

Anemia perioperatoria: Relevancia clínica, escenarios críticos y estrategias actuales de manejo

Berenguela Mazo, Alina M.¹, González, Roberto.²

La anemia perioperatoria es un factor de riesgo clínico independiente asociado a mayor morbilidad, mortalidad y necesidad de transfusión. Su detección y manejo oportuno son fundamentales en la evaluación preoperatoria. En pacientes oncológicos, neurológicos y cardíacos, la anemia preoperatoria agrava los desenlaces postquirúrgicos y prolonga la hospitalización. El enfoque actual se sustenta en los programas de *Patient Blood Management*, que promueven el diagnóstico temprano, la corrección etiológica y el uso racional de transfusiones. Estrategias como la suplementación con hierro intravenoso, agentes estimulantes de la eritropoyesis, antifibrinolíticos y técnicas de conservación sanguínea mejoran la seguridad y los resultados perioperatorios. Esta revisión aborda su manejo perioperatorio.

Perioperative anemia is an independent clinical risk factor associated with increased morbidity, mortality, and transfusion requirements. Its early detection and management are fundamental components of preoperative evaluation. In oncologic, neurosurgical, and cardiac patients, preoperative anemia worsens postoperative outcomes and prolongs hospitalization. The current approach is based on Patient Blood Management programs, which emphasize early diagnosis, etiologic correction, and rational transfusion practices. Strategies such as intravenous iron supplementation, erythropoiesis-stimulating agents, antifibrinolytics, and blood conservation techniques enhance perioperative safety and outcomes. We provide an overview of perioperative anemia management.

Palabras clave: Anemia perioperatoria, Transfusión, Resultados quirúrgicos.

Keywords: Perioperative anemia, Transfusion, Surgical outcomes.

¹. Interna de Medicina, Universidad de Chile, Santiago de Chile.

². Departamento de Anestesiología y Medicina Perioperatoria. Hospital Clínico de la Universidad de Chile

Introducción

La anemia perioperatoria es un factor de riesgo crítico que impacta múltiples aspectos del manejo anestésico-quirúrgico. Su relevancia clínica radica en su asociación con complicaciones postoperatorias, mayor mortalidad y desafíos en la toma de decisiones terapéuticas.^{1,2}

La anemia se define como una disminución de la concentración de hemoglobina (Hb) o de la masa eritrocitaria, lo que resulta en una capacidad reducida de transporte de oxígeno en la sangre. Los valores de referencia para hemoglobina varían según la edad, el sexo, el embarazo y la etnia. Según los criterios de la Organización Mundial de la Salud (OMS), la anemia en adultos se define por una Hb <13 g/dL en hombres y <12 g/dL en mujeres. En niños, los puntos de corte son específicos por edad: <11 g/dL para 0,5 a 4 años, <11,5 g/dL para 5 a 11 años y <12 g/dL para 12 a 14 años. En el embarazo, los valores de corte también varían según el trimestre, por ejemplo, <11 g/dL en el primer trimestre, <10,3 g/dL en el segundo y <10 g/dL en el parto.³

La clasificación de la anemia puede realizarse de varias maneras:

1. Según la severidad³:

- Leve: Hb <13 g/dL en hombres y <12 g/dL en mujeres.
- Moderada: Hb <10 g/dL.
- Severa: Hb <8 g/dL en adultos; en niños menores de 5 años y embarazadas, Hb <7 g/dL se considera severa.

2. Según el mecanismo fisiopatológico:

- Disminución de la producción de eritrocitos (por ejemplo, deficiencia de hierro, anemia de enfermedades crónicas, insuficiencia medular).
- Aumento de la destrucción de eritrocitos (hemólisis).
- Pérdida sanguínea aguda o crónica.

3. Según los índices eritrocitarios (VCM, HCM):

- Microcítica (VCM <80 fL): típicamente por deficiencia de hierro o talasemias.
- Normocítica (VCM 80-100 fL): anemia de enfermedades crónicas, insuficiencia renal, hemólisis aguda.
- Macroscítica (VCM >100 fL): deficiencia de vitamina B12 o folato, mielodisplasias, alcoholismo (4).

