



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO
PROGRAMA DE POSGRADO EN ESPECIALIDADES MÉDICAS

**Impacto del manejo perioperatorio de la anemia por deficiencia de hierro en
pacientes sometidos a cirugía con moderado o alto riesgo de sangrado
quirúrgico**

Trabajo Final de Graduación sometido a la consideración del Comité de la
Especialidad en Anestesiología y Recuperación para optar por el grado y título de
Especialista en Anestesiología y Recuperación

Dr. José Adrián Víquez Ugalde

Hoja de Aprobación

Este trabajo final de graduación fue aceptado por la Subcomisión de la Especialidad en Anestesiología y Recuperación del Programa de Posgrado en Especialidades Médicas de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar por el grado y título de Especialista en Anestesiología y Recuperación:

Dr. Alejandro Hidalgo Delfino
Coordinador de la Especialidad en Anestesiología y Recuperación

Dr. Carlos Alberto Chaves Rodríguez
Tutor

Dra. María Fernanda Murillo Murillo
Lectora



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

SEP Sistema de
Estudios de Posgrado

Autorización para digitalización y comunicación pública de Trabajos Finales de Graduación del Sistema de Estudios de Posgrado en el Repositorio Institucional de la Universidad de Costa Rica.

Yo, José Adrián Víquez Ugalde, con cédula de identidad 116410323, en mi condición de autor del TFG titulado _____

Impacto del manejo perioperatorio de la anemia por deficiencia de hierro en pacientes sometidos a cirugía con moderado o alto riesgo de sangrado quirúrgico

Autorizo a la Universidad de Costa Rica para digitalizar y hacer divulgación pública de forma gratuita de dicho TFG a través del Repositorio Institucional u otro medio electrónico, para ser puesto a disposición del público según lo que establezca el Sistema de Estudios de Posgrado. SI NO *

*En caso de la negativa favor indicar el tiempo de restricción: _____ año (s).

Este Trabajo Final de Graduación será publicado en formato PDF, o en el formato que en el momento se establezca, de tal forma que el acceso al mismo sea libre, con el fin de permitir la consulta e impresión, pero no su modificación.

Manifiesto que mi Trabajo Final de Graduación fue debidamente subido al sistema digital Kerwá y su contenido corresponde al documento original que sirvió para la obtención de mi título, y que su información no infringe ni violenta ningún derecho a terceros. El TFG además cuenta con el visto bueno de mi Director (a) de Tesis o Tutor (a) y cumplió con lo establecido en la revisión del Formato por parte del Sistema de Estudios de Posgrado.

INFORMACIÓN DEL ESTUDIANTE:

Nombre Completo: José Adrián Víquez Ugalde

Número de Carné: C29912 Número de cédula: 116210323

Correo Electrónico: adrianviquezu@gmail.com

Fecha: 06 Abril 2026 Número de teléfono: 88921206

Nombre del Director (a) de Tesis o Tutor (a): Dr. Carlos Chaves Rodríguez

FIRMA ESTUDIANTE

Nota: El presente documento constituye una declaración jurada, cuyos alcances aseguran a la Universidad, que su contenido sea tomado como cierto. Su importancia radica en que permite abreviar procedimientos administrativos, y al mismo tiempo genera una responsabilidad legal para que quien declare contrario a la verdad de lo que manifiesta, puede como consecuencia, enfrentar un proceso penal por delito de perjurio, tipificado en el artículo 318 de nuestro Código Penal. Lo anterior implica que el estudiante se vea forzado a realizar su mayor esfuerzo para que no sólo incluya información veraz en la Licencia de Publicación, sino que también realice diligentemente la gestión de subir el documento correcto en la plataforma digital Kerwá.

Índice

Hoja de Aprobación.....	II
Índice	IV
Abreviaturas.....	VI
Carta de Aprobación del tutor.....	VIII
Carta de Aprobación del lector.....	IX
Carta del Filólogo.....	X
Agradecimientos.....	XII
Dedicatoria	XIII
Resumen.....	XIV
Abstract.....	XV
Justificación.....	1
Hipótesis.....	2
Objetivos.....	2
Objetivo general.....	2
Objetivos específicos.....	2
Metodología.....	3
Capítulo 1. Anemia preoperatoria.....	4
1.1 Fisiología del hierro.....	4
1.2 Regulación celular y hormonal del hierro.....	5
1.3 Diagnóstico de la anemia.....	8
1.4 Clasificación de la anemia.....	10
1.5 Patrones de anemia según depósitos férricos.....	13
1.6 Interpretación del metabolismo del hierro.....	14
Capítulo 2. Valoración del paciente anémico.....	15
2.1 Identificación de pacientes con mayor riesgo de anemia.....	16
2.2 Clasificación de cirugías de moderado y alto riesgo de sangrado.....	17
2.3 Estudios de laboratorio a solicitar.....	20

Capítulo 3. Tratamiento de la anemia perioperatoria.....	22
3.1 Definición del tiempo de oportunidad previo a la cirugía.....	23
3.2 Hierro oral.....	24
3.3 Hierro intravenoso.....	25
3.4 Agentes estimulantes de la eritropoyesis.....	29
3.5 Eritropoyetina combinada con hierro intravenoso.....	30
Capítulo 4. Transfusiones sanguíneas.....	31
4.1 Indicaciones de transfusión.....	31
4.2 Metas y umbrales transfusionales.....	32
4.3 Reacciones adversas asociadas a la transfusión sanguínea.....	34
Capítulo 5. Consideraciones generales.....	35
5.1 Discusión.....	35
5.2 Conclusiones.....	37
5.3 Flujograma de manejo perioperatorio.....	40
Bibliografía.....	41

Índice de Tablas

Tabla 1. Clasificación de la Anemia.....	12
Tabla 2. Esquema de patrones de la anemia ferropénica.....	13
Tabla 3. Clasificación del Riesgo Quirúrgico.....	19
Tabla 4. Dosis total de Hierro Carboximaltosa.....	28
Tabla 5. Umbrales restrictivos para la transfusión	33

Lista de abreviaturas

AABB: *Advancing Transfusion and Cellular Therapies Worldwide*
ACOG: *American College of Obstetricians and Gynecologists*
ADN: Ácido desoxirribonucleico
AEE: Agonistas de la eritropoyetina
ARNm: Ácido ribonucleico mensajero
BMP: Proteínas morfogenéticas óseas
BINASSS: Biblioteca Nacional de Salud y Seguridad Social
CCSS: Caja Costarricense de Seguro Social
CHCM: Concentración de hemoglobina corpuscular media
DCYTB: Citocromo B duodenal
DMT1: Transportador de metales divalentes 1
EHA: *European Hematology Association*
EPO: Eritropoyetina
ERFE: Eritoblastos secretan eritroferrona
FFP: Plasma Fresco Congelado
HFE: Proteína reguladora homeostática del hierro humana
HJV: Hemojuvelina
INEC: Instituto Nacional de Estadística y Censos
IgE: Inmunoglobulina E
IL-6: Interleucina 6
IRE: Elementos de respuesta al hierro
IRIDA: Anemia refractaria a tratamiento con hierro
IRP: Sistema de proteínas de respuesta al hierro
IRP1: *Iron-responsive element-binding protein 1*
IRP2: *Iron-responsive element-binding protein 2*
IST: Índice de saturación de transferrina
NYHA: Clasificación funcional de insuficiencia cardíaca de la *New York Heart Association*
OMS: Organización Mundial de la Salud
PBM: *Patient Blood Management*
PCR: Proteína C reactiva

RBC: Glóbulos rojos empacados

SIBDI: Sistema de Bibliotecas, Documentación e Información de la Universidad de Costa Rica

SMAD: Producto de genes *Sma* y *Mad*

STAT3: Traductor de señal y activador de la transcripción 3

TACO: Sobrecarga circulatoria asociada a la transfusión

TMPRSS6: Matriptasa-2

TRALI: Lesión pulmonar aguda relacionada con la transfusión

TRF1: Receptor de transferrina 1

TRF2: Receptor de transferrina 2

UCI: Unidad de Cuidados Intensivos

USPSTF: *United States Preventive Services Task Force*

VCM: Volumen corpuscular medio

Señores

Comité de Trabajo Final de Graduación Posgrado de Anestesiología y
Recuperación Universidad de Costa Rica

Asunto: Carta de aprobación de tutor del trabajo escrito para su presentación y
defensa oral.

Estimados doctores:

Por medio de la presente, hago constar que he revisado el Trabajo Final de Graduación del estudiante José Adrián Víquez Ugalde que lleva por título "Impacto del manejo perioperatorio de la anemia por deficiencia de hierro en pacientes sometidos a cirugía con moderado o alto riesgo de sangrado quirúrgico", el mismo cuenta con la aprobación para ser enviado a valoración por el Comité de Trabajos Finales de Graduación.

Atentamente:

CARLOS ALBERTO
CHAVES
RODRIGUEZ
(FIRMA)



Firmado digitalmente por
CARLOS ALBERTO CHAVES
RODRIGUEZ (FIRMA)
Fecha: 2025.12.14 12:36:06
-06'00'

Dr. Carlos Alberto Chaves Rodríguez
M.A.E Anestesiología y Recuperación
Hospital Mexico
Tutor

Señores

Comité de Trabajo Final de Graduación Posgrado de Anestesiología y Recuperación
Universidad de Costa Rica

Asunto: Carta de aprobación de lector del trabajo escrito para su presentación y defensa oral.

Estimados doctores:

Por medio de la presente, hago constar que he revisado el Trabajo Final de Graduación del estudiante José Adrián Víquez Ugalde que lleva por título "Impacto del manejo perioperatorio de la anemia por deficiencia de hierro en pacientes sometidos a cirugía con moderado o alto riesgo de sangrado quirúrgico", el mismo cuenta con la aprobación para ser enviado a valoración por el Comité de Trabajos Finales de Graduación.

Atentamente:

MARIA
FERNANDA
MURILLO
MURILLO (FIRMA)

Firmado digitalmente
por MARIA
FERNANDA MURILLO
MURILLO (FIRMA)
Fecha: 2025.12.14
13:09:32 -06'00'

Dra. Maria Fernanda Murillo Murillo
M.A.E Anestesiología y Recuperación
Hospital San Rafael de Alajuela
Lectora

Pérez Zeledón, 28 de noviembre de 2025

Comité de Trabajos Finales de Graduación
Especialidad en Anestesiología y Recuperación
Programa de Posgrado en Especialidades Médicas
Universidad de Costa Rica
Presente.

Yo, Lic. Andrés Soto Muñoz, cédula de identidad 1-1316-0671, colegiado n.º 71573 en el Colegio de Licenciados y Profesores (COLYPRO), hago constar que realicé la revisión filológica del Trabajo Final de Graduación (TFG), modalidad revisión bibliográfica, titulado «Impacto del manejo perioperatorio de la anemia por deficiencia de hierro en pacientes sometidos a cirugía con moderado o alto riesgo de sangrado quirúrgico», cuyo autor es el Dr. José Adrián Víquez Ugalde, presentado ante la Especialidad en Anestesiología y Recuperación del Programa de Posgrado en Especialidades Médicas de la Universidad de Costa Rica.

1. Alcance y normas aplicadas

La revisión comprendió corrección de forma y estilo, así como la verificación de la uniformidad editorial del manuscrito: ortografía, puntuación, concordancias, uso de mayúsculas y minúsculas, comillas, cursivas justificadas, siglas, símbolos y unidades de medida. Se revisó, además, la coherencia interna de títulos y subtítulos, la numeración de apartados y la presentación general de tablas y figuras, conforme a los lineamientos para el Trabajo Final de Graduación de la Especialidad en Anestesiología y Recuperación del Programa de Posgrado en Especialidades Médicas de la Universidad de Costa Rica.

En lo relativo a citas y referencias, se ajustó su presentación formal al sistema APA 7, de acuerdo con lo establecido por el Programa de Posgrado en Especialidades Médicas, procurando la mayor correspondencia posible entre las citas en el cuerpo del texto y la lista de referencias, sin introducir ni suprimir fuentes bibliográficas.

Todas las intervenciones se limitaron al plano filológico y editorial, sin modificar el contenido académico, clínico, metodológico, estadístico ni ético del trabajo.

2. Resultado

Una vez incorporadas por el autor las observaciones formuladas durante el proceso de revisión, el manuscrito se considera idóneo, desde el punto de vista de su expresión escrita y de su presentación formal, para los fines académicos del Programa de Posgrado en Especialidades Médicas de la Universidad de Costa Rica y para su consideración como Trabajo Final de Graduación de la Especialidad en Anestesiología y Recuperación.

3. Limitación de alcance

La presente constancia se refiere exclusivamente a la corrección de forma, estilo y presentación editorial del TFG. No constituye certificación ni dictamen sobre la calidad, validez o pertinencia del contenido científico, clínico, metodológico, estadístico o ético del trabajo, aspectos que competen al autor y a los órganos académicos correspondientes de la Universidad de Costa Rica.

Atentamente,

**ANDRES SOTO
MUÑOZ (FIRMA)**

Firmado digitalmente por ANDRES
SOTO MUÑOZ (FIRMA)
Fecha: 2025.11.28 09:23:52 -06'00'

Lic. Andrés Soto Muñoz

Filología / Edición académica

COLYPRO 71573 · serviciosfilologicosdelsur@gmail.com · 8620 4862

Agradecimientos

A mi familia y amigos por su presencia constante e incondicional, por brindarme escucha y acompañamiento, los cuales fueron fundamentales en este camino.

A mis tutores, el Dr. Carlos Chaves y la Dra. María Fernanda Murillo, por su guía, sus valiosas sugerencias a lo largo de este trabajo y su apoyo en la elaboración de este trabajo de graduación, agradeciéndoles el amor que transmiten hacia su profesión y todos sus aportes, que enriquecieron significativamente esta tesis.

Dedicatoria

Quiero dedicar este trabajo a mis padres, Mario y Victoria, por su amor incondicional, sus consejos y el ejemplo de esfuerzo y honestidad que han sido la base de todo lo que soy. A mi esposa Alin, gracias por la paciencia, amor, apoyo constante y fe en mí, incluso en los momentos más difíciles; la compañía de ustedes ha sido mi mayor motivación para seguir adelante y alcanzar cada una de estas metas.

Resumen

La anemia preoperatoria por deficiencia de hierro es una condición frecuente y clínicamente relevante en pacientes sometidos a cirugías con riesgo moderado o alto de sangrado, asociándose de forma independiente con mayor necesidad de transfusiones, incremento de complicaciones postoperatorias, prolongación de la estancia hospitalaria y aumento de la mortalidad. Su impacto se explica por la disminución de la capacidad de transporte de oxígeno y la menor reserva fisiológica del paciente quirúrgico. La identificación temprana mediante estudios de laboratorio permite diferenciar entre ferropenia absoluta y funcional, lo cual es fundamental para establecer un manejo adecuado y oportuno. La evidencia respalda que la corrección preoperatoria de la anemia reduce significativamente la exposición a transfusiones y mejora los desenlaces clínicos.

El tratamiento debe individualizarse según el tiempo disponible antes de la cirugía y la condición clínica del paciente. Aunque el hierro oral puede utilizarse cuando existe una ventana preoperatoria extenso, el hierro intravenoso ha demostrado mayor eficacia en contextos tiempo-sensibles y en pacientes con inflamación o comorbilidades como enfermedad renal crónica, pudiendo combinarse con agentes estimulantes de la eritropoyesis en casos seleccionados. La literatura y las recomendaciones internacionales coinciden en priorizar la optimización del estado hematológico antes del acto quirúrgico y reservar la transfusión de glóbulos rojos para situaciones de anemia grave, sintomática o sangrado activo. La implementación de protocolos estandarizados para el manejo perioperatorio de la anemia ferropénica constituye una intervención factible, segura y costo-efectiva que contribuye de manera sustancial a la reducción de la morbimortalidad y a la mejora de la seguridad del paciente quirúrgico.

