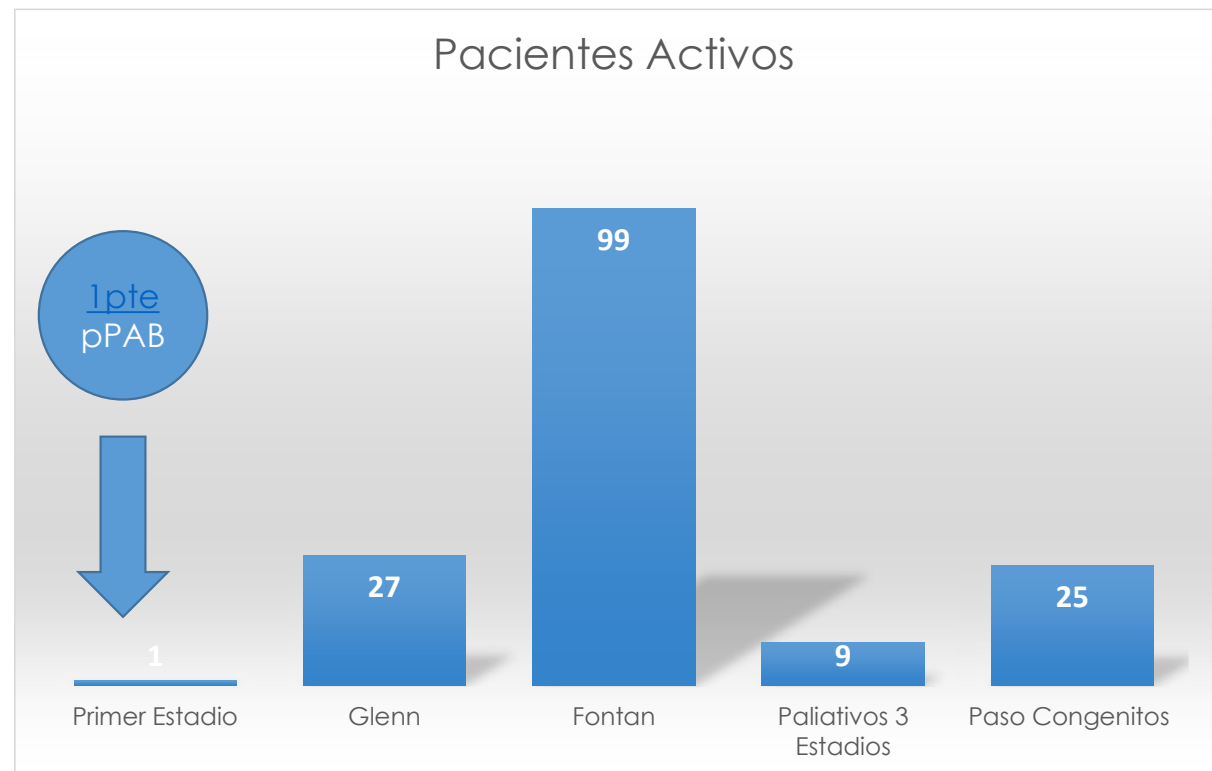
N=54



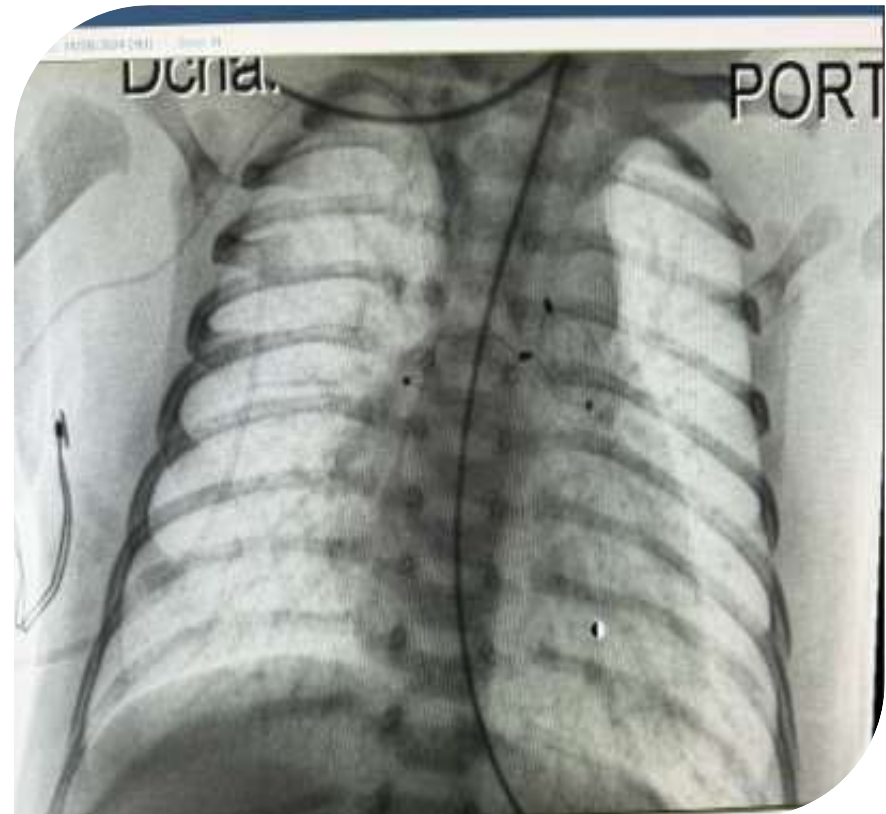
Contexto



© 2014 Pearson Education, Inc. All rights reserved.



