

## STRATÉGIE TRANSFUSIONNELLE AU COURS DES CONFLITS ARMES RÉCENTS.

E. Meaudre<sup>1,\*</sup>, A. Montcriol<sup>1</sup>, J. Bordes<sup>1</sup>, A. Sailliol<sup>2</sup>, G. Lacroix<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Département d'Anesthésie – Réanimation. Hôpital d'Instruction des Armées Sainte-Anne, Boulevard Sainte-Anne, BP 20545 - 83041 Toulon Cedex 9, France.

<sup>2</sup> Centre de Transfusion Sanguine des Armées. 92140 Clamart.

**\*Auteur correspondant : Pr Eric Meaudre**

Courriel : [eric.meaudre@club-internet.fr](mailto:eric.meaudre@club-internet.fr)

### POINTS ESSENTIELS

- L'hémorragie demeure la principale cause de « décès évitables » au cours des conflits armés, c'est-à-dire de décès qui auraient pu être évités par une prise en charge de « damage control resuscitation » menée complètement (mesures de secourisme, gestes médicaux, de réanimation, chirurgicaux, pré- et hospitaliers).
- La réanimation transfusionnelle constitue un des aspects du « damage control resuscitation » qui vise à arrêter l'hémorragie et permettre une coagulation efficace.
- Un taux d'hémoglobine <11g/dl peut être proposé comme un critère prédictif de transfusion massive au cours des conflits armés.
- L'emploi d'acide tranexamique est recommandé dès la zone des combats, car son bénéfice est d'autant plus important que son injection est précoce.
- La majorité des armées achemine des concentrés érythrocytaires (CE), du plasma, mais ne dispose pas de plaquettes sur les théâtres d'opérations. Le Service de santé des armées français produit du plasma lyophilisé qui est compatible avec tous les groupes sanguins et se conserve 2 ans à température ambiante.
- Un ratio de transfusion de plasma / CE proche de 1 peut être proposé pour la transfusion sanguine au cours de la prise en charge initiale des blessés les plus graves.
- La biologie délocalisée peut être utilisée pour ajuster la stratégie transfusionnelle.
- Le recours exceptionnel à la transfusion de sang total, prélevé sur place, est justifié par l'absence de plaquettes ainsi que par un risque résiduel infectieux (<1%) très inférieur à celui de décéder d'une hémorragie compliquée d'une coagulopathie traumatique.

- L'emploi du rFVII activé est réservé aux situations hémorragiques non contrôlées malgré une hémostase chirurgicale et une réanimation transfusionnelle bien conduite.

## 1. INTRODUCTION

Les conflits armés récents ont vu se modifier les mécanismes et la gravité des lésions. L'explosion est devenue le mécanisme lésionnel le plus fréquent, en Irak et en Afghanistan [1], responsable de plus des trois quarts des blessures [2]. Les lésions sont volontiers multiples (polycrissage) et touchent, aujourd'hui plus souvent qu'au cours des conflits du Vietnam ou de Corée, les membres, la tête et le cou encore peu protégés par les équipements du combattant [2]. Ces évolutions expliquent que la gravité des blessures ait augmenté au cours des dernières années [3].

Un fait n'a pas changé au cours du temps. L'hémorragie est encore responsable de nombreux décès et reste surtout la principale cause de « décès évitables » [4], c'est-à-dire de décès qui auraient pu être évités par une prise en charge de « damage control resuscitation » (DCR) menée complètement. Le DCR englobe toutes les mesures mises en œuvre pour arrêter l'hémorragie et permettre une coagulation efficace (mesures de secourisme, gestes médicaux, de réanimation, chirurgicaux, pré- et hospitaliers) [5]. La réanimation transfusionnelle (RT) en constitue un des aspects, notamment pour prévenir et corriger la coagulopathie traumatique qui est fréquemment présente très précocement [6,7]. Cette coagulopathie aggrave le pronostic, augmente les besoins transfusionnels et la mortalité. Elle est initiée par le traumatisme tissulaire qui consomme des facteurs de coagulation. Elle est amplifiée par l'état de choc qui active l'endothélium vasculaire et par une fibrinolyse excessive et précoce. Enfin et surtout, elle risque d'être aggravée par 5 déterminants si la RT est mal conduite : dilution des facteurs de coagulation, hématicrite trop bas qui éloigne les plaquettes de l'endothélium et diminue leur agrégation, hypothermie, acidose métabolique, et hypocalcémie.

En opération extérieure (OPEX), les moyens transfusionnels sont différents de ceux disponibles en France imposant une stratégie transfusionnelle spécifique.

