



Asociación de
Perfusionistas
de la República
Argentina

JORNADA DE PERFUSIÓN

Cipolletti 2025

Tendencias actuales en Perfusión

Perf PCC Gabriela Pais

Hospital General de Agudos Dr. Cosme Argerich Servicio de Cirugía Cardiovascular y Trasplante Cardíaco

Declaración de intereses

Declaro no tener intereses de ninguna índole



Principios generales

Como sabemos la CEC presenta efectos adversos a nivel local y sistémico ya que produce alteraciones a nivel de la macro y de la microcirculación.

Guías Clínicas estandarizadas (EACTS, EBCP, EACTA, American Society of Extracorporeal Technology, Society of Clinical Perfusion Scientist of Great Britain & Ireland, Australian Board of Cardiovascular Perfusion) recomiendan procedimientos para alcanzar la perfusión óptima:

- 1- Perfusión guiada por objetivos (GDP)
- 2- Monitorización avanzada: SVO2 (Saturación venosa mixta), mide el balance global de oxígeno- NIRS, BIRS, Medición continua de flujo arterial y venoso: Flujo cerebral adecuado
- 3- Minimización de los circuitos: limitar la hemodilución, cebado reducido
- 4- Estrategias de protección orgánica: minimización del estrés en órganos vitales como riñones, protección cerebral (hipotermia controlada, protección cerebral selectiva)
- 5- Circulación extracorpórea mínimamente invasiva (MIECC)
- 6- Seguridad y protocolos estandarizados
- 7- Capacitación. Investigación y desarrollo continuos



Perfusión guiada por objetivos o por metas

La PDG (goal-directed therapy) es la monitorización rigurosa y el manejo activo del paciente durante los períodos de cuidados intensivos (peri, intra y posoperatorio) en busca de mejores resultados clínicos.

En CEC: es un manejo hemodinámico personalizado según metas predefinidas que, mediante el monitoreo constante de parámetros clave Sensores arteriales y venosos y capnografía (producción de CO₂ y su eliminación por el pulmón artificial) busca optimizar la oxigenación y la perfusión tisular, minimizar el riesgo de hipoperfusión y daños a órganos durante la cirugía cardíaca. Toma los términos convencionales de perfusión óptima de CEC y agrega conceptos de microcirculación / Respiración celular

-Parámetros hemodinámicos: IC, suministro de oxígeno (DO₂), consumo de Oxígeno (VO₂) y ERO (extracción de O₂). La SVO₂ es el marcador del deterioro hemodinámico, la PAM y la fluidoterapia.

-Parámetros de microcirculación o perfusión tisular: lactato sérico: indica disminución de la entrega de oxígeno.

-Parámetros derivados de la producción de CO₂: el delta CO₂ (diferencia de CO₂ arterial y venoso), PCO₂. En condiciones aeróbicas, por cada molécula de O₂ consumidas se producen 6 moléculas de CO₂

Gatica A., Muñoz Valdivia C, Van Sint Jan, Ramos S.,Perfusión dirigida por objetivos: práctica actual en técnicas de circulación extracorpórea

dirigida a objetivos: práctica actual en técnicas de circulación extracorpórea.

Revista Médica Clínica las Condes Vol 35 Núm 1 2024

JORNADA DE PERFUSIÓN - Cipolletti 2025



Asociación de
Perfusionistas
de la República
Argentina

Fórmulas

Parámetro	Fórmula
Transporte arterial de oxígeno: DO2	$DO2 = GC \times CaO2 = GC \times (1,34 \times Hb \times \text{sat art O2}) \times 10$
Consumo de oxígeno: VO2	$VO2 = IC \times (CaO2 - CvO2)$
	$VO2 = IC \times 1,34 \times Hb \times (\text{sat art O2} - \text{sat ven de O2})$
Saturación venosa mixta de oxígeno: SvO2	$SvO2 = DO2/VO2$
	$SvO2 = (GC/VO2) \times Hb \times \text{sat art de O2}$
Coeficiente de extracción de oxígeno: CEO2 o ERO2	$ERO2 = VO2/DO2 (\times 100)$
Cociente respiratorio: CR	$CR: VCO2/VO2$

GC: gasto cardíaco; Hb: hemoglobina; IC: índice cardíaco; sat art: saturación arterial; sat ven: saturación venosa.