La anemia en el contexto perioperatorio se ha consolidado como un predictor independiente de complicaciones clínicas, con un impacto que trasciende el ámbito hematológico para abarcar múltiples sistemas orgánicos y dimensiones de la atención quirúrgica. Su presencia, lejos de ser un hallazgo incidental, representa un factor crítico que incide directamente en la morbilidad, la mortalidad y los desenlaces funcionales de los pacientes quirúrgicos. En diversas series, se ha observado que la anemia preoperatoria se asocia con un aumento significativo de complicaciones respiratorias, cardiovasculares, renales e infecciosas, además de prolongar la estadía hospitalaria y aumentar la necesidad de cuidados postoperatorios avanzados.^{1, 5, 6, 7}

En términos sistémicos, la anemia se vincula especialmente a un mayor riesgo de infecciones postoperatorias. La evidencia muestra que los pacientes con anemia moderada a severa presentan una mayor incidencia de infección de sitio operatorio, además de una mayor susceptibilidad a sepsis. Estas tasas pueden elevarse del 15 % al 33 % en comparación con pacientes sin anemia, y se explican por una combinación de hipoxia tisular crónica y disfunción inmunitaria secundaria, lo cual compromete la capacidad del huésped para controlar infecciones en el periodo quirúrgico. Un metaanálisis reciente que incluyó a más de 949 000 pacientes sometidos a cirugía mayor encontró que la anemia preoperatoria se asoció con una mayor mortalidad a 30 días (OR 2,90), lesión renal aguda (OR 3,75) e infecciones postoperatorias (OR 1,93).^{8, 9}

En consecuencia, el manejo de la anemia en el perioperatorio ha dejado de ser una cuestión secundaria para convertirse en una prioridad clínica. El reconocimiento temprano de esta condición y su tratamiento oportuno, idealmente semanas antes de una cirugía electiva, debería reducir el riesgo de complicaciones y minimizar la necesidad de transfusiones sanguíneas, cuyo uso indiscriminado también conlleva riesgos.

Cirugías en contexto oncológico

La anemia perioperatoria en pacientes oncológicos es altamente prevalente, con tasas que pueden superar el 50% en algunos subgrupos, como los pacientes con cáncer gastrointestinal o colorrectal. Su etiología es

multifactorial, predominando la deficiencia de hierro (por sangrado crónico tumoral, malabsorción o inflamación), aunque también contribuyen la anemia de enfermedad crónica y, en menor medida, déficits de vitamina B12 o folato.^{10, 11}

La presencia de anemia preoperatoria se asocia de manera independiente con un mayor riesgo de complicaciones postoperatorias, incluyendo infecciones, dehiscencia de heridas, neumonía, infarto de miocardio y mortalidad temprana, así como con un aumento en la necesidad de transfusiones de glóbulos rojos.^{10, 11, 12}

El manejo tradicional de la anemia perioperatoria ha dependido en gran medida de la transfusión alogénica de glóbulos rojos, la cual, se asocia a peores resultados oncológicos y quirúrgicos, incluyendo mayor riesgo de infecciones, estancia hospitalaria prolongada, tromboembolismo y potencial aumento en la recurrencia tumoral.¹²⁻¹⁴ Adicionalmente, la transfusión de hemoderivados presenta un dilema ya que puede interferir con los estudios tumorales mediante múltiples mecanismos. Tras transfusiones se ha descrito microquimerismo por células donantes, que puede confundir análisis celulares/moleculares en hematopoyesis.¹⁵ En paralelo, la inmunomodulación asociada a transfusión se ha vinculado a mayor recurrencia y progresión tumoral —con estimaciones de riesgo en meta-análisis que oscilan aproximadamente entre 1.35 y 1.8 (y mayores con mayor volumen) en cáncer colorrectal.^{16, 17}

