

Técnicas de ahorro de sangre en cirugía ortopédica

J. V. LLAU*, G. AGUILAR*, M. P. MÍNGUEZ**, C. REINA*, F. J. BELDA* y F. GOMAR**

Servicios de Anestesiología y Reanimación y Cirugía Ortopédica y Traumatología**.
Hospital Clínico Universitario de Valencia.*

Resumen.—La cirugía ortopédica está asociada con frecuencia a la necesidad de transfusión de sangre homóloga, con los consiguientes riesgos que ello conlleva. En la actualidad se resalta la importancia de la disminución tanto de la transfusión como de la sobretransfusión en este tipo de cirugía. Dicho objetivo se puede alcanzar con el empleo de diversas técnicas de ahorro de sangre, que incluyan la potenciación del uso de sangre autóloga de métodos para disminuir el sangrado perioperatorio. La máxima eficacia para disminuir la necesidad de transfusión de sangre homóloga se deriva de la combinación de varias técnicas de ahorro, como son los programas de autotransfusión, la hipotensión controlada y el empleo de nuevos fármacos como eritropoyetina o aprotinina; todo ello sin olvidar la importancia de establecer unos criterios restrictivos, en consonancia con las directrices más actuales en este sentido, en el momento de indicar la necesidad de una transfusión sanguínea.

BLOOD SAVING TECHNIQUES IN ORTHOPAEDIC SURGERY

Summary.—Techniques in orthopaedic surgery require frequently transfusion of homologous blood which entails several risks. Nowadays, the importance of the decrease of both transfusion and overtransfusion has been proposed for this type of surgery. This aim can be reached by using different blood saving techniques including either the use of autologous blood or methods to minimize perioperative bleeding. The highest efficacy in order to diminish homologous blood transfusion combines several savings techniques as autotransfusion programs, controlled hypotension, and the use of new drugs such as erythropoietin and aprotinin. Restrictive criteria have to be established according to the more recent guidelines for blood transfusion.

INTRODUCCIÓN

Muchos de los procedimientos de cirugía ortopédica y traumatológica están asociados a una pérdida de sangre importante que implica la necesidad frecuente de transfundir sangre homóloga. Entre todos merecen destacarse las artroplastias de cadera y rodilla, las artrodesis raquídeas complejas y las intervenciones para exé-

sis de patología tumoral. Uno de los objetivos principales en el manejo de los pacientes sometidos a estos tipos de cirugía es la reducción de las pérdidas sanguíneas y la disminución consiguiente de la necesidad de transfusión de sangre alogénica (1).

La estrategia transfusional ha variado de forma espectacular en los últimos años. El objetivo establecido hoy en día se puede definir como necesidad de transfundir menos, transfundir mejor, con menor riesgo y a menor coste (2). A pesar de los progresos realizados en estos aspectos, no dejan de ser importantes las eventuales complicaciones asociadas a las transfusiones (3, 4) (tabla 1).

Correspondencia:

J. V. LLAU
Servicio de Anestesiología y Reanimación
Hospital Clínico Universitario de Valencia
Avda. Blasco Ibáñez, 17
46010 Valencia

Tabla 1: Complicaciones asociadas a la transfusión de sangre homologa**TRANSMISIÓN DE AGENTES INFECCIOSOS**

Virus

- Citomegalovirus
- Hepatitis A, B, C, Delta
- Virus de la inmunodeficiencia humana
- Virus de Epstein-Barr

Bacterias

- Staphylococcus*
- Yersinia*
- Pseudomona*
- Enterobacter*
- Klebsiella*
- E. coli*
- Salmonella*
- Serratia*
- Sífilis

Parásitos

- Malaria
- Enfermedad de Chagas
- Toxoplasmosis
- Babesiosis
- Filariasis
- Kala-azar
- Tripanosomiasis
- Leismaniosis

REACCIONES INMUNOLÓGICAS INMEDIATAS

- Hemólisis intravascular
- Reacciones febriles no hemolíticas
- Edema pulmonar no cardiogénico
- Rash cutáneo
- Reacciones anafilácticas

REACCIONES INMUNOLÓGICAS TARDÍAS

- Hemólisis tardía
- Enfermedad del injerto contra el huésped
- Inmunosupresión
- Púrpura postransfusional

REACCIONES NO INMUNOLÓGICAS

- Hipotermia
- Hipocalcemia e hipercaliemia
- Alteraciones del equilibrio ácido-base
- Alteraciones de la coagulación
- Insuficiencia cardíaca congestiva
- Insuficiencia respiratoria

Merece destacarse la gran variabilidad que puede observarse en la práctica transfusional entre los diferentes especialistas involucrados en el perioperatorio (cirujanos, traumatólogos, hematólogos y anestesiólogos), en incluso, entre médicos de la misma especialidad. Quizá la razón más importante de la persistencia de esta disparidad sea la falta de unanimidad al respecto de su idoneidad (5).

Parece evidente que la premisa esencial para plantear una estrategia eficaz de ahorro de sangre es contar con una técnica quirúrgica cuidadosa, que incluya necesariamente una hemostasia adecuada. Este aspecto depende fundamentalmente del cirujano que realiza la intervención y escapa al control y planificación de un planteamiento de ahorro de hemoderivados.

Además de tener en cuenta dicho aspecto se deben aplicar diversas técnicas que permitan un menor empleo de hemoderivados homólogos, tanto disminuyendo el sangrado perioperatorio como maximizando el aprovechamiento de los hemoderivados autólogos. Por ello, estas medidas pueden afectar a diferentes niveles, integrando tanto un replanteamiento de las indicaciones de transfusión, como programas de transfusión autóloga, técnicas de hipotensión controlada, o empleo de diferentes fármacos para minimizar las pérdidas sanguíneas (tabla 2).

El objetivo de la presente revisión es la actualización de las técnicas de ahorro de hemoderivados, con especial énfasis en su aplicación en la cirugía ortopédica y traumatológica. El empleo de dichas técnicas, así como la optimización del

Tabla 2: Estrategias de ahorro de sangre en cirugía ortopédica**INDIVIDUALIZACIÓN DE LAS NECESIDADES DE TRANSFUSIÓN**

- Valoración después de cada Unidad de Concentrado de Hematíes transfundida
- Individualización del umbral de transfusión
- Cálculo preoperatorio de los requerimientos transfusionales
- Retraso del inicio de la transfusión sanguínea

TÉCNICAS DE AUTOTRANSFUSIÓN

- Predonación autóloga
- Recuperadores de sangre en el intraoperatorio
- Recuperadores de sangre en el postoperatorio
- Hemodilución normovolémica
- Eritropoyetina

TÉCNICAS PARA DISMINUIR EL SANGRADO INTRAOPERATORIO

- Técnicas farmacológicas
 - Aprotinina
 - Desmopresina
- Hipotensión controlada
- Anestesia locorregional
- Torniquete neumático
- Óptimo posicionamiento del paciente

empleo de los hemoderivados, debe ser un propósito ineludible de los cirujanos ortopédicos y anestesiólogos implicados en las intervenciones de esta especialidad.

INDIVIDUALIZACIÓN DE LAS NECESIDADES DE TRANSFUSIÓN

La transfusión sanguínea está muy frecuentemente indicada cuando la hemoglobina del paciente es inferior a 6 g/dl y no suele estarlo cuando es superior a 10 g/dl. Entre ambos márgenes las necesidades de transfusión deben basarse en los riesgos individuales para desarrollar complicaciones por una oxigenación inadecuada (6).

En general, podemos establecer una diferenciación entre los pacientes según el riesgo para padecer complicaciones perioperatorias por un inadecuado aporte de oxígeno (4):

— *Alto riesgo*: en estos pacientes se recomienda transfundir entre 8 y 10 g/dl de hemoglobina, pudiéndose incluir en este grupo aquellos con arteriosclerosis sistémica, isquemia perioperatoria, enfermedad pulmonar crónica, pérdida aguda de sangre o en aquellos pacientes en los que se puede anticipar una importante pérdida de sangre.