Contexto



Wernovsky,G, et al. Rapid bilateral pulmonary artery banding: A developmentally based proposal for the management of neonates with hypoplastic left heart. JTCVS c June 2023



Contexto

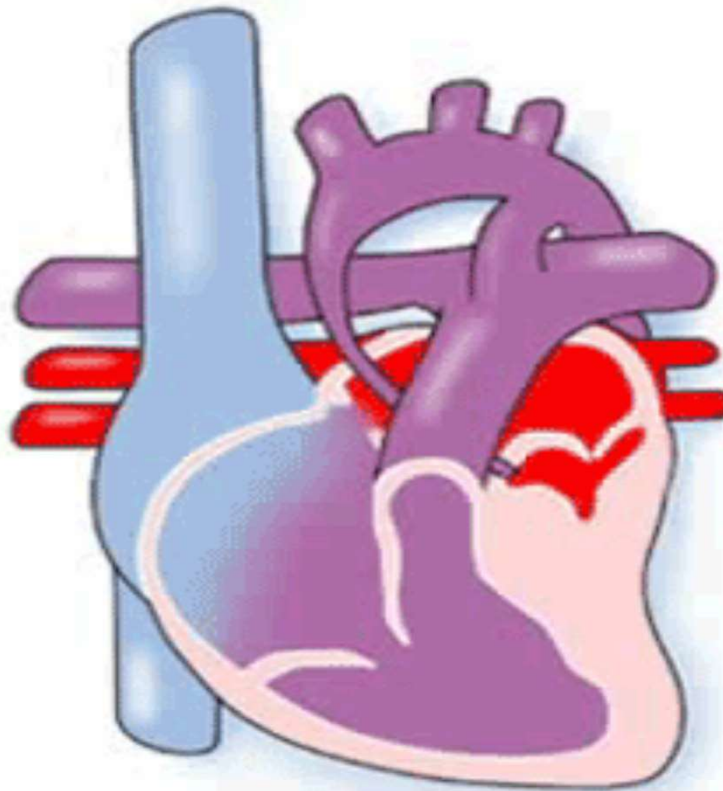


Contexto

Comunicación
Interauricular

VD sistémico

Atresia mitro/aórtica



Hipoplasia Aorta
CAP

VI rudimentario

Circulación en
Paralelo

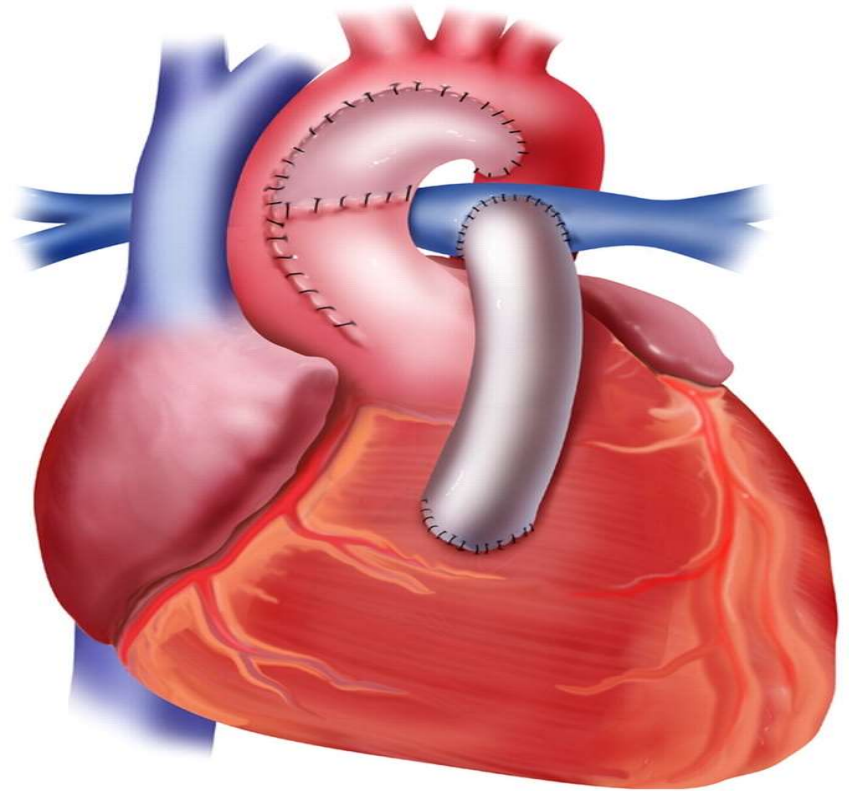
Contexto

Cierre de Ductus

Reconstrucción Aorta
Ascendente y el
cayado
(Garantizar GC)

Atrioseptostomia
(Garantizar la salida de
sangre O2 Al-AD)

Conducto de PTFE del
VD a la AP
(Garantizar Flujo
Pulmonar Controlado)





Parámetros en CEC



Características del Primado

Flujo Efectivo

Fase de Enfriamiento/
Gasometría

Perfusión
Selectiva
Protección
Miocárdica

Protección
Renal

Coagulación

Fase de
Calentamiento

Fase Final
MUFS

Características del Primado

Efectos del empleo GRE:

- Factor de Riesgo para SIRS (Neuroinflamación).
- Por cada 10cc/kg de GR aumenta la probabilidad de delirio postoperatorio 90%.
- Lesión pulmonar aguda (>VM)
- Disfunción multiorgánica.
- Mayor uso de vasopresores(SCORE VIS).