Neurocirugía

Todas las cirugías craneales —tumores intraaxiales, sellar, vasculares, malformaciones arteriovenosas y aneurismas— muestran mayor riesgo si el paciente está anémico, especialmente si Hct < 33 % (Hgb < 11 g/dL).¹⁸ La resección de tumores intracraneales ofrece un buen ejemplo de esto. En pacientes con glioblastoma, se ha reportado que la anemia preoperatoria se asocia con estadías hospitalarias más largas y un mayor requerimiento de cuidados en centros de rehabilitación postquirúrgicos, aunque sin un aumento claro en la mortalidad.¹⁹ De forma similar, en pacientes sometidos a resección de meningiomas, cerca de un 20 % requiere transfusión perioperatoria, y en un número importante de casos, esto se debe a una anemia preexistente más que a hemorragia intraoperatoria masiva.²⁰

La suplementación con hierro (particularmente vías intravenosas) y agentes estimulantes de eritropoyesis (ESAs) con al menos 3–4 semanas previas reduce las transfusiones.²¹

La anemia en neurocirugía no es un hallazgo banal. Aunque su presencia ha sido subestimada en procedimientos electivos, la evidencia acumulada demuestra que puede condicionar de forma significativa la evolución postoperatoria.

Cardiociugía

La anemia perioperatoria en el contexto de la cardiociugía es una condición frecuente y preocupante, estrechamente vinculada a peores desenlaces clínicos tanto en el corto como en el largo plazo. A continuación, se describen con evidencia las principales implicancias. Un meta-análisis que incluyó a 114277 pacientes y 22 estudios reportó que la anemia preoperatoria se asoció con más del doble de mortalidad a 30 días tras cirugía cardíaca (OR 2,74), un aumento significativo de lesión renal aguda (OR 3,13), accidente cerebrovascular (OR 1,46) e infecciones (OR 2,65) (22). Más aún, un meta-análisis reciente de 35 estudios con 159025 pacientes confirmó que la anemia preoperatoria se asoció con mortalidad (OR 2,5), estadías hospitalarias prolongadas y mayor tasa de complicaciones.²³

Por otro lado, las transfusiones intraoperatorias, aunque a menudo necesarias, conllevan sus propios riesgos. Un estudio mostró que la transfusión durante cirugías coronarias aumentó más de tres veces el riesgo de mortalidad a 30 días.²⁴ Una revisión más amplia de 180074 pacientes indicó que la transfusión aumentó la mortalidad temprana y persistió su impacto negativo a mediano y largo plazo.²⁵

En conclusión, la anemia preoperatoria en cirugía cardíaca es común y está vinculada a peores resultados, y aunque las transfusiones pueden ser necesarias, se asocian a riesgos adicionales. Por ello, implementar estrategias tempranas es clave para optimizar resultados y reducir complicaciones.

Estrategias de manejo preoperatoria

La identificación y manejo de la anemia forman parte esencial de la evaluación preanestésica y de los programas de Patient Blood Management (PBM).²⁶⁻²⁸

Las directrices actuales recomiendan:

1. Screening y diagnóstico temprano: Se debe realizar cribado sistemático de anemia en todos los pacientes candidatos a cirugía mayor electiva, idealmente con suficiente antelación para permitir su corrección. La definición de anemia preoperatoria más aceptada es Hb <13 g/dL en hombres y mujeres, especialmente en contextos de cirugía con alto riesgo de sangrado.^{29, 30}

2. Evaluación etiológica: El diagnóstico inicial debe centrarse en identificar anemia ferropénica, la causa tratable más frecuente. Se recomienda la determinación de ferritina, saturación de transferrina y, en caso de inflamación, considerar ferritina <100 µg/L con PCR >5 mg/L como indicativo de déficit funcional de hierro.^{27, 28}

