Education médicale continue

L'hémodilution normovolémique (HDNV)

Daniel J. Côté MD FRCP CSPQ

La transfusion de sang homologue à des opérés comporte certains risques, d'où la motivation d'établir différentes stratégies d'économie sanguine. Parmi celles-ci, le présent article présente l'hémodilution normovolémique (HDNV) : ses avantages, ses conséquences physiologiques, et ses aspects techniques. Nous insistons en particulier sur l'importance de respecter certains critères de sélection. Cette méthode s'avère sûre, efficace et relativement facile d'application. Son futur s'ouvre même sur des horizons non-chirurgicaux, où la nécessité d'accroître la perfusion tissulaire cadre bien avec l'avantage principal de l'hémodilution normovolémique.

Transfusion of homologous blood to surgical patients is not without risks. Thus, strategies to prevent blood loss must be considered. This article deals with one of them: normovolaemic haemodilution together with its advantages, physiological consequences and technical aspects. In particular, it is important to follow certain inclusion criteria. The technique is safe, effective and relatively easy to implement. In the future, it could be used in non-surgical patients, when it is necessary to increase tissue perfusion.

Mots-clef

BLOOD : haemodilution ;

OXYGEN : transport ;

TRANSFUSION : autologous, autotransfusion.

Département d'anesthésie-réanimation, Université de Sherbrooke.

Adresser la correspondance à : Docteur Daniel J. Côté, Département d'anesthésie-réanimation, Centre Hospitalier Universitaire de Sherbrooke, 3001, 12ième Avenue Nord, Fleurimont (Québec) J1H 4N5.

Accepted for publication 10th September, 1990.

Comme groupe professionnel, les anesthésistes jouent un rôle prépondérant dans l'utilisation des produits de la banque de sang. Il doivent donc être particulièrement conscients des obstacles qui sont liés à leur emploi.^{1,2}

1 d'abord, la rareté des donneurs et les coûts générés par la cueillette, le stockage et l'administration du sang et de ses dérivés ;

2 mais surtout, les risques encourus par la transfusion d'une seule unité de sang homologue : transmission de maladies comme le SIDA ou l'hépatite, phénomènes d'alloimmunisation, allergies, accidents transfusionnels, immunosuppression ;^{3,4}

3 enfin, le refus de certains patients de recevoir du sang homologue pour des motifs personnels ou religieux.

Pour ces raisons, la littérature médicale offre maintenant différentes stratégies visant à éliminer ou du moins à diminuer la transfusion de sang homologue à des opérés.

Une étape majeure est déjà franchie si on accepte de mesurer le ratio avantages/risques de chaque transfusion envisagée, en retenant que chez le sujet sain, un hémocrite de 25 à 30% est la plupart du temps acceptable.⁵

L'hémostase chirurgicale méticuleuse demeure primordiale.¹ De plus, lorsqu'indiquées, on peut utiliser certaines techniques accessoires pour diminuer le saignement opératoire et secondairement réduire le nombre de transfusions de sang homologue, par exemple : l'utilisation d'un garrot,⁶ l'infiltration d'adrénaline,⁶ l'élévation du site chirurgical,⁷ l'hypotension contrôlée.⁸

La mise en œuvre d'un programme de phlébotomies pré-opératoires pour retransfusions différées est particulièrement intéressante : dans certains cas, cette programmation peut diminuer de 88% la quantité de sang homologue transfusé, en plus de stimuler la médullopoeie.⁵ Cependant, un tel programme requiert une logistique d'application assez complexe.⁹ De plus, le sang ainsi obtenu n'est pas exempt des altérations induites par le stockage.^{10,11}

On peut aussi procéder à la récupération per-opératoire des hématies (Cell Saver) qui seraient autrement perdues.

Technique très utile en urgence,² elle permet d'épargner jusqu'à 50% des transfusions,¹² tout en retournant à l'opéré des globules rouges concentrés et lavés. Toutefois, cette méthode nécessite un investissement financier important, peut causer de l'hémolyse et détériorer la crase sanguine.^{11,13} Notons au passage que la récupération postopératoire (ex. : par drainage médiastinal ou pleural) s'utilise aussi avec avantages.^{11,13}

Il resterait donc une place pour une « technique d'économie sanguine » applicable aux interventions demeurées sanglantes malgré toutes les précautions, dont le degré d'urgence ne permet pas la programmation de phlébotomies pré-opératoires, ou dont le site (contaminé par des agents infectieux ou des cellules néoplasiques) constitue une contre-indication relative au Cell Saver.¹³ A ce moment l'hémodilution normovolémique (HDNV) devient une solution attrayante.

Généralités

Messmer nous donne une excellente définition de cette technique dont il est un pionnier.³ L'hémodilution normovolémique est une technique d'autotransfusion dans laquelle une certaine quantité du sang du patient lui est retirée immédiatement avant l'intervention chirurgicale, pour lui être retransfusée après hémostase. Entre le prélèvement et la retransfusion, la normovolémie est maintenue soigneusement par la perfusion de cristalloïdes et/ou de colloïdes et la perte de sang avec un hématocrite réduit devient acceptable jusqu'à une valeur d'hématocrite limite.

Précisons que l'hémodilution est modérée, ayant pour objectif un hématocrite initial d'environ 27%, dont on tolérera la baisse jusqu'à un taux limite de 20%.