— *Bajo riesgo*: se recomendaría transfundir entre 6 y 8 g/dl de hemoglobina. Este grupo estaría formado por pacientes jóvenes en los que la pérdida de sangre se ha producido o se está produciendo de forma lenta, aquellos que presentan anemia crónica o a los que durante la intervención se ha realizado hipotermia o hemodilución.

La única razón real para establecer una indicación de transfusión es el mantenimiento del transporte de oxígeno (7). Sin embargo, aunque puede ser sencillo defender esta máxima como guía básica para la transfusión de CH, la decisión del momento en que cada paciente precisa incrementar dicha capacidad de transporte de oxígeno, es muy difícil (8).

El oxígeno es transportado en la sangre fundamentalmente unido a la hemoglobina (Hb) existente en los hematíes, habiendo una pequeña parte del mismo disuelto en el plasma (9). Esta última representa alrededor del 1,5% del total, aunque puede incrementarse si aumenta de for-

ma manifiesta la presión arterial de oxígeno (PaO_2); la fórmula final sería:

$$O_2 \text{ disuelto} = PaO_2 \times 0,003$$

donde 0,003 es la constante de solubilidad del O_2 en el plasma. La mayoría del oxígeno es transportado por la hemoglobina según la ecuación:

$$HbO_2 - Hb \times SaO_2 \times 1,34$$

en la que SaO_2 representa la saturación arterial de oxígeno y 1,34 la cantidad de O_2 en mililitros que es capaz de transportar un gramo de Hb. Por lo tanto, el contenido arterial de oxígeno (CaO_2) se calcularía

$$CaO_2 = HbO_2 + O_2 \text{ disuelto}$$

Por último, el transporte de oxígeno (TO_2) es el producto del contenido arterial de oxígeno y el gasto cardíaco (Q) determinado por la frecuencia cardíaca y el volumen sistólico, según la ecuación:

$$TO_2 = Q \times ((Hb \times SaO_2 \times 1,34) + (PaO_2 \times 0,003))$$

Valoración después de cada unidad de Concentrado de Hematíes (CH) transfundida

Una unidad de CH podría ser suficiente para compensar las necesidades de transporte de oxígeno (10). Para elevar la concentración de hemoglobina 1 g/dl se necesitan alrededor de 4 ml/kg de CH (11), siendo recomendable revalorar después de cada uno de los CH transfundidos las necesidades remanentes reales de transfusión. Por lo tanto, la máxima de que siempre deben transfundirse dos unidades de CH por lo menos, no es defendible y debe ser refutada.

Individualización del umbral de transfusión

La unificación de un valor umbral de hemoglobina o hematocrito para todos los pacientes (*transfusion trigger*) no proporciona una base universal apropiada para determinar la necesidad de transfusión en el perioperatorio (12). Se debe individualizar el nivel de hemoglobina o hematocrito al cual debe indicarse la necesidad de transfusión, y valorar las necesidades de incremento de transporte de oxígeno paciente a paciente (13).

Cálculo preoperatorio de los requerimientos transfusionales

Una excelente forma de prever las necesidades transfusionales en un determinado paciente podría ser el cálculo preoperatorio sistemático de la pérdida de sangre máxima tolerable. O lo que es lo mismo, la cantidad de sangre que se puede perder antes de que sea planteable, *a priori*, la necesidad de transfusión. Existen diversas fórmulas para ello, aunque una de las más sencillas podría ser (3):

$$\text{PSMT} = \text{VSE} \times (\text{Htco preoperatorio} - \text{Menor Htco aceptable}) / \text{Htco preoperatorio}$$

(PSMT: Pérdida de Sangre Máxima Tolerable; VSE: Volumen Sanguíneo Estimado; Htco: Hematocrito).

Retraso en el inicio de la transfusión sanguínea

Si el anestesiólogo decide la necesidad de una transfusión intraoperatoria, podría intentar mantener la hemodinámica con el aporte de cristaloideos, solos o en combinación con pequeñas cantidades de coloides, hasta la práctica finalización de la cirugía. Ello disminuye, en algunas ocasiones, la necesidad de realizar finalmente una transfusión (14).

TÉCNICAS DE AUTOTRANSFUSIÓN

El empleo de técnicas de autotransfusión presenta diversas ventajas sobre la administración de sangre homóloga (tabla 3), la principal de las cuales es que se evitan los riesgos de transmisión de agentes infecciosos y las eventuales alteraciones inmunológicas que se asocian a la transfusión de sangre alogénica (15).

Tabla 3: Ventajas de la transfusión autóloga

Compatibilidad absoluta con el grupo sanguíneo del paciente
Ausencia de complicaciones inmunológicas
Ausencia de riesgos de transmisión de infecciones:
Bacteriana
Viral
Parasitaria
Ausencia de déficit inmunitario asociado a la transfusión

Existen varios métodos de transfusión de sangre homóloga (tabla 4). La cirugía ortopédica y traumatológica es uno de los campos en que mejor se pueden aplicar las diferentes técnicas de autotransfusión y donde se acumula una de las mayores experiencias al respecto (16).

Predonación autóloga

De entre los cuatro métodos de autotransfusión, la predonación es el de más amplio uso y también, probablemente, el más sencillo.

Está indicada para procedimientos quirúrgicos en los que exista al menos un 50% de probabilidades de necesitar una transfusión como resultado del mismo (17), o cuyo sangrado esperado sea superior a 1.000 ml.

El paciente debe tener una concentración de hemoglobina superior a 11 g/dl (o, en su defecto, un hematocrito superior a 33%), para poder beneficiarse, al menos, de dos donaciones (18). Uno de los límites más importantes que presenta es la de disponer de tiempo antes de la realización de la cirugía (19), dado que un programa de donación preoperatoria necesita de un mínimo de tres semanas para poder llevarse a cabo con éxito (17).

Las contraindicaciones absolutas de este método incluirían bacteriemia, anemia grave y edades tempranas que impidieran la realización de la misma por motivos técnicos (20). Debe destacarse que no existe límite de edad; la mujer embarazada y el paciente cardíaco compensado también pueden beneficiarse de esta técnica. Por último, aunque se necesitan estudios más amplios, se ha postulado que la existencia de una neoplasia no representaría, inicialmente, contraindicación absoluta para una predonación autóloga (18).

Aunque se trata de una técnica cara en comparación con la transfusión de sangre alogénica (21, 22), la cirugía ortopédica es una excelente indicación para su aplicación. La condición imprescindible sería una buena estimación de las pérdidas sanguíneas y una óptima programación quirúrgica.

Hemodilución normovolémica

La hemodilución normovolémica puede ser empleada en aquellos procedimientos electivos de cirugía ortopédica en los que se estime una pér-

Tabla 4: Técnicas de autotransfusión

Técnica	Definición y características
Predonación autóloga	Donación de sangre preoperatoria en intervalos semanales, iniciándose 30-35 días antes de la intervención
Hemodilución normovolémica	Extracción de sangre en el quirófano, antes de la incisión quirúrgica, manteniendo la normovolemia con cristaloides y/o coloides
Recuperación de sangre intraoperatoria	Reinfusión de la sangre recuperada del campo quirúrgico
Recuperación de sangre en el postoperatorio	Reinfusión de la sangre recuperada de los drenajes en el postoperatorio

didada de sangre de 1.000-2.000 ml, fundamentalmente si no han participado en un programa de donación preoperatoria.

La hemodilución hace referencia a la disminución del hematocrito como resultado de la dilución de los hematíes, provocando intencionadamente una anemia dilucional (23). Debe realizarse en el propio quirófano, con el paciente anestesiado y correctamente monitorizado. A pesar de que las técnicas dilucionales pueden ser de tipo hipervolémico o normovolémico, es este tipo el que presenta una mayor aceptación y está más extendida su práctica.

Presenta las ventajas innegables de la falta de necesidad de test de compatibilidad alguno y de la ausencia de transmisión de enfermedades infecciosas (24); igualmente, la mayoría de las plaquetas y de los factores de coagulación mantienen su funcionalidad en el momento de la reinfusión. Se puede considerar la menos costosa de entre las técnicas de transfusión autóloga, suponiendo un coste aproximado unas 20 veces menor por unidad de CH obtenida que la predonación autóloga (25). Por último, presenta pocas consideraciones contrarias por motivos religiosos.

