



HAL
open science

Évaluation de l'incidence de transfusion de concentrés de globule rouges avant et après la mise en place d'un programme péri-opératoire de gestion personnalisée du capital sanguin chez les patients adultes ayant une chirurgie cardiaque au CHU Nord de La Réunion. Une étude observationnelle rétrospective avant-après

Jérémie Czarnecka

► **To cite this version:**

Jérémie Czarnecka. Évaluation de l'incidence de transfusion de concentrés de globule rouges avant et après la mise en place d'un programme péri-opératoire de gestion personnalisée du capital sanguin chez les patients adultes ayant une chirurgie cardiaque au CHU Nord de La Réunion. Une étude observationnelle rétrospective avant-après. Sciences du Vivant [q-bio]. 2024. dumas-04551573

HAL Id: dumas-04551573

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04551573>

Submitted on 18 Apr 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**UNIVERSITE DE LA REUNION
UFR SANTE**

Année : 2024

N° : 2024LARE008M

**THESE POUR LE DIPLÔME D'ETAT
DE DOCTEUR EN MÉDECINE**

**Évaluation de l'incidence de transfusion de concentrés de globule
rouges avant et après la mise en place d'un programme péri-
opératoire de gestion personnalisée du capital sanguin chez les
patients adultes ayant une chirurgie cardiaque au CHU Nord de
La Réunion**

Une étude observationnelle rétrospective avant-après

Présentée et soutenue publiquement le 01/03/2023 à 13h30 à
Montpellier

Par Jérémie Czarnecka

JURY

Président :

Monsieur le Professeur David Couret

Assesseurs :

Monsieur le Docteur Yvonnick Boué

Monsieur le Docteur Thomas Lair

Directeur de Thèse :

Monsieur le Docteur Arthur Neuschwander

TABLE DES MATIERES

Sommaire des tableaux et figures	3
Liste des abréviations.....	4
Introduction	5
Chapitre 1 - Chirurgie cardiaque, pertes sanguines et transfusion	5
Chapitre 2 – Patient Blood Management.....	9
Objectifs	17
Article original.....	18
<i>Introduction</i>	19
<i>Material and Methods</i>	19
<i>Results</i>	20
<i>Discussion</i>	23
<i>Conclusion</i>	23
Discussion	25
Conclusion.....	28
Annexes	29
Bibliographie.....	30
Serment d’Hippocrate.....	38

SOMMAIRE DES TABLEAUX ET FIGURES

Figure 1.....	19
----------------------	-----------

Programme péri-opératoire de gestion personnalisée du capital sanguin

Tableau 1.....	21
-----------------------	-----------

Caractéristiques de bases des patients

Tableau 2.....	21
-----------------------	-----------

Caractéristiques des procédures

Figure 2.....	22
----------------------	-----------

(A) Proportion de transfusion de culot globulaire sanguin

(B) Nombre d'unité de culot globulaire sanguin transfusé

Tableau 3.....	22
-----------------------	-----------

Critères de jugements secondaires post-opératoires

LISTES DES ABREVIATIONS

- AAS : Acide AcétylSalicylique
- ACT : Temps de Coagulation Activé
- AMM : Autorisation de Mise sur le Marché
- AVC : Accident Vasculaire Cérébral
- CEC : Circulation Extra-Corporelle
- CGR : Concentré de Globule Rouge
- CPA : Concentré Plaquettaire d'Aphérèse
- CPB : CardioPulmonary Bypass
- CT : Temps de Coagulation
- CTH : Temps de Coagulation avec Héparinase
- DO2 : Délivrance en Oxygène (DO2)
- EPO : Erythropoïétine
- GR : Erythrocyte ou Globule Rouge
- HAS : Haute Autorité de Santé
- Hb : Hémoglobine ou Hemoglobin
- HTLV : Virus T-lymphotropique humain
- MCP : Mélange de Concentrés de Plaquettes
- OMS : Organisation Mondiale de la Santé
- PAC : Pontage Aorto-Coronarien
- PBM : Patient Blood Management ou Gestion Personnalisée du Capital Sanguin
- PFC : Plasma Frais Congelé
- PSL : Produit Sanguin Labile
- RAAC : Réhabilitation Améliorée Après Chirurgie
- RBC : Red Blood Cell
- REO2 : Ratio d'Extraction de l'Oxygène
- SvO2 : Saturation Veineuse en oxygène
- TRALI : Syndrome Respiratoire Aigu Post-Transfusionnel
- TVE : Test ViscoElastiques
- TXA : Acide Tranexamique
- VET : ViscoElastic Testing
- VIH : Virus de l'Immunodéficience Humaine

INTRODUCTION

Chapitre 1. Chirurgie cardiaque, pertes sanguines et transfusion

A. Chirurgie cardiaque et saignement

La chirurgie cardiaque est le gold standard de la prise en charge des pathologies valvulaires cardiaques avancées et aortiques ascendantes. (1,2) Malgré les avancées récentes en cardiologie interventionnelle, elle garde une place importante dans la prise en charge des pathologies coronariennes, particulièrement lors d'une atteinte tritonculaire, ou dans le cas d'une anatomie coronarienne complexe non éligible à une prise en charge percutanée. (3) La majorité des chirurgies cardiaques s'effectue sous circulation extra-corporelle (CEC), mais certains pontages aorto-coronarien (PAC) peuvent aussi s'effectuer à cœur battant chez des patients plus âgés et à risques. (4) Toutes ces procédures chirurgicales sont complexes et néanmoins associées à des pertes sanguines péri-opératoires pouvant être très importantes. (5) Ces dernières sont très variables dans la littérature, avec en moyenne de 155 à 3200 mL en peropératoire et 1463 à 2763 mL en post-opératoire. (6) Il a depuis longtemps été montré que ces pertes sanguines sont un facteur de risque indépendant d'augmentation de la morbidité et mortalité per et post-opératoire. De plus, cela mobilise de manière disproportionnée l'utilisation des ressources au bloc opératoire et en réanimation, en particulier l'utilisation de produits sanguins labiles (PSL). (7,8) Cette transfusion de PSL comporte elle-même indépendamment ses propres risques, sur lesquels nous nous étendrons par la suite. En chirurgie cardiaque, l'incidence de transfusion de culot de globule rouge (CGR) est estimée à environ 40%. (9)

Le risque hémorragique doit donc être évalué en préopératoire afin de mettre en place des mesures adéquates. Diverses stratégies péri-opératoires anesthésiques et chirurgicales ont été proposées, et certaines sont recommandées par plusieurs sociétés savantes. (10,11) Plus récemment a été introduit le terme de Patient Blood Management (PBM) ou Gestion Personnalisée du Capital sanguin, qui regroupe l'ensemble de ces stratégies préventives, avec comme finalité principale une diminution de la transfusion.

B. Transfusion

I. Définition

D'après le dictionnaire médical de l'académie nationale de médecine, la transfusion est « un transfert de sang ou de produits sanguins humains, d'un donneur vers un receveur par injection intravasculaire ». (12) Lorsque l'on parle de transfusion, cela concerne aussi bien les CGR et les plasmas frais congelés (PFC), que les concentrés plaquettaires d'aphérèse (CPA) et les mélanges de concentrés de plaquettes (MCP).

La transfusion sanguine est une thérapeutique indispensable, car il n'existe pas de produit capable de se substituer totalement au sang humain. En France, c'est l'établissement français du sang (EFS) qui a la charge d'assurer l'autosuffisance en PSL dans des conditions de sécurité et de qualité optimales. (13)

II. Bénéfice/risque

a. Bénéfices

Environ 85 millions de CGR sont transfusés par an dans le monde (14) et, d'après l'EFS, près de 1 million de patients par an bénéficient de l'utilisation de PSL en France. (15) Il a été montré que la transfusion permet de diminuer la mortalité dans de multiples situations et, à ce titre, elle est intégrée dans les recommandations de bonnes pratiques de sociétés savantes, avec un encadrement assez strict concernant son utilisation. (14)

b. Risques

i. Morbi-mortalité

Actuellement, il est reconnu que la transfusion sanguine est, de manière indépendante, pourvoyeuse d'une morbi-mortalité élevée. En effet, il est montré dans de multiples études que la transfusion d'un ou plusieurs CGR, en chirurgie générale, majore le risque de mortalité à 30 jours, d'évènement thrombo-embolique, d'infection avec sepsis/choc, d'infection du site opératoire et augmente la durée d'hospitalisation. (16–20)

En chirurgie cardiaque plus spécifiquement, la transfusion d'un ou plusieurs CGR augmente les risques d'infections, d'évènements ischémiques (accident vasculaire cérébral (AVC), insuffisance rénale, infarctus), de fibrillation auriculaire, de durée de ventilation, de durée de séjour en réanimation et hospitalier, et majore aussi la mortalité. (21–24)

ii. Risque infectieux et immunologique

Grâce à la mise en place d'une hémovigilance par l'EFS, la sécurisation des PSL a considérablement progressé, mais le risque zéro ne sera jamais atteint. L'agence nationale de sécurité du médicament déclarait en 2021 une incidence d'effets indésirables receveur (de non sévère à décès) de 318,9 pour 100 000 PSL transfusés. (25) Les risques persistants sont de trois ordres : immunologique/allergique, infectieux, métabolique/volémique. (26)

Pour le risque métabolique/volémique, cela concerne principalement la surcharge en fer ainsi que la surcharge volémique clinique pouvant être induite et leurs complications propres.

Les risques infectieux liés à la transfusion sont bien connus, mais restent un enjeu important. En France, l'EFS surveille le sang prélevé par une batterie de tests systématiques afin de détecter le virus de l'immunodéficience humaine (VIH), l'hépatite B, l'hépatite C, la syphilis, ou encore le virus T-lymphotropique humain (HTLV). (27) Grâce à cette veille sanitaire, ce risque de transmission est actuellement infime. (28,29) Ces dépistages systématiques sont parfois complétés par d'autres tests, en fonction du contexte. Néanmoins, le risque d'infection par un nouvel agent infectieux émergent, ou encore par d'autres agents non testés est susceptible de se produire. (30,31)

Lors d'une transfusion, comme dans tout apport intraveineux d'un produit « externe » à la personne, il existe un risque allergique dont les réactions peuvent aller du simple rash cutané, au choc anaphylactique, voire à l'arrêt cardiaque. En fonction des sources, ces risques représentent la deuxième ou troisième cause d'événements indésirables liés à l'administration de PSL, et doivent être pris en compte lors de la réflexion sur la balance bénéfice/risque d'une transfusion. (32) Par exemple, au Royaume Uni, le programme d'hémovigilance a recensé 66 réactions allergiques graves entre 2016 et 2019 pour un total de plus de 9,5 millions de composants sanguins distribués. (33)

Le risque immunologique peut être en cause dans ces événements indésirables. Du fait de la variabilité génétique des individus, les globules rouges transfusés sont porteurs d'antigènes inconnus du receveur. En réaction, le receveur va produire des anticorps irréguliers pouvant donner lieu à une hémolyse. Afin de diminuer cette probabilité d'immunisation, une sélection des CGR en fonction des systèmes d'antigènes prédominants ABO et rhésus, ainsi qu'un dosage d'anticorps irréguliers, sont réalisés. En pratique ce risque est inférieur à 1 pour 1000 CGR transfusés. (34) D'autres réactions immunologiques existent, les plus fréquentes sont les réactions fébriles non hémolytiques et les tremblements, liées à la présence de cytokines

pyrogéniques dans le corps du donneur. Ces réactions sont considérées comme modérées et sans risque vital. Les autres complications, bien plus rares, comprennent les hémolyses liées à des anticorps passifs, les réactions liées à des groupes leucocytaires, une immunisation anti-leucocytaire, une immunisation liée à des antigènes plaquettaires ou de plasma résiduel, d'immunoglobulines E ou encore une transfusion d'allergène. (34) La complication la plus grave et pourvoyeuse d'une forte morbi-mortalité est représentée par le syndrome respiratoire aigu post-transfusionnel (TRALI). (35) Plusieurs procédures sont utilisés pour diminuer ces risques, avec notamment la déleucocytation, la déplasmatisation ou l'irradiation. (34)

iii. Coût humain et financier

En France, l'EFS gère les activités de collecte, préparation, qualification, distribution et fournit plus de 1900 établissements de santé.

La transfusion sanguine utilise des produits issus de l'humain et s'appuie donc sur la générosité des donateurs dès la base de la chaîne transfusionnelle. En France, le don du sang est anonyme, gratuit, sans profit, et basé sur le volontariat. (13) Sur ces principes de don bénévole, elle n'est pas une ressource dont nous disposons à profusion. En 2022, pour la première fois de son histoire et après deux années de tension lié à la crise sanitaire du Covid ayant affecté la collecte de sang, l'EFS publiait un bulletin d'urgence vitale devant des stocks en dessous du seuil de sécurité, et rappelait que 10 000 dons étaient nécessaires chaque jour pour absorber les demandes. (36)

Sur le plan financier, chaque poche de PSL a un coût due au prélèvement, à la préparation, à la qualification biologique et à la distribution aux établissements de santé. Le tarif de cession des PSL est fixé par l'état, il est par exemple de 207,87 euros pour un CGR homologué. (37) Néanmoins, le coût total d'utilisation d'un PSL ne se limite pas seulement à sa fabrication et sa distribution. Il faut prendre en compte l'ensemble de la chaîne, de sa fabrication jusqu'à la transfusion en elle-même. Une étude américaine a montré que le coût total de transfusion d'un PSL serait finalement 3 à 5 fois plus important que son coût de base. (38)

La transfusion est l'une des cinq thérapeutiques hospitalières les plus surutilisées. (39) Ainsi, limiter les transfusions péri-opératoires permet de diminuer les effets indésirables mais aussi de réduire les coûts de santé qui y sont liés. (40)

Chapitre 2. Patient Blood Management

A. Définition

Selon la Haute Autorité de Santé (HAS), le PBM est « une démarche organisationnelle innovante qui permet d'optimiser la prise en charge des patients devant avoir une intervention chirurgicale à risque hémorragique ». Elle définit aussi ses objectifs qui sont d'éviter le recours à une transfusion, d'éviter l'aggravation ou l'apparition d'une anémie et d'en améliorer sa tolérance en péri-opératoire. (41)

Toujours selon cette même autorité, elle repose sur 3 piliers :

- L'optimisation de la masse sanguine du patient
- La minimisation des pertes sanguines
- L'amélioration de la tolérance du patient à l'anémie

L'ensemble de ces mesures va de pair avec la RAAC et permet une prise en charge optimisée de chaque patient.

