

Número

78

Revista Española de Perfusión

PRIMER SEMESTRE 2025

ORIGINAL

Análisis comparativo del lavado de concentrado de hematíes de banco con recuperador de sangre: AUTOLOG® vs XTRA®

ORIGINAL

Impacto de las bebidas carbohidratadas sobre los niveles de glucosa en pacientes con circulación extracorpórea en un programa de recuperación intensificada.

REVISIÓN

Actualización de la protección neurológica durante el abordaje quirúrgico del síndrome aórtico agudo.

REVISIÓN

Monitorización cerebral multimodal durante la circulación extracorpórea: revisión narrativa e integración de un caso clínico.

Asociación
Española de
Perfusionistas



Editorial

- 3** Editorial
M. Ángeles Bruño, presidenta de la AEP

Original

- 5** Análisis comparativo del lavado de concentrado de hematies de banco con recuperador de sangre: AUTOLOG® vs XTRA®
Casado Sánchez C, González Perales MC, Recio Recio M, Santos Palomino JC

Original

- 13** Impacto de las bebidas carbohidratadas sobre los niveles de glucosa en pacientes con circulación extracorpórea en un programa de recuperación intensificada.
Soto MJ, Alabort A, Hernández C, Gómez M

Revisión

- 25** Actualización de la protección neurológica durante el abordaje quirúrgico del síndrome aórtico agudo
García Izquierdo I

Revisión

- 41** Monitorización cerebral multimodal durante la circulación extracorpórea: revisión narrativa e integración de un caso clínico.
Lorenzo Vaquerizo L, Sobre Lacaye C, Buil Manzanares N, Gómez Simón V, Rivilla Lizano MT

DIRECTORA

M. Ángeles Bruño Martí
Presidenta de la AEP

Hospital General Universitario de Valencia
presidencia@aep.es

EDITORIA JEFA

Laura Lorenzo Vaquerizo
Hospital de la Santa Creu i Sant Pau (Barcelona)
editor@aep.es

EDITOR ADJUNTO

Juan Carlos Santos Palomino
Hospital Regional Universitario de Málaga

EDITORIA ADJUNTA

Lucía Cobos González
revista@aep.es

COMITÉ EDITORIAL

Jordi Castillo García
Hospital Universitario de Bellvitge

Nuria Chivite Fernández
Hospital Universitario de Navarra

Agustín Elías Fuentes
Hospital Reina Sofía de Córdoba

Benjamín Vázquez Alarcón
Hospital Quironsalud Albacete

Jose Angel Zamorano Serrano
Hospital General Universitario Gregorio Marañón (Madrid)

Victor Gómez Simon
Hospital de la Santa Creu i Sant Pau (Barcelona)

EDITA

Asociación Española de Perfusionistas
Paseo de la Habana, 9 - 11
28036 MADRID
www.aep.es
info@aep.es

Los números de la revista pueden consultarse en la página web de la Asociación.

Abreviatura oficial de la revista: Rev Esp Perfusión

© Asociación Española de Perfusionistas, 2025



Creative Commons,
Reconocimiento, No Comercial y Compartir Igual 4.0 Internacional
[CC BY-NC-SA 4.0]

Indexada en CUIDEN

Depósito legal: M-7150-2019
ISSN papel: 2659-5834
ISSN online: 2659-5826

DISEÑO

Jorge Portland

COMPOSICIÓN

Carmen López Castro

DISEÑO DE PORTADA

Daniel Ballesteros Canales

IMPRIME

Área Gráfica Emelar

Un espacio para crecer: conocimiento compartido, identidad y futuro profesional

M. Ángeles Bruño
Presidenta de la AEP



Nuestra profesión vive un momento decisivo de transformación. Un punto de inflexión en el que nuevos retos clínicos y organizativos se entrelazan con oportunidades reales de crecimiento, profesionalización y visibilidad. La perfusión, junto con el conjunto de terapias de soporte vital extracorpóreo, conforma una actividad clínica de alta complejidad que requiere criterio, experiencia y conocimiento especializado; en definitiva, el núcleo de nuestra práctica profesional.

Sin embargo, cada día nos enfrentamos al reto de posicionar nuestro perfil profesional en los nuevos escenarios asistenciales, especialmente cuando surgen terapias, dispositivos o modelos de atención en los que nuestra intervención marca una diferencia significativa: un valor añadido basado en la experiencia y el conocimiento. También cuando desarrollamos nuestra labor en entornos que van más allá del quirófano, donde aún debemos explicar quiénes somos y qué aportamos.

No podemos aspirar al reconocimiento si no hablamos de lo que hacemos, ni esperar que se nos tenga en cuenta si no ocupamos espacios de visibilidad.

Durante este primer año de trabajo en la AEP hemos centrado nuestros esfuerzos en sentar unas bases sólidas, definir estrategias compartidas y crear herramientas que nos ayuden a crecer como colectivo. Hoy, la AEP está inmersa en un proceso de modernización y profesionalización que va más allá de lo organizativo: supone un auténtico cambio cultural. Debemos avanzar, impulsar nuestros ejes estratégicos y proyectos, favorecer la conexión entre profesionales, y reforzar los espacios que nos representan. Entre ellos, nuestra revista ocupa un lugar prioritario para toda la Junta Directiva.

Desde sus inicios, la revista de la AEP ha sido una publicación muy valorada, que ha acompañado a generaciones de perfusionistas y ha respondido a muchas de nuestras necesidades de conocimiento. Un espacio para compartir experiencias, divulgar casos clínicos, publicar revisiones y difundir prácticas que han contribuido a consolidar nuestra actividad profesional. Un archivo vivo de nuestro recorrido como colectivo, pero también una herramienta con un enorme potencial aún por desarrollar.

Contamos con una estructura editorial consolidada y un sistema de revisión por pares riguroso. Pero también enfrentamos desafíos reales: el coste de edición, el limitado número de artículos recibidos y la dificultad para aumentar nuestro impacto científico. Aun así, seguimos creyendo - firmemente - que esta revista merece más. Que puede y debe dar un salto cualitativo.

Porque somos mucho más de lo que mostramos. Somos referentes en perfusión, con una presencia creciente en el contexto internacional. Participamos en grupos de trabajo, formamos parte de distintas sociedades científicas, generamos conocimiento valioso desde nuestras unidades... pero necesitamos compartirlo más. Nuestro conocimiento multiplica su valor cuando se sistematiza, se reflexiona, se escribe y se publica. Y el conocimiento que no se comparte, no crece ni nos hace crecer.

Necesitamos visibilizarlo mejor. Transformar lo que hacemos en publicaciones, nuestras ideas en artículos, nuestras evidencias en ciencia compartida. Y nuestra revista puede- y debe- ser ese canal de transformación y proyección.

Es el momento de consolidarla, de reforzar su impacto y de posicionarla con más solidez en el ámbito científico. De impulsar una estrategia editorial alineada con la evolución de la profesión; de fomentar la investigación traslacional, multicéntrica y colaborativa; y, sobre todo, de compartir lo que sabemos con orgullo.

Por eso, desde la AEP os invitamos a hacer de esta revista un proyecto verdaderamente colectivo, a implicaros activamente y a sentirla como una herramienta útil, abierta, y al servicio del desarrollo profesional compartido. Hagamos de ella un espacio vivo para difundir conocimiento, construir identidad y avanzar juntos.

Porque sin artículos no hay revista y sin revista no hay relato común. Estamos en proceso de cambio y ese cambio también pasa por nuestra revista: por visibilizar lo que hacemos, por poner en valor lo que sabemos, por fortalecer nuestras herramientas y por sentirnos orgullosos de una profesión que cada día demuestra, en silencio, su excelencia.

LANDING ADVANCE

THE COMPLETE, INTUITIVE AND
VERSATILE SOLUTION TO MONITOR
CPB AND ECMO TREATMENTS



Análisis comparativo del lavado de concentrado de hematíes de banco con recuperador de sangre: AUTOLOG® vs XTRA®

Comparative analysis of stored red blood cell washing with cell saver: AUTOLOG® vs XTRA®

RESUMEN / ABSTRACT

Introducción: Los efectos deletéreos del uso de sangre de banco son bien conocidos, siendo necesario su uso en el cebado de la CEC pediátrica. El objetivo fue comparar dos recuperadores de sangre para el lavado previo al cebado de la CEC de la bolsa de concentrado de hematíes de banco en cuanto a la pérdida de hematíes durante el proceso, resultado final y tiempo empleado en el proceso.

Material y Método: Se realizó estudio observacional prospectivo del lavado de la bolsa de concentrado de hematíes de banco entre octubre-2023 y enero-2024, comparando el uso del recuperador Autolog® y Xtra®, con campanas de 135 y 125 ml, respectivamente, y usando como solución de lavado Hemosol Bo. Se aplicaron los programas estándar en ambos. Para un control exhaustivo se usó el peso de las bolsas para calcular la masa total de glóbulos rojos.

Resultados: Se analizó el procesamiento de 14 bolsas de sangre, 7 en cada grupo. La media desde la extracción fue de 5,6±2,1 días. El peso real medio de la bolsa de banco antes del lavado fue de 332±8 g en Xtra y 306±20 g en Autolog ($p=0,007$) y poslavado 318±24 y 229±1 g ($p<0,0001$), siendo la diferencia significativa en ambos casos. En el grupo Xtra la pérdida media en la masa total de hematíes fue de 14,4±2,6% y Autolog registró una de 22,8±3,8%, siendo esta diferencia significativa ($p=0,001$). Mientras el hematocrito y hemoglobina finales fueron superiores en Autolog® (62,8±1,3% vs 56,4±2,9%, $p<0,001$; 20,7±0,6 vs 18,1±1,0 gr/dL, $p<0,0001$) también de forma significativa. El tiempo empleado en cada ciclo fue significativamente más corto con Autolog® (3,9±0,2 vs 6,4±0,4 min, $p<0,0001$).

Discusión: El recuperador Xtra conservó mejor el volumen total de hematíes de la bolsa de banco mientras que Autolog presentó un hematocrito y hemoglobina más altas y su tiempo de proceso fue significativamente inferior.

Palabras clave: recuperador de sangre; concentrado de hematíes de banco; lavado bolsa de banco

Introduction: The deleterious effects of stored red blood cells are well known, and its use is necessary for priming pediatric CPB. The objective was to compare two cell savers for washing the bank red blood cell prior to CPB priming in terms of red blood cell loss during the process, final result, and time spent in the process.

Materials and Method: A prospective observational study of the washing of the banked red blood cell concentrate bag was carried out between October 2023 and January 2024, comparing the use of the Autolog® and Xtra® cell savers, with 135 and 125 ml bowls, respectively, and using Hemosol Bo as a washing solution. Standard programs were applied in both. For exhaustive control, the weight of the bags was used to calculate the total red blood cell mass.

Results: The processing of 14 blood bags was analyzed, 7 in each group. The mean elapsed since extraction was 5.6±2.1 days. The mean weight of the bank bag before washing was 332±8 g in Xtra and 306±20 g in Autolog ($p=0.007$) and post-wash 318±24 and 229±1 g ($p<0.0001$), the difference was significant in both cases. In the Xtra group the mean loss in total red blood cell mass was 14.4±2.6% and Autolog 22.8±3.8%, this difference significant too ($p=0.001$). While the final hematocrit and hemoglobin were higher in Autolog (62.8±1.3% vs 56.4±2.9%, $p<0.001$; 20.7±0.6 vs 18.1±1.0 gr/dL, $p<0.0001$) also significantly. The time spent on each cycle was shorter with Autolog (3.9±0.2 vs 6.4±0.4 min, $p<0.0001$).

Discussion: The Xtra cell saver better preserved the total volume of red blood cells in the blood bank bag while Autolog had a higher hematocrit and hemoglobin and its processing time was significantly lower.

Keywords: cell saver; stored red blood cell; blood bank washing.



Carlos Casado Sánchez

Enfermero Perfusionista
Hospital Regional Universitario de Málaga
ORCID:0000-0002-5736-1558

Miguel Carlos González Perales

Enfermero Perfusionista
Hospital Regional Universitario de Málaga
ORCID:0000-0002-9638-061

Mariluz Recio Recio

Enfermera perfusionista
Hospital Regional Universitario de Málaga
ORCID: 0000-0003-2024-0303

Juan Carlos Santos Palomino

Enfermero Perfusionista
Hospital Regional Universitario de Málaga
ORCID:0000-0002-5543-8312

Carlos Casado Sánchez
Av. Carlos Haya s/n. 29010. Málaga
carlos.casado.sspa@juntadeandalucia.es

Recibido: enero 2025
Aceptado: marzo 2025

INTRODUCCIÓN

El enfermero perfusionista durante el proceso quirúrgico de las cardiopatías congénitas pediátricas tiene retos significativos en el sangrado intra y postoperatorio y en el control y uso de hemoderivados. Aparte de la miniaturización de los circuitos de circulación extracorpórea (CEC), se pueden aplicar diversas técnicas durante la cirugía para minimizar la transfusión de hemoderivados y sus efectos: la optimización y disminución del cebado, la ultrafiltración del cebado durante la CEC; la ultrafiltración modificada una vez finalizada la CEC; y el uso de recuperador de sangre.

El uso de recuperadores de sangre se ha convertido en una práctica esencial para optimizar la utilización de glóbulos rojos de banco y minimizar la necesidad de transfusiones de hemoderivados de donante. Algunos estudios han evidenciado que la transfusión de sangre recuperada durante procedimientos quirúrgicos reduce la exposición a productos sanguíneos de banco y mejora los resultados clínicos en poblaciones vulnerables como los neonatos y lactantes en cirugía con CEC¹. Así mismo, Nathan et al², en un estudio con 3 cohortes en años diferentes, usando el recuperador en los dos últimos, presentó una reducción significativa en el uso de sangre intra y postoperatoria, con un 10% menos de pacientes requiriendo transfusiones de banco en el segundo año de uso. Por otro lado, en el estudio de Kaiser et al³, hubo menos exposiciones a donantes diferentes en cirugías cardíacas complejas, sin un aumento significativo del sangrado postoperatorio. En otro estudio, las transfusiones del recuperador de sangre en niños pueden reducir los niveles de IL-10, posiblemente debido a una disminución general del estado proinflamatorio, y pueden estar asociadas con mejoras en las funciones renal y pulmonar⁴.

Se han explorado otras aplicaciones del recuperador celular, como el cambio de la solución del lavado, ya que todas las empresas que fabrican recuperadores de sangre recomiendan como solución de lavado el suero salino, que no fisiológico, habría que pensar en soluciones cristaloide balanceadas, donde se puede almacenar durante 24 horas la sangre recuperada y lavada con Plasmalyte⁵. Refaai et al⁶ vieron que lavar bolsas alícuotas con Plasmalyte comparado con suero salino disminuyó la hemólisis y mejoró la función plaquetaria a las 24, 48 y 72 h después del lavado.

En este caso, interesa un hallazgo casual encontrado en el estudio de Santos et al⁷, donde compararon el lavado de la bolsa de banco previo al cebado de la bomba de CEC y la ultrafiltración pre CEC del cebado para la consecución de un cebado más fisiológico. Ellos detectaron una pérdida de hematíes en el recuperador Xtra® del 17,6%, en consonancia con los resultados obtenidos por Melo et al⁸, en

torno a una pérdida del 13% en el recuperador Electa® y de Vroege et al⁹ que perdieron en torno a 15% también con el mismo recuperador. Pero ninguno de estos estudios iba enfocado específicamente a este hallazgo.

De hecho, el objetivo en este estudio fue comparar dos recuperadores de sangre, Xtra® (Sorin) y AutoLog IQ® (Medtronic), para el lavado previo al cebado de la CEC de la bolsa de concentrado de hematíes de banco en cuanto a la pérdida de hematíes durante el proceso, principalmente, y el resultado final y tiempo empleado en este.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó estudio observacional prospectivo del lavado de la bolsa de concentrado de hematíes de banco entre octubre-2023 y enero-2024, comparando el uso del recuperador Autolog IQ® (Medtronic) y Xtra® (Liva Nova), con campanas de 135 y 125 ml, respectivamente, a elección del perfusionista.

El Autolog viene con un programa estándar donde no se pueden modificar los parámetros, el flujo de llenado son 600 ml/min, el flujo de lavado y después de flujo de vaciado y el volumen de lavado son 250 ml. Mientras que es el Xtra se usó el programa estándar con flujo de llenado de 300 ml/min, un flujo de lavado de 250 ml/min y un flujo de vaciado de 250 ml/min. El volumen de lavado inicial era de 900 ml, pero si la salida a la bolsa de residuos era clara se paraba en ese momento. La única solución usada en todo el proceso fue el Hemosol Bo (HBo), que está compuesto por una bolsa de PVC con dos compartimentos: el pequeño que contiene la solución de electrolitos y el grande la solución tampón. Esta solución hay que reconstituirla antes del uso y su composición final la podemos ver en la tabla 1.

Se creó un registro de recogida de datos específico. La técnica usada en ambos recuperadores fue similar. En primer lugar, se pesó la bolsa de banco elegida, anotando los gramos. Se extrajeron 1,5 ml para la analítica correspondiente. Posteriormente se dejó caer en el reservorio del recuperador sin pasar por el filtro del mismo, que previamente había sido llenado con 500 ml de HBo para producir una cierta hemodilución de la bolsa y que el llenado no fuese con un hematocrito demasiado elevado. Se volvió a pesar la bolsa vacía para restar los gramos correspondientes y conocer la cantidad exacta enviada al reservorio del recuperador. Y se puso en marcha el recuperador y un cronómetro. Los procesos fueron continuos y si la última campana no estaba completa, se rellenaba de la bolsa de hematíes lavados. Al finalizar el proceso se paraba el cronómetro y se anotaba el tiempo y el número de ciclos empleados. Se tomaba la bolsa de los glóbulos rojos ya lavados y se pesaba, teniendo en cuenta el peso en vacío de la misma. Se realizaba una nueva extracción de 1,5 ml, para realizar otra analítica.

ca. Y ya podía ser usada para el cebado de la bomba de CEC. Y se colocaba una nueva bolsa para los hematíes en el recuperador, el cual quedaba preparado para su uso normal durante la CEC.

Las variables recogidas fueron las siguientes: fecha de extracción y fecha de uso de la bolsa; peso de la bolsa de banco en g; peso de la bolsa de banco en vacío; peso de la bolsa de hematíes lavados en g; peso de la bolsa de los recuperadores en g; volumen en ml determinados por el recuperador; volumen de HBO usado en el lavado; tiempo empleado en el proceso completo en min; el número de ciclos; hematocrito (Hto) y hemoglobina (Hb); bioquímica con glucemia, lactato, sodio (Na), potasio (K), cloro (Cl) y magnesio (Mg). Otras variables como volumen real de las bolsas en ml, volumen de hematíes de las bolsas en ml y la pérdida total de hematíes en %, como variable resultado principal, fueron calculadas a partir de las anteriores.

Se efectuó un análisis estadístico descriptivo de las distintas variables. Las variables de naturaleza cuantitativa se describen mediante la media y la desviación estándar, o mediante la mediana y el rango intercuartílico, en caso de que la distribución no fuese normal. La idoneidad de las pruebas estadísticas usadas en este trabajo se evalúa en función de la normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk y la homocedasticidad mediante la prueba de Levene. Se usó la prueba t de Student en muestras independientes y muestras relacionadas, dependiendo de las variables para la comparación de medias bajo condiciones de normalidad y homocedasticidad. Se consideró una diferencia estadísticamente significativa un valor de $p < 0,05$. Todos estos análisis se realizaron con SPSS v.26.

RESULTADOS

Se procesaron 14 bolsas de concentrado de hematíes, 7 en el grupo Autolog y 7 en el grupo Xtra. La media de días transcurridos entre la extracción y el procesamiento en quirófano fue de $5,6 \pm 2,1$, aunque en el grupo Xtra fue de $5,0 \pm 1,2$ días y en el grupo Autolog de $6,5 \pm 2,9$ días, sin que esta diferencia fuese significativa.

El número de procesos difirió entre ambos recuperadores, el Autolog realizó $2,3 \pm 0,3$ contra $3,0 \pm 0,0$ del Xtra, este último siempre realizó 3 procesos, siendo esta diferencia significativa. El tiempo total empleado en procesar la bolsa de banco fue de $9,7 \pm 2,0$ min en el Autolog y de $19,0 \pm 1,3$ min en el Xtra, si lo dividimos por el número de procesos estos datos se convierten en $3,9 \pm 0,2$ vs $6,4 \pm 0,4$ min por cada proceso, siendo ambas diferencias significativas a favor del Autolog. Algo parecido ocurrió con el volumen de lavado, el Autolog tiene una cantidad fija de lavado de 250 ml, mientras en el Xtra la cantidad programada eran 900 ml, se reducía ese volumen si el líquido de lavado salía claro hacia la bolsa de resi-

duos, finalmente fue de 567 ± 67 ml (Tabla 2).

Valorando los contenidos y concentración de las bolsas procedentes del banco de sangre, los resultados obtenidos se pueden ver en la tabla 3. La primera cantidad que se tuvo en cuenta, aunque de forma simbólica, fue la cantidad de ml registrada en la etiqueta de la bolsa, como la sangre es un 6% de promedio más pesada que el agua, el cálculo es fácil. Teóricamente, según los ml que indicaban la etiqueta de las bolsas, el grupo Autolog debería tener un peso en gramos de 328 ± 16 y el grupo Xtra 341 ± 13 , sin diferencias significativas. Sin embargo, el peso medio de las bolsas fue de 353 ± 19 vs 381 ± 8 g, pero una vez restado el peso de la bolsa vacía (entre 47 y 49 g), estos datos pasaban a 306 ± 20 vs 332 ± 8 g, pasando a ser estas diferencias significativas ($p = 0,007$). En el caso del Hto y Hb, las diferencias no fueron significativas pero las bolsas procesadas en el Autolog, tuvieron de media un Hto de 1,6 puntos por debajo del Xtra.

Cuando se procesó la bolsa de banco, el primer dato obtenido fue la cantidad recuperada que facilitaba el recuperador de células en pantalla, en el Autolog fue de 232 ± 29 ml y en el Xtra 344 ± 19 ml, transformado a gramos resultó en 246 ± 30 contra 364 ± 20 , siendo en ambos casos la diferencia significativa. Cuando se realizó el pesaje de las bolsas completas recuperadas, en el grupo Autolog fue de 287 ± 31 por 373 ± 24 g en el grupo Xtra, al restar el peso de las bolsas vacías (58 g en Autolog y 55 g en Xtra), el valor final en ambos grupos, respectivamente, fue de 229 ± 24 vs 318 ± 24 g, diferencias muy significativas entre ambos ($p < 0,0001$). El Hto y la Hb presentaron los siguientes resultados, $62,8 \pm 1,3\%$ para el Autolog y $56,4 \pm 2,9\%$ para Xtra ($p < 0,0001$) y $20,7 \pm 1,6$ vs $18,1 \pm 1,1$ g/dL ($p < 0,0001$) siendo diferencias significativas importante entre ambos recuperadores (Tabla 4).