Sin embargo, entre las controversias más importantes relacionadas con esta técnica está la eficacia real de la misma para disminuir la necesidad de transfusión de sangre alogénica, entre otras razones por la limitación que supone la propia técnica. Para cualquier paciente, la eficacia absoluta de la hemodilución normovolémica dependerá de diversos factores, entre los que se encuentran principalmente el nivel de hematocrito inicial, la cantidad de sangre extraída durante el proceso de hemodilución y las pérdidas sanguíneas intraoperatorias (26). En general, podemos afirmar que la hemodilución normovo-

lémica será más segura, efectiva y con una mejor relación coste-efectividad si se realiza de forma agresiva (hematocrito final menor del 20%), en pacientes jóvenes y relativamente sanos, en los que las pérdidas sanguíneas estimadas sean superiores a 1.000 ml (27).

El procedimiento que se debe emplear para obtener un máximo beneficio con esta técnica de ahorro de hemoderivados no está plenamente consensuado, aunque recientemente se ha desarrollado un modelo matemático con el objetivo de unificar criterios (26). De la misma forma, tampoco hay unanimidad para el cálculo de la cantidad de sangre que se puede extraer con absoluta seguridad para el paciente, por lo que se han descrito diversas fórmulas para ello (23). Quizá una de las más sencillas y también de las más populares sea (28):

$$V = \text{VSE} \times (\text{Htco preoperatorio} - \text{Menor Htco aceptable}) / \text{Htco medio}$$

(V: volumen de sangre que se puede extraer; VSE: Volumen Sanguíneo Estimado; Htco.: Hematocrito).

El método incluye la extracción de un máximo de 4 unidades de sangre, administrando al mismo tiempo coloides y cristaloides en cantidad suficiente para mantener la normovolemia.

Debe remarcar que no todos los pacientes son candidatos a una hemodilución normovolémica. Las contraindicaciones de la misma incluyen patología coronaria, anemia marcada, enfermedad renal o hepática severas, enfisema pulmonar o patología obstructiva pulmonar crónica, hipertensión descompensada o alteraciones de la coagulación (22).

Aunque esta técnica no es especialmente empleada en la cirugía ortopédica, se pueden bene-

ficiar de la misma la artroplastia de rodilla (24), la artroplastia de cadera (29), y la cirugía para corrección de escoliosis (30, 31).

Recuperación de sangre intraoperatoria

Esta técnica es de empleo frecuente en cirugía ortopédica y traumatológica, proporcionando importantes volúmenes de sangre autóloga sin necesidad de que el paciente haya entrado en programas de predonación o se haya sometido a hemodilución normovolémica (32).

La técnica consiste en recolectar la sangre del campo operatorio cuando el paciente sangra durante la intervención quirúrgica, reinfundiéndola posteriormente. Básicamente, existen dos métodos para llevarla a cabo (33, 34):

— Procesamiento de la sangre recolectada, que es lavada y frecuentemente centrifugada antes de ser reinfundida al paciente. Precisa de equipos especiales para llevarse a cabo y se considera un método relativamente caro.

— Reinfusión continua de la sangre recolectada, sin proceso previo. La sangre se almacena en un reservorio y se reinfunde inmediatamente después, haciéndose pasar a través de unos filtros para eliminar partículas de detritus.

Está indicada en intervenciones quirúrgicas tanto electivas como urgentes, en las que se suponga una pérdida sanguínea superior al 20% del volumen sanguíneo total. Sus limitaciones serían que está contraindicada en los casos en que haya contaminación bacteriana o de líquido amniótico en el campo operatorio, o se trate de una enfermedad neoplásica, en pacientes con marcadores virales positivos, anemia falciforme y cuando se empleen determinados hemostáticos locales o la sangre se encuentre hemolizada (35, 36).

En intervenciones de cirugía ortopédica se consigue reinfundir alrededor del 50% de la sangre que aparece en el campo operatorio (36), lo que implica una reducción en la cantidad de hemoderivados alogénicos que se transfunden, a la vez que se consigue un mayor nivel medio de hematocrito que en los pacientes en los que no se aplica esta técnica (37). De esta forma, se ha empleado ampliamente en artroplastias de cadera

(38-40) y artrodesis raquídeas, tanto de adultos como de niños (41, 42).

Recuperadores de sangre en el postoperatorio

La cantidad de sangre que se recoge en los drenajes durante el postoperatorio de ciertas técnicas quirúrgicas, puede ser muy importante. La cirugía ortopédica y traumatológica es uno de los campos donde la posibilidad de poder reinfundir esta sangre acumulada en los drenajes durante el período postoperatorio, cobra un mayor interés.

La sangre acumulada en los drenajes se puede reinfundir directamente a través de unos filtros especialmente diseñados, o después de ser lavada y procesada de forma similar a como se realiza con la sangre recogida durante el periodo intraoperatorio (1). Comparando ambos métodos, parece que la sangre reinfundida después de ser procesada sería más segura y provocaría menos efectos secundarios (hipotensión, hipertermia, activación del complemento) que la no lavada (43). De la misma forma se recomienda que la sangre recolectada sea readministrada antes de cuatro horas, para minimizar también los efectos secundarios de la reinfusión de la misma y la posibilidad de que dicha sangre se infecte (44).

Debe tenerse en cuenta que la sangre reinfundida tiene un hematocrito menor a la sistémica, presentando además productos de degradación de la fibrina, niveles bajos de fibrinógeno y escasez de plaquetas, no siendo capaz de reponer factores de la coagulación eventualmente bajos en estos pacientes.

Siendo una técnica interesante y bastante empleada en cirugía ortopédica y traumatológica, sobre todo en artroplastias de rodilla y cadera (37, 45-47), sigue sin estar completamente demostrada su efectividad real, precisando además de una adecuada monitorización hemodinámica para ser llevada a cabo (1, 34).

Eritropoyetina

Como complemento a la aplicación de estas técnicas descritas, fundamentalmente para aumentar su eficacia, se ha propuesto la administración de eritropoyetina recombinante a los pacientes en los que se llevan a cabo alguno de los programas de autotransfusión (48-51).

La eritropoyetina se produce fundamentalmente a nivel renal, y en menor medida hepático. Su secreción es estimulada por la existencia de hipoxia en estos tejidos, y consecuentemente por la anemia. Su función esencial es el estímulo de la actividad eritropoyética de la médula ósea, actuando sobre receptores específicos de las células diana precursoras de la formación de los eritrocitos.

La administración de eritropoyetina, por lo tanto, sólo estaría justificada en aquellas circunstancias en las que, unida habitualmente a la administración de otros componentes básicos para el desarrollo de la eritropoyesis (hierro, vitamina B₁₂, ácido fólico) existen las circunstancias clínicas adecuadas y tiempo suficiente para que sea llevada a cabo la eritropoyesis (52).

Las indicaciones reales de la administración de eritropoyetina en el perioperatorio, con matices, podrían circunscribirse a las siguientes (53):

— Aumento de la respuesta eritropoyética de los pacientes previamente anémicos (insuficientes renales crónicos, pacientes con neoplasia).

— Aumento preoperatorio del estímulo eritropoyético de los pacientes que rechazan la transfusión (testigos de Jehová, rechazo por miedo a infecciones).

— Aumento del número de unidades de sangre extraídas en un programa de donación autóloga preoperatoria.

— Aumento de la respuesta eritropoyética en el postoperatorio.

Fisiológicamente, en caso de extracciones repetidas de sangre, en el contexto de un programa de predonación autóloga, las concentraciones de eritropoyetina aumentan significativamente. Sin embargo, este aumento puede ser insuficiente para asegurar una concentración de hemoglobina y una tasa de hematocrito adecuadas para llevar a término el programa completo de predonación autóloga. Aunque esta indicación no está admitida universalmente, es en este cuadro en el que el empleo de la eritropoyetina recombinante puede tener su mayor expresión en el periodo perioperatorio (54). Debido en parte a su elevado costo en relación con su eficacia, es imperativo asegurar, antes de prescribirla, que se pongan en práctica las demás estrategias de ahorro de hemoderivados.

