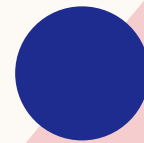


CARDIOMETRIA ELÉCTRICA Y APLICACIÓN CLÍNICA EN NEONATOS

Por Mgst Natalia Henao

AGENDA

1. Introducción
2. Fundamentos Fisiológicos en neonatología
3. Aplicación de la cardiometría eléctrica.
4. Parámetros en la práctica clínica
5. Existen sesgos ?
5. Mensajes para llevar a Casa



Impacto Clínico de la Monitorización Hemodinámica

La implementación de protocolos avanzados de monitorización hemodinámica ha transformado los resultados en unidades de cuidados intensivos neonatales. La evidencia científica respalda consistentemente los beneficios de estos enfoques integrados.

35%

Reducción en Mortalidad

Estudios multicéntricos demuestran disminución significativa en mortalidad neonatal con monitorización hemodinámica avanzada

42%

Menos Displasia Broncopulmonar

El manejo hemodinámico optimizado reduce la incidencia de displasia broncopulmonar en prematuros extremos

28%

Reducción de Enterocolitis

La optimización de perfusión intestinal mediante monitorización reduce casos de enterocolitis necrotizante

Evita Intervenciones Invasivas

La monitorización precisa permite tomar decisiones terapéuticas tempranas, evitando la progresión a estados críticos que requieren ECMO u otras intervenciones de alto riesgo.

Éxito en Prematuros Extremos

Centros como el Hospital Stead Family Children's han reportado mejorías sustanciales en tasas de supervivencia sin morbilidad mayor en neonatos menores de 28 semanas de gestación.





ANATOMÍA Y FISIOLÓGÍA NEONATAL

Adaptación neonatal cardiovascular

De la vida intrauterina a la extrauterina: la transición circulatoria y las estructuras anatómicas que se modifican al nacer.



Lo que cubriremos

01

Circulación fetal

Placenta, circulación en paralelo y los tres cortocircuitos.

[Ir a la sección →](#)

02

El nacimiento

Desencadenantes de la transición cardiovascular.

[Ir a la sección →](#)

03

Cambios anatómicos

Cierre de cortocircuitos y sus derivados ligamentosos.

[Ir a la sección →](#)

04

Adaptación de riesgo

Recién nacidos que necesitan ayuda al nacer.

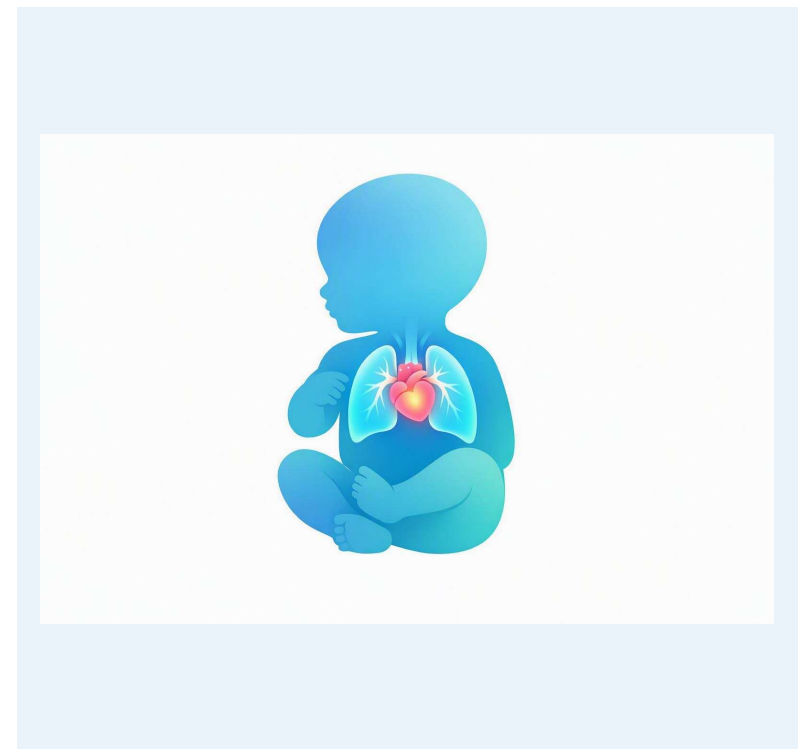
[Ir a la sección →](#)

■ PUNTO DE PARTIDA

La circulación fetal

En el feto, la placenta es el órgano de intercambio y los pulmones están colapsados, con una resistencia vascular pulmonar (RVP) muy alta.

- **Oxigenación placentaria.** La sangre se oxigena en la placenta; los pulmones no participan en el intercambio gaseoso.
- **Circulación en paralelo.** Ambos ventrículos bombean a la vez hacia la circulación sistémica.
- **Resistencias invertidas.** RVP alta y resistencia sistémica baja (placenta de baja resistencia).
- **Tres cortocircuitos.** Desvían la sangre de los órganos no funcionales: hígado y pulmones.



Corazón y pulmones del recién nacido

Los tres cortocircuitos fetales

1

Conducto venoso

Ductus venoso

Comunica la vena umbilical con la vena cava inferior. Lleva sangre oxigenada a la circulación general evitando el hígado.

2

Foramen oval

Agujero oval

Comunica la aurícula derecha con la izquierda. Desvía sangre oxigenada hacia el corazón izquierdo, el cerebro y las coronarias.

3

Conducto arterioso

Ductus arterioso

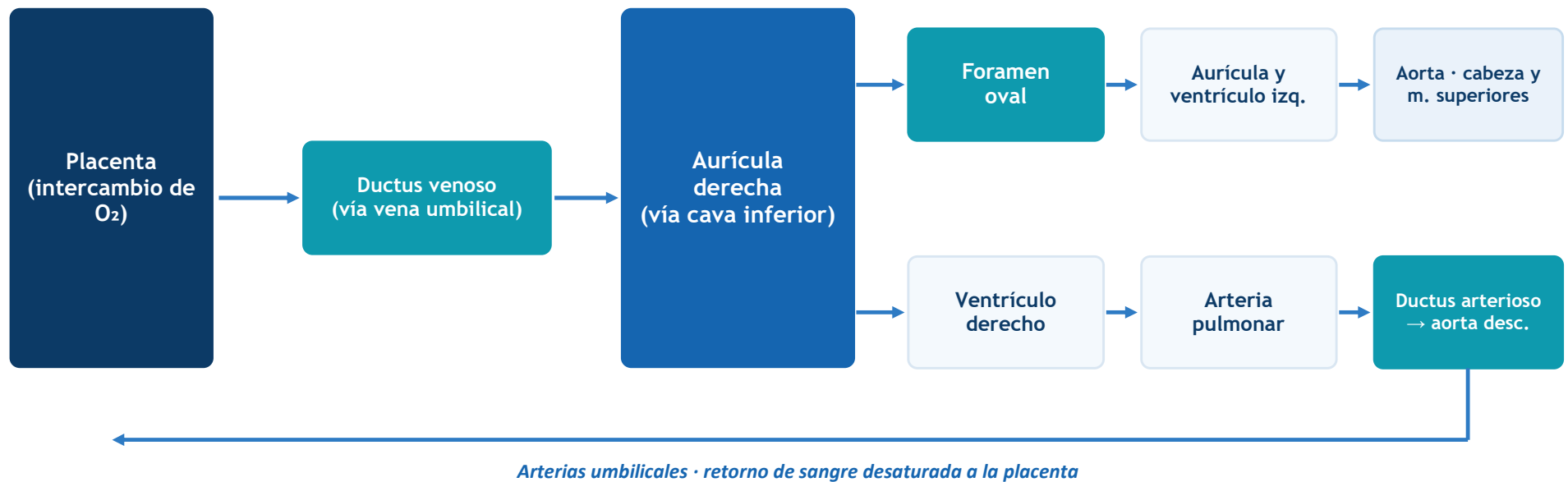
Une la arteria pulmonar con la aorta. Desvía la sangre lejos de los pulmones colapsados hacia la aorta descendente.

■ DIAGRAMA DE FLUJO

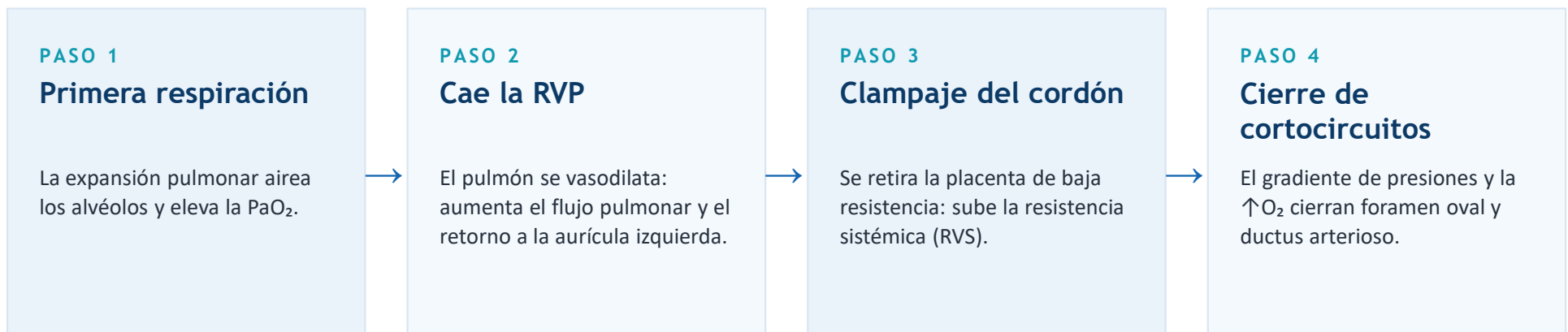
Trayecto de la sangre fetal

■ Cortocircuito (shunt)

Las flechas indican el sentido del flujo sanguíneo.



El nacimiento: desencadenantes



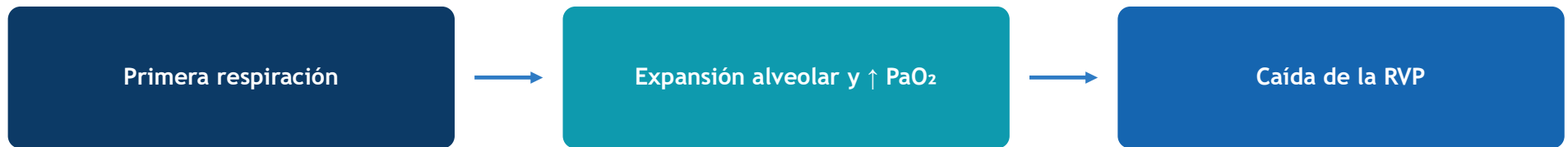
Resultado: la circulación pasa de **paralelo (fetal)** a **serie (neonatal)**, separando los circuitos pulmonar y sistémico.

TRANSICIÓN

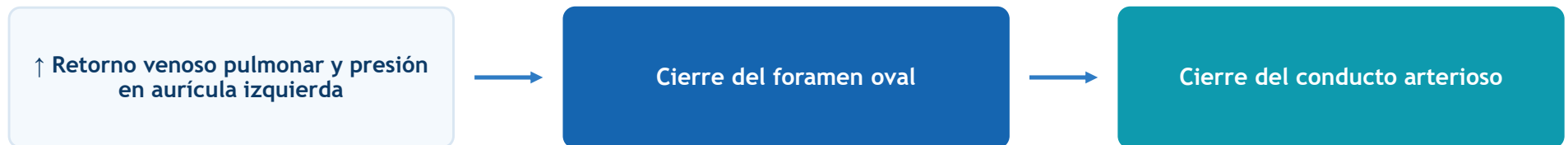
La adaptación pulmonar impulsa la transición circulatoria

Cada paso desencadena el siguiente.