Estudio TRIPICU (Transfusion Strategies for Patients in Pediatric Intensive Care Units) estrategia restrictiva de transfusión.

Neonatos S1: masa ventricular más baja, circulaciones sistémicas y pulmonares paralelas, cianosis, mayor gasto cardíaco.



11 días de
Almacenamiento

Informe de medición

22.7.2024 08:57

Número de serie : 28692

ID de analizador : Cobas b 221

ID de usuario :

CIRUGIA CLINICA VID

ID Pac.			
Nombre			
Apellido			
FIO ₂	0.10		
Temperatura	36.0 °C		
Tipo de muestra	Sangre		
Tipo de sangre	Arterial		
Baro	635.7 mmHg		
PCO ₂	74.8 mmHg (+)	[32.0 - 48.0]	
PO ₂	39.1 mmHg (-)	[83.0 - 108.0]	
pH	6.701 (-)	[7.350 - 7.450]	
cHCO ₃	9.1 mmol/L		
cHCO ₃ st	6.2 mmol/L		
BE _{act}	-32.7 mmol/L		
BE _{err}	-27.1 mmol/L		
ctCO ₂ (B)	10.3 mmol/L		
pH ⁱ	6.712		
PCO ₂ ⁱ	71.6 mmHg		
PO ₂ ⁱ	36.4 mmHg		
RI	0 %		
a/AO ₂	100.0 %		
AaDO ₂	0.0 mmHg		
AG	26.8 mmol/L		
P50	39.8 mmHg		
SO ₂	46.7 % (-)	[94.0 - 98.0]	
SO ₂ (c)	22.5 %		
Indice P/F	391.2 mmHg		
Electrolitos			
Na ⁺	134.1 mmol/L (-)	[136.0 - 145.0]	
K ⁺	18.63 mmol/L (+)	[3.50 - 5.10]	
Cl ⁻	116.9 mmol/L (+)	[98.0 - 107.0]	
Ca ²⁺	Fuera del rango (-)	[1.150 - 1.330]	
COOX			
Hct	39.7 % #	[36.0 - 53.0]	
thb	16.21 g/dL	[11.50 - 17.80]	
Metabolitos			
Bili	Sin activar	[0.0 - 2.0]	
Lac	19.26 mmol/L (+)	[0.20 - 1.80]	

3 días de
Almacenamiento

Informe de medición

15.8.2024 08:32

Número de serie : 28692

ID de analizador : Cobas b 221

ID de usuario :

CIRUGIA CLINICA VID

ID Pac.			
Nombre			
Apellido			
FIO ₂	0.21		
Temperatura	34.0 °C		
Tipo de muestra	Sangre		
Tipo de sangre	Arterial		
Baro	636.7 mmHg		
PCO ₂	64.4 mmHg (+)	[32.0 - 48.0]	
PO ₂	38.1 mmHg (-)	[83.0 - 108.0]	
pH	6.900 (-)	[7.350 - 7.450]	
cHCO ₃	12.3 mmol/L		
cHCO ₃ st	9.3 mmol/L		
BE _{act}	-25.4 mmol/L		
BE _{err}	-20.6 mmol/L		
ctCO ₂ (B)	12.4 mmol/L		
pH ⁱ	6.934		
PCO ₂ ⁱ	56.5 mmHg		
PO ₂ ⁱ	30.8 mmHg		
RI	31 %		
a/AO ₂	76.5 %		
AaDO ₂	11.7 mmHg		
AG	23.0 mmol/L		
P50	40.5 mmHg		
SO ₂	43.5 % (-)	[94.0 - 98.0]	
SO ₂ (c)	32.5 %		
Indice P/F	181.2 mmHg		
Electrolitos			
Na ⁺	134.1 mmol/L (-)	[136.0 - 145.0]	
K ⁺	10.75 mmol/L (+)	[3.50 - 5.10]	
Cl ⁻	109.6 mmol/L (+)	[98.0 - 107.0]	
Ca ²⁺	Fuera del rango (-)	[1.150 - 1.330]	
COOX			
Hct	47.6 %	[36.0 - 53.0]	
thb	18.22 g/dL (+)	[11.50 - 17.80]	
Metabolitos			
Bili	Sin activar	[0.0 - 2.0]	
Lac	5.75 mmol/L (+)	[0.20 - 1.80]	