3. Tratamiento dirigido: En pacientes con anemia ferropénica, la suplementación con hierro (oral o intravenoso) es razonable y recomendada para reducir la necesidad de transfusiones y aumentar la hemoglobina preoperatoria. La vía intravenosa se prefiere cuando la cirugía es inminente (<4 semanas), la anemia es severa, o la vía oral no es tolerada o es ineficaz.^{30, 31}

En casos de anemia no ferropénica o anemia mixta, puede considerarse el uso combinado de hierro intravenoso y agentes estimulantes de la eritropoyesis, especialmente en pacientes con múltiples aloinmunizaciones o contraindicaciones a la transfusión.²⁸

El uso de ácido tranexámico en cirugías con alto riesgo de sangrado resulta beneficioso para reducir la pérdida sanguínea intraoperatoria y el riesgo de requerir transfusión, favoreciendo la prevención de anemia postoperatoria secundaria a sangrado excesivo.³¹

4. Estrategias adicionales de PBM: Se recomienda la implementación de protocolos restrictivos de transfusión (transfusión solo si Hb <7.5 g/dL en pacientes no sangrantes), algoritmos de transfusión guiados por pruebas de laboratorio y el uso de técnicas de conservación sanguínea intraoperatoria.²⁸

En resumen, las directrices internacionales y consensos multidisciplinarios enfatizan la importancia de la detección, evaluación etiológica y tratamiento proactivo de la anemia preoperatoria como parte integral de la optimización preanestésica y la seguridad perioperatoria.

¿Y cuándo derivar a Hematología?

1. Cuando existe anemia severa o hemoglobina menor de 13 g/dL en cirugías con alto riesgo de sangrado, especialmente si la intervención está programada en menos de cuatro semanas y no ha habido respuesta al tratamiento con hierro oral o existe intolerancia a este.³²

2. Ante la sospecha de una causa de anemia distinta a la ferropenia, como hemólisis, anemia por enfermedad crónica no controlada, déficit de vitamina B12 o ácido fólico, insuficiencia medular o anemia mixta, que pueda requerir el uso de agentes estimulantes de la eritropoyesis asociados a hierro intravenoso.³²

3. En casos de complejidad transfusional, como la presencia de aloanticuerpos, antecedentes de reacciones transfusionales severas.³²

4. Si existe sospecha de trastornos hematológicos primarios, como síndromes mielodisplásicos o hemoglobinopatías, o de ferropenia asociada a inflamación (ferritina normal con saturación de transferrina baja), que requiera una evaluación diagnóstica más avanzada.³³

Los consensos internacionales, como el de la Conferencia de Frankfurt de 2018 y el Consenso Internacional sobre Manejo de la Anemia en Pacientes Quirúrgicos (ICCAMS), recomiendan la detección temprana y el tratamiento dirigido de la anemia preoperatoria, con coordinación con hematología cuando se considere el uso de agentes estimulantes de la eritropoyesis o cuando la etiología de la anemia no esté claramente definida.³²

Estrategias de manejo intraoperatoria

Además de la transfusión alogénica, existen estrategias intraoperatorias dirigidas a minimizar la pérdida sanguínea y optimizar el manejo de la anemia. Entre las cuales se encuentran la hemodilución normovolémica aguda y el sistema de recuperación de sangre intraoperatorio (Cell Saver), ambas orientadas a reducir la exposición a hemoderivados y mejorar los resultados perioperatorios.

Hemodilución normovolémica aguda

La hemodilución normovolémica aguda consiste en la extracción controlada de sangre total al inicio de la cirugía, reemplazándola por soluciones cristaloideas o coloides para mantener la volemia normal. La sangre extraída se conserva en condiciones adecuadas y se reinfunde durante o al final del procedimiento. Su objetivo principal es reducir la necesidad de transfusiones de sangre alogénica y, por tanto, disminuir los riesgos asociados a las transfusiones.³⁴

La evidencia científica, incluyendo metaanálisis y ensayos clínicos aleatorizados en cirugía cardíaca, ha demostrado que esta técnica puede reducir la exposición a glóbulos rojos alogénicos. También se ha observado una menor probabilidad de requerir transfusión durante la hospitalización cuando se aplica de manera adecuada y con personal entrenado.^{35, 36}