Dans la suite de cette introduction, nous nous étendrons en détail sur les objectifs du PBM, avec la description des 3 piliers de la phase préopératoire jusqu'à la phase post-opératoire.

B. Les étapes de mise en œuvre du PBM

I. Phase préopératoire et anémie

a. L'anémie

i. Définition et prévalence

Selon l'organisation mondiale de la santé (OMS), l'anémie est caractérisée par une quantité anormalement faible de globules rouges ou d'hémoglobine dans le sang. Elle est généralement définie par un taux d'hémoglobine inférieur à 12 g/dL pour les femmes et inférieur à 13 g/dL chez les hommes. Toujours selon cette même organisation, plus de 1,6 milliard de personnes dans le monde seraient touchées par l'anémie. (42) La cause la plus fréquente est l'anémie par carence martiale, que cela soit dans la population générale ou chez les patients de chirurgie

cardiaque. (43,44) Chez les patients adultes devant subir une chirurgie cardiaque, elle est très fréquente, avec une prévalence estimée à 30%. (45)

ii. Physiopathologie

Pour rappel, la fonction principale de l'érythrocyte (ou globule rouge (GR)) est de capter l'oxygène inhalé par les poumons, et de le transporter vers les tissus du corps, via une molécule appelée hémoglobine. Cette dernière est constituée de 4 chaînes de protéines (chacune nommée globine) et de molécules d'hème qui contiennent des ions de fer. Chaque ion de fer va pouvoir se lier à une molécule d'oxygène, et ainsi capter l'oxygène au niveau des poumons afin de former de l'oxyhémoglobine pour ensuite se déplacer vers les tissus du corps, libérer l'oxygène aux tissus et former la désoxyhémoglobine. Un déficit de l'érythropoïèse va ainsi entraîner une anémie et un déficit d'apport d'oxygène aux organes appelé hypoxémie. Lors d'une anémie, des récepteurs situés dans le rein vont détecter l'hypoxie induite et sécréter de l'érythropoïétine (EPO) afin d'augmenter l'érythropoïèse. Dans la moëlle osseuse, l'EPO va se fixer sur un récepteur nommé EPOR présent sur les cellules souches hématopoïétiques et permettre leur différenciation en érythroblaste puis en réticulocyte, et enfin en érythrocyte.

Afin d'assurer une érythropoïèse optimale, un certain nombre d'éléments doivent être présents en quantité adéquates dans la moëlle osseuse, notamment le fer et les vitamines B9/B12 qui nous intéressent particulièrement pour le PBM.

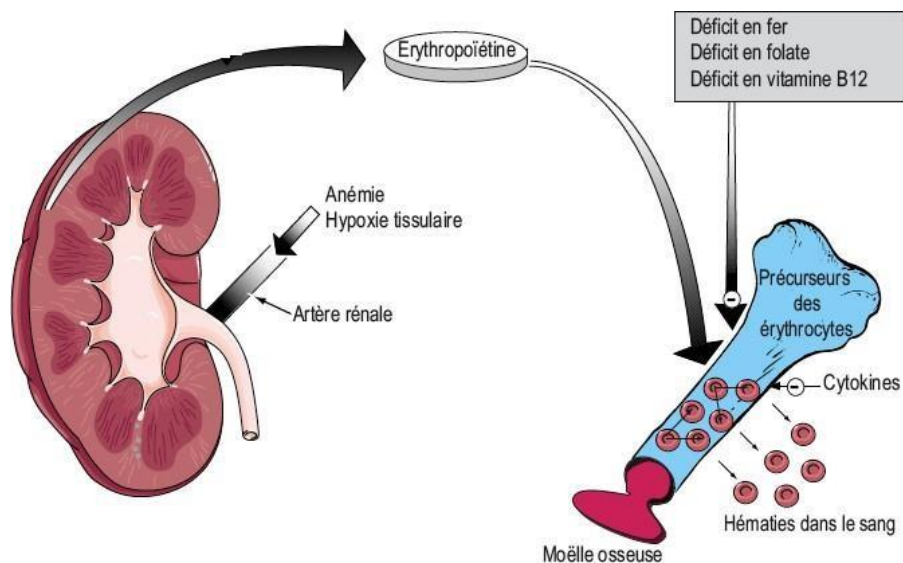


Schéma du lien entre anémie et déficit en fer et vitamine B9/B12. (46)

Le fer provient de l'alimentation végétale et animale. Une fois absorbé, il est stocké dans la moelle osseuse, le foie et la rate, dans un composé protéique nommé ferritine. Lorsque l'EPO stimule la production de GR, le fer est libéré du stockage, se lie à son transporteur sanguin, la transferrine, puis est amené jusqu'à la moelle osseuse où il se fixe aux précurseurs érythrocytaires. C'est lors de cette érythropoïèse que les vitamines B9 et B12 vont jouer un rôle important dans la synthèse de l'ADN des GR.

Une fois formé, le GR va rester dans la circulation sanguine durant environ 120 jours, après quoi il sera détruit. Ses composants seront recyclés dans le foie et la rate. (47) Le cycle de l'érythropoïèse est résumé dans le schéma 1 en annexe.

iii. Risques de complications post-opératoires liés à l'anémie

L'anémie est pourvoyeuse d'une morbi-mortalité propre. De multiples études ont montré son impact négatif en chirurgie cardiaque, avec une augmentation significative du nombre d'AVC, d'insuffisance rénale aigüe, de fibrillation atriale, d'infection, de MTEV, de décompensation cardio-respiratoire, mais aussi de la durée de séjour hospitalier. (44,48–50) De plus, que l'anémie soit légère, modérée ou sévère, il a été montré que celle-ci entraîne une majoration de la mortalité per et post-opératoire à 30 jours. (51,52) Même sans anémie, une simple carence martiale est elle aussi associée à une morbidité plus élevée. (44)

iv. Gestion de l'anémie préopératoire

Plusieurs études ont montré une réduction significative des transfusions de CGR lorsque l'anémie est identifiée et corrigée (53,54), et cela même si la correction intervient dans la période préopératoire immédiate. (55,56) Comme mentionné précédemment, la cause la plus fréquente d'anémie préopératoire est la carence en fer. Les directives préopératoires internationales et les programmes de réhabilitation améliorée après chirurgie (RAAC) recommandent d'identifier et de corriger à la fois l'anémie et la carence martiale. (10,11) Il convient donc de supplémenter en fer et en EPO en préopératoire, quitte à différer l'intervention pour les patients stables et programmés, avec un délai optimal de trois à quatre semaines avant la chirurgie. La supplémentation en vitamine B9 et B12 est aussi nécessaire. Lorsque ces carences sont prises en charge et l'anémie corrigée, il a été montré que cela réduisait significativement la morbi-mortalité ainsi que la durée d'hospitalisation. (50,57)

b. Gestion de la coagulation

Pour les patients sous traitement anti-agrégant ou anti-coagulant, il convient de les adapter en prenant en compte d'une part, le type de chirurgie et, d'autre part, le risque hémorragique et thrombotique.

Pour l'acide acétylsalicylique (AAS), utilisé à faible dose, il augmente la quantité de saignement lors d'une intervention, mais diminue aussi les événements cardio-vasculaires post-opératoire avec une balance bénéfique/risque qui semble en faveur de ces derniers. (58) La prévention des événements thrombotiques semble plus importante que le risque de saignement péri-opératoire, excepté pour les chirurgies et pathologies complexes. Cela plaide en faveur de la poursuite de l'AAS dans la plupart des chirurgies cardiaques. (10)

Pour les inhibiteurs de P2Y12, ces anti-agrégants augmentent le risque de saignement, de transfusion, de reprise chirurgicale (59,60) et doivent donc être arrêtés en préopératoire lorsque cela est possible, en respectant les durées adaptées à la pharmacocinétique de chaque molécule. (10)

Pour les anticoagulants, compte tenu de la balance bénéfique risque fortement en faveur des effets néfastes, que cela soit pour les anticoagulants oraux, les antivitamines K, ou encore l'héparine, ils devront être stoppés de quelques heures à quelques jours avant la chirurgie en fonction de la molécule. (61–64)

Un relai d'anticoagulant, afin d'arrêter le traitement au plus proche de la chirurgie et sans en avoir les impacts négatifs, ne sera réalisé que dans quelques situations à très haut risque thrombo-embolique tels que l'embolie pulmonaire récente, la présence d'une valve prothétique mécanique ou d'une fibrillation atriale emboligène. (10)

II. Phase peropératoire - Interventions pour minimiser les pertes sanguines

a. Maintien de la normothermie

Pour rappel, le processus de coagulation nécessite un environnement favorable avec une température et un pH optimal. En effet, l'hypothermie et l'acidité peuvent réduire la capacité de génération de la thrombine et ainsi altérer l'hémostase du patient. Le maintien de la normothermie est recommandé par les différentes sociétés savantes. (10) Plusieurs études montrent que la normothermie en chirurgie cardiaque réduit la transfusion de CGR, PFC et CPA. De plus, l'hypothermie semble provoquer plus d'insuffisance rénale aigue et un séjour

en réanimation plus long. En revanche en CEC, l'utilisation de la normothermie ou de l'hypothermie ne semble pas avoir d'impact direct sur la mortalité. (65,66)

b. Utilisation d'antifibrinolytique

Le traitement par antifibrinolytique est un pilier en peropératoire dans la stratégie du PBM. Elle est, elle aussi, recommandé par les sociétés savantes. (10) Les antifibrinolytiques sont des agents hémostatiques utilisés pour prévenir les pertes excessives de sang associée à une dégradation des caillots de fibrine par action de la plasmine, appelé fibrinolyse. Deux molécules sont actuellement utilisées : l'acide tranexamique (TXA) et l'aprotinine.

Pour ce qui est du TXA, plusieurs essais et méta analyses versus témoin ont largement montré son bénéfice en chirurgie cardiaque pour réduire les saignements, les transfusions et les reprises pour saignement. Son mécanisme d'action est une inhibition spécifique de la conversion du plasminogène en plasmine. L'utilisation de fortes doses (100 mg/kg) par rapport à de faibles doses (50 mg/kg) ne provoque pas plus de crise convulsive comme effet secondaire, mais réduit de manière significative les pertes sanguines et le nombre de transfusion. (67–70)

L'aprotinine, seul traitement antifibrinolytique historiquement, a longtemps été retirée du marché à la suite d'un essai qui trouvait des taux de mortalité plus élevés chez les patients de chirurgie cardiaque opérés sous aprotinine que ceux sous TXA. (71) Néanmoins devant cet essai comportant de nombreux biais et une méta-analyse ne montrant aucun effet indésirable de l'aprotinine contre placebo et d'autres agents (72), la levée de suspension a été décidé par l'agence européenne du médicament. (73) De multiples études antérieures et postérieures à cette période de suspension ont montré que l'aprotinine apporte un bénéfice supplémentaire significatif en termes de diminution des pertes sanguines et de transfusion en comparaison au TXA. Actuellement, son autorisation de mise sur le marché (AMM) parue en 2017 permet son utilisation uniquement lors de la réalisation sous CEC d'un PAC isolé à risque hémorragique (patient sous bithérapie anti-plaquettaire ou chirurgie redux). (74,75) Récemment, une équipe française a même montré, qu'en plus du bénéfice pour le patient via la diminution des transfusions et de la durée de séjour en réanimation en comparaison au TXA, l'aprotinine apportait un bénéfice en termes de coût pour l'hôpital avec une différence de près de 3000 euros par séjour et par patient ayant subi une chirurgie cardiaque à haut risque. (76)

c. Seuils transfusionnels : stratégie restrictive

Le seuil transfusionnel lors d'une CEC est différent de celui utilisé en post-opératoire. Cela est expliqué par la possibilité malgré l'anémie de préserver la délivrance en oxygène (DO₂) aux tissus via l'augmentation du débit de pompe de CEC. La société européenne de chirurgie cardio-thoracique recommande avec un grade I de transfuser sous le seuil de 6 g/dL d'hémoglobine et, avec un grade IIb de transfuser lorsque l'hématocrite est entre 18 et 24%, tout en prenant en compte l'oxygénation tissulaire. (77) En effet, une étude rétrospective a montré l'intérêt d'une transfusion de CGR dans les cas où la saturation veineuse en oxygène (SvO₂) est inférieure à 68% et/ou le ratio d'extraction de l'oxygène (REO₂) est supérieur à 39%. (78)

d. Récupération du sang peropératoire

La récupération du sang en peropératoire est une technique récente, qui est utilisée lors des chirurgies à risque hémorragique. Un dispositif d'autotransfusion nommé « cell saver » est utilisé et permet de collecter le sang lors de la chirurgie, de le traiter et de le retransfuser au patient. Son utilisation a déjà été étudié en chirurgie cardiaque, et bien que des résultats ambivalents semblent sortir, comme une méta-analyse récente qui ne retrouve pas d'impact de l'utilisation d'un cell saver sur la transfusion de CGR, PFC et culot plaquettaire, (79) un grand nombre d'autres méta-analyses trouvent, elles, que l'utilisation du cell saver permet une diminution du taux de transfusion de CGR. (80,81)

Concernant les effets secondaires, il n'a pas été trouvé d'incidence de récurrence hémorragique plus élevée, ni de morbidité et mortalité plus élevée liée à l'utilisation du cell saver. (80,81) Néanmoins, il semblerait que la retransfusion d'un grand volume de sang (>1000 mL) puisse altérer la coagulation. (82)

Les dernières recommandations de RAAC en chirurgie cardiaque considèrent, avec un grade II+, qu'il est probablement recommandé d'utiliser un cell saver en peropératoire. (11)

e. Individualisation de la titration héparine/protamine

En chirurgie cardiaque, l'utilisation d'un anticoagulant en peropératoire est essentiel pour éviter l'apparition d'évènement thrombo-embolique lié à l'utilisation de la CEC.