## 2. OBJECTIFS, BESOINS ET PRÉDICTIONS TRANSFUSIONNELS DANS LES CONFLITS RÉCENTS

### 2.1. Objectifs et besoins

Les objectifs de la RT en OPEX sont identiques à ceux recommandés en traumatologie civile [8]. Dans les études issues des combats en Irak et Afghanistan, 16 à 30 % des blessés de guerre (BdG) ont nécessité une transfusion sanguine (TS) et 3,5 à 6,4% ont nécessité une transfusion massive (TM) (définie souvent par une TS > 10 concentrés de globules rouges (CGR) sur 24 h) [9-11]. Entre 2002 et 2004, dans une série de 107 militaires français, 15 % ont eu besoin d'une transfusion sanguine [12]. A l'hôpital

médico-chirurgical français à Kaboul, en 14 mois (octobre 2010-décembre 2011), la transfusion de CGR se répartissait de la façon suivante : 126 patients transfusés dont 60,3% pour une blessure de guerre, 24,6 % avaient reçu une TS > 5 CGR et 7,9% une TM (données personnelles). En Irak et en Afghanistan, les blessés transfusés recevaient en moyenne 5 à 6 CGR [9-11]. Lorsqu'une TM était nécessaire, les blessés recevaient en moyenne 14 à 18 CGR, 8 à 9 unités de plasma frais congelé (PFC) et 2 à 3 unités de sang total (ST) [9,11,13]. Les BdG français transfusés entre 2002 et 2004 ont reçu en moyenne 10±6 CGR [12]. A l'hôpital médico-chirurgical français à Kaboul, les BdG ont reçu en moyenne 3,43 (±2,34) CGR et 2,93±2,62 unités de plasma lyophilisé (PLYO). Parmi ces blessés, ceux qui ont nécessité une TM ont reçu 5,9±2,55 CGR, 6,2 ±3,8 PLYO et 7,7±5,5 unités de ST.

## 2.2. Prédire rapidement la nécessité d'un recours à une transfusion massive

L'anticipation des besoins transfusionnels est impérative pour atteindre et conserver les « objectifs coagulants » de la RT, ainsi que pour déclencher certains protocoles transfusionnels (transfusion massive, recours au sang total) [14]. Pour cela on peut s'appuyer d'une part sur des études de validation de scores prédictifs de TM, et d'autre part sur des études, souvent rétrospectives, ayant identifié des critères prédictifs indépendants de TM (**Tableau 1**). En traumatologie civile, des scores ont ainsi été proposés : TASH-score [15], ETS [16], score ABC [17]. En OPEX, des critères prédictifs indépendants ont pu être identifiés [18,19]. Chez les BdG, un seuil d'hémoglobine (Hb) (<11g/dl) ou d'hématocrite (Ht) (<32%) est ainsi retenu comme un facteur de risque élevé de TM, alors que ces variables ne sont pas prises en compte dans les scores de traumatologie civile, à l'exception du TASH-score. Ce critère prédictif fort qu'est l'Hb en OPEX est probablement lié au fait que, chez ces combattants jeunes et en bonne santé, le taux d'Hb est normal voire élevé avant la blessure (14-16 g/dl), et signifie donc une baisse de 3-5 g/dl. Par ailleurs, en cas d'afflux de blessés, ce qui n'est pas rare en OPEX, Beekley et al. [9] ont évalué les besoins transfusionnels à anticiper à 1,4 ± 0,8 poches de sang par blessé annoncé.

**Tableau 1.** Variables utilisées par les études consacrées à la prédiction d'une transfusion massive chez le traumatisé ou le blessé de guerre.

Variables	TASH [15]	ETS [16]	ABC [17]	Schrei ber [19]	McLaughl in [18]
Population civile	+	+	+		
Population militaire				+	+
Mécanisme du traumatisme AVP ou chute > 3 mètres		+			
Admission directe « primaire »		+			
Age (années)		+			
Sexe	+				
Caractère pénétrant du traumatisme			+	+	

Fréquence cardiaque	+		+		+
Pression artérielle systolique	+	+	+		+
Épanchement intra-abdominal à l'échographie « FAST »	+	+	+		
Fracture cliniquement instable du bassin	+	+			
Fracture cliniquement déplacée/ouverte du fémur	+				
Hémoglobine	+			+	+
pH					+
International Normalized Ratio				+	
Base excess	+				

AVP : accident de la voie publique ; TASH : *Trauma Associated Severe Hemorrhage* ; ETS : *Emergency Transfusion Score* ; ABC : *Assessment of Blood Consumption*.

### 3. LES MOYENS TRANSFUSIONNELS

#### 3.1. Produits sanguins labiles

##### 3.1.1. Autotransfusion

Comme en traumatologie civile, l'autotransfusion d'un hémithorax peut-être débutée en préhospitalier et poursuivie dans la structure chirurgicale. Le sang recueilli n'est pas équivalent au sang total, car les taux de facteur V et de fibrinogène sont très faibles [20]. En peropératoire, l'autotransfusion peut s'envisager malgré des contre-indications relatives vis-à-vis de la contamination digestive notamment [21].

##### 3.1.2. Concentrés de globules rouges

La majorité des Services de Santé des Armées (SSA) acheminent des CGR sur les théâtres d'OPEX. Seuls les Néerlandais ont fait le choix des CGR congelés (chaîne du froid, spécificité, coût et délai de reconditionnement : 1 h pour 2 CGR [22]). Les CGR du Centre de transfusion sanguine des armées (CTSA) bénéficient d'une addition de SAG-Mannitol (Saline-Adénine-Glucose-Mannitol) permettant une conservation de 42 jours entre +2 et +6°C. La dotation est composée de CGR A et O, majoritairement D positifs.