Abstract

Preoperative iron deficiency anemia is a common and clinically relevant condition in patients undergoing surgeries with moderate to high bleeding risk, and it is independently associated with an increased need for transfusions, a higher incidence of postoperative complications, prolonged hospital length of stay, and increased mortality. Its impact is explained by a reduced oxygen-carrying capacity and diminished physiological reserve in the surgical patient. Early identification through laboratory testing allows differentiation between absolute and functional iron deficiency, which is essential for establishing timely and appropriate management. Evidence supports that preoperative correction of anemia significantly reduces transfusion exposure and improves clinical outcomes.

Treatment should be individualized according to the time available before surgery and the patient's clinical condition. While oral iron may be used when there is a sufficiently long preoperative window, intravenous iron has demonstrated greater efficacy in time-sensitive settings and in patients with inflammation or comorbidities such as chronic kidney disease, and it may be combined with erythropoiesis-stimulating agents in selected cases. The literature and international guidelines consistently emphasize prioritizing optimization of hematologic status before surgery and reserving red blood cell transfusion for cases of severe, symptomatic anemia or active bleeding. The implementation of standardized protocols for the perioperative management of iron deficiency anemia represents a feasible, safe, and cost-effective intervention that substantially contributes to reducing morbidity and mortality and improving surgical patient safety.

Justificación

La anemia perioperatoria es un problema prevalente en la práctica diaria de la anestesia. Se estima que afecta del 30 % al 50 % de los pacientes sometidos a cirugía (Richards et al., 2015), especialmente en grupos de riesgo, como poblaciones de edades extremas y aquellos con distintas comorbilidades médicas (Skorupski et al., 2023). En nuestra práctica clínica como anesthesiólogos se deben tomar distintas estrategias para lograr un abordaje integral y brindar anestesia segura a esta población. La valoración del paciente se debe iniciar en el preoperatorio, donde tenemos la oportunidad de evaluar, estratificar los riesgos y elaborar un plan a seguir con medidas concisas y eficaces.

A través de esta revisión bibliográfica se pretende demostrar los posibles beneficios y complicaciones de la optimización del paciente con anemia ferropénica y sus resultados posquirúrgicos.

El diagnóstico de anemia en el preoperatorio es el principal factor predictor de transfusión sanguínea. Tanto la anemia como la transfusión se asocian de manera independiente a un mayor riesgo de comorbilidades perioperatorias (Bisbe Vives & Basora Macaya, 2015). Es indispensable revisar los criterios establecidos para identificar a los pacientes con alto riesgo por sus condiciones médicas, logrando establecer una propuesta adecuada de detección y evaluación del paciente anémico, así como planificar un tratamiento óptimo para cada grupo de riesgo según su ventana de oportunidad de cara a la cirugía, ya sea de emergencia, de tiempo sensible o electiva (Lin, 2019).

Distintas guías internacionales basadas en evidencia científica sustentan el uso de terapias férricas para corregir la anemia antes de que los pacientes sean sometidos a cirugía (Richards et al., 2015). La anemia perioperatoria se ha propuesto como un riesgo mayor de transfusión de glóbulos rojos; sin embargo, no existe un abordaje óptimo estandarizado para el diagnóstico y manejo de la anemia en el contexto quirúrgico (Shander et al., 2023). Se realizará una comparativa, según la evidencia, de los distintos tratamientos disponibles para cada caso y un

planteamiento adecuado con base en las características individuales de cada grupo, según el riesgo de sangrado del procedimiento que se plantea realizar.

Esta revisión pretende abrir una ventana de oportunidad para identificar las medidas de corrección que se pueden tomar y la oportunidad de realizarlas en pacientes de la institución. La CCSS, como el mayor ente de prestación de servicios de salud a nivel costarricense, tiene las herramientas para ofrecer una adecuada captación, valoración y eventual tratamiento, para lograr implementar los posibles beneficios de una optimización prequirúrgica en los pacientes que sean candidatos a esta intervención. Este conjunto de estrategias de optimización tiene como fin una implementación multidisciplinaria y multimodal de estrategias individualizadas para identificar riesgos modificables y optimizar la fisiología del paciente para mejorar sus resultados posquirúrgicos (Muñoz et al., 2015).

Hipótesis

¿El manejo de la anemia preoperatoria en cirugías de moderado o alto riesgo de sangrado impacta en la reducción de la tasa de mortalidad y complicaciones postoperatorias?

Objetivo general:

Determinar si el manejo de la anemia ferropénica en cirugías de moderado o alto riesgo de sangrado quirúrgico genera un impacto directo en la disminución de la tasa de mortalidad y complicaciones postquirúrgicas.

Objetivos específicos

1. Definir el concepto de anemia ferropénica, su clasificación, patrones y su correlación con la fisiopatología del hierro.
2. Detallar los manejos disponibles, enfatizando en los distintos tratamientos, indicaciones, dosis y posibles efectos adversos.
3. Estandarizar el tratamiento de la anemia en el paciente quirúrgico, fomentando un uso racional de hemocomponentes.

Metodología preliminar

Este trabajo consiste en la búsqueda de información mediante bases de datos médicas como lo son Elsevier, Cochrane Library, PubMed, CMAJ, así como la consulta de artículos disponibles en las bases de datos del SIBDI y BINASSS.

Seguidamente, se realiza una revisión bibliográfica de artículos publicados en inglés o español de no más de 10 años de antigüedad. Se utilizan términos MeSH específicos: anemia perioperatoria, deficiencia de hierro, manejo perioperatorio, ferroterapia.

1.1 Fisiología del hierro

El hierro es un oligoelemento esencial en múltiples funciones biológicas, entre ellas la producción de hemoglobina, el transporte de oxígeno, la función mitocondrial y la síntesis de ADN. En condiciones fisiológicas normales, la dieta aporta entre 15 y 20 miligramos de hierro al día, de los cuales solo se absorbe aproximadamente entre un 10 % y un 15 %, es decir, entre 1 y 2 mg diarios (Barragán-Ibañez et al., 2016). Esta cantidad suele ser suficiente para compensar las pérdidas fisiológicas diarias y mantener el equilibrio hemostático en la población sana (Pasricha et al., 2021).

La absorción del hierro ocurre a nivel duodenal, específicamente en la porción proximal del yeyuno. Existen dos formas de hierro en los alimentos que se logran absorber mediante la dieta: el hierro hemínico y el no hemínico, dependiendo de su fuente alimentaria. El hierro hemínico se encuentra en alimentos de origen animal, como carnes rojas, aves y pescados, y se absorbe de manera más eficiente mediante un transportador específico; mientras que el hierro no hemínico, el cual se obtiene de fuentes de origen vegetal como legumbres y frutos secos, requiere ser reducido de Fe^{3+} a Fe^{2+} por el citocromo B reductasa para luego ser transportado al interior del enterocito por el transportador DMT1 (Camaschella et al., 2020).

Fisiológicamente, el cuerpo humano carece de un mecanismo propio de excreción del hierro, por lo que su regulación depende casi exclusivamente del control de la absorción intestinal. La hepcidina es una hormona producida en el hígado que controla la absorción intestinal de hierro. Sin embargo, no actúa por sí sola, ya que requiere de la ferroportina, otra proteína transportadora ubicada en los enterocitos, macrófagos y células hepáticas; al unirse, la hepcidina induce la internalización y degradación de la ferroportina, bloqueando la salida de hierro al plasma (Auerbach & Adamson, 2016). De esta manera, niveles elevados de hepcidina disminuyen la absorción intestinal y la liberación de hierro desde los depósitos, mientras que niveles bajos favorecen la absorción intestinal. La síntesis de hepcidina está influida por múltiples factores, incluyendo los niveles de hierro circulante, la inflamación, especialmente la interleucina-6, la hipoxia y la eritropoyesis (Camaschella et al., 2020).

Los depósitos de hierro se encuentran en forma de ferritina y hemosiderina, localizados en el hígado, el bazo y la médula ósea (Ning & Zeller, 2019). La ferritina es la porción soluble que actúa como una proteína de almacenamiento accesible y regulada, capaz de liberar hierro en respuesta a las necesidades del organismo. La hemosiderina, en cambio, representa una forma menos accesible y se acumula principalmente en la médula ósea. Además, la transferrina es la proteína plasmática encargada del transporte del hierro a tejidos como la médula ósea, donde se requiere para la eritropoyesis (Shah et al., 2023).

La fisiología del hierro está ampliamente regulada por mecanismos que equilibran su absorción, almacenamiento y utilización, siendo la hepcidina el regulador central de este sistema del metabolismo del hierro.

1.2 Regulación celular y hormonal del hierro

En esta sección se hará una revisión a profundidad sobre las formas de regulación celular y hormonal de este mecanismo regulatorio. Existe una integración entre la hepcidina, los procesos de eritropoyesis y el control postranscripcional que nos da un entendimiento a profundidad de los mecanismos que regulan la fisiología férrica (Auerbach & Adamson, 2016).

El hierro es indispensable y, a la vez, potencialmente tóxico. Su carácter químico tipo reacción de reducción-oxidación lo hace esencial para el proceso de respiración mitocondrial y la síntesis de hemoglobina, pero su exceso favorece el daño oxidativo. Por ello, su homeostasis descansa en una doble capa de control: un eje hormonal sistémico centrado en la hepcidina y un control celular postranscripcional mediado por las proteínas reguladoras de hierro IRP1/IRP2 (Papanikolaou & Pantopoulos, 2017).

El eje hepcidina–ferroportina es una especie de termostato sistémico que regula el hierro a nivel sistémico. La hepcidina es un péptido de origen hepático, el cual es la hormona maestra de la homeostasis del hierro. Se une a la ferroportina, que es el único exportador conocido de hierro en enterocitos, macrófagos y hepatocitos, induciendo su internalización y degradación. El resultado es la

reducción del flujo de hierro a plasma y la caída de la saturación de transferrina (Pasricha et al., 2021).

La síntesis hepática de hepcidina integra múltiples señales, como la carga férrica. Específicamente, el complejo HFE–TFR2–HJV (hemojuvelina) y la vía BMP/SMAD activan la transcripción de hepcidina cuando aumenta el hierro, protegiendo frente a la sobrecarga (Camaschella et al., 2020). En periodos de inflamación, la interleucina IL-6 activa STAT3 en hepatocitos y eleva hepcidina, produciendo niveles férricos bajos, lo que conlleva a una anemia de origen inflamatorio, como respuesta defensiva frente a patógenos dependientes de hierro.

En circunstancias específicas, como estados de hipoxia, existe un sistema mediador propio, la eritropoyetina (EPO), producida a nivel renal, estimula la eritropoyesis en la médula ósea y, como consecuencia, hace que los eritroblastos secreten eritroferrona (ERFE), la cual suprime la hepcidina al secuestrar ligandos BMP. Así se libera hierro para la médula ósea.

Existe un mecanismo de contrarregulación o modulación negativa mediado por TMPRSS6 (matriptasa-2); esta proteasa atenúa la señal BMP/SMAD al dividir la señal de la hemojuvelina y, consecuentemente, su pérdida aumenta el nivel de hepcidina y causa una condición de anemia de origen ferropénico refractaria al tratamiento con hierro (Camaschella et al., 2020).

A pesar de contar con un eje hormonal complejo y eficaz, también existe un doble control celular. El control celular se basa en el eje IRP/IRE y la economía intracelular del hierro. El hierro se gestiona con notable precisión mediante el sistema IRP1/IRP2, que se une a elementos de respuesta al hierro (IRE) en los ARNm de genes clave. Durante periodos de escasez de hierro, la unión de IRP estabiliza ARNm con IRE para aumentar la importación y bloquea la traducción de ARNm con IRE, reduciendo el almacenamiento y la exportación (Shah et al., 2023).

En periodos de abundancia de hierro, IRP1 se convierte en aconitasa citosólica mediante ensamblaje de clúster Fe–S y pierde afinidad por IRE. Por ende, el IRP2 se degrada. Así se invierte la dirección de flujo, aumentando ferritina y ferroportina, pero descienden los niveles de TFR1 (Camaschella et al., 2020). El

control celular se comporta como un coordinador general de la «economía» del hierro, dependiendo de su aporte en distintas circunstancias, una especie de regulación basada en aporte y demanda, tratando de mantener suplidas las necesidades locales y de amortiguar cambios rápidos del medio interno.

El proceso de eritropoyesis es el que consume la mayor parte del hierro aportado diariamente. Su acoplamiento con el eje hepcidina asegura su disponibilidad, recordando que su principal mecanismo para la estimulación es la hipoxia tisular, que estimula la EPO renal. Los eritroblastos producen ERFE, que suprime hepcidina a través de la vía BMP/SMAD; consecuentemente, disminuye la hepcidina, se estabiliza la ferroportina y aumenta el flujo de hierro desde intestino y macrófagos hacia plasma (Ning & Zeller, 2019).

Cuando este circuito falla, emergen fenotipos opuestos: anemia microcítica por hepcidina inapropiadamente alta, en situaciones como la inflamación, o sobrecarga férrica por hepcidina baja, que se observan en patologías como las hemocromatosis hereditarias y las talasemias (Papanikolaou & Pantopoulos, 2017).

La inflamación eleva la hepcidina vía IL-6/STAT3 y potencia la retención de hierro en macrófagos, reduciendo su disponibilidad para la eritropoyesis. El resultado clínico es la anemia de las enfermedades crónicas: ferritina normal/alta, hierro sérico bajo y hepcidina elevada. El objetivo fisiológico es proteger frente a infecciones, aunque a costa de la eritropoyesis (Papanikolaou & Pantopoulos, 2017).

Una forma esquematizada o paso a paso del control sistémico del hierro se logra ver como un circuito cerrado y eficiente. Este inicia con la absorción intestinal: DMT1 y DCYTB en el borde en cepillo celular, que generan exportación por ferroportina con oxidación por hefaestina/ceruloplasmina.

El transporte está a cargo de la transferrina, la cual entrega hierro a tejidos a través de TFR1. Sin embargo, también existe un sistema de reciclaje o reutilización mediante los macrófagos del bazo e hígado, que recuperan hierro de eritrocitos y lo reexportan por la vía ferroportina, proceso muy sensible a la hepcidina. Por último, y

de gran importancia, están los depósitos: la ferritina hepática como amortiguador. Este circuito minimiza la dependencia del hierro proveniente de la dieta diaria y sus posibles variables y se reajusta a diario por hepcidina, ERF e IRP/IRE (Papanikolaou & Pantopoulos, 2017).

1.3 Diagnóstico de la anemia

La anemia por deficiencia de hierro es la manifestación más común de los trastornos nutricionales relacionados con la producción de hemoglobina en todo el mundo. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), aproximadamente el 24,8 % de la población mundial sufre de anemia en algún grado y, de este porcentaje, más de la mitad se asocia directamente con la deficiencia de hierro (WHO, 2021). Esta condición afecta de manera desproporcionada a mujeres en edad fértil, niños menores de cinco años y, en menor medida, hombres adultos. En regiones en vías de desarrollo, donde el acceso a alimentos ricos en hierro y servicios de salud adecuados es limitado, la prevalencia alcanza valores alarmantes, superando el 40 % en algunos casos (Pasricha et al., 2021).

Costa Rica, reconocida por sus logros en salud pública a nivel mundial, no está exenta de la problemática de la anemia por deficiencia de hierro, aunque su prevalencia es relativamente baja en comparación con otros países de la región. Datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) y de reportes del Ministerio de Salud revelan que la prevalencia de anemia leve y moderada en mujeres embarazadas en Costa Rica oscila entre el 12 % y el 18 %, según la región (Caja Costarricense de Seguro Social. Gerencia Médica, 2024). Este valor es inferior a la media latinoamericana, pero aún constituye una preocupación, dado que esta etapa de la vida exige mayores reservas de hierro para sostener la demanda fisiológica. Los esfuerzos nacionales en programas de suplementación alimentaria y educación han contribuido a mantener estas cifras en niveles manejables.