ADAPTACIÓN PULMONAR



RESPUESTA CIRCULATORIA



desencadena la transición

El pulmón que se expande y oxigena hace caer la RVP: ese cambio de presiones cierra el foramen oval y el conducto arterioso, y separa las dos circulaciones.

Cierre de los cortocircuitos

Foramen oval	Primeras horas	Cierre funcional cuando la presión de la aurícula izquierda supera a la derecha; cierre anatómico en meses.
Ductus arterioso	24 - 72 horas	Cierre funcional por el $\uparrow O_2$ y la \downarrow de prostaglandinas; cierre anatómico en 1 – 3 semanas.
Ductus venoso	3 - 7 días	Se cierra al cesar el flujo umbilical tras el clampaje del cordón.
Vasos umbilicales	Tras el clampaje	Las arterias y la vena umbilicales se obliteran progresivamente.

ESTRUCTURAS QUE SE MODIFICAN

De estructura fetal a derivado adulto

ESTRUCTURA FETAL	DERIVADO EN EL ADULTO
Foramen oval	Fosa oval
Conducto arterioso (ductus)	Ligamento arterioso
Conducto venoso (ductus)	Ligamento venoso
Vena umbilical	Ligamento redondo del hígado
Arterias umbilicales (porción distal)	Ligamentos umbilicales mediales

La obliteración de los vasos y cortocircuitos deja trayectos fibrosos: la mayoría persisten como ligamentos identificables en la anatomía del adulto.

Circulación fetal vs. neonatal

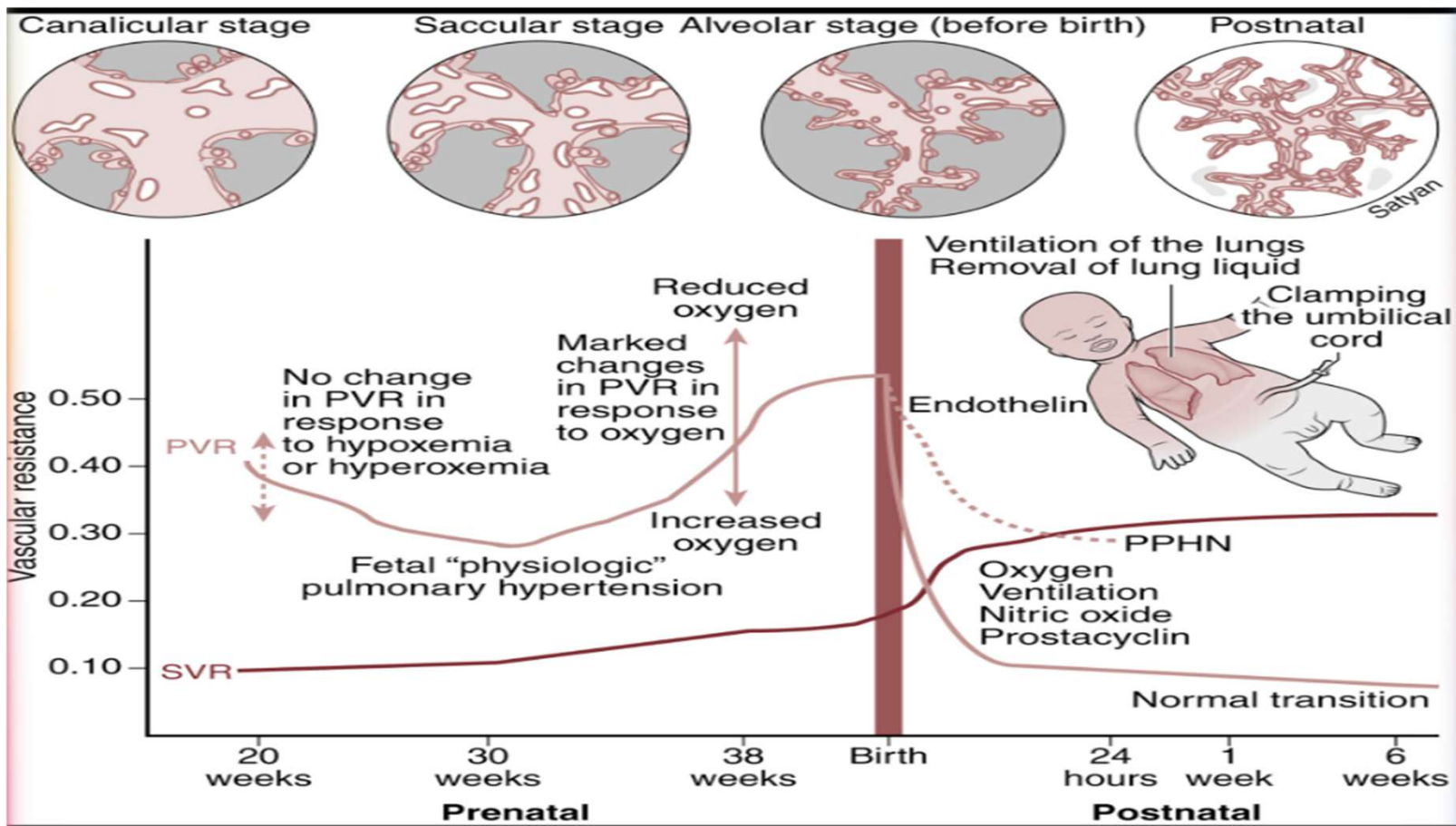
FETAL · EN PARALELO

- Placenta = órgano de intercambio gaseoso
- Ventriculos trabajan en paralelo
- RVP alta · resistencia sistémica baja
- Cortocircuitos abiertos y funcionantes
- Sangre parcialmente mezclada

NEONATAL · EN SERIE

- Pulmones = órgano de intercambio gaseoso
- Ventriculos conectados en serie
- RVP baja · resistencia sistémica alta
- Cortocircuitos cerrados (ligamentos)
- Circuitos pulmonar y sistémico separados

TFC



IRVS

¿Quién necesita ayuda al nacer?

~**10%** de los recién nacidos requiere alguna asistencia y **<1%** reanimación avanzada.

Prematuridad

Pulmones inmaduros y déficit de surfactante.

Asfixia perinatal

Sufrimiento fetal, líquido meconial, bradicardia.

Bajo peso / RCIU

Restricción del crecimiento intrauterino.

Parto complicado

Cesárea urgente, distocia, prolapso de cordón.

Factores maternos

Diabetes, infección/corioamnionitis, fármacos.

Malformaciones

Cardiopatías congénitas, hernia diafragmática.



Evaluación inicial

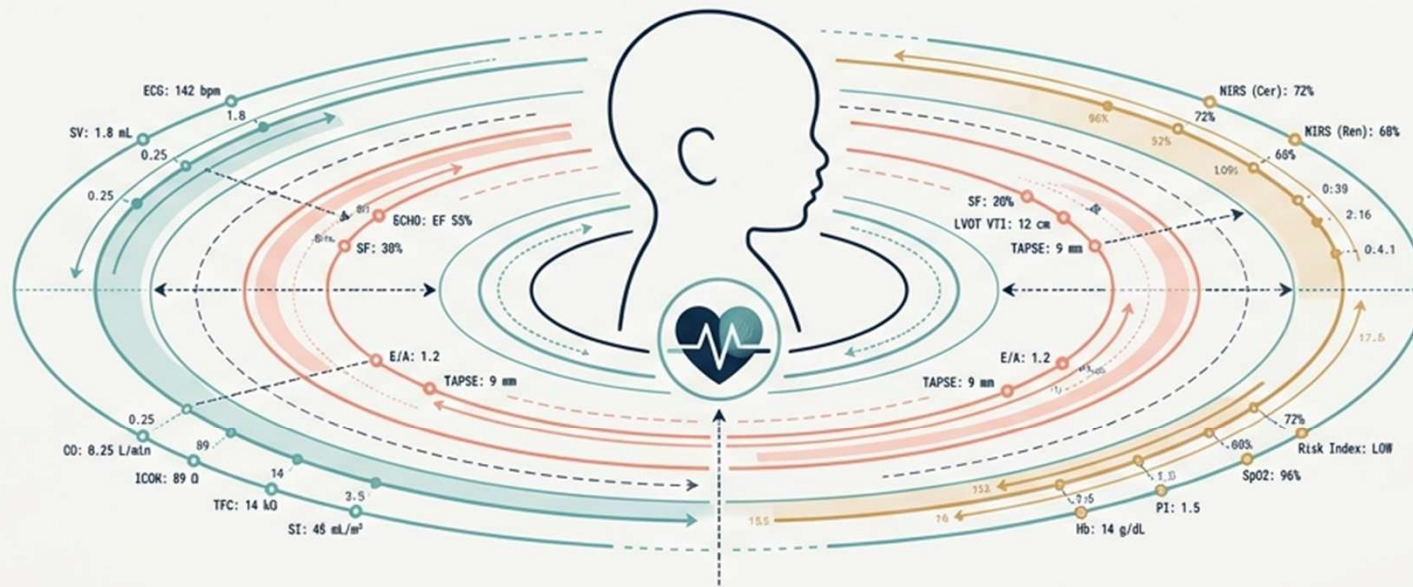
¿A término? · ¿Buen tono? · ¿Respira o llora?
Apgar y frecuencia cardíaca < 100 lpm guían la reanimación.

Puntos clave

- 1 **Paralelo → serie.** La transición convierte una circulación fetal en paralelo en una neonatal en serie.
- 2 **El disparador.** Primera respiración + clampaje del cordón: ↓RVP, ↑RVS y ↑O₂.
- 3 **Cierre de cortocircuitos.** Foramen oval, ductus arterioso y ductus venoso se cierran y se vuelven ligamentos.
- 4 **Adaptación de riesgo.** ~10% necesita ayuda; prematuridad y asfixia son las causas más frecuentes.
- 5 **Anticipación clínica.** Reconocer los factores de riesgo permite preparar la reanimación neonatal.

3. EL NUEVO PARADIGMA DEL MONITOREO HEMODINÁMICO NEONATAL

Integración de la cardiometría eléctrica en un modelo multimodal para el cuidado crítico.



DATA INTEGRATION: CONTINUOUS MULTIMODAL ASSESSMENT.
SOURCE: CLINICAL WHITE PAPER VOL. 24, 2024. DO NOT DISTRIBUTE.