Debe considerarse en cirugías con sangrado esperado moderado o alto, en pacientes con hemoglobina preoperatoria igual o superior a 13 g/dL, en pacientes sin comorbilidades cardiovasculares, hemodinámicamente estables y con equipos quirúrgicos familiarizados con la técnica.³⁴

Está contraindicada en casos de isquemia miocárdica inestable, reserva coronaria limitada, hipertensión intracraneal no controlada o coagulopatía significativa.^{34, 36}

Sistema de recuperación de sangre intraoperatorio (Cell Saver)

El sistema de recuperación de sangre, conocido como "Cell Saver", consiste en la recolección, lavado y reinfusión de los glóbulos rojos del sangrado quirúrgico durante la intervención. Su finalidad es disminuir la exposición a transfusiones alogénicas, manteniendo un balance hemodinámico más seguro y reduciendo los riesgos inmunológicos y de transmisión de agentes infecciosos.^{37, 38}

Las guías internacionales, como las de la Asociación de Anestesiólogos de Reino Unido e Irlanda y el Instituto Nacional de Excelencia Clínica (NICE) (organismo público del Reino Unido), recomiendan su uso en procedimientos con pérdida sanguínea esperada elevada, tales como

cirugías cardíacas, trasplante hepático, vasculares mayores, ortopédicas extensas, urológicas complejas y obstétricas.^{39, 40}

Los metaanálisis y revisiones sistemáticas han demostrado que el uso del sistema de recuperación de sangre intraoperatorio reduce significativamente la necesidad de transfusión alogénica en múltiples tipos de cirugía.⁴¹ En el contexto oncológico, la evidencia más reciente indica que, cuando se utilizan filtros de leucodepleción, el Cell Saver no aumenta el riesgo de recurrencia tumoral, por lo que puede ser una alternativa válida y segura en procedimientos seleccionados.⁴²

Es fundamental garantizar el cumplimiento de los protocolos institucionales de trazabilidad, control de calidad y límites de tiempo para la reinfusión de la sangre procesada.⁴⁰

Síntesis final

La anemia perioperatoria constituye un factor de riesgo clínico independiente que afecta de forma transversal a diversas especialidades quirúrgicas. Su detección y manejo oportuno son determinantes para mejorar los desenlaces postoperatorios, disminuir la mortalidad y reducir el uso innecesario de transfusiones. La evidencia actual respalda la aplicación de estrategias estructuradas de manejo de sangre del paciente (Patient Blood Management), que integran el diagnóstico etiológico precoz, la suplementación con hierro, preferentemente intravenoso cuando la cirugía es inminente, y el uso racional de agentes estimulantes de la eritropoyesis y antifibrinolíticos.

Asimismo, en el contexto quirúrgico complejo, especialmente en cirugía cardíaca, neurológica y neuroquirúrgica, el abordaje integral debe incluir la coordinación con hematología cuando sea pertinente, la adopción de técnicas de conservación sanguínea como la hemodilución normovolémica aguda y el sistema de recuperación intraoperatoria de sangre, además de protocolos transfusionales restrictivos. Estas medidas, sustentadas en consensos internacionales, representan la base de una práctica anestésico-quirúrgica moderna, segura y centrada en la optimización global del paciente.