Es más, en el contexto de los programas de predonación autóloga, quizá sólo estaría justificado el administrarla en el momento actual en casos de pacientes seleccionados con criterios muy estrictos: paciente anémico antes del inicio del programa de predonación, pacientes en los que se esperan necesidades transfusionales particularmente elevadas o pacientes en los que el programa de predonación debe ser particularmente corto (53).

Las indicaciones de administración de eritropoyetina en el postoperatorio quedan lejos de ser concluyentes, necesitando mayor número de estudios para su completa validación, aún a pesar de algunos trabajos ya publicados (55).

La dosis óptima, la vía y frecuencia de administración y la duración de la terapia más adecuada para conseguir un mayor y mejor efecto, están todavía por determinar y consensuar (56). Sin embargo, como pauta orientativa eficaz, se ha propuesto 300 a 600 UI/kg de eritropoyetina, administrada de forma subcutánea, dos a cuatro veces por semana, durante tres o cuatro semanas (57).

Debe destacarse, una vez más, que la máxima efectividad de este fármaco en el perioperatorio se alcanza al combinarlo con otras técnicas para la disminución de transfusión de sangre homóloga.

TÉCNICAS PARA DISMINUIR EL SANGRADO INTRAOPERATORIO

Técnicas farmacológicas

Existen diversos fármacos que han sido empleados para disminuir el sangrado intraoperatorio, fundamentalmente en cirugía cardíaca. Recientemente ha aparecido un especial interés de los mismos para su uso en cirugía ortopédica y traumatológica, siendo los más frecuentemente empleados la aprotinina y el ácido épsilon-aminocaproico.

Aprotinina

La aprotinina es un inhibidor de proteasas de amplio espectro, aislada comercialmente a partir del pulmón de los bovinos y que convencional-

mente ha sido empleado como agente antifibrinolítico para controlar los estados de hiperfibrinólisis como pancreatitis o sobredosificación de agentes trombolíticos (58).

Es una sustancia que se ha mostrado eficaz para disminuir el sangrado y las necesidades transfusionales en la cirugía cardíaca (59-62), en el trasplante y la resección hepáticos (63-65) y la cirugía vascular (66), procedimientos quirúrgicos todos ellos en los que las pérdidas hemáticas son significativas. Su mecanismo de acción no está completamente dilucidado; se ha propuesto una actividad antifibrinolítica por inhibición directa de la plasmina y del sistema kinina-kalicroeína, una inhibición parcial de la vía intrínseca de la coagulación y un efecto protector sobre los receptores plaquetarios GP-Ib (67), aunque el mecanismo de acción parece variar en dependencia de la dosificación empleada (68).

Cuando se han estudiado estos mecanismos de acción, propuestos para la cirugía cardíaca, no se han visto completamente confirmados en los casos en que la aprotinina se ha empleado en cirugía ortopédica (69). Como teóricos efectos adversos podrían desarrollarse fenómenos trombóticos, alteraciones renales de escasa importancia en general, pero a tener en cuenta en pacientes con función renal disminuida, y fenómenos alérgicos que pueden ir desde pequeñas erupciones hasta fenómenos anafilácticos, cuya incidencia global parece no superior al 1% (62, 67).

Hasta el momento se ha empleado la aprotinina con éxito en intervenciones de artroplastia de cadera (68, 70), artrodesis raquídea (71) y cirugía tumoral (72), quedando pendiente de futuros estudios su eficacia en la artroplastia de rodilla. Estos trabajos convierten a la aprotinina en un fármaco eficaz para conseguir la disminución de las necesidades transfusionales en cirugía ortopédica; el empleo del mismo junto a otras medidas como predonación de sangre o hipotensión controlada podría optimizar el ahorro de hemoderivados en esta cirugía.

La dosis óptima de aprotinina es objeto de controversia. Para aumentar la seguridad de su empleo, se deben administrar 10.000 Unidades Inhibidoras de Kalicroeína (KIU), que equivalen a un mililitro, y esperar unos 15-20 minutos para descartar posibles efectos secundarios, sobre todo relacionados con fenómenos alérgicos. A

continuación se puede administrar 2×10^6 KIU (200 ml) en bolo en 20-30 minutos, seguidos de una perfusión continua de 500.000 KIU/hora hasta el final de la cirugía.

Desmopresina

El acetato de desmopresina o 1-deamino-8-D-arginina vasopresina es un análogo de la hormona antidiurética, diseñada para potenciar ciertos efectos fisiológicos de la vasopresina a la vez que se minimizan otros (73). Su acción hemostática estaría basada en la liberación a la circulación sanguínea de factor VIII :C y de factor de von-Willebrand a partir de los depósitos existentes en las células del endotelio vascular. Esta acción es importante y constante en los pacientes afectos de Hemofilia A y de enfermedad de von-Willebrand (74), aunque menor y más variable en personas normales, en los que su capacidad de promoción de la hemostasia sigue siendo controvertida.

Su interés se inició con el empleo en cirugía cardíaca, donde aparentemente mostraba una importante reducción del sangrado perioperatorio (75), si bien trabajos posteriores han presentado resultados contradictorios (76, 77).

En cirugía ortopédica ha sido empleada fundamentalmente en cirugía sobre el raquis (78-80), con resultados inicialmente alentadores (78), aunque no confirmados en estudios posteriores (79). En artroplastias totales de cadera su empleo no parece reportar disminución evidente de sangrado, constatando únicamente el incremento de la tasa de factor VIII (81).

Hipotensión controlada

La hipotensión controlada es una técnica anestésica controvertida, empleada para disminuir la presión arterial de modo electivo, con el objetivo de reducir la pérdida sanguínea durante la cirugía, proporcionar al cirujano un campo quirúrgico exangüe. Con una adecuada monitorización y selección de los pacientes a los que se puede aplicar, es una técnica con un relativamente bajo riesgo de complicaciones.

La hipotensión controlada puede estar indicada en pacientes sometidos a cirugía por aneurismas cerebrales, neoplasias de diversos órganos, cirugía del oído medio, cirugía maxilofacial, o

testigos de Jehová, entre otras (82). En cirugía ortopédica su empleo estaría indicado en pacientes a los que se interviene por artroplastia de cadera (83-86) o en la cirugía del raquis (87).

Las contraindicaciones incluirían (82, 88) hipertensión severa no tratada, coronariopatía, patología pulmonar grave, anemia severa o policitemia marcada, enfermedad cerebrovascular, embarazo, hipovolemia importante, y grave disfunción renal y/o hepática, aunque todas ellas se pueden considerar contraindicaciones relativas y debe valorarse la relación riesgo/beneficio para su utilización.

Son múltiples los fármacos empleados para realizar la hipotensión controlada (88, 89) (tabla 5). De todos ellos, los de más frecuente uso en la práctica clínica son isoflurano, nitroprusiato, nitroglicerina y labetalol, que se comparan en la tabla 6 (82, 88, 89).

Uno de los aspectos más controvertidos del empleo de la hipotensión controlada es los efectos que ésta puede tener en los diversos órganos. Éstos son complejos y dependen tanto de los fármacos utilizados como de la magnitud y duración de la hipotensión. Merecen destacarse los efectos sobre la circulación cerebral y función renal:

— Sistema nervioso central: la autorregulación cerebral es la propiedad del cerebro por la que se mantiene constante el flujo sanguíneo cerebral (FSC): entre 50-60 mmHg y 150-160 mmHg de tensión arterial media, el cerebro es capaz, en pacientes normotensos, de mantener

Tabla 5: Fármacos empleados en hipotensión controlada

Anestésicos inhalatorios: halotano, enflurano, isoflurano
 Vasodilatadores directos: nitroprusiato sódico, nitroglicerina, hidralacina, adenosina
 Bloqueantes ganglionares: trimetafano, pentolinio
 Bloqueantes de los receptores alfa adrenérgicos: fentolamina
 Bloqueantes de los receptores beta adrenérgicos: propanolol, esmolol
 Bloqueantes alfa y beta adrenérgicos: labetalol
 Bloqueantes de los canales de calcio: verapamil, nifedipina, diltiazem, nicardipina
 Otros: urapidil, ketanserina, IECA, captopril, clonidina

(IECA: Inhibidores del enzima convertidor de la angiotensina)

un FSC constante, debido a cambios en las resistencias vasculares cerebrales (85). Por encima de 160 y por debajo de 60 mmHg el FSC se hace presión-dependiente, con el consiguiente riesgo de edema o isquemia tisular respectivamente.

