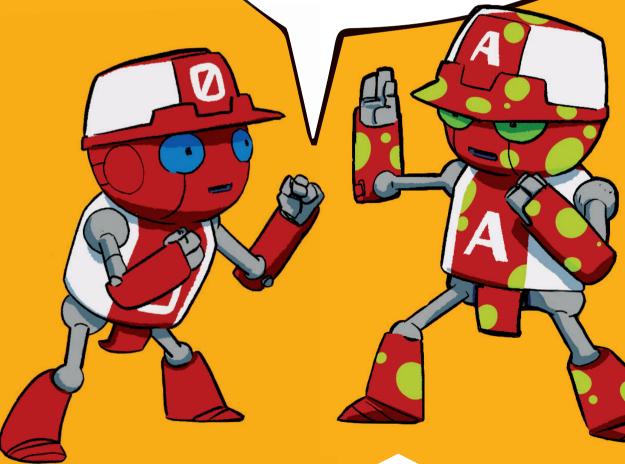


Stefano Fontana

COMMENT LA VIE CIRCULE

Qu'est-ce que le sang et pourquoi est-il important de le donner







Stefano Fontana

COMMENT LA VIE CIRCULE

Qu'est-ce que le sang et pourquoi est-il important de le donner









- 05 Préface
- 07 PREMIÈRE PARTIE COMMENT LA VIE CIRCULE
- 08 Introduction
- 08 Le sang
- 12 L'"usine" du sang
- 13 Le don et la transfusion de sang
- 21 Les analyses
- 22 Les groupes sanguins
- 31 Conclusions et perspectives: pourquoi est-ce que le sang artificiel n'existe pas?
- 33 DEUXIÈME PARTIE SANG
- 47 Glossaire

PRÉFACE

Dans quelle mesure sommes-nous conscients des retombées de la recherche scientifique et de la pratique médicale sur notre vie quotidienne? Quelles sont les "passions" et les motivations qui animent les chercheurs et les professionnels de la santé? Que savons-nous de leur profession?

Nombreux sont les efforts déployés par la société pour faire connaître à tous la science et ses implications. Nous pensons par exemple aux diverses brochures mettant en avant l'importance d'un style de vie sain et, en général, le bien-être. Naturellement, l'école aussi joue un rôle important, à travers des principes d'alphabétisation scientifique et la sensibilisation à une série de thèmes favorisant la construction d'une culture scientifique pour nos jeunes.

Le projet *Let's Science!* – réalisé par la Fondation IBSA pour la recherche scientifique en collaboration avec le Département de l'éducation, de la culture et du sport du Canton du Tessin (DECS) – est le fruit de ces réflexions. Ce partenariat a permis d'identifier d'intéressants domaines thématiques qui ont été affrontés en impliquant les scientifiques actifs sur le territoire cantonal. C'est ainsi que deux réalités souvent distantes ont été rapprochées – la recherche scientifique et l'école – en favorisant le dialogue entre professionnels et élèves à travers des ateliers thématiques, dans le but de développer une sensibilité aussi bien au thème qu'à sa communication.

Mais quel a été l'horizon thématique du projet et quelles sont les réflexions qui ont conduit à certains choix stratégiques? La science et la recherche, notamment en biomédecine et dans les disciplines connexes, avancent rapidement et l'élargissement continu des domaines d'investigation nécessite un effort constant de mise à jour afin de maintenir une perspective historique et d'accueillir les nombreuses nouveautés. Pouvoir disposer d'informations scientifiquement correctes, proposées à travers un langage accessible, offre la possibilité aux jeunes de se passionner pour des questions jugées en général "difficiles" et de s'en approcher.

C'est ainsi que naît la collection *Let's Science!*, qui se propose d'élargir le champ des sujets scientifiques pouvant être approfondis à l'école. Les thèmes, de nature interdisciplinaire et directement liés à la santé et au bien-être de la

personne, sont présentés de façon innovante: le texte scientifique est en effet accompagné d'une histoire réalisée à partir de l'expérience de classes des écoles secondaires cantonales qui, accompagnées par leurs professeurs, ont élaboré des scénarios originaux transposés en bandes dessinées par des professionnels du secteur.

Nous n'avons plus qu'à inviter le jeune lecteur à se laisser surprendre par les domaines de recherche tous plus passionnants les uns que les autres de *Let's Science!*, qui favorisent à leur tour la possibilité de nouvelles questions et de nouveaux approfondissements. Et qui sait... Parmi ces lecteurs se trouve peutêtre celui ou celle qui, un jour, réalisera des découvertes fondamentales dans la compréhension de la complexité de la vie et du délicat équilibre qui nous permet de vivre heureux et en bonne santé. Bonne lecture!

SILVIA MISITI

Directrice de la Fondation IBSA pour la recherche scientifique

NICOLÒ OSTERWALDER

Conseiller didactique de la division scolaire pour les sciences naturelles (DECS)



INTRODUCTION

Le sang est un organe fascinant. Au cours de l'histoire, bien avant qu'on découvre sa nature et ses fonctions, diverses significations ont été attribuées au sang, en relation avec la vie, la mort, l'humeur, la famille. Nous retrouvons ces différentes acceptions dans de nombreux proverbes et expressions: bon sang ne saurait mentir, avoir le sang bleu, consanguin, se faire du mauvais sang, avoir le sang qui ne fait qu'un tour, un coup de sang, avec sang-froid, sanguinaire, etc. Ces allusions récurrentes au sang dérivent du fait qu'il est le seul organe liquide de notre organisme et que, en tant que tel, il apporte la vie à toutes les parties de notre corps. En outre, grâce à sa couleur, il est visible chaque fois que nous nous blessons.

Le sang a énormément de fonctions, dont celle d'être un réseau de communication extrêmement efficace entre les organes et les tissus: une sorte d'Internet du corps humain. Contrairement à d'autres organes, le sang peut se régénérer, mais en raison de sa complexité, il ne peut pas être produit en usine ou en laboratoire, notamment de façon aussi efficace que le fait le corps humain.

Cela explique l'importance de cet acte d'altruisme qu'est le don de sang. En effet, il est possible d'en prélever une quantité déterminée depuis une veine, sans nuire à la santé du donneur. Certains de ses composants peuvent ensuite être isolés et utilisés pour le traitement de patients présentant différentes situations.

Dans ce volume, nous tenterons de mieux connaître cet organe si fascinant et nous le suivrons dans son voyage du donneur au patient.



Le sang est un organe liquide qui coule dans les artères et les veines de notre organisme. Chez une personne adulte, selon sa masse corporelle, on en compte entre 4 et 7 litres. Le cœur pompe au repos environ 5 litres de sang par minute en direction de tous les organes et tissus; cette quantité peut considérablement augmenter si l'organisme en a besoin, par exemple si nous faisons du sport.