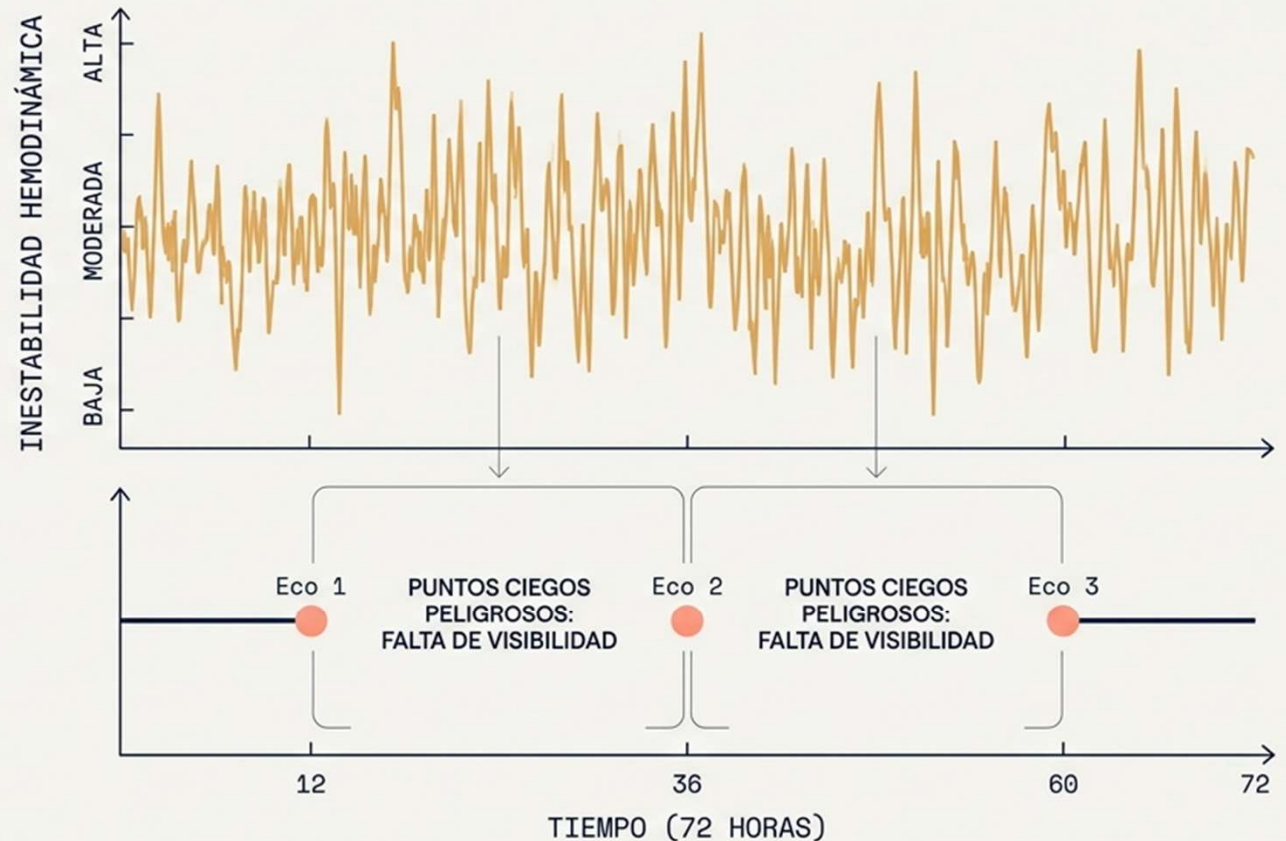
El Desafío de la Circulación Transicional

El Problema: La inestabilidad hemodinámica cambia minuto a minuto en los recién nacidos prematuros.







El Estándar Actual: La ecocardiografía (Eco) proporciona datos estructurales excelentes, pero es intermitente y altamente dependiente del operador.

La Barrera Fisiológica: Los neonatos son demasiado pequeños para las líneas arteriales invasivas continuas.

Necesitamos visibilidad continua entre las evaluaciones ecocardiográficas.



La Matriz Diagnóstica: Más Allá de un Solo Parámetro

	Ecocardiografía	Cardiometría Eléctrica	NIRS
Continuidad	 Intermitente	 Continua (latido a latido)	 Continua
Dependencia	 Alta	 Baja	 Baja
Foco Clínico	Anatomía y Función Estructural	Tendencias de Flujo y Fluidos (GC, TFC)	Perfusión y Oxigenación Tisular

Un enfoque multimodal es superior a cualquier herramienta aislada.

NEONATOLOGY QUESTIONS AND CONTROVERSIES

Hemodynamics and Cardiology

Third Edition



Istvan Seri · Martin Kluckow

Consulting Editor Richard A. Polin

ELSEVIER

look

Method	Invasive?	Continuous (C) or Intermittent (I)	Equipment	Feasible in Neonates?	Validated in Neonates?	Advantages	Limitations
PRAM	+	C	AC	+	+	Less invasive; continuous monitoring; no calibration required	<p>Significant training required; highly operator-dependent; not an easy, bedside method; high intra- and interobserver variability; inaccuracy due to errors in the calculation of velocity time integral, cross-sectional area and angle of insonation</p> <p>Sensitive to motion artifact; inaccuracy due to alteration in position or contact of the electrodes, irregular heart rates, and changes in tissue water content; compromised reliability on high frequency ventilation</p> <p>Repeated calibration required; use of small arterial catheters can cause distortion of the shape of the pressure wave and overdamped curves; accuracy influenced by changes in arterial compliance, changes in vasomotor tone, and irregular heart rate</p> <p>Repeated calibration required; accuracy influenced by changes in arterial compliance, changes in vasomotor tone, and irregular heart rate</p> <p>Use of small arterial catheters can cause distortion of the shape of the pressure wave and overdamped curves; accuracy influenced by changes in arterial compliance, changes in vasomotor tone, and irregular heart rate</p>

AC, Arterial catheter; APCA, arterial pulse contour analysis; BR, bioreactance; BSA, body surface area; CO₂-R, CO₂ rebreathing; CVC, central venous catheter; EC, electrical cardiometry; ET, endotracheal tube; LtR, left-to-right; mCO₂F, modified CO₂ Fick method; O₂-Fick, oxygen Fick; PAC, pulmonary artery catheter; PATD, pulmonary artery thermodilution; PDD, pulse dye densitometry; PICCO, APCA calibrated by TPTD; PRAM, pressure recording analytical method; PulseCO, APCA calibrated by TPLID; TCD, transcutaneous Doppler; TED, transesophageal Doppler; TEE, transesophageal echocardiography; TPLiD, transpulmonary lithium dilution; TPTD, transpulmonary thermodilution; TPUD, transpulmonary ultrasound dilution; TTE, transthoracic echocardiography.

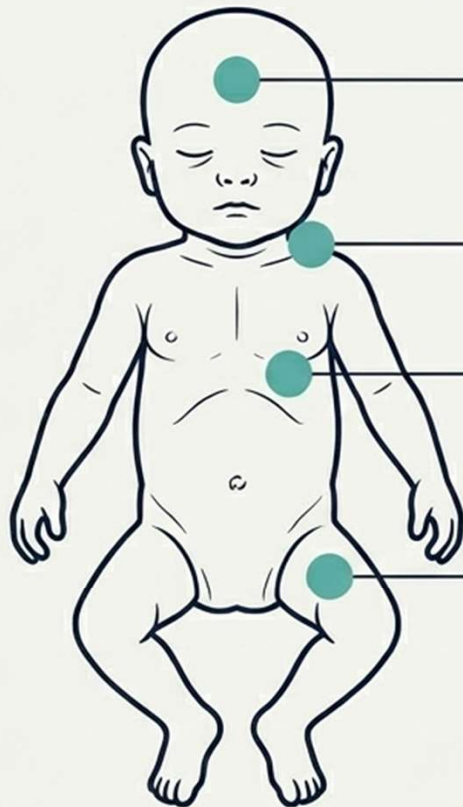
Assessment of Cardiac Output in Neonates

243

14

La Solución Tecnológica: Cardiometría Eléctrica (CE)

¿Cómo funciona? Utiliza bioimpedancia eléctrica torácica no invasiva para medir cambios en la conductividad durante el ciclo cardíaco (orientación de eritrocitos).



[GC] Gasto Cardíaco

Monitoreo continuo de flujo sistémico.



[RVS] Resistencias Vasculares Sistémicas

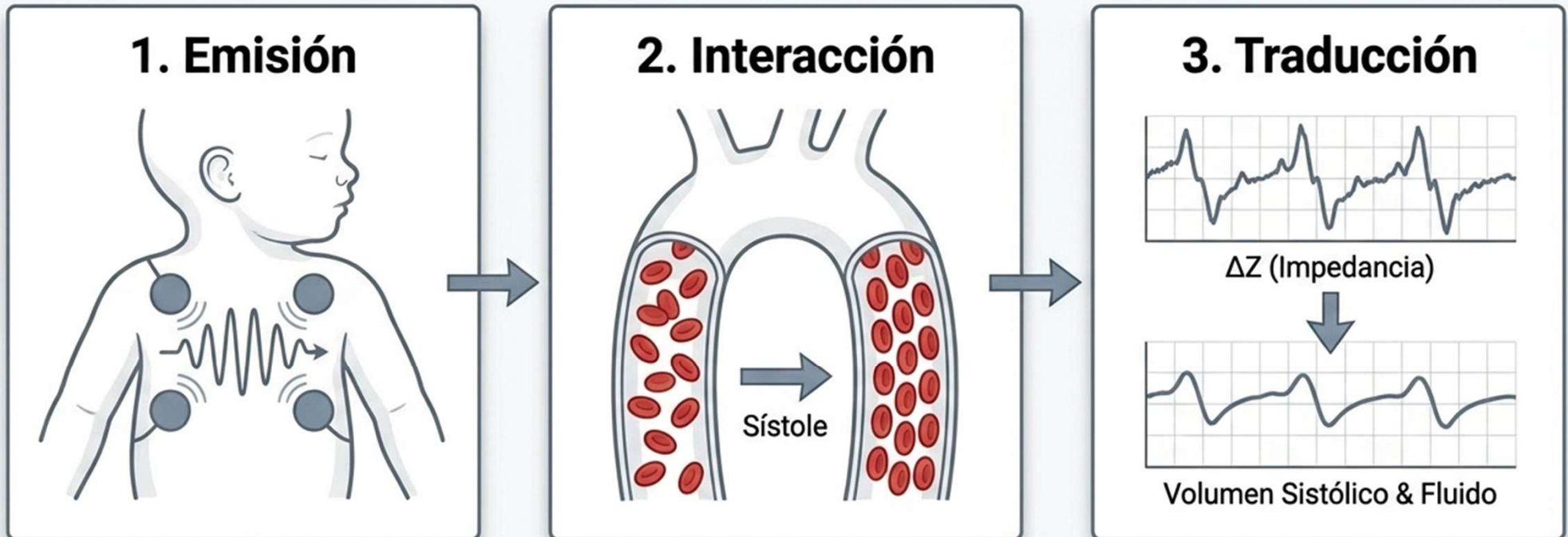
Evaluación de la poscarga.

[TFC] Contenido de Fluido Torácico

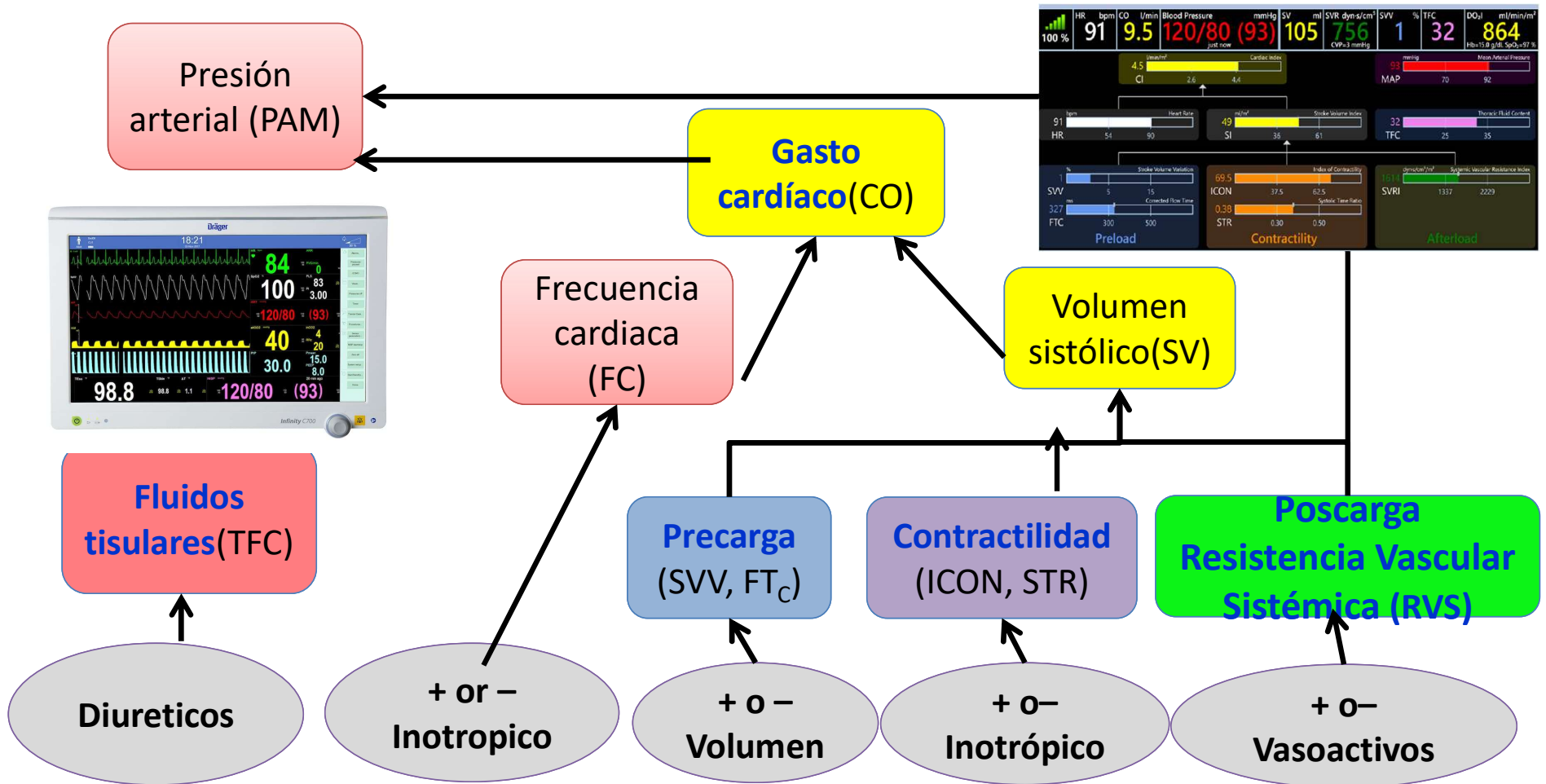
Evaluación indirecta del agua pulmonar y congestión.