Características del Primado

- **Componentes del Primado:**

- Multielectrolitos
- 1ud de GRE
- 1ud de PFC (reserva 10cc/kg)
- SS0.45%
- Bicarbonato de Sodio.
- Heparina.
- Gluconato de Calcio.
- Control de GA, iones y lactato, glucosa. (Titulación – Tiempo)



Solución Aclarada



Características del Primado

PRIMADO DEL CIRCUITO NEONATAL (Paciente <8kg oxigenador neonatal FX05)

1. Realizar la purga del circuito con CO₂ a 5 L/MIN durante 5 min.
2. Programar el blender con una mezcla de aire oxígeno de 0.4 lpm, CO₂ de 0.02 lpm, FIO₂ al 100% y una temperatura a 34°C.
3. A cada bolsa de 500 ml de multielectrolitos que se utilizará para la purga del circuito, se adicionarán 1.500 UI de heparina y rotular con color naranja
4. Bajar 500 ml de multielectrolitos heparinizados al reservorio, recircular todos los componentes del circuito y ultrafiltrar hasta dejar aproximadamente 75ml en el reservorio.
5. Heparinizar bolsa de sangre reconstituida con 3UI/cc volumen (normalmente cerca de 1.500UI por unidad de glóbulos rojos empacados) empleando vaciador del hemofiltro con jeringa de 5cc.
6. Adicionar todo el volumen de los glóbulos rojos y el plasma fresco congelado al reservorio venoso. Continuar recirculando.
7. Filtrar hasta un volumen de 250 ml en el reservorio (primer lavado)
8. Adicionar 250 ml de multielectrolitos para continuar con el segundo lavado.
9. Filtrar nuevamente hasta un volumen de 250 ml en el reservorio (segundo lavado)
10. En caso de que los GR presente un tiempo de almacenamiento >7 días, se realizaran más lavados según criterio de perfusionista a cargo
11. Filtrar hasta 150ml en el reservorio venoso en el último lavado realizado
12. Adicionar:
 - 100 ml de solución salina al 0.45%
 - 20 mEq de Bicarbonato de sodio
 - 800 unidades de heparina.
 - 800 mg de gluconato de calcio.
13. Una vez el reservorio se encuentre en 250ml, realizar medición de los siguientes parámetros: ACT, Gases arteriales, Hb, Hto, Na⁺, K⁺, Ca⁺, Glucometria.
Con el fin de lograr los siguientes objetivos:
 - K⁺: 3.0 – 5.0 mmol/L
 - Na⁺: 140 – 150 mmol/L
 - Glucosa: < 150 mg/dl
 - Ca⁺: 0.8 – 1.2 mmol/L
 - Equilibrio acido base
 - Lactato < 3 mmol/L
14. De acuerdo a los resultados anteriores realizar los ajustes necesarios
15. Conectar el CDI 550
16. Transferir volumen restante del reservorio a una bolsa de glóbulos rojos, hasta dejar volumen mínimo para iniciar la CEC (entre 75- 100ml)
17. Anexar el resultado del primado del circuito en registro de perfusión.