##### 3.1.3. Plasma

Le plasma lyophilisé (PLYO) est un plasma préparé exclusivement par le CTSA. Il est viro atténué et répond aux exigences de l'AFSSAPS pour la concentration en facteur de coagulation et de sécurité virale [23]. Il est compatible avec tous les groupes sanguins. Il peut se conserver 2 ans à température ambiante (+2 à +25°C). Sa reconstitution est réalisée en moins de 6 minutes. Des choix différents (PFC), plus contraignants au plan logistique, ont été faits par d'autres SSA.

##### 3.1.4. Évolution des ratios transfusionnels

Les données récentes de la littérature militaire américaine ont fait évoluer la stratégie de la RT en cas de choc hémorragique. Auparavant, les PFC étaient administrés au vu des résultats des tests biologiques ou lorsque le patient avait perdu plus d'une masse sanguine [24]. En 2007, Borgman et al. [25] retrouvaient une amélioration du pronostic en fonction du ratio PFC/CGR. Dans cette série de 246 patients ayant nécessité une TM (traumatisme pénétrant dans 94% des cas), la mortalité passait de 65% pour un ratio PFC/CGR bas (1/8), à 34% pour un ratio modéré (1/2,5), et à 19% pour un ratio élevé (1/1,4). D'autres séries issues du registre des blessés militaires américains retrouvaient des résultats superposables (**Tableau 2**). En pratique civile, les études sont plus nombreuses, mais l'efficacité d'un ratio PFC/CGR élevé apparaît plus controversée. Parmi les biais d'analyse de ces études, le biais de survie est probablement un des plus significatifs : les patients les plus graves, ceux qui vont mourir dans les premières heures, sont aussi ceux qui ont le moins de chance de recevoir de PFC [26]. Non précisée dans les recommandations européennes [8], l'indication actuelle de transfusion à ratio élevé semble donc réservée aux patients les plus graves, ceux qui nécessitent une TM [27]. En revanche, une publication récente a montré que cette stratégie pouvait être délétère chez des traumatisés ayant reçu moins de 10 CGR/24 heures [28]. Plus que la quantité totale de PFC transfusés, certains auteurs ont mis en évidence que c'était la précocité d'administration des PFC qui influençait le pronostic [29]. Des essais prospectifs comparant les 2 stratégies de TM (ratio élevé versus ratio moins élevé) seraient utiles [30].

Tableau 2. Études (rétrospectives à partir de registre) consacrées à l'impact clinique du ratio PFC/CGR au cours de la transfusion de blessés de guerre.

Études	Patients	Âge	ISS	TM	Mortalité globale	Lésions	Résultats
Borgman et al.[25]	246	24	18	100%	28%	Trauma pénétrant 94%	Diminution de la mortalité dans le groupe ratio PFC/CGR élevé 1/1,4 vs ratio PFC/CGR modéré 1/2,5 vs ratio PFC/CGR faible 1/8
Spinella et al. [60]	708	27	14	20%	12%	NR	Amélioration de la survie pour chaque unité de PFC transfusée
Stinger et al. [39]	252	26	21	100%	24% à 52%	NR	Diminution de la mortalité dans le groupe fibrinogène > 0,2g/CGR (ratio PFC/CGR de 11/16) vs le groupe fibrinogène <0,2g/CGR (ratio PFC/CGR de 3/16)
Spinella et al. [31]	354	24	18	81%	14%	NR	Amélioration de la survie pour chaque unité de PFC transfusée
Van et al. [61]	247	26	NR	100%	6,9% à 17,2%	Lésions des membres	Tendance à une réduction de la mortalité dans le groupe ratio PFC/CGR > 1/2 vs ratio PFC/CGR < 1/4

CGR : concentré de globules rouges ; ISS : *injury severity score* ; PFC : plasma frais congelé ; NR : non rapporté ; TM : transfusion massive.

### 3.1.5. Plaquettes

La majorité des SSA ne disposent pas de plaquettes. Les Américains et les Anglais les prélèvent sur place avec leur matériel d'aphérèse. Les Anglais assurent un ravitaillement de leurs hôpitaux à partir de la métropole, à raison de 2 à 3 rotations par semaine. Les Néerlandais disposent de plaquettes congelées.