A pesar de las estrategias implementadas, persisten retos en poblaciones vulnerables de Costa Rica, como comunidades indígenas y rurales, donde el acceso limitado a servicios sanitarios y la inseguridad alimentaria elevan el riesgo de anemia por deficiencia de hierro. Estudios locales apuntan a que hasta el 25 % de

los niños menores de cinco años en estas zonas podrían estar afectados (Rosas-Jiménez et al., 2022). La identificación de estos grupos y la implementación de intervenciones focalizadas resultan cruciales para reducir la carga que esta condición impone tanto en términos individuales como sociales.

En 2023, en la evaluación de la prestación de servicios de salud de primer nivel de atención de la CCSS, se registró un aumento en los diagnósticos de anemia por deficiencia de hierro en los niños menores de 6 años tamizados, según este informe. Asimismo, se registra que el porcentaje de menores sometidos a un tratamiento adecuado sigue siendo inferior al propuesto como meta institucional, que es alcanzar un 80 %. Este desafío subraya la necesidad de mejoras estructurales y una atención integral que contemple tanto el contexto clínico como las condiciones socioeconómicas, debido a la correlación directa entre la anemia y factores como el acceso desigual a servicios de salud y la calidad de vida de los menores (Caja Costarricense de Seguro Social. Gerencia Médica, 2024).

La anemia es una patología de origen hematológico, la cual se define por una disminución de la concentración de hemoglobina y se relaciona directamente con la reducción en la capacidad de transporte de oxígeno. Clínicamente se manifiesta con síntomas como cansancio, mareos, disnea, angina o letargo; sin embargo, en muchas situaciones cursa sin una sintomatología específica y pasa desapercibida por los pacientes (Ng et al., 2019).

Existen distintos lineamientos estandarizados en la literatura médica y múltiples consensos de expertos que han debatido históricamente sobre los niveles que se consideran patológicos. Según la Organización Mundial de la Salud, se define anemia como una concentración de hemoglobina menor de 13 g/dL en hombres y menor de 12 g/dL en mujeres (WHO, 2021). Sin embargo, el diagnóstico como tal va más allá de este único valor, requiriendo un enfoque en distintos parámetros del hemograma para identificar su etiología y orientar hacia una causa. En esta revisión bibliográfica se utilizan las cifras que establece la OMS como estándar para definir los límites según hemoglobina y sus distintas clasificaciones a la hora de abordar la anemia por deficiencia de hierro específicamente.

Si bien el estudio de laboratorio más estandarizado y utilizado a nivel mundial para definir diagnósticos hematológicos es un hemograma completo, al hacer énfasis en los índices eritrocitarios, como el volumen corpuscular medio y la concentración media de hemoglobina corpuscular, se logra clasificar la anemia de acuerdo con la morfología de los glóbulos rojos en microcítica, normocítica o macrocítica (Hare & Mazer, 2021). Esta clasificación nos orienta al diagnóstico diferencial. Por ejemplo, la anemia microcítica sugiere deficiencia de hierro o talasemia, mientras que la macrocítica puede estar relacionada con déficit de vitamina B12 o ácido fólico (Camaschella, 2019).

Otra herramienta que orienta al diagnóstico etiológico es el estudio del metabolismo del hierro, el cual se profundizará a mayor detalle en una sección posterior, enfatizando en los índices férricos, que reflejan depósitos de hierro y nutrientes esenciales, incluyendo niveles de ferritina sérica, hierro sérico, capacidad total de fijación del hierro e índice de saturación de transferrina. La ferritina es especialmente útil como marcador del estado de los depósitos de hierro, aunque su valor puede estar falsamente elevado en procesos inflamatorios.

1.4 Clasificación de la anemia

Una vez establecido un valor de hemoglobina patológico de 13 g/dL en hombres adultos sanos y 12 g/dL en mujeres adultas sanas (WHO, 2019), la identificación precisa del tipo de anemia requiere un análisis estructurado para plantear una estrategia a seguir con el paciente. Como médicos tratantes debemos preguntarnos: «¿Es el valor de hemoglobina de este paciente adecuado para la cirugía propuesta?». Además, se debe valorar cuánto tiempo tiene el paciente previo a la cirugía que se plantea y si es necesario o no plantear una intervención en la que se vea beneficiado el paciente.

Los índices eritrocitarios como el volumen corpuscular medio (VCM) y la concentración de hemoglobina corpuscular media (CHCM) nos permiten diferenciar entre anemia microcítica, normocítica o macrocítica, facilitando así la orientación diagnóstica hacia causas potenciales como deficiencias de hierro, inflamación crónica o trastornos de la médula ósea (Kassebaum et al., 2020). En esta revisión

nos enfocaremos en la anemia microcítica e hipocrómica con alteración de índices férricos.

La anemia microcítica, caracterizada por un VCM menor a 80 fL, generalmente se asocia a deficiencia de hierro, trastornos de almacenamiento o alteraciones en la síntesis de hemoglobina. La deficiencia de hierro sigue siendo la causa más prevalente a nivel mundial de este tipo de anemia (Ng et al., 2019), especialmente en poblaciones con ingesta insuficiente o malabsorción intestinal, así como en casos de pérdida sanguínea crónica. Estas estadísticas varían ampliamente según la zona geográfica donde sea reportado. Además, los síndromes de talasemia, alteraciones genéticas que afectan la síntesis de cadenas alfa o beta de la hemoglobina, también contribuyen a este patrón microcítico, particularmente en regiones donde la anemia mediterránea y la talasemia menor son frecuentes (Camaschella, 2021). La diferenciación entre estas causas requiere la evaluación de marcadores como la ferritina, la capacidad de fijación del hierro y estudios genéticos en casos sospechosos de talasemia por la especialidad de hematología, cuando corresponda.

Por otro lado, la anemia normocítica, con un VCM entre 80 y 100 fL, puede originarse por múltiples mecanismos, incluyendo pérdidas sanguíneas agudas o crónicas, enfermedades crónicas inflamatorias o infecciosas y trastornos de la médula ósea. La anemia por enfermedad crónica, particularmente en pacientes con infecciones, neoplasia o enfermedades autoinmunes, afecta la eritropoyesis a través de mediadores inflamatorios que inhiben la producción de eritrocitos (Ganz & Nemeth, 2020). Asimismo, trastornos de la médula ósea, como la aplasia o los síndromes mielodisplásicos, pueden presentar un patrón normocítico debido a la alteración en la producción de eritrocitos (Ludvigsson et al., 2022).

La evaluación clínica, junto con estudios de laboratorio que incluyan la proteína C reactiva, ferritina y la biopsia de médula ósea en casos seleccionados, son fundamentales para determinar la causa subyacente y guiar el tratamiento adecuado (Ludvigsson et al., 2022).

El contenido de hemoglobina en reticulocitos es un marcador clave que revela la disponibilidad de hierro y su impacto en la hematopoyesis. Estudios

recientes establecen que valores inferiores a 28-30 pg en el CHr están asociados con una eritropoyesis limitada por hierro, lo que puede deberse a deficiencias de hierro reales o funcionales, justificando así la suplementación con hierro (Urrechaga et al., 2018).

Al identificar niveles bajos de hierro, ferritina o CHr, es esencial tratar la deficiencia de hierro y explorar las posibles causas de pérdida de hierro. Sin embargo, si las reservas de hierro permanecen dentro de rangos normales y no hay indicios de una restricción en la eritropoyesis por hierro, se deben investigar otras causas de anemia. Entre estas se incluyen deficiencias nutricionales de ácido fólico o vitamina B12, hemólisis (destrucción acelerada de glóbulos rojos) o trastornos renales que afectan la producción de eritropoyetina. En caso de descartar deficiencias nutricionales y hemólisis, podría considerarse el uso de agentes específicos en el tratamiento (Lundgren, 2022).

Tabla 1

Clasificación de la anemia

Hematimetría	Tiempo	Compromiso
Microcítica (VCM < 80 fL)	Días o semanas	Serie roja únicamente
Macrocítica (VCM > 100 fL)	Meses o años	Afección en múltiples líneas (no abordados en anemia ferropénica)
Normocítica (VCM 80-100 fL)	Meses o años	Afección en múltiples líneas (no abordados en anemia ferropénica)

Nota. Adaptado de Chaparro y Suchdev (2019).

1.5 Patrones de anemia según depósitos férricos

La anemia microcítica, a su vez, puede subclasificarse según los distintos patrones fisiopatológicos que se pueden observar. Estos comportamientos nos orientan a definir el tratamiento óptimo de las mismas, así como la ruta de dosificación ideal y el tiempo estimado del tratamiento (Auerbach & Adamson, 2016).

La anemia ferropénica se caracteriza por no tener hierro disponible ni depósitos presentes y se caracteriza por una ferritina disminuida y un índice de saturación de transferrina (IST) disminuido (Cappellini et al., 2020).

Por otra parte, existe la anemia de patrón inflamatorio, la cual se caracteriza por la existencia de depósitos de hierro presentes, pero el proceso de etiología inflamatoria bloquea su utilización, por lo que la ferritina puede estar en niveles normales o aumentados. La ferritina tiene la particularidad de ser una proteína que actúa como reactante de fase aguda; sin embargo, el índice de saturación de transferrina se encontrará disminuido (Warner et al., 2020).

Estos dos patrones característicos también pueden coexistir, y esta concomitancia es el patrón más frecuente en la población internada, la cual presenta inflamación crónica y ferropenia.

Tabla 2

Esquema de patrones de anemia ferropénica

Patrones de anemia	Características
Anemia ferropénica	Ferritina e IST disminuidos
Anemia inflamatoria	Ferritina normal o elevada e IST disminuido

Patrón mixto	Ferropenia e inflamación presentes
--------------	------------------------------------

Nota. Adaptado de Chaparro y Suchdev (2019).

1.6 Interpretación del metabolismo del hierro

El análisis de los índices férricos comprende la ferritina sérica, el hierro sérico y la capacidad total de fijación de hierro, los cuales son fundamentales en la evaluación de la anemia por deficiencia de hierro. El objetivo principal es optimizar los niveles de hemoglobina. Esta revisión se enfoca en un análisis de forma simplificada y funcional para el médico tratante a la hora de diagnosticar, clasificar y plantear un tratamiento. Por tanto, el objetivo no es precisamente llegar a un último diagnóstico definitivo de la anemia como patología, sino valorar cómo se puede lograr una optimización de hemoglobina preoperatoria para establecer un nivel meta que logre un impacto en la morbimortalidad final del paciente antes de ser llevado a una cirugía de moderado o alto riesgo de sangrado.

Una correcta interpretación del metabolismo del hierro nos ayudará a identificar cuáles pacientes se podrían beneficiar de una posible administración de terapia ferropénica en el preoperatorio; con los parámetros férricos podemos establecer estados de ferropenia absoluta y ferropenia funcional.

La ferropenia absoluta se caracteriza por una ausencia de los depósitos de hierro corporal, lo que conduce a una insuficiente disponibilidad de hierro para la eritropoyesis y otros procesos metabólicos (Lin, 2019). Desde el punto de vista diagnóstico, la ferropenia absoluta se identifica mediante niveles bajos de ferritina sérica, hierro sérico disminuido y el índice de saturación de transferrina elevado, en ausencia de procesos inflamatorios que puedan enmascarar estos valores (Camaschella, 2021).

La ferritina, como marcador de los depósitos de hierro, es fundamental en la detección temprana de la deficiencia, aunque su interpretación debe considerar la presencia de inflamación, ya que niveles elevados pueden enmascarar una ferropenia verdadera. La evaluación de estos parámetros debe realizarse junto con la transferrina y el índice de saturación de transferrina (IST), lo que permite

establecer un diagnóstico certero de ferropenia absoluta. Se establece que ferritina < 30 ng/mL sin inflamación (PCR < 5) o, bien, ferritina < 100 ng/mL con inflamación (PCR > 5) establecen el diagnóstico de ferropenia absoluta (Barragán-Ibañez et al., 2016).

La ferropenia funcional se presenta en contextos inflamatorios o enfermedades crónicas, donde los depósitos de hierro pueden estar normales o elevados, pero su liberación y utilización están inhibidas por mediadores inflamatorios, principalmente la hepcidina, que es la que se ve afectada en este contexto (McNally, 2023). En estos casos, la ferritina sérica puede estar elevada o normal, mientras que los niveles de hierro sérico y la saturación de transferrina están bajos (< 20 %), reflejando una incapacidad de movilizar el hierro disponible hacia la médula ósea (Ganz & Nemeth, 2020). La medición de la hepcidina ha emergido como un biomarcador prometedor para distinguir entre ferropenia absoluta y funcional, aunque aún no está ampliamente disponible en todos los centros de diagnóstico. La diferenciación entre ambas formas de ferropenia es crucial, ya que la ferropenia funcional suele requerir tratamientos dirigidos a reducir la inflamación o modificar la regulación de la hepcidina, además de la reposición de hierro (Camaschella, 2021).

La correcta diferenciación entre ferropenia absoluta y funcional permite orientar de manera efectiva las estrategias terapéuticas, optimizando la respuesta clínica y evitando tratamientos innecesarios o inadecuados. La utilización de biomarcadores adicionales, como la hepcidina, y la interpretación cuidadosa de los niveles de ferritina en presencia de inflamación son los pilares para un diagnóstico preciso y un manejo adecuado (Ludvigsson et al., 2023).

Capítulo 2. Valoración del paciente anémico

Las guías del Centro para el Tratamiento Perioperatorio de Londres mencionan una serie de pasos a la hora de la valoración inicial de un paciente con diagnóstico de anemia. Como primer paso, proponen la identificación temprana de la anemia y, posteriormente, conversar con el paciente para generar conciencia del hallazgo identificado. Una vez realizado esto, se procede a solicitar los estudios pertinentes para identificar la causa de la anemia con base en las clasificaciones y

patrones establecidos. Con esta etapa inicial realizada, se planifica en conjunto, médico y paciente, un tratamiento basado en evidencia previo a la cirugía, con amplia información para el paciente acerca de los beneficios y posibles efectos adversos de la terapia propuesta. Esta comunicación es esencial en todos los pasos para un adecuado seguimiento y apego del paciente a los tratamientos. Existe un seguimiento acorde con el plan establecido, de acuerdo con el tiempo que se pueda disponer previo a la cirugía propuesta, donde se realizan laboratorios de control una vez establecido un plan de tratamiento (Hawkins et al., 2023).

Un ejemplo de la importancia de esta forma de esquematizar la investigación de causas de anemia de nuestros pacientes es la revisión de casos que se realizó en un hospital, donde se encontró que, de 1142 ingresos de pacientes que se presentaban para cirugía ortopédica, 224 (19,6 %) presentaban anemia. De estos, el 64 % tenía anemia normocrómica, patrón de anemia de inflamación crónica; el 23 % tenía anemia hipocrómica, indicando anemia por deficiencia de hierro, y el 13 % se atribuyó a otras causas (Gómez-Ramírez et al., 2019).

En un estudio retrospectivo en 634 pacientes sometidos a gastrectomía por cáncer gástrico se mostró que la anemia preoperatoria (presente en el 56,2 %) se asocia claramente con peor estado nutricional (IMC y albúmina más bajos), mayor inflamación sistémica (PCR más alta), mayor comorbilidad y una supervivencia global a 5 años significativamente reducida (62,0 % con anemia vs. 78,0 % sin anemia). Además, la necesidad de transfusión de glóbulos rojos (18,5 % de los pacientes) se relacionó con una supervivencia aún peor (44,7 % vs. 73,9 % sin transfusión), así como con mayor edad, más complicaciones y peor perfil inflamatorio y nutricional. Los niveles de hemoglobina se correlacionaron positivamente con hierro sérico, saturación de transferrina y albúmina, y negativamente con PCR, lo que subraya el papel combinado de déficit de hierro, malnutrición e inflamación en la anemia del paciente oncológico (Kim et al., 2017).