Preprimado MMx56

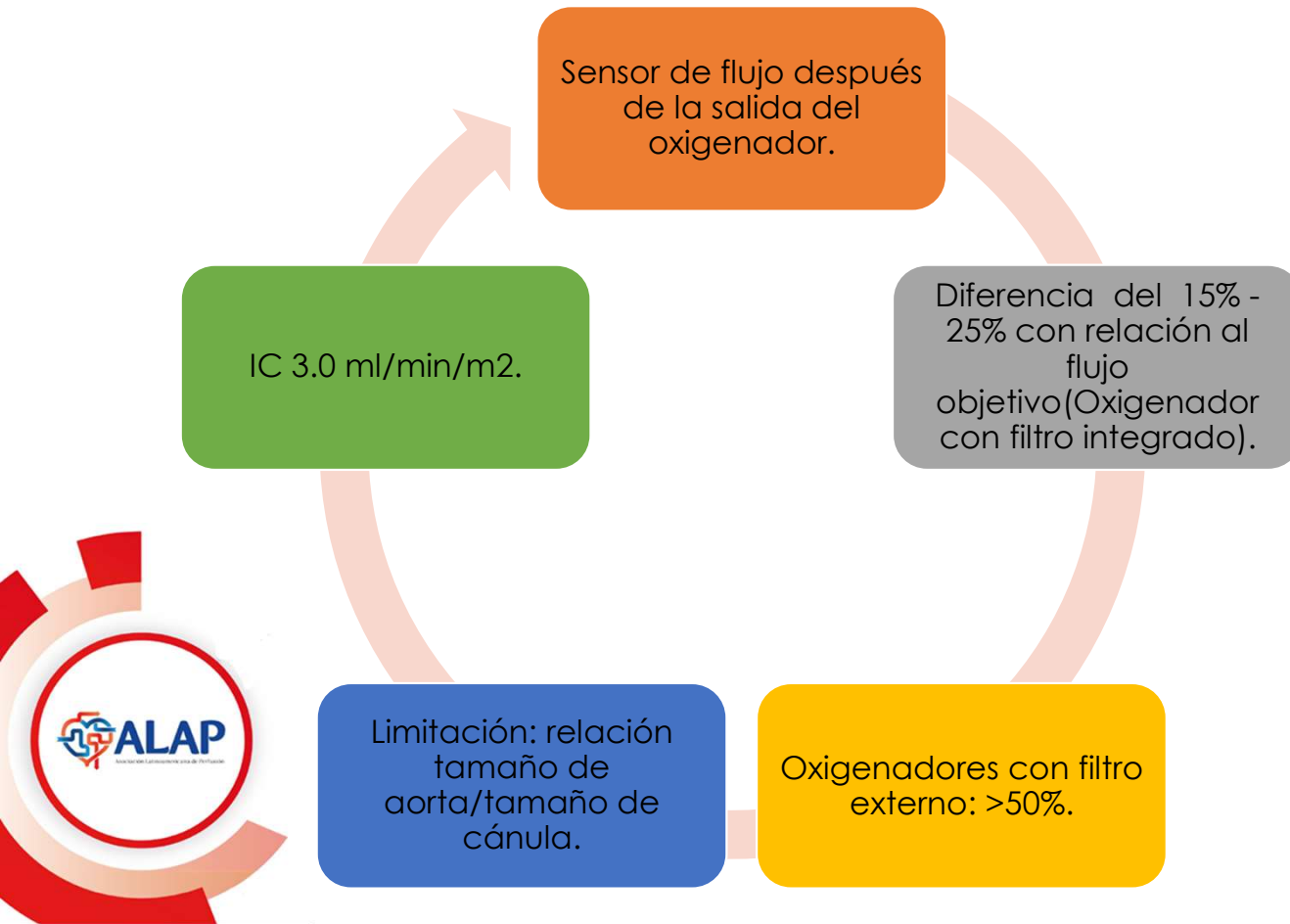
Informe de medición

22 7 2024 09:47
Número de serie: 28892
ID de analizador: Cobas b 221
ID de usuario:
CIRUGIA CLINICA VID

ID Pac.		
Nombre		
Apellido		
FIO ₂	0.10	
Temperatura	36.0 °C	
Tipo de muestra	Sangre	
Tipo de sangre	Arterial	
Baro	835.7 mmHg	
PCO ₂	20.6 mmHg (-)	[32.0 - 48.0]
PO ₂	542.7 mmHg (+)	[83.0 - 108.0]
pH	7.747 (+)	[7.350 - 7.450]
cHCO ₃ ⁻	27.7 mmol/L	
cHCO ₃ ⁻ /H	31.5 mmol/L	
BE _{act}	9.9 mmol/L	
BE _{std}	8.6 mmol/L	
ctCO ₂ (B)	25.7 mmol/L	
pH ⁱ	7.764	
PCO ₂ ⁱ	19.7 mmHg	
PO ₂ ⁱ	535.6 mmHg	
RI	0 %	
a/AO ₂	100.0 %	
AaDO ₂	0.0 mmHg	
AG	38.7 mmol/L	
P50	41.6 mmHg	
SO ₂	99.9 % (+)	[94.0 - 98.0]
SO ₂ (c)	100.0 %	
Indice P/F	5427.4 mmHg	
Electrolitos		
Na ⁺	152.4 mmol/L (+)	[136.0 - 145.0]
K ⁺	4.24 mmol/L	[3.50 - 5.10]
Cl ⁻	90.2 mmol/L (-)	[98.0 - 107.0]
Ca ²⁺	0.975 mmol/L (-)	[1.150 - 1.330]
COOX		
Hct	16.9 % (-)	[36.0 - 53.0]
Hb	7.53 g/dL (-)	[11.50 - 17.80]
Metabolitos		
Bili	Sin activar	[0.0 - 2.0]
Lac	1.95 mmol/L (+)	[0.20 - 1.80]

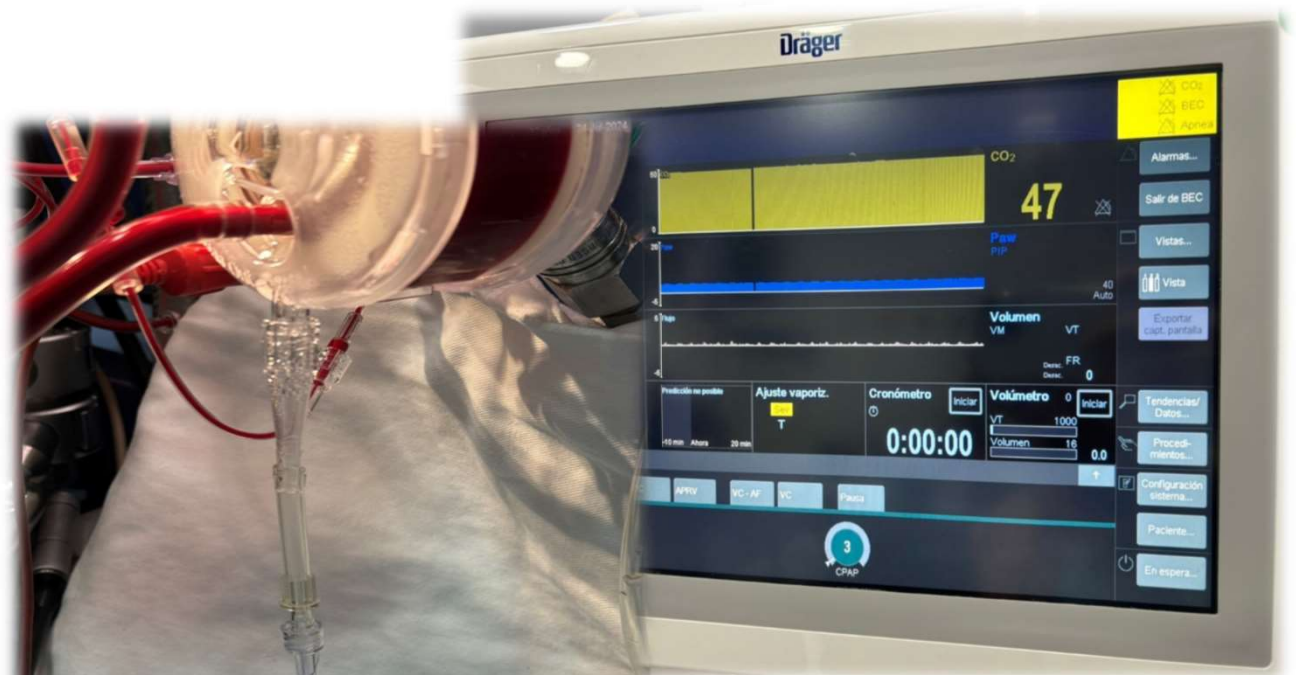
Nota: Asegúrese que los rangos de referencia correspondan al tipo de sangre seleccionada.