© LA COMPOSITION DU SANG

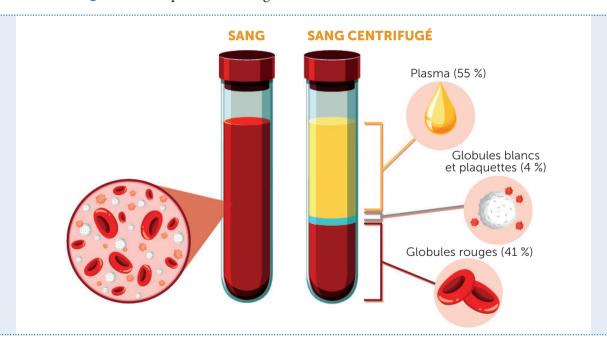


Le sang est composé de plusieurs éléments: le plasma, les globules rouges, les globules blancs et les plaquettes. Si nous centrifugeons un échantillon de sang, la moitié supérieure est constituée d'un liquide jaune clair, le plasma, qui représente la véritable partie liquide du sang. Dans la

moitié inférieure se trouve en revanche la partie corpusculaire, c'est-à-dire celle formée par les cellules qui circulent dans nos vaisseaux sanguins, en suspension dans le plasma. Chaque type de cellule a des fonctions spécifiques, toutes essentielles à la survie de l'organisme [figure 1].

Le plasma contient des milliers de substances différentes qui sont transportées entre les organes et les tissus de l'organisme: des substances nourrissantes qui fournissent l'énergie nécessaire à notre survie, des substances produites par le métabolisme qui doivent être éliminées, des hormones qui – transportées d'un

Figure 1 Composition du sang

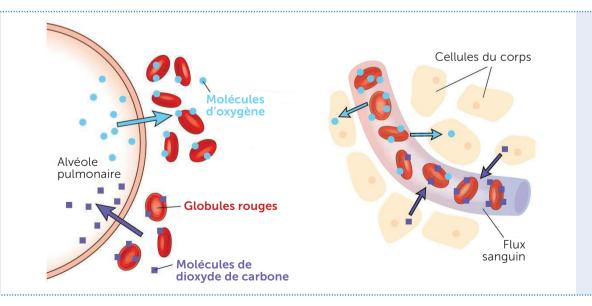


organe à un autre – régulent le fonctionnement de notre corps, des anticorps qui nous protègent contre l'invasion de micro-organismes, des protéines qui provoquent la coagulation du sang en cas de blessure, et bien d'autres encore.

Les globules rouges (ou érythrocytes) s'occupent principalement du transport de l'oxygène des poumons vers les organes qui en ont besoin pour leur fonctionnement. Les globules rouges accomplissent cette tâche grâce à l'hémoglobine: une molécule qui confère au sang sa couleur rouge typique et compte parmi ses composants le fer, auquel se lie l'oxygène. L'absorption d'oxygène dans les poumons et son transport vers les tissus sont régulés par un mécanisme complexe et encore partiellement méconnu, qui permet d'adapter l'approvisionnement aux besoins [figure 2 ...].

Les globules blancs (ou leucocytes) sont les cellules du système immunitaire. Avec les anticorps, ils représentent l'armée qui défend notre organisme contre les ennemis. Pendant les mois qui suivent la naissance, notre système immunitaire apprend très rapidement à faire la distinction entre les caractéristiques spécifiques de notre corps et celles d'autres individus ou d'autres organismes.

Figure 2 Absorption d'oxygène dans les poumons et transport vers les tissus par les globules rouges



Ces caractéristiques spécifiques, qui diffèrent d'une espèce à l'autre et d'une personne à l'autre, sont appelées antigènes. Les antigènes reconnus comme "nôtres" sont tolérés par le système immunitaire, tandis que ceux identifiés comme "étrangers", par exemple un virus ou une transfusion de cellules du sang appartenant à un autre individu, provoquent une réaction de la part des globules blancs. Dans cette bataille, plusieurs types de globules blancs jouent différents rôles: reconnaître l'ennemi, l'agresser directement ou former des anticorps qui, à leur tour, se fixent à l'antigène étranger pour l'éliminer. Le système immunitaire utilise deux stratégies principales pour se défendre contre les corps étrangers: la réponse immunitaire innée et celle adaptative [tableau 1 [mi]].

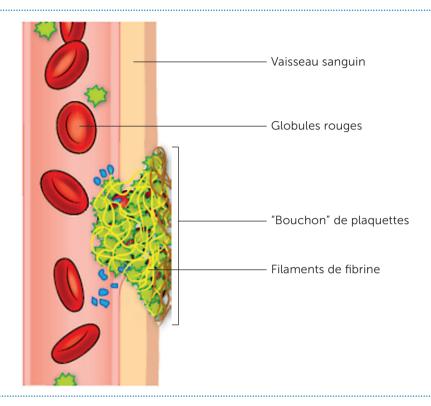
Les plaquettes (ou thrombocytes) sont des fragments de cellules issues des mégacaryocytes de la moelle osseuse qui ont pour mission de colmater les fuites dans les parois des vaisseaux sanguins lorsque nous nous blessons ou lorsque ces dernières sont endommagées par une maladie. Les plaquettes représentent le véhicule de premiers secours en cas d'hémorragie (hémostase

Tableau 1 Globules blancs impliqués dans les deux typologies de réponse immunitaire

| TYPE DE RÉPONSE | TYPES DE GLOBULES BLANCS IMPLIQUÉS | FONCTION |
|-----------------------|--|--|
| Réponse innée | Granulocytes, monocytes, macrophages, cellules natural killer | La réponse innée agit immédiatement contre tout corps étranger, même s'il s'agit de sa première apparition. Elle est immédiate, mais moins spécifique que la réponse adaptative, qui suit peu après. |
| Réponse adaptative | Lymphocytes T, lymphocytes B, anticorps, lymphocytes mémoire | La réponse adaptative suit la réponse innée, elle est activée par des monocytes ou des macrophages si le corps étranger est nouveau. Elle peut être autonome et être activée par des lymphocytes mémoire si le corps étranger est déjà connu (par exemple en cas de contact avec un germe après vaccination). Elle est spécifique au type de corps étranger rencontré. |



Figure 3 "Bouchon" de plaquettes et filaments de fibrine



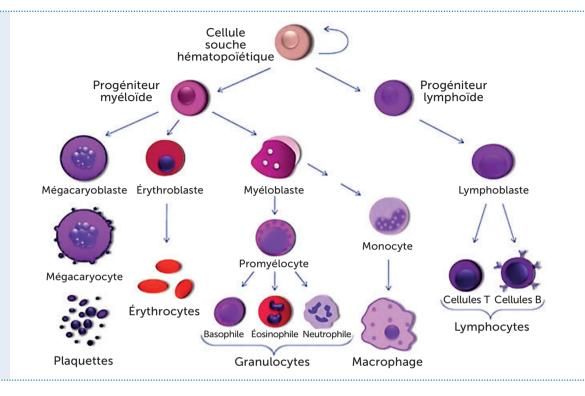
primaire). Elles sont suivies dans leur action par les facteurs de la coagulation, des protéines présentes dans le plasma qui, à la suite de la blessure du vaisseau sanguin et de l'action des plaquettes, consolident le caillot et arrêtent l'hémorragie (hémostase secondaire) [figure 3 1.].