Para llegar al objetivo principal de trabajo (Tabla 5), y ver la pérdida exacta del porcentaje de hematíes en el proceso de lavado, se cogió el peso real de las bolsas en gramos y se convirtió en mililitros. Esta cantidad se multiplicó por el Hto/100 y se obtuvo el volumen de hematíes en ml que había en las bolsas. Tras esto se restó el volumen de hematíes de las bolsas de banco del de las bolsas lavadas y se consiguió el volumen de hematíes perdido en el proceso, que fue de $40,0 \pm 6,1$ ml en el grupo de Autolog y $28,5 \pm 5,6$ ml en el Xtra ($p = 0,005$), siendo significativamente mayor en el primer grupo. Como dato final, el porcentaje de pérdida de hematíes con respecto al volumen de hematíes de la bolsa de banco fue del $22,8 \pm 3,8\%$ en Autolog contra $14,4 \pm 2,6\%$ en el Xtra ($p = 0,001$).

Finalmente, en el análisis bioquímico, las muestras de bolsa de banco entre ambos grupos y, así como, las lavadas entre ambos recuperadores no mostraron diferencias significativas en ningún parámetro. Si comparamos las bolsas de banco con las lavadas, existen diferencias significativas entre todos los parámetros excepto en el Na y en el Cl, en cuanto al Mg, aunque existen diferencias significativas, en ambos grupos están por debajo de valores normales. No ocurre lo mis-

mo con la glucemia, K y lactato donde los valores son muy elevados en las bolsas de banco y tras el lavado se produce una reducción significativa en todos (Tabla 6). Si analizamos los datos conjuntos de los dos grupos, la glucemia previa era de 433 ± 42 mg/dL mientras que en las lavadas era de 58 ± 16 mg/dL ($p < 0,0001$), el K fue de $10,3 \pm 2,9$ en la de banco y de $1,2 \pm 0,6$ meq/L ($p < 0,0001$) y el Lactato $12,5 \pm 2,8$ vs $6,5 \pm 1,4$ mmol/L ($p < 0,0001$).

Discusión

El principal propósito de este estudio partió de un hallazgo casual en una investigación anterior donde se apreció una pérdida en el volumen de hematíes en el proceso de lavado⁷, pero no se realizó un análisis tan exhaustivo como en la presente, se creyó que no fue un dato excesivamente preciso, de ahí el planteamiento de comparar dos recuperadores para esta cuestión. Aunque se partió de una diferencia significativa del peso real en gramos entre ambos recuperadores (Autolog, 302 vs 336, Xtra), esto no afectaba al estudio, ya que el resultado principal salió de la diferencia pre y postlavado. En este caso, el Xtra demostró una menor pérdida del volumen de hematíes, alrededor de un 14,4%, siendo una diferencia significativa con el 22,8% que presentó el Autolog. Comparándolo con el estudio anterior, este tuvo un 17,6%, pero no se tuvieron en cuenta los pesos reales y se tomaron como válidos los mililitros que facilitaba el recuperador, además la campana usada en el estudio anterior fue de 55 ml y el programa fue el optimizado. Siempre se usó el factor corrector de 1,06 g por cada ml para hacer pasar de unas unidades a otras, no obstante, se asumió el posible error pues la sangre normal tiene en torno a un 38-45% de Hto y en las bolsas del estudio estuvieron alrededor del 60%, lo que supondría un incremento del peso por ml, pero se prefirió mantener la proporción aceptada universalmente. En este estudio se usaron campanas de un volumen parecido entre ellas, 135 ml en el Autolog y 125 ml en el Xtra. Se desconoce qué grado de hemólisis puede producir cada recuperador durante los procesos de llenado, lavado y vaciado, ni el grado de influencia que podría tener en el resultado final, ni si ocurre lo mismo con la sangre recuperada del campo quirúrgico que con el lavado de una bolsa de banco. Normalmente es una cuestión que no se plantea en el uso habitual del recuperador, porque no se sabe el Hto real de lo que se aspira en el campo quirúrgico o bien lo que se pueda pasar del resto de circuito de CEC y cardioplejia.

Otro aspecto importante fue determinar cuánto duraba cada ciclo, ya que el tiempo del proceso completo de la bolsa se vio que no era adecuado para ajustar los resultados (Autolog empleó 9,7 min y Xtra 19 min, casi se doblaba el tiempo de proceso), puesto que Autolog solo hizo 2,3 ciclos, en más casos realizó 2 ciclos que 3, mientras que Xtra en todos los casos hizo 3. También hay que tener en cuenta que en el último

ciclo siempre hubo que retornar parte de la sangre ya lavada para completar la campana. De esta manera, el ciclo en Autolog fue menor a 4 min y en Xtra fue de 6,4 min, siendo esta diferencia muy significativa y hubiese sido mayor sino se hubiesen acortado los volúmenes de lavado, ya que Xtra partía con 900 ml de lavado por ciclo, en ningún ciclo se dejó llegar a ese punto, quedando en una media de 567 ml, y Autolog solo necesito 250 ml como cantidad fija marcada por el programa. Quizás en el caso del Xtra, por tratar de forma igualitaria a ambos recuperadores, se le podía haber puesto los mismos flujos de llenado, lavado y vaciado que en el Autolog, y el volumen de lavado en 250, en ese caso los tiempos por proceso hubiesen sido casi iguales, aunque se puede suponer, por la experiencia, que el producto final de Xtra hubiera sido bastante peor. De hecho, se eligió el programa estándar, aunque también por experiencia se sabía que no eran necesarios los 900 ml de lavado que había programados, pero fue necesario estar pendiente de todo el proceso para reducir este. En lo que si hay diferencias es en la longitud de las líneas, siendo más compacto y reducido el Autolog.

Pasando a la calidad de la bolsa lavada en cuanto a Hto y Hb, claramente el Autolog consiguió mejores resultados obteniendo casi 6,5 puntos más que Xtra en el Hto (62,8 vs 56,4%) y más de 2,5 g/dL en la Hb (20,7 vs 18,1 g/dL). No se midieron otros parámetros para evaluar la calidad de forma más completa como el 2-3 difosfoglicerato, hemoglobina libre en plasma, agentes proinflamatorios o metabolitos grasos, solo se tuvieron en cuenta los parámetros antes mencionados, y en estos se mostró claramente superior el Autolog.

Con respecto al análisis bioquímico, ambos recuperadores presentan resultados similares, consiguen una reducción significativa de la glucemia, K y lactato mientras que aumentan un poco el Mg y dejan igual Na y Cl. Existe una influencia evidente de la solución de lavado en los resultados de estos parámetros en los que no existe una alteración muy importante estos se igualan a la concentración que presenta el HBO, cosa que ocurre con Na, Cl y Mg, también se puede ver condicionado porque se usó HBO (≈ 500 ml) en el reservorio para diluir la bolsa de banco. Por otro lado, glucemia (433 vs 58 mg/dL) y K (10,3 vs 1,2 meq/L) tuvieron las mayores reducciones del estudio. En el lactato esa reducción fue menor (12,5 vs 6,5 mmol/L), debido a la composición del HBO, que cuenta con un lactato de 3 mmol/L. Se podrían usar otras soluciones de lavado como el Plasmalyte, que no contiene lactato, pero si 5 meq/L de K, pero lo que no es recomendable es usar suero salino (solo lleva 154 meq/L de Na y Cl), menos aún en niños, aunque de forma general todos los fabricantes de recuperadores de sangre recomiendan el uso de este. También se observó que para obtener resultados similares en las bolsas lavadas el Autolog solo necesitó 250 ml de volumen de lavado contra los 567 ml de Xtra, no sabemos si puede ser debido al diseño de su campana o al sistema de lavado, la cuestión es que ese volumen es suficiente para disminuir los parámetros

bioquímicos elevados, disminuyendo también la duración del ciclo.

Aunque un dato que no se pensó previo al estudio, pero que con carácter informativo puede ser interesante, fue la cantidad de sangre lavada que nos reportó el recuperador de sangre en pantalla, y que en ambos casos fueron optimistas. El Autolog informó de una sangre lavada de 232 ml, mientras que los ml calculados a través del peso real fueron de 216 ml, suponiendo estos 16 ml una diferencia del 6,9%. En Xtra, la cantidad que apareció en pantalla fue de 344 ml siendo el cálculo posterior de 300 ml, aquí la diferencia fue mayor 44 ml, suponiendo un error del 12,8%. También a título informativo, hubo una elevación del K y Lactato cuantos más días habían pasado de la extracción de sangre del donante hasta el lavado de la bolsa.

Como conclusión, ambos recuperadores cumplen su función de forma adecuada para el lavado de bolsa de banco, eliminando de manera efectiva los productos celulares y los metabolitos como glucosa, potasio y lactato. Como objetivo primario, el Xtra conservó mejor el volumen total de hematíes mientras que el Autolog empleó menos tiempo en el proceso y tuvo un hematocrito y hemoglobina más elevados. Sería necesario evaluar otros recuperadores para comprobar si gestionan de manera más eficiente el proceso de lavado de bolsa de banco.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores no presentan conflicto de intereses.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a Medtronic España la cesión del recuperador Autolog IQ y del fungible necesario para la realización de este estudio, sin esa ayuda este estudio no hubiera sido posible.

BIBLIOGRAFÍA

- Cholette JM, Powers KS, Alfieri GM, Angona R, Henrichs KF, Masel D, et al. Transfusion of cell saver salvaged blood in neonates and infants undergoing open heart surgery significantly reduces RBC and coagulant product transfusions and donor exposures: results of a prospective, randomized, clinical trial. *Pediatr Crit Care Med*. 2013 Feb;14(2):137-47. doi: 10.1097/PCC.0b013e31826e741c.
- Nathan M, Tishler B, Gauvreau K, Matte GS, Howe RJ, Durham L, et al. A red cell preservation strategy reduces postoperative transfusions in pediatric heart surgery patients. *Paediatr Anaesth*. 2018 May;28(5):450-457. doi: 10.1111/pan.13368. Epub 2018 Mar 25.
- Kaiser A, Miller K, Tian G, Moore RH, Guzzetta NA. Feasibility of autologous intraoperative blood collection and retransfusion in small children with complex congenital heart defects undergoing cardiopulmonary bypass. *Paediatr Anaesth*. 2018 Sep;28(9):795-802. doi: 10.1111/pan.13449. Epub 2018 Aug 5.
- Martinez MJ, Schwingshackl A, Romero T, Roach GD, Belperio JA, Federman MD. Cell saver blood transfusions may be associated with a decrease in inflammation and improved outcome measures in pediatric cardiac surgery patients. *Perfusion*. 2023 May;38(4):717-724. doi: 10.1177/02676591221078420. Epub 2022 Apr 12.
- Cholette JM, McRae HL, Angona R, Cahill C, Swartz MF, Alfieri GM, et al. In Vitro and In Vivo Comparison of Hemoglobin and Electrolytes Following the Collection of Cell Saver Blood Washed with Either Normal Saline or Plasma-Lyte A. *J Extra Corpor Technol*. 2021 Sep;53(3):214-219. doi: 10.1182/ject-2100018.
- Refaai MA, Conley GW, Henrichs KF, McRae H, Schmidt AE, Phipps RP, et al. Decreased Hemolysis and Improved Platelet Function in Blood Components Washed With Plasma-Lyte A Compared to 0.9% Sodium Chloride. *Am J Clin Pathol*. 2018 Jul 3;150(2):146-153. doi: 10.1093/ajcp/aqy036.
- Santos Palomino JC, Recio Recio ML, Casado Sánchez C, Cabrera López A, González Perales MC. Sangre de banco en la CEC pediátrica: alternativas para la mejora en el cebado. *Rev Esp Perfusión*. 2022; 73:5-13.
- Melo A, Serrick CJ, Scholz M, Singh O, Noel D. Quality of red blood cells using the Dideco Electa autotransfusion device. *J Extra Corpor Technol*. 2005 Mar;37(1):58-9.
- de Vroeghe R, Wildevuur WR, Muradin JA, Graves D, van Oeveren W. Washing of stored red blood cells by an autotransfusion device before transfusion. *Vox Sang*. 2007 Feb;92(2):130-5. doi: 10.1111/j.1423-0410.2006.00852.x.

Tabla I: Composición de la solución reconstituida de Hemosol B0 (5 litros)

		en mmol/l	en mEq/l
Calcio	Ca ²⁺	1,75	3,50
Magnesio	Mg ²⁺	0,5	1,0
Sodio	Na ⁺	140	140
Cloruro	Cl	109,5	109,5
Lactato		3	3
Bicarbonato	HCO ₃ ⁻	32	32

Tabla II: Tiempos, ciclos y volúmenes de lavado de los recuperadores

	AUTOLOG	XTRA	p
VOLUMEN TOTAL DE LAVADO (ml)	583 ± 129	1700 ± 200	<0,0001
TIEMPO TOTAL DEL PROCESO (min)	9,7 ± 2,8	19 ± 1,3	0,01
Nº DE CICLOS	2,3 ± 0,3	3,0 ± 0,0	<0,0001
TIEMPO/CICLO (min)	3,9 ± 0,2	6,4 ± 0,4	<0,0001
VOLUMEN/CICLO (ml)	250 ± 0	567 ± 67	<0,0001

ml: mililitros; min: minutos

Tabla III: Análisis de las bolsas de hematíes de banco

	AUTOLOG	XTRA	p
BOLSA DE BANCO (ml)	310 ± 15	321 ± 13	NS
BOLSA DE BANCO CALC (g)	328 ± 16	341 ± 13	NS
BOLSA DE BANCO PESADA (g)	353 ± 19	381 ± 8	0,004
BOLSA DE BANCO REAL (g)	306 ± 20	332 ± 8	0,007
HEMATOCRITO (%)	61,4 ± 2,4	63,0 ± 2,1	NS
HEMOGLOBINA (g/dL)	19,5 ± 0,8	19,7 ± 0,9	NS

ml: mililitros; g: gramos; g/dL: gramos por decilitro; NS: no significativo.

Tabla IV: Análisis de las bolsas de hematíes lavadas

	AUTOLOG	XTRA	p
BOLSA LAVADA (ml)	232 ± 29	344 ± 19	<0,0001
BOLSA LAVADA CALC (g)	246 ± 30	364 ± 20	<0,0001
BOLSA LAVADA PESADA (g)	287 ± 31	373 ± 24	<0,0001
BOLSA LAVADA REAL (g)	229 ± 31	318 ± 24	<0,0001
HEMATOCRITO (%)	62,8 ± 1,3	56,4 ± 2,9	<0,0001
HEMOGLOBINA (g/dL)	20,7 ± 1,6	18,1 ± 1,0	<0,0001

ml: mililitros; g: gramos; g/dL: gramos por decilitro.

Tabla V: Cálculo del volumen y pérdida de hematíes durante el proceso

	AUTOLOG	XTRA	p
BOLSA BANCO REAL (g)	306 ± 20	332 ± 8	<0,0001
BOLSA BANCO REAL (ml)	287 ± 18	313 ± 7	0,005
HEMATOCRITO (%)	61,4 ± 2,4	63,0 ± 2,1	NS
VOLUMEN TOTAL HEMATÍES (ml)	176 ± 16	197 ± 8,5	0,01
BOLSA LAVADA REAL (g)	229 ± 31	318 ± 24	<0,0001
BOLSA LAVADA REAL (ml)	216 ± 29	300 ± 23	<0,0001
HEMATOCRITO	62,8 ± 1,3	56,4 ± 2,9	<0,0001
VOLUMEN TOTAL HEMATÍES (ml)	136 ± 17	169 ± 8	0,001
VOLUMEN PERDIDO HEMATÍES (ml)	40,0 ± 6,1	28,5 ± 5,6	0,005
PÉRDIDA HEMATÍES (%)	22,8 ± 3,8	14,4 ± 2,6	0,001

g: gramos; ml: mililitros; NS: no significativo

Tabla VI: Comparación de parámetros bioquímicos tanto entre las bolsas de banco de cada grupo y bolsas lavadas de cada grupo, así como entre bolsas de banco y bolsa lavadas

		GLUCEMIA	SODIO	POTASIO	CLORO	MAGNESIO	LACTATO
AUTOLOG	BANCO	448 ± 41	139 ± 8	10,6 ± 4,0	109 ± 2	0,5 ± 0,0	13,3 ± 3,7
	LAVADA	57 ± 21	140 ± 4	1,0 ± 0,1	107 ± 2	0,95 ± 0,1	7,0 ± 1,7
	p	<0,0001	NS	0,005	NS	<0,0001	0,001
XTRA	BANCO	419 ± 39	141 ± 4	10,1 ± 1,8	110 ± 3	0,5 ± 0,0	11,5 ± 0,6
	LAVADA	61 ± 7	135 ± 5	1,5 ± 0,8	109 ± 1	1,0 ± 0,1	5,9 ± 0,5
	p	<0,0001	NS	<0,0001	NS	<0,0001	<0,0001

NS: no significativo. Las unidades son las siguientes: glucemia y magnesio, miligramos/decilitro; sodio, potasio y cloro, miliequivalentes/litro; lactato, milimoles/litro.

Impacto de las bebidas carbohidratadas sobre los niveles de glucosa en pacientes con circulación extracorpórea en un programa de recuperación intensificada.

Impact of carbohydrate drinks on glucose levels in patients undergoing extracorporeal circulation in an enhanced recovery program

RESUMEN / ABSTRACT

Introducción: El ayuno preoperatorio puede provocar estrés metabólico y liberación de catecolaminas en pacientes sometidos a cirugía cardíaca, pudiendo contribuir al desarrollo de hiperglucemias y aumentar el riesgo de complicaciones postquirúrgicas. Dentro de los programas de recuperación intensificada en cirugía cardíaca se recomienda la administración de bebidas carbohidratadas preoperatorias para disminuir dicho impacto. El objetivo fue determinar el efecto de la sobrecarga de carbohidratos en los niveles de glucosa de los pacientes durante la circulación extracorpórea (CEC) y las primeras 24 horas de postoperatorio.

Métodos: Se realizó un estudio de cohortes prospectivo en pacientes adultos sometidos a circulación extracorpórea, entre mayo/22 y noviembre/23 comparando dos grupos, uno al que se le administró suplementación de bebidas carbohidratadas la noche antes y la mañana de la cirugía (grupo intervención) y otro grupo que no recibió suplementación (grupo control). Se tomaron muestras de glucemias en distintos momentos de la cirugía y en las primeras 24 horas. Se definió hiperglucemia como glucemia $>180\text{mg/dL}$.

Resultados: Se analizaron un total de 93 pacientes con una media de edad de $68,7\pm 9,7$. Del total de la muestra, 51 pacientes recibieron bebidas carbohidratadas. Los pacientes diabéticos se repartieron de forma similar entre ambos grupos. Se encontraron diferencias en la glucemia durante la CEC, más elevada en suplementados (176 ± 42 vs 162 ± 32 mg/dL, $p=0,088$), siendo a las 6h esa diferencia significativa (178 ± 37 vs 161 ± 34 mg/dL, $p=0,027$). Tuvo significación la administración de insulina durante la CEC por glucemias $>180\text{mg/dL}$ en pacientes suplementados (54,9% vs 28,6%, $p=0,011$).

Conclusiones: Los pacientes suplementados con bebidas carbohidratadas presentaron niveles de glucemia más altos que los no suplementados a las seis primeras horas postquirúrgicas, de forma significativa, así mismo se obtuvieron diferencias significativas para la administración de insulina en CEC. Existe la necesidad de hacer un estudio más amplio con la posibilidad de replantear el protocolo actual.

Palabras clave: bebidas carbohidratadas; glucemia; ERAS; circulación extracorpórea.

Objective: Preoperative fasting can cause metabolic stress and catecholamine release in patients undergoing cardiac surgery, potentially contributing to the development of hyperglycemia and increasing the risk of postoperative complications. Within enhanced recovery programs for cardiac surgery, the administration of preoperative carbohydrate drinks is recommended to mitigate this impact. The objective was to determine the effect of carbohydrate loading on glucose levels in patients during extracorporeal circulation (ECC) and the first 24 postoperative hours.

Methods: A prospective cohort study was conducted in adult patients undergoing extracorporeal circulation between May 2022 and November 2023. Two groups were compared: one received carbohydrate drink supplementation the night before and the morning of surgery (intervention group), and the other did not receive supplementation (control group). Blood glucose samples were taken at different times during surgery and in the first 24 hours postoperatively. Hyperglycemia was defined as blood glucose $>180\text{mg/dL}$.

Results: A total of 93 patients were analyzed, with a mean age of $68,7\pm 9,7$ years. Of the total sample, 51 patients received carbohydrate drinks. Diabetic patients were similarly distributed between groups. Differences were found in glucose levels during ECC, which were higher in the supplemented group (176 ± 42 vs 162 ± 32 mg/dL, $p=0,088$), with the difference becoming significant at 6 hours (178 ± 37 vs 161 ± 34 mg/dL, $p=0,027$). The need for insulin administration during ECC due to blood glucose $>180\text{mg/dL}$ was significantly higher in the supplemented group (54.9% vs 28.6%, $p=0,011$).

Conclusions: Patients supplemented with carbohydrate drinks showed significantly higher blood glucose levels than non-supplemented patients in the first six postoperative hours. Significant differences were also observed regarding insulin administration during ECC. Further studies with larger samples are needed to reconsider the current protocol.

Keywords: carbohydrate drinks; blood glucose; ERAS; extracorporeal circulation.



Maria Jose Soto

Enfermera perfusionista
Hospital Universitario de la Ribera
ORCID:0000-0002-8568-3028

Amparo Alabort

Enfermera perfusionista
Hospital Universitario de la Ribera

Carlos Hernández

Cirujano Cardíaco
Hospital Universitario de la Ribera

María Gómez

Anestesia servicio reanimación
Hospital Universitario de la Ribera
ORCID:0000-0002-5047-3397

M^o José Soto Viudez
soto_mjo@gva.e

Recibido: diciembre 2024
Aceptado: enero 2025

INTRODUCCIÓN

Los programas de Recuperación Intensificada en Cirugía Cardíaca (RICC) o Enhanced Recovery After Surgery (ERAS), consisten en la aplicación de diferentes recomendaciones basadas en evidencia científica con el objetivo de prevenir el riesgo quirúrgico, disminuir las complicaciones y favorecer la rápida recuperación funcional de los pacientes, mejorando los resultados clínicos de los procesos asistenciales⁽¹⁻⁵⁾. Estas recomendaciones están agrupadas en diferentes guías clínicas según especialidad quirúrgica donde se establece tanto el nivel de evidencia, como el grado de recomendación para cada uno de los ítems analizados. Las guías ERAS internacionales de las diferentes especialidades quirúrgicas, recomiendan la administración de bebidas carbohidratadas en el preoperatorio hasta dos horas antes de la cirugía con diferentes grados de evidencia, siendo en cirugía cardíaca una recomendación con un nivel de evidencia bajo⁽⁶⁻¹⁰⁾.