2.1 Identificar pacientes con mayor riesgo de anemia

Es clave lograr un adecuado tamizaje para una temprana identificación de la anemia como factor de riesgo en el preoperatorio y no solo como un resultado más de los estudios solicitados que se valorarán el día de la cirugía. Es imprescindible

establecer cuáles criterios incluir en este tamizaje para estudiar a los pacientes de riesgo, así como no enviar laboratorios innecesarios a la población que no esté dentro de estos criterios.

Se deben considerar factores tanto clínicos como demográficos y comorbilidades asociadas. Entre los grupos vulnerables destacan los adultos mayores, el sexo femenino, especialmente en edad fértil, y los pacientes con enfermedades crónicas como insuficiencia cardíaca o renal crónica. Otro grupo con especial atención son los pacientes con antecedente de sangrados gastrointestinales, malabsorción intestinal o dietas restrictivas (Speranza et al., 2023). En la población adulta mayor, la presencia de fragilidad y discapacidad se ha asociado a una mayor prevalencia de anemia, por lo que se destaca la importancia de prestar especial atención a este grupo poblacional (Esquinas-Requena et al., 2020).

La presencia de factores de riesgo debe alertarnos sobre la alta incidencia de anemia en estos grupos, por lo que cumplen criterios para ser valorados en el ambiente preoperatorio cuando sean candidatos a un procedimiento de riesgo intermedio o alto. La detección precoz y el abordaje multidisciplinario son fundamentales para reducir la morbimortalidad asociada a esta condición, donde la anemia puede contribuir significativamente al deterioro funcional y la progresión de enfermedades subyacentes posterior a la intervención quirúrgica (Esquinas-Requena et al., 2020).

2.2 Clasificación de cirugía de moderado o alto riesgo de sangrado

El sangrado es la complicación quirúrgica más frecuente. Aunque se observan tasas de mortalidad del 0,1 % para los procedimientos quirúrgicos en general, pueden aumentar del 5 % al 8 % para la cirugía vascular electiva y llegar hasta un 20 % en presencia de sangrado severo (Greenberg et al., 2021). Existen múltiples escalas para clasificar el riesgo de ser sometido a procedimientos quirúrgicos, que contemplan desde complicaciones cardíacas, pulmonares o renales hasta clasificaciones de predicción de sangrado estimado durante la cirugía y

morbimortalidad asociada. Para esta revisión nos enfocaremos principalmente en el riesgo de pérdida sanguínea del procedimiento, o al menos en una estimación estadística de lo que se espera del acto quirúrgico. Usualmente, estos riesgos están relacionados con el tipo y la duración del procedimiento, además de la urgencia con que se tenga que realizar la intervención. Las escalas de riesgo en morbilidad más utilizadas se basan en el riesgo de muerte cardiovascular, infarto de miocardio e ictus a los 30 días (Pasricha et al., 2021).

Las guías de la Sociedad Europea de Cardiología de 2022 clasifican el riesgo cardiovascular perioperatorio de los procedimientos quirúrgicos en bajo, moderado o alto, basándose en la probabilidad estimada de eventos cardiovasculares mayores, que se establece como el riesgo de muerte por infarto de miocardio o ictus a los 30 días asociado a un procedimiento quirúrgico. Esta clasificación se correlaciona directamente con la magnitud del procedimiento y, por lo tanto, con el riesgo de sangrado de la cirugía.

Las cirugías de riesgo moderado tienen una incidencia estimada de eventos cardíacos adversos mayores entre el 1 % y el 5 %. Este grupo incluye intervenciones como cirugías ortopédicas mayores, por ejemplo, el reemplazo total de cadera o rodilla, procedimientos urológicos no urgentes como la prostatectomía, cirugías ginecológicas mayores y ciertos procedimientos abdominales como la colecistectomía abierta. Aunque estas cirugías no suelen provocar una gran respuesta inflamatoria o pérdida sanguínea masiva, sí pueden desencadenar descompensaciones en pacientes con enfermedad cardiovascular subyacente (Kristensen et al., 2022).

Por otro lado, las cirugías de alto riesgo presentan una probabilidad superior al 5 % de eventos cardiovasculares mayores. Estas incluyen procedimientos vasculares mayores, especialmente la cirugía aórtica, la cirugía cardíaca y la cirugía vascular periférica extensa. Además, algunas cirugías oncológicas mayores, particularmente cuando implican resecciones toracoabdominales de forma extensa, pueden considerarse dentro de este grupo. Estos procedimientos se caracterizan por largas duraciones operatorias, altas demandas fisiológicas y riesgo significativo

de pérdida sanguínea, lo cual aumenta considerablemente el trabajo cardiovascular (Kristensen et al., 2022).

La correcta estratificación del riesgo quirúrgico es esencial para guiar la evaluación preoperatoria y la planificación del manejo cardiovascular. Se recomienda una valoración individualizada que considere no solo el tipo de cirugía, sino también la presencia de comorbilidades, la capacidad funcional del paciente y el contexto clínico a la hora de clasificar un procedimiento con base en el riesgo existente. En procedimientos de riesgo moderado o alto, las pérdidas sanguíneas asociadas son esperadas, por lo que la corrección de la anemia preoperatoria es mandatoria para una mejor respuesta fisiológica ante estas posibles complicaciones asociadas al procedimiento quirúrgico (Kristensen et al., 2022).

Tabla 3

Clasificación del riesgo quirúrgico y ejemplos de procedimientos según las guías ESC 2022

Riesgo quirúrgico	Tasa estimada de evento cardíaco adverso mayor	Ejemplos de procedimientos quirúrgicos
Bajo riesgo	< 1 %	<ul style="list-style-type: none"> • Cirugías oftalmológicas (p. ej., catarata) • Procedimientos superficiales (p. ej., herniorrafia simple, extracción de lipomas) • Procedimientos endoscópicos menores (p. ej., colonoscopia, cistoscopia)
Riesgo moderado	1–5 %	<ul style="list-style-type: none"> • Cirugía ortopédica mayor (p. ej., artroplastia de cadera o rodilla) • Cirugía abdominal no vascular (p. ej., colecistectomía, histerectomía) • Cirugía urológica (p. ej., prostatectomía) • Cirugía torácica limitada (p. ej., resección pulmonar menor)

Alto riesgo	> 5 %	<ul style="list-style-type: none"> • Cirugía vascular mayor (p. ej., reparación de aneurisma aórtico, cirugía de revascularización periférica) • Cirugías toracoabdominales extensas (p. ej., esofagectomía, resección hepática mayor) • Cirugías oncológicas complejas en pacientes con enfermedad cardiovascular significativa
-------------	-------	---

Nota. Tomado de Halvorsen et al. (2022).

En un amplio metaanálisis y revisión sistemática que incluyó a 949 445 pacientes, de los cuales el 39,1 % (371 594) eran anémicos, se evidenció que la anemia representa un riesgo significativo para los pacientes en el periodo perioperatorio. Los análisis revelaron que los pacientes anémicos sometidos a cirugías no cardíacas presentaron una OR para mortalidad incrementada de 2,87 (IC 95 %: 2,10-3,93; $p < 0,001$), mientras que aquellos sometidos a cirugías cardíacas mostraron una OR de 2,98 (IC 95 %: 2,02-4,38; $p < 0,001$). Estos hallazgos subrayan la importancia crítica de la anemia como factor de riesgo en el contexto perioperatorio (Fowler et al., 2015).

2.3 Laboratorios a solicitar

La distinción entre evaluación diagnóstica y tamizaje de la deficiencia de hierro en individuos asintomáticos es un aspecto central de la literatura actual. Mientras que la evaluación mediante hemograma y estudios de hierro en presencia de síntomas (como fatiga o sangrado menstrual abundante) se considera claramente un procedimiento diagnóstico, el tamizaje en sujetos que se perciben como sanos o con enfermedad no diagnosticada es más controversial (Lin, 2019). Además, los síntomas de deficiencia de hierro pueden ser muy sutiles o reconocerse solo retrospectivamente tras un tratamiento una vez diagnosticado, lo que genera un reto entre el diagnóstico de un paciente asintomático y sintomático, y complejiza la toma de decisiones clínicas.

En ausencia de ensayos aleatorizados que comparen directamente un tamizaje concreto frente a un no tamizaje en población sana, las recomendaciones se han basado principalmente en la prevalencia de deficiencia de hierro, los factores de riesgo y la disponibilidad de recursos de cada institución o país (Hare & Mazer, 2021). La práctica clínica está evolucionando hacia un mayor uso del tamizaje de la deficiencia de hierro incluso antes del desarrollo de anemia, dado que esta última representa un hallazgo tardío y que la deficiencia de hierro no tratada tiende a progresar. Factores como la edad, el sexo, la historia menstrual y obstétrica, las condiciones gastrointestinales, los antecedentes familiares y el contexto socioeconómico se consideran claves para individualizar la indicación de tamizaje (Gómez-Ramírez et al., 2019).

Las guías recientes ilustran la falta de consenso internacional. La guía de 2024 de la *European Hematology Association* (EHA) recomienda el tamizaje en cualquier adulto con riesgo de deficiencia de hierro, incluyendo personas que menstrúan, embarazadas, atletas, vegetarianos, donantes regulares de sangre, individuos con trastornos hemorrágicos o anticoagulados, personas con cirugía gástrica previa, infecciones crónicas, candidatos a cirugía mayor, adultos mayores y adolescentes (Lolascon et al., 2024).

Estas recomendaciones contrastan con las del *United States Preventive Services Task Force* (USPSTF) y el *American College of Obstetricians and Gynecologists* (ACOG), que consideran insuficiente la evidencia para apoyar o rechazar el tamizaje sistemático en individuos asintomáticos sin anemia y advierten del riesgo de generar o agravar inequidades en salud (US Preventive Services Task Force et al., 2024).

Ciertas subpoblaciones plantean desafíos adicionales, como los individuos en tratamiento con ácido acetilsalicílico u otros fármacos antitrombóticos. Datos del ensayo ASPREE muestran un aumento significativo de la incidencia de anemia y deficiencia de hierro en adultos mayores que reciben aspirina en prevención primaria, incluso en ausencia de hemorragia clínicamente manifestada (McNeil et al., 2018). En este contexto, la decisión de realizar vigilancia mediante hemograma y estudios de hierro debe individualizarse, siendo más frecuente en personas de mayor edad o con mayor preferencia por la detección precoz. En conjunto, y ante la

ausencia de evidencia robusta procedente de ensayos aleatorizados, la estrategia de tamizaje de la deficiencia de hierro en individuos asintomáticos continúa basándose en la estratificación de riesgo del paciente.

La evaluación inicial se basa en la ferritina sérica, el hierro sérico y el índice de saturación de transferrina (TSAT). Estos parámetros permiten determinar la deficiencia absoluta de hierro: una ferritina < 30 ng/mL o una TSAT < 20 % es diagnóstica de anemia ferropénica en un contexto sin inflamación, o ferritina < 100 ng/mL junto con TSAT < 20 % en presencia de inflamación (Khoury-Ahmed et al., 2023). Este enfoque temprano, idealmente 6–8 semanas antes de la cirugía, es parte de un protocolo eficiente para identificar y tratar la anemia antes de la intervención (Skorupski et al., 2023).

Se recalca la importancia de solicitar una PCR, ya que la ferritina es un reactante de fase aguda y su concentración puede estar elevada en pacientes con inflamación perioperatoria o crónica. Por ello, se recomienda la medición de proteína C reactiva (PCR) junto con los estudios de hierro. En casos de ferritina entre 30–100 ng/mL, una PCR > 5 mg/L y TSAT < 20 % sugiere deficiencia funcional de hierro (Pfeiffer & O'Brien, 2022). Esta estratificación permite ajustar el tipo de tratamiento oral o intravenoso según la etiología de la anemia, optimizando la preparación previa a cirugías de moderado a alto riesgo hemorrágico (Kietaihl et al., 2023).

Capítulo 3.1 Tratamiento de la anemia perioperatoria

Es crucial, una vez que se tenga presente la necesidad de una intervención quirúrgica en un paciente que se beneficiaría de una optimización preoperatoria, definir el tiempo que se tiene como ventana de oportunidad para brindar un tratamiento. Esta decisión debe ser valorada tanto por el anestesiólogo como por el equipo quirúrgico del paciente, en beneficio de plantear el momento idóneo para optimizar la hemoglobina y con ello mejorar el pronóstico del paciente. Esta interpretación se puede dividir en tres tipos de escenarios: una cirugía de urgencia, una cirugía de tiempo sensible y una cirugía electiva programada.

Escenario 1. Cirugía de urgencia: Cuando se trata de una intervención quirúrgica de emergencia, el desenlace clínico depende en gran medida de la rapidez con la que se realice la cirugía, por lo que, en este contexto, la presencia de anemia no debe retrasar la programación del acto quirúrgico (Cappellini et al., 2020; Boyd-Carson et al., 2020). Las estrategias para corregir los niveles de hemoglobina deberán implementarse en el período posoperatorio. Se debe valorar la transfusión de glóbulos rojos si se anticipa una caída significativa de la hemoglobina por debajo de 7 g/dL debido a una pérdida sanguínea importante durante la intervención (Munoz et al., 2017).

Escenario 2. Cirugías «tiempo sensibles»: Estas son intervenciones que, si bien no requieren una acción inmediata, deben llevarse a cabo en un plazo relativamente corto. El margen disponible para corregir la anemia es limitado, por lo que resulta útil iniciar el tratamiento, incluso si no se puede completar antes de la cirugía. Cualquier parte del tratamiento que no se haya podido administrar previamente debe retomarse en el posoperatorio. En situaciones donde se requiere reposición de hierro, la vía intravenosa será la recomendada. Cuando el tiempo disponible es inferior a una semana, se prefiere el uso de hierro carboximaltosa; para potenciar la respuesta hematopoyética, se puede considerar la administración combinada de eritropoyetina con hierro intravenoso en este escenario (Keeler et al., 2020).

Escenario 3. Cirugía programada: Antes de realizar una cirugía electiva, es fundamental identificar y corregir cualquier déficit de hierro o presencia de anemia, principalmente en procedimientos con riesgo elevado de sangrado, pérdidas estimadas superiores a 500 mL y hemoglobina menor a 10 g/dL (Shander et al., 2021). Es indispensable completar el tratamiento propuesto antes de intervenir. Incluso podría ser necesario reconsiderar el momento de la cirugía si no se logra la corrección adecuada a tiempo (Kietabl et al., 2023). Dependiendo del contexto, si hay más de cuatro semanas disponibles antes de la operación, puede optarse por tratamiento con hierro por vía oral. No obstante, si tras una o dos semanas no se observa una respuesta satisfactoria, se recomienda cambiar a hierro intravenoso y evaluar periódicamente la respuesta del tratamiento según el tipo de

suplementación intravenosa más beneficiosa para el paciente, siguiendo las indicaciones de cada presentación intravenosa.

Capítulo 3.2 Hierro oral

El hierro por vía oral está indicado principalmente en casos de anemia ferropénica, pero no es efectivo en contextos inflamatorios. Es la primera línea de elección cuando se cuenta con al menos un mes antes del procedimiento quirúrgico, recomendando su administración en dosis bajas, una vez al día o en días alternos (Stoffel et al., 2017). Esta forma de uso mejora la tolerancia, la adherencia al tratamiento y la absorción del hierro, ya que dosis más altas aumentan la hepcidina, reducen la absorción y generan más efectos adversos gastrointestinales. El hierro oral es generalmente efectivo, accesible, económico y con pocos efectos graves (Auerbach & Adamson, 2016; Petzer & Weiss, 2023).