### *3.1.6. Sang total*

En OPEX, le ST (collecté, conservé à température ambiante et transfusé sur place dans les 24 h) est largement utilisé depuis le premier conflit mondial. Les travaux publiés au cours des conflits récents ont permis d'objectiver ses avantages et ses inconvénients [31]. L'avantage logistique est évident puisqu'on dispose ainsi d'une véritable « banque sur pieds ». Les éléments figurés du sang sont « frais » et « fonctionnels » (globules rouges et plaquettes non déformés ou lésés). Le pouvoir hémostatique du ST est supérieur « à la somme » des produits conservés (moindre dilution, éléments cellulaires et facteurs de la coagulation apportés en proportion et à température physiologiques) [13]. Les risques de la transfusion de ST sont liés à la qualification biologique du sang qui est limitée en OPEX. Les réactions transfusionnelles (hyperthermie, hémolyse, TRALI) après transfusion de ST ne sont pas plus fréquentes qu'après une transfusion de CGR [32]. En revanche, le risque de transmission d'agents infectieux est supérieur au risque infectieux résiduel de la transfusion de PSL. Parmi 2831 donneurs de ST en Irak et en Afghanistan, trois étaient positifs pour le virus de l'hépatite C (0,11%), 2 pour le virus HTLV (0,07%), aucun pour le virus de l'hépatite B ou le VIH. Ce risque infectieux justifie que le ST soit réservé à des situations d'exception, ce risque restant néanmoins très inférieur à celui de décéder d'une coagulopathie traumatique. L'efficacité du ST sur le terrain est retrouvée dans la littérature, avec une baisse de la mortalité. Dans une série rétrospective de 354 blessés en Irak et en Afghanistan, la mortalité était nettement diminuée à 24h et à j30 dans le groupe transfusion de ST comparativement au groupe transfusion conventionnelle [31]. Tous les SSA ne pratiquent pas la transfusion de ST. Si la France, les États-Unis et le Royaume-Uni l'autorisent et l'ont réglementée par des recommandations ; la Belgique, l'Italie, les Pays-Bas, la Suède ou le Danemark par exemple ne la prévoient pas, mais acceptent qu'elle soit pratiquée dans le cadre des accords OTAN pour la prise en charge de leurs soldats blessés. Cette transfusion demeure exceptionnelle et doit être indiquée dans des situations individuelles de coagulopathie traumatique majeure (nécessité de transfusion de plaquettes) ou dans des situations collectives et logistiques exceptionnelles (épuisement des réserves de la banque de sang locale) [22].

## **3.2. Moyens hémostatiques adjuvants**

### *3.2.1. Antifibrinolytiques*

En traumatologie, l'acide tranexamique (ATX) a récemment fait l'objet de l'étude CRASH-II portant sur une population de 20 000 traumatisés en choc hémorragique ou à risque de saignement important [33]. Cette étude a montré que l'administration d'ATX réduit de manière significative la mortalité, sans majoration significative du nombre d'événements thrombotiques symptomatiques. L'analyse post-hoc de cette étude révèle

que ce gain sur la survie est d'autant plus marqué que le produit est administré précocement [34]. La mortalité diminue de 32% si le produit est administré dans la première heure et de 21% entre la première et la troisième heure. Après trois heures, le gain sur la mortalité disparaît. L'étude MATTERS (*Military Application of Tranexamic Acid in Trauma Emergency Resuscitation study*) retrouvait une réduction significative de la mortalité parmi 893 militaires blessés en Afghanistan ayant reçu de l'ATX [35]. En traumatologie, les recommandations européennes, publiées avant les résultats de l'étude CRASH II, recommandent le monitoring de la fibrinolyse et l'ATX en cas d'hyperfibrinolyse (10-15 mg/kg puis 1 à 5 mg/kg/h) [8]. Les recommandations militaires nord-américaines sont de débiter l'administration en préhospitalier (1g en IV lente) [36] et de poursuivre par une dose de 1 g sur 8 heures en perfusion continue [37]. Les forces armées canadiennes envisagent la fabrication d'un stylo auto-injecteur d'ATX pour le combattant afin de généraliser son emploi sur le terrain [38]. En France, en 2012, le SSA a retenu le principe d'une administration préhospitalière de 1 g d'ATX chez tout blessé en choc hémorragique. Cette administration peut être répétée au cours de la prise en charge chirurgicale aux vues des résultats biologiques ou d'une fibrinolyse clinique.

### 3.2.2. Fibrinogène

En traumatologie, l'administration de fibrinogène est recommandée : dose initiale de 3 à 4 g suivie d'une administration régulière en cas d'hypofibrinogénémie biologique (<1,5 à 2 g/l) ou de signes thromboélastométriques de déficit fonctionnel en fibrinogène [8]. Une analyse nord-américaine rétrospective de 252 dossiers de BdG ayant nécessité une TM a permis de mettre en évidence qu'un apport faible de fibrinogène (< 0,2 g/CGR) au cours de la transfusion était associé à une majoration significative de la mortalité de ces blessés [39]. Le SSA américain utilise l'apport de cryoprécipités contenant surtout du fibrinogène et d'autres facteurs de coagulation pour compenser ces déficits [37]. Les recommandations du SSA français sont l'administration de fibrinogène de façon répétée afin de maintenir un fibrinogène plasmatique supérieur à 1,5 g/l ou en l'absence de laboratoire (situation des structures chirurgicales « légères »), d'administrer au moins 0,2 g de fibrinogène par CGR transfusé.