El riesgo de broncoaspiración durante la inducción anestésica ha sido la justificación de mantener el ayuno preoperatorio de hasta seis horas a lo largo de los años. Sin embargo, las últimas publicaciones revisadas justifican la administración en el preoperatorio de líquidos claros hasta 2 horas antes de la cirugía sin que ello aumente el riesgo de broncoaspiración¹¹. El ayuno preoperatorio junto con el trauma que se produce durante la cirugía cardíaca, especialmente en procedimientos con circulación extracorpórea (CEC) puede provocar estrés metabólico, liberación de catecolaminas y de mediadores inflamatorios en los pacientes, produciendo una respuesta catabólica que puede contribuir al desarrollo de hiperglucemias, resistencia a la insulina, disminución de la respuesta inmunológica y desgaste muscular, con el consecuente aumento del riesgo de la aparición de complicaciones postquirúrgicas, directamente relacionadas con la morbilidad y el aumento de la estancia y coste hospitalario^{12,13}. Se ha demostrado que la carga de carbohidratos antes de la cirugía reduce la resistencia a la insulina. Esto puede deberse a una menor respuesta inflamatoria, lo cual se ha confirmado con el hallazgo de una disminución de la IL-6, que son las responsables de producir una interrupción en las vías de señalización de la insulina interaccionando con proteínas y transportadores de glucosa, lo que lleva a una disminución de la secreción de insulina y en consecuencia de la absorción de la glucosa⁶. La resistencia a la insulina es un hecho común incluso en pacientes sin diagnóstico de diabetes. Hasta un 25% de la población sana puede presentar un déficit en la acción de la insulina similar a los pacientes prediabéticos o con diabetes diagnosticada. Estos individuos compensan la resistencia a la insulina con la presencia de cifras de insulina elevadas de forma crónica^{6,7}.

Por tanto, prevenir el ayuno puede contribuir a minimizar la respuesta catabólica siendo una de las claves en las que se basan los programas ERAS.

Por otro lado, muchas de las intervenciones de cirugía cardíaca se tienen que realizar bajo el soporte de CEC. Los pacientes sometidos a CEC pueden presentar cifras elevadas de glucemia durante el bypass cardiopulmonar¹⁴. Existen diferentes factores presentes durante la CEC que podrían estar relacionados directa e indirectamente con el aumento de las cifras de glucosa en sangre durante esta:

- Respuesta sistémica: el contacto de la sangre del paciente con el circuito extracorpóreo provoca una respuesta inflamatoria compleja que involucra proteasa sérica, plaquetas y activación leucocitaria que puede progresar en algunos casos hacia un síndrome de respuesta inflamatoria sistémica (SIRS) pudiendo ser responsable de lesiones orgánicas que pueden aumentar la morbi-mortalidad¹⁵.

- Uso de corticoides: existe numerosa literatura sobre el uso de corticoides para la disminución de SIRS durante la CEC. Sin embargo, los corticosteroides pueden causar efectos secundarios como la hiperglucemia, que se asocia con inmunosupresión y aumento del riesgo de infección^{15,16}.

- Hipotermia: la disminución de la temperatura está asociada a una disminución en la secreción de insulina y una mayor resistencia de los tejidos a ella, elevando los niveles de glucemia en sangre^{10,17}.

- Hemodilución: el hematocrito durante la CEC puede variar en función de la anemia preoperatoria, tamaño de los circuitos extracorpóreos utilizados, superficie corporal del paciente, priming del circuito y el uso de soluciones cardiopléjicas. La disminución del hematocrito o el mantenimiento de cifras de hematocrito por debajo del hematocrito nadir puede comprometer la adecuada entrega de oxígeno aumentando el riesgo de lesiones orgánicas por isquemia y aumentar el riesgo de daño renal, además de relacionarse con un aumento de transfusiones sanguíneas. Todas estas complicaciones pueden estar relacionadas indirectamente con elevaciones de glucemia^{10,18,19}.

- Soluciones cardiopléjicas: la protección miocárdica se realiza con la utilización de diferentes soluciones, existiendo variedad en su composición, incluyendo algunas de ellas dextrosa, pudiendo ésta contribuir al aumento de los niveles de glucosa en sangre durante la CEC^{10,20}.

Dado el impacto potencial de la administración preoperatoria de bebidas carbohidratadas y, sabiendo que la CEC puede contribuir al desarrollo de hiperglucemias nuestro objetivo fue determinar el efecto de la sobrecarga de carbohidratos en los niveles de glucosa de los pacientes sometidos a cirugía cardíaca durante la CEC y en las primeras 24 horas del postoperatorio.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio de cohortes prospectivo entre mayo de 2022 y noviembre de 2023 con todos los pacientes adultos incluidos en los programas ERAS sometidos a circulación extracorpórea en el Hospital Universitario de la Ribera.

Población y muestra

Se incluyeron pacientes adultos sometidos a cirugía con circulación extracorpórea dentro del programa ERAS. Los criterios de exclusión fueron: cirugías sin CEC y pacientes sometidos a cirugías de urgencia. La elección de pacientes se realizó mediante muestreo consecutivo no probabilístico.

Grupos de estudio

Se establecieron dos grupos:

- Grupo control: pacientes que no recibieron suplementación de bebidas carbohidratadas.
- Grupo intervención: pacientes que recibieron suplementación de bebidas carbohidratadas según protocolo.

Protocolo de administración de bebidas carbohidratadas.

Para la aplicación de las diferentes recomendaciones ERAS, se realizó un protocolo de consulta evaluado por el comité de calidad de nuestro hospital. En relación con las bebidas carbohidratadas, el protocolo fue elaborado por el equipo multidisciplinar ERAS Cardiac de nuestro hospital tras revisión bibliográfica y consulta de los protocolos de bebidas carbohidratadas de las diferentes especialidades quirúrgicas que realizan programas de recuperación intensificada. La primera consulta con el paciente se realiza de forma presencial y es en esta consulta donde se inicia el protocolo de administración de las bebidas carbohidratadas, explicando y educando de forma oral y escrita, mediante la entrega de un tríptico ERAS preoperatorio (anexo 1) tanto al paciente como a su familia.

La bebida utilizada con este fin es el Pre-op® (anexo 2) y el protocolo de administración consensuado fue:

- el paciente tomará dos bebidas Pre-op® la noche antes de la intervención a las 24.00AM
- el paciente tomará una bebida Pre-op® la mañana de la intervención a las 6.00AM.

Se definió como hiperglucemia la presencia de niveles de glucosa en sangre superiores a 180 mg/dL y se indicó a partir de esta cifra la necesidad de corrección con protocolo de insulina.

Los niveles de glucosa fueron obtenidos de las gasometrías arteriales realizadas en los distintos tiempos del perioperatorio:

- Preoperatorio inmediato: glucemia antes de entrar en CEC.
- Intraoperatorio: glucemias cada 30 minutos durante CEC.

- Postoperatorio: glucemias realizadas 1h, 6h, 12h y 24h después de la CEC.

Todas las mediciones de glucemia se llevaron a cabo utilizando el gasómetro RAPIDPoint 500® ubicado en nuestro servicio de cirugía cardíaca. Las muestras en el preoperatorio, intraoperatorio y tras una 1h de la salida de CEC fueron tomadas por las enfermeras perfusionistas y las muestras correspondientes al postoperatorio por el personal de enfermería de la Unidad de Reanimación.

En relación con la circulación extracorpórea, en todas las cirugías se utilizó la bomba Stokert S5®. El cabezal de bomba fue rodillo o centrífuga en función del tipo y duración de la cirugía. La protección miocárdica en todos ellos fue realizada con Cardioplejia del Nido. Los circuitos extracorpóreos utilizados se eligieron en función de la superficie corporal de los pacientes, en todos ellos el diseño y la longitud está adaptado a las recomendaciones ERAS de nuestro centro para disminuir el impacto hemodilucional, siendo tanto la línea arterial como la línea venosa de 3/8, aplicándose de forma individualizada técnicas de preservación de hematocrito según protocolo ERAS (RAP, HDANV). En todas las cirugías se dispuso del recuperador celular, X-TRA®. Por último, todas ellas fueron realizadas en normotermia (36°C).

Para la recogida de datos se diseñó una hoja de recogida de datos los cuáles fueron exportados posteriormente a una hoja Excel para la realización del análisis estadístico mediante el programa SPSS. Las variables del estudio fueron:

- Demográficas: edad, sexo, peso, talla, índice de masa corporal (IMC).

- Clínicas: tipo de cirugía, tiempo de CEC, tiempo de isquemia cardíaca, diagnóstico de diabetes mellitus, uso de corticoides y los niveles de glucosa en sangre preoperatoria, durante la CEC y en la primera hora, 6 h, 12 h y 24 h postcec.

Estos datos fueron registrados por las enfermeras perfusionistas en colaboración con el personal de la Unidad de Reanimación.

El análisis estadístico se realizó utilizando el programa IBM SPSS Statistics®, versión 27.0.1. Las variables cuantitativas se expresaron como media y desviación estándar ($\pm$ DE). La normalidad de las variables se evaluó mediante el test de Kolmogorov-Smirnov.

Para la comparación entre grupos, se utilizó la prueba t de Student para muestras independientes. Las variables cualitativas se compararon mediante la prueba de chi-cuadrado (χ^2) o el test exacto de Fisher, según correspondiera. Se consideró una $p < 0,05$ como estadísticamente significativa.

Este estudio fue evaluado y aprobado por el Comité de Ética de Investigación Clínica del Hospital Universitario de la Ribera, en el contexto de la implementación del programa ERAS en cirugía cardíaca. Todos los pacientes fue-

ron informados de forma oral y escrita sobre los procedimientos mediante un tríptico educativo preoperatorio elaborado por el equipo multidisciplinar ERAS del hospital. El protocolo incluía información detallada sobre la administración de bebidas carbohidratadas, sus objetivos y posibles implicaciones clínicas.

El consentimiento informado fue obtenido previamente a la intervención, de acuerdo con las recomendaciones éticas y normativas vigentes.

RESULTADOS

El tamaño de la muestra obtenida fue de 93 pacientes, 51 pertenecían al grupo intervención y 42 al grupo control. En relación con los datos demográficos, el 41,9% eran mujeres, siendo la media de edad del total de la muestra de $68,7 \pm 9,7$. Respecto a las variables antropométricas, en relación con el peso, la media fue de $77,7 \pm 16,4$ kg y la media de la talla de $162,7 \pm 10,3$ cm, en consecuencia, la media del IMC resultó ser de $29,3 \pm 5,3$.

Respecto a los pacientes con diabetes mellitus el 72% (67 pacientes) del total de la muestra no eran diabéticos frente al 28% (26 pacientes) que sí que estaban diagnosticados de diabetes. En cuanto al grupo intervención, el 70,5% (36 pacientes) no eran diabéticos, mientras que el 29,5% (15 pacientes) sí lo eran. En el grupo control, el 73,8% (31 pacientes) no eran diabéticos frente al 26,2% (11 pacientes) que sí lo eran. Esta diferencia no fue estadísticamente significativa ($p = 0,911$; prueba de chi-cuadrado).

En relación con la cirugía, de los 93 pacientes, 74 fueron sometidos a cirugía valvular, 17 cirugía mixta y 2 cirugía coronaria. La media de tiempo de CEC fue de $90,9 \pm 38,4$ minutos y de isquemia de $70,0 \pm 33,5$. Por diferentes causas durante la CEC, en 34 pacientes se precisó la administración de un bolo de metilprednisolona 250 mg. De estos, 20 pertenecían al grupo intervención y 14 al grupo control. No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos ($p = 0,711$; prueba de chi-cuadrado). (Tabla 1).

No existieron diferencias significativas en cuanto a la edad, sexo, tiempo de CEC y de isquemia en ambos grupos.

Respecto a la muestra de pacientes diabéticos y no diabéticos tanto en el grupo control como en el grupo intervención tampoco existe diferencia significativa.

La media de la glucemia durante la CEC fue de $162,2 \pm 31,6$ mg/dL en el grupo control frente a $175,7 \pm 42,0$ mg/dL en el grupo intervención ($p = 0,088$). A las 6 h tras la CEC la media de las glucemias fue de $161,3 \pm 34,3$ mg/dL en el grupo control y de $178,1 \pm 36,8$ mg/dL en el grupo intervención ($p = 0,027$). Por tanto, los pacientes del grupo intervención presentaron mayores niveles de glucosa durante la CEC sin diferencia significativa, pero sí que encontramos diferencia significativa en los niveles de glucosa de estos pacientes a

las 6 h postcec (Tabla 2).

Se obtuvieron valores de glucemia superiores a 180 mg/dL en 28 pacientes (54,9%) del grupo intervención, frente a 12 (28,5%) del grupo control, $p = 0,011$ durante la CEC. A las 6 horas, 21 pacientes (41,2%) del grupo intervención presentaron hiperglucemia frente a 9 (22%) del grupo control, $p = 0,051$. No existieron diferencias significativas entre los niveles de glucemia de ambos grupos ni 1h, 12h y 24 h postcec (Tabla 3).

En los pacientes no diabéticos, los del grupo intervención presentaron una media de $175,44 \pm 39,11$ mg/dl de glucemia frente a $158,36 \pm 29,87$ mg/dl del grupo control durante la CEC, con una diferencia significativa de $p = 0,052$. A las 6 horas post-cec, la media de las glucemias del grupo intervención fue de $175,44 \pm 39,11$ mg/dl, siendo en el grupo control de $176,08 \pm 28,68$ mg/dl con una diferencia significativa de $p = 0,001$ (Tabla 4). De estos 36 pacientes no diabéticos del grupo intervención, el 50% (18 pacientes) presentan niveles de glucosa superiores a 180mg/dl necesitando corrección con insulina durante la CEC con una diferencia significativa de $p = 0,021$, y a las 6h post-cec con una diferencia significativa de $p = 0,013$ (Tabla 5).

En relación con los pacientes diabéticos, no existen diferencias significativas en los niveles de glucosa en sangre entre el grupo intervención y los que no las recibieron. Tampoco existe diferencia significativa en los niveles de glucemia superiores a 180mg/dl con necesidad de corrección de insulina.

En cuanto a la correlación entre los pacientes que recibieron dosis de corticoides y los niveles de glucemia superiores a 180mg/dl, aunque el tamaño muestra es muy pequeño $N = 34$, de ellos 20 pacientes pertenecen al grupo intervención frente a 14 pacientes del grupo control, no existiendo diferencias significativas en los niveles de glucemia entre ambos grupos, tanto durante la CEC como a las 6 h postcec. Sin embargo, dentro del grupo intervención con corticoides 12 pacientes presentaron niveles de glucosa superiores a 180 mg/dL que precisaron corrección con insulina durante la CEC con una $p = 0,026$, sin diferencia significativa a las 6h postcec.

DISCUSIÓN

El hallazgo principal de nuestro estudio fue que los pacientes del grupo intervención (que recibieron bebidas carbohidratadas preoperatorias) presentaron niveles significativamente más altos de glucemia a las 6 horas post-CEC, y un mayor número de episodios de hiperglucemia con necesidad de corrección con insulina durante la CEC, en comparación con el grupo control.

Los beneficios de la administración de bebidas carbohidratadas están bien documentados, lo que ha favorecido su incorporación en las diferentes vías de recuperación intensi-

ficada de diversas especialidades quirúrgicas. El estrés quirúrgico se minimiza y los resultados quirúrgicos se optimizan cuando la carga de carbohidratos se incorpora a la preparación preoperatoria del paciente ^(6-9,10). Sin embargo, existe escasa evidencia específica en cirugía cardíaca, siendo más abundante en otras especialidades como la cirugía colorectal.

El uso de la carga de carbohidratos preoperatoria en pacientes con diabetes no ha sido completamente evaluado y su seguridad continúa siendo incierta. Actualmente no hay datos concluyentes que respalden su uso en pacientes con resistencia a la insulina o diabetes, lo que plantea dudas sobre el posible riesgo de hiperglucemia y eventos adversos asociados ⁽⁷⁾.

En España, los programas ERAS están progresivamente implementándose en las distintas especialidades quirúrgicas. Sin embargo, muchas de sus recomendaciones aún presentan un bajo nivel de evidencia y su aplicación es variable. Un estudio reciente reveló que, aunque las prácticas nutricionales y de movilización temprana son ampliamente adoptadas, solo la mitad de los profesionales aplicaban la carga de carbohidratos preoperatoria ⁽²¹⁾.

Nuestros resultados plantean la necesidad de revisar esta recomendación dentro del entorno de la cirugía cardíaca. La diferencia significativa en los niveles de glucemia a las 6 horas post-CEC, especialmente en pacientes no diabéticos, sugiere que una parte de esta población podría presentar una resistencia a la insulina no diagnosticada, o incluso un estado de prediabetes ⁽⁷⁾.

Si bien se sabe que la carga de carbohidratos puede disminuir la resistencia a la insulina y el catabolismo inducido por el ayuno, reduciendo así las complicaciones postquirúrgicas ^(12,13), también está demostrado que la hiperglucemia per se se asocia con un aumento del riesgo de morbilidad. Esta aparente contradicción invita a una reflexión: si la hiperglucemia inducida por las bebidas está relacionada con un aumento de complicaciones postoperatorias, podría ser necesario implementar protocolos estrictos de monitorización y corrección de la glucemia en estos pacientes.

Limitaciones del estudio

En primer lugar, el tamaño muestral del subgrupo de pacientes que recibió corticoides fue reducido (N=34), lo que puede limitar la potencia estadística para detectar diferencias significativas. En segundo lugar, no se registró el uso de inotrópicos en el quirófano ni en el postoperatorio inmediato, a pesar de que estos fármacos pueden influir en los niveles de glucemia. Además, no se incluyó la medición de hemoglobina glicosilada como variable, lo que habría permitido una mejor caracterización de los pacientes con posible disfunción metabólica. También sería relevante, en futuros estudios, diferenciar entre pacientes con diabetes tipo 1 y tipo 2, o insulino dependientes.

CONCLUSIÓN

Los pacientes suplementados con bebidas carbohidratadas presentaron niveles de glucemia más altos que los no suplementados durante la circulación extracorpórea y significativamente en las seis primeras horas postquirúrgicas, además necesitaron de la administración de insulina en CEC también de forma significativa.

Los pacientes no diabéticos suplementados presentaron niveles de glucemia más altos que los no suplementados durante la CEC y significativamente en las seis primeras horas postquirúrgicas necesitando de la administración de insulina en CEC y en las primeras seis horas postquirúrgicas de forma significativa.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores no presentan conflicto de intereses.

BIBLIOGRAFÍA

1. Nicholson A, Lowe MC, Parker J, Lewis SR, Alderson P, Smith AF, et al. Systematic review and meta-analysis of enhanced recovery programmes in surgical patients. *Br J Surg.* 2014 feb;101(3):172-88. doi:10.1002/bjs.9394. PMID: 24469618.
2. Yau DKW, Underwood MJ, Joynt GM, Lee A. Effect of preparative rehabilitation on recovery after cardiac surgery: A systematic review. *Ann Phys Rehabil Med.* 2021 Mar;64(2):101391. doi: 10.1016/j.rehab.2020.03.014. PMID: 32446762.
3. Zhang Y, Chong JH, Harky A. Enhanced recovery after cardiac surgery and its impact on outcomes: A systematic review. *Perfusion.* 2022 Mar;37(2):162-74. doi:10.1177/0267659121988957. PMID: 33468017.
4. Malvindi PG, Bifulco O, Berretta P, Galeazzi M, Alfonsi J, Cefarelli M, et al. The Enhanced Recovery after Surgery approach in heart valve surgery: A systematic review of clinical studies. *J Clin Med.* 2024 May 14;13(10):2903. doi:10.3390/jcm13102903. PMID: 38792445; PMCID: PMC11121940.
5. Spadaccio C, Salsano A, Pisani A, Nenna A, Nappi F, Osho A, et al. Enhanced recovery protocols after surgery: A systematic review and meta-analysis of randomized trials in cardiac surgery. *World J Surg.* 2024 Apr;48(4):779-90. doi:10.1002/wjs.12122. PMID: 38423955.
6. Ackerman RS, Tufts CW, DePinto DG, Chen J, Altshuler JR, Serdiuk A, et al. How sweet is this? A review and evaluation of preoperative carbohydrate loading in the enhanced recovery after surgery model. *Nutr Clin Pract.* 2020 Apr;35(2):246-53. doi:10.1002/ncp.10427. PMID:

- 31637778.
7. Rushakoff RJ, Wick EC, McDonnell ME. Enhanced recovery in patients with diabetes: ¿Is it time for a moratorium on use of preoperative carbohydrate beverages? *Ann Surg.* 2019 Mar;269(3):411-2. doi:10.1097/SLA.0000000000002989. PMID: 30048328.
8. Engelman DT, Ben Ali W, Williams JB, Perrault LP, Reddy VS, Arora RC, et al. Guidelines for perioperative care in cardiac surgery: Enhanced Recovery After Surgery Society recommendations. *JAMA Surg.* 2019 Aug 1;154(8):755-66. doi:10.1001/jamasurg.2019.1153. PMID: 31054241.
9. Grant MC, Crisafi C, Alvarez A, Arora RC, Brindle ME, Chatterjee S, et al. Perioperative care in cardiac surgery: A joint consensus statement by the Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) Cardiac Society, ERAS International Society, and The Society of Thoracic Surgeons. *Ann Thorac Surg.* 2024 Apr;117(4):669-89. doi: 10.1016/j.athorac-surg.2023.12.006. PMID: 38284956.
10. Pajares MA, Margarit JA, García-Camacho C, García-Suarez J, Mateo E, Castaño M, et al. Guidelines for enhanced recovery after cardiac surgery: Consensus document of Spanish Societies of Anesthesia (SEDAR), Cardiovascular Surgery (SECCE) and Perfusionists (AEP). *Rev Esp Anesthesiol Reanim (Engl Ed).* 2021 Apr;68(4):183-231. doi: 10.1016/j.redar.2020.11.005. PMID: 33541733.
11. Joshi GP, Abdelmalak BB, Weigel WA, Harbell MW, Kuo CI, Soriano SG, et al. 2023 American Society of Anesthesiologists practice guidelines for preoperative fasting. *Anesthesiology.* 2023 feb 1;138(2):132-51. doi:10.1097/ALN.0000000000004381.
12. Schricker T, Lattermann R. Perioperative catabolism. *Can J Anaesth.* 2015 feb;62(2):182-93. doi:10.1007/s12630-014-0274-y. PMID: 25588775.
13. Capote GG, Labrada TDA, Sosa GD, et al. Ayuno preoperatorio. *Multimed.* 2020;24(5):1221-32.
14. Navaratnarajah M, Rea R, Evans R, Gibson F, Antoniadis C, Keiralla A, et al. Effect of glycaemic control on complications following cardiac surgery: Literature review. *J Cardiothorac Surg.* 2018 Jan 17;13(1):10. doi:10.1186/s13019-018-0700-2. PMID: 29343294.
15. Abbasciano RG, Olivieri GM, Chubsey R, Gatta F, Tyson N, Easwarakumar K, et al. Prophylactic corticosteroids for cardiopulmonary bypass in adult cardiac surgery. *Cochrane Database Syst Rev.* 2024 Mar 20;3(3):CD005566. doi: 10.1002/14651858.CD005566.pub4. PMID: 38506343.
16. Chai T, Zhuang X, Tian M, Yang X, Qiu Z, Xu S, et al. Shouldn't prophylactic corticosteroids be administered during cardiac surgery with cardiopulmonary bypass? *Front Surg.* 2022 jun 1; 9:832205. doi:10.3389/fsurg.2022.832205. PMID: 35722531.
17. Kuntschen FR, Galletti PM, Hahn C. Glucose-insulin interactions during cardiopulmonary bypass: Hypothermia versus normothermia. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1986 Mar;91(3):451-9. PMID: 3512920.
18. Habib RH, Zacharias A, Schwann TA, Riordan CJ, Durham SJ, Shah A. Adverse effects of low hematocrit during cardiopulmonary bypass in the adult: Should current practice be changed? *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2003 jun;125(6):1438-50. doi:10.1016/s0022-5223(02)73291-1. PMID: 12830066.
19. Loor G, Koch CG, Sabik JF 3rd, Li L, Blackstone EH. Implications and management of anemia in cardiac surgery: Current state of knowledge. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2012 Sep;144(3):538-46. doi: 10.1016/j.jtcvs.2012.04.014. PMID: 22713301.
20. Lessen R, DiCapua J, Pekmezaris R, Walia R, Bocchieri K, Jahn L, et al. Our experience with two cardioplegic solutions: Dextrose versus non-dextrose in adult cardiac surgery. *J Extra Corpor Technol.* 2012 Sep;44(3):134-8. PMID: 23198393.
21. Ripollés-Melchor J, Casans-Francés R, Abad-Gurumeta A, Suárez-de-la-Rica A, Ramírez-Rodríguez JM, López-Timoneda F, et al. Spanish survey on enhanced recovery after surgery. *Rev Esp Anesthesiol Reanim.* 2016 Aug-Sep;63(7):376-83. doi: 10.1016/j.redar.2015.09.007. PMID: 26796041.