En la Caja Costarricense de Seguro Social existe la presentación de Hierro Fumarato, tabletas de 200 mg. Este comprimido equivale a unos 40–65 mg de hierro elemental (Comité Central de Farmacoterapia, 2024).

Sin embargo, su principal desventaja es que requiere más tiempo para lograr una corrección efectiva en comparación con el hierro intravenoso. Además, resulta ineficaz en situaciones como inflamación activa, sangrado crónico, cirugía bariátrica o enfermedad inflamatoria intestinal. En condiciones inflamatorias, como insuficiencia cardíaca o enfermedad renal crónica, su absorción se ve comprometida. También presenta una alta frecuencia de efectos adversos gastrointestinales que afectan la adherencia al tratamiento a largo plazo.

Los efectos adversos más comunes incluyen malestar epigástrico, flatulencia, estreñimiento, diarrea, náuseas y vómitos, siendo todos dosis dependientes. Si se presentan, se recomienda reducir la dosis, administrarlo en días alternos o cambiar a hierro intravenoso (Cappellini et al., 2020). Es fundamental monitorizar la respuesta al tratamiento con hemograma y parámetros del metabolismo del hierro a las dos semanas de iniciado. Otras recomendaciones son: tomarlo en ayunas para mejorar la absorción, ingerirlo con alimentos ricos en vitamina C y evitar el consumo concomitante con leche, café o té, que interfieren con su absorción. Si no hay

mejoría, se debe considerar cambiar de formulación. Está contraindicado en pacientes con úlcera péptica o enfermedad inflamatoria intestinal (Stoffel et al., 2017).

La dosis terapéutica estándar de hierro oral, equivalente a 100–200 mg de hierro elemental al día, la respuesta hematológica en la anemia ferropénica suele ser predecible. En condiciones de adecuada absorción y adherencia al tratamiento, se espera un incremento progresivo de la concentración de hemoglobina de aproximadamente 0.2 - 0.3 g/dL por semana, lo que equivale a un aumento cercano a 1 g/dL cada 2–3 semanas. Este patrón de respuesta refleja una eritropoyesis efectiva tras la corrección del déficit de hierro y constituye un indicador clínico útil de la eficacia del tratamiento (McNally, 2023).

La ausencia de un aumento de al menos 1 g/dL de hemoglobina tras 3–4 semanas de tratamiento adecuado debe motivar una reevaluación diagnóstica. Entre las causas más frecuentes de respuesta subóptima se incluyen la mala adherencia al tratamiento, la disminución de la absorción intestinal asociada al uso de inhibidores de la bomba de protones, enfermedad celíaca o estados inflamatorios, la presencia de un diagnóstico alternativo o anemia mixta, así como la persistencia de pérdidas sanguíneas no controladas (Ning & Zeller, 2019).

Se debe tener en consideración continuar el tratamiento oral establecido por lo menos tres meses posteriores a su inicio para lograr un aumento en el nivel de hemoglobina y asegurar la reposición de los depósitos férricos (Auerbach & Adamson, 2016).

Capítulo 3.3 Hierro intravenoso

En la literatura internacional se describe el uso de hierro sacarato; sin embargo, a nivel de la Caja Costarricense de Seguro Social se dispone de hierro dextrano, solución coloidal de hidróxido férrico en un complejo con dextrano hidrolizado de bajo peso molecular en agua, equivalente a 50 mg de hierro elemental/mL en ampollas de 2 mL. Esta presentación parenteral puede administrarse IV lenta sin diluir o en infusión, con una dilución en solución de cloruro

de sodio al 0,9 % con un volumen de 250–1000 mL. No se recomienda diluir en solución glucosada al 5 %, ya que podría aumentar la incidencia de dolor local y flebitis (Comité Central de Farmacoterapia, 2024).

La administración de hierro dextrano intravenoso está indicada en pacientes con anemia ferropénica cuando el hierro oral es ineficaz, mal tolerado o existe necesidad de corrección rápida, antes de cirugías mayores (Auerbach & Ballard, 2019; Koch et al., 2015). La dosificación se calcula con la fórmula de Ganzoni:

Déficit de hierro (mg) = peso (kg) × [Hb deseada – Hb actual (g/dL)] × 2,4 + 500.

Por ejemplo, en un paciente de 70 kg con Hb de 8 g/dL y en quien se propone la meta de aumentar su masa eritrocitaria a 13 g/dL, se requieren aproximadamente 1340 mg de hierro total. Esta dosis puede administrarse en una infusión única total en 4 horas, previa prueba de dosis de 25–50 mg durante 15–30 minutos, seguida de la infusión completa si no se detectan reacciones en la prueba de sensibilidad al medicamento, con un tiempo de infusión mínimo de una hora en total o a una velocidad que exceda los 50 mg de hierro por minuto en la dilución preparada (Pogue, 2019).

Los eventos adversos más frecuentes incluyen reacciones de infusión leves, como flushing, mialgias, dolor de espalda o torácico, atribuibles a fenómenos de pseudoalergia por activación del complemento, los cuales no son mediados por IgE (Auerbach et al., 2021). Las reacciones graves, como anafilaxia, son raras (< 0,1–0,4 %) con esta presentación de bajo peso molecular, especialmente en comparación con formulaciones antiguas de alto peso molecular (Mathew, 2023). Se recomienda un monitoreo continuo durante la infusión y disponer de un carro de paro para emergencias, con epinefrina, antihistamínicos y guías de soporte cardíaco avanzado. Durante la administración por infusión IV de dosis altas (mayores de 100 mg) se podrían presentar reacciones adversas graves retardadas en 24 o 48 horas, las cuales incluyen artralgias, dolor de espalda, escalofríos, vértigo, fiebre, cefalea, mialgias, náuseas o vómito. Estos síntomas usualmente son autolimitados y ceden en 3 o 4 días (Dave et al., 2022).

Las contraindicaciones incluyen anemia no ferropénica, hipersensibilidad conocida al dextrano o excipientes propios del vial del medicamento, infecciones sistémicas activas y uso en pacientes con múltiples alergias sin valoración previa

(Rampton et al., 2020). La administración en forma intermitente es tipo off label (la FDA limita a 100 mg/dosis), si bien se ha demostrado segura y eficiente bajo protocolos rigurosos (Pogue, 2019). Se recomienda monitorización periódica de Hb, ferritina y saturación de transferrina para evitar sobrecarga férrica.

Las indicaciones aprobadas por el Comité Central de Farmacoterapia de la CCSS, según la última circular de aprobación para uso institucional de hierro dextrano en hospitales a nivel nacional, incluyen la prescripción por médicos especialistas para el tratamiento de pacientes con anemia ferropriva o déficit de hierro asociado a trastornos de la absorción, falla o intolerancia a la suplementación oral, por lo que tiene aval para ser prescrito por los especialistas en Anestesiología (Comité Central de Farmacoterapia, 2024).

El hierro carboximaltosa es otra presentación de hierro intravenoso que está disponible en Costa Rica, pero no se encuentra dentro de la lista oficial de medicamentos de la CCSS; sin embargo, se puede solicitar por indicación de hepatología cuando existe alguna contraindicación con el hierro dextrano. El hierro carboximaltosa está indicado en el tratamiento de la anemia por deficiencia de hierro en adultos que no toleran o no responden adecuadamente al hierro oral, así como en pacientes con enfermedad renal crónica que no se encuentren en hemodiálisis y en aquellos con insuficiencia cardíaca clase II–III de la NYHA (Ponikowski et al., 2015). Las dosis aprobadas permiten administrar hasta 15 mg/kg con una dosificación máxima de 1000 mg por sesión, repetida a los 7–14 días en caso de ser necesario para completar el déficit (Khalafallah et al., 2016).

En cuanto al perfil de seguridad, la carboximaltosa presenta un perfil positivo. En ensayos controlados aleatorizados, se han registrado reacciones adversas leves a moderadas como náuseas (2–2,5 %), cefalea (3 %) y mareo (1,5 %) en las primeras 24–48 horas posinfusión, y elevaciones transitorias de transaminasas (1–1,3 %) (Poletti et al., 2021). También se documentan reacciones de infusión relacionadas con activación del complemento, como flushing, hipertensión transitoria (6–10 %) y, con menor frecuencia (< 0,1–1 %), hipofosfatemia significativa, asociada en algunos casos a osteomalacia (Ng et al., 2019).

Las contraindicaciones absolutas incluyen hipersensibilidad conocida a la carboximaltosa o sus excipientes y la anemia no ferropénica o condiciones de

sobrecarga férrica establecida, por ejemplo, hemocromatosis. Además, debe evitarse en pacientes con infecciones activas hasta su resolución y, en poblaciones críticas como embarazo o infancia, solo debe utilizarse si los beneficios superan los riesgos (Shah et al., 2023). Los protocolos requieren monitorización de signos vitales durante la infusión y al menos 30 minutos tras completar la administración, con disponibilidad de equipo para tratar reacciones graves (Kei et al., 2019). Es esencial evaluar hemoglobina, ferritina, saturación de transferrina y fosfatemia tras 2–4 semanas para decidir dosis adicionales y evitar sobrecarga o deficiencias iatrogénicas.

Tabla 4

Dosis total de hierro carboximaltosa según peso y hemoglobina

Hemoglobina	< 35 kg	35–70 kg	> 70 kg
< 10 g/dL	500 mg	1500 mg	2000 mg
10–14 g/dL	500 mg	1000 mg	1500 mg
> 14 g/dL	500 mg	500 mg	500 mg

Nota. Tomado de Khalafallah et al. (2016).

En este ensayo clínico aleatorizado en pacientes con anemia ferropénica sometidos a cirugía abdominal mayor, la administración perioperatoria de hierro intravenoso (ferricarboximaltosa) redujo de forma marcada la necesidad de transfusión de concentrados de hematíes en comparación con la atención habitual sin terapia férrica suplementaria (12,5 % vs. 31 % de pacientes transfundidos y menor número de unidades por paciente), a pesar de que el estudio se detuvo de forma precoz por motivos éticos. El hierro intravenoso se asoció, además, con un mayor incremento de hemoglobina desde la aleatorización hasta el ingreso, una estancia hospitalaria más corta de aproximadamente 3 días menos y mejores reservas de hierro y niveles de hemoglobina a las 4 semanas posoperatorias, sin aumento de la morbimortalidad ni efectos adversos graves (Froessler et al., 2016).

Capítulo 3.4 Eritropoyetina

La administración de agonistas de la eritropoyetina (AEE), como epoetina alfa, darbepoetina alfa o metoxi polietilenglicol-epoetina β , está indicada en la anemia asociada a enfermedad renal crónica, incluyendo pacientes en etapa dialítica y en pacientes quirúrgicos con riesgo de transfusión, siempre considerando un estado adecuado de hierro y su homeostasis, como ya se discutió en capítulos previos. En la CCSS se cuenta con epoetina alfa de origen ADN recombinante, en una presentación de 4000 unidades/0,4 mL, solución inyectable prellenada (Comité Central de Farmacoterapia, 2024). El inicio es preferiblemente 15 días previo al acto quirúrgico. Es esencial confirmar niveles de ferritina $\geq 100 \mu\text{g/L}$ y saturación de transferrina $\geq 20 \%$, adicionando hierro oral o intravenoso según necesidad para optimizar la respuesta eritropoyética (Jelkmann, 2016).

El cálculo de la dosis va a depender de la oportunidad quirúrgica. Si la cirugía se realizará en un plazo mayor a 15 días, se puede aplicar 4000 unidades internacionales (UI) semanales, siempre y cuando el paciente tenga un peso mayor a 40 kg. Si, por el contrario, la cirugía será en un plazo menor a 15 días, se puede aplicar 4000 UI vía subcutánea cada 48 horas, con un máximo de 6 dosis. Si bien la respuesta de la eritropoyetina no es inmediata, es de esperar que en los próximos 3 días se produzca un aumento de reticulocitos, con un posterior aumento en la hemoglobina en una o dos semanas posteriores a su dosificación inicial (Stevens et al., 2024).

El perfil de efectos adversos incluye hipertensión arterial no controlada, la cual es frecuente y está relacionada con el aumento del hematocrito, cefalea, dolor articular, hiperviscosidad sanguínea y riesgo incrementado de tromboembolismo, especialmente si se exceden las metas de hemoglobina establecidas (Bohlius et al., 2019). Además, se han documentado eventos adversos más severos, como convulsiones, reacciones alérgicas severas y riesgo aumentado de eventos cardiovasculares. La aparición de aplasia pura de células rojas, aunque rara, sigue siendo una preocupación con anticuerpos neutralizantes, y el uso excesivo conlleva mayor riesgo de morbilidad (Fowler et al., 2015). Por ello, inicialmente se recomienda monitorización estrecha de hemoglobina de forma semanal y, luego,

mensual si corresponde, así como control de presión arterial, niveles de hierro y búsqueda de síntomas neurológicos o hipertensión exacerbada durante el tiempo del tratamiento (Jelkmann, 2016).

Una revisión que incluye ensayos y metaanálisis recientes concluye que los agentes estimulantes de eritropoyetina deben ofrecerse a pacientes con anemia inducida por quimioterapia cuando el tratamiento oncológico no es con intención curativa y la hemoglobina es menor a 10 g/dL, priorizando siempre la mínima dosis y el nivel más bajo de Hb necesario para evitar transfusiones innecesarias. No se recomiendan en anemias no relacionadas con quimioterapia, salvo en síndromes mielodisplásicos de bajo riesgo con eritropoyetina sérica menor a 500 IU/L (Bohlius et al., 2019).

El uso de estimulantes de eritropoyetina reduce la tasa de transfusiones, pero aumenta el riesgo de tromboembolismo y, en algunos estudios, la mortalidad y posible progresión tumoral, por lo que se exige una cuidadosa valoración riesgo-beneficio y discusión con el paciente. Se consideran equivalentes en eficacia y seguridad la epoetina alfa/beta, la darbepoetina y sus biosimilares, y se aconseja añadir hierro oral o intravenoso para mejorar la respuesta y disminuir la necesidad de transfusión, así como suspender el tratamiento de estimulantes de eritropoyetina si no hay respuesta en un plazo de 6–8 semanas (Bohlius et al., 2019).

Capítulo 3.5 Eritropoyetina + hierro IV

Esta combinación posee el beneficio de potenciar la eficacia del tratamiento al utilizar dos agentes, mientras se disminuyen los efectos adversos de la eritropoyetina, al requerir una menor dosis total de la misma cuando se utiliza un esquema multimodal. Esta indicación particular requiere un paciente sin una ferropenia absoluta. Se recomienda considerar la administración conjunta de hierro intravenoso con el fin de potenciar el efecto de la eritropoyetina (EPO). Su uso recae cuando el índice de saturación de transferrina (IST) es menor al 20 %, ya que la ausencia de hierro biodisponible reduce la respuesta eritropoyética a la EPO, disminuyendo su efectividad (Kei et al., 2019). En estos casos, una dosis de hierro

intravenoso entre 200 y 400 mg es suficiente para asegurar la disponibilidad de hierro (Auerbach & Adamson, 2016).

El tratamiento debe iniciarse idealmente con al menos 15 días de antelación al procedimiento quirúrgico, especialmente cuando los niveles de hemoglobina son inferiores a 10 g/dL (Muñoz et al., 2017).