Flujo Efectivo



Fase de Enfriamiento

- Temperatura: 26- 28°C
- Estrategia ph stat: medición de CO2: gradiente de 2-4mmHg con relación al PaCO2 arterial.
- Delta CO2: marcador de perfusión tisular.



Líneas de Capnografía, longitud 2.1m (generan espacio muerto de 120.



Perfusión Selectiva

- ❖ 1996: PCA- Perfusión regional de bajo flujo.
- ❖ Perfusión STAR: perfusión total sostenida en todas las regiones: 32-34°C
- ❖ Perfusión de Cerebro y Corazón: 50-75ml/kg/min, parte inferior: 50ml/kg/min.
- ❖ Limitaciones:
Monitoria de la arteria umbilical.
- ❖ Ventajas: mayor gasto urinario y menores niveles de lactato en el POP.



Perfusión Selectiva

- El 50% de los pacientes con cardiopatía congénita crítica sufrirán grados variables de deterioro en el neurodesarrollo.

CEC: inflamación, lesión por isquemia/reperfusión, eventos tromboembólicos.

- Monitoreo: NIRS (Limitaciones)

1. Perfusión cortico-subcortical.
2. Profundidad Penetración limitada.

- Flujo bomba.

30cc/kg/peso
Cerebro y Corazón:
40cc/kg/peso.

- Lesiones

Microhemorragias.
Lesión de la sustancia blanca.



Protección Miocárdica

- ❖ Cardioplejía del Nido.
- ❖ Formula: cantidad de sangre a extraer para mantener la relación 4:1.
- ❖ Dosis: 30cc/kg peso.
- ❖ Intercambiador de Calor Infantil: programado a 4°C.



Protección Renal

Lesión Renal Aguda
(LRA-CS) 64%

Factores de Riesgo No Modificables:

1. Tiempo de CEC prolongado.
2. Empleo de Paro Circulatorio Total en Hipotermia Profunda.
3. Fisiología del Ventrículo único.
4. Creatinina Sérica Preoperatoria Alta.



Estudio NEPHRON
54% Neonatos

Factores de Riesgo Modificables:

1. Limitar la exposición a nefrotoxinas.
2. Controlar los electrolitos.
3. Mantener el equilibrio de líquidos.
4. **Suministro de Oxígeno Indexado (DO_{2i})**



Protección Renal

272ml/min/m²

258ml/min/m²
(Pediátricos)