EUROPERFUSION2025

Athens

LEGACY INSPIRES FUTURE

24-25 OCT

@ATHENS CONSERVATOIRE



Registration is open



EUROPERFUSION.COM

Anexo 1

PROGRAMA DE RECUPERACIÓN INTENSIFICADA EN CIRUGÍA CARDÍACA



INFORMACIÓN PARA PACIENTES SOMETIDOS A CIRUGÍA CARDÍACA

GENERALITAT VALENCIANA Hospital Universitari de la Ribera

EL DÍA DE LA INTERVENCIÓN

- Usted será recibido en la Sala de Acogida Quirúrgica por su Enfermera Perfusionista.
- Tras la intervención será trasladado a la Unidad de Reanimación donde pasará su post-operatorio inmediato.

POST-OPERATORIO INMEDIATO

Despertará en la REA donde será atendido por un equipo de profesionales que mantendrán:

- Control del dolor.
- Vigilancia.
- Inicio lo antes posible de la tolerancia oral.

Será visitado por el Fluoreapeuta que le indicará el:

- Inicio lo antes posible de los ejercicios respiratorios.
- Inicio lo antes posible de la sedestación.

Subirá a planta a las 48 h.

¿Y EN PLANTA?

Se continuará con los cuidados iniciados en la REA.

- Movilización temprana:
 - Ejercicios lentos del "autobrazo" para movilización y sedestación, al leer...
 - Acosillar no dormir de lado.
 - Sedestación y deambulación precozmente.
 - Deambulación mínimo 4 pasos al día.
 - Continuar con la fisioterapia respiratoria.
- Control del dolor.
- Nutrición adecuada.
- Cuidado y vigilancia de la estemotomía.



ALTA

El día del alta hospitalaria:

- La Enfermera Perfusionista visitará y le dará cita para su seguimiento post-operatorio al alta.
- Recordaremos todos los hábitos y conductas saludables aprendidos durante todo el Programa de Rehabilitación Multimodal.
- Reforzaremos todos los autocuidados necesarios para su incorporación progresiva a sus actividades de su vida diaria.
- Responderemos todas sus dudas.

SEGUIMIENTO

- Tendrá una cita presencial en la Consulta Enfermera Gestora de Cirugía Cardíaca al mes del alta.
- La siguiente cita presencial será a los seis meses del alta.



Y RECUERDE.....

- Durante todo el proceso TENDRÁ NUESTRO APOYO.
- Para cualquier consulta y/o duda contacte:
- En el teléfono 882051790 o 717120391
- En la Consulta de Cirugía Cardíaca nº 61

PROGRAMA DE RECUPERACIÓN INTENSIFICADA PARA CIRUGÍA CARDÍACA.

Usted ha sido informado de la necesidad de realizarle una intervención quirúrgica sobre el corazón. Los últimos estudios han demostrado que, siguiendo una serie de pautas recomendadas por el programa de Recuperación Intensificada, los pacientes reducen el riesgo de complicaciones en el postoperatorio, logrando lo antes posible su recuperación completa y acortando el tiempo de estancia hospitalaria.

El programa incluye un equipo multidisciplinar de cirujanos, anestesiólogos, intensivistas, perfusionistas, enfermeros, nutricionistas, internistas, hematólogos, fisioterapeutas y demás servicios necesarios para cubrir cualquiera de sus necesidades.

Este tríplice pretende que le sirva de ayuda para que entienda todo lo que incluye este programa para su información, comprensión y colaboración.

OBJETIVO DEL PROGRAMA

El objetivo del programa es que USTED llegue en las MEJORES CONDICIONES a la intervención para favorecer la disminución de complicaciones post-quirúrgicas y su pronta recuperación.

Por tanto, a partir de este momento:

- Debe dejar de fumar.
- Debe dejar de tomar bebidas alcohólicas.
- Debe mantener una actividad física adecuada a su situación actual (paseos diarios).
- Procure llevar una dieta rica en proteínas (carnes, pescados y huevos).



IMPLANTACIÓN DEL PROGRAMA

El programa se basa principalmente en estos pilares:

- Nutrición adecuada
- Control de la diabetes
- Control de la anemia
- Control del dolor
- Movilización temprana

Se realizarán una serie de pruebas analíticas, y tras valorar sus resultados puede ser necesario administrarse hierro intravenoso. Dar pautas dietéticas pudiendo ser o no valorado por el nutricionista. Necesitará control estricto de su glucemia siendo o no valorado por el endocrino.



INGRESO

Se le avisará telefónicamente por parte de Lista de Espera con tiempo suficiente de la fecha de su ingreso.

Una semana antes del ingreso la Enfermera Perfusionista (que usted ya conoce) le realizará una consulta telefónica con el objetivo de:

- Asegurar el cumplimiento de las pautas de la medicación antiagregante y/o anticoagulante.
- Cinco días antes de la intervención recordarle la aplicación de la Mupirocina intranasal.



Realización del baño pre-quirúrgico tal y como se le explicó, así como una correcta higiene bucal.

- Toma de Batidos:
 - Si la intervención es por la mañana:
 - * 2 Batidos a las 24:00h (12 de la noche)
 - * 1 Batido a las 6:00h (6 de la mañana)
 - Si la intervención es por la tarde:
 - * 1 Batido a las 24:00h (12 de la noche)
 - * 2 Batidos a las 9:00h (9 de la mañana)



- Apoyo psicológico y emocional.
- Debe traer su medicación habitual y su incentivador respiratorio.

Anexo 2

PreOp



Descripción

Módulo de hidratos de carbono con sabor a limón. Exento de proteínas, grasas, lactosa, gluten y fibra. Específicamente diseñado para el control nutricional preoperatorio de pacientes quirúrgicos. Listo para su uso. Debe utilizarse bajo supervisión médica.

Modo de empleo

Agitar bien antes de utilizar. Listo para su uso y se recomienda tomarlo frío.

Indicaciones

Alimento para usos médicos especiales indicado en el manejo dietético de pacientes que vayan a ser sometidos a cirugía programada bajo anestesia general.

Densidad energética

0,5 kcal/ml

Reparto energético

Grasas: 0% VCT
Hidratos de carbono: 100% VCT
Proteínas: 0% VCT
(VCT: valor calórico total)

Producto	Presentación	Código Nacional	EAN
Limón	Caja de 24 botellas de 200 ml	331920.1	8716900557781

Información nutricional	Por 100 ml	
Valor Energético	50 / 215	Kcal / kJ
Grasas	0	g
Saturadas	0	g
Hidratos de carbono	12,6	g
Azúcares	2,1	g
Lactosa		g
Fibra alimentaria	0	g
Proteínas	0	g
Sal	0,13	g
Minerales y elementos traza		
Na	50	mg
K	122	mg
Cl	6	mg
Ca	6	mg
P	1	mg
Mg	1	mg
Otros		
Osmolaridad	240	mOsmol/l
H2O	92	ml

Tabla I. Características de la muestra

Muestra n = 93			
Variable	Grupo control(N=42)	Grupo intervención (N=51)	p valor
Edad	67,1±9,0	70,0 ±10,2	,145
Sexo			,496
Hombres	26(61,9%)	28(54,9%)	
Mujeres	16(38,1%)	23(45,1%)	
Peso	79,2±16,4	76,6 ±16,4	,459
Talla	164,1 ±10,3	161,4 ±10,1	,205
IMC	29,4 ±5,9	29,1 ±4,6	,837
DM	11(26,2%)	15(29,4%)	,160
CIRUGÍA			,206
Valvular	31(73,8%)	43(84,3%)	
Coronaria	9(21,4%)	8(15,7%)	
Mixta	2(4,8%)	0(0,0%)	
CORTICOIDES			,558
No	28(66,7%)	31(60,8%)	
Si	14(33,3%)	20(39,2%)	

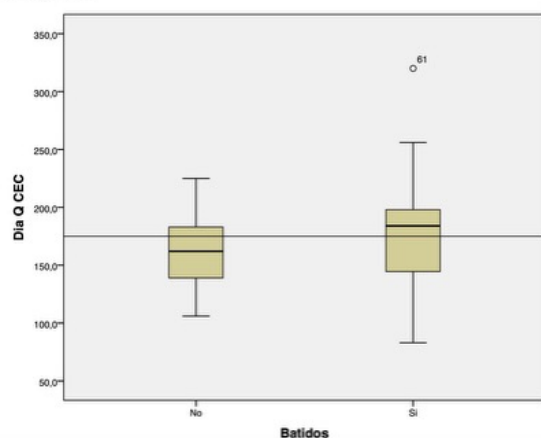
IMC, índice de masa corporal DM diabetes mellitus

Tabla II. Valores de glucemia

	Grupo control	Grupo intervención	Valor de p
Preoperatorio	106,64± 25,92 mg/dl	108,31± 21,79 mg/dl	0,736
Pre- CEC	110,38± 21,65 mg/dl	112,39± 28,59 mg/dl	0,708
CEC	162,19± 31,65 mg/dl	175,72± 42,02 mg/dl	0,088
1h postCEC	151,17± 32,56 mg/dl	164,07± 39,15 mg/dl	0,094
6h postCEC	161,26± 34,33 mg/dl	178,13± 36,83 mg/dl	0,027*
12h postCEC	168,52± 38,17 mg/dl	154,62± 32,09 mg/dl	0,127
24h postCEC	149,53± 29,40 mg/dl	152,27± 37,82 mg/dl	0,705

*CEC: circulación extracorpórea

Histogramas



CEC 6H POST-CEC

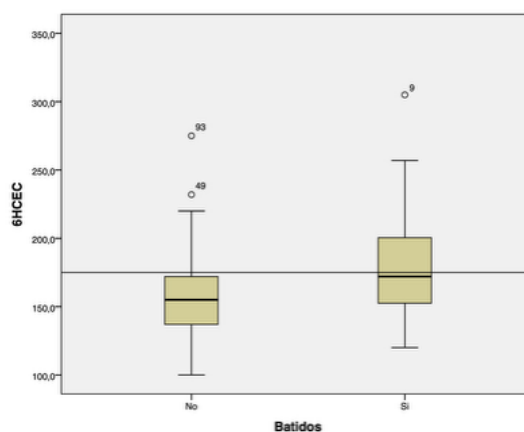


Tabla III. Valor glucemias

Muestra n = 93			
Variable	Grupo control (N=42)	Grupo intervención (N=51)	p valor
GLUCEMIA CEC			
<180mg/dl	30(71,4%)	23(45,1)	
>180mg/dl	12(28,5%)	28(54,9%)	,011
GLUCEMIA 6h post			
<180mg/dl	32(78%)	30(58,8%)	
>180mg/dl	9(22%)	21(41,2%)	,051

Tabla IV. Cifras de glucemia pacientes no diabéticos

	Grupo control (n=31)	Grupo intervención (n=36)	Valor de p
Glucemia preoperatoria	99,41 ± 12,59 mg/dl	102,44 ± 17,87 mg/dl	0,433
Pre- CEC	105,77 ± 17,87 mg/dl	107,11 ± 18,88 mg/dl	0,768
CEC	158,36 ± 29,87 mg/dl	175,44 ± 39,11 mg/dl	0,052
1 h post CEC	150,74 ± 31,52 mg/dl	160,30 ± 33,14 mg/dl	0,233
6 h post CEC	153,16 ± 27,55 mg/dl	176,08 ± 28,68 mg/dl	0,001*
12h post CEC	161,57 ± 31,14 mg/dl	148,79 ± 26,12 mg/dl	0,151
24h post CEC	143,16 ± 24,51 mg/dl	146,63 ± 24,51 mg/dl	0,661

Tabla V. Necesidad insulina en pacientes no diabéticos (>180mg/dl)

	Grupo control (n=31)	Grupo intervención (n=36)	Valor de p
CEC	7 pacientes (22,6%)	18 pacientes (50%)	0,021*
1 h post CEC	5 pacientes (16,1%)	7 pacientes (19,4%)	0,724
6 h post CEC	5 pacientes (16,1%)	16 pacientes (44,4%)	0,013*

Intuitive patient monitoring system with the patient at its heart



Essenz™ Patient Monitor is a next-generation data monitoring system that places the Perfusionist's clinical wisdom and experience at the centre, driving the implementation of an individualised patient care strategy.

Essenz™ Patient Monitor Important Safety Information

The Essenz Patient Monitor software is a modularly structured software program package that is exclusively used with LivaNova heart-lung machines. The system allows detailed recording of perfusion data during cardiopulmonary bypass procedures as well as the processing and evaluation of this data. The data may be recorded automatically or entered manually. The LivaNova Perfusion System Monitor is a panel PC intended to be exclusively used with LivaNova heart lung machines as a base and user interface for the Essenz Patient Monitor software.

The devices should be used by qualified and skilled personnel, able to follow the indications and instructions for use contained in the information provided by the manufacturer.

Not approved in all geographies, consult your labeling. Please visit the LivaNova website to receive instructions for use containing full prescribing information including indications, contraindications, warnings, precautions and adverse events.

Legal Manufacturer:

LivaNova Deutschland
Lindberghstrasse 25
D-80939
Munich, Germany

Sorin Group Italia S.r.l.
Via Statale 12 Nord, 86
41037 Mirandola (MO) Italy



LivaNova
Cardiopulmonary

#EssenzEra #NewEraOfPerfusion
www.essenzperfusion.com

Actualización de la protección neurológica durante el abordaje quirúrgico del síndrome aórtico agudo

Update on neurological protection during the surgical approach to acute aortic syndrome

RESUMEN / ABSTRACT

Objetivo: examinar en la literatura disponible las diferentes estrategias de protección cerebral y espinal durante el manejo quirúrgico del síndrome aórtico agudo.

Método: se realizó una búsqueda en las bases de datos Pubmed, Cochrane Library y la herramienta de Google Académico. Se seleccionaron aquellos estudios que presentaron evidencia científica a "free full text" publicados posteriormente a 2010 y centrados en la población adulta.

Resultados: Se identificaron un total de 138 artículos que quedaron reducidos a 33, centrados en el abordaje de la protección cerebral y espinal en la cirugía del arco aórtico y que conforman el cuerpo narrativo de esta revisión. Diversos autores coinciden en la importancia de la neuromonitorización que, junto con la elección de la canulación, influye quirúrgica y neurológicamente en el paciente, asegurando parámetros de perfusión cerebral específicos, con un flujo de 8-10 ml/kg/min y una presión de 50-60 mmHg. Asimismo, la medición directa del coeficiente Q10 es esencial para una hipotermia segura. Existe discrepancia de opinión entre los factores de protección de la médula espinal.

Discusión: la mejora continua de la calidad asistencial en procesos como el Síndrome Aórtico Agudo (SAA), de baja prevalencia y alta mortalidad, exige una formación continuada con rigor científico de alta calidad a todos los agentes implicados y una actividad investigadora de alto nivel científico. Se demuestra que varias estrategias diferentes y bien establecidas pueden dar lugar a resultados quirúrgicos equiparables, excelentes y duraderos.

Palabras clave: cirugía del arco aórtico, protección cerebral, protección espinal, aneurisma, disección.

Objective: Review the available literature on the different strategies for cerebral and spinal protection during the surgical management of acute aortic syndrome.

Method: a search in the Pubmed and Cochrane Library databases and the Google Scholar tool was carried out. We selected those studies that presented "free full text" scientific evidence published after 2010 and focused on the adult population.

Results: A total of 138 articles were identified, which were reduced to 33, focusing on the approach to brain and spinal cord protection in aortic arch surgery and which make up the narrative body of this review. Various authors agree on the importance of neuromonitoring, which, together with the choice of cannulation, has a surgical and neurological influence on the patient, ensuring specific cerebral perfusion parameters, with a flow of 8-10 ml/kg/min and a pressure of 50-60 mmHg. Likewise, direct measurement of the Q10 coefficient is essential for safe hypothermia. There is a difference of opinion regarding spinal cord protection factors.

Discussion: Continuous improvement of the quality of care in processes such as AAS, with low prevalence and high mortality, requires continuous high-quality training for all the agents involved and a high level of scientific research activity. It is shown that several different and well-established strategies can lead to comparable, excellent and long-lasting surgical outcomes.

Keywords: aortic arch surgery; cerebral protection; spinal protection; aneurysm, dissection.



Irene García Izquierdo

Enfermera Perfusionista

Hospital General Universitario Gregorio Marañón

ORCID: 0009-0003-6042-9175

Irene García
igizquierdo@yahoo.com

Recibido: diciembre 2024
Aceptado: febrero 2025

INTRODUCCIÓN

El “síndrome aórtico agudo” (SAA) es una patología poco frecuente y de una altísima complejidad¹⁻⁴. Bajo este término se engloban distintas patologías aórticas agudas que tienen una presentación clínica similar: disección aórtica clásica (DA), hematoma intramural aórtico, úlcera penetrante aórtica y disección incompleta. Aunque pueden presentarse de forma aislada, es posible que se puedan detectar a la vez en un mismo paciente, o que exista progresión de unas a otras. Todas ellas pueden confluir en la rotura aórtica.

Existen diferentes clasificaciones del SAA. La más utilizada es la clasificación de la Universidad de Stanford por su simplicidad y valor pronóstico (Tabla 1).

También es muy conocida la clasificación de DeBakey⁵ (Imagen 1) que divide el síndrome aórtico en tres tipos: tipo I (afectación de la aorta ascendente y descendente), tipo II (afectación exclusiva de la aorta ascendente) y tipo III (afectación únicamente de la aorta descendente).

Los datos que existen sobre la epidemiología actual del SAA son escasos⁶⁻⁸. Al no incluir las muertes que tienen lugar fuera del hospital, los estudios de series de casos como el Registro Internacional de disección aórtica aguda (IRAD), estudios de pacientes hospitalizados y los estudios de casos y controles subestiman la incidencia y mortalidad de los pacientes con SAA⁹⁻¹¹. Recientemente, grandes estudios de cohorte de base poblacional han calculado de una forma más exacta la verdadera incidencia y los factores de riesgo de estas lesiones aórticas agudas y señalan que la incidencia anual media de DA aguda oscila entre 6 y 7,2 casos por cada 100.000 habitantes, mayor en hombres y aumenta con la edad^{12,15}.

El estudio de DeMartino¹⁴ encontró una incidencia de 7,7 casos por cada 100.000 habitantes al año, incluyendo todas las lesiones aórticas agudas. La DA incompleta, una lesión que con frecuencia pasa desapercibida, representa aproximadamente el 5% de todos los pacientes con SAA^{16,17} y es más frecuente en las lesiones aórticas agudas tipo A (según la clasificación de Stanford).

Según datos del registro IRAD, las mujeres con DA tienen un perfil diferente en lo que respecta a su representación clínica, llegan más tarde al hospital y en peor situación clínica que los varones^{18,19}. Esto podría explicar en parte por qué en diferentes series y tras análisis ajustados por edad, las mujeres tienen mayor mortalidad y, concretamente, una mayor tasa de mortalidad extrahospitalaria que los varones^{12,15,18}. Una proporción sustancial de pacientes (30-50%) con DA tipo A fallecen en casa o antes de llegar al hospital^{12,15,19}. Por tanto, todas las series de pacientes hospitalizados subestiman la verdadera incidencia del SAA, sobre todo la de tipo A. El dolor torácico también llamado “dolor aórtico” es el síntoma más frecuente

en la presentación del síndrome aórtico agudo. Es brusco, muy intenso y de carácter desgarrante^{1,2} y frecuentemente, de localización torácica. Suele ser migratorio, irradiándose a la extensión de la disección, anterior en la de tipo A y posterior en la de tipo B, y se acompaña de síntomas y signos derivados de la afectación de las diferentes ramas arteriales. Ocasionalmente, el síncope es el síntoma inicial, sobre todo en el tipo A, lo que ensombrece el pronóstico pues se relaciona con la aparición de complicaciones graves. Las pruebas complementarias realizadas de forma rápida a la llegada del paciente a urgencias son fundamentales para su correcto diagnóstico.

El tratamiento de elección viene determinado por la afectación o no de la aorta ascendente. En los pacientes con SAA tipo A es la cirugía y en el caso de los pacientes con SAA tipo B, la estabilización clínica y hemodinámica con fármacos.

En relación con el tratamiento, la cirugía del arco aórtico fue introducida por primera vez a mediados del siglo pasado y requiere un manejo complejo del paciente que va más allá de la sustitución manual del vaso enfermo. La enfermedad fue descrita por el Dr. Denton A. Cooley²⁰ como “un problema fundamental de la humanidad”. Desde entonces, ha experimentado numerosos avances basados tanto en la experiencia como en la evidencia.

En este sentido, el éxito de la reparación del arco aórtico combina varios procesos: reconstrucción del flujo sanguíneo de la aorta ascendente a la descendente, reinserción del árbol de la rama supraaórtica, simplificación técnica del procedimiento quirúrgico, garantía de la función neurocognitiva, protección de las vísceras abdominales y vigilancia adecuada del montaje multimodular de la bomba extracorpórea.