Le fait que, l'hémodilution réalisée, le patient saigne à hématocrite réduit permet de comprendre l'économie sanguine réalisée.^{14,15} Ainsi, un litre de sang perdu lorsque l'hématocrite est de 45% représente une perte de globules rouges de 450 ml. Un litre perdu avec un hématocrite de 25% ne représente plus que 250 ml de précieuses hématies. Bref, une économie d'environ 50%. Mais cette économie n'est pas le seul bénéfice de la technique. En effet, l'anesthésiste disposera en fin d'intervention de la quantité de sang initialement cueillie (2–4 unités) pour réaliser l'hémodilution, soit un sang on ne peut plus compatible,⁹ riche en globules rouges, en protéines, et possiblement encore pourvu de plaquettes et de facteurs de la coagulation (voir plus loin).^{10,16}

La littérature rapporte que l'HDNV permet d'éviter selon les auteurs de 18 à 90% des transfusions de sang homologues jugées autrement nécessaires.^{3,4,9,10,14–17} Ce vaste écart entre les résultats serait causé en partie par la grande variété des interventions chirurgicales comparées,³ mais proviendrait surtout de la diversité des degrés

d'hémodilution étudiés³ et du moment de la mise en route de la retransfusion.¹⁴

Considérations physiologiques

Certaines considérations physiologiques permettent d'expliquer les compensations requises par la baisse de l'hématocrite, et favorisent la compréhension d'un autre avantage majeur de l'HDNV : l'amélioration de la perfusion tissulaire.³ On est ainsi mieux en mesure d'apprécier les avantages et les inconvénients de la technique.

La microcirculation

La viscosité (η) mesure la consistance d'un fluide.¹⁸ Le sang est d'autant moins visqueux que son hématocrite (Ht) est abaissé.¹⁷ Or, la rhéologie montre que plus on abaisse la viscosité d'un liquide, plus il s'écoule facilement. Abaisser l'hématocrite accélère donc la vitesse d'écoulement du sang dans les vaisseaux.

Messmer a par ailleurs montré que cette accélération s'exerçait principalement dans la microcirculation.¹⁹ En effet : dans l'arbre artériel, la dilution de l'hématocrite de 45 à 25% réduit la viscosité d'environ 25% ; tandis qu'au niveau de la microcirculation, cette même hémodilution abaisse la viscosité d'environ 50%. L'explication complète de ce phénomène est complexe et déborde le cadre du présent article. Nous ne présenterons ici que quelques idées et références pertinentes : il existe normalement une dilution physiologique des éléments figurés du sang des gros vaisseaux vers la microcirculation,²⁰ explicable en partie par l'effet Farhaeus voulant que la viscosité sanguine diminue avec le diamètre des petits vaisseaux sanguins jusqu'à l'arrivée aux capillaires, moment auquel cette relation s'inverse.²¹ Ajoutons à cela que lorsque la vélocité est faible (cas de la microcirculation), les globules rouges forment facilement des rouleaux, augmentant ainsi la viscosité sanguine.²² Stoltz juge important le rôle des résistances vasculaires périphériques dans l'hétérogénéité de la répartition des hématocrites dans la microcirculation.²⁰ L'hémodilution pourrait aussi augmenter l'irrigation sanguine collatérale.²⁰ Par ailleurs, Vicaud a démontré que l'hémodilution diminue aussi l'hétérogénéité des débits (nombre de globules rouges par minute) entre les divers capillaires, favorisant ainsi les zones faiblement perfusées, indépendamment de l'état de vasodilatation artériolaire. Cet effet de redistribution serait plus important que la modification du débit total arrivant au réseau capillaire.²³ Indépendamment de tous ces effets induits par l'hémodilution, il est intéressant de noter que l'hémodiluant peut jouer un rôle en lui-même : ainsi, l'albumine possède une action inhibitrice sur la formation des rouleaux, entraînant donc une diminution

importante de la viscosité sanguine aux faibles vitesses de déformation.²⁰

La macrocirculation

La résistance vasculaire totale (RVT) est composée de l'effet viscosité (n) et de la résistance vasculaire systémique (RVS).^{14,18} Donc $[RVT \propto n] \propto Ht$. Par exemple, la même hémomodilution qui fait baisser l'hématocrite de 45 à 25% diminue la résistance vasculaire totale de 40%.²⁴

Or, $[TAM \propto (RVT \times DC)]$ où TAM est la tension artérielle moyenne et DC le débit cardiaque. Lors d'une HDNV qui fait baisser l'hématocrite à 20%, la tension artérielle moyenne reste constante.⁹ Comme on a déjà vu que la résistance vasculaire totale diminue pendant l'HDNV, il en résulte que le débit cardiaque augmente.^{17,25} En effet, lors d'une HDNV à hématocrite 25%, la hausse compensatrice du débit cardiaque peut atteindre 50%.¹⁹

Cette hausse du débit se fait par une augmentation du volume d'éjection, car au cours d'une hémomodilution normovolémique correctement menée, la fréquence cardiaque reste normale et constante.²⁶ Si une tachycardie survient pendant l'HDNV, l'hypovolémie doit être incriminée jusqu'à preuve du contraire.¹⁷ En absence d'hypovolémie, les autres causes de cette tachycardie sont : la stimulation douloureuse, une consommation accrue d'oxygène, un hématocrite beaucoup trop bas, un transport en oxygène inadéquat.^{3,4}

L'augmentation du volume d'éjection mentionnée plus haut résulte d'une viscosité diminuée, ce qui diminue la post-charge et augmente le retour veineux.^{17,27,28} Quant à la contractilité, elle augmenterait lors de l'HDNV en vertu d'un mécanisme encore inconnu.¹⁷