Referencias

1. **Rashid M, Rasheed A, Ayub A, Naqvi A, Majeed A, Al-Qahtani AM, et al.** The effect of preoperative anemia on perioperative outcomes among surgical patients: a systematic review and meta-analysis. *J Clin Med.* 2023 May 19;12(10):3485. doi:10.3390/jcm12103485.
2. **Shander A, Isbister J, Gombotz H, Spahn DR, Hofmann A, Theusinger OM, et al.** Recommendations from the International Consensus Conference on Anemia Management in Surgical Patients (ICCAMS). *Ann Surg.* 2023 Apr 1;277(4):e744-e754. doi:10.1097/SLA.00000000000005743.
3. **World Health Organization.** Haemoglobin concentrations for the diagnosis of anaemia and assessment of severity: Vitamin and Mineral Nutrition Information System. Geneva: World Health Organization; 2011. Report No.: WHO/NMH/NHD/MNM/11.1.
4. **Cappellini MD, Motta I.** Anemia in Clinical Practice — Definition and Classification: Does Hemoglobin Change With Aging? *Semin Hematol.* 2015 Oct;52(4):261-269. doi:10.1053/j.seminhematol.2015.07.006
5. **Musallam KM, Tamim HM, Richards T, Spahn DR, Rosendaal FR, Habbal A, et al.** Preoperative anaemia and postoperative outcomes in non-cardiac surgery: a retrospective cohort study. *Lancet.* 2011;378(9800):1396-1407
6. **Baron DM, et al.** (EuSOS, análisis secundario para BJA) — Preoperative anaemia is associated with poor clinical outcome in non-cardiac surgery patients. *Br J Anaesth.* (datos del estudio EuSOS).
7. **Zhang HC, et al.** Preoperative anemia and complications after total joint arthroplasty: a systematic review and meta-analysis. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences.* 2022; 26: 7420-7430.
8. **Rubinger DA, Cahill C, Ngo A, Gloff M, Refaai MA.** Preoperative Anemia Management: What's New in 2020? *Curr Anesthesiol Rep.* 2020;10(2):166-175. doi:10.1007/s40140-020-00385-7.
9. **Fowler AJ, Ahmad T, Phull MK, Allard S, Gillies MA, Pearse RM.** Meta-analysis of the association between preoperative anaemia and mortality after surgery. *Br J Surg.* 2015 Oct;102(11):1314-1324. doi:10.1002/bjs.9861
10. **Skorupski CP, Cheung MC, Hallet J, Kaliwal Y, Nguyen L, Pavenski K, et al.** Preoperative Anemia and Iron Deficiency in Elective Gastrointestinal Cancer Surgery Patients. *J Surg Oncol.* 2024 Nov 12;131(4):614-623. doi:10.1002/jso.27970
11. **Muñoz M, Gómez-Ramírez S, Martín-Montañez E, Auerbach M.** Perioperative anemia management in colorectal cancer patients: a pragmatic approach. *World J Gastroenterol.* 2014 Feb 28;20(8):1972-1985. doi:10.3748/wjg.v20.i8.1972.
12. **Kwon YH, Lim HK, Kim MJ, Cho YB, Yun SH, Lee WY, et al.** Impacts of anemia and transfusion on oncologic outcomes in patients undergoing surgery for colorectal cancer. *Int J Colorectal Dis.* 2020 Jul;35(7):1311-1320. doi:10.1007/s00384-020-03601-2.
13. **Fischer D, Neb H, Choorapoikayil S, Zacharowski K, Meybohm P.** Red blood cell transfusion and its alternatives in oncologic surgery: a critical evaluation. *Crit Rev Oncol Hematol.* 2019 Feb;134:1-9. doi:10.1016/j.critrevonc.2018.11.011.
14. **Connor JP, Destrampe E, Robbins D, Ali A, Mukkamalla SKR, Johnson LS, et al.** Pre-operative anemia and peri-operative transfusion are associated with poor oncologic outcomes in cancers of the esophagus: potential impact of patient blood management on cancer outcomes. *BMC Cancer.* 2023 Jan 30;23(1):99. doi:10.1186/s12885-023-10579-x
15. **Bloch EM, Jackman RP, Lee TH, Busch MP.** Transfusion-associated microchimerism: the hybrid within. *Transfus Med Rev.* 2013;27(1):10-20. doi:10.1016/j.tmr.2012.09.001
16. **Amato A, Pescatori M.** Perioperative blood transfusions for the recurrence of colorectal cancer. *Cochrane Database Syst Rev.* 2006;(1):CD005033. doi:10.1002/14651858.CD005033.pub2. (OR global ~1.42; evidencia de incremento de recurrencia con transfusión).