— Riñón: aunque la circulación renal se puede mantener por autorregulación, la filtración glomerular puede disminuir; sin embargo, la disfunción renal no es una complicación frecuente de la técnica. Los periodos cortos de hipotensión se acompañan de disminución del flujo sanguíneo renal, aunque el descenso asociado de la filtración glomerular es fácilmente recuperable, sobre todo si se mantiene una diuresis suficiente (igual o mayor a 1 ml/kg/h) con o sin la administración de diuréticos tipo furosemida.

Anestesia locorreional

Es frecuente que tanto los anestesiólogos como los propios cirujanos opinen que el empleo de una técnica anestésica locorreional (bloqueo intradural o epidural) tiene un papel importante en la disminución del sangrado intraoperatorio. Si bien han sido ampliamente comprobados los beneficios de las técnicas locorreionales en cuanto a la prevención de las trombosis venosas en cirugía ortopédica (90), no existen evidencias claras sobre el papel real que esta técnica anestésica puede desempeñar en el ahorro de sangre durante la cirugía ortopédica.

En los trabajos publicados existe controversia al respecto. Algunos estudios sugieren un descenso en el sangrado durante las artroplastias totales de cadera (91, 92), aunque parece que el menor sangrado intraoperatorio se compensaría por un mayor débito en los drenajes postoperatorios (93). La explicación plausible a la disminución en el sangrado sería el descenso de la presión arterial y/o venosa que acompaña a la técnica locorreional. Sin embargo, en otros estudios no se encontraron diferencias entre la técnica locorreional y la anestesia general (94, 95).

Torniquete neumático

Los torniquetes son frecuentemente usados en cirugía ortopédica para disminuir el sangrado intraoperatorio cuando se realizan intervenciones en la extremidad superior o inferior. Su objetivo es conseguir un campo quirúrgico exangüe al aplicar una presión suficiente en los vasos sanguíneos para evitar el paso de sangre hacia la

Tabla 6: Comparación de los fármacos más frecuentemente empleados para la realización de hipotensión controlada

	Nitroprusiato	Nitroglicerina	Isoflurano	Labetalol
Mecanismo de acción	Dilatación a nivel arteriolar	Dilatación preferentemente venosa	Disminución de las resistencias vasculares sistémicas	Bloqueo de los receptores α - y β -adrenérgicos
Inicio de acción	Inmediato	Rápido	Gradual	Gradual
Recuperación	Muy rápida	Moderadamente rápida	Moderadamente rápida	Lenta
Metabolización	Metabolización a cianuro	Metabolización hepática sin productos tóxicos	No metabolización	Metabolización hepática sin productos tóxicos
Dosis recomendadas	Inicial: 0,5-1,5 ug/kg/min Máxima: 1,5 mg/kg en 4 horas	10-20 μ g/kg/min	Inicial, aumento hasta el 4% Mantenimiento: 2-3%	0,2-0,4 mg/kg seguido de incrementos de 0,1-0,1 mg/kg
Efectos secundarios	HT intracraneal Toxicidad cianuro <i>Shunt</i> intrapulmonar Hipotiroidismo Disfunción plaquetar Taquicardia	Metahemoglobinemias HT intracraneal <i>Shunt</i> intrapulmonar	Disminución del gasto cardiaco ¿Robo coronario?	Depresión miocárdica

(HT: Hipertensión)

parte distal de la extremidad, pero siempre sin dañar las estructuras comprimidas.

El torniquete debe ser aplicado cuidadosamente por una persona experimentada, porque se trata de un procedimiento no exento de riesgos. El brazo o el muslo se envuelve con varias capas de ovata para yesos, aplicada sin pliegues, y sobre ella se coloca un manguito conectado a su vez a un sistema de presurización. A continuación, se puede mantener la extremidad elevada durante unos dos minutos o bien, más frecuentemente, se exprime la sangre con un vendaje de goma de Esmarch empezando en la punta de los dedos en sentido proximal hasta 2,5-5 cm del manguito. A continuación se infla el manguito hasta un nivel de presión que depende de la edad y de la presión sanguínea del paciente y también del tamaño de la extremidad. En general se recomienda una presión de inflado de 200-275 mmHg para el empleo en el miembro superior y de 300-375 para el inferior (96), o simplemente unos 75 mmHg sobre la cifra de presión sistólica del paciente (97). En general, los manguitos de torniquete anchos son más efectivos a menores presiones que los más estrechos (98).

Es muy importante el tiempo que debe estar insuflado el manguito y por tanto en el que la extremidad se encuentra isquémica. En el adulto sano menor de 50 años se recomienda no mantener la insuflación en el brazo más de 60 minutos y en el muslo más de 90 minutos, aunque el tiempo límite se ha fijado en unas dos horas (96). Si la intervención a realizar supera ampliamente el tiempo anterior, parece recomendable terminarla o seguir la misma sin mantener por más tiempo la isquemia, en vez de desinflar el torniquete durante unos 10 minutos y repetir la maniobra, porque se ha comprobado que los tejidos tardan más de 40 minutos en normalizarse después del uso prolongado del torniquete (98).

Los torniquetes neumáticos deben mantenerse en excelentes condiciones de uso, porque su empleo debe ser tan efectivo como seguro, recomendándose su calibración frecuente para evitar tanto sobrepresiones como pérdidas innecesarias de presión.

La aplicación del torniquete se puede acompañar de una serie de alteraciones y/o complicaciones, tanto durante su inflado como en el momento de su liberación (96, 97). De entre las primeras

merecen destacarse, como más importantes, dolor por la compresión, alteraciones neurológicas locales como neuroapraxia postoperatoria, hipoxia tisular que puede ser grave a partir de las 2 horas de isquemia y elevación moderada y progresiva de las presiones arteriales sistémica y pulmonar. Como posibles efectos indeseables que pueden aparecer tras la liberación del torniquete se encuentran la caída transitoria de la temperatura central, y la acidosis metabólica con aumento transitorio del CO₂ telespiratorio (habitualmente unos 3 mmHg si se trata de la extremidad superior y unos 9 mmHg si es la inferior), siendo el momento de mayor incremento entre 1,5 y 2,5 minutos desde la liberación de la isquemia (97).

Óptimo posicionamiento del paciente

Una de las características que definen la cirugía ortopédica es la gran variedad de posiciones operatorias que se pueden emplear, diferentes en cada uno de los diversos tipos de intervención a realizar. La calidad de la colocación del paciente es tan importante que de ella dependerá, en parte, la facilidad de ejecución de la cirugía y el sangrado intraoperatorio. Por lo tanto, no se debe menospreciar la importancia de la colocación del paciente y se debe invertir todo el tiempo necesario para alcanzar el que podríamos llamar «óptimo posicionamiento del paciente».

La gran mayoría de las intervenciones puede practicarse en una mesa de operaciones estándar, donde la colocación dependerá de la cirugía a realizar:

— Decúbito supino para la cirugía del miembro superior, de la rodilla, pierna y pie.

— Decúbito lateral en la mayoría de las intervenciones para artroplastia de cadera.

— Decúbito prono para la cirugía del raquis, hombro o reconstrucción del tendón de Aquiles.

La mesa ortopédica, en la que los miembros inferiores no se colocan descansando sobre la misma sino bajo tracción, se emplea para la osteosíntesis del cuello de fémur, fracturas de la diáfisis femoral, osteosíntesis de cintura pelviana, e incluso ciertas artroplastias de cadera u osteosíntesis del miembro inferior.

En general, la colocación del paciente en posición de Trendelenburg de unos 20° disminuye el sangrado porque minimiza el estasis venoso

en el lugar donde se realiza la cirugía (14). En particular, el decúbito lateral en la artroplastia total de cadera permite reducir, aparentemente, el sangrado intraoperatorio, porque por gravedad se reduciría también el estasis venoso (99).