Le transport d'oxygène

Les considérations précédentes nous amènent à évaluer la qualité du transport d'oxygène (TO_2) pendant l'HDNV : $TO_2 = DC \times CaO_2$, où le contenu artériel en oxygène (CaO_2) est fonction de la saturation artérielle en oxygène (SaO_2), de l'hémoglobine ou indirectement l'hématocrite, et de la tension de l'oxygène artériel (PaO_2) ; ou, selon l'expression mathématique :

$$TO_2 = DC \times [(1.39 \times Hb \times SaO_2) + (0.003 \times PaO_2)].^{17}$$

L'hématocrite (ou plus exactement l'hémoglobine) est un facteur déterminant du contenu en oxygène, et sa diminution lors d'une HDNV rappelle toute l'importance que revêt non seulement une saturation oxyhémoglobinée adéquate, mais aussi le maintien d'une PaO_2 élevée. Malgré cela, la baisse de l'hématocrite ne peut que conduire à une diminution nette du contenu en oxygène. La hausse de débit cardiaque, notée plus haut, sera-t-elle alors suffisante pour maintenir un transport adéquat de

l'oxygène, ce qui doit être considéré comme prioritaire puisque cette fonction représente l'ensemble de l'oxygène disponible pour les cellules de l'organisme ?

Gordon a bien montré que lors d'une HDNV modérée où l'on abaisserait la valeur de l'hématocrite à 20%, l'oxygène convoyé n'a diminué que de 10%,¹⁸ compromis amplement justifié par l'économie de sang homologue consécutive, ainsi que par l'amélioration de la microcirculation. Mais la valeur de ce compromis repose (rappelons-le encore une fois) sur une normovolémie scrupuleuse d'autant plus que la courbe produite par Gordon présume un sujet sain.²⁶ Il a en effet été démontré par ailleurs qu'un insuffisant cardiaque ne pourrait compenser adéquatement (i.e. augmenter son débit cardiaque pour maintenir un TO_2 plus grand ou égal à 90% de la normale) dès que l'hématocrite chute sous les 27–30%.²⁹

Les débits sanguins régionaux, incluant le cœur

Comment se distribue, lors de l'HDNV, la hausse du débit sanguin aux différents tissus ? L'ensemble des tissus voit son débit sanguin régional (DSR) augmenter,³⁰ mais le cœur est encore plus favorisé.³ En dehors de celui-ci, la distribution proportionnelle inter-organes du débit sanguin semble rester la même.²² Par des mesures spécifiques de différentes PO_2 tissulaires, Messmer a montré que l'oxygénation tissulaire régionale spécifique était normale sous HDNV.^{3,4,28} Il est heureux que le cœur soit l'organe favorisé par la distribution du débit sanguin pendant l'HDNV, car c'est aussi l'organe le plus menacé étant donné qu'il est déjà le siège d'une extraction d'oxygène quasi maximale. Cette grande augmentation du débit coronarien provient de la vasodilatation des vaisseaux coronaires de même que des caractéristiques rhéologiques plus favorables induites par la diminution de la viscosité.¹⁷

La tolérance du cœur à l'hémomodilution a cependant des limites. En effet, dans sa célèbre étude chez des chiens avec une circulation coronaire normale,³¹ Brazier a trouvé qu'en-dessous d'un hématocrite de 15%, les artérioles sous-endocardiques ne peuvent plus se dilater davantage, ce qui conduit à une ischémie sous-endocardique suivie d'une défaillance cardiaque, malgré une augmentation du débit coronarien gauche total de l'ordre de 310%. Rappelons toutefois que pour une hémomodilution modérée comme nous la recommandons ici, ce désavantage n'intervient pas.^{31,32}

De l'étude des autres organes lors de l'HDNV, on retient en particulier que :

- l'on doit porter attention à l'exagération potentielle de l'hypertension intra-cranienne si l'on mène l'HDNV avec un usage massif de cristalloïdes ;^{14,25,33}
- la diurèse est généralement augmentée ;³⁴
- le retentissement sur le poumon est minime.¹⁴

La coagulation

En étudiant l'HDNV modérée, Testas a montré l'existence de légères altérations des paramètres de la crase sanguine : dans cette étude, la chute dilutionnelle des plaquettes (225,000 à 150,000) et du fibrinogène ($3 \text{ à } 1.8 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$) était parallèle à celle de l'hématocrite, i.e. environ 40%. Dès la deuxième heure d'hémodilution, le taux des plaquettes se normalisait presque, possiblement par mobilisation splénique. Le temps de QUICK (thromboplastino formation exogène) atteignait une valeur minimale moyenne de 56%, limite très compatible avec une crase sanguine normale. Le temps de céphaline kaolin (thromboplastino formation endogène) de même que le temps de thrombine ne subissaient pas de variations significatives. Donc, au total, l'hémostase demeurait cliniquement satisfaisante.³⁵

De plus, le sang prélevé du patient est encore, à sa retransfusion, relativement riche en plaquettes¹¹ et facteurs de la coagulation¹³ s'il a été conservé à température ambiante pour une heure ou deux. Pour ne pas risquer de perdre les plaquettes encore viables, l'anesthésiste prendra soin d'effectuer la retransfusion au travers du filtre habituel de $170 \mu\text{m}$ et non via un filtre micropore ($20\text{--}40 \mu\text{m}$). Évidemment, pour une durée de conservation plus longue, plaquettes et facteurs diminuent très rapidement, surtout les facteurs V et VIII. Après trois à quatre heures, de toutes façons, il vaut mieux mettre le sang au réfrigérateur.