'USINE" DU SANG

Le sang se forme dans la moelle osseuse à partir de ses cellules mères, les cellules souches hématopoïétiques. Celles-ci sont à même de se régénérer sans arrêt et de se différencier en tout type de cellule du sang de façon très efficace [figure 4]. C'est pour cette



🛡 **Figure 4** Hématopoïèse



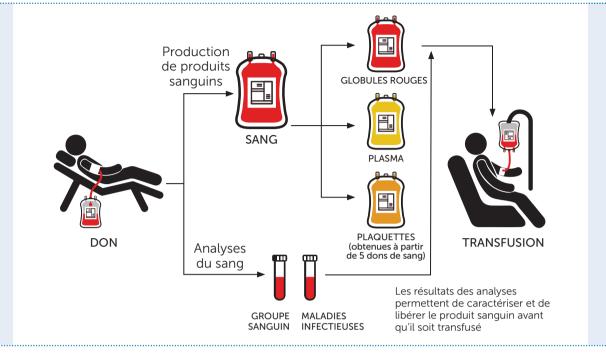
raison qu'elles peuvent être utilisées pour la greffe de moelle ou de cellules souches chez des patients souffrant de maladies du sang comme la leucémie. Sachant que la totalité des globules rouges est régénérée environ tous les 4 mois et celle des plaquettes environ tous les 10 jours, on comprend pourquoi le sang est difficilement reproductible en laboratoire!

& L

LE DON ET LA TRANSFUSION DE SANG

Le sang peut être prélevé chez un individu sain grâce à un don de sang et administré à un patient dans un but thérapeutique par une transfusion. La collecte de sang à partir d'une veine du bras d'un donneur et son infusion dans la veine d'un patient sont des procédures simples et généralement bien tolérées [figure 5].





Le sang du donneur se régénère rapidement et la transfusion peut ainsi contribuer à sauver des vies dans de nombreuses situations.

Nous venons de voir que chaque composant du sang avait des fonctions spécifiques. Par conséquent, après le don, les composants du sang sont séparés et administrés séparément au patient, selon ses besoins.

Nous avons également vu que notre système immunitaire réagissait au contact d'antigènes étrangers à notre corps. Cela se produit aussi si un patient est transfusé avec le sang d'un autre individu. Comment résoudre ce problème? Pour la transfusion de sang – ou de ses composants – il est nécessaire de respecter les **groupes sanguins**, des caractéristiques spécifiques des cellules du sang qui diffèrent d'un individu à l'autre.

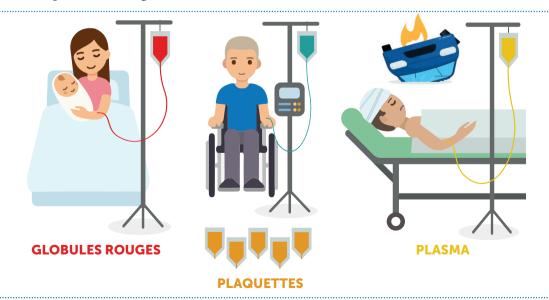
Nous aborderons ces thèmes plus en détail dans les prochains chapitres. D'abord, penchons-nous sur l'utilité du sang et sur le profil des patients qui en ont besoin.

© INDICATIONS POUR LA TRANSFUSION DE COMPOSANTS DU SANG

Nous avons vu que chaque composant du sang avait des fonctions précises à l'intérieur de l'organisme. C'est pour cette raison que chaque patient soumis à une transfusion recevra le composant du sang adapté à ses besoins [figure 6 v). Voyons à présent à travers quelques exemples pratiques quels sont les composants du sang qui sont indiqués pour la transfusion et dans quelles situations.

Un patient, pour diverses raisons, peut présenter un taux de globules rouges et d'hémoglobine trop bas. Cette situation est appelée anémie. Les causes peuvent être multiples, par exemple une perte de sang (hémorragie) ou une maladie du sang. Dans ce dernier cas, le problème peut être aussi bien lié à une production insuffisante dans la moelle osseuse qu'à une élimination prématurée dans les vaisseaux sanguins ou dans la rate. Le sang présent en quantité insuffisante ne parvient donc pas à transporter assez d'oxygène des poumons aux organes qui en ont besoin. L'organisme tente de compenser ce manque par une respiration plus rapide et un rythme cardiaque accéléré, comme c'est le cas lorsque nous faisons du sport, provoquant ainsi une sensation d'essoufflement, de la fatigue et des pal-

Figure 6 Différents patients, avec des besoins distincts, reçoivent différents composants du sang



pitations. Mais lorsque cette capacité de compensation n'est plus suffisante, une transfusion de globules rouges est nécessaire pour rétablir le transport d'oxygène.

Un patient sous chimiothérapie pour une **leucémie** a généralement – outre une anémie – des **taux de plaquettes très bas**. En effet, la leucémie et la thérapie empêchent la moelle osseuse de produire normalement les cellules du sang. Mais avec une trop faible quantité de plaquettes en circulation, le risque de saignement augmente, car les plaquettes ne sont pas suffisantes pour refermer (il s'agit de la fonction de "bouchon" dont nous avons parlé) d'éventuelles lésions des vaisseaux sanguins causées par la leucémie, la thérapie ou d'autres complications survenues pendant le traitement. Par conséquent, ces patients ont besoin – pendant toute la durée du traitement et en plus des érythrocytes – de transfusions avec un concentré de thrombocytes permettant de réduire le risque d'hémorragie.

Certaines situations nécessitent de transférer plusieurs produits en même temps. Un patient qui perd plusieurs litres de sang à la suite d'une intervention chirurgicale ou d'un accident a besoin, simultanément, d'érythrocytes, pour garantir l'apport d'oxygène à ses organes, de plaquettes et de plasma, afin que son sang coagule et qu'il arrête de saigner.

De nombreuses transfusions sont nécessaires dans les cas suivants:

- accidents graves avec blessures, lésions d'organes et fractures osseuses multiples;
- interventions importantes, par exemple au cœur ou à de gros vaisseaux sanguins;
- hémorragies graves pendant l'accouchement;
- o patients atteints de leucémies ou d'autres maladies du sang.

Le nombre de produits transfusés à un patient peut aller d'un à plusieurs dizaines. Dans des cas particulièrement graves, par exemple chez des patients présentant des blessures multiples causées par un accident, il peut être nécessaire de transfuser une quantité de produits correspondant à plus d'un volume complet de leur sang, qui varie généralement entre 4 et 7 litres. Pour couvrir les besoins en produits sanguins, environ 730 dons de sang par jour sont nécessaires en Suisse (donnée 2021)!

© LE DON DE SANG

Mais d'où vient le sang transfusé dans les hôpitaux et les cliniques suisses?

Les services de transfusion de la Croix Rouge Suisse ont pour mission d'approvisionner le pays en produits sanguins. Le don de sang est volontaire et non rémunéré: il représente donc un acte de solidarité d'individus sains à l'égard de patients qui en ont besoin. Le don du sang est un geste simple, mais qui permet d'aider son prochain et de sauver des vies.