¿Qué es y cómo funciona la Cardiometría Eléctrica (CE)?

Tecnología continua y no invasiva basada en la bioimpedancia torácica que mide los cambios en la conductividad eléctrica con cada latido.

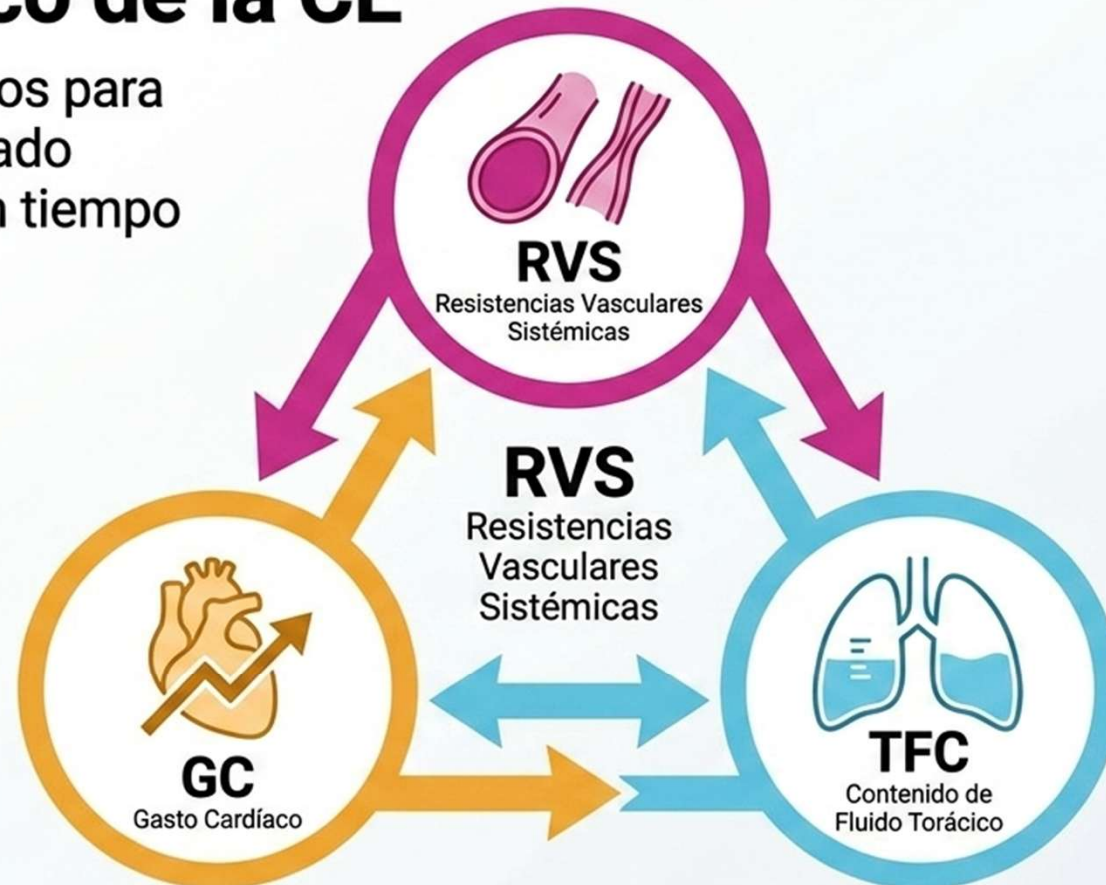


Obtener el panorama hemodinámico completo



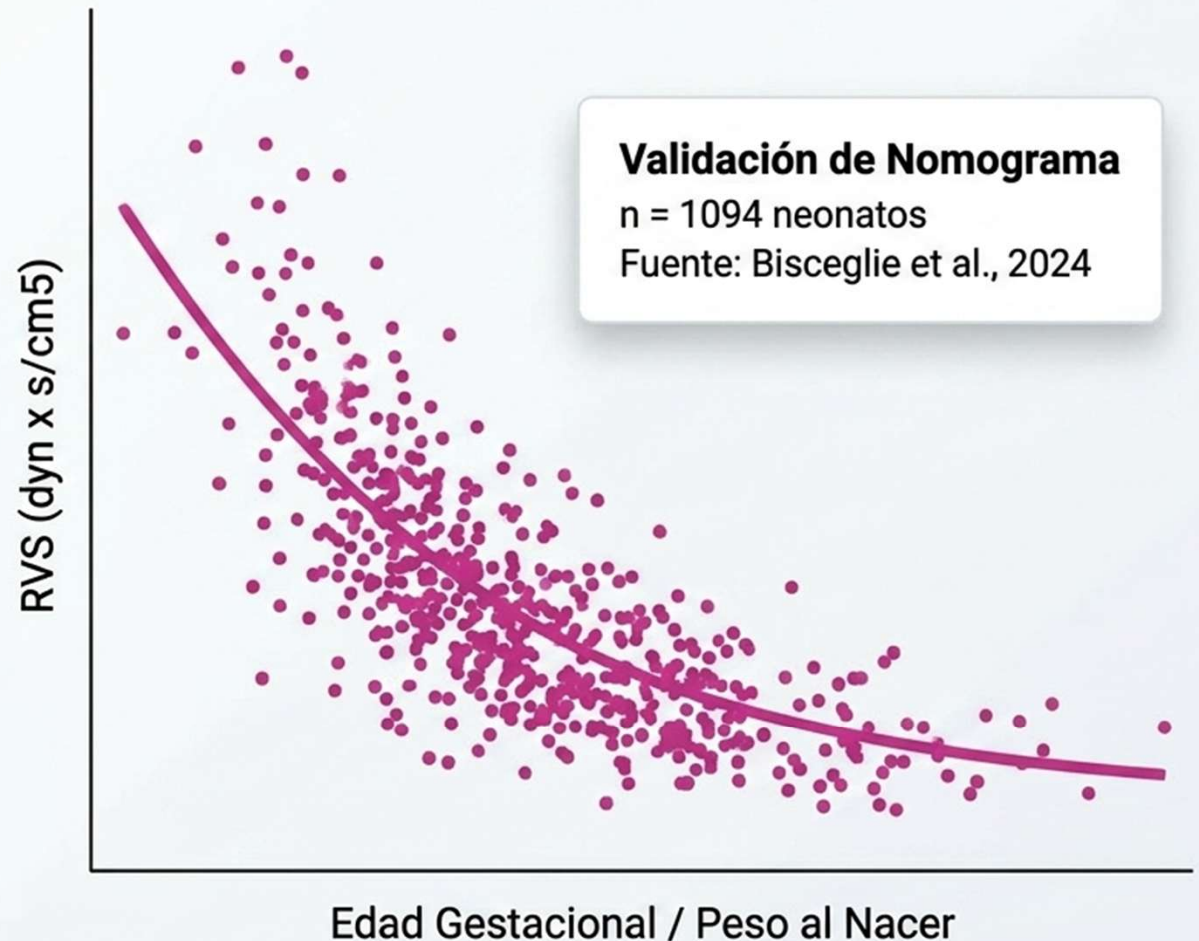
El Panel de Control Paramétrico de la CE

Tres pilares clínicos para estratificar el estado hemodinámico en tiempo real.



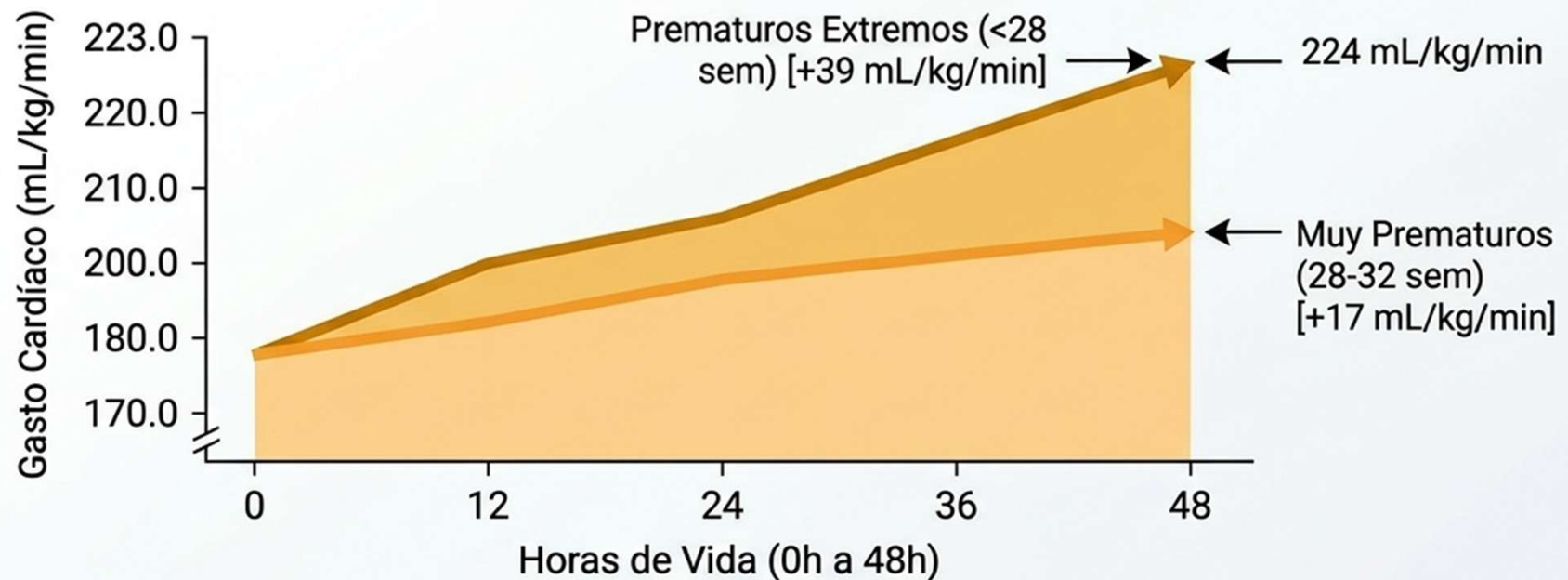
RVS: Llenando el Vacío de Datos

La evidencia establece nomogramas claros en neonatos: las RVS caen exponencialmente a medida que aumentan la edad gestacional y el peso al nacer.