Choix du liquide de remplacement

La discussion détaillée de ce sujet dépasse le cadre du présent article. Retenons toutefois qu'en Amérique du Nord, les possibilités suivantes ont été pratiquées avec succès pour le maintien de la normovolémie lors d'une hémodilution :

- 1 Les cristalloïdes tels le lactate de Ringer ou le soluté physiologique ($\text{NaCl } 0.9\%$), qu'il faut donner en proportion de 3 ml pour chaque ml de sang prélevé;¹⁷
- 2 Certains colloïdes (l'albumine, le dextran, l'hydroxyéthylamidon) échangés ml pour ml avec le sang prélevé.⁴

Les cristalloïdes sont peu coûteux, ne sont pas allergisants, et n'altèrent la crase sanguine que par leur influence sur la dilution des facteurs de la coagulation.² L'établissement et le maintien de la normovolémie est cependant plus difficile à réaliser avec ceux-ci, en raison de la grande quantité requise, et de leur faible rétention intravasculaire.¹⁷ Ils comportent un risque d'œdème localisé (cérébral, pulmonaire ou intestinal), ou même généralisé (hypoxie tissulaire, bris de sutures, ...).^{27,36-38}

Pour ces raisons, et parce que, contrairement à l'état de choc, la membrane capillaire reste normale dans l'HDNV, la majorité des auteurs³ recommandent les

colloïdes, ou à tout le moins un mélange colloïdes/cristalloïdes.³⁸ Il a été d'ailleurs suggéré de garder, malgré l'hémodilution, une protéinémie supérieure à $50 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$.³⁹ Les colloïdes ont l'avantage de favoriser la normovolémie par leur rétention intravasculaire accrue et plus durable.^{34,36,40} Ils aident à maintenir la pression oncotique de façon plus constante.³⁶ On tiendra compte toutefois que l'albumine coûte cher,² réduit la viscosité sanguine,²⁰ que les dextrans et amidons peuvent altérer par eux-mêmes la coagulabilité⁴¹ et possèdent un potentiel anaphylactogène.^{38,42}

Aspects pratiques

Messmer a déjà proposé un bon protocole⁴ pour l'HDNV, que nous reprenons ici en y ajoutant quelques remarques supplémentaires :

- après avoir initialement contrôlé l'Ht, la fréquence cardiaque, la tension artérielle et la tension veineuse centrale, on débute la cueillette de quatre unités de sang (2,000 ml) au total,⁹ pendant que la normovolémie est strictement maintenue par des colloïdes et/ou des cristalloïdes. On aura cependant compris que la quantité totale à prélever variera selon le poids du patient (i.e. son volume sanguin), son hématocrite initial (Hti) et l'hématocrite final (Htf) qu'on juge acceptable après l'échange hémodilutionnel et normovolémique, selon l'équation :^{43,44}

Volume à prélever =

$$\text{volume sanguin estimé} \times \frac{\text{Hti} - \text{Htf}}{(\text{Hti} + \text{Htf})/2};$$

- ce calcul n'étant qu'approximatif, on suggère avec raison le contrôle constant des signes vitaux et de la tension veineuse centrale. Il est recommandé de mesurer l'hématocrite au moins à la mi-prélèvement;^{4,45}
- viser un hématocrite entre 25% et 30% constitue une hémodilution « modérée » répondant aux caractéristiques présentées dans cet article, et offrant une sécurité optimale.^{9,14} Des hémodilutions poussées (Ht < 20%) et même extrêmes (Ht < 10%) ont été réalisées, mais dans des conditions très particulières comportant un potentiel de risque accru qu'il faut évaluer;^{4,9,14,17}
- le prélèvement s'effectue dans les sacs habituels fournis par la banque de sang, pesés simultanément sur une balance. Les règles de l'asepsie sont respectées, et on recueille soit par la canule artérielle ou encore par une canule veineuse réservée à cet usage;
- la majorité des auteurs pratiquent le prélèvement du sang requis pour l'HDNV après l'induction de l'anesthésie générale, une fois atteinte la stabilité hémodynamique.¹⁷ La retransfusion des unités prélevées se fait dès que l'hémostase chirurgicale est complétée.³ Pour

profiter au maximum du principe hémodylutionnel, on retransfuse d'abord le sang le plus « pauvre » (i.e. la dernière unité prélevée) pour finir par le sang le plus « riche » (i.e. la première unité prélevée).¹⁷ Bien sûr, il est toujours possible de débiter plus tôt cette retransfusion, par exemple si le saignement chirurgical est beaucoup plus important que prévu, si l'hématocrite chute sous les 20%, ou si le patient tolère mal l'hémodylution ;³

- tout le sang est éventuellement retransfusé au patient, dans les délais requis conformément à sa tolérance hémodynamique. On administrera une dose appropriée de furosémide¹⁴ advenant le cas où cette retransfusion s'accompagne d'une tendance à la hausse des indices de remplissage. Ainsi, il est possible de retransfuser le sang autologue tout en évitant la surcharge pulmonaire ;
- le monitoring pertinent à la technique d'HDNV comprend évidemment le monitoring essentiel à toute anesthésie (ECG, T.A., température, auscultation, capnographie, et saturométrie). L'emploi d'un saturomètre est particulièrement judicieux ici, à cause de l'importance de la saturation sur le contenu en oxygène en présence d'un hématocrite abaissé.¹⁴ De plus, le saturomètre monitorisera de façon indirecte la chute de la tension en oxygène du sang veineux mêlé ; ce qui survient si la perfusion tissulaire devient inadéquate lorsque par exemple l'hématocrite s'abaisse de façon exagérée. Mais le monitoring supplémentaire suivant est aussi recommandé : la sonde urinaire¹⁴ (en raison de la diurèse accrue par l'hémodylution, et des grandes quantités de liquide de remplacement qu'il faudra éliminer éventuellement), la mesure de la tension veineuse centrale³ et la canulation artérielle¹⁴ parce que toute la sécurité de la technique repose sur une normovolémie rigoureuse. Ces deux derniers instruments facilitent aussi les prélèvements fréquents de gaz artériels et d'hématocrite ;
- le choix de l'anesthésie sera orienté vers le meilleur rapport possible entre l'offre et la consommation d'oxygène.¹⁷ Ainsi, l'anesthésie générale sera préférée, car elle diminue la consommation d'oxygène d'environ 20%, situation qu'on peut améliorer encore par l'administration de myorésolutifs et évidemment par la ventilation mécanique.⁴⁶ Pour augmenter au maximum la quantité d'oxygène dissous, on conservera une FiO_2 de 100%,⁴⁷ et on n'utilisera pas de N_2O ;¹⁴ cette précaution doit cependant être ré-évaluée si la durée de l'HDNV imposait un risque de toxicité pulmonaire par hyperoxie prolongée. En effet, pour un patient au système cardio-pulmonaire sain, l'inhalation d'un mélange air/ O_2 contenant 50% d' O_2 , comparativement à l'inhalation de 100% d' O_2 , n'abaisse théoriquement son CaO_2 que d'environ sept pour cent