Le choix de donner doit être libre, personne ne doit être poussé à le faire, que ce soit par obligation légale ou par des mesures d'incitation. Par exemple, donner son sang en échange d'argent peut pousser les personnes à le faire dans des situations où le don n'est pas approprié, comme en cas de maladie. En effet, pendant une maladie (par exemple une infection), le don n'est pas seulement risqué pour le donneur, dans le sens où il ne sera pas bien toléré, mais il existe aussi le risque de transmettre l'infection au patient transfusé et donc de mettre en danger la santé de ce dernier. Les normes du Conseil de l'Europe sur les produits sanguins encouragent le don volontaire non rémunéré.

La loi suisse et celle de la plupart des pays européens considèrent le sang comme un médicament. Cela signifie qu'il est soumis à des contrôles extrêmement rigoureux afin de garantir sa qualité et sa sécurité, exactement comme pour tout autre médicament. Cette règle est valable pendant toutes les phases de son traitement: le don, la séparation en différents composants, l'analyse, la conservation, le transport et l'utilisation.

La différence par rapport à d'autres médicaments est que le sang ne peut être produit en usine de façon standardisée, mais il doit être obtenu auprès d'individus disposés à le donner. Cependant, chaque donneur est un individu qui possède ses propres caractéristiques et cela explique la nécessité de vérifier la compatibilité avec le patient avant la transfusion, un contrôle qui n'est pas prévu lors de l'administration d'un autre médicament.



Un don correspond à 450 ml de sang, auxquels sont ajoutés 30-40 ml destinés aux analyses nécessaires pour le contrôler [figure 7]. Selon la masse corporelle du donneur, cette quantité

Figure 7 Tubes d'échantillons prélevés chez des donneurs de sang pour des analyses

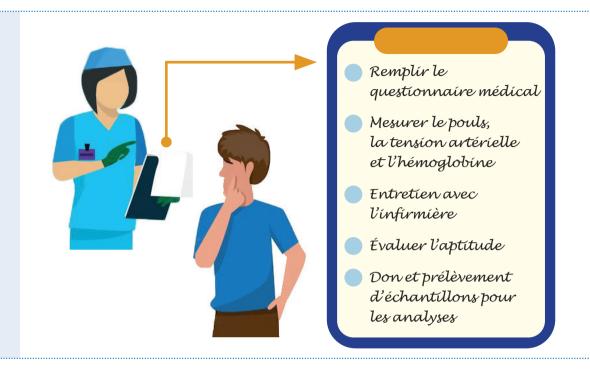


Source: Service de transfusion de la Suisse italienne, Croix Rouge Suisse (CRS).

représente entre 8 et 12 % de son volume sanguin. C'est pour cette raison que les individus présentant un poids et une masse corporelle supérieurs supportent mieux le don. Toute personne d'âge compris entre 18 et 60 ans, pesant plus de 50 kg et en bonne santé peut donc donner son sang. Une personne ayant commencé à donner son sang avant 60 ans peut continuer à le faire jusqu'à 75 ans si son état de santé le permet.

Avant chaque don, il est nécessaire de remplir un questionnaire médical, qui est évalué par une infirmière spécialisée [figure 8 1. Par la suite, le pouls, la tension artérielle et l'hémoglobine sont mesurés. Cette dernière est mesurée afin de garantir que le donneur dispose d'une "quantité" de sang suffisante pour donner sans risque. Les contrôles effectués et les critères d'évaluation servent en

Figure 8 Les étapes de l'évaluation du donneur



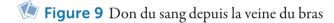
effet à s'assurer que le don de sang ne représente un risque ni pour le donneur ni pour le receveur. Par exemple, un individu souffrant d'une maladie cardiaque supporte moins bien le don, car cela stimule excessivement son cœur. Ou bien si un individu est atteint d'une maladie virale du foie (appelée hépatite), il ne peut donner son sang, car cela entraînerait un risque pour le receveur, cette maladie étant transmissible par le sang.

Une fois l'aptitude vérifiée, il est possible de procéder au don. Celui-ci – tout comme le traitement du sang qui s'ensuit – a lieu dans un système fermé de poches et tubes en plastique fixés à une aiguille. Cela évite toute contamination éventuelle avec des micro-organismes pendant le traitement. Après la désinfection de la peau, l'aiguille fixée à la poche est insérée dans une veine du bras. Tout d'abord, les tubes pour les analyses nécessaires sont remplis; puis, le sang s'écoule dans la poche de collecte contenant un anticoagulant, qui empêche le sang de coaguler. La poche est positionnée sur une balance spécifique

qui la fait osciller et permet de mélanger ainsi le sang avec l'anticoagulant, et qui arrête automatiquement la collecte lorsque les 450 ml sont atteints [figure 9].

Donner son sang n'est pas dangereux. Pour éviter tout syndrome lié à la réduction du volume sanguin, il est cependant important de se préparer soigneusement au don et de suivre quelques règles très simples:

- o boire de l'eau ou d'autres boissons avant et après le don;
- o ne pas se présenter à jeun;





Source: Service de transfusion de la Suisse italienne, CRS.

- o faire une petite collation après le don;
- éviter les efforts extrêmes ou les entraînements sportifs trop fatigants le jour même.

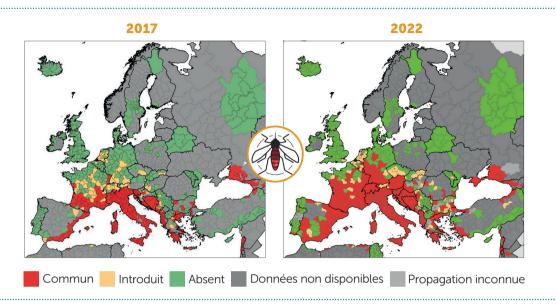
Ces mesures ont démontré leur efficacité pour réduire le risque de vertiges ou d'évanouissements, un risque très faible qui ne peut cependant être totalement évité.



Comme nous l'avons vu, pendant chaque don 30 à 40 ml de sang sont prélevés pour exécuter les analyses de laboratoire qui ont deux principaux objectifs.

- 1. Identifier toute maladie infectieuse possible transmissible par le sang. Il n'est évidemment pas possible d'analyser n'importe quel type de microorganisme existant dans la nature, susceptible d'entraîner des maladies chez l'être humain. Les analyses se limitent aux maladies infectieuses d'une certaine gravité qui ont démontré être transmissibles par transfusion de sang, comme différentes formes d'hépatite (hépatite B, hépatite C, hépatite E) causées par plusieurs types de virus qui peuvent circuler dans le sang et provoquer une inflammation du foie. Avec le réchauffement climatique en cours et la mobilité extrême de la population, on observe également depuis plusieurs années une propagation sous nos latitudes de maladies typiques de régions plus chaudes. Certaines d'entre elles sont transmises par des vecteurs, par exemple les moustiques. Certaines espèces de moustiques autochtones peuvent être infectées par des virus provenant de régions tropicales (par exemple la fièvre du Nil occidental). D'autres espèces sont d'origine tropicale, mais se diffusent de plus en plus sous nos latitudes, comme le moustique tigre [figure 10 (), facilitant ainsi la diffusion de nouveaux virus comme la Dengue ou le virus Chikungunya.
- 2. Déterminer le groupe sanguin du donneur pour pouvoir le comparer ensuite avec celui du patient au moment de la transfusion et garantir que le sang du patient et celui du donneur sont compatibles. Dans le chapitre suivant, nous apprendrons à mieux connaître les groupes sanguins et leur signification.