AHORRO DE SANGRE EN LOS PACIENTES POLITRAUMATIZADOS

El paciente traumatizado presenta aspectos diferenciadores del estrictamente ortopédico, que hacen particularmente difícil el empleo de técnicas de ahorro de sangre en el mismo.

Una de las causas principales de muerte en los pacientes traumatizados es la pérdida excesiva de sangre, probablemente precedida por las causas cerebrales intrínsecas a los traumatismos craneoencefálicos (100). Las acciones terapéuticas más efectivas en estos pacientes son el control del sangrado y la reposición del volumen perdido, que debe hacerse en base a la combinación adecuada de coloides y cristaloides, pero para la que no debe emplearse, como fluido de relleno vascular, cualquiera de los hemoderivados (101). A pesar de ello, sí es necesario tener en cuenta que la combinación de hipovolemia y anemia severa contribuye de forma importante al incremento de la morbimortalidad de los pacientes traumatizados, debido a la alteración que, en conjunto, provocan en el transporte de oxígeno (102).

Las recomendaciones para la transfusión de sangre que se aplican a los pacientes que van a ser sometidos a una intervención quirúrgica programada no suelen ser aplicables a los pacientes traumatizados, siendo imposible establecer unos criterios generales sobre el nivel óptimo de hemoglobina a partir del cual indicar la transfusión sanguínea. Es cierto que dependiendo de la gravedad del traumatismo y la afectación de órganos vitales, el grado de hipovolemia y la eventual duración del shock, el grado de morbimortalidad secundaria al traumatismo varía ampliamente. Ello condiciona, habitualmente, un exceso de transfusiones en estos pacientes, aunque la decisión de transfundir suele depender del conocimiento y actitud del facultativo responsable último del paciente (101). Con todo, se pueden replantear las estrategias de transfusión en estos pacientes, pudiéndose pasar de unas indicaciones más conservadoras a otras en

las que el umbral de transfusión sea menor. Estos planteamientos, sin embargo, no dejan de implicar evidentes cuestiones relacionadas con la morbimortalidad de estos pacientes.

En estas circunstancias, no es fácil el planteamiento de una estrategia de ahorro de hemoderivados en el paciente traumatizado. Por ejemplo, a estos pacientes que tienen que ser sometidos a una intervención quirúrgica, no se les puede aplicar técnicas de predonación autóloga de sangre, de hemodilución normovolémica, ni administración de eritropoyetina: no hay terreno ni tiempo para la obtención de resultados con estas técnicas. Tampoco es fácil que se puedan beneficiar de la recuperación intraoperatoria de sangre, dado que el equipo necesario suele ser de complicado montaje y manejo; además, por la frecuencia con que se asocian los politraumatismos con roturas de vísceras huecas, se invalida cualquier posibilidad de recuperación intra o postoperatoria de sangre. De la misma forma, la hipotensión controlada no es aplicable, dado que habitualmente la problemática suele radicar en el mantenimiento de una adecuada hemodinámica

más que en la consecución de un descenso en la tensión arterial. Tampoco las técnicas farmacológicas descritas presentan aplicación en los politraumatizados, entre otras razones por la dificultad en conocer una historia clínica completa del paciente y el riesgo que ello condiciona. Por último las técnicas de anestesia locorregional y aplicación de manguito e isquemia, sólo son válidas para los casos en que las lesiones se circunscriben a un miembro, circunstancia poco frecuente en los politraumatizados.

Por lo tanto, las estrategias válidas se limitan a optimizar la decisión de transfundir. La cantidad de sangre que debe ser transfundida y el momento más oportuno para realizar la transfusión, así como el adecuado empleo de los fluidos en la reanimación inicial del politraumatizado, la valoración adecuada de las lesiones y la previsión de las pérdidas sanguíneas que puedan ocurrir hasta que sea controlada la hemorragia aguda, son los puntos clave en los que se debe basar toda estrategia que pretenda ajustar las necesidades transfusionales, minimizando el uso inapropiado de sangre y hemoderivados.

Bibliografía

1. Sculco TP. Blood management in orthopedic surgery. *Am J Surg* 1995;170(Suppl):60S-3S.
2. Janvier G, Bricard H. Stratégie transfusionnelle périopératoire. *Ann Chir* 1992;46:384-98.
3. Bibb LM, Nimmagadda U, Mastrianno L. Principles of blood transfusion. En: Salem MR, Ed. *Blood Conservation in the Surgical Patient*. Baltimore: Williams and Wilkins; 1996. p. 1-44.
4. Faust RJ, Weinmeister KP, Dietz NM. Transfusion medicine for the intensivist. En: Murray MJ, Coursin DB, Pearl RJ, Prough DS, Eds. *Critical Care Medicine: Perioperative Management*. Filadelfia: Lippincott-Raven Publishers; 1997. p. 607-18.
5. Welch HG, Meehan KR, Goodnough LT. Prudent strategies for elective red blood cell transfusion. *Ann Intern Med* 1992;116:393-402.
6. Weiskopf RB. Transfusion therapy in anesthetic practice. 50th PGA, New York (December 7-10), 1996. Book of abstracts, A57-A58.
7. Crosby ET. Perioperative haemotherapy: I. Indications for blood component transfusion. *Can J Anaesth* 1992;39:695-707.
8. Faust RJ. Perioperative indications for red blood cell transfusion - has the pendulum swung too far? (Editorial). *Mayo Clinic Proc* 1993;68: 512-4.
9. Little RA, Edwards JD. Applied Physiology. En: Edwards JD, Shoemaker WC, Vincent JL, Eds. *Oxygen transport: Principles and practice*. Londres: WB Saunders Company Ltd. 1993, p. 21-40.
10. Practice strategies for elective red blood cell transfusion. *Ann Intern Med* 1992;116:403-6.
11. Irving GA. Perioperative blood and blood component therapy. *Can J Anaesth* 1992;39:1005-15.
12. American Society of Anesthesiologists Task Force on Blood Component Therapy. Practice guidelines for blood component therapy. *Anesthesiology* 1996;84:732-47.
13. Stehling L. In Reply (Letter). *Anesthesiology* 1997;86:750.
14. Nelson CL, Fontenot HJ. Ten strategies to reduce blood loss in orthopedic surgery. *Am J Surg* 1995;170(Suppl): 64S-8S.
15. Final Consensus Statement. Consensus Conference on Autologous Transfusion. *Transfusion* 1996;36:667.
16. Borghi B, Pignotti E, Montebugnoli M, Bassi A, Corbascio M, de Simone N, et al. Autotransfusion in major orthopaedic surgery: experience with 1785 patients. *Br J Anaesth* 1997;79:662-4.
17. Thomas MJG, Gillon J, Desmond MJ. Preoperative autologous donation. *Transfusion* 1996;36:633-9.