Parámetros

Los elementos predictores de hiperlactatemia: **producción de CO₂ (VCO₂) > 60 ml/min/m² y una relación DO₂i > 5**.

Un estudio que realizó Ranucci en 2011 sostiene que las **variables derivadas del oxígeno, la saturación venosa (SVO₂) y la tasa de extracción de oxígeno**, son los mejores predictores que el valor de la **hemoglobina** a la hora de decidir la transfusión de glóbulos rojos.

Tasa AKI: Por cada disminución del 1% del Hto por debajo de 26%, aumenta un 7 %

Parámetros globales actuales	Parámetros integrados (GDP)
SvO ₂ > 60–70% PAM \geq 65 mmHg	Índice de suministro de oxígeno (DO ₂ i; \geq 260–272 ml/min/m ²)
PVO ₂ > 40 mmHg	Índice de consumo de oxígeno (VO ₂ ; $<$ 60 ml/min/m ²)
pH: 7,35–7,45	Índice de producción de dióxido de carbono (VCO ₂ i; $<$ 60 ml/min/m ²)
pCO ₂ : 35–45 mmHg	DO ₂ i / VCO ₂ i (>5)
Índice cardíaco: 2,2–2,6 l/min/m ²	VO ₂ i / DO ₂ i (ERO ₂ ; $<0,25$)
Ácido láctico $<2,0$ mmol/l	VCO ₂ i / VO ₂ i (cociente respiratorio; <1)

Flujo

FLUJO SANGUÍNEO: $280 \times \text{SUPERFICIE CORPORAL} / [\text{HEMOGLOBINA} \times 1.34] + 0,62 \times 10$

El flujo debe ser ajustado de acuerdo con el CaO₂ para mantener un umbral mínimo de DO₂ (Clase IIa B).

PaO₂ ± 200 mmHg y saturación de oxígeno al 100%

Hto por debajo de **24%** compromete el aporte de oxígeno al riñón, por lo tanto, el flujo de la bomba debe adaptarse al valor del Hto para mantener el suministro de O₂ por encima del valor crítico descrito (**280 ml / min/ m² // 360 ml/ min /m²**) y no debe calcularse por superficie corporal y temperatura, sino por contenido de HB.



Guía de referencia rápida para uso de GDP Veterans Affairs Boston Healthcare System

BSA(m ²)	Hemoglobina (g/dl)												
	7,0	7,3	7,7	8,0	8,3	8,7	9,0	9,3	9,7	10,0	10,3	10,7	11,0
1,5	4,2	4,0	3,8	3,7	3,6	3,4	3,3	3,2	3,1	3,0	2,9	2,8	2,7
1,6	4,5	4,3	4,1	4,0	3,8	3,7	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1	3,0	2,9
1,7	4,8	4,6	4,4	4,2	4,1	3,9	3,8	3,6	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1
1,8	5,1	4,9	4,6	4,5	4,3	4,1	4,0	3,9	3,7	3,6	3,5	3,4	3,3
1,9	5,2	5,0	4,7	4,6	4,4	4,2	4,1	4,0	3,8	3,7	3,6	3,5	3,4
1,9	5,3	5,1	4,9	4,7	4,5	4,3	4,2	4,1	3,9	3,8	3,7	3,6	3,5
2,0	5,5	5,3	5,0	4,8	4,7	4,5	4,3	4,2	4,0	3,9	3,8	3,7	3,6
2,0	5,6	5,4	5,1	4,9	4,8	4,6	4,4	4,3	4,1	4,0	3,9	3,7	3,7
2,1	5,8	5,5	5,3	5,1	4,9	4,7	4,5	4,4	4,2	4,1	4,0	3,8	3,7
2,1	5,9	5,7	5,4	5,2	5,0	4,8	4,6	4,5	4,3	4,2	4,1	3,9	3,8
2,2	6,0	5,8	5,5	5,3	5,1	4,9	4,8	4,6	4,4	4,3	4,2	4,0	3,9
2,2	6,2	5,9	5,6	5,4	5,3	5,0	4,9	4,7	4,5	4,4	4,3	4,1	4,0
2,3	6,3	6,1	5,8	5,6	5,4	5,1	5,0	4,8	4,6	4,5	4,4	4,2	4,1
2,3	6,5	6,2	5,9	5,7	5,5	5,3	5,1	4,9	4,7	4,6	4,5	4,3	4,2
2,4	6,6	6,3	6,0	5,8	5,6	5,4	5,2	5,0	4,8	4,7	4,6	4,4	4,3
2,4	6,7	6,5	6,2	5,9	5,7	5,5	5,3	5,1	4,9	4,8	4,7	4,5	4,4
2,5	6,9	6,6	6,3	6,1	5,9	5,6	5,4	5,3	5,0	4,9	4,8	4,6	4,5
2,5	7,0	6,7	6,4	6,2	6,0	5,7	5,5	5,4	5,1	5,0	4,9	4,7	4,6
2,6	7,3	7,0	6,7	6,4	6,2	5,9	5,8	5,6	5,4	5,2	5,1	4,9	4,7
2,8	7,9	7,6	7,2	6,9	6,7	6,4	6,2	6,0	5,8	5,6	5,4	5,2	5,1
3,0	8,4	8,1	7,7	7,4	7,2	6,9	6,6	6,4	6,2	6,0	5,8	5,6	5,5