Figure 10 Propagation du moustique tigre en Europe 2017-2022



Source: European Centre for Disease Prevention and Control.

https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/aedes-albopictus-current-known-distribution-europe-april-2017 https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/aedes-invasive-mosquitoes-current-known-distribution-march-2022



LES GROUPES SANGUINS

OUN PEU D'HISTOIRE

Les premières tentatives de transfusion ont été réalisées au dix-septième siècle et exécutées avec du sang de brebis. Parmi les différentes théories en vogue à cette époque, on supposait que la transfusion de sang de brebis ou d'agneau était à même de calmer les esprits de personnes aux âmes particulièrement agitées, souffrant de troubles psychiques. En 1667, Jean-Baptiste Denis, médecin de la cour du roi Louis XIV de France, et Richard Lower et Edmund King, en Angleterre, remportent étonnamment plusieurs succès avec cette procédure, probablement dus à la quantité minime de sang transfusé, insuffisante pour déclencher des effets secondaires [figure 11 💜]. Il est cependant très vite démontré que, dans la plupart des cas, la transfusion de sang animal entraîne des complications graves, pouvant conduire jusqu'au décès. Environ 10 ans plus tard, elle est donc interdite par la loi. Aujourd'hui, nous savons que ces réac-



Figure 11 Premières tentatives de transfusion avec du sang de brebis



Source: Matthias Gottfried Purmann, Grosser und gantz neugewundener Lorbeer-Krantz, oder Wund Artzney... Zum andern Mahl vermehrt heraus gegeben (1705).

tions sont provoquées par le système immunitaire qui reconnaît les différences entre les globules rouges de différentes espèces animales et, par conséquent, entre l'homme et la brebis.



En 1818, James Blundell, un obstétricien anglais, transfuse pour la première fois du sang humain à une femme qui saigne abondamment après son accouchement. Le sang a été prélevé sur le mari à l'aide d'une seringue et transfusé directement à sa femme. Au cours

des années suivantes, James Blundell transfuse plusieurs patients en appliquant cette méthode et s'enrichit considérablement grâce à cette activité. Cependant, il doit se rendre à l'évidence: dans certains cas la transfusion est un succès, tandis que dans d'autres cas elle cause de graves complications, jusqu'au décès du patient. Pourquoi?

Pour résoudre cette énigme, il faut attendre l'année 1900, lorsque le médecin autrichien Karl Landsteiner observe qu'en mélangeant le sang de différents

individus, le sang de certains réagit de façon sélective avec celui d'autres individus, tandis que dans d'autres cas aucune réaction n'a lieu. Cette observation conduit à la découverte du premier groupe sanguin, le groupe ABO. Cette découverte vaut à Karl Landsteiner le prix Nobel de médecine en 1930. Aujourd'hui encore, le groupe ABO demeure le plus important à respecter lorsqu'on transfuse un patient.

Entre 1930 et 1940, le facteur Rhésus est découvert: il s'agit d'un antigène appartenant au groupe aujourd'hui dénommé Rh. La découverte d'autres groupes s'enchaîne rapidement jusqu'à aujourd'hui: nous en connaissons désormais 43.

© LE PRINCIPE DE LA COMPATIBILITÉ

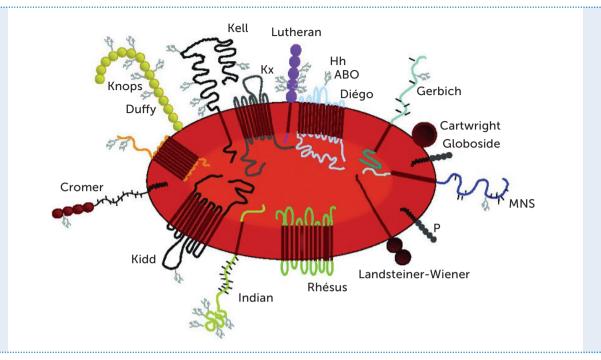
Nous avons vu que notre système immunitaire était à même de faire la distinction entre ses propres caractéristiques et celles étrangères à notre organisme. Ces caractéristiques sont définies antigènes. Les globules blancs et les anticorps qui circulent dans notre sang sont à même de reconnaître des antigènes différents des nôtres et de réagir contre eux. Par conséquent, si on transfuse les globules rouges d'un donneur qui portent des antigènes différents de ceux du patient, ce dernier peut subir une complication transfusionnelle qui se manifeste comme une réaction hémolytique, c'est-à-dire que les anticorps provoquent la destruction des globules rouges transfusés. La gravité de cette réaction est variable: certains antigènes étrangers ne causent aucun problème, d'autres peuvent entraîner des réactions assez graves pour mettre en danger la vie du patient. Voilà pourquoi avant une transfusion il est toujours nécessaire de vérifier la compatibilité entre donneur et patient.

LA CLASSIFICATION DES GROUPES SANGUINS

Aujourd'hui, nous connaissons 43 groupes sanguins, qui couvrent ensemble plus de 360 antigènes différents, situés sur la surface des globules rouges [figure 12]. Heureusement, tous ces groupes ne doivent pas être déterminés au moment d'une transfusion.

Quels sont les groupes sanguins qu'il est important de respecter?

Figure 12 Représentation schématique de certains antigènes avec indication du nom du groupe sanguin

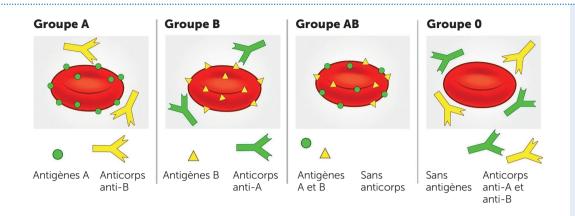


Source: Blood group systems. ISBT Science Series, 2020. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/voxs.12593

car c'est seulement avec certains d'entre eux qu'il existe une réaction transfusionnelle s'ils ne sont pas compatibles entre donneur et receveur. Les plus importants à respecter sont le **groupe ABO** et l'**antigène D**, appartenant au **groupe sanguin Rh** (Rhésus).

Dans le groupe ABO, les globules rouges peuvent porter l'antigène A, ou B, les deux, ou aucun des deux. L'antigène définit le groupe, par conséquent les personnes ne portant pas l'antigène A ni B sont du groupe O, celles qui portent l'antigène A sont du groupe A, etc. [figure 13]. Lors des mois qui suivent la naissance, notre organisme forme des anticorps contre les antigènes étrangers, par conséquent des anticorps anti-B dans le groupe A, anti-A dans le groupe B, anti-A et anti-B dans le groupe O et aucun des deux dans le groupe AB.