Capítulo 4.1 Transfusiones sanguíneas

En el contexto de una cirugía con alto riesgo de sangrado, como procedimientos cardiovasculares, cirugía gastrointestinal mayor, cirugía ginecológica mayor, hepática o neurocirugía, la corrección de la anemia preoperatoria representa un componente esencial en el enfoque de *Patient Blood Management* (PBM). Las guías internacionales recomiendan que la decisión de transfundir glóbulos rojos no se base exclusivamente en el valor absoluto de hemoglobina, sino también en la condición clínica del paciente, comorbilidades y expectativa de sangrado (Kim et al., 2023). En pacientes estables que serán sometidos a cirugía mayor, se sugiere un umbral restrictivo de transfusión de Hb < 7–8 g/dL, siempre acompañado de evaluación clínica individualizada (Muñoz et al., 2019). El objetivo es garantizar un margen de seguridad hemática suficiente antes del evento quirúrgico sin incurrir en transfusiones innecesarias.

Se enfatiza en el tratamiento de la anemia antes de la cirugía mediante hierro intravenoso, eritropoyetina o ambas, como las estrategias previamente discutidas, con el fin de evitar transfusiones perioperatorias. Sin embargo, en la práctica diaria del anestesiólogo, muchas veces nos enfrentamos a cirugías de emergencia de alto riesgo y no se cuenta con el tiempo necesario para optimización mediante hierro. El objetivo siempre recae en mejorar los desenlaces quirúrgicos (Keeler et al., 2020). En este escenario, la transfusión debe reservarse para casos en los que exista anemia sintomática, hipoxia tisular evidente o riesgo de sangrado masivo inminente. Esta aproximación integral ha demostrado disminuir complicaciones postoperatorias, duración de estancia hospitalaria y mortalidad, al tiempo que optimiza el uso racional de recursos transfusionales (Leahy et al., 2017).

En un período analizado (2008-2014) en cuatro hospitales de atención terciaria en Australia, la implementación de un programa de gestión de sangre del paciente (PBM) resultó en una disminución del 41 % de unidades transfundidas de glóbulos rojos (RBC), plasma fresco congelado (FFP) y plaquetas por admisión. Además, los niveles medios de hemoglobina previos a la transfusión bajaron de 7,9 g/dL a 7,3 g/dL y la proporción de cirugías electivas con anemia al ingreso disminuyó de 20,8 % a 14,4 %. De modo complementario, el porcentaje de transfusiones con una sola unidad de RBC subió de 33,3 % a 63,7 % (Barragán-Ibañez et al., 2016), lo que sugiere un abordaje más restrictivo y eficiente cuando se enfrentaron a pacientes anémicos sin optimización previa, solo basándose en umbrales restrictivos dictados por estrategias de PBM sin optimización anémica previa (Leahy et al., 2017).

Capítulo 4.2 Metas de transfusión

En el marco de los programas de *Patient Blood Management* (PBM), las transfusiones de glóbulos rojos se justifican solo cuando están claramente indicadas y tras optimizar el estado clínico del paciente al corregir la anemia y procurar minimizar pérdidas de sangre, lo cual es realmente el objetivo de la valoración preoperatoria de nuestros pacientes en anestesia (Parikh et al., 2025). Las nuevas guías internacionales de AABB de 2023 recomiendan una estrategia restrictiva: transfundir en adultos hemodinámicamente estables solo cuando la hemoglobina es inferior a 7 g/dL, o umbrales de 7,5 g/dL en cirugía cardíaca y 8 g/dL en pacientes con enfermedad cardiovascular o cirugía ortopédica mayor (Carson et al., 2023).

Los ensayos clínicos randomizados que comparan estrategias restrictivas con umbrales entre 7–8 g/dL contra estrategias más liberales, 9–10 g/dL, en pacientes hemodinámicamente estables, excluyendo pacientes neurocríticos y embarazo, no han demostrado inferioridad en índices de mortalidad a 30 días (Carson et al., 2023). Estos resultados se han confirmado en distintas poblaciones críticas, incluidas UCI, contexto quirúrgico y pacientes oncológicos, siempre que no exista un sangrado activo.

Tabla 5*Umbrales restrictivos para la transfusión de glóbulos rojos*

Escenario clínico	Umbral de hemoglobina (Hb)	Consideraciones clínicas
Pacientes críticos, clínicamente estables	< 7 g/dL	Estado hemodinámico estable sin sangrado activo significativo.
Cirugía cardíaca	< 7,5 g/dL	Paciente en contexto perioperatorio de cirugía cardíaca.
Fractura de cadera con enfermedad cardiovascular o factores de riesgo cardiovascular	< 8 g/dL	Mayor riesgo isquémico por comorbilidad cardiovascular.
Hemorragia gastrointestinal aguda	7–8 g/dL	Paciente hemodinámicamente estable tras control del sangrado.

Nota. Adaptado de Mueller et al. (2019).

Los programas PBM han implementado, además, estrategias de educación clínica, asesoría en tiempo real y auditoría de transfusiones realizadas, logrando una reducción significativa del consumo transfusional tradicional. En hospitales que adoptaron protocolos con un umbral de Hb < 7 g/dL y transfusión de una unidad única seguida de reevaluación, se observó una reducción del 40 % en transfusiones perioperatorias sin impacto adverso sobre la mortalidad hospitalaria o complicaciones mayores (Shih et al., 2018). A su vez, la conducta de no realizar preoptimización de la anemia, en hospitales donde se registraron pacientes anémicos para cirugía electiva, hizo que la tasa de transfusión de una unidad de glóbulos rojos empacados aumentara de 33 % a 63 % (Leahy et al., 2017).

La estrategia de transfusión de una sola unidad de glóbulos rojos empacados se ha validado como segura y eficaz en pacientes estables. En unidades de trasplante y quimioterapia para leucemia aguda, un estudio randomizado multicéntrico demostró que la estrategia de una unidad por episodio transfusional fue no inferior a la estrategia clásica de dos unidades, con similar incidencia de complicaciones asociadas leves y graves (Montoro et al., 2022). Este enfoque permite reducir el uso total de unidades sin comprometer la seguridad clínica del paciente.

Los efectos adversos asociados a transfusiones pueden dividirse en agudos y tardíos. Entre los agudos destacan reacciones hemolíticas, fiebre no hemolítica, anafilaxia, TRALI (lesión pulmonar aguda relacionada con transfusión), TACO (sobrecarga circulatoria) y sepsis por contaminación. TACO es particularmente frecuente en pacientes con insuficiencia cardíaca o renal, y su riesgo aumenta proporcionalmente con el número de unidades transfundidas (Clifford et al., 2017). TRALI, aunque raro, sigue siendo una causa grave de mortalidad postransfusión.

Capítulo 4.3 Reacciones adversas asociadas a transfusión sanguínea

Las reacciones adversas agudas ocurren en un periodo menor a 24 horas; entre las más frecuentes se incluyen fiebre no hemolítica, reacciones alérgicas leves o anafilácticas, hemólisis aguda y complicaciones pulmonares graves como la sobrecarga circulatoria asociada a transfusión y la lesión pulmonar aguda relacionada con transfusión (Bueno et al., 2023). La fiebre no hemolítica es la reacción aguda más común; sin embargo, hoy está mitigada significativamente por el uso de glóbulos rojos leucorreducidos (Frazier et al., 2017). Por otro lado, las reacciones hemolíticas agudas, aunque raras (1 por cada 38 000–70 000 unidades), pueden ser mortales, generalmente por errores ABO o de etiquetado (Frazier et al., 2017).

TACO representa la principal causa de mortalidad transfusional, con una incidencia estimada de aproximadamente 1–2 ‰ por unidad transfundida o 22,2 por 1000 pacientes, según metaanálisis reciente (White et al., 2025). Se observa especialmente en pacientes adultos mayores, con insuficiencia cardíaca o renal o en situaciones de sobrecarga hídrica y transfusión rápida. TRALI, aunque menos frecuente (< 0,1 ‰), sigue siendo grave y potencialmente letal, mediado principalmente por anticuerpos anti-HLA o anti-HNA en pacientes con inflamación sistémica (Roubinian, 2018).

Entre las reacciones inmunes tardías, que se consideran mayores a 24 horas y hasta meses, la hemólisis retardada ocurre generalmente entre 1 y 4 semanas posteriores a la transfusión en pacientes previamente sensibilizados; se caracteriza

por descenso progresivo de Hb, ictericia e incremento de bilirrubina (White et al., 2025). Otra complicación relevante es la púrpura postransfusional, ocasionada por anticuerpos anti-HPA que desencadenan trombocitopenia severa entre 5 y 12 días después de la transfusión, con riesgo de hemorragia grave (White et al., 2025).

Las complicaciones no inmunes tardías incluyen sobrecarga férrica, frecuente en pacientes con transfusiones crónicas, usualmente pacientes hematológicos o en cuidados intensivos, y la inmunomodulación transfusional, la cual se asocia con mayor susceptibilidad a infecciones nosocomiales (White et al., 2025). Estas repercusiones requieren monitorización a largo plazo del estado férrico, pruebas inmunológicas y medidas para minimizar la exposición repetida.

Aunque las infecciones transmitidas por transfusión han disminuido gracias a estrictos protocolos de tamizaje adecuado en el banco de sangre, aún se documentan casos, especialmente por contaminación bacteriana. La sepsis postransfusional es rara pero grave, con mortalidad elevada y necesidad inmediata de intervención. La tasa estimada de infección bacteriana grave es de cerca de 1 por 500 000 unidades de glóbulos rojos y 1 de cada 75 000 en plaquetas (Sahu & Bajpai, 2020).

La implementación de programas de vigilancia activa, incluyendo monitoreo cardíaco no invasivo y revisión clínica, mejora la detección y el reporte de eventos adversos, especialmente TACO y TRALI, que suelen estar subdiagnosticados (Roubinian, 2018). Estrategias como transfusión lenta, evaluación de riesgo del receptor y selección de donantes han disminuido la incidencia global de TRALI (Bueno et al., 2023).

Capítulo 5.1 Discusión

La anemia preoperatoria por deficiencia de hierro representa un factor de riesgo clínicamente relevante y altamente prevalente en pacientes sometidos a cirugías con riesgo moderado o alto de sangrado. Esta condición se asocia con una menor capacidad de transporte de oxígeno, mayor necesidad de transfusiones y peores desenlaces postoperatorios. Dado que las cirugías de este tipo implican una

alta demanda fisiológica y pérdida sanguínea significativa, es crucial la identificación y corrección de la anemia antes del procedimiento. El abordaje temprano, fundamentado en estudios de laboratorio como hemograma, ferritina sérica, hierro sérico, índice de saturación de transferrina y PCR, permite una correcta clasificación de la anemia y su etiología, diferenciando entre ferropenia absoluta y funcional, lo cual es esencial para definir el manejo a seguir.

El tratamiento de la anemia ferropénica depende del tiempo disponible antes de la intervención quirúrgica. Si existe un periodo de ventana preoperatorio suficiente, el hierro oral puede ser una primera línea de tratamiento, aunque limitada por su acción más lenta, la mala adherencia al tratamiento y una baja absorción en contextos inflamatorios. En contraste, el hierro intravenoso debe ser la elección para cirugías con, como mínimo, una o dos semanas de margen para su tratamiento, particularmente el hierro dextrano o la carboximaltosa, los cuales permiten una reposición más rápida y eficaz de los depósitos férricos, siendo preferidos en estos contextos «tiempo sensibles». Además, en situaciones donde coexiste la enfermedad renal crónica con respuesta insuficiente al hierro oral, se recomienda la combinación con eritropoyetina para estimular la eritropoyesis, especialmente cuando los niveles de transferrina saturada están por debajo del 20 % en esta población (Pan et al., 2022).

El impacto de una adecuada corrección de la anemia antes de la cirugía se refleja en la disminución de la necesidad de transfusiones sanguíneas, lo cual no solo evita los riesgos inherentes a estas, como reacciones adversas, sobrecarga férrica e inmunomodulación, sino que también mejora la recuperación del paciente en el periodo posoperatorio. Las guías de manejo perioperatorio más actuales y los programas de *Patient Blood Management* (PBM) destacan la importancia de la optimización del estado hematológico previo al acto quirúrgico, mostrando beneficios como la reducción de complicaciones postoperatorias, menor estancia hospitalaria y disminución de la mortalidad (Parikh et al., 2025).

La implementación de estos protocolos ha demostrado ser eficaz y segura, reduciendo hasta en un 40 % el uso de transfusiones sin comprometer los resultados clínicos. En situaciones de emergencia y en pacientes donde no existe

un tiempo para optimización preoperatoria, la literatura actual recomienda umbrales restrictivos y transfusiones racionalizadas cuando el paciente lo requiera.

En un estudio observacional que evaluó el impacto de una vía de manejo preoperatorio de la anemia por deficiencia de hierro en pacientes sometidos a cirugía cardíaca electiva, de 447 pacientes, el 33 % presentaba anemia; 75 recibieron hierro intravenoso y 72 de ellos no fueron tratados. El tratamiento corrigió la anemia con una meta de hemoglobina de 13 g/L en el día de la cirugía en aproximadamente un tercio de los pacientes anémicos, con un aumento medio de Hb de 17 g/L en los más respondedores (Evans et al., 2021).

Estos pacientes tratados y normalizados mostraron requerimientos de transfusión de concentrados de hematíes similares a los pacientes sin anemia y significativamente menores que los de los anémicos no tratados, tanto en proporción de pacientes transfundidos como en número de unidades administradas. Además, se observó que una proporción relevante de pacientes inicialmente no anémicos desarrolló anemia mientras esperaba la cirugía, lo que subraya la importancia de la detección y corrección proactiva de la deficiencia de hierro en el periodo preoperatorio para reducir la exposición a transfusión y potencialmente mejorar los desenlaces (Evans et al., 2021; LaPar et al., 2018).

El manejo perioperatorio de la anemia por deficiencia de hierro en pacientes candidatos a cirugías con riesgo moderado o alto de sangrado tiene un impacto significativo en la reducción de eventos adversos postoperatorios. Las distintas referencias bibliográficas consultadas en esta revisión respaldan una estrategia estructurada basada en la identificación temprana, la clasificación etiológica y el tratamiento individualizado de la anemia. El abordaje multidisciplinario, junto con el uso racional de hierro oral, intravenoso y agentes estimulantes de eritropoyesis, constituye una herramienta clave para optimizar los desenlaces quirúrgicos y mejorar la seguridad del paciente desde el pre, peri y posoperatorio.

Capítulo 5.2 Conclusión

El adecuado análisis de la fisiopatología, la clasificación, el diagnóstico y la selección de un tratamiento oportuno de la anemia ferropénica en el contexto

perioperatorio y quirúrgico es fundamental, ya que esta ha demostrado representar un factor de riesgo clínicamente significativo y modificable en pacientes que van a ser sometidos a cirugías con riesgo moderado o alto de sangrado.

La literatura revisada señala que una correcta identificación de la etiología de la anemia, ya sea por ferropenia absoluta, funcional o mixta, seguida de una intervención planificada en los tres tiempos de oportunidad que se presentan (urgente, electiva o tiempo sensible), sumado a una terapéutica planteada de forma oportuna, permite optimizar el estado hematológico del paciente antes del acto quirúrgico.

Las estrategias terapéuticas disponibles, como la administración de hierro oral, intravenoso o el uso combinado con eritropoyetina, deben ser seleccionadas según la ventana de tiempo de que se dispone, el tipo de cirugía programada y la condición clínica del paciente. Las evidencias indican que el hierro intravenoso, particularmente en formulaciones de alta eficacia y bajo perfil de riesgo como el hierro dextrano de bajo peso molecular o la carboximaltosa, ha demostrado superioridad en contextos donde se requiere una rápida optimización del perfil hematológico. Asimismo, la combinación con eritropoyetina puede ser especialmente útil en pacientes con enfermedad renal crónica o anemia resistente.