La isquemia del sistema nervioso central (SNC), factor limitante de tales procedimientos, provoca lesiones cerebrales irreversibles tras cortos periodos de isquemia porque el cerebro requiere un elevado aporte de oxígeno y glucosa en todo momento, así como suprimir la demanda metabólica cerebral²¹. Por ello, el objetivo principal de la protección cerebral es encontrar unos métodos que modifiquen las reacciones bioquímicas provocadas por la isquemia. De esta forma, se podría disponer de mayor tiempo quirúrgico para realizar la cirugía sobre el arco aórtico, ubicación de los troncos supraaórticos y de los que dependen directamente la circulación cerebral.

La hipotermia disminuye, como se ha comentado anteriormente, las necesidades metabólicas del paciente, las reacciones químicas del organismo son más lentas y, por otra parte, se consume menos oxígeno produciendo menos dióxido de carbono. Una reducción de diez grados en la temperatura corporal reduce en un 50% las necesidades de oxígeno²². La tasa metabólica cerebral disminuye entre un 5 y un 7% por cada grado centígrado de descenso de la

temperatura corporal, pero sin llegar a cero^{23,24,25}.

Con respecto a la hipotermia profunda con parada circulatoria, establecida como técnica de protección por Griep et al²⁶ en la década de 1970, se ha convertido en una práctica clínica habitual²⁷. Estudios de Lou et al²⁸ y Ziganshin et al²⁹ han informado resultados clínicos con rango de tiempo entre 30-40 minutos aproximadamente para preservar con seguridad la función neurocognitiva. Sin embargo, los tiempos prolongados de Circulación Extracorpórea (CEC) siguen planteando preocupación sobre la evolución de la cirugía.

Por otro lado, a finales de los años 90 los avances tecnológicos renovaron el interés en la perfusión cerebral anterógrada selectiva (SACP) con el objetivo de mantener eficazmente las demandas de oxígeno y glucosa del SNC durante la parada circulatoria y asegurar el mantenimiento de temperaturas centrales moderadas de la parte inferior del cuerpo con tiempos de CEC reducidos³⁰.

En consecuencia, el objetivo de esta revisión bibliográfica es identificar, actualizar y aplicar las diferentes estrategias de protección del cerebro y médula espinal durante el tratamiento quirúrgico del síndrome aórtico agudo con CEC.

MÉTODO

Se realizó una revisión bibliográfica mediante la búsqueda de la evidencia desde enero hasta diciembre de 2023 en las bases de datos de MEDLINE, mediante el motor de búsqueda de PubMed y en The Cochrane Library, asimismo, se hizo uso de la herramienta de búsqueda Google Académico. La estrategia de búsqueda se construyó a partir del descriptor MeSH aortic arch, combinado con el operador booleano "AND" unido a cerebral protection "OR" spinal protection con el fin de obtener los mejores resultados para el objetivo planteado. (Imagen 2)

Criterios de inclusión

La selección de artículos se hizo con trabajos publicados a "free full text", entre 2010 y 2023, en idioma inglés o español e incluidas las revisiones sistemáticas, metaanálisis, estudios de cohortes, estudios observacionales, guías de práctica clínica y ensayos clínicos.

Criterios de exclusión

Se excluyeron trabajos publicados en libros o documentos y los que hacen referencia a la población infantil.

RESULTADOS

Se obtuvieron 138 artículos que inicialmente quedaron reducidos a 83 por duplicidad y tras la lectura de resumen.

Posteriormente, tras la lectura completa y la aplicación de los filtros indicados se eligieron 33 trabajos que conforman el cuerpo de esta revisión bibliográfica. (Imagen 3).

Un 3% de los artículos encontrados datan antes de 2010, el 33% publicados entre 2017 y 2022, y el 64% entre 2010 y 2016, como se observa en el gráfico 1. Asimismo, el 58 % proceden de USA, el 12% de Reino Unido y el resto se reparte entre Japón, Suecia, Alemania, Italia, China y Australia, como se refleja en el gráfico 2.

Gráfico 1. Años de publicación

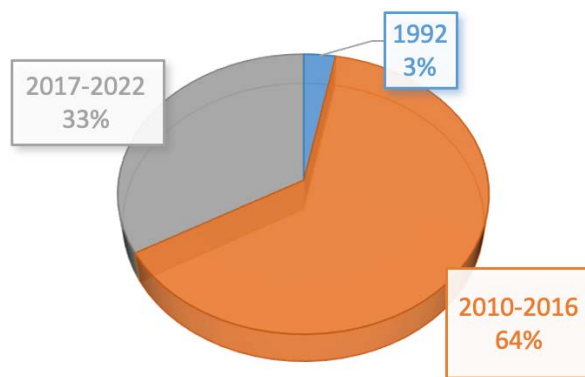
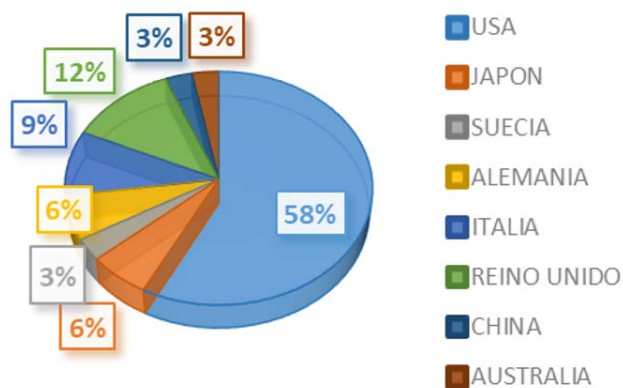


Gráfico 2. País de publicación



Elaboración propia

Dado que el principio de "simplicidad e inteligencia" no es fácil aplicarlo a las complejidades de la cirugía del arco aórtico y al tratamiento de los pacientes que se someten a ella, el éxito de ésta combina varios procesos a tener en cuenta.

Protección cerebral

La presión y el flujo de perfusión cerebral son cruciales, en particular cuando se utiliza una temperatura central moderada. La hipoperfusión puede provocar isquemia del SNC y la hiperperfusión (denominada "perfusión de lujo") edema cerebral³¹.

Kazui et al³², con una perfusión cerebral a temperatura moderada, dieron un impulso definitivo al demostrar que, durante la parada cardiocirculatoria, disminuyen notablemente las complicaciones neurológicas y la mortalidad de la cirugía del arco aórtico. Jonsson et al³³ señalaron que 6 ml/kg/min era el umbral mínimo necesario para mantener unas condiciones fisiológicas aceptables sin transición a un metabolismo isquémico, en comparación con 4 o 2 ml/kg/min. Haldenwang et al³⁴ confirmaron un aumento del flujo sanguíneo cerebral y del edema cerebral, sin ventajas en la reducción metabólica con incremento de la presión intracraneal y peor resultado neuroconductual, a velocidades de flujo de 18ml/kg/min en comparación con 8ml/kg/min.

La perfusión cerebral anterógrada (ACP) unilateral mediante canulación axilar, innominada o carótida común derecha facilita la técnica de reparación más rápida y una parada circulatoria más corta, no manipulándose los orificios de salida de los troncos. A pesar de que este aspecto es muy discutido, Lou et al²⁸ apoya la ACP unilateral en la mayoría de los casos, excepto cuando se anticipa un tiempo prolongado de paro circulatorio. Angeloni et al³⁵ informaron de resultados operativos superiores utilizando perfusión bilateral. Settepani et al³⁶ concluye que el impacto de la perfusión adicional de la arteria subclavia izquierda permanece abierto a discusión. Por su parte, Abjigitova³⁷, mostró que el grupo de pacientes con ACP unilateral tuvo la tasa más baja de mortalidad operatoria y accidente cerebrovascular incapacitante. Sin embargo, el trabajo de Manoly³⁸ mostró que la parada circulatoria con hipotermia moderada (MHCA) junto con la ACP se asoció con una mejor supervivencia y una reducción de la tasa de accidentes cerebrovasculares en comparación con la parada circulatoria con hipotermia profunda (DHCA). En este sentido, la American Society of Anesthesiologists (ASA)³⁹ recomienda una monitorización lo más completa, exhaustiva e inmediata posible, y la Asociación Europea de Cirugía Cardiorrástica (EACTS) y la Sociedad Europea de Cirugía Vascular (ESVS)⁴⁰ recomienda estudios de imágenes preoperatorios para evaluar la permeabilidad y morfología del polígono de Willis cuando el tratamiento involucra el arco aórtico, aunque Manetta⁴¹ concluye que aún no existe consenso sobre la mejor estrategia de protección en cirugía aórtica.

Perfusión cerebral anterógrada versus retrógrada

Existe evidencia que alguna forma de perfusión cerebral ya sea anterógrada o retrógrada, mejora los resultados neurológicos, en comparación con la DHCA. Hu et al⁴² en un estudio reciente publicaron que ante una DHCA existía

una mejor recuperación neurofisiológica, menos edema y mejor equilibrio metabólico cuando se perfunde el SNC selectivamente. Sin embargo, Tian et al⁴³ en un metaanálisis también reciente, hallaron que la perfusión anterógrada ofrecía resultados superiores a la DHCA aislada, resultados coincidentes con los obtenidos por Tang et al⁴⁴, Preventza⁴⁵, Tong⁴⁶, Liu⁴⁷ y Angleitner⁴⁸.

En la perfusión cerebral retrógrada se perfunde sangre fría procedente de la línea arterial a través de la vena cava superior con flujos de 200-300 ml/min con presiones de infusión de 25- 30 mmHg⁴⁹. Gocoł et al²² pone de manifiesto que la observación de retorno de sangre desde el cerebro por los orificios de los troncos es un indicador del buen funcionamiento del sistema, aunque es inferior al infundido. Esta técnica evita la embolia gaseosa y de partículas, y extiende la duración del periodo de seguridad de la parada circulatoria.

Tipo de canulación

La canulación aórtica directa con técnica de Seldinger guiada por ecocardiografía transesofágica (ETE), consigue un rápido establecimiento del flujo luminal verdadero, aunque en pacientes estables, su seguridad es controvertida⁵⁰, ya que en diversos estudios las tasas de accidente cerebrovascular llegan al 20%. Por otro lado, en casos de perfusión axilar y paro circulatorio más prolongado se requerirá perfusión cerebral por algún medio accesorio. La canulación de la arteria innominada es otra opción que proporciona acceso para la perfusión cerebral anterógrada y parece ser segura en la disección aórtica aguda tipo A como sugieren Preventza⁵¹, Payabyab⁵² y Harky⁵³. Indiferentemente al tipo de canulación, es importante la perfusión cerebral selectiva en hipotermia moderada a profunda.

Manejo de la temperatura cerebral

El manejo de la temperatura durante la parada circulatoria es tan crucial, como controvertido. Se han defendido muchas estrategias, y los protocolos difieren significativamente entre los centros especializados en cirugía de aorta. Históricamente se ha utilizado la inactividad electrocerebral (ICE) como parámetro válido del metabolismo cerebral suprimido y, por tanto, permite determinar la temperatura óptima para la parada circulatoria sin técnicas de perfusión adyuvantes. James et al⁵⁴ hallaron que la temperatura media de ICE era de 15,5 °C, aunque en el 95% de los casos fue de 12,7 °C. La restauración del metabolismo cerebral mediante perfusión selectiva continua permite potencialmente el uso de temperaturas más elevadas. No obstante, los hallazgos experimentales de Tsai et al⁵⁵ investigaron la perfusión cerebral con temperaturas moderadas (>20 °C) en comparación con temperaturas profundas (<20 °C) y observaron mejores resultados neurológicos y de supervivencia temprana con el uso de dichas temperaturas. En la misma línea, Zierer et al⁵⁶ confirmaron estos resultados positivos en su población de 1.002 pacientes sometidos a perfusión anterógrada a 28-30 °C. Leshnower et al⁵⁷ observaron que

el cambio de su estrategia de perfusión cerebral hacia temperaturas aún más altas no se asociaba ni a un efecto beneficioso ni a un deterioro de los resultados en el caso de la hipotermia leve (27- 34 °C) en comparación con la moderada (22-26 °C). Si bien, el grupo de la Universidad de Duke⁵⁸ consideró que, a falta de estudios comparativos sólidos, el patrón oro sigue siendo la DHCA para alcanzar la ICE. De Paulis et al⁵⁹ concluye que aproximadamente dos tercios de los centros aórticos europeos prefieren perfundir el cerebro a 22-26 °C y un tercio a temperaturas más bajas. Por otro lado, Griep⁶⁰ utilizó la medición directa del coeficiente de temperatura Q10 para determinar el contenido de oxígeno arterial y venoso cerebral a partir de muestras del bulbo yugular. En este sentido, las guías clínicas americanas⁶¹, orientan hacia una temperatura de salida arterial del oxigenador como indicador de la temperatura cerebral central, limitar la temperatura de recalentamiento a <37 °C para evitar la hipertermia cerebral y adecuar el gradiente durante el enfriamiento/calentamiento entre la temperatura arterial y la venosa a 10 °C para evitar los embolismos gaseosos, recomendaciones con nivel de evidencia "clase I, nivel C".

Protección de la médula espinal

Supone un desafío la protección de la médula espinal para evitar la paraparesia y la paraplejía. Sin embargo, aunque las temperaturas moderadas y la perfusión distal aborden adecuadamente la tolerancia isquémica de las vísceras, no sucede lo mismo con la médula espinal. Rong et al⁶² demostró que el drenaje del líquido cefalorraquídeo (LCR) reduce significativamente la incidencia de isquemia de la médula espinal, aunque el procedimiento es muy invasivo y no está exento de riesgos. Sin embargo, Tang⁶³ sostiene que la protección de la médula espinal depende principalmente de la temperatura, al encontrar un aumento proporcional de la incidencia de paraplejía (18%) tras 60 min de MHCA (25-28 °C) en comparación con temperaturas más bajas (20-24 °C), incluso con la aplicación de perfusión anterógrada. Por su parte, Griep et al en dos estudios consecutivos^{60,64} determinaron que la SACP, en su configuración habitual, sólo mantiene una protección de la médula espinal suficiente hasta T8/9, pero rara vez por debajo. No obstante, estudios del Mount Sinai Group²⁴ estimaron que la duración segura para la médula espinal era de 20, 50, 75 y 120 min a 37, 32, 28 y 20 °C, respectivamente. Por otra parte, Settepani et al³⁶ señalaron que lesión medular asociada con la perfusión de triple vaso supraaórtico fue considerablemente menor, aunque no significativamente. Así, Tang et al⁶³ propusieron que, tiempos prolongados de isquemia de la parte inferior del cuerpo (LBI) producen lesiones espinales y multiorgánicas siendo este un predictor independiente de mortalidad a corto y largo plazo.

DISCUSIÓN

La cirugía del arco aórtico requiere una gestión multidimensional. Se pretende un equilibrio entre la prevención de complicaciones relacionadas con el procedimiento como la protección adecuada de los órganos, siendo necesario monitorizar la actividad cardíaca y cerebral, la presión arterial, la función respiratoria, la temperatura y la función renal.

Protección cerebral

Diversos autores³²⁻³⁶ coinciden en que la presión y el flujo de perfusión cerebral son cruciales, en particular cuando se utiliza una temperatura central moderada y dentro de un umbral mínimo necesario para mantener unas condiciones fisiológicas aceptables. En este sentido, derivado del tipo de cirugía y las implicaciones anatómicas en referencia a la aorta ascendente y arco aórtico, la ASA³⁹, EACTS y ESVS⁴⁰ consideran a la neuromonitorización como un punto importante.

Aún no existe consenso en la mejor estrategia de protección cerebral en cirugía aórtica, como refiere Manetta⁴¹.

Perfusión cerebral anterógrada versus retrógrada

Coincidimos con Abjigitova³⁷, que el grupo de pacientes con ACP unilateral tuvo la tasa más baja de mortalidad operatoria y accidente cerebrovascular incapacitante. Sin embargo, el trabajo de Manoly³⁸ mostró que MHCA+ACP se asoció con una mejor supervivencia y una reducción de la tasa de accidentes cerebrovasculares en comparación con DHCA. Igualmente, los tiempos operativos totales entre los dos grupos fueron comparables a pesar de un mayor tiempo de enfriamiento y recalentamiento para el grupo DHCA. En este sentido, las temperaturas centrales moderadas son seguras cuando se utilizan técnicas de protección que restauran el metabolismo cerebral. La DHCA directa se utiliza en el 6% de los casos agudos, y la perfusión retrógrada sólo se aplica en casos agudos excepcionales. Así, las directrices estadounidenses de 2010 aceptan las tres estrategias como eficaces con el mismo nivel de evidencia (clase IIa, nivel B)⁶⁵ frente a las directrices de la Sociedad Europea de Cardiología de 2014 que solo recomiendan la SACP con un nivel de evidencia "clase IIa, nivel B"⁶⁶.

Manejo de la temperatura cerebral

A su vez, el efecto de la hipotermia sobre el metabolismo es un hecho irrefutable. Una perfusión fría puede ser innecesaria en la mayoría de los casos rutinarios de arco aórtico, pero puede ofrecer la ventaja del tiempo en un procedimiento inesperadamente complejo y prolongado, como lo recomiendan los estudios de Tsai⁵⁵ y Zierer⁵⁶ que coinciden en utilizar temperaturas moderadas >20 °C.

La medición directa del coeficiente de temperatura Q10 en seres humanos, presenta desafíos significativos⁶⁰, y es crucial para determinar la duración segura de la hipotermia controlada. Dicha duración debe basarse en el Q10 calculado

y en la monitorización intraoperatoria utilizando técnicas como la espectroscopia de infrarrojo cercano, lo que contribuye a garantizar la seguridad y eficacia de la hipotermia controlada en entornos clínicos. Sin embargo, es importante destacar que la aplicación de estos principios debe ser cuidadosamente adaptada a las características específicas de cada paciente y situación.

Protección de la médula espinal

Respecto a la protección de la médula espinal, Rong⁶¹ sostiene que una reducción en la presión del LCR aumenta el flujo sanguíneo espinal al estar determinado por la PAM menos la presión del LCR, frente a otros autores^{62,63} que defienden la temperatura como el mejor protector de la médula espinal y Settepani³⁶ que considera el restablecimiento precoz de la perfusión y la reducción del tiempo de isquemia beneficiosos ya que tiempos prolongados de LBI producen lesiones espinales y multiorgánicas.

La diferencia en los intervalos isquémicos seguros entre el cerebro y la médula espinal son consecuencia de la tolerancia inicial de 20 minutos en normotermia para la médula espinal frente a una tolerancia cerebral de sólo 5 minutos de isquemia⁶⁰. Una apreciación de los intervalos isquémicos seguros para la médula espinal es claramente importante.

En muchos centros se consigue protección visceral con temperaturas de moderadas a suaves, no sólo sin límite de tiempo, sino también sin enfriamiento a temperaturas más bajas, mediante la aplicación de una perfusión corporal inferior durante las anastomosis distales y supraaórticas.

CONCLUSIONES

Las reflexiones presentadas proporcionan una visión completa de los aspectos abordados en relación con el SAA. Así, el continuo desarrollo de estrategias quirúrgicas y percutáneas señala la necesidad de formación continua y de investigación de alto nivel para mejorar la calidad asistencial con la colaboración de todo el equipo de salud.

Las tendencias actuales en Europa señalan una preferencia por:

- Perfusión cerebral anterógrada, considerada más fisiológica, junto con una hipotermia moderada frente a las prácticas anteriores de hipotermia profunda.

- Elección de la canulación, preferiblemente axilar o subclavia, influye quirúrgica y neurológicamente en el paciente. El objetivo es mantener una perfusión cerebral homogénea con parámetros específicos, con un flujo de 8-10 ml/kg/min y una presión de 50-60 mmHg.

- El Coeficiente de Temperatura Q10 se destaca como un predictor del periodo seguro de isquemia, considerando el control estricto de la temperatura, esencial para reducir el daño neurológico.

- Mantener límites durante el enfriamiento y el recalen-

tamiento en la CEC para evitar complicaciones como la generación de émbolos gaseosos. Recomendaciones respaldadas por evidencia científica (nivel de evidencia clase I), importantes para garantizar la seguridad y el éxito de las cirugías cardíacas con CEC.

- Discrepancias de opinión entre la presión del LCR, la temperatura y la duración de la isquemia, como factores de protección de la médula espinal. La variabilidad en los intervalos isquémicos seguros entre la médula espinal y el cerebro resalta la necesidad de una consideración cuidadosa de estos aspectos ante el procedimiento quirúrgico.

Estas conclusiones subrayan la complejidad y la necesidad de abordar de manera integral el SAA, destacando la importancia de la formación continua, la colaboración multidisciplinar y la aplicación de estrategias terapéuticas avanzadas.

CONFLICTO DE INTERESES

La autora declara no tener conflictos de intereses.

BIBLIOGRAFÍA

1. Vilacosta I, Aragoncillo P, Cañadas V, San Román JA, Ferreirós J, Rodríguez E. Acute aortic syndrome: a new look at an old conundrum. *Postgrad Med J*. 2010 Jan;86(1011):52-61. doi: 10.1136/hrt.2008.153650. PMID: 20065341.
2. Vilacosta I, San Román JA. Acute aortic syndrome. *Heart*. 2001 Apr;85(4):365-8. doi: 10.1136/heart.85.4.365. PMID: 11250953; PMCID: PMC1729697.
3. Vilacosta I, San Román JA, Aragoncillo P, Ferreirós J, Menéndez R, Graupner C, et al. Penetrating atherosclerotic aortic ulcer: documentation by transesophageal echocardiography. *J Am Coll Cardiol*. 1998 Jul;32(1):83-9. doi: 10.1016/s0735-1097(98)00194-6. PMID: 9669253.
4. Vilacosta I, San Román JA, Ferreirós J, Aragoncillo P, Menéndez R, Castillo JA, et al. Natural history and serial morphology of aortic intramural hematoma: a novel variant of aortic dissection. *Am Heart J*. 1997 Sep;134(3):495-507. doi: 10.1016/s0002-8703(97)70087-5. PMID: 9327708.
5. Ince H, Nienaber CA. Tratamiento de los síndromes aórticos agudos [Management of acute aortic syndromes]. *Rev Esp Cardiol*. 2007 May;60(5):526-41. Doi:10.1016/S0300-8932(07)75071-6. Spanish. PMID: 17535765.
6. Erbel R, Aboyans V, Boileau C, Bossone E, Bartolomeo RD, Eggebrecht H, et al; ESC Committee for Practice Guidelines. 2014 ESC Guidelines on the diagnosis and treatment of aortic diseases: Document covering acute and chronic aortic diseases of the thoracic and abdominal aorta of the adult. The Task Force for the Diagnosis and Treatment of Aortic Diseases of the European Society of Cardiology.