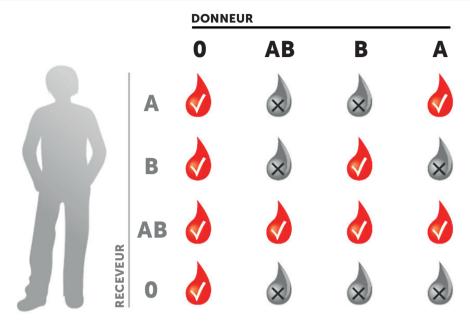
Si nous transfusons des **érythrocytes**, nous devons nous assurer qu'ils **ne portent pas d'antigènes contre lesquels le patient a des anticorps**. Par exemple, des érythrocytes du groupe O peuvent être transfusés à des patients de n'importe quel groupe, tandis que des érythrocytes A peuvent être transfusés à des patients des groupes A et AB. Les règles applicables aux érythrocytes sont résumées dans la **figure 14** .

Pour le plasma, on applique les règles à l'envers: par exemple, le plasma du groupe AB, ne contenant ni anti-A ni anti-B, peut être transfusé à tous les patients, tandis que le plasma du groupe B (contenant anti-A) peut être transfusé uniquement à des patients B ou O.

Le deuxième groupe par ordre d'importance est le facteur Rhésus (groupe Rh), comprenant de nombreux antigènes différents, dont le plus important est l'antigène D. Les personnes qui ont l'antigène D sont Rh positif, celles qui ne l'ont pas sont Rh négatif. Les personnes Rh négatif peuvent former des anticorps anti-D, et par conséquent doivent recevoir du sang Rh négatif. Les personnes Rh positif peuvent recevoir les deux.

Cela explique pourquoi les donneurs de **groupe O Rh négatif** sont très recherchés: ils représentent dans notre pays moins de 7 % de la population et **leurs érythrocytes peuvent être transfusés à tous les patients.** En réalité, une transfusion O négative est utilisée en urgence lorsque le groupe du patient n'est

Figure 14 Règle de compatibilité entre donneur et receveur pour la transfusion de globules rouges



Les personnes de groupe sanguin AB peuvent donner leur sang à des receveurs du même groupe. En revanche, les personnes de groupe sanguin O peuvent donner leur sang aux personnes de groupes sanguins différents. C'est pour cette raison que ces personnes sont particulièrement adaptées au don du sang.

pas encore connu. Dès que le laboratoire a déterminé le groupe, on utilise des produits de ce même groupe.

© LES PRODUITS SANGUINS

Après le don, le sang est séparé en composants. La centrifugation permet de diviser les globules rouges (en bas), le plasma (en haut) et les autres cellules (au centre) [figure 15 ②].

Concentré d'érythrocytes. Il convient de rappeler que les cellules de notre corps sont vivantes et ont besoin de subsistance lorsqu'elles sont conservées dans un récipient en plastique en dehors de notre corps. C'est pour cela qu'après le don et la séparation avec les autres cellules, les globules rouges sont transférés dans une poche contenant une solution nourrissante qui permet

Figure 15 Un don de sang après la centrifugation: au-dessus le plasma, en dessous les érythrocytes, au centre une fine couche de leucocytes et plaquettes



Source: Service de transfusion de la Suisse italienne, CRS.

leur conservation à 4 °C pendant 42 jours. La filtration permet d'éliminer les globules blancs résiduels et d'obtenir un concentré d'érythrocytes plus pur, avec une contamination minime d'autres cellules [figure 16].

Plasma frais congelé. Le plasma aussi est transféré dans une poche et congelé à -25 °C, pour être conservé pendant une durée maximale de 2 ans [figure 17 ©].

Concentré de thrombocytes. Les plaquettes sont extraites depuis la couche intermédiaire, composée de plaquettes, de globules blancs et d'un résidu de globules rouges. Pour obtenir une dose suffisante pour une transfusion, les plaquettes de 4-5 donneurs sont réunies. Le produit qui en découle est soumis à une procédure spécifique pour éliminer tout micro-organisme éventuel (désactivation des agents pathogènes) et conservé à température ambiante pendant 7 jours maximum [figure 18 ...].

Figure 16 Frigo contenant des concentrés d'érythrocytes de différents groupes à 4 °C



Source: Service de transfusion de la Suisse italienne, CRS.

En outre, il est possible d'extraire à partir du plasma des anticorps ou des facteurs de la coagulation afin de produire des médicaments utilisés pour des patients atteints de maladies du système immunitaire, d'infections ou de défauts de coagulation. Un exemple typique est l'hémophilie, une maladie génétique qui provoque des hémorragies. Les patients qui en souffrent sont dépourvus d'un facteur spécifique de la coagulation. Lorsqu'ils saignent, ils peuvent être traités avec ce facteur, qui peut être extrait du plasma.



Figure 17 Plasma frais congelé, conservé au congélateur à -25 °C



Source: Service de transfusion de la Suisse italienne, CRS.

Figure 18 Deux concentrés de thrombocytes conservés à température ambiante (20-24°C)



Source: Service de transfusion de la Suisse italienne, CRS.

ONCLUSIONS ET PERSPECTIVES: POURQUOI EST-CE QUE LE SANG ARTIFICIEL N'EXISTE PAS?

Les premières tentatives de production de sang artificiel remontent à plus de 50 ans. L'approche initiale, qui semblait la plus simple, consistait à développer des formes d'hémoglobine artificielle à même de conduire l'oxygène des poumons vers les tissus, comme c'est le cas avec l'hémoglobine présente dans nos globules rouges.

Plus tard, des substances complètement différentes à même de lier l'oxygène sont également recherchées. Une catégorie de substances, les **perfluorocarbures**, est identifiée et fait l'objet de plusieurs études. Cependant, malgré de nombreuses tentatives, aucune de ces substances n'est à même de remplacer la transfusion de globules rouges, en raison de leur manque d'efficacité, mais aussi et surtout de leur toxicité: la plupart des études sont interrompues à cause de graves effets collatéraux.

Le problème de ces approches est qu'elles ne tiennent pas compte de la complexité du mécanisme lié au transport d'oxygène, basé non seulement sur l'hémoglobine, mais aussi sur un équilibre déterminé par l'interaction entre vaisseaux sanguins, érythrocytes, hémoglobine, oxygène et autres substances présentes dans le sang, fruit d'une évolution qui s'étend sur plusieurs millions d'années et difficile à imiter.

Nous avons vu que le sang dérivait de ses cellules mères, les cellules souches du sang. Cultiver ces cellules en laboratoire et les transformer en globules rouges ou en plaquettes, en reproduisant le plus fidèlement possible ce que fait notre corps, pourrait permettre de produire du sang en laboratoire.

Au cours de ces dernières années, des progrès ont été réalisés pour cultiver et différencier plusieurs types de cellules souches. Les difficultés de cette approche consistent à obtenir des cellules correspondant à 100 % aux globules rouges, sans qu'il demeure des formes immatures dans le sang, inadaptées à leur fonction, des cellules portant une forme d'hémoglobine inadaptée au transport de l'oxygène ou des antigènes étrangers à l'organisme humain, qui pourraient entraîner des effets collatéraux si elles étaient transfusées à un patient.