### 3.2.3. Calcium

L'hypocalcémie post-traumatique est précoce et multifactorielle : dilution, chélation et trapping par les colloïdes, le lactate et par le citrate des CGR [8]. Ses effets sur la coagulation ne sont pas évaluables au laboratoire, car les mesures sont réalisées sur des milieux enrichis en calcium. En traumatologie, comme en OPEX (SSA français et américains), le monitoring et la normalisation de la calcémie ionisée (> 0,9-1 mmol/l, signes électrocardiographiques), ainsi que l'apport régulier de calcium sont recommandés [8].

### 3.2.4. Le rFVIIa

Le rFVIIa est un adjuvant hémostatique puissant. Après avoir suscité les plus grandes

espérances pour la prise en charge des hémorragies traumatiques, le rapport efficacité / coût du rFVIIa est aujourd'hui montré du doigt [40]. Le rFVIIa ne diminue pas la mortalité [41,42] et son coût demeure très élevé (plus de 5000 euros par traitement). En traumatologie, le rFVII n'augmente pas le risque thromboembolique [42]. Il réduit les besoins transfusionnels et diminue le syndrome de détresse respiratoire aiguë post-traumatique [42,43]. À côté de ces aspects factuels, l'expérience régulièrement rapportée de l'efficacité du rFVIIa pour arrêter un saignement micro vasculaire persistant malgré les mesures chirurgicales et une RT pour lutter contre la coagulopathie est également une réalité [44]. S'il est vrai que les patients doivent être sélectionnés, on ne sait toujours pas à quel moment et à quelle dose exacte l'administrer. Une utilisation trop tardive, « in extremis », expose à son inefficacité, particulièrement si les conditions de constitution d'un caillot ne sont plus réunies [45,46]. Une utilisation trop précoce expose à l'inutilité. En traumatologie civile, son utilisation peut être envisagée après que l'ensemble des traitements conventionnels (chirurgie, embolisation, RT) ait été mis en œuvre et que l'hémorragie persiste [46]. Au cours des conflits récents, les études retrouvent une réduction de la transfusion, mais restent équivoques sur la mortalité [47,48]. Plusieurs SSA ont établi des recommandations : israélien [49], britannique [50], américain [37] et français (voir 4.3.2). Pour un BdG, le recours au rFVIIa peut se faire en cas de transfusion importante, voire massive et d'échec de l'hémostase malgré le traitement chirurgical et la RT.

### *3.2.5. Protocoles transfusionnels*

En 2006 en Irak, Repine et al ont proposé un protocole de TM incluant le sang de banque, le ST et le rFVIIa [51]. En 2008, une enquête internationale de pratique soulignait qu'environ la moitié des services admettant des traumatisés sévères ne suivaient pas de protocole transfusionnel [52]. Deux ans plus tard, la majorité des centres américains s'était dotée d'un protocole de TM, souvent de manière récente, et la moitié de ces protocoles prévoyait dans leur première ligne de prise en charge l'administration de PFC/CGR selon un ratio de 1/1 [53]. Plusieurs études, de faible qualité méthodologique (comparaisons avec des groupes historiques), ont mis en évidence que l'adoption de ces protocoles permettait de réduire la mortalité précoce [29,54], la coagulopathie [54], les défaillances d'organe précoces [55] sans augmenter [29] voire en diminuant [55] les besoins transfusionnels globaux. Plus que le chiffre exact des ratios transfusionnels, ces études soulignent l'intérêt d'un apport précoce de plasma et de plaquettes selon un rapport prédéterminé grâce à une organisation décidée par tous les acteurs de cette prise en charge (anesthésistes-réanimateurs, chirurgiens, biologistes, responsables de la banque de sang) [54,55].

### **3.3. Diagnostic de l'anémie et la coagulopathie traumatique**

En OPEX, comme en traumatologie, les examens d'hémostase sont essentiels pour guider et atteindre les objectifs de la RT [8]. Dans les cas d'hémorragie importante, la RT se fait en continu, sans attendre les résultats du laboratoire (20-45 min), jusqu'à ce que des



mesures chirurgicales d'attente (clantage vasculaire, compression) aient été effectuées. Pendant cette période, la RT peut être guidée par des examens de biologie délocalisée, qui donnent une information très rapide : hémoglobiniémie et/ou hématicrite par microméthode et thromboélastographie, par exemple [8]. La thromboélastographie peut, en 15 minutes, apporter des renseignements très pertinents concernant les caractéristiques fonctionnelles de la coagulation (anomalies de constitution du caillot, hyperfibrinolyse) [8,56]. Au laboratoire, les examens standard d'hémostase (TP, TCA, fibrinogène, plaquettes) donnent une appréciation quantitative. Le calcium ionisé et les paramètres acido-basiques sont également régulièrement quantifiés par une gazométrie artérielle [8].

#### **4. PRATIQUE TRANSFUSIONNELLE DU SSA FRANÇAIS AU COURS DES CONFLITS RÉCENTS**

La RT en OPEX est encadrée par un texte réglementaire du SSA. Il fournit un cadre au médecin anesthésiste-réanimateur (MAR) pour réaliser, en cas de besoin, tous les métiers liés à la transfusion sanguine (conservation des produits sanguins, collecte, qualification, utilisation et hémovigilance) dans des situations parfois extrêmes.