- gy (ESC). *Eur Heart J*. 2014 Nov 1;35(41):2873- 926. doi: 10.1093/eurheartj/ehu281. Epub 2014 Aug 29. Erratum in: *Eur Heart J*. 2015 Nov 1;36(41):2779. doi: 10.1093/eurheartj/ehv178. PMID: 25173340.
7. Riambau V, Böckler D, Brunkwall J, Cao P, Chiesa R, Coppi G, et al. Editor's Choice - Management of Descending Thoracic Aorta Diseases: Clinical Practice Guidelines of the European Society for Vascular Surgery (ESVS). *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2017 Jan;53(1):4-52. doi: 10.1016/j.ejvs.2016.06.005. PMID: 28081802.
8. Timmis A, Townsend N, Gale CP, Torbica A, Lettino M, Petersen SE, et al. European Society of Cardiology. European Society of Cardiology: Cardiovascular Disease Statistics 2019. *Eur Heart J*. 2020 Jan 1;41(1):12-85. doi:10.1093/eurheartj/ehz859. Erratum in: *Eur Heart J*. 2020 Dec 14;41(47):4507. PMID: 31820000.
9. Clouse WD, Hallett JW Jr, Schaff HV, Spittell PC, Rowland CM, Ilstrup DM, et al. Acute aortic dissection: population-based incidence compared with degenerative aortic aneurysm rupture. *Mayo Clin Proc*. 2004 Feb;79(2):176-80. doi:10.4065/79.2.176. PMID: 14959911.
10. Olsson C, Thelin S, Ståhle E, Ekblom A, Granath F. Thoracic aortic aneurysm and dissection: increasing prevalence and improved outcomes reported in a nationwide population-based study of more than 14,000 cases from 1987 to 2002. *Circulation*. 2006 Dec 12;114(24):2611-8. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.106.630400. Epub 2006 Dec. PMID: 17145990.
11. Pape LA, Tsai TT, Isselbacher EM, Oh JK, O'gara PT, Evangelista A, et al. International Registry of Acute Aortic Dissection (IRAD) Investigators. Aortic diameter $\geq$ 5.5 cm is not a good predictor of type A aortic dissection: observations from the International Registry of Acute Aortic Dissection (IRAD). *Circulation*. 2007 Sep 4;116(10):1120-7. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.107.702720. Epub 2007 Aug 20. PMID: 17709637.
12. Howard DP, Banerjee A, Fairhead JF, Perkins J, Silver LE, Rothwell PM. Oxford Vascular Study. Population-based study of incidence and outcome of acute aortic dissection and premorbid risk factor control: 10-year results from the Oxford Vascular Study. *Circulation*. 2013 May 21;127(20):2031-7. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.112.000483. Epub 2013 Apr 18. PMID: 23599348; PMCID: PMC6016737.
13. Landenhed M, Engström G, Gottsäter A, Caulfield MP, Hedblad B, Newton-Cheh C, et al. Risk profiles for aortic dissection and ruptured or surgically treated aneurysms: a prospective cohort study. *J Am Heart Assoc*. 2015 Jan 21;4(1): e001513. doi: 10.1161/JAHA.114.001513. PMID: 25609416; PMCID: PMC4330075.
14. DeMartino RR, Sen I, Huang Y, Bower TC, Oderich GS, Pochettino A, et al. Population- Based Assessment of the Incidence of Aortic Dissection, Intramural Hematoma, and Penetrating Ulcer, and Its Associated Mortality From 1995 to 2015. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes*. 2018 Aug;11(8):e004689. doi: 10.1161/CIRCOUTCOMES.118.004689. PMID: 30354376; PMCID: PMC6428412.
15. Smedberg C, Steuer J, Leander K, Hultgren R. Sex differences and temporal trends in aortic dissection: a population-based study of incidence, treatment strategies, and outcome in Swedish patients during 15 years. *Eur Heart J*. 2020 Jul 7;41(26):2430-2438. doi: 10.1093/eurheartj/ehaa446. PMID: 32558879; PMCID: PMC7340356.
16. Chin AS, Willemink MJ, Kino A, Hinostroza V, Sailer AM, Fischbein MP, et al. Acute Limited Intimal Tears of the Thoracic Aorta. *J Am Coll Cardiol*. 2018 Jun 19;71(24):2773-2785. doi: 10.1016/j.jacc.2018.03.531. PMID: 29903350; PMCID: PMC6004827.
17. Svensson LG, Labib SB, Eisenhauer AC, Butterly JR. Intimal tear without hematoma: an important variant of aortic dissection that can elude current imaging techniques. *Circulation*. 1999 Mar 16;99(10):1331-6. doi: 10.1161/01.cir.99.10.1331. PMID: 10077517.
18. Nienaber CA, Fattori R, Mehta RH, Richartz BM, Evangelista A, Petzsch M, et al. International Registry of Acute Aortic Dissection. Gender-related differences in acute aortic dissection. *Circulation*. 2004 Jun 22;109(24):3014-21. doi: 10.1161/01.CIR.0000130644.78677.2C. Epub 2004 Jun 14. PMID: 15197151.
19. Pál D, Szilágyi B, Berczeli M, Szalay CI, Sárdy B, Oláh Z, et al. Ruptured Aortic Aneurysm and Dissection Related Death: an Autopsy Database Analysis. *Pathol Oncol Res*. 2020 Oct;26(4):2391-2399. doi: 10.1007/s12253-020-00835-x. Epub 2020 Jun 16. PMID: 32548697; PMCID: PMC7471188.
20. Cooley DA. A Brief History of Aortic Aneurysm Surgery. *Aorta (Stamford)*. 2013 Jun 1;1(1):1-3. doi: 10.12945/j.aorta.2013.12.006. PMID: 26798665; PMCID: PMC4682691.
21. Berretta P, Alfonsi J, Di Bartolomeo R, Di Eusanio M. Innominate artery cannulation during aortic surgery. *Multimed Man Cardiothorac Surg*. 2015 Dec 12;2015: mmv030. doi: 10.1093/mmcts/mmvs030. PMID: 26658194.
22. Gocoł R, Hudziak D, Bis J, Mendrala K, Morkisz Ł, Podsiadło P, et al. The Role of Deep Hypothermia in Cardiac Surgery. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 Jul 1;18(13):7061. doi: 10.3390/ijerph18137061. PMID: 34280995; PMCID: PMC8297075.
23. Corry JJ. Use of hypothermia in the intensive care unit. *World J Crit Care Med*. 2012 Aug 4;1(4):106-22. doi: 10.5492/wjccm. v1.i4.106. PMID: 24701408; PMCID: PMC3953868.
24. Luehr M, Bachet J, Mohr FW, Etz CD. Modern temperature management in aortic arch surgery: the dilemma of moderate hypothermia. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2014 Jan;45(1):27-39. doi: 10.1093/ejcts/ezt154. Epub 2013 Apr 28. PMID: 23628950.

25. Yan TD, Bannon PG, Bavaria J, Coselli JS, Elefteriades JA, Griep RB, et al. Consensus on hypothermia in aortic arch surgery. *Ann Cardiothorac Surg.* 2013 Mar;2(2):163-8. doi: 10.3978/j.issn.2225-319X.2013.03.03. PMID: 23977577; PMCID: PMC3741830.
26. Griep RB, Stinson EB, Hollingsworth JF, Buehler D. Prosthetic replacement of the aortic arch. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1975 Dec;70(6):1051-63. PMID: 1186283.
27. Dumfarth J, Ziganshin BA, Tranquilli M, Elefteriades JA. Cerebral protection in aortic arch surgery: hypothermia alone suffices. *Tex Heart Inst J.* 2013;40(5):564-5. PMID: 24391322; PMCID: PMC3853843.
28. Lou X, Chen EP. Goal-directed cerebral perfusion in aortic arch surgery: scientific leap or hype? *Asian Cardiovasc Thorac Ann.* 2021 Sep;29(7):605-611. doi: 10.1177/0218492320929212. Epub 2020 May 21. PMID: 32438816; PMCID: PMC7963887.
29. Ziganshin BA, Rajbanshi BG, Tranquilli M, Fang H, Rizzo JA, Elefteriades JA. Straight deep hypothermic circulatory arrest for cerebral protection during aortic arch surgery: Safe and effective. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2014 Sep;148(3):888-98; discussion 898-900. doi: 10.1016/j.jtcvs.2014.05.027. Epub 2014 May 16. PMID: 25052822.
30. Bachet J. What is the best method for brain protection in surgery of the aortic arch? Selective antegrade cerebral perfusion. *Cardiol Clin.* 2010 May;28(2):389-401. doi: 10.1016/j.ccl.2010.01.014. PMID: 20452558.
31. Elefteriades JA. What is the best method for brain protection in surgery of the aortic arch? Straight DHCA. *Cardiol Clin.* 2010 May;28(2):381-7. doi: 10.1016/j.ccl.2010.02.004. PMID: 20452557.
32. Kazui T, Inoue N, Yamada O, Komatsu S. Selective cerebral perfusion during operation for aneurysms of the aortic arch: a reassessment. *Ann Thorac Surg.* 1992 Jan;53(1):109-14. doi: 10.1016/0003-4975(92)90767-x. PMID: 1530810.
33. Jonsson O, Morell A, Zemgulis V, Lundström E, Tovedal T, Einarsson GM, et al. Minimal safe arterial blood flow during selective antegrade cerebral perfusion at 20° centigrade. *Ann Thorac Surg.* 2011 Apr;91(4):1198-205. doi: 10.1016/j.athoracsur.2010.12.066. Epub 2011 Feb 25. PMID: 21353198.
34. Haldenwang PL, Strauch JT, Amann I, Klein T, Sterner-Kock A, Christ H, et al. Impact of pump flow rate during selective cerebral perfusion on cerebral hemodynamics and metabolism. *Ann Thorac Surg.* 2010 Dec;90(6):1975-84. doi: 10.1016/j.athoracsur.2010.06.111. PMID: 21095348.
35. Angeloni E, Melina G, Refice SK, Roscitano A, Capuano F, Comito C, et al. Unilateral Versus Bilateral Antegrade Cerebral Protection During Aortic Surgery: An Updated Meta- Analysis. *Ann Thorac Surg.* 2015 Jun;99(6):2024-31. doi: 10.1016/j.athoracsur.2015.01.070. Epub 2015 Apr 16. PMID: 25890664.
36. Settepani F, Cappai A, Basciu A, Barbone A, Tarelli G. Outcome of open total arch replacement in the modern era. *J Vasc Surg.* 2016 Feb;63(2):537-45. doi: 10.1016/j.jvs.2015.10.061. PMID: 26804221.
37. Abjigitova D, Veen KM, van Tussenbroek G, Mokhles MM, Bekkers JA, Takkenberg JJM, et al. Cerebral protection in aortic arch surgery: systematic review and meta- analysis. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2022 Aug 3;35(3): ivac128. doi: 10.1093/icvts/ivac128. PMID: 35512204; PMCID: PMC9419700.
38. Manoly I, Uzzaman M, Karangelis D, Kuduvalli M, Georgakarakos E, Quarto C, et al. Neuroprotective strategies with circulatory arrest in open aortic surgery - A meta-analysis. *Asian Cardiovasc Thorac Ann.* 2022 Jul;30(6):635-644. doi: 10.1177/02184923211069186. Epub 2022 Jan 11. PMID: 35014877; PMCID: PMC9260478.
39. Standards for basic anesthetic monitoring [Internet]. American Society of Anesthesiologists; [cited 2023 Dec 10]. Available from: <https://www.asahq.org/standards-and-practice-parameters/standards-for-basic-anesthetic-monitoring>
40. Czerny M, Schmidli J, Adler S, van den Berg JC, Bertoglio L, Carrel T, et al. EACTS/ESVS scientific document group. Current options and recommendations for the treatment of thoracic aortic pathologies involving the aortic arch: an expert consensus document of the European Association for Cardio-Thoracic surgery (EACTS) and the European Society for Vascular Surgery (ESVS). *Eur J Cardiothorac Surg.* 2019 Jan 1;55(1):133-162. doi: 10.1093/ejcts/ezy313. PMID: 30312382.
41. Manetta F, Mullan CW, Catalano MA. Neuroprotective Strategies in Repair and Replacement of the Aortic Arch. *Int J Angiol.* 2018 Jun;27(2):98-109. doi: 10.1055/s-0038-1649512. Epub 2018 May 27. PMID: 29896042; PMCID: PMC5995688.
42. Hu Z, Wang Z, Ren Z, Wu H, Zhang M, Zhang H, et al. Similar cerebral protective effectiveness of antegrade and retrograde cerebral perfusion combined with deep hypothermia circulatory arrest in aortic arch surgery: a meta-analysis and systematic review of 5060 patients. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2014 Aug;148(2):544-60. doi: 10.1016/j.jtcvs.2013.10.036. Epub 2013 Dec 9. PMID: 24332107.
43. Tian DH, Wan B, Bannon PG, Misfeld M, LeMaire SA, Kazui T, et al. A meta-analysis of deep hypothermic circulatory arrest alone versus with adjunctive selective antegrade cerebral perfusion. *Ann Cardiothorac Surg.* 2013 May;2(3):261-70. doi: 10.3978/j.issn.2225-319X.2013.05.11. PMID: 23977593; PMCID: PMC3741855.
44. Tang GH, Spielvogel D, Lansman SL. Hypothermia alone might not be enough for cerebral protection in aortic arch surgery. *Tex Heart Inst J.* 2013;40(5):566-7. PMID: 24391323; PMCID: PMC3853809.
45. Preventza O, Simpson KH, Cooley DA, Cornwell L, Bakaeen FG, Omer S, et al. Unilateral versus bilateral cerebral per-

- fusion for acute type A aortic dissection. *Ann Thorac Surg*. 2015 Jan;99(1):80-7. doi: 10.1016/j.athoracsur.2014.07.049. Epub 2014 Nov 6. PMID: 25442989.
46. Tong G, Zhang B, Zhou X, Tao Y, Yan T, Wang X, et al. Bilateral versus unilateral antegrade cerebral perfusion in total arch replacement for type A aortic dissection. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2017 Sep;154(3):767-775. doi: 10.1016/j.jtcvs.2017.02.053. Epub 2017 Mar 12. PMID: 28420537.
47. Liu Z, Wang C, Zhang X, Wu S, Fang C, Pang X. Effect of different types of cerebral perfusion for acute type A aortic dissection undergoing aortic arch procedure, unilateral versus bilateral. *BMC Surg*. 2020 Nov 18;20(1):286. doi: 10.1186/s12893-020-00957-8. PMID: 33208110; PMCID: PMC7672832.
48. Angleitner P, Stelzmueller ME, Mahr S, Kaider A, Laufer G, Ehrlich M. Bilateral or unilateral antegrade cerebral perfusion during surgery for acute type A dissection. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2020 Jun;159(6):2159-2167.e2. doi: 10.1016/j.jtcvs.2019.06.057. Epub 2019 Jul 8. PMID: 31378406.
49. Ueda Y. What is the best method for brain protection in surgery of the aortic arch? Retrograde cerebral perfusion. *Cardiol Clin*. 2010 May;28(2):371-9. doi: 10.1016/j.ccl.2010.01.006. PMID: 20452556.
50. Tiwari KK, Murzi M, Bevilacqua S, Glauber M. Which cannulation (ascending aortic cannulation or peripheral arterial cannulation) is better for acute type A aortic dissection surgery? *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2010 May;10(5):797-802. doi: 10.1510/icvts.2009.230409. Epub 2010 Feb 13. PMID: 20154346.
51. Preventza O, Garcia A, Tuluca A, Henry M, Cooley DA, Simpson K, et al. Innominate artery cannulation for proximal aortic surgery: outcomes and neurological events in 263 patients. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2015 Dec;48(6):937-42; discussion 942. doi: 10.1093/ejcts/ezu534. Epub 2015 Feb 1. PMID: 25646398.
52. Payabyab EC, Hemli JM, Mattia A, Kremers A, Vatsia SK, Scheinerman SJ, et al. The use of innominate artery cannulation for antegrade cerebral perfusion in aortic dissection. *J Cardiothorac Surg*. 2020 Jul 31;15(1):205. doi: 10.1186/s13019-020-01249-1. PMID: 32736644; PMCID: PMC7393698.
53. Harky A, Wong CHM, Chan JSK, Zaki S, Froghi S, Bashir M. Innominate artery cannulation in aortic surgery: A systematic review. *J Card Surg*. 2018 Dec;33(12):818-825. doi: 10.1111/jocs.13962. Epub 2018 Dec 12. PMID: 30548686.
54. James ML, Andersen ND, Swaminathan M, Phillips-Bute B, Hanna JM, Smigla GR, et al. Predictors of electrocerebral inactivity with deep hypothermia. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2014 Mar;147(3):1002-7. doi: 10.1016/j.jtcvs.2013.03.022. Epub 2013 Apr 11. PMID: 23582829; PMCID: PMC3800484.
55. Tsai JY, Pan W, Lemaire SA, Pisklak P, Lee VV, Bracey AW, et al. Moderate hypothermia during aortic arch surgery is associated with reduced risk of early mortality. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2013 Sep;146(3):662-7. doi: 10.1016/j.jtcvs.2013.03.004. Epub 2013 Apr 1. PMID: 23558304.
56. Zierer A, El-Sayed Ahmad A, Papadopoulos N, Moritz A, Diegeler A, Urbanski PP. Selective antegrade cerebral perfusion and mild (28°C-30°C) systemic hypothermic circulatory arrest for aortic arch replacement: results from 1002 patients. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2012 Nov;144(5):1042-49. doi: 10.1016/j.jtcvs.2012.07.063. Epub 2012 Sep 8. PMID: 22967770.
57. Leshnower BG, Myung RJ, Thourani VH, Halkos ME, Kilgo PD, Puskas JD, et al. Hemiarach replacement at 28°C: an analysis of mild and moderate hypothermia in 500 patients. *Ann Thorac Surg*. 2012 Jun;93(6):1910-5; discussion 1915-6. doi: 10.1016/j.athoracsur.2012.02.069. Epub 2012 May 4. PMID: 22560963.
58. Keenan JE, Wang H, Ganapathi AM, Englum BR, Kale E, Mathew JP, et al. Electroencephalography During Hemiarach Replacement With Moderate Hypothermic Circulatory Arrest. *Ann Thorac Surg*. 2016 Feb;101(2):631-7. doi: 10.1016/j.athoracsur.2015.08.002. Epub 2015 Oct 17. PMID: 26482779; PMCID: PMC5140096.
59. De Paulis R, Czerny M, Weltert L, Bavaria J, Borger MA, Carrel TP, et al. Current trends in cannulation and neuroprotection during surgery of the aortic arch in Europe. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2015 May;47(5):917-23. doi: 10.1093/ejcts/ezu284. Epub 2014 Jul 17. PMID: 25035412.
60. Griep RB, Di Luozzo G. Hypothermia for aortic surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2013 Mar; 145(3 Suppl): S56-8. doi: 10.1016/j.jtcvs.2012.11.072. PMID: 23410782.
61. Engelman R, Baker RA, Likosky DS, Grigore A, Dickinson TA, Shore-Lesserson L, et al. The Society of Thoracic Surgeons, The Society of Cardiovascular Anesthesiologists, and The American Society of ExtraCorporeal Technology: Clinical Practice Guidelines for Cardiopulmonary Bypass-Temperature Management during Cardiopulmonary Bypass. *J Extra Corpor Technol*. 2015 Sep; 47(3):145-54. PMID: 26543248; PMCID: PMC4631211.
62. Rong LQ, Kamel MK, Rahouma M, White RS, Lichtman AD, Pryor KO, et al. Cerebrospinal fluid drain-related complications in patients undergoing open and endovascular repairs of thoracic and thoraco-abdominal aortic pathologies: a systematic review and meta-analysis. *Br J Anaesth*. 2018 May;120(5):904-913. doi: 10.1016/j.bja.2017.12.045. Epub 2018 Mar 27. PMID: 29661408.
63. Tang GH, Kai M, Malekan R, Lansman SL, Spielvogel D. Trifurcated graft replacement of the aortic arch: state of the art. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2015 Feb;149(2 Suppl):S55-8. doi: 10.1016/j.jtcvs.2014.07.038. Epub 2014 Jul 31. PMID: 25173128.
64. Griep RB, Griep EB. Spinal cord protection in surgical and endovascular repair of thoracoabdominal aortic disease.

- se. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2015 Feb;149(2 Suppl):S86-90. doi: 10.1016/j.jtcvs.2014.10.056. Epub 2014 Oct 14. PMID: 25454913.
65. Isselbacher EM, Preventza O, Hamilton Black J 3rd, Augoustides JG, Beck AW, Bolen MA, et al; Peer Review Committee Members. 2022 ACC/AHA Guideline for the Diagnosis and Management of Aortic Disease: A Report of the American Heart Association/American College of Cardiology Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation*. 2022 Dec 13;146(24):e334-e482. doi: 10.1161/CIR.0000000000001106. Epub 2022 Nov 2. PMID: 36322642; PMCID: PMC9876736.
66. Erbel R, Aboyans V, Boileau C, Bossone E, Bartolomeo RD, Eggebrecht H, et al. ESC Committee for Practice Guidelines. 2014 ESC Guidelines on the diagnosis and treatment of aortic diseases: Document covering acute and chronic aortic diseases of the thoracic and abdominal aorta of the adult. The Task Force for the Diagnosis and Treatment of Aortic Diseases of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J*. 2014 Nov 1;35(41):2873- 926. doi: 10.1093/eurheartj/ehu281. Epub 2014 Aug 29. Erratum in: *Eur Heart J*. 2015 Nov 1;36(41):2779. PMID: 25173340.

Tabla 1. Clasificación del síndrome aórtico agudo

SÍNDROME AÓRTICO AGUDO tipo A	SÍNDROME AÓRTICO AGUDO tipo B
Afectación de la aorta ascendente	Afectación de la aorta descendente.