18. Laxenaire MC, Boileau S. Quand, chez quels patients et pour quels types de chirurgie doit-on envisager une transfusion autologue programmée? Quel bénéfice quantitatif en attendre? *Ann Fr Anesth Réanim* 1995;14 (Suppl 1):32-8.
19. AuBuchon JP, Gettinger A, Littenberg B. Determinants of physician ordering of preoperative autologous donations. *Vox Sang* 1994;66:176-81.
20. Salem MR, Mastrianno M, Joseph NJ. Preoperative autologous blood donation. En: Salem MR, Ed. *Blood Conservation in the Surgical Patient*. Baltimore: Williams and Wilkins; 1996. p. 146-67.
21. Etchason J, Petz L, Keeler E, Calhoun L, Kleinman S, Snider C, et al. The cost effectiveness of preoperative autologous blood donations. *N Engl J Med* 1995;332:719-24.
22. D'Ambra MN, Kaplan DK. Alternatives to allogenic blood use in surgery: acute normovolemic hemodilution and preoperative autologous donation. *Am J Surg* 1995;170(Suppl):49S-52S.
23. Crystal GJ, Salem MR. Acute normovolemic hemodilution. En: Salem MR, Ed. *Blood Conservation in the Surgical Patient*. Baltimore: Williams and Wilkins; 1996. p. 168-88.
24. Olsfanger D, Fredman B, Goldstein B, Shapiro A, Jedeikin R. Acute normovolaemic haemodilution decreases postoperative allogenic blood transfusion after total knee replacement. *Br J Anaesth* 1997;79:317-21.
25. Gallagher JD. Hemodilution: physiology and limits. En: Lake CL, Moore RA, Eds. *Blood: Hemostasis, Transfusion and Alternatives in the Perioperative Period*. Nueva York: Raven Press, Ltd.; 1995. p. 345-80.
26. Feldman JM, Roth JV, Bjoraker DG. Maximum blood savings by acute normovolemic hemodilution. *Anesth Analg* 1995;80:108-13.
27. Gillon J, Thomas MJG, Desmond MJ. Acute normovolaemic haemodilution. *Transfusion* 1996;36:640-3.
28. Gross JB. Estimating allowable blood loss: corrected for dilution. *Anesthesiology* 1983;58:277-80.
29. Barbier-Bohm G, Desmots JM, Couderc E, et al. Comparative effects of induced hypotension and normovolemic haemodilution on blood loss in total hip arthroplasty. *Br J Anaesth* 1980;52:1039-43.
30. Olsfanger D, Jedeikin R, Metser U, Nusbacher J, Gepstein R. Acute normovolaemic haemodilution and idiopathic scoliosis surgery: Effects on homologous blood requirements. *Anaesth Int Care* 1993;21:429-31.
31. Zagra A, Oriani G, Lamartina C, Pedsini G. Normovolaemic haemodilution in spinal fusion for scoliosis. *Int Orthop* 1982;6:129-32.
32. Williamson KR, Taswell HF. Intraoperative blood salvage. En: Taswell HF, Pineda AA, Eds. *Autologous transfusion and hemotherapy*. Boston: Blackwell Scientific Publications; 1991. p. 122-54.
33. Desmond MJ, Thomas MJG, Gillon J, Fox MA. Perioperative red cell salvage. *Transfusion* 1996;36:644-51.
34. British Committee for Standards in Haematology blood Transfusion Task Force. Guidelines for autologous transfusion II. Perioperative haemodilution and cell salvage. *Br J Anaesth* 1997;78:768-71.
35. Joseph NJ, Kamaryt J, Paulissian R. Blood salvage techniques. En: Salem MR, Ed. *Blood Conservation in the Surgical Patient*. Baltimore: Williams and Wilkins; 1996. p. 252-304.
36. Ray JM, Flynn JC, Bierman AH. Erythrocyte survival following intraoperative autotransfusion in spinal surgery: an in vivo comparative study and 5-year update. *Spine* 1986;11:879-82.
37. Laub GW, Riebmán JB. Autotransfusion: methods and complications. En: Lake CL, Moore RA, Eds. *Blood: Hemostasis, Transfusion and Alternatives in the Perioperative Period*. Nueva York: Raven Press, Ltd.; 1995. p. 381-94.
38. Edward AAR, Fredin H. Intraoperative autotransfusion in hip arthroplasty: a retrospective study in 214 cases with matched controls. *Acta Orthop Scand* 1992;63:369-72.
39. Law JK, Wiedel JD. Autotransfusion in revision total hip arthroplasties using uncemented prostheses. *Clin Orthop* 1989;245:145-9.
40. Guerra JJ, Cuckler JM. Cost-effectiveness of intraoperative autotransfusion in total hip arthroplasty surgery. *Clin Orthop* 1995;315:212-22.
41. Flynn JC, Metzger CR, Csencsitz TA. Intraoperative transfusion in spinal surgery. *Spine* 1982;7:432-5.
42. Brown MD, Seltzer DG. Perioperative care in lumbar spine surgery. *Orthop Clin North Am* 1991;22:353-8.
43. Clements DH, Sculco TP, Burke SW, et al. Salvage and reinfusion of postoperative sanguineous wound drainage. *J Bone Joint Surg Am* 1992;74:646-51.
44. Faris PM, Ritter MA, Keating EM, Valeri CR. Unwashed filtered shed blood collected after knee and hip arthroplasties. *J Bone Joint Surg Am* 1991;73:1169-78.
45. Ritter MA, Keating EM, Faris PM. Closed wound drainage in total hip or total knee replacement. *J Bone Joint Surg Am* 1992;76:35-8.
46. Carstens VL, Earnshaw PH. Postoperative orthopedic autotransfusion. Successful management for the total knee arthroplasty patient. *AORN J* 1992;56:272-80.
47. Keeling MM, Schmidt-Clay P, Kotcamp WW, Lile JA, Watson AK. Autotransfusion in the postoperative orthopedic patient. *Clin Orthop* 1993;291:251-8.
48. Price TH, Johnston M, Jordan L, Khan N, Abels R, EPO autologous study group. The impact of recombinant erythropoietin administration on the efficacy of autologous blood strategies in patients with low hematocrits. *Blood* 1992;80(Suppl 1):219.
49. Goodnough LT, Shaffron D, Marcus RE. The impact of preoperative autologous blood donation in elective orthopaedic surgery. *J. Arthroplasty* 1990;5:S89-S94.