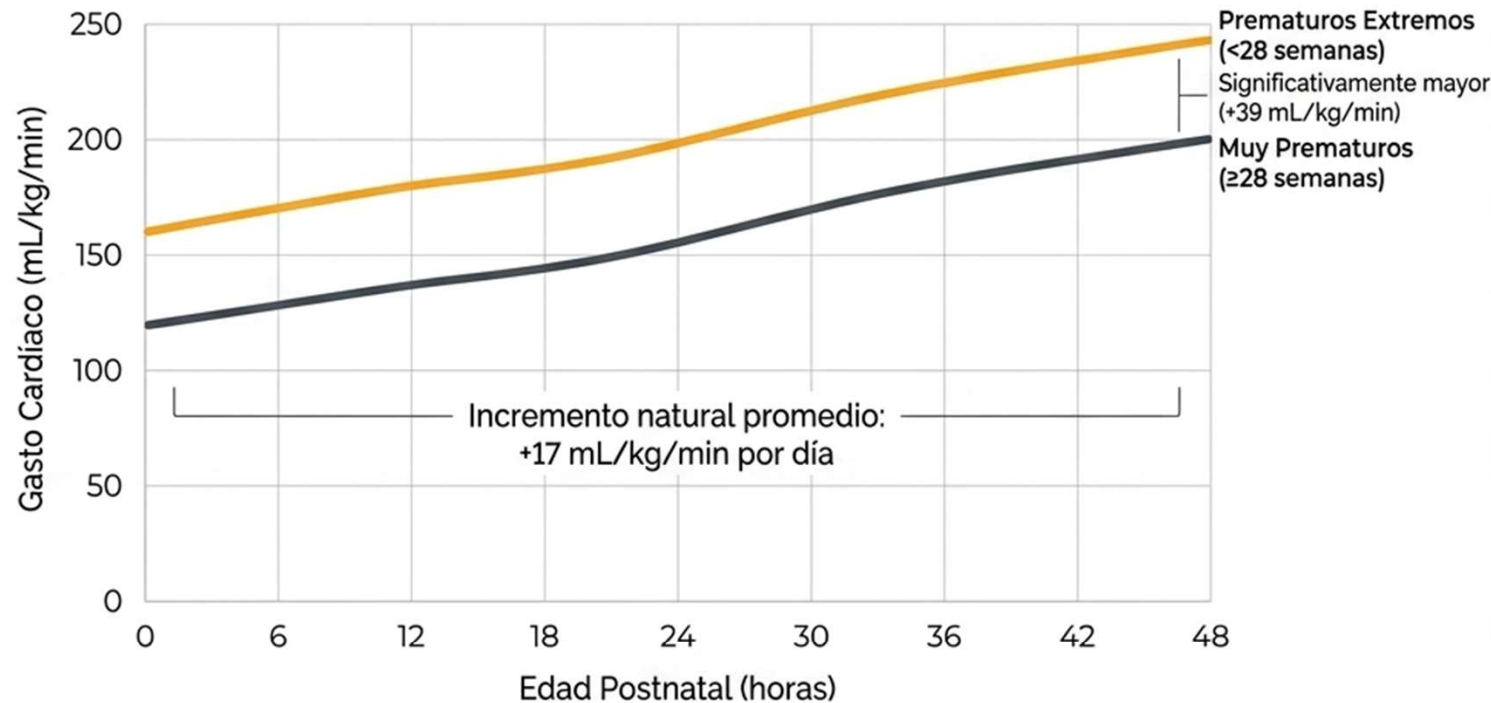
GC: La Trayectoria de las Primeras 48 Horas

El aumento del Gasto Cardíaco durante la transición postnatal.



Precaución Clínica: La CE tiende a sobreestimar el GC absoluto en comparación con la ecocardiografía. Su utilidad principal radica en el monitoreo de tendencias (Schwarz, 2024).

La Trayectoria Natural del Período de Transición



Adaptación Extrauterina

Durante las primeras 48 horas, el Gasto Cardíaco (CO) no es estático;

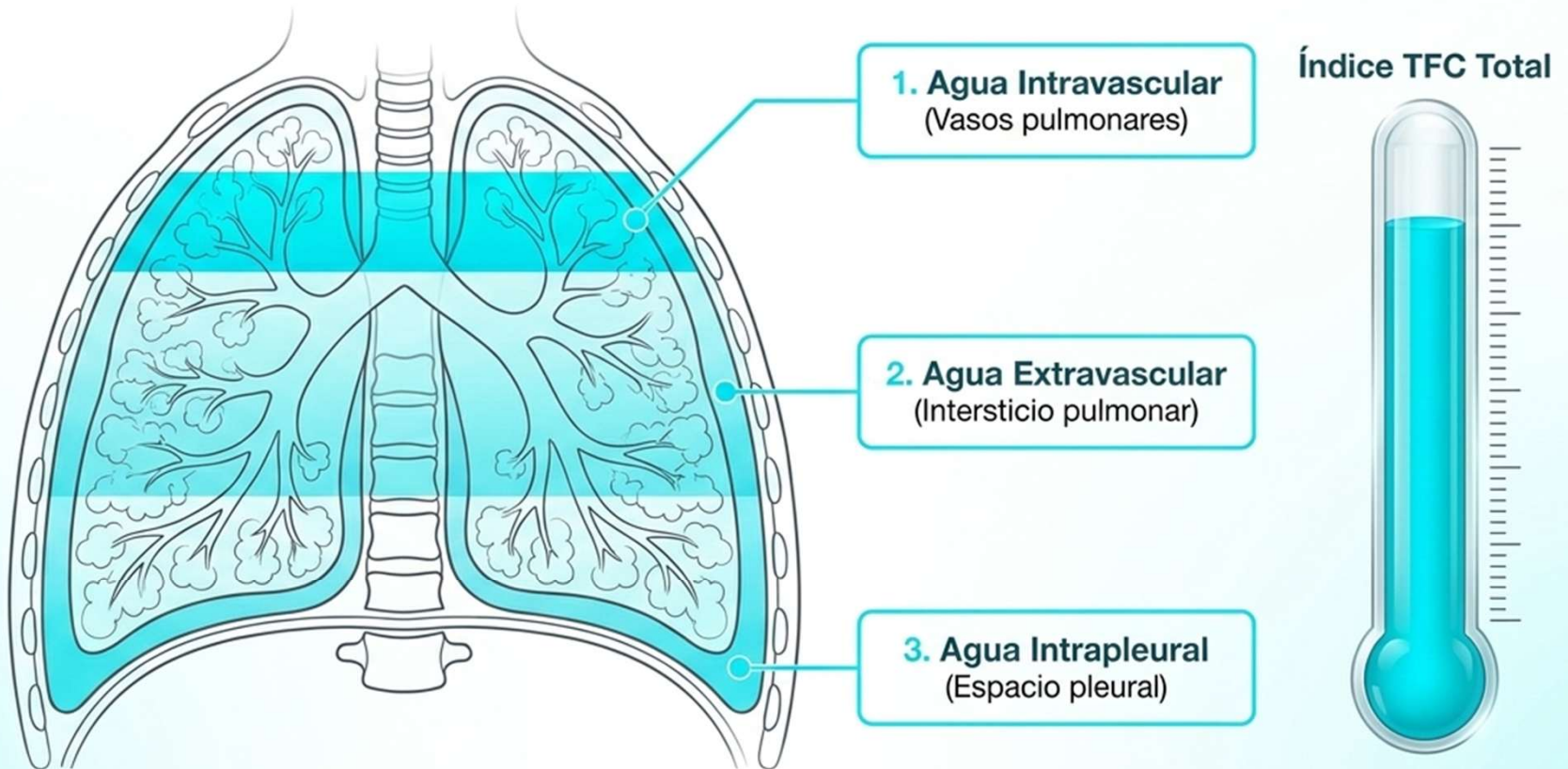
aumenta fisiológicamente de manera continua independientemente de los resultados clínicos.



Advertencia Tecnológica: Los valores basales obtenidos por Cardiometría Eléctrica son aproximadamente el doble de altos que los reportados históricamente por biorreactancia. Es obligatorio el uso de nomogramas específicos de la tecnología ICON.

TFC: Cuantificando el Agua Torácica

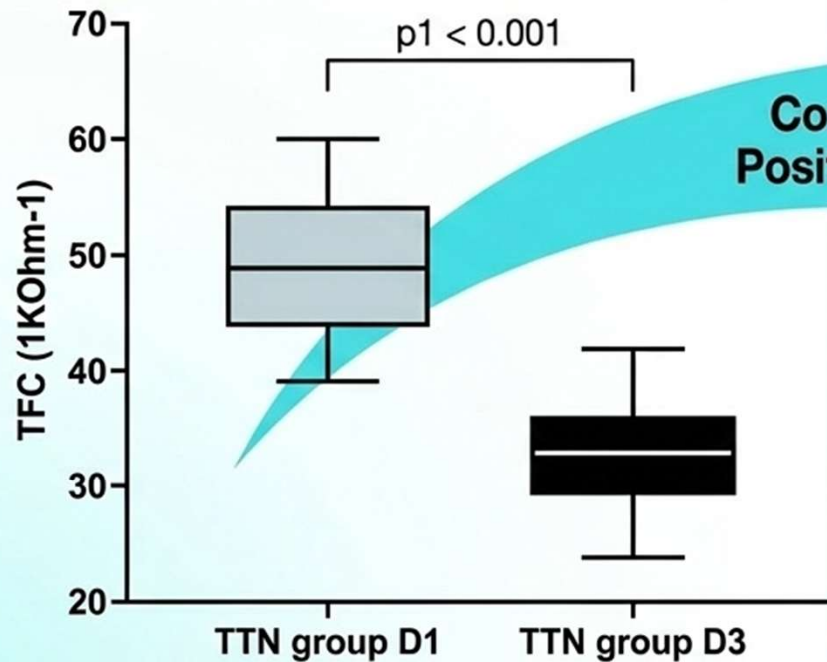
Un indicador continuo de congestión pulmonar, edema o hipervolemia.



Taquipnea Transitoria (TTN): La Caída Simétrica

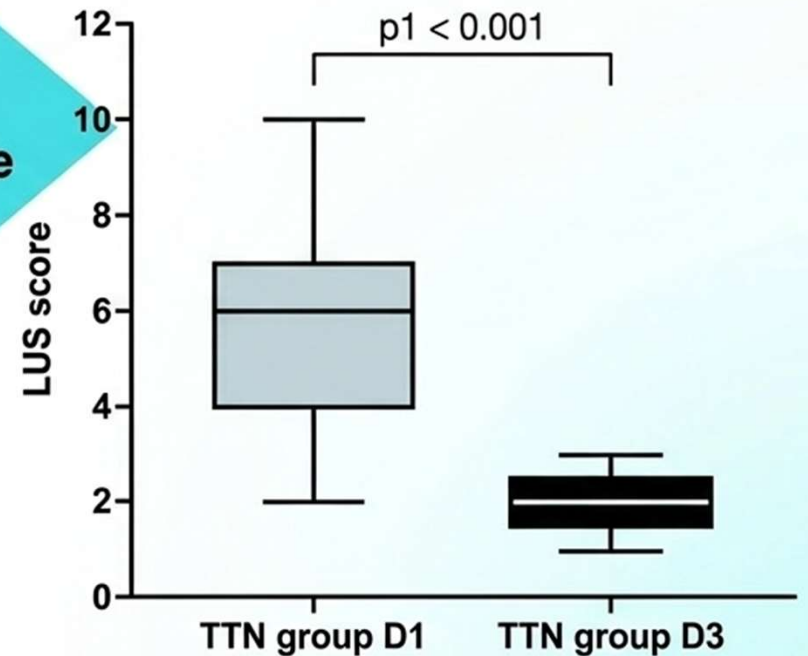
Correlación directa entre la reabsorción del líquido pulmonar (TFC) y la ecografía pulmonar (LUS).