avec un Ht de 0.27. A titre de comparaison, cette baisse de CaO_2 est de l'ordre de quatre pour cent pour un Ht de 0.45, alors qu'elle est de 22% avec un Ht de 0.06. La médication per-anesthésique variera mais aura pour objectif le maintien d'une fréquence cardiaque stable¹⁴ pour éviter la confusion avec les signes de l'hypovolémie ; il faudra éviter la vasodilatation qui obligerait un remplissage qui accentuerait encore l'hémodylution ;¹⁷ on protégera l'inotropie indispensable à la hausse compensatrice du débit cardiaque lors de l'HDNV.³ Il est à noter que lors de l'HDNV, la myorelaxation augmente d'environ 30% par dilution des protéines plasmatiques et augmentation du débit sanguin à la jonction neuro-musculaire.¹⁷ Enfin, il faudra éviter l'hypocarbie, qui en abaissant la P_{50} a un effet défavorable sur l'oxygénation tissulaire ;

- au réveil, il est important d'éviter le frissonnement¹⁴. Rechercher un hématocrite « obligatoire et arbitraire » pourrait amener la transfusion inutile de sang homologue, ce qui annulerait tout le bénéfice acquis. L'opéré pourra bénéficier d'un supplément ferreux par la voie orale.^{3,48}

Effets secondaires, complications, précautions à prendre et critères de sélection

On peut s'étonner de la grande marge de sécurité offerte par la technique d'HDNV rapportée dans la littérature.¹⁴ Il faut dire que cette qualité résulte d'une part de la compétence et de la vigilance des anesthésistes qui l'utilisent, et d'autre part de la sélection rigoureuse des patients qui bénéficieront de la technique. Car l'HDNV n'est quand même pas sans effets secondaires ou complications. Le plus à craindre est un transport d'oxygène inadéquat,^{3,4} que ce soit par un débit cardiaque insuffisant (mauvaise sélection du patient, dépression myocardique iatrogène, plus fréquemment hypovolémie) ou par un contenu artériel en oxygène insuffisant (hématocrite trop abaissé, hypoxémie).

L'hypovolémie¹⁷ est particulièrement néfaste en présence d'hémodylution, causant hypotension artérielle, tachycardie et possiblement ischémie (cérébrale, coronarienne, rénale, ...). A l'inverse, la technique peut s'accompagner d'hypervolémie, pouvant entraîner la défaillance cardiaque. L'hypovolémie constitue une situation précaire principalement au moment de l'hémodylution, alors que l'hypervolémie menace surtout lors de la retransfusion ou lors de la mobilisation post-opératoire du liquide interstitiel.

Certaines complications sont plutôt reliées au type d'hémodylant choisi : l'usage massif de cristalloïdes peut aggraver une hypertension intra-crânienne^{14,25,33} et causer des œdèmes (cérébral, pulmonaire, intestinal ou même généralisé) ;^{27,36-38} dextrans et amidons peuvent

altérer la coagulabilité⁴¹ ou provoquer une réaction anaphylactique.^{38,42}

Pour allonger la liste des effets secondaires possibles, mentionnons aussi la survenue de désordres hydro-électriques engendrés par l'hémodiluant utilisé, ou encore par l'accentuation normale de la diurèse³⁴ en HDNV, ou enfin par la dilution même. Cette dilution touche aussi la protéinémie, augmentant ainsi la fraction libre de certains médicaments, dont les curares. Une faute d'asepsie est toujours possible lors de la manipulation du matériel et du sang. On retiendra enfin que les unités prélevées sont conservées dans des sacs contenant du citrate. Comme précautions supplémentaires, l'anesthésiste évitera l'hypocémie, l'hyperoxie prolongée, et le frissonnement au réveil, pour les raisons déjà énumérées.