L'anticoagulant utilisé est l'héparine non fractionnée. Le bon dosage du traitement anticoagulant est testé directement en salle d'intervention par la mesure du temps de coagulation activé (ACT). (10) Si un excès d'héparine est trouvé, ou bien lorsque la CEC est

terminée, pour inhiber l'action anticoagulante et ainsi diminuer les saignements post-opératoires, une dose de protamine basée sur la dose totale d'héparine injectée, est utilisée et vient neutraliser l'héparine.

L'individualisation de la titration de l'héparine et de la protamine est plus efficace que le dosage standard pour réduire les saignements post-opératoires après une CEC, mais nécessite d'être plus précis dans les doses. (83) En effet, la dose d'inhibition de l'héparine en chirurgie cardiaque semble être d'un rapport protamine/héparine de 0,6 à 1, et lorsque ce rapport est supérieur à 1, un surrisque de perte de sang à 12h post-opératoire survient. (84)

III. Phase post-opératoire

a. Seuils transfusionnels : stratégie restrictive

La SFAR recommande avec un grade 1+ de suivre une stratégie transfusionnelle restrictive, avec un seuil de transfusion entre 7,5 et 8 g/dL, chez les patients de soins critiques en post-opératoire de chirurgie cardiaque. Elle recommande aussi, toujours dans cette stratégie restrictive, de transfuser un seul CGR à la fois puis de réévaluer l'indication transfusionnelle, afin d'éviter toute transfusion non nécessaire. (85)

Pour appuyer ces recommandations plusieurs méta-analyses s'intéressant à la transfusion libérale versus restrictive ont été publiées ces dernières années. Elles montrent une absence de différence sur la mortalité à 30 jours et 6 mois, ainsi que sur la survenue d'évènements indésirables tels que l'insuffisance rénale aigue, l'infarctus du myocarde, les infections, les AVC. (86–88)

La transfusion d'un seul CGR à la fois est un élément clef de la stratégie restrictive s'intégrant dans un programme de PBM. Il a été montré dans une étude avant et après implantation d'un programme de PBM, que la transfusion unitaire était associée à une diminution de 2 à 1,5 CGR par épisode transfusionnel, sans augmentation de la morbi-mortalité. (89,90)

b. Tests viscoélastiques

Les tests viscoélastiques (TVE) sont une technologie récente permettant d'évaluer les propriétés viscoélastiques du sang, en particulier la coagulation et la fibrinolyse. Les deux systèmes les plus utilisés sont la thromboélastographie et la thromboélastométrie. Ils permettent de surveiller en temps réel et de guider le traitement des troubles de la coagulation lors de la chirurgie, de manière bien plus rapide que le dosage standard de la coagulation. (91) Les deux systèmes mentionnés précédemment permettent tous les deux de cibler le trouble de

coagulation en cause et de traiter la bonne cible, notamment lors de la présence de résidus d'héparine ou bien d'un manque de fibrinogène. Ils sont recommandés pour une utilisation en chirurgie cardiaque, en association avec un algorithme, ou ils permettent une réduction significative des saignements et des transfusions. (91,92) De plus, ils permettent une diminution statistiquement significative des reprises chirurgicales, des événements thrombo-emboliques et des insuffisances rénales post-opératoires. (93)

Dans notre étude a été utilisé le système à cartouche Quantra, récemment commercialisé. Il permet l'étude des paramètres d'hémostase viscoélastiques via sonorhéométrie, comprenant le temps de coagulation (CT), le temps de coagulation avec héparinase (CTH), le ratio CT/CTH, la rigidité globale du caillot et la contribution des plaquettes et du fibrinogène à la constitution du caillot. (94) Le Quantra montre des résultats bien corrélés avec les versions plus anciennes de TVE, mais l'utilisation de cartouche permet une meilleure stabilité et une utilisation au chevet du patient, par rapport aux modèles préexistants. (95)

c. Diminution de la spoliation sanguine

La SFAR recommande sur avis d'experts de diminuer le volume et le nombre de prélèvements sanguins en réanimation pour diminuer l'incidence de l'anémie et de la transfusion. Il faut que la prescription d'un examen sanguin soit justifiée, les volumes prélevés réduits et qu'un système de restitution du sang soit utilisé. Une des techniques proposées est l'utilisation de tubes de petit volume, qui semble être efficace. Cette stratégie de bon sens sur la spoliation sanguine a été insuffisamment étudié jusqu'à présent. (85,96)

OBJECTIFS

Toutes les interventions précédemment décrites sont utiles de manière individuelle pour réduire le risque de saignement et de transfusion sanguine en chirurgie cardiaque. Néanmoins, l'impact de la combinaison de ces interventions dans un ensemble stratégique de gestion personnalisée du capital sanguin (PBM) péri-opératoire a été peu étudié (97), et a été réalisé la plupart du temps avant la levée de la suspension de l'AMM de l'aprotinine et sans le TVE sonorhéométrique de nouvelle génération. Rendre compte de l'efficacité de telles interventions, pourraient également contribuer à une meilleure adhésion aux recommandations publiées (98), dans la mesure où leur mise en œuvre dans la pratique clinique reste insuffisante. (99,100)

L'objectif principal de l'étude est d'observer l'incidence de transfusion de CGR en peropératoire et dans les 48 heures post-opératoire, avant et après introduction du protocole PBM.

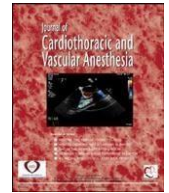
Les objectifs secondaires étaient la transfusion de CGR à J30 et J90, la transfusion peropératoire et jusqu'à 48h post-opératoire de PFC, culot plaquettaire, fibrinogène, ainsi que l'apparition des défaillances d'organes et morbidités suivantes : AVC, ventilation mécanique >24 heures, défaillance hémodynamique, épuration extra-rénale en réanimation, mortalité à J30, durée de séjour en réanimation et hospitalier.



Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia

journal homepage: www.jcvaonline.com



Original Article

Red Blood Cell Transfusion Requirements Before and After Implementation of a Perioperative Patient Blood Management Program in Adult Patients Undergoing Cardiac Surgery. A Before and After Observational Study

Jeremie Czarnecka, MD^{*}, Arthur Neuschwander, MD^{*},¹
 Thomas Aujoulat, MD^{*}, Adrien Balmier, MD^{*},
 Dominique Belcour, MD^a, Boris Boulanger, MD^a,
 Caroline Bourgain, MD^{*}, Margot Caron, MD^a, Gabor Kiss, MD^{*},
 Mathilde Larghi, MD^{*}, Christophe Lebard, MD^{*},
 Vincent Mellano, MD^{*}, Jonathan Larson, MD^{*},
 Blandine Megroian, MD^{*}, Anaelle Lefrançois, MD^{*},
 Sylvain Fox, MD^{*}, Arnaud Pollet, MD^{*}, Pierre Bourgoin, MD^{*,X},
 Guillaume Biland, MD^Y, Eric Braunberger, MD, PhD^Y,
 Guillaume Maccio, MD^Z, Benjamin Delmas, MD^{*}

^{*}Department of Anaesthesia and Critical Care for Cardiovascular and Thoracic Surgery, Felix Guyon University Hospital, Saint-Denis, Reunion, France

¹Cardiovascular and Thoracic Surgery, Felix Guyon University Hospital, Saint-Denis, Reunion, France

^aFrench Blood Establishment, Felix Guyon University Hospital, Saint-Denis, Reunion, France

^XDepartment of anesthesiology, University Hospital, Nantes, France

Objectives: Anemia and transfusion are common in cardiac surgery patients, and are associated with significant morbidity and mortality. Multiple perioperative interventions have been described to reduce blood transfusion, but are rarely combined altogether. The aim of this study was to compare the incidence of red blood cell (RBC) transfusion in adult patients undergoing cardiac surgery before and after the implementation of a perioperative patient blood management (PBM) program.

Design: Before-and-after observational study.

Setting: Single-center French university teaching hospital.

Participants: Adult patients scheduled for cardiac surgery.

Interventions: Perioperative patient blood management program including pre-, intra-, and postoperative interventions aimed at identifying and correcting anemia, minimizing blood loss during surgery, and optimizing coagulation.

Measurements and Main Results: Four hundred thirty-four patients were included in the study from January 2021 to July 2022. The incidence of perioperative RBC transfusion (intraoperatively and during the first 2 postoperative days) was significantly reduced from 43% (90/213) in the pre-PBM period to 27% (60/221) in the post-PBM period ($p < 0.001$). The application of a PBM program was associated with a reduction in perioperative RBC transfusion by multivariate analysis (odds ratio 0.55, 95% CI 0.36-0.85, $p = 0.007$), and was associated with a reduction in the median number of RBC units transfused within transfused patients ($p = 0.025$). These effects persisted at day 30 after surgery ($p = 0.029$).

¹Address correspondence to Dr. Arthur Neuschwander, Department of Anaesthesia and Critical Care for Cardiovascular and Thoracic Surgery, Felix Guyon University Hospital, Saint-Denis, Reunion Island, France.

E-mail address: arthur.neuschwander@chu-reunion.fr (A. Neuschwander).

<https://doi.org/10.1053/j.jvca.2023.10.023>

1053-0770/© 2023 Elsevier Inc. All rights reserved.

Conclusion: A perioperative PBM program in adult patients undergoing cardiac surgery was associated with a significant reduction in perioperative RBC transfusion, which persisted at day 30.

© 2023 Elsevier Inc. All rights reserved.

Key Words: anemia; transfusion; patient blood management; perioperative; cardiac surgery

CARDIAC SURGERY, with or without cardiopulmonary bypass (CPB), remains a cornerstone of coronary and/or vascular heart disease patients' management.^{1,2} It is associated, nevertheless, with significant perioperative blood loss and an estimated incidence of blood transfusion of approximately 40%.³ Preoperative anemia, usually defined as hemoglobin levels below 12 g/dL for women and 13 g/dL for men, is common in adult patients scheduled for cardiac surgery, with an estimated prevalence of around 30%.⁴ Both anemia and transfusion have been linked to significant postoperative morbidity and mortality.⁵⁻⁹ Multiple interventions have been described to reduce anemia and/or blood transfusion in the pre-, intra-, and postoperative periods for patients undergoing cardiac surgery. International preoperative guidelines and enhanced recovery programs from various scientific societies recommend identifying and correcting both anemia and iron deficiency.^{10,11} Studies have shown a significant reduction in red blood cell (RBC) transfusion when anemia is identified and corrected,^{12,13} even in the immediate preoperative period.^{14,15} Intraoperatively, several interventions are recommended to maintain homeostasis and minimize blood loss, such as maintaining normothermia during CPB, individualizing heparin and protamine titration, reducing transfusion thresholds during CPB, using cell-salvage devices systematically, and administering antifibrinolytic therapy.^{10,16} Postoperatively, bedside viscoelastic testing and restrictive hemoglobin transfusion thresholds also have been associated with reductions in blood loss and RBC transfusion.¹⁷ The impact of combining these interventions into a perioperative patient blood management (PBM) strategy bundle has been investigated only sparingly,¹⁸

and was conducted mostly before the lifting of aprotinin market authorization suspension and without new-generation sonorheometric viscoelastic testing. Reporting the efficiency of such interventions also could contribute to better adherence to published guidelines,¹⁹ as implementation in clinical practice remains insufficient.^{20,21} The authors' hypothesis was that a comprehensive perioperative PBM program combining pre-, intra, and postoperative interventions could be associated with a significant reduction in perioperative RBC transfusion in adult patients undergoing cardiac surgery.

Patients and Methods

Ethical approval (IRB 00010254-2022-118) was provided by an institutional ethics committee (Comité d'éthique de la Société Française d'Anesthésie-Réanimation, Paris, France, Chair: Dr. Billard) on January 9, 2023 and data management followed French legislation (CNIL n° 1221925).

Patients

All consecutive adult patients undergoing cardiac surgery in a French university teaching hospital were included retrospectively in 2 separate periods. The first period (pre-PBM period) lasted from January 1, 2021 to July 1, 2021, representing baseline practice. Perioperative PBM was implemented in the authors' center through academic presentations and procedure training, repeated over a 6-month period. The second inclusion period (post-PBM period) extended from January 1, 2022 to

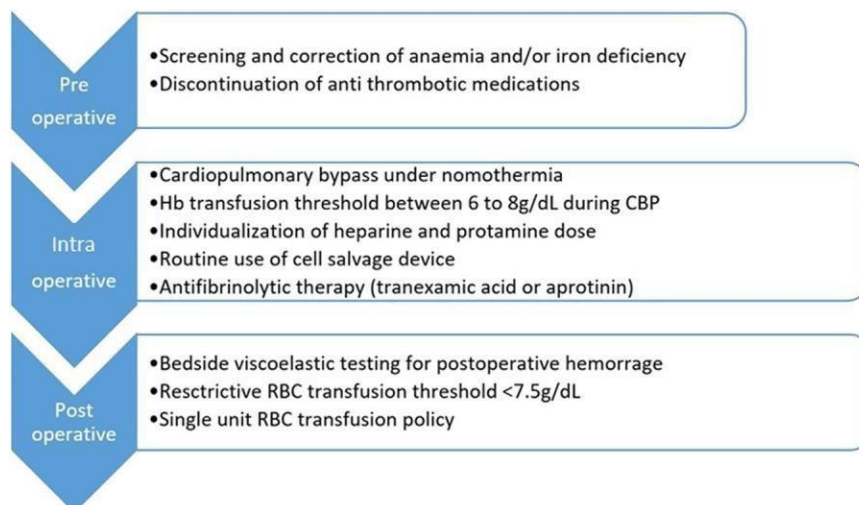


Fig 1. Perioperative patient blood management program.

July 1, 2022. Patients needing emergency surgery (within 24 hours of admission) were excluded from the analysis.