La corrección efectiva de la anemia antes de la intervención se traduce en una menor necesidad de transfusiones perioperatorias, reducción de complicaciones infecciosas, disminución del tiempo de estancia hospitalaria y una recuperación postoperatoria más favorable. Este enfoque proactivo es coherente con los principios del manejo integral del paciente quirúrgico, como lo propone el modelo de *Patient Blood Management* (PBM), el cual ha demostrado ser coste-efectivo y clínicamente seguro (Parikh et al., 2025). Sin embargo, el contexto de corrección de anemia perioperatoria es solo una parte de los pilares que adopta el programa; es, no obstante, uno de los más sencillos de implementar y adoptar a nivel hospitalario, ya que se cuenta con la mayoría de los recursos disponibles.

Por el contrario, la omisión del tratamiento de la anemia preoperatoria expone al paciente a un mayor riesgo de transfusiones innecesarias y sus potenciales

complicaciones, como TRALI, TACO o reacciones inmunológicas, las cuales pueden impactar negativamente en la evolución postoperatoria e incluso en la mortalidad. Por ello, el anestesiólogo y el equipo quirúrgico deben reconocer la anemia ferropénica como una entidad que requiere intervención activa y no solo como un hallazgo incidental en el examen preoperatorio.

Tanto los múltiples estudios consultados como las recomendaciones del panel internacional (ICCAMS) sobre el manejo de la anemia en pacientes quirúrgicos, con base en una amplia revisión de la literatura, concluyen que la anemia preoperatoria es muy frecuente (30–40 % de los pacientes), se asocia de forma independiente con mayor mortalidad, complicaciones, transfusión y estancia hospitalaria, y debe considerarse un factor de riesgo potencialmente modificable (Shander et al., 2023).

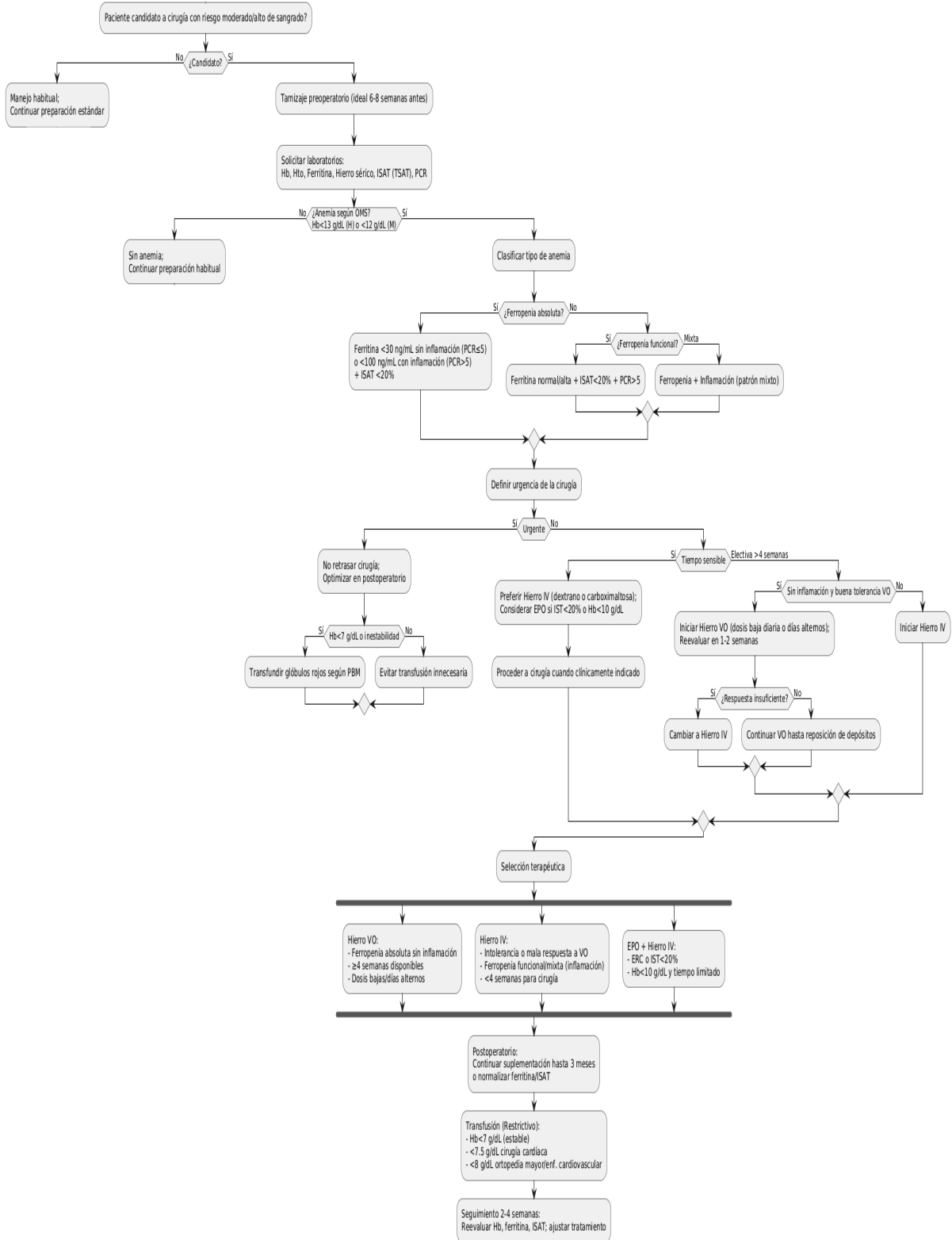
Este panel, en sus recomendaciones, enfatiza que prácticamente todos los pacientes que no se someten a cirugías menores sean tamizados para anemia idealmente en un periodo de 3–4 semanas antes, investigar siempre la causa (especialmente el déficit de hierro) y tratarla de forma dirigida: hierro intravenoso como opción preferente en la anemia ferropénica preoperatoria y el uso selectivo de agentes estimulantes de la eritropoyesis en anemias no ferropénicas, siempre acompañados de hierro y tromboprolifaxis (Shander et al., 2023).

Asimismo, se enfatiza que las transfusiones de glóbulos rojos empacados, aunque pueden ser una medida necesaria y salvadora en anemia grave ($Hb < 7$ g/dL), anemia sintomática o sangrado activo en pacientes de emergencia en sala de operaciones, sí se asocian de manera dosis dependiente con peor pronóstico, por lo que deben reservarse como medida temporal, priorizando siempre la corrección con hierro (Sahu & Bajpai, 2020).

En conclusión, el manejo perioperatorio de la anemia ferropénica no solo es factible desde el punto de vista clínico, sino que también es altamente relevante para mejorar los desenlaces en cirugías con riesgo moderado o alto de sangrado. Implementar protocolos de evaluación y tratamiento estandarizados puede reducir significativamente la morbilidad asociada, reafirmando el papel clave del abordaje multidisciplinario en la seguridad del paciente quirúrgico.

5.3 Ficha Técnica (diagrama de flujo)

Manejo perioperatorio de la anemia ferropénica en cirugía de moderado/alto riesgo



Referencias bibliográficas

1. Auerbach, M., & Adamson, J. W. (2016). How we diagnose and treat iron deficiency anemia. *American Journal of Hematology*, 91(1), 31–38.
<https://doi.org/10.1002/ajh.24201>
- Barragán-Ibañez, G., Santoyo-Sánchez, A., & Ramos-Peñañiel, C. O. (2016). Iron deficiency anaemia. *Revista Médica del Hospital General de México*, 79(2), 88–97.
<https://doi.org/10.1016/j.hgmx.2015.06.008>
- Bisbe Vives, E., & Basora Macaya, M. (2015). Algoritmo para el tratamiento de la anemia preoperatoria. *Revista Española de Anestesiología y Reanimación*, 62, 27–34.
[https://doi.org/10.1016/S0034-9356\(15\)30004-9](https://doi.org/10.1016/S0034-9356(15)30004-9)
- Bohlius, J., Bohlke, K., Castelli, R., Djulbegovic, B., Lustberg, M. B., Martino, M., Mountzios, G., Peswani, N., Porter, L., Tanaka, T. N., Trifirò, G., Yang, H., & Lazo-Langner, A. (2019). Management of cancer-associated anemia with erythropoiesis-stimulating agents: ASCO/ASH clinical practice guideline update. *Journal of Clinical Oncology*, 37(15), 1336–1351. <https://doi.org/10.1200/JCO.18.02142>
- Boyd-Carson, H., Shah, A., Sugavanam, A., Reid, J., Stanworth, S. J., & Oliver, C. M. (2020). The association of pre-operative anaemia with morbidity and mortality after emergency laparotomy. *Anaesthesia*, 75(7), 904–912.
<https://doi.org/10.1111/anae.15021>
- Bueno, J. L., Bocanegra, A. B., Sánchez, I., Mateos, J. M., Puyuelo, A., García Erce, J. A., Villanueva, H., Reaño, M. M., Núñez, L., Losa, A., Arias, A., Aguilar, M., Richart, L. A., Martínez, F., Salgado, R., Royuela, A., Cruz-Bermúdez, J. L., Fernández, R., Forés, R., ... Duarte, R. F. (2023). Transfusion-associated adverse events incidence and severity after the implementation of an active hemovigilance program with 24 h

follow-up: A prospective cohort study. *Transfusion*, 63(10), 1859–1871.

<https://doi.org/10.1111/trf.17538>

Caja Costarricense de Seguro Social. Gerencia Médica. (2024). *Evaluación de la prestación de servicios de salud de primer nivel de atención: Informe de resultados quinquenal 2019–2023*. EDNASSS-CCSS, Gerencia Médica.

Camaschella, C., Nai, A., & Silvestri, L. (2020). Iron metabolism and iron disorders revisited in the hepcidin era. *Haematologica*, 105(2), 260–272.

<https://doi.org/10.3324/haematol.2019.232124>

Cappellini, M. D., Musallam, K. M., & Taher, A. T. (2020). Iron deficiency anaemia revisited. *Journal of Internal Medicine*, 287(2), 153–170. <https://doi.org/10.1111/joim.13004>

Carson, J. L., Stanworth, S. J., Guyatt, G., Valentine, S., Dennis, J., Bakhtary, S., Cohn, C. S., Dubon, A., Grossman, B. J., Gupta, G. K., Hess, A. S., Jacobson, J. L., Kaplan, L. J., Lin, Y., Metcalf, R. A., Murphy, C. H., Pavenski, K., Prochaska, M. T., Raval, J. S., ... Pagano, M. B. (2023). Red blood cell transfusion: 2023 AABB International Guidelines. *JAMA*, 330(19), 1892. <https://doi.org/10.1001/jama.2023.12914>

Chaparro, C. M., & Suchdev, P. S. (2019). Anemia epidemiology, pathophysiology, and etiology in low- and middle-income countries. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1450(1), 15–31. <https://doi.org/10.1111/nyas.14092>

Clifford, L., Jia, Q., Subramanian, A., Yadav, H., Schroeder, D. R., & Kor, D. J. (2017). Risk factors and clinical outcomes associated with perioperative transfusion-associated circulatory overload. *Anesthesiology*, 126(3), 409–418.

<https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000001506>

Comité Central de Farmacoterapia, R. T. N. (2024, julio 12). *CCSS Dirección de Farmacoepidemiología*. <https://www.binasss.sa.cr/farmacologia/lista24.pdf>

Dave, C. V., Brittenham, G. M., Carson, J. L., & Setoguchi, S. (2022). Risks for anaphylaxis with intravenous iron formulations: A retrospective cohort study. *Annals of Internal Medicine*, 175(5), 656–664. <https://doi.org/10.7326/M21-4009>

- Esquinas-Requena, J. L., Lozoya-Moreno, S., García-Nogueras, I., Atienzar-Núñez, P., Sánchez-Jurado, P. M., & Abizanda, P. (2020). La anemia aumenta el riesgo de mortalidad debido a fragilidad y discapacidad en mayores: Estudio FRADEA. *Atención Primaria*, *52*(7), 452–461. <https://doi.org/10.1016/j.aprim.2019.07.001>
- Evans, C. R., Jones, R., Phillips, G., Greene, G., Phillips, M., & Morris-Clarke, R. (2021). Observational study of pre-operative intravenous iron given to anaemic patients before elective cardiac surgery. *Anaesthesia*, *76*(5), 639–646. <https://doi.org/10.1111/anae.15396>
- Fowler, A. J., Ahmad, T., Phull, M. K., Allard, S., Gillies, M. A., & Pearse, R. M. (2015). Meta-analysis of the association between preoperative anaemia and mortality after surgery. *British Journal of Surgery*, *102*(11), 1314–1324. <https://doi.org/10.1002/bjs.9861>
- Frazier, S. K., Higgins, J., Bugajski, A., Jones, A. R., & Brown, M. R. (2017). Adverse reactions to transfusion of blood products and best practices for prevention. *Critical Care Nursing Clinics of North America*, *29*(3), 271–290. <https://doi.org/10.1016/j.cnc.2017.04.002>
- Froessler, B., Palm, P., Weber, I., Hodyl, N. A., Singh, R., & Murphy, E. M. (2016). The important role for intravenous iron in perioperative patient blood management in major abdominal surgery: A randomized controlled trial. *Annals of Surgery*, *264*(1), 41–46. <https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000001646>
- Gómez-Ramírez, S., Bisbe, E., Shander, A., Spahn, D. R., & Muñoz, M. (2019). Management of perioperative iron deficiency anemia. *Acta Haematologica*, *142*(1), 21–29. <https://doi.org/10.1159/000496965>
- Greenberg, J. A., Zwiép, T. M., Sadek, J., Malcolm, J. C., Mullen, K. A., McIsaac, D. I., Musselman, R. P., & Mooloo, H. (2021). Clinical practice guideline: Evidence, recommendations and algorithm for the preoperative optimization of anemia, hyperglycemia and smoking. *Canadian Journal of Surgery*, *64*(5), E491–E509. <https://doi.org/10.1503/cjs.011519>

- Halvorsen, S., Mehilli, J., Cassese, S., Hall, T. S., Abdelhamid, M., Barbato, E., De Hert, S., De Laval, I., Geisler, T., Hinterbuchner, L., Ibanez, B., Lenarczyk, R., Mansmann, U. R., McGreavy, P., Mueller, C., Muneretto, C., Niessner, A., Potpara, T. S., Ristić, A., ... Touyz, R. M. (2022). 2022 ESC guidelines on cardiovascular assessment and management of patients undergoing non-cardiac surgery. *European Heart Journal*, 43(39), 3826–3924. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehac270>
- Hare, G. M. T., & Mazer, C. D. (2021). Anemia: Perioperative risk and treatment opportunity. *Anesthesiology*, 135(3), 520–530. <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000003870>
- Hawkins, T., Agarwal, S., & Evans, C. R. (2023). Centre for Perioperative Care anaemia guideline: Implications for anaesthesia. *British Journal of Anaesthesia*, 130(2), 115–119. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2022.11.009>
- Iolascon, A., Andolfo, I., Russo, R., Sanchez, M., Busti, F., Swinkels, D., Aguilar Martinez, P., Bou-Fakhredin, R., Muckenthaler, M. U., Unal, S., Porto, G., Ganz, T., Kattamis, A., De Franceschi, L., Cappellini, M. D., Munro, M. G., Taher, A., & from EHA-SWG Red Cell and Iron. (2024). Recommendations for diagnosis, treatment, and prevention of iron deficiency and iron deficiency anemia. *HemaSphere*, 8(7), e108. <https://doi.org/10.1002/hem3.108>
- Jelkmann, W. (2016). Erythropoietin. En F. Lanfranco & C. J. Strasburger (Eds.), *Frontiers of Hormone Research* (Vol. 47, pp. 115–127). S. Karger AG. <https://doi.org/10.1159/000445174>
- Keeler, B. D., Dickson, E. A., Simpson, J. A., Ng, O., Padmanabhan, H., Brookes, M. J., Acheson, A. G., & the IVICA Trial Group. (2019). The impact of pre-operative intravenous iron on quality of life after colorectal cancer surgery: Outcomes from the intravenous iron in colorectal cancer-associated anaemia (IVICA) trial. *Anaesthesia*, 74(6), 714–725. <https://doi.org/10.1111/anae.14659>
- Kei, T., Mistry, N., Curley, G., Pavenski, K., Shehata, N., Tanzini, R. M., Gauthier, M.-F., Thorpe, K., Schweizer, T. A., Ward, S., Mazer, C. D., & Hare, G. M. T. (2019). Efficacy and safety of erythropoietin and iron therapy to reduce red blood cell

transfusion in surgical patients: A systematic review and meta-analysis. *Canadian Journal of Anesthesia/Journal Canadien d'anesthésie*, 66(6), 716–731.