Toutes ces remarques sur les effets indésirables de l'HDNV ne seraient pas complètes si on n'y ajoutait pas les considérations suivantes reconnues comme les « critères de sélection » à respecter avant d'envisager de pratiquer une HDNV :^{3,4,17}

- 1 une perte sanguine opératoire totale anticipée de 1,000 à 2,000 ml : la technique n'étant pas banale, il faut que l'économie anticipée en vaille la peine ;
- 2 un hémocrite pré-opératoire $\geq 36\%$: de façon à pouvoir recueillir au départ une quantité acceptable d'hématies ;^{48,49}
- 3 la correction pré-opératoire de toute hypovolémie ;
- 4 une bonne fonction cardiaque : la technique commande une importante élévation compensatrice du DC. On exclura donc les insuffisants cardiaques, les valvulopathes, les hypertendus sévères. De même, la majorité des experts suggère la plus grande prudence en face du patient âgé ;^{14,22,50,51}
- 5 une fonction coronarienne adéquate : la technique exige une importante vasodilatation coronarienne pour pouvoir compenser. De sorte que la réserve coronarienne (i.e. le débit coronarien maximal/le débit coronarien au repos) est fortement diminuée : par exemple de 50% avec une HDNV abaissant l'Ht à 20%. La vulnérabilité coronarienne est donc accrue si survient une hausse de la consommation myocardique en oxygène.⁵² Pour cette raison, plusieurs auteurs suggèrent d'exclure les coronariens des patients pouvant bénéficier d'une HDNV.^{4,14,22,31,51} Cependant, Yoshikawa, dans un modèle canin d'occlusion coronarienne aiguë, a démontré que si la réduction du CaO_2 induite par hypoxémie entraînait d'avantage d'ischémie, ce n'était pas le cas d'une réduction équivalente de CaO_2 par hémodilution.⁵³ Enfin, chez l'humain, Laxenaire a montré la sécurité d'une HDNV abaissant l'hémocrite à 30% chez des coronariens stables non insuffisants cardiaques, surveillés par méthode isotopique.⁵⁴ L'hémodilution n'est donc pas contre-indiquée chez le

coronarien, à condition d'en respecter les limites : le coronarien doit être stabilisé et non insuffisant cardiaque. On doit monitorer de près sa fonction coronarienne, pratiquer une HDNV modérée et précautionneuse, et éviter les hausses de la consommation myocardique d'oxygène ;

- 6 une fonction respiratoire favorable étant donné l'importance de la saturation en oxygène sur le contenu artériel en oxygène ;¹⁷
- 7 l'absence de maladie rénale :^{14,17} vu la quantité de liquide de remplacement qu'il faudra éventuellement éliminer ;
- 8 une crase sanguine normale¹⁷ avant l'HDNV, vu que celle-ci dilue par la suite les plaquettes et les facteurs de la coagulation. Bien que cet effet soit cliniquement sans conséquence chez le sujet sain,^{2,35} cette dilution risque d'être compromettante chez le patient porteur d'une dyscrasie sanguine ;
- 9 l'absence de cirrhose hépatique.^{14,17}

Enfin, certaines questions nous restent. Par exemple : qu'arrive-t-il à un patient réveillé lorsque la retransfusion de son sang lui retourne hypnotiques, narcotiques, curares, etc. ?

Conclusion

Pour atteindre l'objectif visé, c'est-à-dire la diminution du nombre de transfusions homologues, il faut prendre l'attitude d'accepter des hémocrites plus bas qu'auparavant et d'évaluer le rapport risques/bénéfices inhérents à chacune des transfusions de sang homologue envisagée.

Dans un programme complet de stratégies visant l'économie sanguine, l'HDNV :

- s'est avérée efficace et sûre ;³
- reste possible même en semi-urgence et sur des patients infectés ou néoplasiques ;
- a l'avantage, au moins théorique, d'être la seule stratégie offrant du sang entier, frais, compatible à 100 pour cent et possiblement favorable quant à la coagulabilité.

Devant l'enthousiasme suscité par le Cell Saver et les phlébotomies pré-opératoires programmées, on peut comprendre que l'HDNV soit relativement sous-utilisée aujourd'hui.⁴⁷ Il est cependant possible que l'intérêt éventuel de l'HDNV réside dans ce qu'auparavant on y craignait le plus : non seulement l'abaissement normovolémique, modéré, et contrôlé de l'hémocrite ne nuit-il pas à la perfusion, mais au contraire, il favorise nettement la microcirculation. A tel point que l'HDNV s'ouvre maintenant sur de nouveaux horizons où la perfusion des tissus ischémiques⁴ est importante, par exemple : le choc, les maladies vasculaires athéro-sclérotiques, l'ictus cérébral,³³ l'occlusion de la veine rétinienne.

Remerciements

Je tiens à remercier le docteur Yves Lamarche pour avoir corrigé le manuscrit et madame Yolande Bourassa-Auger pour son travail secretarial.