Asociación de
Perfusionistas
de la República
Argentina

Variables:

Hipotermia ligera o normotermia: 34°- 36 °C

Hipotermia: 28 °C

Limitar la temperatura de recalentamiento a >37°C (IC) para evitar hipotermia cerebral o limitar el **gradiente entre la temperatura arterial y la venosa a 10°C** para evitar embolismos gaseosos (IC)

DO₂ menor de 280 ml/min/m²

REVISE

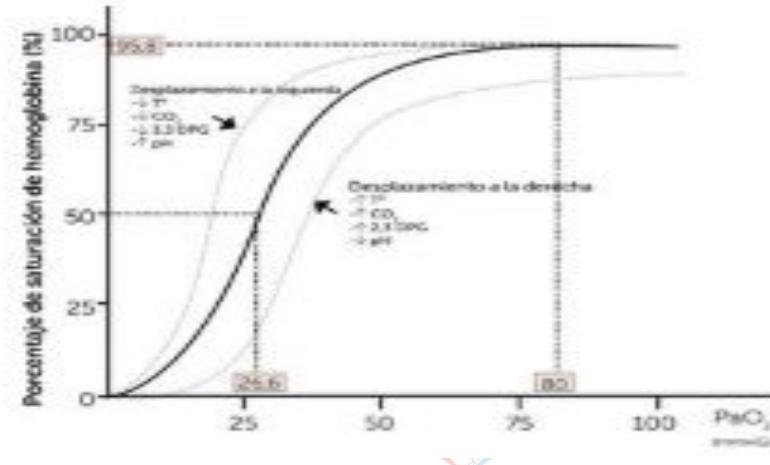
Valor de hematocrito (26%)

Flujo entregado (l/min) (según tabla GDP)

Saturación arterial (100%)

PaO₂ (≥200 mmHg)

Equilibrio ácido-base (7,35-7,45) (curva de disociación de hemoglobina (figura 3)).



Minimización de circuitos

cebado: 600-900 ml

Cebado retrógrado autólogo (RAP) - Clase I Nivel BR-

Transfundir:

Hb > 6 gr/dl (clase I nivel C)

HTO 18-24% 0 se incapaz de mantener una DO₂ óptima para cubrir las demandas de oxigenación tisular (Clase IIb, nivel B) con apoyo de la tromboelastografía (TEG) / tromboelastometría (ROTEM)

Hemodilución normovolémica aguda (ANH) Clase IIA implica la extracción de 1 a 3 unidades de sangre del paciente antes de la heparinización: es una técnica infrautilizada por falta de protocolos, aunque es beneficioso combinar la ANH con el RAP considerando evitar la anemia profunda durante la CEC

Circulación Extracorpórea Mínimamente invasiva o CCEMI (Clase I Nivel B-NR)