300ml/min/m²

>FLUJO > DO_{2i} = < IRA

340ml/min/m²



Protección Renal

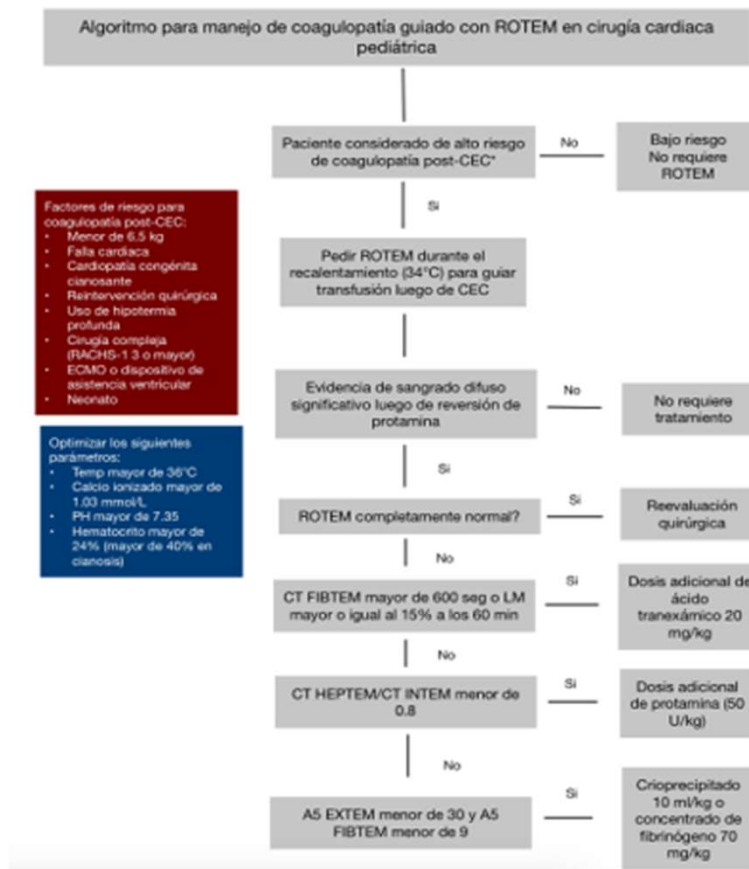


-Monitoreo NIRS somático:
disminución del 20-25% del valor
inicial, presente en el grupo de
IRA.

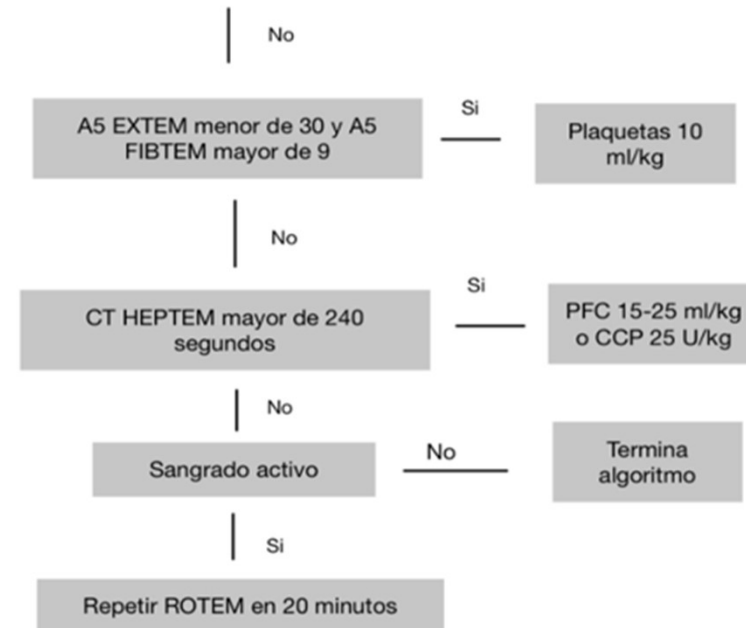
-Grado de Hipotermia.



Coagulación



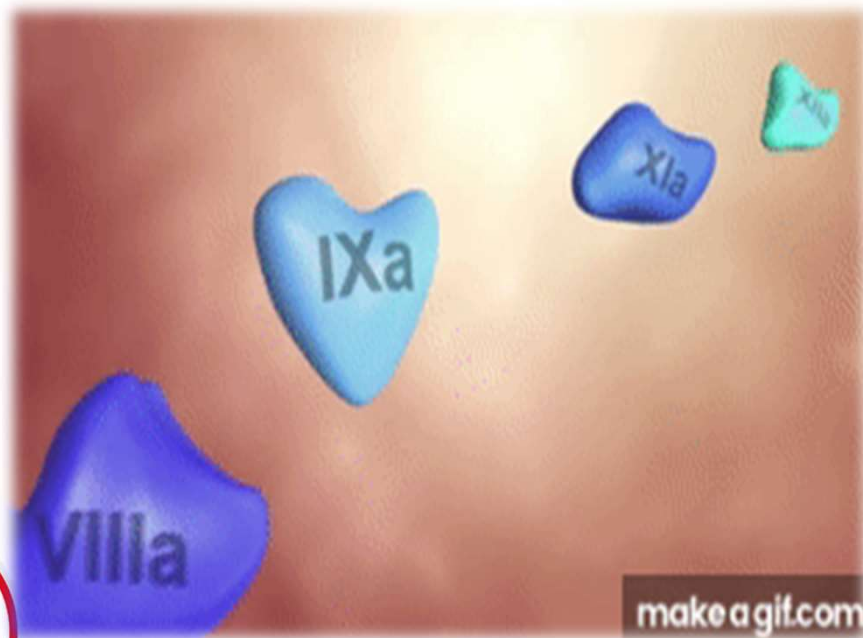
- 1. Deficiencia de Factores de Coagulación.
- 2. Hipofibrinogenemia



Corrales, Jacobo, et al. Algoritmo Clínica Cardiovid



Coagulación



- ❖ Se extrae de la solución de primado de la CEC, una jeringa de 50cc y se entrega al anestesiólogo.
- ❖ A los 34°C se administra **10-15cc/kg de PFC**.
- ❖ Posterior a la administración de PFC, se realiza toma de ROTEM con heparinasa.
- ❖ Se preparan los componentes para la salida de la CEC.
- ❖ Se aplica el algoritmo.