<https://doi.org/10.1007/s12630-019-01351-6>

Khalafallah, A. A., Yan, C., Al-Badri, R., Robinson, E., Kirkby, B. E., Ingram, E., Gray, Z., Khelgi, V., Robertson, I. K., & Kirkby, B. P. (2016). Intravenous ferric carboxymaltose versus standard care in the management of postoperative anaemia: A prospective, open-label, randomised controlled trial. *The Lancet Haematology*, 3(9), e415–e425.

[https://doi.org/10.1016/S2352-3026\(16\)30078-3](https://doi.org/10.1016/S2352-3026(16)30078-3)

Kietaibl, S., Ahmed, A., Afshari, A., Albaladejo, P., Aldecoa, C., Barauskas, G., De Robertis, E., Faraoni, D., Filipescu, D. C., Fries, D., Godier, A., Haas, T., Jacob, M., Lancé, M. D., Llau, J. V., Meier, J., Molnar, Z., Mora, L., Rahe-Meyer, N., ... Zacharowski, K.

(2023). Management of severe peri-operative bleeding: Guidelines from the European Society of Anaesthesiology and Intensive Care: Second update 2022.

European Journal of Anaesthesiology, 40(4), 226–304.

<https://doi.org/10.1097/EJA.0000000000001803>

Kim, J. H., Shin, H. J., You, H. S., Park, Y., Ahn, K. H., Jung, J. S., Han, S.-B., Park, J. H., & Korea University Bloodless Medicine Center Scientific Committee. (2023). Effect of a patient blood management program on the appropriateness of red blood cell transfusion and clinical outcomes in elderly patients undergoing hip fracture surgery.

Journal of Korean Medical Science, 38(8), e64.

<https://doi.org/10.3346/jkms.2023.38.e64>

Kim, Y.-W., Bae, J.-M., Park, Y.-K., Yang, H.-K., Yu, W., Yook, J. H., Noh, S. H., Han, M., Ryu, K. W., Sohn, T. S., Lee, H.-J., Kwon, O. K., Ryu, S. Y., Lee, J.-H., Kim, S., Yoon, H. M., Eom, B. W., Choi, M.-G., Kim, B. S., ... for the FAIRY Study Group. (2017).

Effect of intravenous ferric carboxymaltose on hemoglobin response among patients with acute isovolemic anemia following gastrectomy: The FAIRY randomized clinical trial. *JAMA*, 317(20), 2097.

<https://doi.org/10.1001/jama.2017.5703>

- LaPar, D. J., Hawkins, R. B., McMurry, T. L., Isbell, J. M., Rich, J. B., Speir, A. M., Quader, M. A., Kron, I. L., Kern, J. A., & Ailawadi, G. (2018). Preoperative anemia versus blood transfusion: Which is the culprit for worse outcomes in cardiac surgery? *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, *156*(1), 66–74. e2.
<https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2018.03.109>
- Leahy, M. F., Hofmann, A., Towler, S., Trentino, K. M., Burrows, S. A., Swain, S. G., Hamdorf, J., Gallagher, T., Koay, A., Geelhoed, G. C., & Farmer, S. L. (2017). Improved outcomes and reduced costs associated with a health-system-wide patient blood management program: A retrospective observational study in four major adult tertiary-care hospitals. *Transfusion*, *57*(6), 1347–1358.
<https://doi.org/10.1111/trf.14006>
- Lin, Y. (2019). Preoperative anemia-screening clinics. *Hematology*, *2019*(1), 570–576.
<https://doi.org/10.1182/hematology.2019000061>
- Lundgren, C. R. (2022). Implementing reticulocyte hemoglobin into current hematology algorithms. *American Journal of Clinical Pathology*, *158*(5), 574–582.
<https://doi.org/10.1093/ajcp/aqac103>
- Mathew, N. S., S. Al-Ramahi, J., & Atieh, T. (2023). Ironing out the wrinkles: Low molecular weight iron dextran and premedications. *Blood*, *142*(Supplement 1), 2464–2464.
<https://doi.org/10.1182/blood-2023-180932>
- McNally, S. A. (2023). Perioperative management of patients with anaemia: A new guideline. *British Journal of Hospital Medicine*, *84*(2), 1–4.
<https://doi.org/10.12968/hmed.2022.0552>
- McNeil, J. J., Nelson, M. R., Woods, R. L., Lockery, J. E., Wolfe, R., Reid, C. M., Kirpach, B., Shah, R. C., Ives, D. G., Storey, E., Ryan, J., Tonkin, A. M., Newman, A. B., Williamson, J. D., Margolis, K. L., Ernst, M. E., Abhayaratna, W. P., Stocks, N., Fitzgerald, S. M., ... Murray, A. M. (2018). Effect of aspirin on all-cause mortality in the healthy elderly. *New England Journal of Medicine*, *379*(16), 1519–1528.
<https://doi.org/10.1056/NEJMoa1803955>

- Montoro, M., Cucala, M., Lanas, Á., Villanueva, C., Hervás, A. J., Alcedo, J., Gisbert, J. P., Aisa, Á. P., Bujanda, L., Calvet, X., Mearin, F., Murcia, Ó., Canelles, P., García López, S., Martín De Argila, C., Planella, M., Quintana, M., Jericó, C., & García Erce, J. A. (2022). Indications and hemoglobin thresholds for red blood cell transfusion and iron replacement in adults with gastrointestinal bleeding: An algorithm proposed by gastroenterologists and patient blood management experts. *Frontiers in Medicine*, *9*, 903739. <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.903739>
- Muñoz, M., Acheson, A. G., Auerbach, M., Besser, M., Habler, O., Kehlet, H., Liunbruno, G. M., Lasocki, S., Meybohm, P., Rao Baikady, R., Richards, T., Shander, A., So-Osman, C., Spahn, D. R., & Klein, A. A. (2017). International consensus statement on the peri-operative management of anaemia and iron deficiency. *Anaesthesia*, *72*(2), 233–247. <https://doi.org/10.1111/anae.13773>
- Muñoz, M., Gómez-Ramírez, S., Kozek-Langeneker, S., Shander, A., Richards, T., Pavía, J., Kehlet, H., Acheson, A. G., Evans, C., Raobaikady, R., Javidroozi, M., & Auerbach, M. (2015). 'Fit to fly': Overcoming barriers to preoperative haemoglobin optimization in surgical patients. *British Journal of Anaesthesia*, *115*(1), 15–24. <https://doi.org/10.1093/bja/aev165>
- Muñoz, M., Laso-Morales, M. J., Gómez-Ramírez, S., Cadellas, M., Núñez-Matas, M. J., & García-Erce, J. A. (2017). Pre-operative haemoglobin levels and iron status in a large multicentre cohort of patients undergoing major elective surgery. *Anaesthesia*, *72*(7), 826–834. <https://doi.org/10.1111/anae.13840>
- Ng, O., Keeler, B. D., Mishra, A., Simpson, J. A., Neal, K., Al-Hassi, H. O., Brookes, M. J., & Acheson, A. G. (2019). Iron therapy for preoperative anaemia. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, *2019*(12). <https://doi.org/10.1002/14651858.CD011588.pub3>
- Ning, S., & Zeller, M. P. (2019). Management of iron deficiency. *Hematology*, *2019*(1), 315–322. <https://doi.org/10.1182/hematology.2019000034>
- Pan, K., Pang, S., Robinson, M., Goede, D., & Meenrajan, S. (2022). A review of perioperative anemia: A modifiable and not so benign risk factor. *Journal of Family*

Medicine and Primary Care, 11(9), 5004–5009.

https://doi.org/10.4103/jfmpc.jfmpc_2209_21

Papanikolaou, G., & Pantopoulos, K. (2017). Systemic iron homeostasis and erythropoiesis.

IUBMB Life, 69(6), 399–413. <https://doi.org/10.1002/iub.1629>

Parikh, S., Bentz, T., Crowley, S., Greenspan, S., Costa, A., & Bergese, S. (2025).

Perioperative blood management. *Journal of Clinical Medicine*, 14(11), 3847.

<https://doi.org/10.3390/jcm14113847>

Pasricha, S.-R., Tye-Din, J., Muckenthaler, M. U., & Swinkels, D. W. (2021). Iron deficiency.

The Lancet, 397(10270), 233–248. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)32594-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)32594-0)

Petzer, V., & Weiss, G. (2023). Concerns on perioperative anaemia management in the FIT

trial. *The Lancet Haematology*, 10(7), e485.

[https://doi.org/10.1016/S2352-3026\(23\)00132-1](https://doi.org/10.1016/S2352-3026(23)00132-1)

Ponikowski, P., Van Veldhuisen, D. J., Comin-Colet, J., Ertl, G., Komajda, M., Mareev, V.,

McDonagh, T., Parkhomenko, A., Tavazzi, L., Levesque, V., Mori, C., Roubert, B.,

Filippatos, G., Ruschitzka, F., Anker, S. D., & for the CONFIRM-HF Investigators.

(2015). Beneficial effects of long-term intravenous iron therapy with ferric

carboxymaltose in patients with symptomatic heart failure and iron deficiency.

European Heart Journal, 36(11), 657–668. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehu385>

Richards, T., Clevenger, B., Keidan, J., Collier, T., Klein, A. A., Anker, S. D., & Kelly, J. D.

(2015). PREVENTT: Preoperative intravenous iron to treat anaemia in major surgery:

Study protocol for a randomised controlled trial. *Trials*, 16(1), 254.

<https://doi.org/10.1186/s13063-015-0774-2>

Rosas-Jiménez, C., Tercan, E., Horstick, O., Igboegwu, E., Dambach, P., Louis, V. R.,

Winkler, V., & Deckert, A. (2022). Prevalence of anemia among indigenous children

in Latin America: A systematic review. *Revista de Saúde Pública*, 56, 99.

<https://doi.org/10.11606/s1518-8787.2022056004360>

Roubinian, N. (2018). TACO and TRALI: Biology, risk factors, and prevention strategies.

Hematology, 2018(1), 585–594. <https://doi.org/10.1182/asheducation-2018.1.585>

- Routine preoperative tests for elective surgery: © NICE (2016) Routine preoperative tests for elective surgery. (2018). *BJU International*, 121(1), 12–16. <https://doi.org/10.1111/bju.14079>
- Sahu, A., & Bajpai, M. (2020). Determining the true incidence of acute transfusion reactions: Active surveillance at a specialized liver center. *Hematology, Transfusion and Cell Therapy*, 42(4), 326–332. <https://doi.org/10.1016/j.htct.2019.09.006>
- Shah, A., Acheson, A., & Sinclair, R. C. F. (2023). Perioperative iron deficiency anaemia. *BJA Education*, 23(10), 372–381. <https://doi.org/10.1016/j.bjae.2023.06.001>
- Shander, A., Corwin, H. L., Meier, J., Auerbach, M., Bisbe, E., Blitz, J., Erhard, J., Faraoni, D., Farmer, S. L., Frank, S. M., Girelli, D., Hall, T., Hardy, J.-F., Hofmann, A., Lee, C.-K., Leung, T. W., Ozawa, S., Sathar, J., Spahn, D. R., ... Muñoz, M. (2023). Recommendations from the International Consensus Conference on Anemia Management in Surgical Patients (ICCAMS). *Annals of Surgery*, 277(4), 581–590. <https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000005721>
- Shih, A. W., Liu, A., Elsharawi, R., Crowther, M. A., Cook, R. J., & Heddle, N. M. (2018). Systematic reviews of guidelines and studies for single versus multiple unit transfusion strategies. *Transfusion*, 58(12), 2841–2860. <https://doi.org/10.1111/trf.14952>
- Skorupski, C. P., Cheung, M. C., & Lin, Y. (2023). Preoperative anemia in major elective surgery. *Canadian Medical Association Journal*, 195(15), E551–E551. <https://doi.org/10.1503/cmaj.221635>
- Speranza, M., Gómez-Mesa, J. E., Fairman, E., Rossel, V., Fernández, F. N., Saldarriaga, C., Pow-Chon, F., Quesada, D., Ramos, C. E., Rodríguez, I., Jerez, A., Chávez-Mendoza, A., Núñez, E., Pereda, M., Chazzin, G., Sosa-Liprandi, M. I., & Romero, A. (2023). Documento de consenso sobre la anemia y déficit de hierro en insuficiencia cardiaca: Consejo Interamericano de Falla Cardíaca e Hipertensión Pulmonar (CIFACAH) de la Sociedad Interamericana de Cardiología (SIAC).

Archivos de Cardiología de México, 93(92), 10744.

<https://doi.org/10.24875/ACM.23000060>

Stevens, P. E., Ahmed, S. B., Carrero, J. J., Foster, B., Francis, A., Hall, R. K., Herrington, W. G., Hill, G., Inker, L. A., Kazancioğlu, R., Lamb, E., Lin, P., Madero, M., McIntyre, N., Morrow, K., Roberts, G., Sabanayagam, D., Schaeffner, E., Shlipak, M., ... Levin, A. (2024). KDIGO 2024 clinical practice guideline for the evaluation and management of chronic kidney disease. *Kidney International*, 105(4), S117–S314.

<https://doi.org/10.1016/j.kint.2023.10.018>

Stoffel, N. U., Cercamondi, C. I., Brittenham, G., Zeder, C., Geurts-Moespot, A. J., Swinkels, D. W., Moretti, D., & Zimmermann, M. B. (2017). Iron absorption from oral iron supplements given on consecutive versus alternate days and as single morning doses versus twice-daily split dosing in iron-depleted women: Two open-label, randomised controlled trials. *The Lancet Haematology*, 4(11), e524–e533.

[https://doi.org/10.1016/S2352-3026\(17\)30182-5](https://doi.org/10.1016/S2352-3026(17)30182-5)

US Preventive Services Task Force, Nicholson, W. K., Silverstein, M., Wong, J. B., Chelmow, D., Coker, T. R., Davis, E. M., Jaén, C. R., Krousel-Wood, M., Lee, S., Li, L., Rao, G., Ruiz, J. M., Stevermer, J., Tsevat, J., Underwood, S. M., & Wiehe, S. (2024). Screening and supplementation for iron deficiency and iron deficiency anemia during pregnancy: US Preventive Services Task Force recommendation statement. *JAMA*, 332(11), 906. <https://doi.org/10.1001/jama.2024.15196>

Warner, M. A., Shore-Lesserson, L., Shander, A., Patel, S. Y., Perelman, S. I., & Guinn, N. R. (2020). Perioperative anemia: Prevention, diagnosis, and management throughout the spectrum of perioperative care. *Anesthesia & Analgesia*, 130(5), 1364–1380.

<https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000004727>

Weiss, G., Ganz, T., & Goodnough, L. T. (2019). Anemia of inflammation. *Blood*, 133(1), 40–50. <https://doi.org/10.1182/blood-2018-06-856500>

White, S. K., Walker, B. S., Potter, S., Anderson, D., & Metcalf, R. A. (2025). Estimating the incidence of transfusion-associated circulatory overload using active surveillance: A

systematic review and meta-analysis. *Transfusion*, 65(6), 1061–1071.
<https://doi.org/10.1111/trf.18258>