Evolución TFC (Cardiometría)

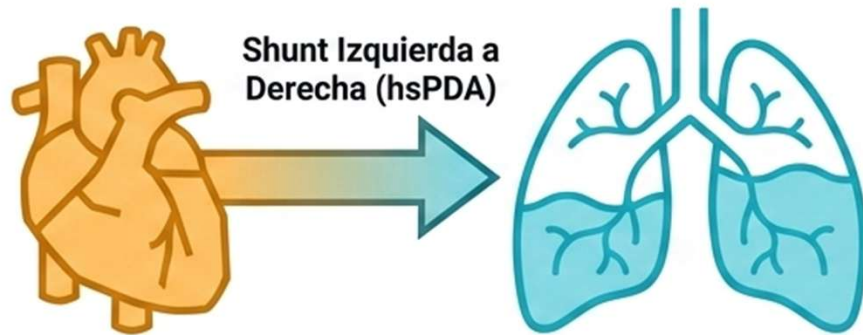


Correlación
Positiva Fuerte

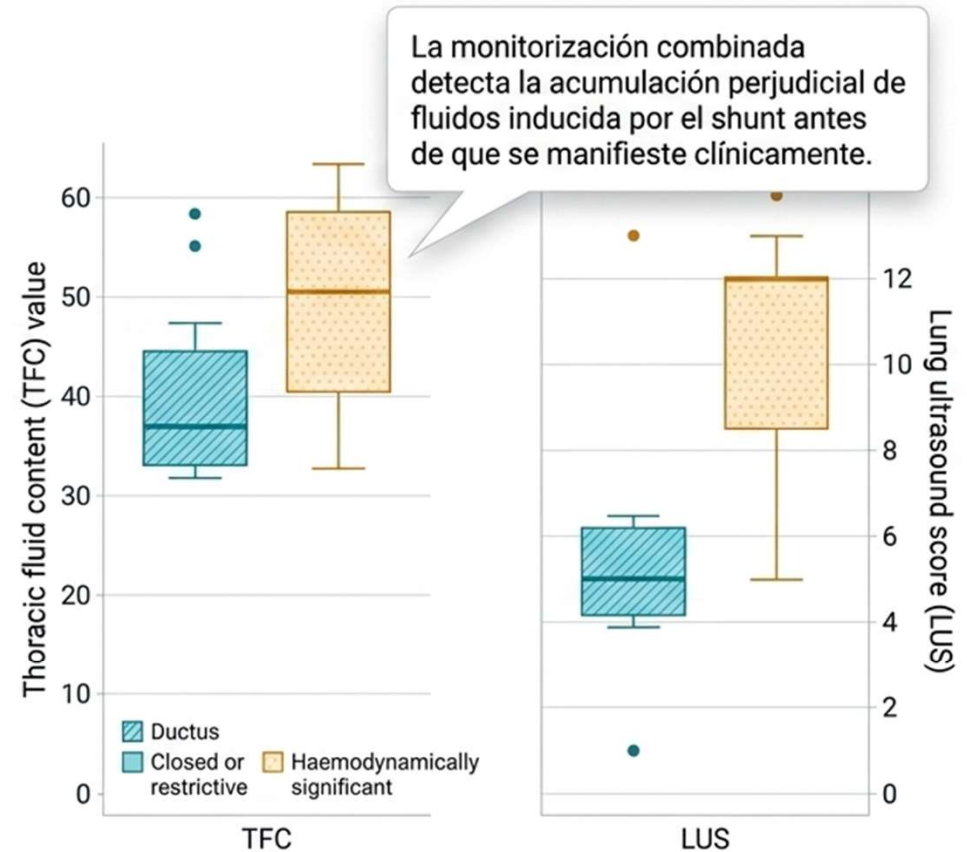
Evolución Score LUS (Ecografía)



Interacción Cardiopulmonar: El Bucle de Sobrecarga del hsPDA



En neonatos prematuros (<32 sem), un ductus restrictivo se mantiene normal, pero un hsPDA inunda los alvéolos. Esta sobrecarga pulmonar (Pulmonary Overflow) es medible en tiempo real desde el Día 1.

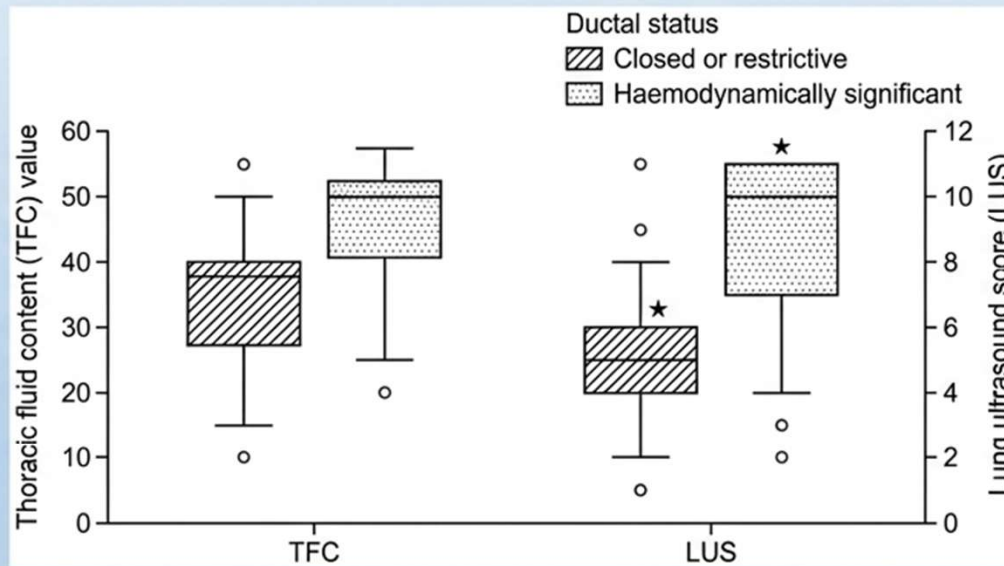


El Impacto del PDA en el Agua Pulmonar

Ductus Arterioso
(Shunt Izquierda-Derecha)

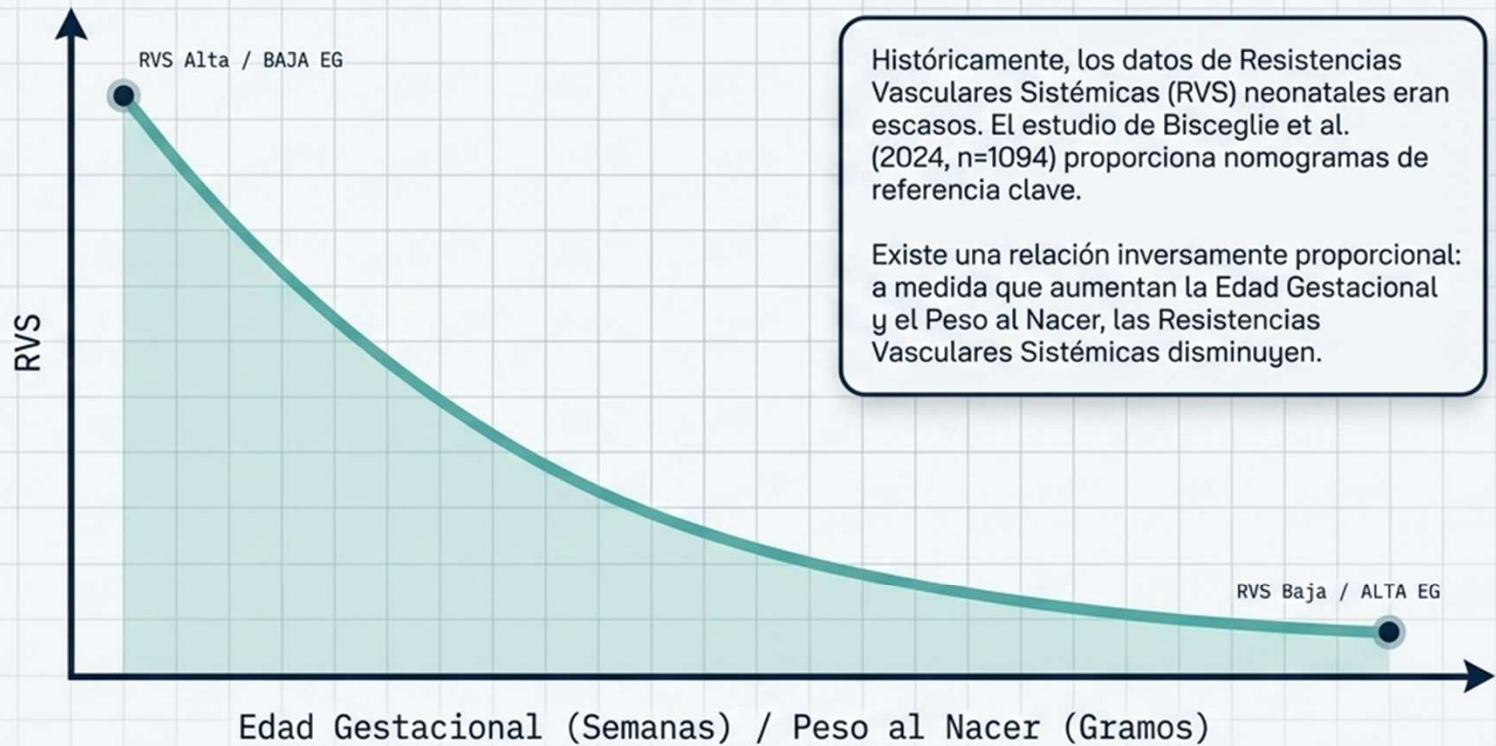
Sobrecarga Pulmonar
(Overflow)

Aumento de TFC y LUS
(Edema)



Un hsPDA causa una sobrecarga inmediata de fluidos, capturada simultáneamente por la impedancia y el ultrasonido (Martini et al., 2023).

Estableciendo la Línea Base: Nomogramas de RVS

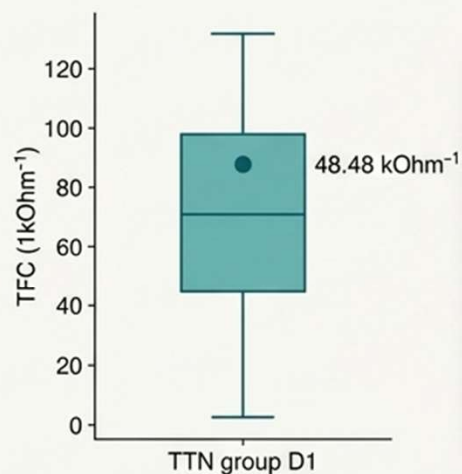


Aplicación Clínica: Titulación de Fluidos en TTN

El Contenido de Fluido Torácico (TFC) permite diagnosticar y rastrear la Taquipnea Transitoria del Recién Nacido (TTN).

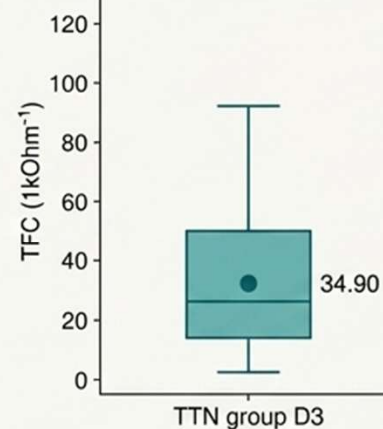
Día 1

TFC significativamente elevado (media 48.48 $\text{k}\Omega\text{m}^{-1}$). Fuerte correlación con líneas B en ecografía pulmonar (LUS).



Día 3

Día 3: Caída brusca del TFC (media 34.90) a medida que el fluido se reabsorbe, correlacionando con la mejoría en el puntaje clínico.