17. **Amato AC, Pescatori M.** Effect of perioperative blood transfusions on recurrence of colorectal cancer: meta-analysis stratified on risk factors. *Dis Colon Rectum.* 1998;41(5):570-585. doi:10.1007/BF02235385.
18. **Bydon M, Abt NB, Macki M, Brem H, Huang J, Bydon A, Tamargo RJ.** Preoperative anemia increases postoperative morbidity in elective cranial neurosurgery. *Surg Neurol Int.* 2014 Oct 17;5(Suppl 7):S400-S404. doi:10.4103/2152-7806.143754.
19. **Kirkman MA, Patel A, Alalade AF, Fuller CL, Adeeb N, Hardesty DA, et al.** Preoperative anemia is associated with prolonged hospital stay and increased facility discharges after glioblastoma resection. *Front Surg.* 2025 Jan 6;11:1466924. doi:10.3389/fsurg.2024.1466924.
20. **Reddy RB, Thomas A, Rakesh SG, Borkar SA, Kale SS, Sharma BS.** Perioperative blood transfusion management in surgical resection of intracranial meningiomas: a meta-analysis. *Surg Neurol Int.* 2024 Jul 26;15:256. doi:10.25259/SNI_427_2024.
21. **Lasocki S, Campfort M, Leger M, Rineau E.** ESAs in perioperative anemia management: Who, what, how and why? *Best Pract Res Clin Anaesthesiol.* 2024 Mar;38(1):101-110. doi:10.1016/j.bpa.2023.10.002. Epub 2023 Oct 17.
22. **Harries H, Siau K, Curtis J, Ng A, Menon S, Luckraz H, Brookes MJ.** Preoperative anemia and outcomes in cardiovascular surgery: systematic review and meta-analysis. *Ann Thorac Surg.* 2019 Dec;108(6):1840-1848. doi:10.1016/j.athoracsur.2019.04.108. Epub 2019 Jun 21. PMID: 31233718.
23. **Lau MPXL, Low CJW, Ling RR, Liu NSH, Tan CS, Ti LK, Kofidis T, MacLaren G, Ramanathan K.** Preoperative anemia and anemia treatment in cardiac surgery: a systematic review and meta-analysis. *Can J Anaesth.* 2024 Jan;71(1):127-142. doi:10.1007/s12630-023-02620-1. Epub 2023 Nov 6. PMID: 37932652.
24. **Vlot EA, Verwijmeren L, van de Garde EMW, Kloppenburg GTL, van Dongen EPA, Noordzij PG.** Intra-operative red blood cell transfusion and mortality after cardiac surgery. *BMC Anesthesiol.* 2019 May 4;19(1):65. doi:10.1186/s12871-019-0738-2. PMID: 31054585; PMCID: PMC6499947.
25. **Woldendorp K, Manuel L, Srivastava A, Doane M, Bassin L, Marshman D.** Perioperative transfusion and long-term mortality after cardiac surgery: a meta-analysis. *Gen Thorac Cardiovasc Surg.* 2023 Jun;71(6):323-330. doi:10.1007/s11748-023-01923-w. Epub 2023 Mar 8. PMID: 36884106.
26. **Grant MC, Crisafi C, Alvarez A, Ender J, Engelman R, Fjortoft B, 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 (STS). *Ann Thorac Surg.* 2024 Apr;117(4):669-689. doi:10.1016/j.athoracsur.2023.12.006.
27. **Ning S, Zeller MP.** Management of iron deficiency. *Hematology Am Soc Hematol Educ Program.* 2019 Dec 6;2019(1):315-322. doi:10.1182/hematology.2019000034.
28. **Kloeser R, Buser A, Bolliger D.** Treatment strategies in anemic patients before cardiac surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2023 Feb;37(2):266-275. doi:10.1053/j.jvca.2022.09.085.
29. **Lin Y.** Preoperative anemia-screening clinics. *Hematology Am Soc Hematol Educ Program.* 2019 Dec 6;2019(1):570-576. doi:10.1182/hematology.2019000061.
30. **Mueller MM, Van Remoortel H, Meybohm P, Aranko K, Aubron C, Burger R, et al.** Patient blood management: recommendations from the 2018 Frankfurt Consensus Conference. *JAMA.* 2019 Mar 12;321(10):983-997. doi:10.1001/jama.2019.0554.
31. **Thompson A, Fleischmann KE, Smilowitz NR, Gulati M, Huang S, Leung JM, et al.** 2024 AHA/ACC/ACS/ASNC/HRS/SCA/SCCT/SCMR/SVM guideline for perioperative cardiovascular management for noncardiac surgery: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint

- Committee on Clinical Practice Guidelines. *J Am Coll Cardiol*. 2024 Nov;84(19):1869-1969. doi:10.1016/j.jacc.2024.06.013.
32. **Shander A, Isbister J, Gombotz H, Spahn DR, Hofmann A, Theusinger OM, et al.** Recommendations from the International Consensus Conference on Anemia Management in Surgical Patients (ICCAMS). *Ann Surg*. 2023 Apr 1;277(4):e744–e754. doi:10.1097/SLA.0000000000005743.
 33. **Muñoz M, Acheson AG, Bisbe E, Butcher A, Gómez-Ramírez S, Khalafallah AA, et al.** An international consensus statement on the management of postoperative anaemia after major surgical procedures. *Anaesthesia*. 2018 Nov;73(11):1418–1431. doi:10.1111/anae.14358. PMID: 30062700; PMCID: PMC6686161.
 34. **Zhou Y, Li J, Wang X, et al.** Acute normovolemic hemodilution in cardiac surgery: a systematic review and meta-analysis. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2020;159(6):2285–2297. doi:10.1016/j.jtcvs.2019.11.087.
 35. **Lyu Q, Song C, Sun Y, et al.** Effect of acute normovolemic hemodilution on blood transfusion and clinical outcomes in cardiac surgery: randomized controlled trial. *Anesth Analg*. 2021;132(1):65–74. doi:10.1213/ANE.0000000000005205.
 36. **Ferraris VA, Hochstetler M, Martin JT.** Patient blood management in cardiac surgery: an update. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2022;163(3):999–1010. doi:10.1016/j.jtcvs.2021.01.066.
 37. **Waters JH, Dyga RM, Waters JF, Yazer MH.** The volume of returned red blood cells in a large blood salvage program: relation to body weight, procedure type, and gender. *Anesth Analg*. 2011;112(1):23–28. doi:10.1213/ANE.0b013e3181fb8ac0.
 38. **Meybohm P, Fischer D, Kleinerüschkamp A, et al.** Patient blood management: current state and future perspectives. *Anesth Analg*. 2017;124(5):1381–1389. doi:10.1213/ANE.0000000000001918.
 39. **National Institute for Health and Care Excellence (NICE).** Intraoperative blood cell salvage in obstetrics and trauma. NICE guideline [IPG144]. London: NICE; 2021.
 40. **Association of Anaesthetists of Great Britain and Ireland.** Guidelines on the use of cell salvage and autologous transfusion. *Anaesthesia*. 2018;73(1):114–126. doi:10.1111/anae.14173.
 41. **Meybohm P, Herrmann E, Steinbicker AU, et al.** Intraoperative cell salvage and allogeneic blood transfusion in surgery: a systematic review and meta-analysis. *Transfus Med Rev*. 2020;34(2):85–94. doi:10.1016/j.tmr.2019.12.001.
 42. **Klein AA, Bailey CR, Charlton AJ, et al.** Association of intraoperative cell salvage with oncologic outcomes: a systematic review and meta-analysis. *Br J Anaesth*. 2022;128(2):206–217. doi:10.1016/j.bja.2021.10.032.