Tomado de Universidad de Stanford

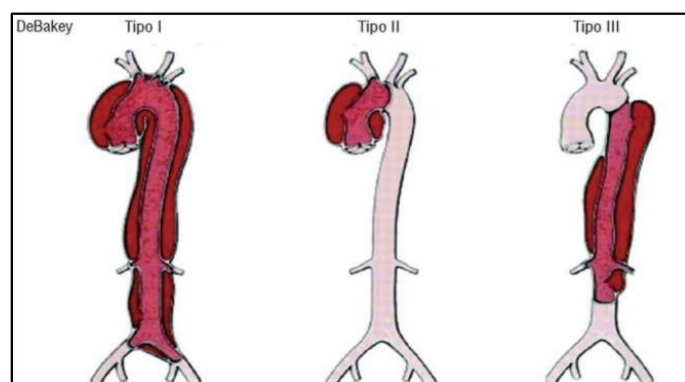
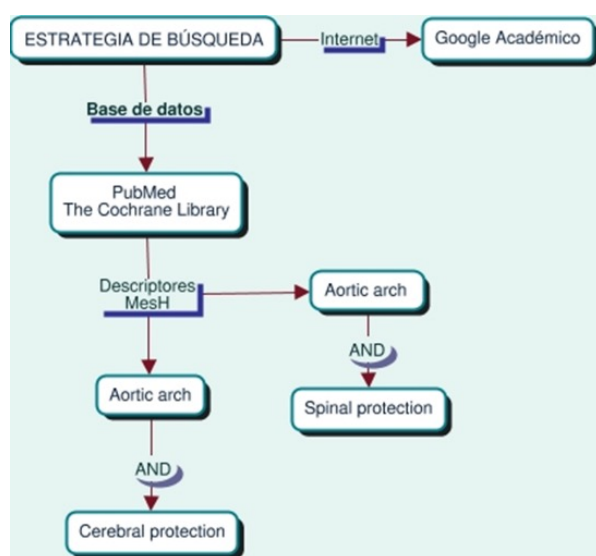
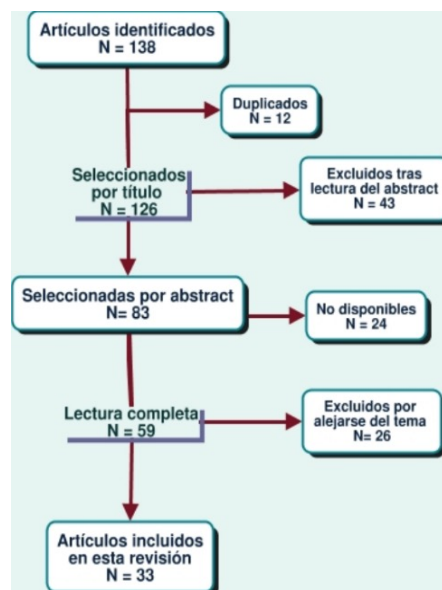
Imagen 1. Clasificación de DeBakey del síndrome aórtico.

Imagen 2. Estrategia de búsqueda.

Imagen 3. Secuencia de búsqueda.


Tabla I. Tabla evolutiva de los parámetros de la ECMO

Autores	País y año	Diseño	Información
Eleftheriades JA	USA, 2010	Revisión	El paro circulatorio por hipotermia profunda (DHCA) es una técnica disponible para la preservación del cerebro durante el reemplazo del arco aórtico. En este artículo, el autor analiza la ventaja de DHCA sobre otras técnicas de protección del cerebro.
Kazui T, Inoue N, Yamada O, Komatsu S	JAPÓN, 1992	Estudio investigación	Los pacientes con aneurismas del arco aórtico presentan la mayor morbilidad y mortalidad operatoria. La perfusión cerebral selectiva (SCP) parece ser un procedimiento útil para prevenir la isquemia cerebral durante la reconstrucción compleja del arco aórtico.
Jonsson O, Morell A, Zemgulis V, et al	SUECIA, 2011	Estudio investigación	Este estudio demuestra que la disminución del flujo de SACP a 6 ml/kg/min produce una perfusión adecuada en la mayoría de los casos hasta 4 horas. Se originaron signos isquémicos en respuesta a la reducción del flujo a 4-2 ml/kg/min. Asimismo, se observaron diferencias regionales inexplicables en la perfusión en el 45% de los sujetos.
Haldenwang PL, Strauch JT, Amann I, et al	ALEMANIA, 2010	Estudio investigación experimental	Este estudio investigó la hemodinámica y el metabolismo cerebral a dos velocidades de flujo diferentes. A 25°C, la SCP de alto flujo no proporciona ningún beneficio a largo plazo. Un mayor flujo sanguíneo cerebral conduce a un edema cerebral, sin beneficio en la tasa metabólica.
Angeloni E, Melina G, Refice SK	ITALIA, 2015	Metaanálisis	Los resultados investigados fueron la mortalidad posoperatoria y la enfermedad neurológica permanente y temporal (PND y TND). Se utilizó un análisis separado de la heterogeneidad mediante la estadística Cochrane Q. En tiempos prolongados, el ASCP unilateral mostró peores resultados con respecto al ASCP bilateral. Además, en ambos grupos la hipotermia moderada se asoció a mejores resultados.
Settepani F, Cappai A, Basciu A	ITALIA, 2016	Metaanálisis	Este metaanálisis indica que el reemplazo total del arco aórtico se puede realizar con una mortalidad y morbilidad satisfactorias. Las tasas combinadas de mortalidad y déficit neurológico permanente entre los casos electivos fueron sorprendentemente bajas, comparadas con los resultados de series de arcos híbridos. En cirugía urgente/emergente, la mortalidad temprana y complicaciones neurológicas fueron tres veces mayores. El paro circulatorio hipotérmico moderado y el recalentamiento temprano parecen ofrecer protección renal adecuada, con riesgo intermedio de intubación prolongada.
Abjigitova D, Veen KM, van Tussenbroek G, et al.	REINO UNIDO, 2022	Metaanálisis	Este metaanálisis resume los resultados clínicos de diferentes técnicas en el contexto de la enfermedad aórtica subyacente, su extensión y comorbilidades. Se justifica una mayor colaboración multiinstitucional global para lograr análisis más elaborados y formular/validar modelos de predicción de riesgos.
Manoly I, Uzzaman M, Karangelis D, et al	USA, 2022	Metaanálisis	Se comparó la DHCA con MHCA+ACP en pacientes sometidos a cirugía aórtica. MHCA+ACP se asoció con mejores resultados postoperatorios en comparación con DHCA, incluyendo menor mortalidad, menor incidencia de accidente cerebrovascular y mejores resultados secundarios.
American Society of Anesthesiologists	USA, 2020	Estándares y parámetros de práctica	Estos estándares se aplican a todos los cuidados de anestesia. En emergencias, tienen prioridad las medidas adecuadas de soporte vital. Su objetivo es fomentar una atención de calidad al paciente.
Czerny M, Schmidli J, Adler S, et al.	REINO UNIDO, 2019	Revisión	El propósito de este esfuerzo combinado de la Asociación Europea de Cirugía Cardiorádica (EACTS) y la Sociedad Europea de Cirugía Vascular (ESVS) fue desarrollar un documento de consenso de expertos que cubra todos los aspectos de la enfermedad del arco aórtico y brindar a la comunidad una solución pragmática.

Manetta F, Mullan CW, Catalano MA.	USA, 2018	Revisión	Esta revisión destaca el contexto histórico, los fundamentos fisiológicos y la eficacia clínica de diversas estrategias neuroprotectoras durante las operaciones de arco. La protección cerebral durante la anastomosis distal es un tema continuo de controversia y debate.
Hu Z, Wang Z, Ren Z, et al.	CHINA, 2014	Revisión	Esta revisión menciona que tanto la ACP y RCP proporcionan una eficacia protectora cerebral similar combinada con un paro circulatorio por hipotermia profunda y podrían seleccionarse de acuerdo con la condición real en la cirugía del arco aórtico. Se necesita urgentemente un ensayo controlado aleatorio de alta calidad para confirmar esta conclusión, especialmente para la morbilidad por accidente cerebrovascular después de ACP o RCP.
Tian DH, Wan B, Bannon PG, et al.	AUSTRALIA, 2013	Metaanálisis	Este metaanálisis compara los resultados posoperatorios en cirugía de arco utilizando DHCA o MHCA + SACP como estrategias neuroprotectoras. Indica la superioridad de MHCA+SACP en términos de riesgo de accidente cerebrovascular.
Tang GH, Spielvogel D, Lansman SL.	USA, 2013	Revisión	Un objetivo principal en la cirugía del arco aórtico es preservar la función cerebral. La mayoría de los centros prefieren ACP a RCP. Tanto HCA como ACP tienen límites dependientes del tiempo que no están total o formalmente definidos. En este enfoque para el reemplazo del arco, se utiliza perfusión cerebral selectiva a través de la arteria axilar y una técnica de reconstrucción del arco con injerto ramificado.
Preventza O, Simpson KH, Cooley DA, et al.	USA, 2015	Estudio experimental	La disección aórtica proximal mostró tasas similares de mortalidad operatoria, accidente cerebrovascular, TND e insuficiencia renal en pacientes con u-ACP versus b-ACP. Un tiempo total de paro circulatorio >30 minutos se asoció con accidente cerebrovascular y la insuficiencia renal preoperatoria fue un predictor independiente de insuficiencia renal aguda posquirúrgica. Por tanto, la b-ACP puede estar justificada para tiempos de paro circulatorio superiores a 30 minutos.
Tong G, Zhang B, Zhou X, et al.	USA, 2017	Estudio experimental	La perfusión cerebral anterógrada (ACP) es la estrategia de protección cerebral más utilizada para la reparación aórtica compleja e incluye técnicas unilaterales (u-ACP) y bilaterales (b-ACP). La superioridad del b-ACP sobre el u-ACP ha sido objeto de mucho debate. El tiempo de CEC y el tiempo de paro circulatorio se identificaron como factores de riesgo independientes tanto para la mortalidad como para la disfunción neurológica permanente. La b-ACP no aumentó la CEC, el pinzamiento cruzado ni el tiempo de paro circulatorio.
Liu Z, Wang C, Zhang X, et al.	USA, 2020	Estudio retrospectivo	Se observa que el procedimiento b-ACP presentó menor tiempo de CEC, hipotermia más leve, tiempo de ventilación más corto, menor incidencia de hipoxia postoperatoria y disfunción neurológica (ND) en comparación con u-ACP. Sin embargo, la incidencia de ND se asoció de forma independiente con tres factores: disfunción neurológica preoperatoria, tiempo de CEC y tipo de perfusión cerebral.
Angleitner P, Stelzmueller ME, Mahr S, et al.	USA, 2019	Estudio retrospectivo	La perfusión cerebral anterógrada bilateral y la perfusión cerebral anterógrada unilateral se asocian con resultados comparables después de la cirugía para disección tipo A. Los análisis de subgrupos sugieren que la perfusión cerebral anterógrada bilateral se asocia con una supervivencia general superior en pacientes que requieren perfusión cerebral anterógrada con duraciones de 50 minutos o más.
Ueda Y.	JAPÓN, 2010	Revisión	Los resultados actuales de la cirugía del arco aórtico utilizando RCP y HCA son generalmente satisfactorios en pacientes sometidos a cirugía electiva. Sin embargo, los resultados a largo plazo del reemplazo total del arco en pacientes de edad avanzada tienden a ser deficientes, en particular para los pacientes sometidos a cirugía de emergencia por un aneurisma aterosclerótico o una disección aguda, y para los pacientes que sufren una lesión posoperatoria del SNC.

Tiwari KK, Murzi M, Bevilacqua S, et al.	ITALIA, 2010	Revisión	Se redactó un tema de mejor evidencia en cirugía cardíaca según un protocolo estructurado. La pregunta abordada fue "¿Qué canulación (canulación aórtica ascendente o canulación arterial periférica) es mejor para la cirugía de disección aórtica aguda tipo A?" En total se encontraron 393 artículos mediante la búsqueda informada, de los cuales 14 representaban la mejor evidencia para responder a la pregunta clínica.
Preventza O, Garcia A, Tuluca A, et al.	USA, 2015	Estudio experimental	Este estudio establece si la canulación de la arteria innominada es la estrategia de perfusión ideal para administrar perfusión cerebral anterógrada (ACP) durante la cirugía de la aorta ascendente proximal y el arco aórtico transversal. Es segura y plantea un bajo riesgo de eventos neurológicos en procedimientos que requieren paro circulatorio hipotérmico.
Payabyab EC, Hemli JM, Mattia A, et al.	USA, 2020	Estudio retrospectivo	Se ha demostrado que la canulación directa de la arteria innominada para la perfusión cerebral anterógrada selectiva es segura en reconstrucciones aórticas proximales electivas. Nuestro estudio tiene las limitaciones de ser una revisión retrospectiva y no comparativa. Dentro de estas limitaciones, nuestra experiencia sugiere que la canulación directa de la arteria innominada es un método simple, rápido, seguro y eficaz para administrar SACP durante el paro circulatorio hipotérmico en pacientes con disección aguda tipo A.
Harky A, Wong CHM, Chan JSK, et al.	REINO UNIDO, 2018	Revisión sistemática	La arteria innominada se considera un sitio alternativo para establecer un bypass cardiopulmonar en procedimientos quirúrgicos que involucran la aorta torácica. Esta revisión sistemática examina el uso de la canulación de la arteria innominada en cirugía aórtica. La canulación de la arteria innominada es una técnica segura en pacientes sometidos a cirugía de aorta torácica. Puede utilizarse, en casos seleccionados, como una ruta confiable para establecer un bypass cardiopulmonar y mantener la perfusión cerebral.
James ML, Andersen ND, Swaminathan M, et al.	USA, 2014	Estudio experimental	Reafirma que el enfriamiento a ECI con DHCA brinda una excelente protección neurológica y visceral. El tiempo de enfriamiento necesario para lograr la ECI parece muy variable entre pacientes y centros y no debe usarse para predecir de manera confiable la ECI. Los factores específicos del paciente predijeron mal la temperatura o el tiempo de enfriamiento necesarios para lograr la ECI, lo que requirió una monitorización EEG para una detección confiable de la ECI. Cuando no se dispone de monitorización EEG, el enfriamiento parece ser el método más fiable para garantizar la ECI.
Tsai JY, Pan W, Lemaire SA, et al.	USA, 2013	Estudio comparativo	Este estudio demostró que, en pacientes sometidos a cirugía del arco aórtico, MHCA con ACP se asocia con menores tasas de mortalidad hospitalaria y a 30 días, menor tiempo de CEC y menos secuelas neurológicas que DHCA. Sin embargo, MHCA y DHCA se asocian con requisitos de transfusión y función renal posoperatoria similares.
Zierer A, El-Sayed Ahmad A, Papadopoulos N, et al.	ALEMANIA, 2012	Estudio multicéntrico	El uso de SACP hace que la hipotermia profunda no sea esencial para el reemplazo del arco aórtico, existiendo una tendencia a aumentar la temperatura corporal durante la parada circulatoria con ACP. Sin embargo, se sabe muy poco sobre el efecto clínico de los diferentes modos de ACP sobre la morbilidad neurológica, sin definir los límites seguros de este enfoque para la protección de la médula espinal. Una recomendación definitiva sobre los límites seguros de este enfoque se vio obstaculizada por el número limitado de pacientes con un tiempo de ACP superior a 60 minutos.

Leshnower BG, Myung RJ, Thourani VH, et al.	USA, 2012	Revisión retrospectiva	Este estudio respalda el uso seguro de una estrategia de protección cerebral de paro circulatorio hipotérmico leve y uSACP durante la reconstrucción de hemiarco en entornos electivos y de emergencia. Sugiere que la hipotermia leve ofrece niveles adecuados de protección neurológica en comparación con niveles más profundos de hipotermia. Los estudios futuros investigarán esta hipótesis y el efecto a largo plazo de la hipotermia leve sobre la función neurocognitiva.
Keenan JE, Wang H, Ganapathi AM, et al.	USA, 2016	Estudio experimental	El estudio sugiere que casi la mitad de los pacientes sometidos a reemplazo de hemiarco aórtico con MHCA mostrarán signos en el EEG relacionados con una posible lesión cerebral isquémica, aunque el establecimiento de SACP unilateral generalmente mejorará estos cambios en el EEG. Se necesitan más estudios para determinar si la pérdida transitoria de actividad electrocerebral durante MHCA con SACP pone a los pacientes en riesgo de sufrir resultados neurocognitivos adversos para delinear mejor la estrategia óptima de protección cerebral.
De Paulis R, Czerny M, Weltert L, et al.	REINO UNIDO, 2015	Estudio multicéntrico	Se realiza una encuesta en centros cardíacos europeos para evaluar los métodos utilizados para la protección cerebral durante la cirugía aórtica que afecta el arco aórtico y pueda servir como referencia para la estandarización y el refinamiento de diferentes enfoques. Este estudio revela que se necesita tiempo para que la nueva evidencia de la literatura se transfiera a la práctica común. Es evidente que la mayoría de los centros todavía recurren a un cierto grado de hipotermia y que se adopta con mayor frecuencia la parada circulatoria más caliente.
Griep RB, Di Luzzo G.	USA, 2013	Revisión	La hipotermia es la modalidad más eficaz para preservar la integridad del tejido durante períodos inevitables de interrupción del flujo sanguíneo. No obstante, se requiere una comprensión profunda de los principios fisiológicos y las limitaciones del HCA para que los pacientes y cirujanos
Engelman R, Baker RA, Likosky DS, et al.	USA, 2015	Estándares y parámetros de práctica	Literatura basada en evidencia que respalda guías de práctica clínica para el control de la temperatura durante la circulación extracorpórea en adultos realizado por la Sociedad de Cirujanos Torácicos, la Sociedad de Anestesiología Cardiovascular y la Sociedad Estadounidense de Tecnología Extracorpórea.
Rong LQ, Kamel MK, Rahouma M, et al.	USA, 2018	Metaanálisis	Las directrices actuales recomiendan el drenaje del líquido cefalorraquídeo (LCR) para la protección de la columna durante las reparaciones abiertas y endovasculares de aneurismas de la aorta torácica y toracoabdominal. Antes de la reparación quirúrgica o endovascular se debe realizar una discusión multidisciplinaria que sopesa el riesgo del drenaje del LCR frente al riesgo individual de paraplejía de los pacientes.
Tang GH, Kai M, Malekan R, et al.	USA, 2015	Revisión	Revisar la práctica en el reemplazo total de arco mediante el uso de la técnica del injerto trifurcado. La UACP o BACP y la isquemia de la parte inferior del cuerpo se pueden realizar sin agregar complejidad significativa al procedimiento, al tiempo que confieren máxima protección cerebral, espinal y de la parte inferior del cuerpo.
Griep RB, Griep EB	USA, 2014	Revisión	La mejor comprensión de la red colateral revelada por estudios clínicos y experimentales recientes ha proporcionado una justificación para algunas de las recomendaciones propuestas para el manejo óptimo de la reparación de aneurismas toracoabdominales extensos con el objetivo de minimizar la paraplejía y una mayor vigilancia para evitar la inestabilidad hemodinámica.

Actualización de la protección neurológica durante el abordaje quirúrgico del síndrome aórtico agudo.

La nueva era de la perfusión



CIRUGÍA CARDIACA

Jesús Serra Santamans, 5
08174 Sant Cugat del Vallès (Barcelona)
T +34 934 006 500 F +34 934 006 501

Monitorización cerebral multimodal durante la circulación extracorpórea: revisión narrativa e integración de un caso clínico.

Multimodal cerebral monitoring during cardiopulmonary bypass: narrative review and integration of a clinical case

RESUMEN / ABSTRACT

Introducción: La hipoperfusión cerebral durante la circulación extracorpórea (CEC) en cirugía cardíaca representa una complicación potencialmente prevenible. La monitorización multimodal permite detectar precozmente alteraciones en la oxigenación y actividad cerebral. El objetivo de este trabajo es revisar la evidencia reciente sobre la monitorización cerebral multimodal no invasiva durante la CEC y mostrar su utilidad clínica a través de un caso ilustrativo.

Método: Se realizó una revisión narrativa de estudios seleccionados mediante búsqueda en PubMed y Scopus con filtros por idioma y relevancia clínica. Se integró un caso real documentado con espectroscopia cercana al infrarrojo (NIRS, Near-Infrared Spectroscopy), índice biespectral (BIS, Bispectral Index), mapas de densidad espectral (DSA, Density Spectral Array) y resonancia magnética nuclear (RMN).

Resultados: La combinación de NIRS y electroencefalograma (EEG) identificó eventos críticos durante la CEC con alta sensibilidad en los estudios revisados. El caso clínico demostró desaturación bilateral persistente (NIRS <50%) y supresión cortical profunda (BIS = 0), correlacionándose con lesiones isquémicas en la RMN postoperatoria.

Conclusión: La monitorización cerebral multimodal durante la CEC mejora la detección de hipoperfusión cerebral intraoperatoria y facilita intervenciones tempranas. Su implementación sistemática en cirugía cardíaca compleja podría reducir complicaciones neurológicas graves.

Palabras clave: Monitorización cerebral; circulación extracorpórea; espectroscopia cercana al infrarrojo; electroencefalograma; hipoperfusión cerebral; cirugía cardíaca

Introduction: Cerebral hypoperfusion during cardiopulmonary bypass (CPB) in cardiac surgery represents a potentially preventable complication. Multimodal monitoring allows for early detection of alterations in cerebral oxygenation and activity. The aim of this study is to review recent evidence on non-invasive multimodal cerebral monitoring during CPB and to illustrate its clinical utility through a representative case.

Methods: A narrative review of studies was conducted, selected through searches in PubMed and Scopus with filters for language and clinical relevance. A real case was integrated, documented with near-infrared spectroscopy (NIRS), bispectral index (BIS), density spectral array (DSA), and magnetic resonance imaging (MRI).

Results: The combination of NIRS and electroencephalogram (EEG) enabled more precise identification of critical events during CPB, with high sensitivity in the studies reviewed. The clinical case demonstrated persistent bilateral desaturation (NIRS <50%) and deep cortical suppression (BIS = 0), correlating with ischemic lesions confirmed by postoperative MRI.

Conclusion: Multimodal cerebral monitoring during CPB improves the detection of intraoperative hypoperfusion and facilitates early intervention. Its systematic implementation in complex cardiac surgery centers could reduce severe neurological complications.

Keywords: Cerebral monitoring; cardiopulmonary bypass; near-infrared spectroscopy; electroencephalogram; cerebral hypoperfusion; cardiac surgery.



Laura Lorenzo Vaquerizo
Enfermera perfusionista
Hospital de la Santa Creu i Sant Pau
ORCID: 0009-0007-2353-1372

Cristina Sobre Lacaye
Enfermera perfusionista
Hospital de la Santa Creu i Sant Pau
ORCID: 0009-0001-2394-1490

Neus Buil Manzanares
Enfermera.
Hospital de la Santa Creu i Sant Pau
ORCID: 0000-0002-4512-4272

Víctor Gómez Simón
Enfermero perfusionista
Hospital de la Santa Creu i Sant Pau

María Teresa Rivilla Lizano
Anestesióloga
Hospital de la Santa Creu i Sant Pau

Laura Lorenzo Vaquerizo
llorenzo@santpau.cat

Recibido: marzo 2025
Aceptado: abril 2025

INTRODUCCIÓN

La hipoperfusión cerebral durante la circulación extracorpórea (CEC) en cirugía cardíaca representa una complicación clínica de gran relevancia, asociada a secuelas neurológicas como delirium, ictus y deterioro cognitivo persistente. Estos eventos, además de afectar la recuperación funcional del paciente, incrementan la morbilidad postoperatoria y los costes sanitarios derivados del procedimiento quirúrgico¹.

La detección precoz de la hipoperfusión cerebral intraoperatoria ha sido tradicionalmente limitada por la falta de manifestaciones clínicas evidentes. Sin embargo, en la última década, se ha consolidado el uso de tecnologías de monitorización cerebral no invasiva como herramientas fundamentales para anticipar alteraciones neurológicas y guiar decisiones terapéuticas en tiempo real².