Références

- 1 Cutler BS. Avoidance of homologous transfusion in aortic operations: the role of autotransfusion, hemodilution, and surgical technique. *Surgery* 1984; 95: 717-22.
- 2 Kaplan JA. Summary: Proceedings of a symposium: volume replacement and the high-risk patient: current concepts, future options. *Journal of Cardiothoracic Anesthesia* 1988; 2: S50-1.
- 3 Messmer K. Hemodilution – possibilities and safety aspects. *Acta Anaesthesiol Scand* 1988; 32: S49-53.
- 4 Messmer K, Kreimeier U, Intaglietta M. Present state of intentional hemodilution. *Eur Surg Res* 1986; 18: 254-63.
- 5 Greenwalt TJ. Autologous and aged blood donors. *JAMA* 1987; 257: 1220-1.
- 6 Schwartz SI. Hemostasis, surgical bleeding, and transfusion. In: Schwartz SI, Shires GT, Spencer DD (Eds.). *Principles of Surgery*. 5th ed. New York: McGraw-Hill Book Co., 1989; 123-6.
- 7 Dripps RD, Eckenhoff JE, Vandam LD. Controlled hypotension. In: *Introduction to anesthesia – the principles of safe practice*. 6th ed. Philadelphia: WB Saunders Co., 1982; 365-8.
- 8 Miller ED Jr. Deliberate hypotension. In: Miller RD (Ed.). *Anesthesia*. 2nd ed. New York: Churchill Livingstone, 1986; 1949-70.
- 9 Orr MD. Autologous transfusion: a viable alternative. *Journal of Cardiothoracic Anesthesia* 1988; 2: S7-12.
- 10 Du Toit G, Relton JE, Gillespie R. Acute haemodilutional autotransfusion in the surgical management of scoliosis. *J Bone Joint Surg (Am)* 1978; 60: 178-80.
- 11 Bell W. The hematology of autotransfusion. *Surgery* 1978; 84: 695-9.
- 12 Ray JM, Flynn JC, Bierman AH. Erythrocyte survival following intraoperative autotransfusion in spinal surgery: an in vivo comparative study and 5-year update. *Spine* 1986; 11: 879-82.
- 13 Council on Scientific Affairs. Autologous blood transfusions. *JAMA* 1986; 256: 2378-80.
- 14 Lisander B. Preoperative haemodilution. *Acta Anaesthesiol Scand* 1988; 32: S63-70.
- 15 Gatra A, Mekki-Berrada R, Benaguida M et al. Compensation du saignement en milieu chirurgical. Intérêt de l'hémodilution normovolémique. A propos de 25 observations. *Acta Chir Belg* 1986; 86: 231-7.
- 16 Brzica SM, Pineda AA, Taswell HF. Autologous blood transfusion. *Mayo Clin Proc* 1976; 51: 723-37.
- 17 Jobes DR, Gallagher J. Acute normovolemic hemodilution. In: Stehling LC (Ed.). *Techniques of Blood Transfusion*, Boston: Little, Brown and Company Inc., 1982: 77-95.
- 18 Gordon RJ, Ravin MB. Rheology and anesthesiology. *Anesth Analg* 1978; 57: 252-61.
- 19 Messmer K. Hemodilution. *Surg Clin North Am* 1975; 55: 659-78.
- 20 Stoltz JF. Hémo-rhéologie et hémodilution. *Ann Fr Anesth Réanim* 1986; 5: 193-203.
- 21 Vicaud E, Stücker O, Duruble M, Duvelloyer M. Hématocrite et circulation coronaire : données expérimentales. *Ann Fr Anesth Réanim* 1986; 5: 213-17.
- 22 Landow L. Perioperative hemodilution. *Can J Surg* 1987; 30: 321-5.
- 23 Vicaud E, Stücker O, Teisseire B, Duvelloyer M. Effects of changes in systemic hematocrit on the microcirculation in rat cremaster muscle. *Int J Microcirc Clin Exp* 1987; 6: 225-35.
- 24 Guyton AC, Tichardson TQ. Effect of hematocrit on venous return. *Circ Res* 1961; 9: 157-64.
- 25 Shah DM, Prichard MN, Newell JC, Karmody AM, Scovill WA, Powers SR. Increased cardiac output and oxygen transport after intraoperative isovolemic hemodilution. *Arch Surg* 1980; 115: 597-600.
- 26 Allen JB, Allen FB. The minimum acceptable level of hemoglobin. In: Stehling LC (Ed.). *Techniques of Blood Transfusion*, Boston: Little, Brown and Company Inc., 1982: 1-22.
- 27 Hursh D, Aldrete JA, Hanna LS. Isovolemic hemodilution: a comparative study of diluents. *Anesth Analg* 1988; 67: S100.
- 28 Duruble M, Martin JL, Duvelloyer M. Effets théoriques, expérimentaux et cliniques des variations de l'hématocrite au cours de l'hémodilution. *Annales d'Anesthésiologie Française* 1979; 9: 805-14.
- 29 Mirhashemi S, Messmer K, Intaglietta M. Tissue perfusion during normovolemic hemodilution investigated by a hydraulic model of the cardiovascular system. *Int J Microcirc Clin Exp* 1987; 6: 123-36.
- 30 Race D, Dedichen H, Schenk WG Jr. Regional blood flow during dextran-induced normovolemic hemodilution in the dog. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1967; 53: 578-86.
- 31 Brazier J, Cooper N, Maloney JV, Buckberg G. The adequacy of myocardial oxygen delivery in acute normovolemic anemia. *Surgery* 1974; 75: 508-16.
- 32 Gisselson L, Rosberg B, Ericsson M. Myocardial blood flow, oxygen uptake and carbon dioxide release of the human heart during hemodilution. *Acta Anaesthesiol Scand* 1982; 26: 589-91.
- 33 Heros RC, Korosue K. Hemodilution for cerebral ischemia. *Current Concepts of Cerebrovascular Disease and Stroke* 1988; 23: 31-6.