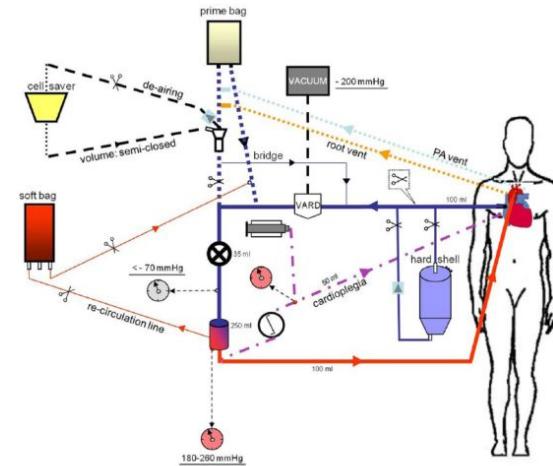
La anemia dilucional secundaria es un factor independiente de la IRA. El aporte de oxígeno depende del flujo arterial de Oxígeno (CaO₂) y está directamente relacionado con el nivel de hemoglobina fijando un límite de aporte crítico de oxígeno 280 ml/min/m²



MIECC: una perfusión “más fisiológica”

Tubos cortos, superficies biocompatibles, bombas centrífugas, oxigenadores de bajo cebado con filtro arterial incorporado y drenaje venoso asistido. Conducción de la perfusión PDG. Integración multidisciplinaria de las tres partes del equipo. La perfusión pasa de ser una técnica a una práctica clínica.

Minimizar la hemodilución y optimizar la biocompatibilidad.



Schematic configuration of the AHEPA modular type IV MiECC circuit

Diagrama del proceso para la progresión de la MIECC

La EACTS/EACTA integraron los sistemas MIECC como una estrategia para el mantenimiento de la hemostasia y la gestión de la conservación de la sangre en cirugía cardíaca de adultos.

Reduce la incidencia de fibrilación auricular posoperatoria y mejora la protección renal y miocárdica (Clase IA)

Atenúa la respuesta inflamatoria sistémica,

Reduce la microembolización gaseosa cerebral y preserva la función de los órganos terminales (Clase IIB).

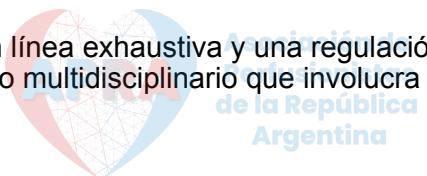
Presión arterial media más alta para cualquier flujo dado, así como una resistencia vascular sistémica cercana a los valores normales, en consecuencia hay una menor necesidad de fármacos vasoactivos.

mantiene la integridad de la microcirculación y reduce la respuesta inflamatoria, la cual mejora aún más a las 24 horas después de la cirugía cardíaca.

La hemodilución es significativamente menor, mejora la recuperación del flujo sanguíneo microcirculatorio, lo que conduce a una restauración más rápida del flujo sanguíneo microvascular nutritivo.

Hay una mejor **protección de los órganos diana** con mayor beneficios clínicos.

Estrategia perioperatoria multidisciplinaria basada en la GDP al tiempo que incorpora una monitorización en línea exhaustiva y una regulación intraoperatoria continua del tratamiento ofrecido. Integra un circuito de CPB a un sistema a un procedimiento multidisciplinario que involucra y unifica a las tres partes interesadas del equipo quirúrgico para obtener el máximo beneficio,



Protocolos de protección orgánica

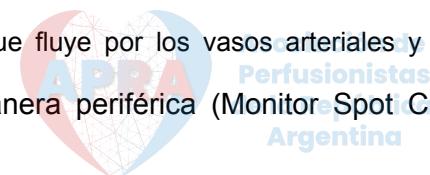
Objetivo: minimizar el estrés en órganos vitales

- **Riñón:** Evitar **vasoconstrictores** para evitar no reducir el flujo sanguíneo a los riñones y **limitando el uso de diuréticos** y utilizarlos cuando sea estrictamente necesario ya que pueden afectar la función renal y evitar el uso de manitol
- **Cerebro:** **hipotermia controlada** (Bajar la temperatura corporal del paciente a niveles moderados (hipotermia) ayuda a proteger el cerebro durante la etapa circulatoria y perfusión cerebral selectiva: **perfusión cerebral anterógrada** con parada circulatoria para perfundir directamente el cerebro y mantenerlo irrigado y oxigenado para prevenir daño neurológico en cirugías complejas como las del arco aórtico