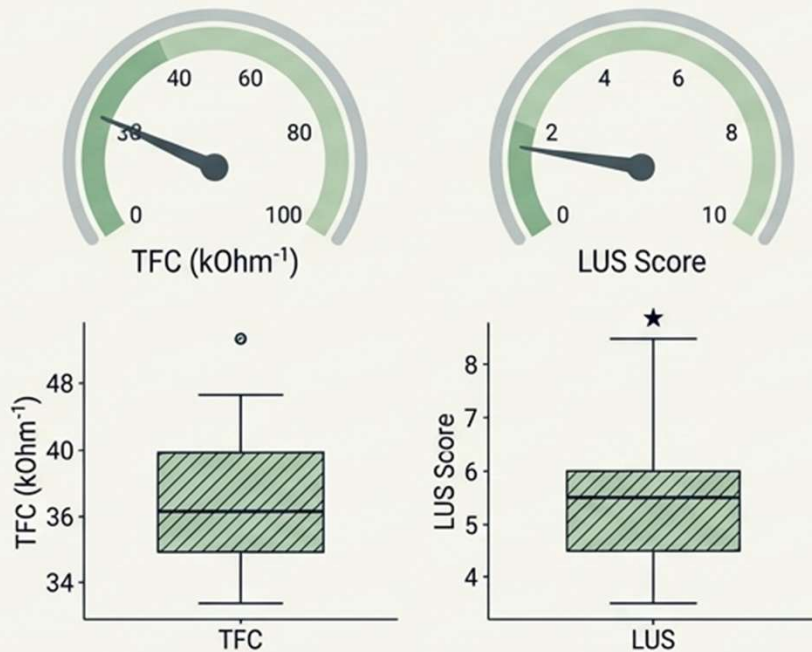


El Impacto Pulmonar del hsPDA

Ductal Status:
Closed or restrictive
Haemodynamically significant

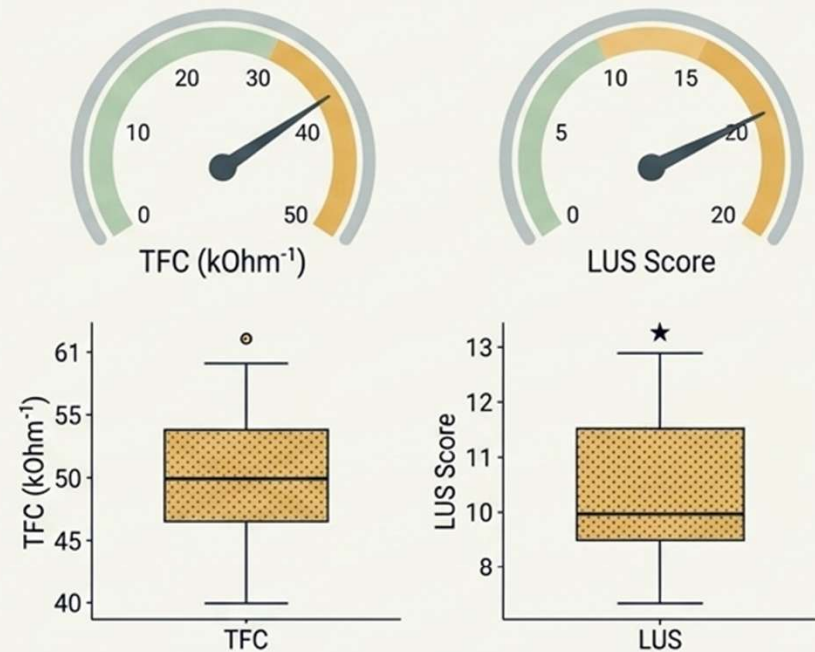
El shunt de izquierda a derecha de un Ductus Arterioso Persistente (hsPDA) genera un desbordamiento pulmonar cuantificable.

Ductus Restrictivo/Cerrado



- **Detección Temprana:** Valores basales de TFC y LUS, consistentes con función pulmonar saludable.

hsPDA



- **Detección Temprana:** Desde las primeras 72 horas, un hsPDA se asocia con valores significativamente más altos de TFC y LUS.
- **Monitoreo Continuo:** La bioimpedancia detecta la retención de fluidos antes del deterioro clínico severo, guiando el manejo restrictivo.

Transición Postnatal y Riesgo de Reperusión

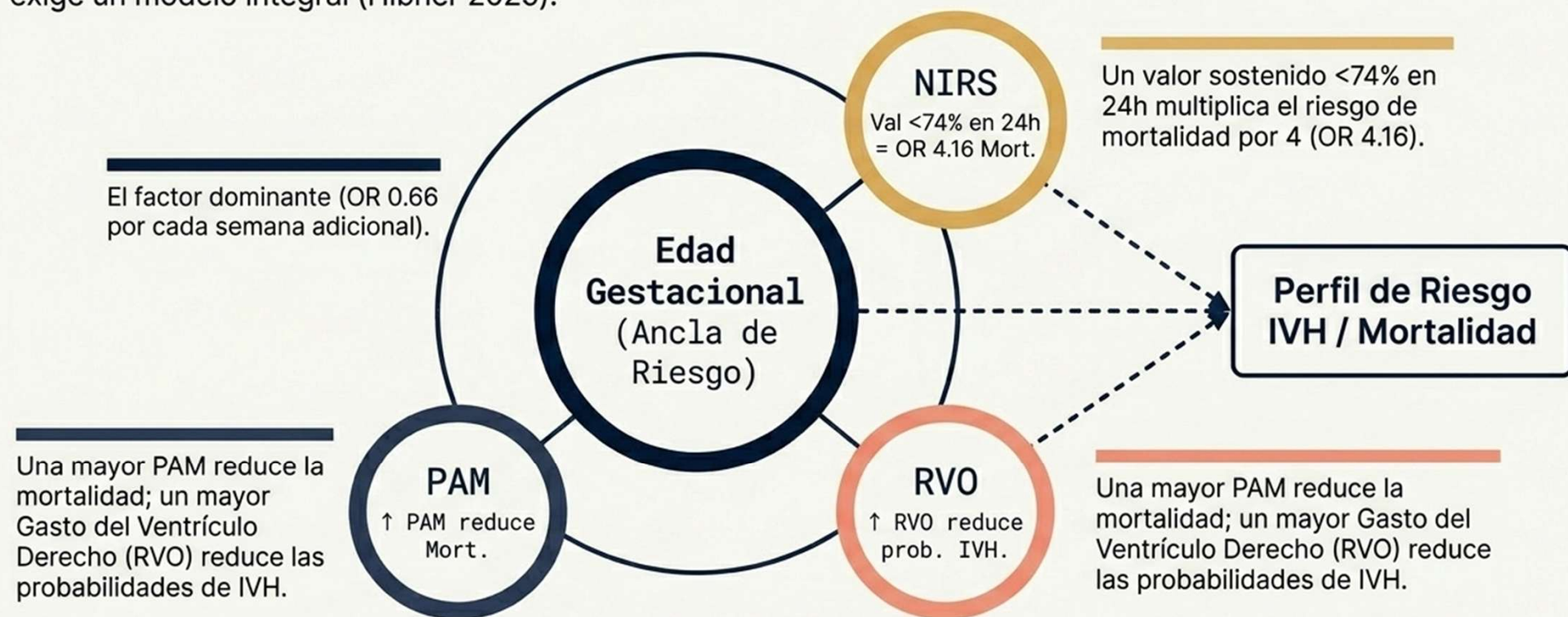
El Gasto Cardíaco (GC) medido por CE aumenta naturalmente durante las primeras 48 horas de vida.

- **Niveles Base:** El GC es fundamentalmente mayor en prematuros extremos (<28 semanas) frente a muy prematuros.
- **Alerta Temprana:** Una trayectoria de aumento acelerado en el día 2 está vinculada a IVH Grado ≥ 2 (posible daño por reperusión).

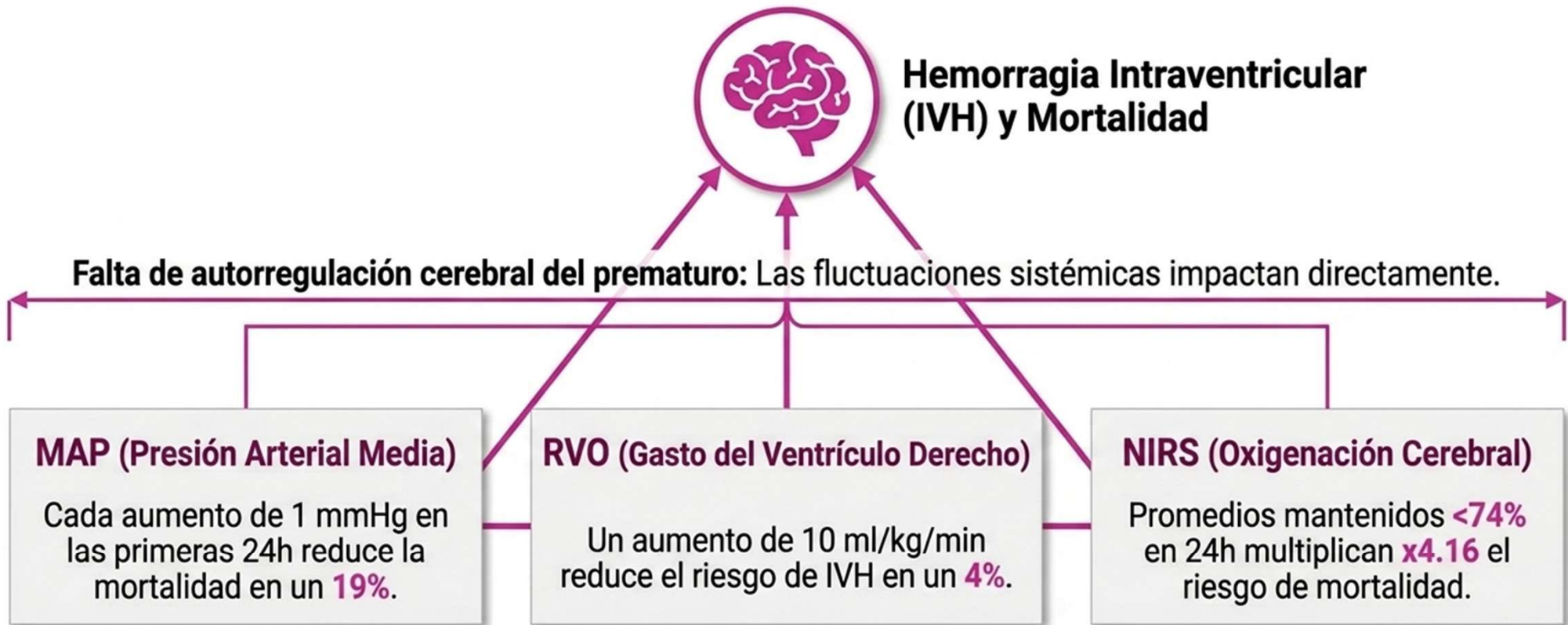


Protección Neurológica: El Rompecabezas de la IVH

Ningún parámetro por sí solo predice perfectamente la Hemorragia Intraventricular (IVH). La predicción temprana exige un modelo integral (Hibner 2025).