50. Laupacis A, Bailley W. Effectiveness of perioperative recombinant human erythropoietin in elective hip replacement (Canadian orthopaedic perioperative erythropoietin study group). *Lancet* 1993;341:1227-32.
51. Mercuriali F, Zanella A, Barosi G, Inghilleri G, Biffi E, Vinci A, et al. Use of erythropoietin to increase the volume of autologous blood donated by orthopedic patients. *Transfusion* 1993;33:55-60.
52. Joint Council of the American Red Cross, Council of Community Blood Centers, American Association of Blood Banks. Circular of Information for the Use of Human Blood Components. March 1994:6.
53. Janvier G, Roth C, Bénillan N, Fialon P, Berty A, Puntous M. Transfusions en chirurgie: peuvent-elles encore être réduites par l'érythropoïétine humaine recombinante? *Ann Fr Anesth Réanim* 1996;15:1219-29.
54. Bricard H. Erythropoietine en anesthésie-réanimation (Editorial). *Ann Fr Anesth Réanim* 1996;15:1152-4.
55. Streef C, Charpentier C, Audibert G, Laxenaire MC. Traitement d'une anémie aiguë post-traumatique par érythropoïétine humaine recombinante chez un témoin de Jéhovah. *Ann Fr Anesth Réanim* 1996;15:1199-202.
56. Goldberg MA. Erythropoiesis, erythropoietin and iron metabolism in elective surgery: preoperative strategies for avoiding allogeneic blood exposure. *Am J Surg* 1995;170(Suppl):37S-43S.
57. Goodnough LT, Monk TG, Andriole GL. Erythropoietin therapy. *N Engl J Med* 1997;336:933-8.
58. Fareed J, Hoppensteadt D, Koza MJ, Jeske W, Walenga JM, Pifarré R. Pharmacokinetics of aprotinin and its relevance to antifibrinolytic and other biologic effects. En: Pifarré R, Ed. *Blood conservation with aprotinin*. Philadelphia: Hanley and Belfus, inc.; 1995. p. 131-49.
59. Davis R, Whittington R. Aprotinin: A review of its pharmacology and therapeutic efficacy in reducing blood loss associated with cardiac surgery. *Drugs* 1995;49:954-83.
60. Royston D. High-dose aprotinin therapy: a review of the first five years' experience. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1992;6:76-100.
61. Lass M, Welz A, Kocks M, Mayer G, Schwandt M, Hannekum A. Aprotinin in elective primary bypass surgery; patency and clinical efficacy. *Eur J Cardiothorac Surg* 1995;9:206-10.
62. Harper N, Royston D. Antifibrinolytic therapy during cardiac surgery. *Current Opinion Anaesthesiology* 1996;9:46-53.
63. Monedero P, Páramo JA, Carrascosa F, Herrero JI, Hidalgo F, Iribarren MJ, et al. Reducción de los requerimientos de hemoderivados en el trasplante hepático con aprotinina. *Rev Esp Anestesiología y Reanimación* 1995;42:82-6.
64. Grosse H, Lobbes W, Framback M, Ringe B, Barthels M. Influence of high dose aprotinin on hemostasis and blood requirements in orthotopic liver transplantation. *Semin Thromb Hemostas* 1993;19:302-5.
65. Soilleux H, Gillon MC, Mirand A, Daibes M, Leballe F, Ecoffey C. Comparative effects of small and large aprotinin doses on bleeding during orthotopic liver transplantation. *Anesth Analg* 1995;80:349-52.
66. Thompson JF, Roath OS, Francis JL, Webster JH, Chant AD. Aprotinin in peripheral vascular surgery. *Lancet* 1990;335:911.
67. Janssens M, Lamy M. The use of aprotinin in Orthopedic surgery. En: Pifarré R, ed. *Blood conservation with aprotinin*. Philadelphia, Hanley and Belfus, inc.; 1995. p. 359-72.
68. Janssens M, Joris J, Davis JL, Lemaire L, Lamy M. High-dose aprotinin reduces blood loss in patients undergoing total hip replacement surgery. *Anesthesiology* 1994;80:23-9.
69. Hunt BJ, Yacoub M. Aprotinin and cardiac surgery. *Br Med J* 1991;303:660-1.
70. Murkin JM, Shannon NA, Bourne RB, Rorabeck CH, Cruickshank M, Wyile G. Aprotinin decreases blood loss in patients undergoing revision or bilateral total hip arthroplasty. *Anesth Analg* 1995;80:343-8.
71. Llau JV, Hoyas L, Higuera J, Ezpeleta J, Garcia-Polit J. La aprotinina reduce el sangrado intraoperatorio en las intervenciones de artrodesis raquídeas. *Rev Esp Anestesiología y Reanimación* 1996;43:108.
72. Capdevila X, Piboulet P, Calvet Y, D'Athis F, du Cailar J. High-dose aprotinin reduces blood loss and homologous transfusion in patients undergoing septic or tumor orthopedic surgery. *Anesthesiology* 1994;81(3A):A89.
73. Kennedy DJ, Gravlee GP. Pharmacologic manipulation of coagulation: promotion of hemostasis. En: Lake CL, Moore RA, Eds. *Blood: Hemostasis, Transfusion and Alternatives in the Perioperative Period*. Nueva York: Raven Press, Ltd.; 1995. p. 131-49.
74. Mannucci PM, Ruggeri ZM, Pareti FI, Capitano A. 1-D-amino-8-D-arginine vasopressin: a new pharmacological approach to the management of haemophilia and von Willebrand's diseases. *Lancet* 1977;1:869-72.
75. Salzman EW, Weinstein MJ, Weintraub RM, Ware JA, Thurer RL, Robertson L, et al. Treatment with desmopressin acetate to reduce blood loss after cardiac surgery. A double blind randomized trial. *N Engl J Med* 1986;314:1402-6.
76. Mongan PD, Hosking MP. The role of desmopressin acetate in patients undergoing coronary artery bypass surgery. A controlled clinical trial with thromboelastographic risk stratification. *Anesthesiology* 1992;77:38-46.
77. Horrow JC, Van Ripper DF, Strong MD, Brodsky I, Parmet JL. Hemostatic effects of tranexamic acid and desmopressin during cardiac surgery. *Circulation* 1991;84:2063-70.
78. Kobrinsky NL, Letts M, Patel LR, Israels DE, Monson RC, Scwets N, Cheang MS. 1-desamino-8-D-arginine vasopressin (desmopressin) decreases operative blood loss in patients having Harrington rod spinal fusion surgery. A randomized double blind controlled trial. *Ann Intern Med* 1987;107:446-50.

79. Guay J, Reinberg C, Poitras B, Davis M, Mathews S, Lortie L, Rivard GE. A trial of desmopressin to reduce blood loss in patients undergoing spinal fusion for idiopathic scoliosis. *Anesth Analg* 1992; 75: 405-10.
80. Johnson RG, Murphy JM. The role of desmopressin in reducing blood loss during lumbar fusions. *Surg Gynecol Obstet* 1990;171:223-6.
81. Flordal PA, Ljungström KG, Svensson J, Ekman B, Neander G. Effects on coagulation and fibrinolysis of desmopressin in patients undergoing total hip replacement. *Thromb Haemostas* 1991;66:652-6.
82. Lake CL. Induced Hypotension. En: *Blood: Hemostasis, Transfusion and Alternatives in the perioperative period*. Lake CL, Moore RA, Eds. Nueva York: Raven Press, Ltd.; 1995., p. 395-408.
83. Eerola R, Eerola M, Kaukinen L, Kaukinen S. Controlled hypotension and moderate hemodilution in major hip surgery. *Ann Chir Gynaecol* 1979;68:109-13.
84. Thompson GE, Miller RD, Stevens WC, Murray WR. Hypotensive anesthesia for total hip arthroplasty. *Anesthesiology* 1978;48:91-6.
85. Qvist TF, Skovsted P, Sorensen MB. Moderate hypotensive anesthesia for reduction of blood loss during total hip replacement. *Acta Anaesthesiol Scand* 1982;26:351-3.
86. Barbier-Böhm G, Desmots JM, Couderc E, Moulin D, Prokocimer P, Oliver H. Comparative effects of induced hypotension and normovolaemic haemodilution on blood loss in total hip arthroplasty. *Br J Anaesth* 1980;52:1039-43.
87. Brodsky JW, Dickson JH, Erwin WD, Rossi CD. Hypotensive anesthesia for scoliosis surgery in Jehovah's witness. *Spine* 1991;16:304-6.
88. Gilsanz F. Hipotensión controlada. *Act Anest Reanim* 1993;3:146-60.
89. Klowden AJ, Salem MR, Fahmy NR, Crystal GJ. Deliberate hypotension. En: Salem MR, Ed. *Blood Conservation in the surgical patient*. Baltimore: Williams & Wilkins; 1996. p. 189-251.
90. Lake CL. Normal Hemostasis. En: *Blood: Hemostasis, Transfusion and Alternatives in the perioperative period*. Lake CL, Moore RA, Eds. Nueva York: Raven Press, Ltd.; 1995. p. 3-16.
91. Rosberg B, Friendin H, Guftanson C. Anaesthetic technique and surgical blood loss in total hip arthroplasty. *Acta Anaesthesiol Scand* 1982;26:189-93.
92. Keith I. Anaesthesia and blood loss in total hip replacement. *Anaesthesia* 1977;32:444-50.
93. Arilla M, Castillo J, Bisbe E, Mestres C, Serra T, Castaño J. Comparación entre la técnica intradural y la general en las pérdidas hemáticas en la prótesis total de cadera. *Rev Esp Anesthesiol Reanim* 1997;44 (Suppl): 114-5.
94. Sorenson RM, Pace NL. Anesthetic techniques during surgical repair of femoral neck fractures. A metaanalysis. *Anesthesiology* 1992;77:1095-104.
95. McKenzie PJ, Wishart HY, Smith G. Long-term outcome after repair of fractured neck of femur. *Br J Anaesth* 1984;56:581.
96. Fahmy NR. Blood conservation in special situations (orthopedic surgery). En: Salem MR Ed. *Blood Conservation in the surgical patient*. Baltimore: Williams & Wilkins; 1996. p. 377-85.
97. Salem MR, Manley S. Blood conservation techniques. En: Salem MR, Ed. *Blood Conservation in the surgical patient*. Baltimore: Williams & Wilkins; 1996. p. 92-106.
98. Crenshaw AH. Surgical techniques. En: Crenshaw AH, Ed. *Campbell's Operative Orthopaedics*. St. Louis; Mosby-Year Book, Inc.; 1992. p. 3-22.
99. Nelson CL, Bowen WS. Total hip arthroplasty in Jehovah's Witnesses without blood transfusion. *J Bone Joint Surg* 1986; 68: 350-3.
100. van der Sluis CK, ten Duis HJ, Geertzen JHB. Multiple injuries: an overview of outcome. *J Trauma Injury Infect Crit Care* 1995;38:681-6.
101. Frey L, Messmer K. Transfusion therapy. *Current Opinion Anesthesiol* 1996;9:183-7.
102. Ellison M, Silberstein LE. A commentary on three consensus development conferences on transfusion medicine. *Anesthesiol Clin North Am* 1990;8:609-25.