##### ***4.1. Avant le déploiement en OPEX***

Le rôle du médecin d'unité est essentiel. Il s'assure de la détermination réglementaire du groupe sanguin A.B.O, Rh, Kell. Il vérifie la concordance du groupe sanguin inscrit sur la plaque patronymique portée par le militaire autour du cou et le document de laboratoire. Il réalise une présélection des donneurs potentiels de ST, en insistant sur le caractère volontaire, gratuit et sur l'auto-exclusion du don en cas de conduites à risque ; en cas de mise en évidence de situations à risque, il fait réaliser des sérologies ciblées. Il détient un registre des groupes sanguins de donneurs potentiels de ST.

##### ***4.2. Au niveau de la zone des combats et pendant l'évacuation vers la structure chirurgicale***

Les mesures de DCR formalisées (Sauvetage au combat) sont appliquées par le combattant lui-même, ses camarades et les personnels « santé » (hémostase externe et réanimation hémodynamique spécifique). En cas d'hémorragie importante, l'ATX doit être utilisé (*paragraphe 3.2.1*).

##### ***4.3. Au niveau de la structure chirurgicale***

La RT vise à préserver les capacités du traumatisé à coaguler, qui dépendent en partie de la manière dont est conduit cet aspect de la réanimation.

###### ***4.3.1. Réanimation transfusionnelle conventionnelle***

L'autotransfusion (hémothorax, recueil de sang épanché par un CELL SAVER 5+ (Haemonetics®, USA) est mise en œuvre autant que possible. Le ratio PFC/CGR est de 1/2 à 1/1, surtout si l'Hb est inférieure à 11g/dl (*paragraphe 2.2*). L'apport de fibrinogène est assuré par les PLYO (0,5g/PLYO), complété si besoin par du CLOTAFAC<sup>®</sup> pour maintenir un taux supérieur à 1,5 à 2 g/L [8]. L'ATX peut être administré régulièrement. Les moyens pour lutter contre l'hypothermie sont externes (couverture à usage unique, air chaud soufflé par Bair Hugger<sup>®</sup>) et internes (par accélérateur réchauffeur Level one<sup>®</sup>, Smiths médical). L'administration régulière de chlorure de calcium évite l'hypocalcémie multifactorielle. La correction de l'acidose par des solutés bicarbonatés n'est pas justifiée, car elle n'améliore pas la coagulation et provoque une acidose paradoxale intracellulaire.

#### 4.3.2. Réanimation transfusionnelle exceptionnelle

La transfusion de ST est autorisée en cas de TM et/ou de coagulopathie clinique parce que le risque lié à cette transfusion (viral notamment) est très inférieur à celui de décéder d'un choc hémorragique. Ceci a bien été souligné par les experts civils et militaires à l'occasion du Comité consultatif du Service de santé des armées en 2008 consacré à la transfusion en OPEX [22]. Cette transfusion est isogroupe (globule rouge et plasma). Il faut entre 45 et 90 minutes pour obtenir une poche de sang total, temps nécessaire pour contacter des donneurs du même groupe que le blessé, les sélectionner, les prélever et qualifier le sang prélevé (groupe sanguin A B O D, tests rapides vis-à-vis du VIH, et du VHC). C'est la raison pour laquelle, on distingue une indication de collecte et une indication de transfusion de ST. L'indication de collecte de ST peut être décidée dès l'admission d'un blessé pour lequel on anticipe des besoins transfusionnels importants, ce qui permet de gagner un temps précieux (*Figure 1*). Il est recueilli dans une poche stérile spécifique (400 et 500 ml) contenant une solution anticoagulante. Le ST se conserve à température ambiante pour une durée maximale de 6 heures. Sa conservation peut être exceptionnellement portée à 24 heures en le conservant entre +2°C et +6°C, mais l'apport plaquettaire et les facteurs de coagulation sont très diminués. L'indication de transfusion de ST est posée en cas de transfusion massive (> 5 CGR en 3h), de coagulopathie majeure et/ou en cas de ressources insuffisantes. Des tubes échantillons de sang du donneur sont conditionnés pour être envoyés au CTSA où sera réalisée la qualification biologique complète du don, a posteriori. En cas de nécessité, il peut être fait appel à des donneurs militaires étrangers appartenant à des nations qui appliquent les directives européennes ou les exigences de l'OTAN relatives à la transfusion sanguine. En OPEX (absence de plaquettes, absence de possibilités d'embolisation), le rFVIIa est utilisable uniquement lorsque l'hémorragie n'est pas contrôlée : transfusion de 5 « poches » (CGR et/ou sang total) en moins de 3h ou de 10 CGR en 24h ; saignement de 50 % du volume sanguin total en moins de 3 h, non contrôlé par les moyens chirurgicaux. Il ne doit pas être administré pendant la phase initiale de déchoquage, ni utilisé à titre compassionnel lorsque le pronostic est jugé à l'évidence au-delà de toute ressource thérapeutique.