Perioperative PBM Program

A perioperative PBM program was implemented in the authors' center during a 6-month period, and included several interventions (Fig 1).

In the preoperative period, anemia and iron deficiency were identified and defined as a hemoglobin (Hb) level <13 g/dL and ferritin level <100ng/L and/or transferrin saturation coefficient <20%, respectively. Correction of anemia with iron deficiency was achieved with intravenous iron (ferric carboxymaltose) and erythropoietin (darbepoetin alpha). In the case of noniron deficiency anemia, a combination of erythropoietin and vitamins B9 and B12 was administered to the patient. The treatment target was to achieve a preoperative Hb level greater than 13 g/dL, and postpone surgery if necessary. A detailed protocol for preoperative PBM is available in the supplemental material. Management and/or discontinuation of antithrombotic medication followed the most recent guidelines.²²

In the intraoperative period, the following interventions were carried out: (1) CPB was performed in normothermia, and Hb threshold during CPB was reduced as recommended and detailed below¹⁶; (2) heparin and protamine doses were individualized using the HMS device (Medtronic, Inc, Minneapolis, MN); (3) cell salvage was used routinely, and the collected blood was systematically processed; and (4) antifibrinolytic therapy, either with tranexamic acid or aprotinin, was systematically administered according to guidelines and bleeding risk.²³

In the postoperative period, PBM was achieved through 2 specific strategies. (1) Bedside sonorheometric viscoelastic testing (Quantra, Hemosonics, Durham, NC) was immediately performed to optimize coagulation in cases of postoperative bleeding (>1mL/kg/h). (2) A restrictive transfusion threshold of 7.5 g/dL of hemoglobin was applied along with a single-unit transfusion policy.

Anesthesia and Surgery

Anesthesia and surgical techniques did not differ between the 2 time periods. Anesthesia was induced and maintained using target-controlled propofol and sufentanil infusions. Intubation was performed after intravenous atracurium administration, and protective perioperative ventilation settings were applied. A central venous catheter and a radial artery catheter were placed in all patients. Multimodal analgesia, including transversus thoracic muscle plane block, was performed for every patient. Surgery was performed via a median sternotomy. Single or double vena cava and the ascending aorta were cannulated for extracorporeal circulation. Cardiopulmonary bypass priming was performed with 1,100 mL of a balanced crystalloid solution. Anticoagulation during CPB was achieved using unfractionated heparin to reach a target-activated clotting time of 400 seconds. Red blood cell transfusion during CPB was systematic for Hb levels <6 g/dL, and evaluated

according to tissue perfusion markers for Hb levels between 6 and 8 g/dL. Off-pump cardiac surgery could be performed at the discretion of the attending surgeon, with a target-activated clotting time of 250 seconds. Antagonization with protamine after discontinuation of CPB was achieved and monitored via the HMS device (Medtronic). All patients were transferred to a single intensive care unit for postoperative management.

Data Collection and Outcomes

The following data were recorded for each patient: demographic and morphologic data, cardiovascular risk factors, EuroSCORE II risk factors, and intraoperative variables, including CPB and aortic cross-clamping time. Hemoglobin, ferritin, and transferrin saturation coefficient levels were recorded 3 weeks before surgery and on day 1 preoperatively. The primary outcome was the incidence of RBC transfusion during the intraoperative period and the first 2 postoperative days (defined as "perioperative RBC transfusion"). Secondary outcomes included the median number of RBC units transfused, the incidence of overall blood product transfusion during the first 2 postoperative days, and the incidence of RBC transfusion at day 30 and day 90. Intensive care unit (ICU) and hospital lengths of stay, major postoperative complications, and mortality at day 30 also were collected.

Statistical Analysis

Continuous variables are presented as median (first to third interquartiles). Categorical variables are reported as count (percentage). Continuous variables were compared using the nonparametric Mann–Whitney U test. Categorical variables were compared using the χ^2 or Fisher exact tests as appropriate. The authors performed a multivariate analysis of the factors associated with perioperative RBC transfusion, using a logistic regression model with a stepwise selection procedure, including variables with a p value < 0.15. Collinearity and interactions were tested. The estimated number of subjects required to detect a reduction of RBC transfusion from 40% to 25% was 202 per group (n = 404). All tests were bilateral, with a p value < 0.05 considered to indicate statistical significance. All tests were performed with SPSS version 29.0.1.0 (IBM SPSS, Inc, Armonk, NY).

Results

Patients

A total of 434 patients were included, 213 in the pre-PBM period and 221 during the post-PBM period. Demographic characteristics are summarized in Table 1. Patients were mainly men (68%), with a median age of 63 years (56–70) and a median body mass index of 25 (23–29) kg/m². The main coexisting conditions were hypertension (72%), diabetes (47%), and chronic kidney disease (32%). Except for sex distribution, no significant differences in terms of patients' characteristics, preoperative antithrombotic medication, or

Table 1
Baseline Patient's Characteristics

	All Patients (N = 434)	Pre-PBM Period (n = 213)	Post-PBM Period (n = 221)	p Value
Demographic data				
Age, y	63 (56-70)	62 (55-68)	65 (57-70)	0.058
Male sex, n (%)	295 (68%)	135 (64%)	161 (73%)	0.035
BMI, kg/m ²	25 (23-29)	25 (23-29)	25 (23-29)	0.887
Coexisting condition				
Hypertension, n (%)	315 (72%)	148 (69%)	167 (76%)	0.156
Myocardial infarction <90 d, n (%)	91 (21%)	50 (23%)	41 (19%)	0.208
LVEF <50%, n (%)	82 (19%)	40 (19%)	42 (19%)	0.952
Chronic pulmonary disease, n (%)	18 (4%)	6 (3%)	12 (5%)	0.172
Chronic kidney disease, n (%)	138 (32%)	61 (29%)	78 (35%)	0.137
Renal replacement therapy, n (%)	20 (5%)	7 (3%)	13 (6%)	0.197
Diabetes, n (%)	205 (47%)	97 (46%)	106 (47%)	0.614
Chronic limb ischemia, n (%)	45 (10%)	21 (10%)	24 (10%)	0.757
Antithrombotic medication				
Aspirin, n (%)	300 (69%)	143 (67%)	157 (71%)	0.379
Dual antiplatelet therapy, n (%)	21 (5%)	11 (6%)	10 (4%)	0.762
VKA, n (%)	35 (8%)	15 (7%)	20 (9%)	0.454
EuroSCORE II risk stratification	1.8 (1-3.6)	1.9 (1-4.5)	1.7 (1-2.9)	0.221

NOTE. Values are median (IQR) and number (percentage).
Abbreviations: BMI, body mass index; LVEF, left ventricular ejection fraction; PBM, patient blood management; VKA, vitamin K antagonist.

predicted mortality (EuroSCORE II) were identified between the periods.

Procedures

Characteristics of surgical procedures are summarized in Table 2. The procedures mainly consisted of coronary artery bypass grafts in 59% (258/434), followed by valve surgery in 30% (130/434), with no imbalance between groups. The surgical procedure was performed under CPB for a vast majority of interventions (89%), with a median CPB duration of 146 minutes (107-194) and an aortic cross-clamping time of 104 minutes (74-146). Semiurgent surgery (within days after admission) was performed in 20 patients in the pre-PBM period (9%), and 23 patients in the post-PBM period (10%, $p = 0.721$).

Preoperative Hemoglobin and Iron Levels

Preoperative anemia was present in 47% (203/434), and preoperative iron deficiency in 60% (260/434) of patients in the overall population, with no significant differences between the 2 periods. Initial preoperative hemoglobin levels were not different between the groups 3 weeks before surgery in the pre-PBM and post-PBM periods (13 [11.4-14.5] ν 13.4 [12.2-14.3] respectively, $p = 0.122$). Immediate preoperative (day 1 before surgery) hemoglobin levels were statistically lower in the pre-PBM period when compared with the post-PBM period (12.9 [11.4-14.1] ν 13.6 [12.6-14.5], respectively, $p < 0.001$). The proportion of patients with immediate preoperative hemoglobin below 13 g/dL was 55% (118/213) in the pre-PBM period and 31% (69/221) in the post-PBM period ($p < 0.001$).

Table 2
Procedure Characteristics

	All Patients (N = 434)	Pre-PBM Period (n = 213)	Post-PBM Period (n = 221)	p Value
Type of surgery				
CABG, n (%)	258 (59%)	125 (58%)	133 (60%)	0.751
Valve surgery, n (%)	130 (30%)	62 (29%)	68 (31%)	0.705
Combined (valve + CABG), n (%)	37 (9%)	19 (9%)	18 (9%)	0.773
Aortic surgery, n (%)	9 (2%)	7 (3%)	2 (1%)	0.079
Procedure characteristics				
Semi-urgent surgery, n (%)	43 (10%)	20 (9%)	23 (10%)	0.721
CPB, n (%)	388 (89%)	192 (90%)	196 (89%)	0.623
CPB duration, min	146 (107-194)	149 (105-204)	145 (108-188)	0.760
Aortic clamping duration, min	104 (74-146)	103 (71-148)	104 (74-145)	0.584

NOTE. Values are median (IQR) and number (percentage).
Abbreviations: CABG, coronary artery bypass graft; CPB, cardiopulmonary bypass; PBM, patient blood management.

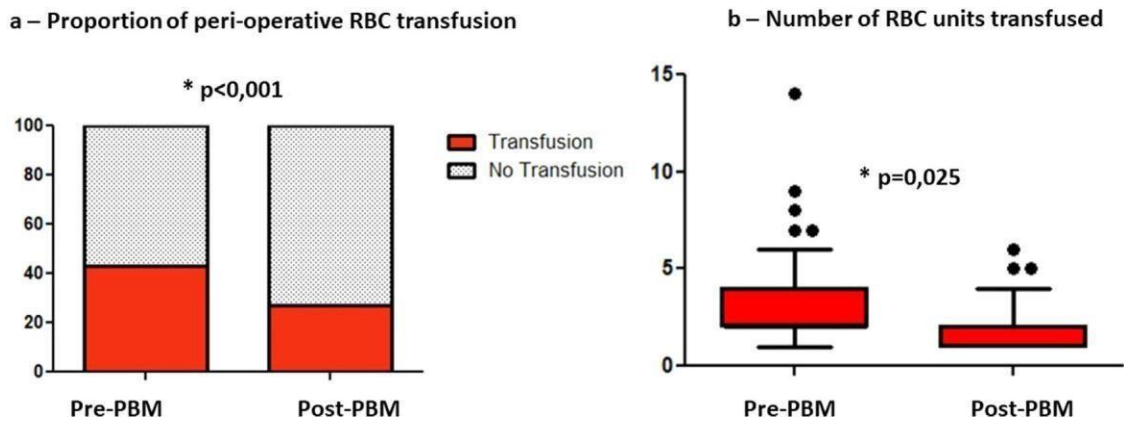


Fig 2. (A) Proportion of perioperative red blood cell transfusion. (B) Number of red blood cell units transfused.

Primary Outcome

The proportion of patients receiving perioperative RBC transfusion was 43% (90/213) in the pre-PBM period and 27% (60/221) in the post-PBM period ($p < 0.001$; Fig 2, A).

Secondary Outcomes

The proportion of patients receiving RBC transfusion was lower at day 30 ($p = 0.029$) and day 90 ($p = 0.029$) in the post-PBM period compared with the pre-PBM period, as presented in Table 3. Among patients receiving perioperative RBC transfusion, the median number of RBC units transfused was lower in the post-PBM period compared with the pre-PBM period (2 [1-2] v 2 [2-4], respectively, $p = 0.025$; Fig 2, B). There was a reduction in the proportion of perioperative plasma transfusion (16% v 9%, $p = 0.040$), but no differences in the proportion of perioperative platelet transfusion (18% v 16%, $p = 0.578$) or administration of fibrinogen (11% v 15%, $p = 0.259$) between the 2 periods.

The incidence of stroke, low-cardiac-outcome syndrome, or the need for renal replacement therapy did not differ in the pre-PBM and post-PBM periods, but the proportion of patients who were mechanically ventilated for longer than 24 hours was lower in the post-PBM period (8% v 16%, $p < 0.001$). Death on day 30 and ICU or hospital length of stay were not different.

Multivariate Analysis

The authors included variables associated with perioperative RBC transfusion in univariate analysis, with a p value < 0.15 (age, sex, semi-urgent surgery, body mass index, immediate preoperative hemoglobin level, CPB duration > 120 min, EuroSCORE II > 4 , and PBM). After removal of variables with collinearity and interactions, 3 variables were significantly associated with perioperative RBC transfusion: EuroSCORE II > 4 (odds ratio [OR] 4.70 [95% CI 2.85-7.76]), CPB duration > 120 minutes (OR 2.00 [95% CI 1.26-3.20]), and PBM (OR 0.55 [95% CI 0.36-0.85]).

Table 3
Postoperative Secondary Outcomes

	All Patients (N = 434)	Pre-PBM Period (n = 213)	Post-PBM Period (n = 221)	p Value
Transfusion				
Perioperative RBC transfusion, n (%)	150 (35%)	90 (43%)	60 (27%)	< 0.001
RBC transfusion at day 30, n (%)	197 (46%)	108 (51%)	89 (40%)	0.029
RBC transfusion at day 90, n (%)	197 (46%)	108 (51%)	89 (40%)	0.029
Perioperative plasma transfusion, n (%)	53 (12%)	33 (16%)	20 (9%)	0.040
Perioperative platelets transfusion, n (%)	73 (17%)	38 (18%)	35 (16%)	0.578
Perioperative fibrinogen transfusion, n (%)	57 (13%)	24 (11%)	33 (15%)	0.259
Organ failures in ICU				
Stroke, n (%)	15 (3%)	9 (4%)	6 (3%)	0.389
Mechanical ventilation > 24 h, n (%)	53 (12%)	35 (16%)	18 (8%)	< 0.001
Low cardiac output syndrome, n (%)	38 (9%)	17 (9%)	21 (10%)	0.575
Renal replacement therapy, n (%)	26 (6%)	10 (5%)	16 (7%)	0.264
Morbidity — mortality				
Death at day 30, n (%)	12 (3%)	7 (3%)	5 (2%)	0.515
Duration of ICU stay, d	3 (3-4)	3 (3-4)	3 (3-4)	0.134
Duration of hospital stay, d	14 (9-22)	14 (9-23)	13 (9-20)	0.104

NOTE. Values are median (IQR) and number (percentage).