Jusqu'à présent, quelques laboratoires ont réussi à produire seulement quelques millilitres de sang. Nous sommes encore loin de produire du sang de façon industrielle, selon des processus standardisés et de façon sûre, en quantité nécessaire pour garantir l'approvisionnement d'un pays entier. Avant une utilisation dans la pratique quotidienne, il sera nécessaire d'effectuer des études cliniques pour garantir l'efficacité et la sécurité de ces nouveaux produits. Cependant, cette approche basée sur les cellules souches pourrait être finalisée au cours des prochaines années pour produire du sang pour des patients aux groupes sanguins très rares, dont il existe peu de donneurs en Europe. En ayant toujours à disposition des cellules souches de quelques individus aux groupes rares, il serait possible de produire une quantité suffisante de sang de ces groupes, malgré des coûts élevés, mais justifiables en l'absence d'autres solutions viables.

Pour conclure, il s'écoulera encore beaucoup de temps avant qu'on parvienne à produire en usine du sang en quantité nécessaire pour satisfaire les besoins des patients, et offrant la même garantie de sécurité que le sang des donneurs, à des coûts abordables. D'ici là, notre corps restera l'usine de sang la plus efficace et la plus sûre, et le don de sang demeurera une activité nécessaire pour la survie de nombreux êtres humains.



TEXTES

Textes rédigés par les élèves de la classe 3B de l'école secondaire Biasca:

Nicolas Bisceglia Matia Milosevic Laura Canepa Tomas Mitrovic Leeroy Devittori Tedros Naizghi Melissa Di Tullio Amar Omerovic

Francesco Garieri Alessandra Policastrese

Rreze Gashi Laura Preniqi Nicolò Iezza Enea Rivera Lara Lasio Jovan Simic Antonio Lubello Anton Torre

Sous la coordination de la professeure:

Anne-Sophie Genini (professeure de sciences)

École secondaire Biasca

Via Stefano Franscini, 21

6710 Biasca

Tessin - Suisse

Directeur: Luca Herold

Directrice adjointe: Camilla Fossati

DESSINS

Réalisation de Matteo Perilli, pour la Scuola Romana dei Fumetti.















































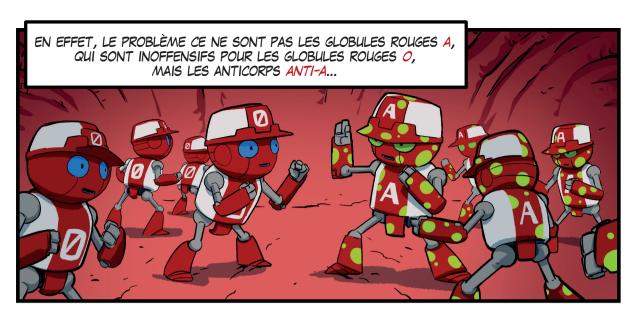






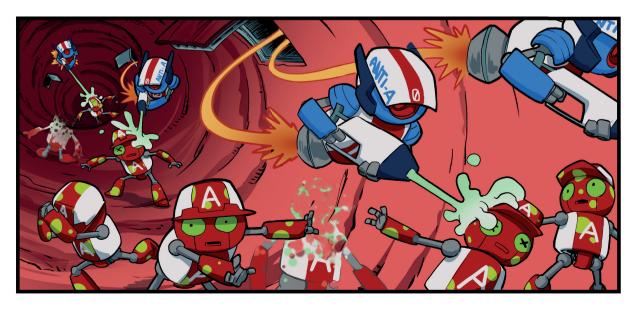














"...JE DEVAIS M'ÉCHAPPER DE LÀ... JE ME SENTAIS DE PLUS EN PLUS FAIBLE..."









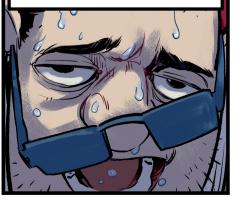




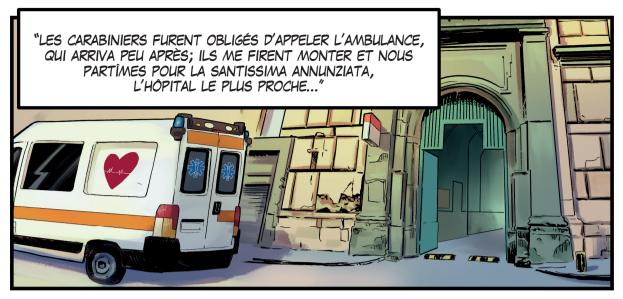
"JE N'AI PAS TENTÉ DE M'ENFUIR, ÇA N'EN VALAIT PAS LA PEINE. JE SAVAIS QUE C'ÉTAIT FINI, LES POLICIERS M'AVAIENT FAIT ÉCHEC ET MAT ET TRÈS VITE, C'ÉTAIT INÉVITABLE, TOUTE LA BANDE SERAIT ARRÊTÉE..."

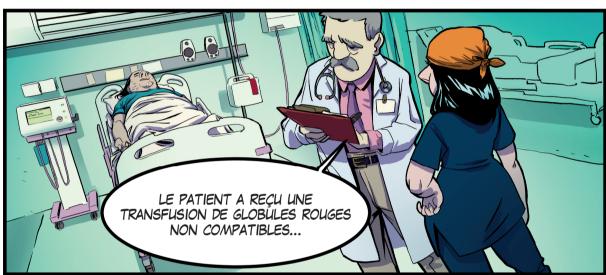


"À PARTIR DE CET INSTANT, LE MONDE AUTOUR DE MOI RALENTIT, DÉSORMAIS TOUT ÉTAIT FINI..."



































Anémie Situation dans laquelle la concentration de l'hémoglobine dans le sang est inférieure à la norme. Les causes peuvent être multiples: carence en fer, maladie du sang, hémorragie à la suite d'un accident ou d'une intervention chirurgicale. La capacité du sang à fournir de l'oxygène aux tissus s'en trouve fortement réduite.

coagulant

Anti- Substance à même d'inhiber le processus de coagulation du sang. Il existe des médicaments anticoagulants, administrés pour éviter la formation de caillots dans les vaisseaux sanguins (thromboses), et des anticoagulants utilisés pour éviter la coagulation du sang prélevé pour des analyses ou une transfusion. Ces derniers se trouvent dans les poches utilisées pour le don de sang ou dans les tubes utilisés pour les analyses de laboratoire.

Anticorps

Protéine produite par une catégorie de lymphocytes (appelés lymphocytes B) qui est à même de se lier à un antigène, contribuant ainsi à son élimination par le système immunitaire.

Antigène Structure d'un organisme que notre système immunitaire est à même de reconnaître comme étrangère. La réaction provoquée, visant à éliminer l'organisme étranger, comprend notamment la formation d'anticorps.

hématopoïétiques

Cellules Les cellules souches sont des cellules indifférenciées qui ont souches la capacité de mûrir en se transformant en différents types de cellules présentes dans notre corps. Les cellules souches hématopoïétiques se trouvent dans la moelle osseuse; les globules rouges, les globules blancs et les plaquettes en sont issus.

Chikungunya

Virus transmis par piqure de moustique, provoquant fièvre et fortes douleurs musculaires et articulaires. Il s'agit d'un virus caractéristique des régions les plus chaudes (notamment Asie et Afrique), mais les voyages et les changements climatiques augmentent le risque qu'il se propage également en Europe.