Figure 1. Sang total : collecte, qualification et transfusion.

### 4.3.3. Choix des moyens diagnostiques

#### 4.3.3.1. Qualification du sang

Même si le groupe sanguin est inscrit sur la plaque portée autour du cou, dès qu'une transfusion de CGR non O ou de ST est envisagée, un contrôle du groupe sanguin du receveur doit être réalisé (au minimum avec un test de Beth-Vincent) avant la transfusion. La recherche d'agglutinines irrégulières n'est pas pratiquée, car l'identification des anticorps n'est pas possible en OPEX. Cependant, lorsqu'un laboratoire est présent, la réalisation d'une épreuve de compatibilité entre le plasma du futur receveur de CGR et le CGR à transfuser est recommandée. Avant une transfusion de ST, un prélèvement prétransfusionnel (VIH, VHB, VHC et HTLV) du receveur est adressé au CTSA pour réaliser des sérologies pré transfusionnelles (VIH, VHB, VHC et HTLV).

#### 4.3.3.2. Biologie

Lorsqu'il y a un laboratoire, les tests disponibles sont : numération formule plaquettes, taux et temps de prothrombine, fibrinogène. Le déploiement d'un thromboélastogramme n'est envisagé que lorsqu'un technicien de laboratoire est présent pour le mettre en œuvre.

## 5. CONTRIBUTION DES CONFLITS RÉCENTS AUX PRATIQUES CIVILES

D'un point de vue factuel, la contribution des pratiques transfusionnelles militaires aux pratiques civiles est modeste. Pour preuve, sur les 341 références citées par les recommandations européennes de 2010, seules 11 sont issues de travaux en OPEX et 4 concernent la stratégie transfusionnelle militaire ; notamment, parce que le cadre conflits ne se prête pas à des études à la méthodologie randomisée. En revanche, ce cadre stimule les esprits pour optimiser la prise en charge des BdG et autorise des pratiques exceptionnelles pour diminuer la morbi-mortalité des blessures au combat, et en particulier les « décès évitables ». La discipline « qui fait la force des armées » facilite

certainement l'application des choix qui sont faits, depuis les gestes de secourisme du camarade de combat jusqu'au retour dans un hôpital en France. Ainsi, plusieurs remarques concernant les applications pour la médecine d'urgence civile peuvent être faites :

- le « damage control resuscitation », directement issu des équipes du SSA américain confrontées aux nombreux blessés en Irak et en Afghanistan, débute dès les toutes premières minutes de la prise en charge [57]. Tous les acteurs connaissent ses déterminants ;
- l'hémostase externe, revisitée au cours des dernières années dans les conflits, permet de sauver des vies [8] ;
- l'étude de Borgman et al. [25], concernant le ratio transfusionnel PFC/CGR, et les propositions de protocole de Repine et al. [51] ont initié de multiples travaux [58]. Les indications s'affinent aujourd'hui ;
- la biologie délocalisée permet de gagner du temps et de la performance dans la RT ;
- le rFVIIa a été utilisé pour la première fois en traumatologie chez un jeune soldat de 19 ans [59]. Son utilisation permet une économie transfusionnelle, et peut stopper une hémorragie microvasculaire persistante.

## 6. CONCLUSION

L'objectif de la stratégie transfusionnelle est de prévenir et de corriger la coagulopathie traumatique. Les choix des SSA tendent à se rapprocher le plus possible des standards de soins tout en s'adaptant aux contraintes logistiques et opérationnelles des OPEX. Le recours exceptionnel à la transfusion de sang total constitue la principale spécificité de cette stratégie. L'expérience rapportée par les études publiées au cours des conflits récents a probablement permis de faire progresser la réanimation transfusionnelle des traumatisés.

## RÉFÉRENCES

1. Pasquier P, de Rudnicki S, Donat N, Auroy Y, Merat S. Type et épidémiologie des blessures de guerre, à propos de deux conflits actuels : Irak et Afghanistan. *Ann Fr Anesth Reanim* 2011;30:819-27.
2. Owens BD, Kragh JF, Jr., Wenke JC, Macaitis J, Wade CE, Holcomb JB. Combat wounds in operation Iraqi Freedom and operation Enduring Freedom. *J Trauma* 2008;64:295-9.
3. Kelly JF, Ritenour AE, McLaughlin DF, Bagg KA, Apodaca AN, Mallak CT, et al. Injury severity and causes of death from Operation Iraqi Freedom and Operation Enduring Freedom: 2003-2004 versus 2006. *J Trauma* 2008;64:S21-6; [discussion S26-7].
4. Eastridge BJ, Hardin M, Cantrell J, Oetjen-Gerdes L, Zubko T, Mallak C, et al. Died of wounds on the battlefield: causation and implications for improving combat casualty care. *J Trauma* 2011;71:S4-8.