Abbreviations: ICU, intensive care unit; PBM, patient blood management; RBC, red blood cells.

Discussion

In this observational monocentric before-and-after study, a perioperative PBM program was associated with a 33% relative reduction of RBC transfusion during the intraoperative period, and the first 2 postoperative days in adult patients undergoing cardiac surgery. This reduction in RBC transfusion remained significant in multivariate analysis, persisted at day 30 and day 90 after surgery, and was associated with a reduction in the median number of RBC units transfused in transfused patients. This reduction in transfusions was not correlated with significantly different outcomes regarding ICU organ support, ICU and hospital lengths of stay, or mortality.

Screening and correction of anemia are recommended in most guidelines, as well as enhanced recovery programs for cardiac surgery patients.^{10,11} The incidence of anemia, defined as Hb <13 g/dL regardless of sex in the authors' cohort, was around 50%, which was at the upper limit of what has previously been described in a systematic review of 16 studies.²⁴ A lower threshold of 12.5 g/dL was associated with a reduced incidence of preoperative anemia of 26% in a multicentric population of 3,500 patients.²⁵ In the authors' cohort, screening and correction of both anemia and iron deficiency led to a significant increase in the immediate preoperative hemoglobin level compared with the control group, comparable to what has been described previously by Klein et al.²⁶ This probably contributed to the reduction in transfusion requirements, as already demonstrated in other studies.^{13,15} The median number of RBC units transfused within transfused patients also was reduced in this study. This reduction has been described already with the implementation of restrictive thresholds and a single-unit transfusion policy during CPB²⁷ and postoperative follow-up in the ICU.¹⁷ The magnitude of the reduction in the incidence of transfusion was high, but comparable to those previously described in interventional protocols.^{12,15} This is an important result, as each unit of RBC transfusion has been strongly associated with a negative impact on morbidity and mortality in several studies.^{6,28} Point-of-care coagulation tests, which were routine in the authors' post-PBM period for postoperative bleeding, also have been shown to reduce RBC and plasma transfusion, along with an increase in fibrinogen transfusion, which was not significant in the authors' results.^{29,30} The cumulative effect of combining such interventions in a perioperative bundle has been described already by Scolletta et al., and showed positive results regarding transfusion reduction.¹⁸ This study incorporated specific measures, such as the use of new-generation viscoelastic testing devices, the reintroduction of aprotinin for selected high-risk patients, and postoperative reduced transfusion threshold, which differentiated it from previously published trials

This study had some limitations. First, the study design was observational and could lead to confusion bias. However, both of the groups, except for sex distribution, were comparable in terms of demographic and procedural characteristics. This sex imbalance was not associated with a preoperative difference in the incidence of anemia or different baseline preoperative hemoglobin levels before inclusion. Moreover, the impact of

perioperative PBM remained significant in multivariate analysis. Second, due to its monocentric design, generalizability could be limited. The authors' transfusion rate in the pre-PBM period was nevertheless comparable to the findings of Schwann et al., who reported an RBC transfusion rate of 43.7% in a cohort of 258,398 cardiac surgery patients of the Society of Thoracic Surgeons.²⁸ Additionally, this reduction in RBC transfusion incidence persisted until day 30 and day 90, after patients were transferred to the surgical ward and other units, where no specific interventions or follow-up were applied in the post-PBM period. Moreover, except for emergency, all consecutive patients were included in the study (ie, semiurgent or off-pump cardiac surgery leading to an unselected population more likely to be representative of cardiac surgery practice in other centers).² Third, the specific impact of each measure included in the perioperative PBM program has not been studied in the authors' cohort due to a lack of compliance data and planned statistical subanalysis. However, perioperative measures implemented in the authors' PBM program have been shown previously to reduce transfusion requirements, such as normothermia during CPB,³¹ systematic use of cell-savage devices,³² and antifibrinolytic therapy with either tranexamic acid^{33,34} or aprotinin with specific authorizations when patients were considered at high risk of bleeding.^{23,35} Finally, except for a reduction in mechanically ventilated patients, no significant positive or negative impact on patient outcomes was observed in this study, as it was likely underpowered to detect such effects.

In conclusion, the implementation of a perioperative patient blood management program in adult patients undergoing cardiac surgery was associated with a significant reduction in RBC transfusion during the intraoperative period and the first 2 postoperative days, persistent at day 30. These results should, however, be confirmed in a multicentric interventional study.

Declaration of Competing Interest

None.

Supplementary materials

Supplementary material associated with this article can be found, in the online version at doi:[10.1053/j.jvca.2023.10.023](https://doi.org/10.1053/j.jvca.2023.10.023).

References

- 1 Committee for Scientific Affairs, The Japanese Association for Thoracic Surgery, Shimizu H, et al. Thoracic and cardiovascular surgery in Japan in 2016: Annual report by The Japanese Association for Thoracic Surgery. *Gen Thorac Cardiovasc Surg* 2019;67:377–411.
- 2 D'Agostino RS, Jacobs JP, Badhwar V, et al. The Society of Thoracic Surgeons adult cardiac surgery database: 2019 update on outcomes and quality. *Ann Thorac Surg* 2019;107:24–32.
- 3 Kilic A, Whitman GJR. Blood transfusions in cardiac surgery: Indications, risks, and conservation strategies. *Ann Thorac Surg* 2014;97:726–34.
- 4 Alghamdi AA, Davis A, Brister S, et al. Development and validation of Transfusion Risk Understanding Scoring Tool (TRUST) to stratify cardiac surgery patients according to their blood transfusion needs. *Transfusion* 2006;46:1120–9.

- 5 Padmanabhan H, Siau K, Curtis J, et al. Preoperative anemia and outcomes in cardiovascular surgery: Systematic review and meta-analysis. *Ann Thorac Surg* 2019;108:1840–8.
- 6 Paone G, Likosky DS, Brewer R, et al. Transfusion of 1 and 2 units of red blood cells is associated with increased morbidity and mortality. *Ann Thorac Surg* 2014;97:87–93;discussion 93–4.
- 7 Karkouti K, Wijeyesundera DN, Yau TM, et al. The independent association of massive blood loss with mortality in cardiac surgery. *Transfusion* 2004;44:1453–62.
- 8 Kulier A, Levin J, Moser R, et al. Impact of preoperative anemia on outcome in patients undergoing coronary artery bypass graft surgery. *Circulation* 2007;116:471–9.
- 9 Hazen YJJM, Noordzij PG, Gerritse BM, et al. Preoperative anaemia and outcome after elective cardiac surgery: A Dutch national registry analysis. *Br J Anaesth* 2022;128:636–43.
- 10 Pagano D, Milojevic M, Meesters MI, et al. 2017 EACTS/EACTA Guidelines on patient blood management for adult cardiac surgery. *Eur J Cardiothorac Surg* 2018;53:79–111.
- 11 Mertes P-M, Kindo M, Amour J, et al. Guidelines on enhanced recovery after cardiac surgery under cardiopulmonary bypass or off-pump. *Anaesth Crit Care Pain Med* 2022;41:101059.
- 12 Weltert L, Rondinelli B, Bello R, et al. A single dose of erythropoietin reduces perioperative transfusions in cardiac surgery: Results of a prospective single-blind randomized controlled trial. *Transfusion* 2015;55:1644–54.
- 13 Liu H-M, Tang X, Yu H, et al. The efficacy of intravenous iron for treatment of anemia before cardiac surgery: An updated systematic review and meta-analysis with trial sequential analysis. *J Cardiothorac Surg* 2023;18:16.
- 14 Weltert L, D'Alessandro S, Nardella S, et al. Preoperative very short-term, high-dose erythropoietin administration diminishes blood transfusion rate in off-pump coronary artery bypass: A randomized blind controlled study. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2010;139:621–6;discussion 626–7.
- 15 Spahn DR, Schoenrath F, Spahn GH, et al. Effect of ultra-short-term treatment of patients with iron deficiency or anaemia undergoing cardiac surgery: A prospective randomised trial. *Lancet* 2019;393:2201–12.
- 16 Authors/Task Force Members, Kunst G, Milojevic M, et al. 2019 EACTS/EACTA/EBCP guidelines on cardiopulmonary bypass in adult cardiac surgery. *Br J Anaesth* 2019;123:713–57.
- 17 Murphy GJ, Pike K, Rogers CA, et al. Liberal or restrictive transfusion after cardiac surgery. *N Engl J Med* 2015;372:997–1008.
- 18 Scolletta S, Simioni P, Campagnolo V, et al. Patient blood management in cardiac surgery: The “Granducato algorithm. *Int J Cardiol* 2019;289:37–42.
- 19 Francke AL, Smit MC, de Veer AJE, et al. Factors influencing the implementation of clinical guidelines for health care professionals: A systematic meta-review. *BMC Med Inform Decis Mak* 2008;8:38.
- 20 Bolliger D, Erb JM, Buser A. Controversies in the clinical practice of patient blood management. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2021;35:1933–41.
- 21 Klein A, Agarwal S, Cholley B, et al. A survey of patient blood management for patients undergoing cardiac surgery in nine European countries. *J Clin Anesth* 2021;72:110311.
- 22 Halvorsen S, Mehilli J, Cassese S, et al. 2022 ESC Guidelines on cardiovascular assessment and management of patients undergoing non-cardiac surgery. *Eur Heart J* 2022;43:3826–924.
- 23 EMA/Eur. Med. Agency. Available at: <https://www.ema.europa.eu/en/news/european-medicines-agency-recommends-lifting-suspension-aprotinin>. Accessed November 11, 2023.
- 24 Hogan M, Klein AA, Richards T. The impact of anaemia and intravenous iron replacement therapy on outcomes in cardiac surgery. *Eur J Cardiothorac Surg* 2015;47:218–26.
- 25 Karkouti K, Wijeyesundera DN, Beattie WS, et al. Risk associated with preoperative anemia in cardiac surgery: A multicenter cohort study. *Circulation* 2008;117:478–84.
- 26 Klein AA, Chau M, Yeates JA, et al. Preoperative intravenous iron before cardiac surgery: A prospective multicentre feasibility study. *Br J Anaesth* 2020;124:243–50.
- 27 Shehata N, Burns LA, Nathan H, et al. A randomized controlled pilot study of adherence to transfusion strategies in cardiac surgery. *Transfusion* 2012;52:91–9.
- 28 Schwann TA, Vekstein AM, Engoren M, et al. Perioperative anemia and transfusions and late mortality in coronary artery bypass patients. *Ann Thorac Surg* 2023;115:759–69.
- 29 Bolliger D, Tanaka KA. Point-of-care coagulation testing in cardiac surgery. *Semin Thromb Hemost* 2017;43:386–96.
- 30 Albert A, Petrov G, Dittberner J, et al. The impact of intraoperative patient blood management on quality development in cardiac surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2020;34:2655–63.
- 31 Lee BR, Song JW, Kwak YL, et al. The influence of hypothermia on transfusion requirement in patients who received clopidogrel in proximity to off-pump coronary bypass surgery. *Yonsei Med J* 2014;55:224–31.
- 32 Carless PA, Henry DA, Moxey AJ, et al. Cell salvage for minimising perioperative allogeneic blood transfusion. *Cochrane Database Syst Rev* 2010;2010:CD001888.
- 33 Ker K, Edwards P, Perel P, et al. Effect of tranexamic acid on surgical bleeding: Systematic review and cumulative meta-analysis. *BMJ* 2012;344:e3054.
- 34 Myles PS, Smith JA, Forbes A, et al. Tranexamic acid in patients undergoing coronary-artery surgery. *N Engl J Med* 2017;376:136–48.
- 35 Colson P, Fellahi J-L, Gaudard P, et al. Cost analysis of aprotinin reintroduction in french cardiac surgery centres: A real-world data-based analysis. *Adv Ther* 2023;40:1803–17.

DISCUSSION

Dans cette étude observationnelle monocentrique avant/après, un programme péri-opératoire de gestion personnalisée du capital sanguin a été associé à une réduction relative de 33% de la transfusion de CGR durant la période peropératoire et les 2 premiers jours post-opératoires chez les patients adultes ayant bénéficié d'une chirurgie cardiaque. Cette réduction de transfusion de CGR est restée significative en analyse multivariée, a persisté aux 30^{ème} et 90^{ème} jour après la chirurgie et a également été associée à une réduction du nombre médian de CGR transfusé chez les patients ayant été transfusés. Cette réduction des transfusions n'était pas corrélée à des résultats significativement différents en termes de support d'organes en réanimation, de mortalité, de durée de séjour en réanimation et à l'hôpital.