- 34 *Tommasino C, Moore S, Todd MM*. Cerebral effects of isovolemic hemodilution with crystalloid or colloid solutions. *Crit Care Med* 1988; 16: 862-8.
- 35 *Testas P, Gallier De Saint Sauveur V, Martin C, Bach B, Perrin-Gallier de Saint Sauveur*. Hémodilution aiguë normovolémique (étude expérimentale et clinique de la coagulation). *Annales d'Anesthésiologie Française* 1979; 20: 797-804.
- 36 *Falk JL, Rackow EC, Astiz M, Weil MH*. Fluid resuscitation in shock. *Journal of Cardiothoracic Anesthesia* 1988; 2: S33-8.
- 37 *London MJ*. Plasma volume expansion in cardiovascular surgery: practical realities, theoretical concerns. *Journal of Cardiothoracic Anesthesia* 1988; 2: S39-49.
- 38 *Karanko MS*. Plasma volume substitution. *Acta Anaesthesiol Scand* 1988; 32: S54-7.
- 39 *Duvelleroy M*. Effets de l'hémodilution sur les échanges transcapillaires. In: *Baron JF, Samama Ch M (Eds.)*. Hémodilution - Auto-transfusion - Hémostase. Paris : Arnette, 1989: 115-22.
- 40 *Quon CY*. Clinical pharmacokinetics and pharmacodynamics of colloidal plasma volume expanders. *Journal of Cardiothoracic Anesthesia* 1988; 2: S13-23.
- 41 *Strauss RG*. Volume replacement and coagulation: a comparative review. *Journal of Cardiothoracic Anesthesia* 1988; 2: S24-32.
- 42 *Renck H, Ljungström KG, Hedin H, Richter W*. Prevention of dextran-induced anaphylactic reactions by hapten inhibition. *Acta Chir Scand* 1983; 149: 355-60.
- 43 *Gross JB*. Estimating allowable blood loss: corrected for dilution. *Anesthesiology* 1983; 58: 277-80.
- 44 *Zetterström H, Wiklund L*. A new normogram facilitating adequate haemodilution. *Acta Anaesthesiol Scand* 1986; 30: 300-4.
- 45 *Manel J, Garic J, Lefèvre JC, Laxenaire MC*. Règles à calcul du volume sanguin à prélever pour réaliser une hémodilution normovolémique intentionnelle. *Ann Fr Anesth Réanim* 1988; 7: 427-32.
- 46 *Lichtenstein A, Eckhart WF, Swanson KJ, Vacanti CA, Zapol WM*. Unplanned intraoperative and postoperative hemodilution: oxygen transport and consumption during severe anemia. *Anesthesiology* 1988; 69: 119-22.
- 47 *Kemp PM*. Autologous blood donation. *JAMA* 1988; 259: 2404-5.
- 48 *de Ruyter E*. Autologous blood transfusion. *Med J Aust* 1985; 143: 323.
- 49 *MacLean LD*. Substitutes for homologous blood transfusion. *Can J Surg* 1987; 30: 313-4.
- 50 *Rosberg B, Wulff K*. Hemodynamics following normovolemic hemodilution in elderly patients. *Acta Anaesthesiol Scand* 1981; 25: 402-6.
- 51 *Crystal GJ, Salem MR*. Myocardial oxygen consumption and segmental shortening during selective coronary hemodilution in dogs. *Anesth Analg* 1988; 67: 500-8.
- 52 *Geha AS*. Coronary and cardiovascular dynamics and oxygen availability during acute normovolemic anemia. *Surgery* 1976; 80: 47-53.
- 53 *Yoshikawa H, Powell WJ, Bland HL, Lowenstein E*. Effects of acute anemia on experimental myocardial ischemia. *Am J Cardiol* 1973; 32: 670-81.
- 54 *Laxenaire MC, Aug F, Voisin C, Chevreaud C, Bauer P, Bertrand A*. Retentissement de l'hémodilution sur la fonction ventriculaire du coronarien. *Ann Fr Anesth Réanim* 1986; 5: 218-22.

Questions*Type A*

- 1 Lequel des éléments suivants *n'est pas* un risque encouru par le patient recevant du sang homologué ?
- A Transmission de certaines maladies infectieuses ;
 - B Alloimmunisation ;
 - C Immunosuppression ;
 - D Hémodilution ;
 - E Accident transfusionnel.

Réponse : D

Type K

- 2 Lesquelles des stratégies suivantes permettraient de réduire la transfusion de sang homologué à des opérés ?
- 1 Tolérer un hémocrite de 25 à 30% chez le sujet sain ;
 - 2 Pratiquer une hémostase chirurgicale méticuleuse ;
 - 3 Instaurer un programme de phlébotomies pré-opératoires pour retransfusions différées ;
 - 4 Procéder à la récupération per-opératoire des hématies (Cell Saver).

Réponse : E (i.e. 1 + 2 + 3 + 4)

Type A

- 3 L'hémodilution normovolémique est avantageuse lorsque modérée. On tolérera donc la baisse per-opératoire de l'hématocrite jusqu'à un taux limite de :
- A 30% ;
 - B 27% ;
 - C 25% ;
 - D 20% ;
 - E 15%.

Réponse : D

Type K

- 4 On peut dire de l'hémodilution normovolémique qu'elle est :
- 1 Une technique sûre ;
 - 2 Efficace comme stratégie d'économie sanguine ;
 - 3 Un bon moyen d'améliorer la perfusion tissulaire ;
 - 4 Une occasion d'offrir un sang entier, frais, et compatible à 100%.

Réponse : E (1 + 2 + 3 + 4)

Type A

- 5 Lequel des énoncés suivants correspond à une considération physiologique de l'hémodilution normovolémique (HDNV) modérée ?
- A L'HDNV élève la viscosité sanguine ;
 - B L'HDNV abaisse la résistance vasculaire périphérique totale ;
 - C L'HDNV abaisse le débit cardiaque ;
 - D L'HDNV modérée amène une tachycardie ;
 - E L'HDNV abaisse le débit coronarien.

Réponse : B

Type K

- 6 Parmi les critères de sélection généralement reconnus pour une HDNV, on retrouve :
- 1 Une bonne fonction cardiaque ;
 - 2 Une crase sanguine normale ;
 - 3 Une bonne fonction coronarienne ;
 - 4 Le patient atteint d'anémie.

Réponse : A (i.e. 1 + 2 + 3)

Type K Réponse

- A = 1, 2, 3 correct;
- B = 1, 3 correct;
- C = 2, 4 correct;
- D = 4 correct;
- E = 1, 2, 3, 4 correct.