Entre las técnicas más empleadas se encuentran la espectroscopia infrarroja cercana (NIRS), que evalúa la oxigenación regional cerebral; el índice biespectral (BIS) y el electroencefalograma procesado, que reflejan la actividad eléctrica cortical; así como los mapas de densidad espectral (DSA) y el Doppler transcraneal (TCD), útiles para detectar fenómenos isquémicos o embólicos³⁻⁵.

Distintos estudios han demostrado que la integración de estos métodos facilita la identificación de pacientes en riesgo de hipoperfusión, y permite una actuación clínica dirigida, con impacto positivo en los resultados neurológicos postoperatorios^{4,6}.

En esta línea, las Guías Clínicas Europeas EACTS/EAC-TAIC/EBCP 2024 recomiendan expresamente la utilización de oximetría cerebral durante la CEC, especialmente en pacientes de alto riesgo o en intervenciones prolongadas, subrayando la importancia de adoptar una estrategia de monitorización estructurada en la práctica clínica habitual⁷.

Pese a estas recomendaciones, la implementación clínica sigue siendo heterogénea, condicionada por tres factores principales:

1. Disponibilidad tecnológica en los centros.
2. Variabilidad en protocolos institucionales.
3. Formación transversal del equipo quirúrgico, anestésico y de perfusión (su manejo requiere entrenamiento específico en interpretación de parámetros y algoritmos de actuación)⁸.

El objetivo de este estudio es analizar la evidencia científica reciente sobre la monitorización cerebral multimodal durante la CEC en cirugía cardíaca y demostrar su utilidad clínica mediante un caso real que ilustre su aplicabilidad práctica.

MÉTODO

Se llevó a cabo una revisión narrativa estructurada de la literatura científica reciente centrada en la monitorización cerebral multimodal durante la circulación extracorpórea (CEC) en cirugía cardíaca. La revisión se diseñó siguiendo las recomendaciones metodológicas de Ferrari (2015) y Greenhalgh (2014) para revisiones narrativas clínicas.

La búsqueda bibliográfica se realizó en las bases de datos PubMed y Scopus entre abril y mayo de 2025. Se utilizaron combinaciones de términos MeSH y palabras clave libres relacionados con hipoperfusión cerebral, cirugía cardíaca, circulación extracorpórea y técnicas de neuromonitorización. La estrategia empleó los siguientes términos booleanos: ("cerebral hypoperfusion" AND "cardiopulmonary bypass") AND ("near-infrared spectroscopy" OR "NIRS") AND ("bispectral index" OR "BIS") AND ("electroencephalogram" OR "EEG") AND ("transcranial Doppler" OR "TCD") AND ("somatosensory evoked potentials" OR "SSEP") AND ("brain monitoring" OR "neuromonitoring") AND ("cardiac surgery").

Se incluyeron artículos publicados entre 2018 y 2025; escritos en inglés o español; con acceso a texto completo; que abordaran monitorización cerebral no invasiva durante CEC en pacientes adultos sometidos a cirugía cardíaca.

Se excluyeron estudios centrados exclusivamente en población pediátrica, pacientes en ECMO, o en contextos neuroquirúrgicos no relacionados con cirugía cardíaca; cartas al editor, editoriales y resúmenes sin resultados originales.

Se seleccionaron 8 artículos científicos tras aplicar los filtros de elegibilidad. La calidad metodológica se valoró mediante una lectura crítica basada en los criterios de pertinencia clínica, solidez del diseño (revisión narrativa, observacional, retrospectivo, serie de casos), adecuación poblacional y claridad de resultados. Aunque no se aplicó una herramienta formal como CASP o JBI, se excluyeron estudios con bajo nivel de evidencia o insuficiente aplicabilidad clínica.

Los resultados se analizaron mediante síntesis temática narrativa, agrupando los hallazgos en función de las tecnologías empleadas: espectroscopia infrarroja cercana (NIRS), electroencefalografía convencional y procesada (EEG y BIS), Doppler transcraneal (TCD) y potenciales evocados somatosensoriales (SSEP). Esta agrupación permitió integrar la información de forma estructurada y facilitar la identificación de patrones comunes en la práctica clínica.

Como complemento ilustrativo, se integró un caso clínico real documentado en el Hospital de la Santa Creu i Sant Pau, con monitorización cerebral intraoperatoria mediante NIRS, BIS y DSA. El caso se seleccionó por su relevancia clínica y su valor didáctico en relación con la detección y manejo de la hipoperfusión cerebral durante la CEC. Todos los datos fueron anonimizados conforme a la legislación vigente sobre

protección de datos, y no se recabaron datos personales sensibles ni se realizó intervención directa, por lo que no fue necesaria la evaluación por parte de un comité ético. Se respetaron los principios de la Declaración de Helsinki.

RESULTADOS

El hallazgo principal de esta revisión narrativa es que la monitorización cerebral multimodal durante la circulación extracorpórea (CEC) permite identificar precozmente situaciones de hipoperfusión cerebral, lo que facilita intervenciones intraoperatorias dirigidas a prevenir complicaciones neurológicas mayores.

Los ocho estudios incluidos coinciden en que la combinación de tecnologías —como NIRS, BIS, EEG, TCD o SSEP— mejora la sensibilidad diagnóstica, reduce la incidencia de ictus y delirium postoperatorio, y permite ajustar estrategias clínicas en tiempo real.

Las técnicas evaluadas fueron:

- Oximetría cerebral por NIRS: Detecta desaturaciones regionales en tiempo real. En varios estudios, una caída >20% respecto al valor basal se asoció a mayor riesgo de ictus o disfunción cognitiva^{2,4}.
- EEG convencional y BIS: El índice BIS <40, especialmente si es sostenido, indica sedación profunda o posible hipoperfusión cortical. Se ha asociado con mayor mortalidad y complicaciones neurológicas^{1,3}.
- Doppler transcraneal (TCD): Permite valorar el flujo cerebral y detectar microémbolos o zonas de bajo flujo, especialmente útil en cirugía de aorta o situaciones de riesgo embólico^{6,8}.
- Potenciales evocados somatosensoriales (SSEP): Proveen información funcional de la vía sensitiva y pueden complementar el resto de las técnicas⁶.

Varios estudios plantean algoritmos de actuación combinada basados en estos parámetros, y algunos ya han demostrado reducción del ictus perioperatorio⁵. Las guías clínicas europeas EACTS/EACTAIC/EBCP⁷ recomiendan explícitamente el uso de NIRS y estrategias multimodales de neuromonitorización en pacientes de alto riesgo o intervenciones prolongadas. En la Tabla 1 se resumen las características principales de los estudios incluidos, incluyendo diseño, dispositivos utilizados y hallazgos clave.

Los estudios coinciden en establecer umbrales específicos para la intervención clínica: NIRS con caída <50% o >20% respecto al basal^{1,2} IS <40 o supresión total^{3,4} CD con valores de MCA <50 cm/seg⁹, y SSEP con cambios >50% en amplitud o >10% en latencia⁶.

CASO CLÍNICO

Se presenta el caso de una paciente de 77 años, normoventilada, con hematocrito dentro de la normalidad y estabilidad hemodinámica al inicio del procedimiento. Fue sometida a una intervención de sustitución valvular aórtica bajo circulación extracorpórea (CEC). Durante la canulación venosa, un deslizamiento accidental provocó un sangrado masivo, lo que requirió la aplicación de medidas de neuroprotección mediante hipotermia leve (34°C). Tras el pinzamiento aórtico, se registraron los siguientes hallazgos:

- Supresión eléctrica completa con índice BIS de 0 y supresión del 100% mantenida (Figura 1).
- Desaturación cerebral persistente derecha (NIRS <50%) (Figura 2).
- Actividad delta y patrón de bajo flujo en el hemisferio derecho mediante DSA transcraneal (Figura 3).
- No se identificaron obstrucciones anatómicas. El perfusionista, siguiendo los protocolos de actuación basados en la monitorización multimodal^{4-5,7} realizó los siguientes ajustes:
- Aumento progresivo del flujo de CEC (de 2,4 a 2,8 L/min/m²) para mejorar el aporte de oxígeno cerebral⁷.
- Elevación de la presión arterial media mediante administración de noradrenalina, con objetivo de mantenerla por encima de 70 mmHg⁸.
- Mantenimiento de la hipotermia leve (34°C) durante 20 minutos y recalentamiento gradual posterior⁷.

Tras el despinzamiento se observó mejoría parcial en los valores de NIRS (hasta 65%) y recuperación de actividad EEG theta. Sin embargo, en el postoperatorio la paciente presentó un despertar enlentecido y hemiparesia izquierda. La resonancia magnética nuclear (RMN) reveló una lesión isquémica fronto-subcortical derecha compatible con los hallazgos intraoperatorios (Figura 4).

Además, la RMN mostró una hiperseñal cortical en corte coronal compatible con infarto isquémico reciente (Figura 5) y signos de edema con pérdida de diferenciación cortico-subcortical en la secuencia T2 axial (Figura 6)

DISCUSIÓN

Los resultados de esta revisión narrativa muestran que la monitorización cerebral multimodal durante la CEC aporta un valor clínico significativo en la detección precoz de hipoperfusión cerebral y en la prevención de complicaciones neurológicas mayores. Las tecnologías como la oximetría por NIRS, el BIS/EEG procesado, el Doppler transcraneal (TCD) y los potenciales evocados (SSEP) han demostrado, tanto de forma aislada como combinada, capacidad para identificar situaciones de riesgo neurológico

que pueden pasar desapercibidas con la monitorización convencional^{1,3}.

El caso clínico presentado refuerza esta evidencia: la combinación de NIRS, BIS y DSA permitió detectar una situación de hipoperfusión cerebral unilateral durante la CEC, aunque la intervención terapéutica no logró evitar el daño estructural confirmado en la imagen posoperatoria. Este desenlace ilustra dos aspectos clave: por un lado, la utilidad diagnóstica de la monitorización multimodal^{2,4} y por otro, la necesidad de protocolos de respuesta clínica claros ante hallazgos patológico^{5,6}.

Entre los hallazgos más relevantes de los estudios revisados destaca que una desaturación cerebral sostenida mayor del 20%, un índice BIS <40, o la aparición de microémbolos o flujos anómalos en el TCD se asocian de forma independiente con un mayor riesgo de disfunción neurológica postoperatoria^{2,4,8}. Algunos autores proponen algoritmos de actuación que integran estos parámetros para guiar la toma de decisiones intraoperatoria, como la optimización del flujo de CEC, la presión arterial media, la ventilación o la profundidad anestésica⁵.

Sin embargo, persisten algunas limitaciones importantes. En primer lugar, la variabilidad interindividual y la falta de umbrales universalmente aceptados dificultan la estandarización de la interpretación de los datos. En segundo lugar, la evidencia sobre la mejora de los resultados neurocognitivos a largo plazo sigue siendo limitada, aunque varios estudios observacionales han mostrado beneficios en términos de reducción de ictus y delirium^{3,4}.

Las guías clínicas europeas de 2024⁷ avalan el uso de oximetría cerebral en procedimientos con CEC, especialmente en pacientes de alto riesgo o en cirugías prolongadas, recomendando la integración de estrategias multimodales cuando sea posible. En este contexto, el papel del equipo de perfusión y anestesia es clave para la implementación práctica de la monitorización, así como para la interpretación contextualizada de los hallazgos en tiempo real^{2,4}.

Aunque la monitorización multimodal ha demostrado su utilidad diagnóstica y terapéutica, persisten retos para su implementación óptima. Un análisis comparativo más detallado de las diferentes técnicas (NIRS, BIS/EEG, TCD, SSEP) permitiría identificar mejor las ventajas y limitaciones de cada modalidad en distintos perfiles de pacientes y procedimientos^{1-2,4}. La integración de algoritmos de actuación claros, basados en umbrales de alarma y recomendaciones prácticas, facilitaría la respuesta clínica ante hallazgos patológicos y reduciría la variabilidad en la práctica clínica^{5,7}.

Para promover la estandarización y la práctica basada en la evidencia, se recomienda la implementación de protocolos institucionales que incluyan algoritmos de actuación multimodal (Tabla 2. Algoritmo de actuación en mo-

onitorización cerebral multimodal durante CEC^{5,7}).

Futuras investigaciones deberían priorizar la evaluación del impacto a largo plazo de la monitorización multimodal, así como la integración de nuevas tecnologías y el desarrollo de sensores avanzados para monitorización metabólica cerebral^{4,6}.

CONCLUSIÓN

La monitorización cerebral multimodal durante la circulación extracorpórea en cirugía cardíaca representa una herramienta prometedora para detectar precozmente situaciones de hipoperfusión cerebral y prevenir complicaciones neurológicas mayores. La combinación de tecnologías como NIRS, BIS/EEG procesado, TCD y SSEP permite una valoración más completa del estado neurológico del paciente, superando las limitaciones de la monitorización hemodinámica convencional^{1,2-4}.

Aunque la evidencia actual respalda su utilidad diagnóstica y su potencial impacto en la toma de decisiones intraoperatorias, aún se requieren estudios prospectivos robustos que confirmen su eficacia en la mejora de los resultados clínicos a largo plazo^{3,8}. El caso clínico presentado en este trabajo refleja la aplicabilidad real de esta estrategia en un entorno de alta complejidad y refuerza la necesidad de protocolos institucionales de respuesta clínica estructurados ante hallazgos neuromonitoreados anómalos^{5,7}.

En este contexto, el rol de los equipos de perfusión, anestesia y cirugía en la implementación y seguimiento activo de la monitorización cerebral multimodal es esencial para garantizar una atención segura, personalizada y basada en la mejor evidencia disponible^{1,4}.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses en relación con el contenido de este manuscrito.

BIBLIOGRAFÍA

1. Milne B, Gilbey T, Gautel L, Kunst G. Neuromonitoring and neurocognitive outcomes in cardiac surgery: a narrative review. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2022;36(7):2098–2113. doi: 10.1053/j.jvca.2021.07.029.
2. Lewis C, Parulkar SD, Bebawy J, Sherwani S, Hogue CW. Cerebral neuromonitoring during cardiac surgery: a critical appraisal with an emphasis on near-infrared spectroscopy. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2018;32(5):2313–2322. doi: 10.1053/j.jvca.2018.03.032.
3. Chung CKE, Poon CCM, Irwin MG. Peri-operative

- neurological monitoring with electroencephalography and cerebral oximetry: a narrative review. *Anaesthesia*. 2022;77(Suppl 1):113–122. doi:10.1111/anae.15616.
4. Mailhot T, Jarry S, Bouaouina Z, Rondeau G, Couture EJ, Denault AY. Multimodal brain monitoring in cardiac surgery and postoperative patient outcomes. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2025;39(6):1422–1431. doi: 10.1053/j.jvca.2025.02.046.
 5. Couture EJ, Deschamps A, Denault AY. Patient management algorithm combining processed electroencephalographic monitoring with cerebral and somatic near-infrared spectroscopy: a case series. *Can J Anaesth*. 2019;66(5):532–539. doi:10.1007/s12630-019-01305-y.
 6. Thirumala PD, Ahmad AI, Roy PP, Balzer JR, Jones JW. Predictive value of multimodality intraoperative neurophysiological monitoring during cardiac surgery. *J Clin Neurophysiol*. 2023;40(2):180–186. doi:10.1097/WNP.0000000000000875.
 7. EACTS/EACTAIC/EBCP Guidelines. 2024 Clinical Practice Guidelines on Cardiopulmonary Bypass and Neuromonitoring. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2024;65(Suppl 1):i1–i85. doi:10.1093/ejcts/ezaeo30.
 8. Gaudino M, Benesch C, Bakaeen F, Bolling S, Caldarone CA, Desai N, et al. Considerations for reduction of risk of perioperative stroke in adult patients undergoing cardiac and thoracic aortic operations: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2020;142(14): e193–e209. doi:10.1161/CIR.0000000000000885.
 9. Transcranial Doppler ultrasound measurements of cerebral blood flow velocities in healthy adults living at high altitude. *Radiologia (Engl Ed)*. 2019;61(3):237–244. doi: 10.1016/j.rx.2019.04.001. PMID: 31164236.

Tabla I. Resumen de estudios sobre monitorización cerebral multimodal en cirugía cardíaca con CEC.

Autor y año	Título del artículo	Diseño	Población	Técnica	Hallazgos clave
Milne et al. (2022)	Neuromonitoring and neurocognitive outcomes in cardiac surgery: a narrative review	Revisión narrativa	Adultos en cirugía cardíaca	NIRS, EEG, SSEP, TCD	La monitorización multimodal mejora la detección de daño neurológico
Lewis et al. (2018)	Cerebral neuromonitoring during cardiac surgery: a critical appraisal with an emphasis on NIRS	Revisión narrativa crítica	Pacientes adultos con CEC	NIRS	La caída de NIRS >20% se asocia a mayor riesgo de ictus
Mailhot et al. (2025)	Multimodal brain monitoring in cardiac surgery and postoperative patient outcome	Estudio observacional multicéntrico	Adultos sometidos a CEC	NIRS, BIS, EEG	Reducción de complicaciones neurológicas con algoritmos combinados
Gaudino et al. (2020)	Considerations for reduction of risk of perioperative stroke in adult cardiac and thoracic aortic operations	Guía científica	Pacientes adultos en cirugía cardíaca y aórtica	Recomendaciones generales	Se recomienda el uso de NIRS en pacientes de alto riesgo
Thirumala et al. (2023)	Predictive value of multimodality intraoperative neurophysiological monitoring during cardiac surgery	Estudio retrospectivo	Cirugía cardíaca con CEC	EEG, SSEP, TCD	El EEG y SSEP predicen eventos neurológicos durante CEC
Couture et al. (2019)	Patient management algorithm combining processed EEG with cerebral and somatic NIRS: a case series	Serie de casos	Pacientes en cirugía cardíaca complejas	NIRS, EEG procesado	Algoritmo basado en EEG y NIRS guía decisiones en tiempo real
Chung et al. (2022)	Peri-operative neurological monitoring with EEG and cerebral oximetry: a narrative review	Revisión narrativa	Adultos en cirugía cardíaca	EEG, NIRS	Complementariedad entre EEG y NIRS en la prevención de delirium
EACTS/EACTAIC/EBCP (2024)	2024 Clinical Practice Guidelines on Cardiopulmonary Bypass and Neuromonitoring	Guía clínica	Cirugía cardíaca en adultos	NIRS, EEG, multimodal	Recomendación explícita del uso de oximetría cerebral durante la CEC

Tabla II. Algoritmo de actuación en monitorización cerebral multimodal durante CEC ^{5,7}			
Parámetro anormal	Acción primaria	Monitorización secundaria	Umbral crítico
NIRS <50% o caída >20% basal	Aumentar flujo CEC, MAP >70 mmHg	EEG (descartar actividad epiléptica)	Sostenido >10 minutos
BIS <40 o supresión >50%	Revisar profundidad anestésica	TCD (evaluar flujo cerebral)	Supresión cortical mantenida
TCD: flujo <50 cm/seg	Optimizar hematocrito (>24%)	SSEP (integridad vías sensitivas)	Microémbolos >10/hora
SSEP: amplitud <50% basal	Revisar posición de cánulas de CEC	NIRS contralateral	Latencia >10%

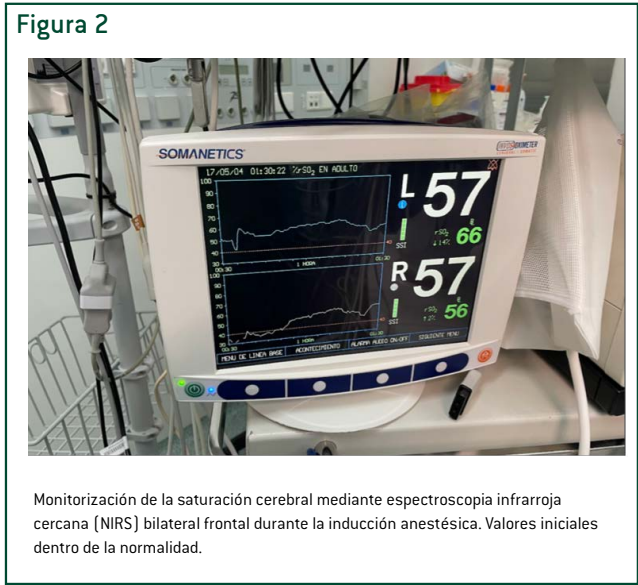
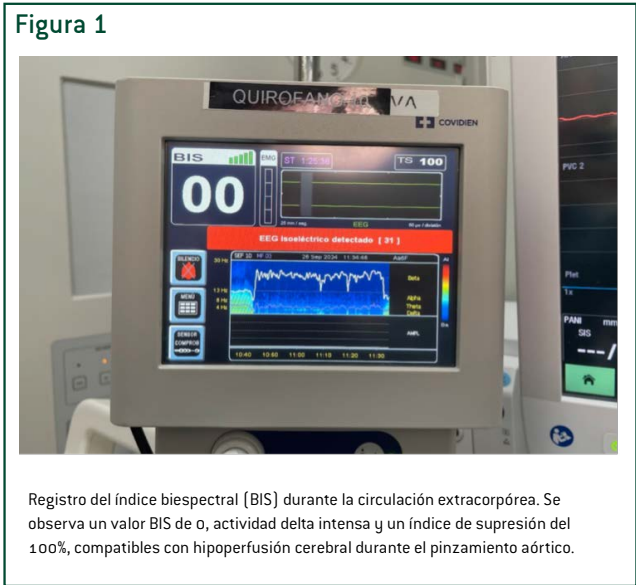
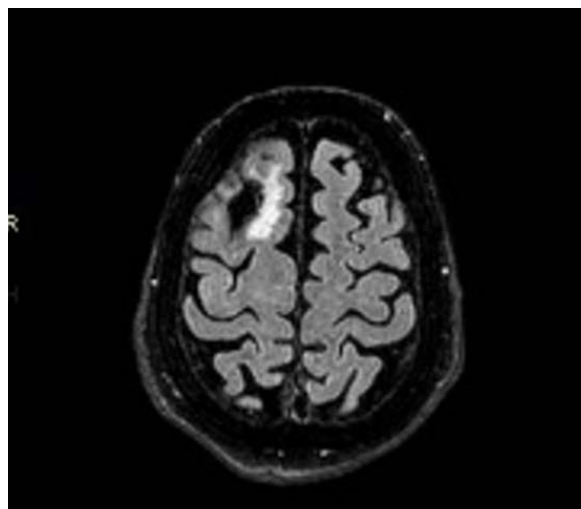


Figura 3



Registro intraoperatorio de NIRS mostrando recuperación de la oxigenación cerebral tras las medidas correctoras intraoperatorias.

Figura 4



Resonancia magnética cerebral (secuencia FLAIR, corte axial). Lesión isquémica fronto-subcortical derecha visible en región parietal.

Figura 5



Resonancia magnética cerebral (secuencia FLAIR, corte coronal). Hiperseñal cortical compatible con infarto isquémico reciente.

Figura 6



Resonancia magnética cerebral (secuencia T2 axial). Edema cortical y pérdida de diferenciación sustancia gris-blanca en hemisferio derecho.