Dengue

Virus transmis par piqure de moustique, provoquant fièvre, maux de tête, douleurs articulaires et éruptions cutanées. La Dengue est largement répandue dans les régions tropicales et subtropicales, mais au cours de ces dernières années, à la suite des changements climatiques, les premiers cas ont été observés en Europe du Sud.

sang

Don de Mise à disposition volontaire d'un volume défini de son sang, dont les composants peuvent être utilisés dans un but thérapeutique. Les produits sanguins issus du don les plus utilisés ont une faible longévité; c'est pour cette raison que la disponibilité constante de donneurs est fondamentale.

rouges)

Érythrocytes Cellules du sang dont la fonction principale est de transpor-(globules ter de l'oxygène des poumons vers les tissus. Elles peuvent être obtenues à partir d'un don de sang et transfusées chez un patient présentant une anémie, si celle-ci est suffisamment grave pour empêcher l'approvisionnement d'oxygène aux tissus.

de la coagulation

Facteurs Protéines dissoutes dans le plasma, qui interagissent avec les plaquettes et entre elles, provoquant la formation d'un caillot. L'absence d'une ou plusieurs de ces protéines peut entraîner un saignement excessif. Dans des maladies caractérisées par une carence spécifique d'un facteur, comme l'hémophilie, il est possible de soigner une hémorragie en administrant le facteur manquant (facteur VIII ou facteur IX). À la suite d'une perte de sang importante, due par exemple à un accident, il est nécessaire de transfuser du plasma pour garantir un apport équilibré de tous les facteurs de la coagulation.

Fibrine

Composant essentiel du caillot qui se forme à la suite de l'activation des facteurs de la coagulation. La fibrine consolide le caillot primaire, formé par les plaquettes à la suite de la lésion d'un vaisseau sanguin.

Groupe Ensemble d'antigènes contrôlés par un même gène, présanguin sent dans des formes diverses chez différents individus (par exemple le groupe ABO). La transfusion de sang d'un donneur présentant un groupe différent de celui du patient peut activer le système immunitaire de ce dernier, provoquant ainsi une hémolyse.

Hémoglobine Principal composant des globules rouges. Elle est responsable du transport de l'oxygène dans le corps et il s'agit de la substance qui confère au sang sa couleur rouge typique.

Hémolyse

Processus de destruction prématurée des globules rouges. Elle peut être la conséquence d'une maladie du sang, de la prise de médicaments ou de substances toxiques, ou encore d'une transfusion, si le patient présente des anticorps contre un antigène situé sur la surface des globules rouges transfusés.

Hémophilie

Maladie d'origine génétique causée par le manque d'une protéine nécessaire à la coagulation du sang (facteur VIII ou facteur IX). L'absence de cette protéine provoque une tendance à saigner spontanément ou à la suite de traumatismes mineurs.

Hépatite Maladie inflammatoire du foie. Parmi les causes, on compte différents virus, certains pouvant être transmis par transfusion sanguine (hépatite B, hépatite C, hépatite E). Heureusement, les mesures préventives actuelles réduisent ce risque pratiquement à zéro.

Leucémie Maladie de la moelle osseuse qui consiste en une prolifération incontrôlée de cellules du sang pathologiques, qui empêchent la formation de cellules normales. Il existe différentes formes de leucémie, caractérisées par des évolutions et des pronostics divers, selon le type de cellule altérée et le type d'anomalie rencontrée. En général, les patients peuvent souffrir d'anémie, d'hémorragie et d'infections, ainsi que d'une série d'autres complications. La chimiothérapie a pour objectif d'éliminer les cellules pathologiques, en rétablissant l'hématopoïèse normale. Pendant le traitement, il est souvent nécessaire de transfuser les patients avec des concentrés d'érythrocytes ou de thrombocytes.

(globules blancs)

Leucocytes Cellules du système immunitaire qui défendent l'organisme contre les micro-organismes ou les corps étrangers. Il en existe de différents types, chacun ayant une tâche spécifique; le sang comprend les lymphocytes, les monocytes et d'autres catégories de granulocytes.

Perfluoro-

Substances chimiques potentiellement à même de transporter carbures l'oxygène. Les perfluorocarbures ont longtemps été étudiés comme les remplaçants possibles de la transfusion d'érythrocytes, mais jusqu'à présent sans succès, notamment en raison des risques liés à leur administration.

immunitaire adaptative

Réponse Deuxième ligne de défense de notre organisme: il s'agit d'une réaction très spécifique contre des antigènes étrangers, à même de former une mémoire contre ces derniers s'ils se représentent.

immunitaire innée

Réponse Première ligne de défense de notre organisme: reconnaissance d'un nombre limité d'antigènes, avec action immédiate et activation de la réponse immunitaire adaptative.

Thrombocytes (plaquettes)

Fragments de cellules qui circulent dans le sang, dont la fonction principale est d'activer la coagulation en se regroupant là où un vaisseau sanguin a été blessé, bloquant ainsi l'hémorragie. Leur action est suivie par celle des facteurs de la coagulation présents dans le plasma, qui permettent la formation de la fibrine et donc la stabilisation du caillot. Les thrombocytes peuvent être obtenus auprès de donneurs de sang et transfusés à des patients présentant un nombre insuffisant de plaquettes.

Transfusion Administration de sang ou de composants du sang d'un donneur à un patient dans un but thérapeutique.

Vecteur

Dans le sens biologique du terme, il s'agit d'un organisme capable de transférer des agents infectieux à l'intérieur d'autres organismes. En raison des voyages et des changements climatiques, certains vecteurs (par exemple certaines espèces de moustiques comme le moustique tigre) arrivent en Europe depuis les régions tropicales et subtropicales, entraînant la diffusion de maladies virales qu'on n'observait habituellement pas sous nos latitudes.

occidental

Virus du Nil Virus transmis par piqûre de moustique ne provoquant pas de symptômes dans la majorité des cas, mais susceptible de causer des symptômes grippaux et, plus rarement, une inflammation des méninges et du tissu cérébral. Au cours de ces dernières années, il est apparu régulièrement en Europe du Sud et de l'Est, en été et en automne.



À l'intérieur de notre corps, le sang remplit une multitude de fonctions fondamentales: il transporte oxygène et nutriment aux cellules, les nettoie en éliminant le dioxyde de carbone, relie entre eux les organes et les tissus. Pompé par le cœur, il circule sans répit en apportant la vie à toutes les parties du corps.

Mais lorsque nous pensons à notre sang, il est important de garder à l'esprit qu'il n'est pas seulement essentiel pour nous, mais qu'il peut sauver la vie des autres: donner son sang signifie aider une personne qui en a besoin pour des raisons thérapeutiques et contribuer ainsi à la maintenir en vie.

Même une petite quantité peut faire la différence: c'est pour cette raison que le don de sang est l'un des plus beaux actes d'altruisme de la part de l'homme.

> **Stefano Fontana**, Fondation service de transfusion CRS de la Suisse italienne; université de Lausanne (UNIL).

À l'intérieur, la BD:

Sang

Textes rédigés par les élèves de la classe 3B de l'école secondaire Biasca, Tessin, Suisse.

Dessins réalisés par Matteo Perilli, pour la Scuola Romana dei Fumetti