Le dépistage et la correction de l'anémie sont recommandés dans la plupart des guidelines et programmes de RAAC pour les patients de chirurgie cardiaque. (10,11) L'incidence de l'anémie, définie comme une Hb <13 g/dL, quel que soit le sexe dans notre cohorte, était d'environ 50%, ce qui se situe à la limite supérieure de ce qui a précédemment été décrit dans une revue systématique de seize études. (101) Un seuil inférieur à 12,5 g/dL était associée à une incidence réduite d'anémie préopératoire de 26% dans une population multicentrique de 3500 patients. (48) Dans notre cohorte, l'ensemble des patients recrutés ont eu une prise de sang, ainsi qu'une consultation d'anesthésie avec mise en place d'une supplémentation si nécessaire, trois semaines avant l'intervention chirurgicale. Comme le montre la littérature, le gain en hémoglobine lors d'une supplémentation en fer, EPO et vitamines étant estimé à environ 1 g/dL/semaine, ce délai est généralement suffisant pour obtenir un taux d'hémoglobine à 13 g/dL. (102) Ainsi, le dépistage et la correction de l'anémie et de la carence en fer ont conduit à une augmentation significative du taux d'hémoglobine préopératoire immédiat par rapport au groupe témoin, comparablement à ce qui avait été décrit précédemment par Klein et al. (103)

Cette correction de l'anémie a probablement contribué à la réduction des besoins transfusionnels, comme le montrent déjà d'autres études. (54,56) Dans notre cohorte, une transfusion de CGR a eu lieu chez 57% (107/188) des patients avec une Hb<13 g/dL et 18% (44/246) des patients avec une Hb>13 g/dL ($p<0,001$). Le nombre médian de CGR transfusés chez les patients transfusés a également été réduit dans notre étude. Cette réduction a déjà été décrite avec la mise en œuvre de seuils restrictifs de transfusion, une politique de transfusion unitaire durant la CEC (104) et le suivi post-opératoire en réanimation. (105) L'ampleur de la réduction de l'incidence des transfusions était élevée, mais comparable à celle décrite

précédemment dans les protocoles d'interventions. (53,56) Il s'agit d'un résultat important car chaque unité de CGR transfusé a été associée à un impact négatif sur la morbidité et la mortalité dans plusieurs études. (21,106) Il a également été montré que les tests de coagulation délocalisés, utilisés en routine dans notre période post-PBM pour les saignements post-opératoires, réduisaient la transfusion de CGR, mais augmentaient l'utilisation de fibrinogène, ce qui n'était pas significatif dans nos résultats. (92,107)

L'effet cumulé de la combinaison de telles interventions, dans un ensemble péri-opératoire, a déjà été décrit par Scolletta et al, et a montré des résultats positifs en termes de réduction transfusionnelle. (97) Notre étude intègre des mesures spécifiques, telles que l'utilisation de dispositifs TVE de nouvelle génération (Quantra), la réintroduction de l'aprotinine pour certains patients à haut risque et un seuil transfusionnel post-opératoire réduit, qui la différencient des essais publiés précédemment.

Néanmoins, notre étude souffre de certaines limites.

Premièrement, la conception de l'étude est observationnelle et pourrait conduire à un biais de confusion. Cependant, notre étude a été menée sur une période courte afin de réduire le risque de changements préexistants dans la population de patients, ou de modification de la technique clinique qui auraient pu conduire à des conclusions erronées. Nos deux groupes, à l'exception de la répartition par sexe, étaient comparables en termes de caractéristiques démographiques et procédurales. Ce déséquilibre entre les sexes n'était pas associé à une différence préopératoire dans l'incidence de l'anémie ou à un taux d'hémoglobine préopératoire différent avant l'inclusion. Afin de réduire l'impact de possibles facteurs de confusions, nous avons effectué une analyse multivariée au moyen d'un modèle de régression logistique incluant les variables avec une valeur de $p < 0,15$ (âge, sexe, chirurgie semi-urgente, IMC, taux d'Hb, durée de CEC > 120 minutes, Euroscore II > 4 et PBM). Lors de cette analyse multivariée, l'impact du PBM péri-opératoire est resté significatif.

Deuxièmement, en raison de sa conception monocentrique, la généralisabilité pourrait être limitée. Notre taux de transfusion dans la période pré-PBM est néanmoins comparable aux résultats de Schwann et al. qui ont rapporté un taux de transfusion de 43,7% dans une cohorte de 258 398 patients en chirurgie cardiaque de la Society of Thoracic Surgeons. (106) De plus, cette réduction de l'incidence des transfusions de CGR a persisté jusqu'au 30ème et 90ème jour après le transfert des patients dans le service de chirurgie, ou aucune intervention ni suivi spécifique n'a été réalisé dans la période post-PBM. Cette absence de possibilité d'évaluation

précise de la qualité de suivi du protocole PBM lors de la sortie de réanimation a justifié le choix de suivre le critère de jugement principal jusqu'à 2 jours post-opératoire. Ce choix a été basé sur une estimation de la durée médiane de séjour en réanimation aux alentours de 2 jours, et a permis de garantir que les soins aux patients étaient fournis selon la composante post-opératoire du PBM. Néanmoins, l'objectif final de la mise en place d'un tel protocole visait à réduire le taux de transfusion global sur l'ensemble du séjour hospitalier, justifiant la récupération de ces données aux 30^{ème} et 90^{ème} jour. De plus, nous avons décidé d'exclure de notre étude les interventions urgentes pour dissection aortique de type A car, selon la préférence du chirurgien, elles pouvaient être réalisées sous hypothermie légère ou normothermie. L'ensemble des interventions chirurgicales incluses et effectuées sous CEC, ont donc été exécutées en normothermie, comme recommandée par la société européenne de chirurgie cardio-thoracique. (10) Ainsi, sauf en cas d'urgence, tous les patients consécutifs ont été inclus dans l'étude, même ceux devant bénéficier d'une chirurgie cardiaque semi-urgente ou sans CEC, ce qui a conduit à une population non sélectionnée plus susceptible d'être représentative de la pratique de la chirurgie cardiaque dans d'autres centres. (2) Il est à noter que les patients avec une anémie profonde et devant être opéré en semi-urgence ont pu être transfusés, si nécessaire, lors du priming de CEC et sont donc comptabilisés.

Troisièmement, l'impact spécifique de chaque mesure incluse dans le programme n'a pas été étudié dans notre cohorte, en raison d'un manque de données de conformité et de sous-analyse statistique planifiée. Cependant, il a déjà été démontré que les mesures peropératoires mises en œuvre dans notre programme PBM réduisaient les besoins transfusionnels, telles que la normothermie pendant la CEC (108), l'utilisation systématique de dispositifs de récupération sanguine, ou encore l'utilisation d'un traitement antifibrinolytique avec l'acide tranexamique (67,70) ou bien l'aprotinine avec des autorisations spécifiques lorsque les patients étaient considérés comme présentant un risque élevé de saignement. (73,76) Enfin, à l'exception d'une réduction du nombre de patients sous ventilation mécanique, aucun impact positif ou négatif significatif sur les résultats pour les patients n'a été observé dans notre étude car elle n'est probablement pas assez puissante pour détecter de tels effets.

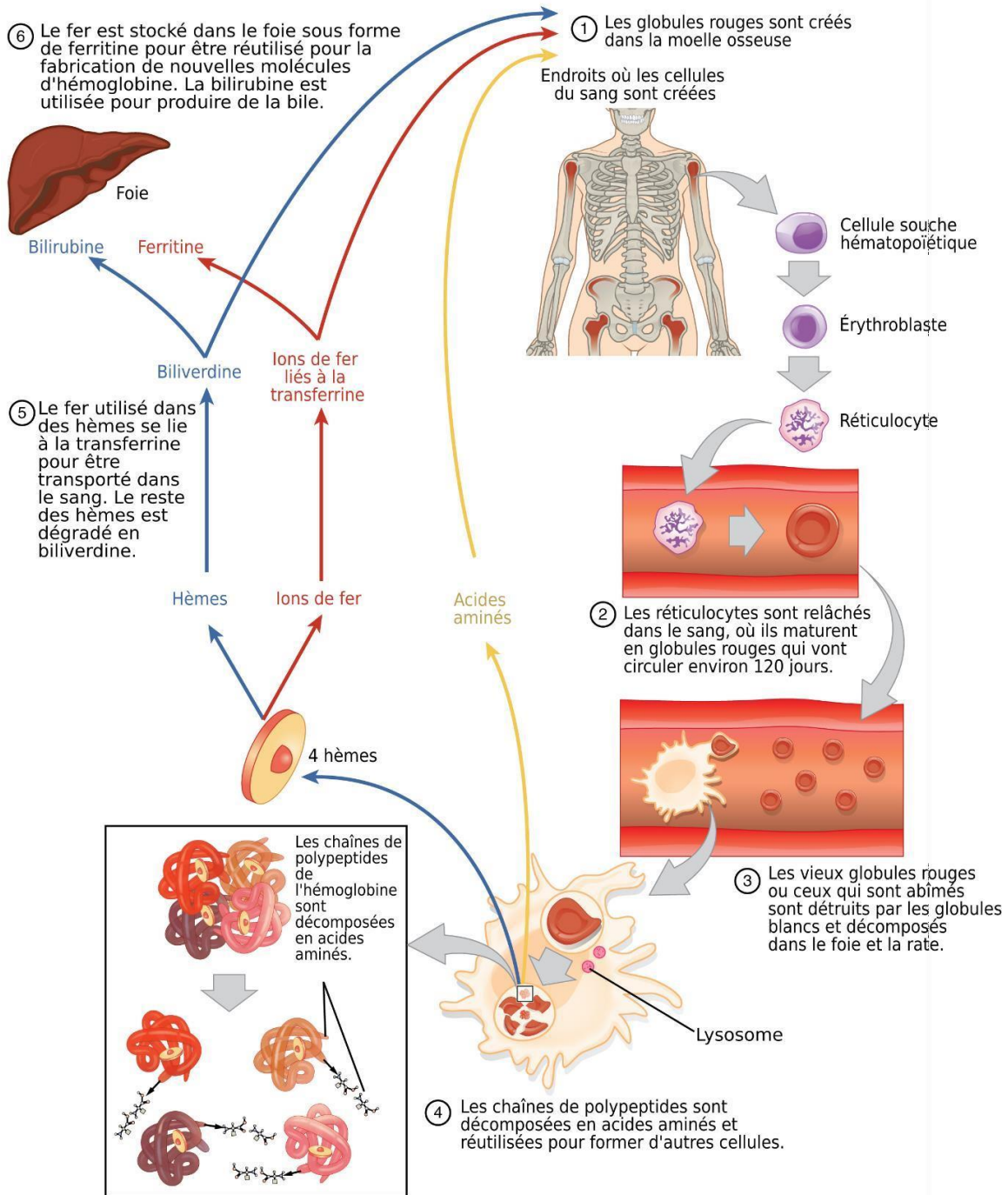
CONCLUSION

En conclusion, la mise en œuvre d'un programme de PBM péri-opératoire chez les patients adultes subissant une chirurgie cardiaque a été associée à une réduction significative de la transfusion de CGR pendant la période peropératoire, les 2 premiers jours post-opératoires, et cela persistait au 30^{ème} et 90^{ème} jour. Cependant, ces résultats nécessiteraient d'être confirmés dans une étude interventionnelle multicentrique.

ANNEXES

Schéma 1

Cycle de vie complet d'un globule rouge. (1)



BIBLIOGRAPHIE

1. Committee for Scientific Affairs, The Japanese Association for Thoracic Surgery, Shimizu H, Endo S, Natsugoe S, Doki Y, Hirata Y, et al. Thoracic and cardiovascular surgery in Japan in 2016 : Annual report by The Japanese Association for Thoracic Surgery. *Gen Thorac Cardiovasc Surg.* avr 2019;67(4):377-411.
2. D'Agostino RS, Jacobs JP, Badhwar V, Fernandez FG, Paone G, Wormuth DW, et al. The Society of Thoracic Surgeons Adult Cardiac Surgery Database: 2019 Update on Outcomes and Quality. *Ann Thorac Surg.* janv 2019;107(1):24-32.
3. Hwang B, Williams ML, Tian DH, Yan TD, Misfeld M. Coronary artery bypass surgery for acute coronary syndrome: A network meta-analysis of on-pump cardioplegic arrest, off-pump, and on-pump beating heart strategies. *J Card Surg.* déc 2022;37(12):5290-9.
4. Phothikun A, Nawarawong W, Tantraworasin A, Phinyo P, Tepsuwan T. The outcomes of three different techniques of coronary artery bypass grafting: On-pump arrested heart, on-pump beating heart, and off-pump. *PLoS One.* 2023;18(5):e0286510.
5. Woldendorp K, Manuel L, Srivastava A, Doane M, Bassin L, Marshman D. Perioperative transfusion and long-term mortality after cardiac surgery: a meta-analysis. *Gen Thorac Cardiovasc Surg.* juin 2023;71(6):323-30.
6. Bonhomme F. LE SAIGNEMENT AU BLOC OPÉRATOIRE.
7. Karkouti K, Wijesundera DN, Yau TM, Beattie WS, Abdelnaem E, McCluskey SA, et al. The independent association of massive blood loss with mortality in cardiac surgery. *Transfusion (Paris).* oct 2004;44(10):1453-62.
8. Rady MY, Ryan T, Starr NJ. Perioperative determinants of morbidity and mortality in elderly patients undergoing cardiac surgery. *Crit Care Med.* févr 1998;26(2):225-35.
9. Kilic A, Whitman GJR. Blood transfusions in cardiac surgery: indications, risks, and conservation strategies. *Ann Thorac Surg.* févr 2014;97(2):726-34.
10. Pagano D, Milojevic M, Meesters MI, Benedetto U, Bolliger D, von Heymann C, et al. 2017 EACTS/EACTA Guidelines on patient blood management for adult cardiac surgery. *Eur J Cardio-Thorac Surg Off J Eur Assoc Cardio-Thorac Surg.* 1 janv 2018;53(1):79-111.
11. Mertes PM, Kindo M, Amour J, Baufreton C, Camilleri L, Caus T, et al. Guidelines on enhanced recovery after cardiac surgery under cardiopulmonary bypass or off-pump. *Anaesth Crit Care Pain Med.* juin 2022;41(3):101059.
12. Dictionnaire médical de l'Académie de Médecine [Internet]. [cité 30 oct 2023]. Disponible sur: <https://www.academie-medecine.fr/le-dictionnaire/index.php?q=%C3%A9tablissement%20de%20transfusion%20sanguine>
13. Prévention M de la S et de la, Prévention M de la S et de la. Ministère de la Santé et de la Prévention. 2023 [cité 25 nov 2023]. EFS (Etablissement français du sang). Disponible sur: <https://sante.gouv.fr/ministere/acteurs/agences-et-operateurs/article/efs-etablissement-francais-du-sang>