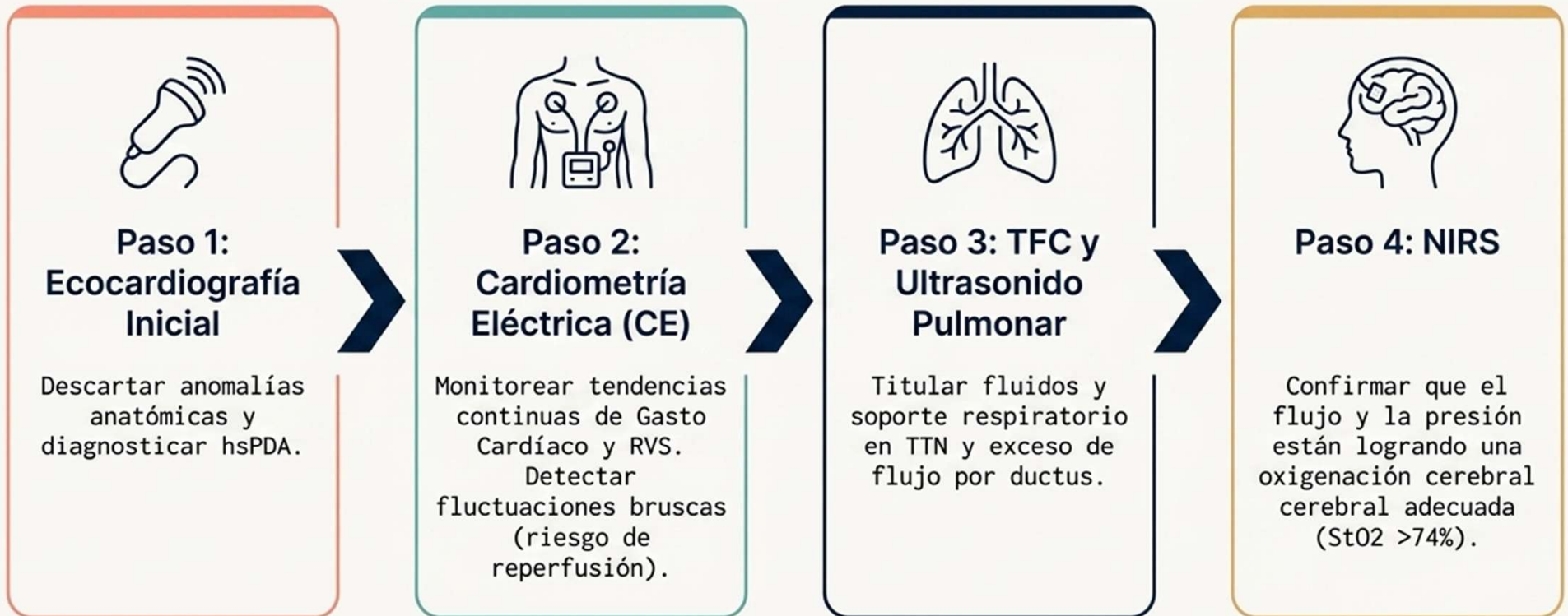


Sistema Neurológico: Hemodinámica Sistémica e IVH



Caídas prolongadas por debajo de estos umbrales marcan la ventana de intervención clínica para prevenir daño cerebral secundario.

Síntesis Clínica: Árbol de Decisión Multimodal



Del Resumen Fisiológico a la Acción Precisa

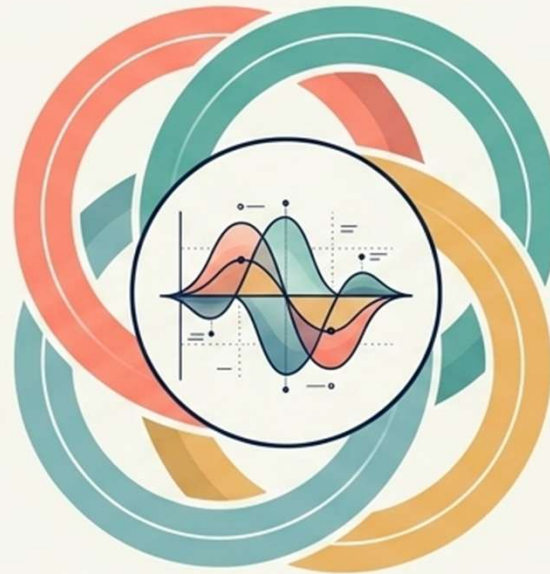
La integración rutinaria de múltiples parámetros construye un perfil fisiológico en tiempo real.

Cardiometría Eléctrica:



La Cardiometría Eléctrica no reemplaza la evaluación ecocardiográfica. Actúa como un monitor de tendencias continuo que activa intervenciones oportunas antes del colapso clínico.

Tendencias continuas;
Intervenciones oportunas



Futuro de la UCIN:



El futuro de la UCIN es la evaluación individualizada de la estabilidad hemodinámica para proteger el cerebro inmaduro.

Evaluación individualizada;
Protección cerebral

Integración Multimodal:



La integración rutinaria de múltiples parámetros construye un perfil fisiológico en tiempo real.

Perfil fisiológico; Tiempo real

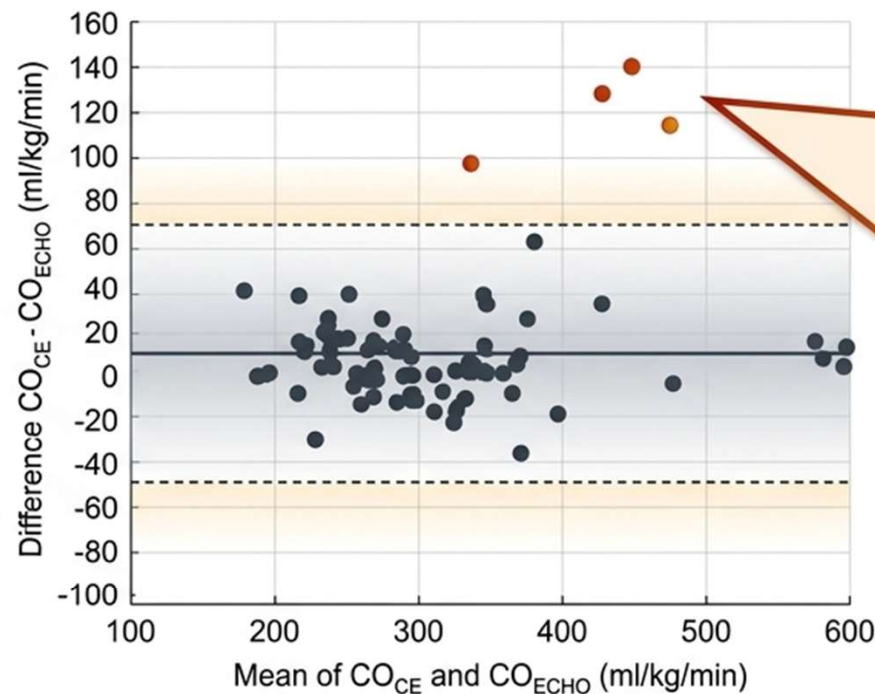
"La tecnología ilumina el estado del paciente; el clínico dirige el camino."

Validación Hemodinámica: Precisión vs. Estándar de Oro

¿Podemos confiar en el Gasto Cardíaco (CO) medido por CE frente a la Ecocardiografía?

Acuerdo General Satisfactorio:

- Sesgo medio bajo: 9.7 ml/kg/min (Día 1)
- Error porcentual medio (MPE) ~7%



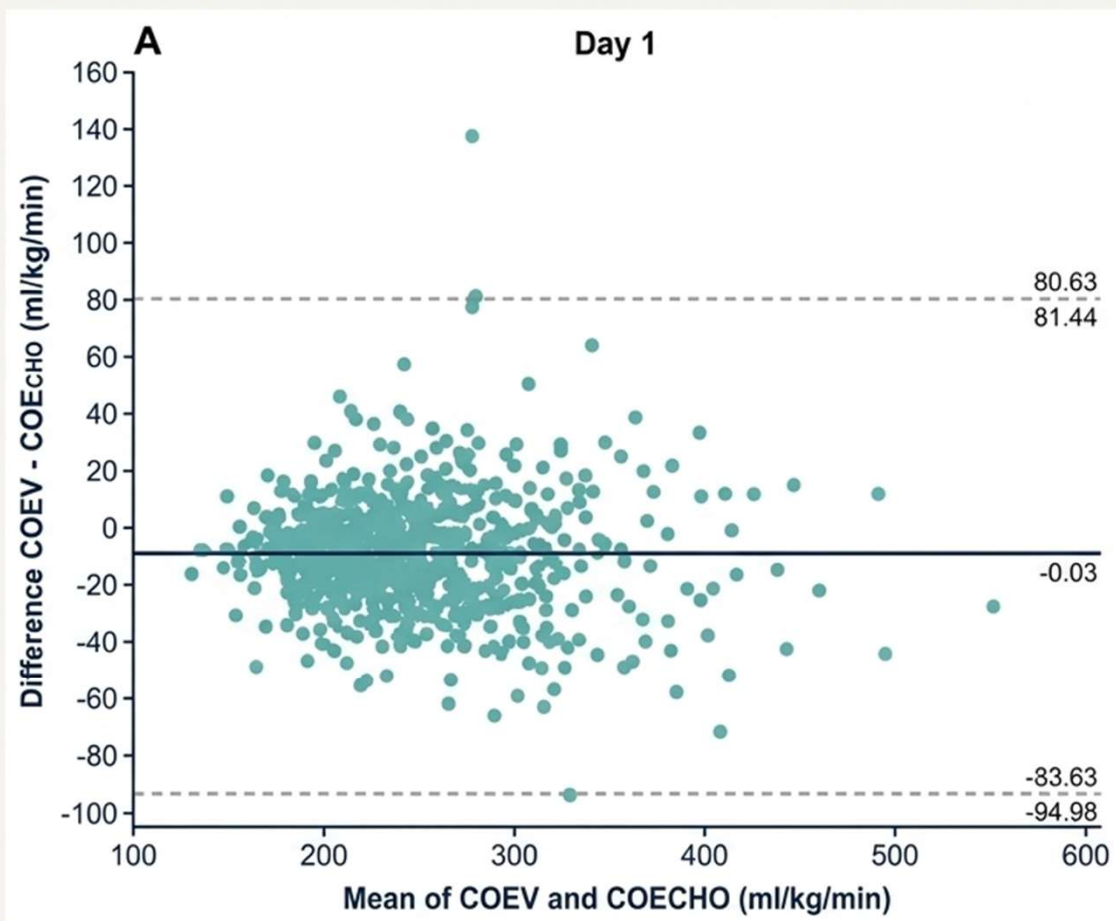
Limitaciones y Sobrestimación:

La CE tiende a sobrestimar ligeramente el gasto cardíaco bajo condiciones específicas:

- Presencia de hsPDA significativo (Sesgo: +17.0 ml/kg/min)
- Administración de dobutamina (Sesgo: +12.5 ml/kg/min)

La TTE sigue siendo esencial para decisiones críticas. La CE es óptima para monitorizar tendencias continuas, asumiendo estas limitaciones fisiológicas.

Validación Clínica: Estudio NEO-ICM (2025)



Precisión del Estudio

Comparación simultánea de CE vs. Ecocardiografía en prematuros (<32 semanas) durante las primeras 72 horas.

Precisión: Bajo sesgo y error porcentual medio satisfactorio (MPE ~7%).

Consideraciones Clave y Conclusión

Consideraciones: Se observó una ligera sobreestimación del Gasto Cardíaco por CE en presencia de un hsPDA y durante el uso de dobutamina.

La CE ofrece una precisión aceptable para el monitoreo de tendencias durante la fase crítica de transición.

Mensajes para llevar a casa : De la predicción a la individualización

Tendencias + que valores absolutos :

La fuerza de la CE radica en **la detección continua de cambios** relativos al pie de la cuna , no en reemplazar las mediciones anatómicas de la ecocardiografía .

Gestión hídrica de precisión:

El primer marco continuo para titular diuréticos, soporte respiratorio y restricción de fluidos en tiempo real .

Transición a un Nuevo modelo de cuidado:

Garantizar que ningún daño Hemodinámico secundario (Isquemia o sobrecarga)
Complique la fragilidad biológica basal durante las horas críticas de transición



GRACIAS

Mgs Natalia Henao

NAHE@OSYPKAMED.COM

www.osypkamed.com