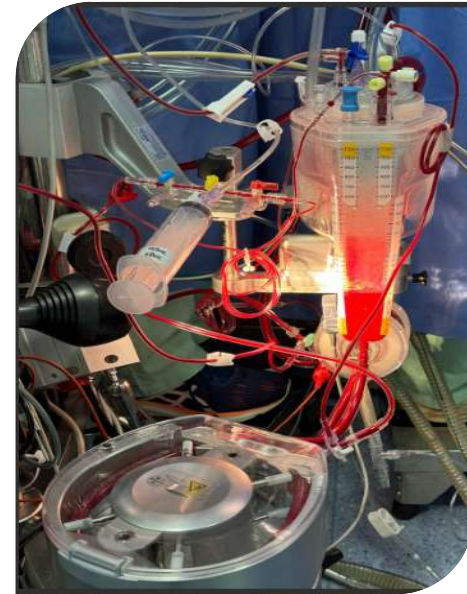
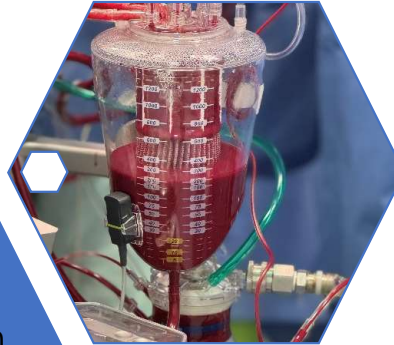


Fase de Calentamiento

Administración
de Manitol

Z-BUF

Cálculo del
Balance
Hídrico



Fase Final

- Ultrafiltración: empleo desde comienzos de 1990.
- Beneficios: impacto positivo en la hemostasia, función cardiopulmonar.
- Se emplea en todos los pacientes que logran destete de la CEC.
- MUFS: el 5% del gasto cardíaco se dirige al hemoconcentrador.
- Objetivo de volumen a extraer: balance hídrico, nivel de hematocrito deseado.



Fase Final

❖ Dificultades en el destete de la CEC:

Disfunción VD.

Bajo gasto.

❖ Postoperatorio Inmediato:

Choque Mixto

Lesiones Residuales: Estenosis del Sano, del arco distal.

VIS >30

Soporte con ECMO.



Conclusiones

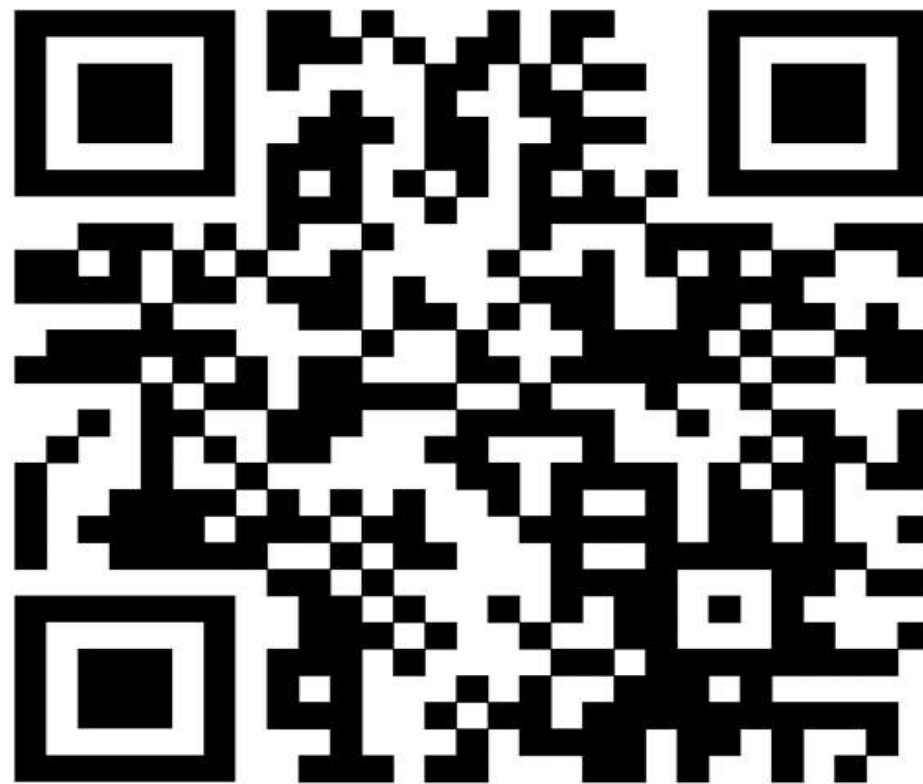
La Cirugía Cardíaca Congénita representa un desafío para el talento humano y para la implementación de nuevas tecnologías, a la luz de la política institucional

La elaboración de protocolos con la participación de un equipo multidisciplinario es fundamental, para la estandarización del proceso quirúrgico.

La conducción de la perfusión actual guiada por metas, es una herramienta útil para contribuir en la disminución de las principales complicaciones neurológicas, hematológicas y renales.



Bibliografía



“LOS BUENOS RESULTADOS SON FRUTO DE LOS GRANDES EQUIPOS”



Pacientes pediátricos trasplantados y del programa de ventrículo único de nuestra Clínica Cardio VID.