Medición continua del flujo sanguíneo

- **Espectroscopía de Infrarrojo (NIRS):** mide la saturación de oxígeno en una región tisular como el cerebro de forma no invasiva evaluando la disponibilidad y el consumo de oxígeno - oxigenación cortical regional o frontal, entre la arteria cerebral anterior y medial que proviene de la materia gris de la corteza cerebral. La rSO₂ < 50%. (oxigenación cortical regional) requiere intervención terapéutica y normalmente se del 55-80%, pero en pacientes coronarios o pediátricos es de <42% -45%. Se han encontrado varios estudios que demuestran la asociación de desaturación cerebral de oxígeno intraoperatoria y la disfunción cognitiva posoperatoria, ACV y estancia hospitalaria prolongada.
- **BIRS (Índice biespectral- oximetría cerebral):** mide la actividad eléctrica del cerebro mediante un electroencefalograma procesado por un algoritmo, evalúa la profundidad anestésica y detecta problemas de hipoperfusión o disfunción cerebral. Valor: escala 0-100 indica el nivel de conciencia. en cirugía los valores deseados oscilan entre 40 y 60..
- **Saturación venosa mixta (SVO₂):** mide el porcentaje de hemoglobina saturada con oxígeno en la sangre venosa mixta, ofreciendo una visión general de la entrega y el consumo de oxígeno en todo el cuerpo.
- **Medición continua de flujo arterial y sanguíneo:** mide de manera continua el volumen de sangre que fluye por los vasos arteriales y en la circulación sanguínea. evalúa la perfusión tisular.
- Para neonatos se encuentran disponibles minisondas que miden la oxigenación tisular de manera periférica (Monitor SpotCheck-Hutchinson)

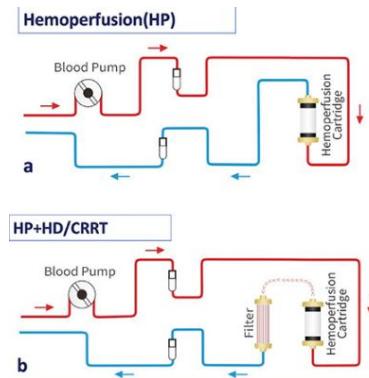
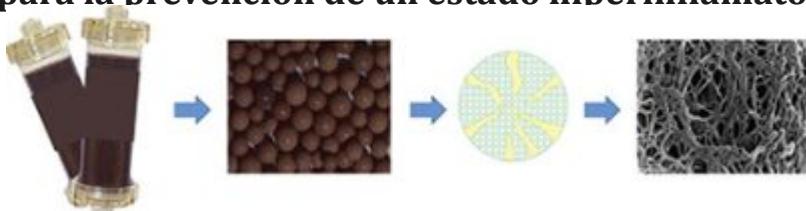


Hemoadsorción

La hemoadsorción es una terapia extracorpórea que utiliza filtros adsorbentes especializados para eliminar sustancias nocivas, como citocinas y toxinas, de forma selectiva o no selectiva, del torrente sanguíneo del paciente.

Los sorbentes tienen forma de gránulos, perlas o fibras, con un diámetro que varía de **50 µm a 1,2 cm**. A medida que la sangre o el plasma circulan a través del lecho sorbente, los solutos se eliminan por adsorción, que ocurre en las superficies de las perlas.

Los cartuchos sorbentes se utilizan solos o se colocan en la parte proximal de un circuito de hemofiltración. Las terapias de hemoadsorción tienen aplicaciones clínicas en varias **condiciones hiperinflamatorias sistémicas**, incluyendo **sepsis/choque séptico, choque vasopléjico no infeccioso (como en cirugía cardíaca), síndrome de dificultad respiratoria aguda, enfermedad por coronavirus-19 (COVID-19), multitrauma, rabdomiólisis, quemaduras graves, pancreatitis aguda grave, eliminación de fármacos para reversión antitrombótica y ECMO para la prevención de un estado hiperinflamatorio.**



Asociación de
Perfusionistas
de la República
Argentina

Conclusiones

La evolución de una técnica a una terapia multidisciplinaria es la realidad actual de la perfusión, la cual debe ir acompañada de capacitación continua e investigación para hacer la CEC cada vez más fisiológica en beneficio de nuestros pacientes.





Asociación de
Perfusionistas
de la República
Argentina

JORNADA DE PERFUSIÓN - Cipolletti 2025