14. Carson JL, Grossman BJ, Kleinman S, Tinmouth AT, Marques MB, Fung MK, et al. Red blood cell transfusion: a clinical practice guideline from the AABB*. *Ann Intern Med.* 3 juill 2012;157(1):49-58.
15. Les produits sanguins labiles | l'Établissement français du sang [Internet]. [cité 30 oct 2023]. Disponible sur: <https://www.efs.sante.fr/activite/les-produits-sanguins-labiles>
16. Bernard AC, Davenport DL, Chang PK, Vaughan TB, Zwischenberger JB. Intraoperative transfusion of 1 U to 2 U packed red blood cells is associated with increased 30-day mortality, surgical-site infection, pneumonia, and sepsis in general surgery patients. *J Am Coll Surg.* mai 2009;208(5):931-7, 937.e1-2; discussion 938-939.
17. Carson JL, Altman DG, Duff A, Noveck H, Weinstein MP, Sonnenberg FA, et al. Risk of bacterial infection associated with allogeneic blood transfusion among patients undergoing hip fracture repair. *Transfusion (Paris).* juill 1999;39(7):694-700.
18. Innerhofer P, Klingler A, Klimmer C, Fries D, Nussbaumer W. Risk for postoperative infection after transfusion of white blood cell-filtered allogeneic or autologous blood components in orthopedic patients undergoing primary arthroplasty. *Transfusion (Paris).* janv 2005;45(1):103-10.
19. Weber EWG, Slappendel R, Prins MH, van der Schaaf DB, Durieux ME, Strümper D. Perioperative blood transfusions and delayed wound healing after hip replacement surgery: effects on duration of hospitalization. *Anesth Analg.* mai 2005;100(5):1416-21.
20. Gance LG, Dick AW, Mukamel DB, Fleming FJ, Zollo RA, Wissler R, et al. Association between intraoperative blood transfusion and mortality and morbidity in patients undergoing noncardiac surgery. *Anesthesiology.* févr 2011;114(2):283-92.
21. Paone G, Likosky DS, Brewer R, Theurer PF, Bell GF, Cogan CM, et al. Transfusion of 1 and 2 units of red blood cells is associated with increased morbidity and mortality. *Ann Thorac Surg.* janv 2014;97(1):87-93; discussion 93-94.
22. Murphy GJ, Reeves BC, Rogers CA, Rizvi SIA, Culliford L, Angelini GD. Increased mortality, postoperative morbidity, and cost after red blood cell transfusion in patients having cardiac surgery. *Circulation.* 27 nov 2007;116(22):2544-52.
23. Leal-Noval SR, Rincón-Ferrari MD, García-Curiel A, Herruzo-Avilés A, Camacho-Laraña P, Garnacho-Montero J, et al. Transfusion of blood components and postoperative infection in patients undergoing cardiac surgery. *Chest.* mai 2001;119(5):1461-8.
24. Koch CG, Li L, Duncan AI, Mihaljevic T, Cosgrove DM, Loop FD, et al. Morbidity and mortality risk associated with red blood cell and blood-component transfusion in isolated coronary artery bypass grafting. *Crit Care Med.* juin 2006;34(6):1608-16.
25. <https://ansm.sante.fr/uploads/2022/12/07/20221207-rapport-hemovigilance-2021.pdf>.
26. Clément S. [Techniques of preparation and indications of labile blood products]. *Transfus Clin Biol J Soc Francaise Transfus Sang.* avr 2011;18(2):250-61.
27. Quels sont les moyens de prévention pour réduire le risque de transmission ? [Internet]. [cité 19 nov 2023]. Disponible sur: <https://www.santepubliquefrance.fr/don-du-sang/quels-sont-les-moyens-de-prevention-pour-reduire-le-risque-de-transmission>

28. Busch MP. Transfusion and HIV. *Curr Opin Hematol.* nov 1994;1(6):438-42.
29. Gonzalez M, Règine V, Piccinini V, Vulcano F, Giampaolo A, Hassan HJ. Residual risk of transfusion-transmitted human immunodeficiency virus, hepatitis C virus, and hepatitis B virus infections in Italy. *Transfusion (Paris).* oct 2005;45(10):1670-5.
30. Stramer SL, Hollinger FB, Katz LM, Kleinman S, Metzler PS, Gregory KR, et al. Emerging infectious disease agents and their potential threat to transfusion safety. *Transfusion (Paris).* août 2009;49 Suppl 2:1S-29S.
31. Concha-Marambio L, Pritzkow S, Moda F, Tagliavini F, Ironside JW, Schulz PE, et al. Detection of prions in blood from patients with variant Creutzfeldt-Jakob disease. *Sci Transl Med.* 21 déc 2016;8(370):370ra183.
32. Mertes PM, Boudjedir K. [Transfusion and allergy]. *Transfus Clin Biol J Soc Francaise Transfus Sang.* mai 2013;20(2):239-42.
33. Serious Hazards of Transfusion [Internet]. [cité 4 nov 2023]. SHOT Annual Reports and Summaries. Disponible sur: <https://www.shotuk.org/shot-reports/>
34. https://www.srlf.org/wp-content/uploads/2015/11/0312-Reanimation-Vol12-N8-p564_574.pdf.
35. Marik PE, Corwin HL. Acute lung injury following blood transfusion: expanding the definition. *Crit Care Med.* nov 2008;36(11):3080-4.
36. https://www.efs.sante.fr/sites/instit/files/2022-02/EFS_Bulletin-urgence-vitale_080222.pdf.
37. Arrêté du 16 décembre 2021 modifiant l'arrêté du 9 mars 2010 relatif au tarif de cession des produits sanguins labiles.
38. Shander A, Hofmann A, Ozawa S, Theusinger OM, Gombotz H, Spahn DR. Activity-based costs of blood transfusions in surgical patients at four hospitals. *Transfusion (Paris).* avr 2010;50(4):753-65.
39. Meybohm P, Richards T, Isbister J, Hofmann A, Shander A, Goodnough LT, et al. Patient Blood Management Bundles to Facilitate Implementation. *Transfus Med Rev.* janv 2017;31(1):62-71.
40. Blood product conservation is associated with improved outcomes and reduced costs after cardiac surgery - PubMed [Internet]. [cité 4 nov 2023]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23414992/>
41. Haute Autorité de Santé [Internet]. [cité 4 nov 2023]. Gestion du capital sanguin en pré, per et post opératoire et en obstétrique. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/jcms/p_3193968/fr/gestion-du-capital-sanguin-en-pre-per-et-post-operatoire-et-en-obstetrique
42. Anémie [Internet]. [cité 5 nov 2023]. Disponible sur: <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/anaemia>
43. Des lignes directrices de l'OMS aident à détecter la carence en fer et à protéger le développement du cerveau [Internet]. [cité 10 nov 2023]. Disponible sur: <https://www.who.int/fr/news/item/20-04-2020-who-guidance-helps-detect-iron-deficiency-and-protect-brain-development>

44. Guinn NR, Schwartz J, Arora RC, Morton-Bailey V, Aronson S, Brudney CS, et al. Perioperative Quality Initiative and Enhanced Recovery After Surgery-Cardiac Society Consensus Statement on the Management of Preoperative Anemia and Iron Deficiency in Adult Cardiac Surgery Patients. *Anesth Analg*. 1 sept 2022;135(3):532-44.
45. Alghamdi AA, Davis A, Brister S, Corey P, Logan A. Development and validation of Transfusion Risk Understanding Scoring Tool (TRUST) to stratify cardiac surgery patients according to their blood transfusion needs. *Transfusion (Paris)*. juill 2006;46(7):1120-9.
46. thannedouche@unistra.fr. <https://duter.unistra.fr>. DUTER; 2023 [cité 5 nov 2023]. DUTER. Disponible sur: <https://duter.unistra.fr/88>
47. Betts JG, Young KA, Wise JA, Johnson E, Poe B, Kruse DH, et al. 18.3 Erythrocytes - Anatomy and Physiology | OpenStax [Internet]. OpenStax; 2013 [cité 5 nov 2023]. Disponible sur: <https://openstax.org/books/anatomy-and-physiology-2e/pages/18-3-erythrocytes>
48. Karkouti K, Wijeyesundera DN, Beattie WS, Reducing Bleeding in Cardiac Surgery (RBC) Investigators. Risk associated with preoperative anemia in cardiac surgery: a multicenter cohort study. *Circulation*. 29 janv 2008;117(4):478-84.
49. Miceli A, Romeo F, Glauber M, de Siena PM, Caputo M, Angelini GD. Preoperative anemia increases mortality and postoperative morbidity after cardiac surgery. *J Cardiothorac Surg*. 5 ao t 2014;9:137.
50. Musallam KM, Tamim HM, Richards T, Spahn DR, Rosendaal FR, Habbal A, et al. Preoperative anaemia and postoperative outcomes in non-cardiac surgery: a retrospective cohort study. *Lancet Lond Engl*. 15 oct 2011;378(9800):1396-407.
51. Ranucci M, Di Dedda U, Castelvechio S, Menicanti L, Frigiola A, Pelissero G, et al. Impact of preoperative anemia on outcome in adult cardiac surgery: a propensity-matched analysis. *Ann Thorac Surg*. oct 2012;94(4):1134-41.
52. Jabagi H, Boodhwani M, Tran DT, Sun L, Wells G, Rubens FD. The Effect of Preoperative Anemia on Patients Undergoing Cardiac Surgery: A Propensity-Matched Analysis. *Semin Thorac Cardiovasc Surg*. 2019;31(2):157-63.
53. Weltert L, Rondinelli B, Bello R, Falco M, Bellisario A, Maselli D, et al. A single dose of erythropoietin reduces perioperative transfusions in cardiac surgery: results of a prospective single-blind randomized controlled trial. *Transfusion (Paris)*. juill 2015;55(7):1644-54.
54. Liu HM, Tang XS, Yu H, Yu H. The efficacy of intravenous iron for treatment of anemia before cardiac surgery: An updated systematic review and meta-analysis with trial sequential analysis. *J Cardiothorac Surg*. 11 janv 2023;18(1):16.
55. Weltert L, D'Alessandro S, Nardella S, Girola F, Bellisario A, Maselli D, et al. Preoperative very short-term, high-dose erythropoietin administration diminishes blood transfusion rate in off-pump coronary artery bypass: a randomized blind controlled study. *J Thorac Cardiovasc Surg*. mars 2010;139(3):621-6; discussion 626-627.
56. Spahn DR, Schoenrath F, Spahn GH, Seifert B, Stein P, Theusinger OM, et al. Effect of ultra-short-term treatment of patients with iron deficiency or anaemia undergoing cardiac surgery: a prospective randomised trial. *Lancet Lond Engl*. 1 juin 2019;393(10187):2201-12.

57. Na HS, Shin SY, Hwang JY, Jeon YT, Kim CS, Do SH. Effects of intravenous iron combined with low-dose recombinant human erythropoietin on transfusion requirements in iron-deficient patients undergoing bilateral total knee replacement arthroplasty. *Transfusion (Paris)*. janv 2011;51(1):118-24.
58. Deja MA, Kargul T, Domaradzki W, Staćel T, Mazur W, Wojakowski W, et al. Effects of preoperative aspirin in coronary artery bypass grafting: a double-blind, placebo-controlled, randomized trial. *J Thorac Cardiovasc Surg*. juill 2012;144(1):204-9.
59. Fox KAA, Mehta SR, Peters R, Zhao F, Lakkis N, Gersh BJ, et al. Benefits and risks of the combination of clopidogrel and aspirin in patients undergoing surgical revascularization for non-ST-elevation acute coronary syndrome: the Clopidogrel in Unstable angina to prevent Recurrent ischemic Events (CURE) Trial. *Circulation*. 7 sept 2004;110(10):1202-8.
60. Held C, Asenblad N, Bassand JP, Becker RC, Cannon CP, Claeys MJ, et al. Ticagrelor versus clopidogrel in patients with acute coronary syndromes undergoing coronary artery bypass surgery: results from the PLATO (Platelet Inhibition and Patient Outcomes) trial. *J Am Coll Cardiol*. 8 févr 2011;57(6):672-84.
61. Landenhed M, Johansson M, Erlinge D, Olsson ML, Bjursten H. Fondaparinux or enoxaparin: a comparative study of postoperative bleeding in coronary artery bypass grafting surgery. *Scand Cardiovasc J SCJ*. avr 2010;44(2):100-6.
62. Douketis JD, Spyropoulos AC, Kaatz S, Becker RC, Caprini JA, Dunn AS, et al. Perioperative Bridging Anticoagulation in Patients with Atrial Fibrillation. *N Engl J Med*. 27 août 2015;373(9):823-33.
63. Kincaid EH, Monroe ML, Saliba DL, Kon ND, Byerly WG, Reichert MG. Effects of preoperative enoxaparin versus unfractionated heparin on bleeding indices in patients undergoing coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg*. juill 2003;76(1):124-8; discussion 128.
64. Ashikhmina E, Tomasello N, Connors JM, Jahanyar J, Davidson M, Mizuguchi KA. Type A aortic dissection in a patient on dabigatran: hemostasis post circulatory arrest. *Ann Thorac Surg*. déc 2014;98(6):2215-6.
65. Ho KM, Tan JA. Benefits and risks of maintaining normothermia during cardiopulmonary bypass in adult cardiac surgery: a systematic review. *Cardiovasc Ther*. août 2011;29(4):260-79.
66. Bianco V, Kilic A, Aranda-Michel E, Dunn-Lewis C, Serna-Gallegos D, Chen S, et al. Mild hypothermia versus normothermia in patients undergoing cardiac surgery. *JTCVS Open*. sept 2021;7:230-42.
67. Myles PS, Smith JA, Forbes A, Silbert B, Jayarajah M, Painter T, et al. Tranexamic Acid in Patients Undergoing Coronary-Artery Surgery. *N Engl J Med*. 12 janv 2017;376(2):136-48.
68. Henry DA, Carless PA, Moxey AJ, O'Connell D, Stokes BJ, Fergusson DA, et al. Anti-fibrinolytic use for minimising perioperative allogeneic blood transfusion. *Cochrane Database Syst Rev*. 19 janv 2011;(1):CD001886.
69. Yao YT, He LX, Tan JC. The effect of tranexamic acid on the values of activated clotting time in patients undergoing cardiac surgery: A PRISMA-compliant systematic review and meta-analysis. *J Clin Anesth*. déc 2020;67:110020.

70. Ker K, Edwards P, Perel P, Shakur H, Roberts I. Effect of tranexamic acid on surgical bleeding: systematic review and cumulative meta-analysis. *BMJ*. 17 mai 2012;344:e3054.
71. Fergusson DA, Hébert PC, Mazer CD, Fremes S, MacAdams C, Murkin JM, et al. A comparison of aprotinin and lysine analogues in high-risk cardiac surgery. *N Engl J Med*. 29 mai 2008;358(22):2319-31.
72. Howell N, Senanayake E, Freemantle N, Pagano D. Putting the record straight on aprotinin as safe and effective: results from a mixed treatment meta-analysis of trials of aprotinin. *J Thorac Cardiovasc Surg*. janv 2013;145(1):234-40.
73. EMA. European Medicines Agency. 2018 [cité 30 oct 2023]. European Medicines Agency recommends lifting suspension of aprotinin. Disponible sur: <https://www.ema.europa.eu/en/news/european-medicines-agency-recommends-lifting-suspension-aprotinin>
74. European Society of Anaesthesiology task force reports on place of aprotinin in clinical anaesthesia. Aprotinin: is it time to reconsider? *Eur J Anaesthesiol*. sept 2015;32(9):591-5.
75. HAS Aprotine AMM - https://www.has-sante.fr/upload/docs/evamed/CT-14737_TRASYLOL_PIC_REEV_AvisPostObs_CT14737.pdf.
76. Colson P, Fellahi JL, Gaudard P, Provenchère S, Rozec B, from the ARCOTHOVA Group. Cost Analysis of Aprotinin Reintroduction in French Cardiac Surgery Centres: A Real-World Data-Based Analysis. *Adv Ther*. avr 2023;40(4):1803-17.
77. Authors/Task Force Members, Kunst G, Milojevic M, Boer C, De Somer FMJJ, Gudbjartsson T, et al. 2019 EACTS/EACTA/EBCP guidelines on cardiopulmonary bypass in adult cardiac surgery. *Br J Anaesth*. déc 2019;123(6):713-57.
78. Ranucci M, Castelvechio S, Ditta A, Brozzi S, Boncilli A, Baryshnikova E, et al. Transfusions during cardiopulmonary bypass: better when triggered by venous oxygen saturation and oxygen extraction rate. *Perfusion*. juill 2011;26(4):327-33.
79. Al Khabori M, Al Riyami A, Siddiqi MS, Sarfaraz ZK, Ziadinov E, Al Sabti H. Impact of cell saver during cardiac surgery on blood transfusion requirements: a systematic review and meta-analysis. *Vox Sang*. août 2019;114(6):553-65.
80. Wang G, Bainbridge D, Martin J, Cheng D. The efficacy of an intraoperative cell saver during cardiac surgery: a meta-analysis of randomized trials. *Anesth Analg*. août 2009;109(2):320-30.
81. Carless PA, Henry DA, Moxey AJ, O'Connell D, Brown T, Fergusson DA. Cell salvage for minimising perioperative allogeneic blood transfusion. *Cochrane Database Syst Rev*. 14 avr 2010;2010(4):CD001888.
82. Al-Khabori M, Al-Riyami AZ, Baskaran B, Siddiqi M, Al-Sabti H. Discriminatory power of the intraoperative cell salvage use in the prediction of platelet and plasma transfusion in patients undergoing cardiac surgery. *Transfus Apher Sci Off J World Apher Assoc Off J Eur Soc Haemapheresis*. oct 2015;53(2):208-12.
83. Wang J, Ma HP, Zheng H. Blood loss after cardiopulmonary bypass, standard vs titrated protamine: a meta-analysis. *Neth J Med*. avr 2013;71(3):123-7.

84. Boer C, Meesters MI, Veerhoek D, Vonk ABA. Anticoagulant and side-effects of protamine in cardiac surgery: a narrative review. *Br J Anaesth*. mai 2018;120(5):914-27.
85. Lasocki S, Pène F, Ait-Oufella H, Aubron C, Ausset S, Buffet P, et al. Management and prevention of anemia (acute bleeding excluded) in adult critical care patients. *Ann Intensive Care*. 22 juill 2020;10(1):97.
86. Carson JL, Stanworth SJ, Alexander JH, Roubinian N, Fergusson DA, Triulzi DJ, et al. Clinical trials evaluating red blood cell transfusion thresholds: An updated systematic review and with additional focus on patients with cardiovascular disease. *Am Heart J*. juin 2018;200:96-101.
87. Carson JL, Stanworth SJ, Dennis JA, Trivella M, Roubinian N, Fergusson DA, et al. Transfusion thresholds for guiding red blood cell transfusion. *Cochrane Database Syst Rev*. 21 déc 2021;12(12):CD002042.
88. Mazer CD, Whitlock RP, Fergusson DA, Belley-Cote E, Connolly K, Khanykin B, et al. Six-Month Outcomes after Restrictive or Liberal Transfusion for Cardiac Surgery. *N Engl J Med*. 27 sept 2018;379(13):1224-33.
89. Oliver JC, Griffin RL, Hannon T, Marques MB. The success of our patient blood management program depended on an institution-wide change in transfusion practices. *Transfusion (Paris)*. oct 2014;54(10 Pt 2):2617-24.
90. Shih AW, Liu A, Elsharawi R, Crowther MA, Cook RJ, Heddle NM. Systematic reviews of guidelines and studies for single versus multiple unit transfusion strategies. *Transfusion (Paris)*. déc 2018;58(12):2841-60.
91. Agarwal S, Abdelmotieleb M. Viscoelastic testing in cardiac surgery. *Transfusion (Paris)*. oct 2020;60 Suppl 6:S52-60.
92. Bolliger D, Tanaka KA. Point-of-Care Coagulation Testing in Cardiac Surgery. *Semin Thromb Hemost*. juin 2017;43(4):386-96.
93. Deppe AC, Weber C, Zimmermann J, Kuhn EW, Slottosch I, Liakopoulos OJ, et al. Point-of-care thromboelastography/thromboelastometry-based coagulation management in cardiac surgery: a meta-analysis of 8332 patients. *J Surg Res*. 15 juin 2016;203(2):424-33.
94. Volod O, Bunch CM, Zackariya N, Moore EE, Moore HB, Kwaan HC, et al. Viscoelastic Hemostatic Assays: A Primer on Legacy and New Generation Devices. *J Clin Med*. 7 févr 2022;11(3):860.
95. Faraoni D, DiNardo JA. Viscoelastic hemostatic assays: Update on technology and clinical applications. *Am J Hematol*. 1 oct 2021;96(10):1331-7.
96. Siegal DM, Manning N, Jackson Chornenki NL, Hillis CM, Heddle NM. Devices to Reduce the Volume of Blood Taken for Laboratory Testing in ICU Patients: A Systematic Review. *J Intensive Care Med*. oct 2020;35(10):1074-9.
97. Scolletta S, Simioni P, Campagnolo V, Celiento M, Fontanari P, Guadagnucci A, et al. Patient blood management in cardiac surgery: The « Granducato algorithm ». *Int J Cardiol*. 15 août 2019;289:37-42.

98. Francke AL, Smit MC, de Veer AJE, Mistiaen P. Factors influencing the implementation of clinical guidelines for health care professionals: a systematic meta-review. *BMC Med Inform Decis Mak.* 12 sept 2008;8:38.
99. Bolliger D, Erb JM, Buser A. Controversies in the Clinical Practice of Patient Blood Management. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* juill 2021;35(7):1933-41.
100. Klein A, Agarwal S, Cholley B, Fassel J, Griffin M, Kaakinen T, et al. A survey of patient blood management for patients undergoing cardiac surgery in nine European countries. *J Clin Anesth.* sept 2021;72:110311.
101. Hogan M, Klein AA, Richards T. The impact of anaemia and intravenous iron replacement therapy on outcomes in cardiac surgery. *Eur J Cardio-Thorac Surg Off J Eur Assoc Cardio-Thorac Surg.* févr 2015;47(2):218-26.
102. Gómez-Ramírez S, Bisbe E, Shander A, Spahn DR, Muñoz M. Management of Perioperative Iron Deficiency Anemia. *Acta Haematol.* 2019;142(1):21-9.
103. Klein AA, Chau M, Yeates JA, Collier T, Evans C, Agarwal S, et al. Preoperative intravenous iron before cardiac surgery: a prospective multicentre feasibility study. *Br J Anaesth.* mars 2020;124(3):243-50.
104. Shehata N, Burns LA, Nathan H, Hebert P, Hare GMT, Fergusson D, et al. A randomized controlled pilot study of adherence to transfusion strategies in cardiac surgery. *Transfusion (Paris).* janv 2012;52(1):91-9.
105. Murphy GJ, Pike K, Rogers CA, Wordsworth S, Stokes EA, Angelini GD, et al. Liberal or restrictive transfusion after cardiac surgery. *N Engl J Med.* 12 mars 2015;372(11):997-1008.
106. Schwann TA, Vekstein AM, Engoren M, Grau-Sepulveda M, O'Brien S, Engelman D, et al. Perioperative Anemia and Transfusions and Late Mortality in Coronary Artery Bypass Patients. *Ann Thorac Surg.* mars 2023;115(3):759-69.
107. Albert A, Petrov G, Dittberner J, Roussel E, Akhyari P, Aubin H, et al. The Impact of Intraoperative Patient Blood Management on Quality Development in Cardiac Surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* oct 2020;34(10):2655-63.
108. Lee BR, Song JW, Kwak YL, Yoo KJ, Shim JK. The influence of hypothermia on transfusion requirement in patients who received clopidogrel in proximity to off-pump coronary bypass surgery. *Yonsei Med J.* janv 2014;55(1):224-31.

SERMENT D'HIPPOCRATE

Au moment d'être admis à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité.

Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux.

Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité.

J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences.

Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés. Reçue à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs. Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité.

Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonoré et méprisé si j'y manque.

Evaluation de l'incidence de transfusion de concentrés de globule rouges avant et après la mise en place d'un programme péri-opératoire de gestion personnalisée du capital sanguin chez les patients adultes ayant une chirurgie cardiaque au CHU Nord de La Réunion
Une étude observationnelle rétrospective avant-après

Résumé

Introduction : L'anémie et la transfusion sont fréquentes chez les patients de chirurgie cardiaque et sont associées à une morbidité et une mortalité significative. De multiples interventions péri-opératoires ont été décrites pour réduire la transfusion sanguine mais ont rarement été associées ensemble. Le but de cette étude est de comparer l'incidence de la transfusion de concentré de globule rouge chez les patients adultes ayant une chirurgie cardiaque avant et après l'implémentation d'une gestion personnalisée du capital sanguin péri-opératoire (PBM).

Méthode : Cette étude monocentrique, observationnelle et rétrospective, inclut consécutivement les patients adultes ayant une chirurgie cardiaque programmée dans un centre hospitalier universitaire français. La première période de 6 mois (période pré-PBM) représente la pratique de base. La seconde période de 6 mois (période post-PBM) représente l'implémentation d'un programme PBM, incluant des interventions préopératoires, intra-opératoires et post-opératoires visant à identifier et corriger l'anémie, minimiser les pertes sanguines durant la chirurgie et optimiser la coagulation.

Résultats : Un total de 434 patients a été inclus dans l'étude entre Janvier 2021 et Juillet 2022. L'incidence de transfusion de CGR péri-opératoire (per-opératoire et durant les deux jours post-opératoires) réduit significativement de 43% (90/213) dans la période pré-PBM à 27% (60/221) dans la période post-PBM (OR 0.51 (IC95 0.34-0.76) $p < 0.001$). Cette réduction de l'incidence de transfusion en CGR est associée avec une réduction du nombre moyen de CGR transfusé ($p < 0.03$) et cela persiste 30 jours après la chirurgie ($p < 0.029$).

Conclusion : L'implémentation d'un programme PBM péri-opératoire chez les patients adultes ayant une chirurgie cardiaque est associé à une réduction significative de la transfusion de CGR, et cela persiste 30 jours après la chirurgie.

Discipline : Anesthésie, Réanimation, Chirurgie cardiaque

Mots-Clés : Anémie, Transfusion, Gestion personnalisée du capital sanguin, Péri-opératoire, Chirurgie cardiaque

Red Blood Cell Transfusion Requirements before and after implementation of a perioperative patient blood management program in adult patients undergoing cardiac surgery
A before and after retrospective observational study

Abstract

Background : Anaemia and transfusion are common in cardiac surgery patients and are associated with significant morbidity and mortality. Multiple perioperative interventions have been described to reduce blood transfusion but rarely associated altogether. The aim of this study was to compare the incidence of red blood cell (RBC) transfusion in adult patients undergoing cardiac surgery before and after the implementation of a perioperative patient blood management (PBM) program.

Method : This single centre retrospective observational study included consecutive adult patients scheduled for cardiac surgery in a French university teaching hospital. The first 6 months period (pre-PBM period) represented baseline practice. The second 6 months period (post-PBM period) represented the implementation of a PBM program, including preoperative, intraoperative, and postoperative interventions aimed at identifying and correcting anaemia, minimizing blood loss during surgery, and optimizing coagulation.

Results : A total of 434 patients were included in the study between January 2021 to July 2022. The incidence of perioperative RBC transfusion (intraoperatively and during the first two postoperative days) was significantly reduced from 43% (90/213) in the pre-PBM period to 27% (60/221) in the post-PBM period (OR 0.51 (95% CI 0.34-0.76) $p < 0.001$). This reduction in RBC transfusion was associated with a reduction in the median number of RBC units transfused ($p = 0.03$) and persistent at day 30 after surgery ($p < 0.029$).

Conclusion : A perioperative PBM program in adults' patients undergoing cardiac surgery was associated with a significant reduction in perioperative RBC transfusion, persistent at day 30.

Discipline : Anesthesia, Intensive care unit, Cardiac surgery

Keywords : Anaemia, Transfusion, Patient Blood Management, Perioperative, Cardiac surgery