5. Le Noel A, Merat S, Ausset S, De Rudnicki S, Mion G. Le concept de damage control resuscitation. *Ann Fr Anesth Reanim* 2011;30:665-78.
6. Hess JR, Brohi K, Dutton RP, Hauser CJ, Holcomb JB, Kluger Y, et al. The coagulopathy of trauma: a review of mechanisms. *J Trauma* 2008;65:748-54.
7. Morel N, Morel O, Chimot L, Lortet V, Julliac B, Lelias A, et al. Prise en charge transfusionnelle du choc hémorragique d'origine traumatique à la phase aigue : quoi de neuf en 2009 ? *Ann Fr Anesth Reanim* 2009;28:222-30.
8. Rossaint R, Bouillon B, Cerny V, Coats TJ, Duranteau J, Fernandez-Mondejar E, et al. Management of bleeding following major trauma: an updated European guideline. *Crit Care* 2010;14:R52.
9. Beekley AC, Martin MJ, Spinella PC, Telian SP, Holcomb JB. Predicting resource needs for multiple and mass casualty events in combat: lessons learned from combat support hospital experience in Operation Iraqi Freedom. *J Trauma* 2009;66:S129-37.
10. Eastridge BJ, Costanzo G, Jenkins D, Spott MA, Wade C, Greydanus D, et al. Impact of joint theater trauma system initiatives on battlefield injury outcomes. *Am J Surg* 2009;198:852-7.
11. Nessen SC, Cronk DR, Edens J, Eastridge BJ, Little TR, Windsor J, et al. US Army two-surgeon teams operating in remote Afghanistan--an evaluation of split-based Forward Surgical Team operations. *J Trauma* 2009;66:S37-47.
12. Peytel E, Nau A, Drouin C, Dosseh G, Carpentier J. Apports de l'armure et de la réanimation chirurgicale de l'avant sur les blessures de guerre. *Congrès de la Société Française d'Anesthésie Réanimation*, 2005
13. Kauvar DS, Holcomb JB, Norris GC, Hess JR. Fresh whole blood transfusion: a controversial military practice. *J Trauma* 2006;61:181-4.
14. Larson CR, White CE, Spinella PC, Jones JA, Holcomb JB, Blackburne LH, et al. Association of shock, coagulopathy, and initial vital signs with massive transfusion in combat casualties. *J Trauma* 2010;69 Suppl 1:S26-32.
15. Yucel N, Lefering R, Maegele M, Vorweg M, Tjardes T, Ruchholtz S, et al. Trauma Associated Severe Hemorrhage (TASH)-Score: probability of mass transfusion as surrogate for life threatening hemorrhage after multiple trauma. *J Trauma* 2006;60:1228-36; [discussion 1236-7].
16. Kuhne CA, Zettl RP, Fischbacher M, Lefering R, Ruchholtz S. Emergency Transfusion Score (ETS): a useful instrument for prediction of blood transfusion requirement in severely injured patients. *World J Surg* 2008;32:1183-8.
17. Cotton BA, Dossett LA, Haut ER, Shafi S, Nunez TC, Au BK, et al. Multicenter validation of a simplified score to predict massive transfusion in trauma. *J Trauma* 2010;69 Suppl 1:S33-9.
18. McLaughlin DF, Niles SE, Salinas J, Perkins JG, Cox ED, Wade CE, et al. A predictive model for massive transfusion in combat casualty patients. *J Trauma* 2008;64:S57-63; [discussion S63].
19. Schreiber MA, Perkins J, Kiraly L, Underwood S, Wade C, Holcomb JB. Early predictors of massive transfusion in combat casualties. *J Am Coll Surg* 2007;205:541-5.

20. Salhanick M, Corneille M, Higgins R, Olson J, Michalek J, Harrison C, et al. Autotransfusion of hemothorax blood in trauma patients: is it the same as fresh whole blood? *Am J Surg* 2011;202:817-21; [discussion 821-2].
21. Esper SA, Waters JH. Intra-operative cell salvage: a fresh look at the indications and contraindications. *Blood Transfus* 2011;9:139-47.
22. Sailliol A, Ausset S, Peytel E. La transfusion en situation d'exception, expérience du service de santé des armées. *Transfus Clin Biol* 2010;17:279-83.
23. Martinaud C, Ausset S, Deshayes AV, Cauet A, Demazeau N, Sailliol A. Use of freeze-dried plasma in French intensive care unit in Afghanistan. *J Trauma* 2011;71:1761-4; [discussion 1764-5].
24. Transfusion de plasma frais congelé : produits, indications. *Ann Fr Anesth Reanim* 2003;22:252-61.
25. Borgman MA, Spinella PC, Perkins JG, Grathwohl KW, Repine T, Beekley AC, et al. The ratio of blood products transfused affects mortality in patients receiving massive transfusions at a combat support hospital. *J Trauma* 2007;63:805-13.
26. Ho AM, Dion PW, Yeung JH, Holcomb JB, Critchley LA, Ng CS, et al. Prevalence of survivor bias in observational studies on fresh frozen plasma:erythrocyte ratios in trauma requiring massive transfusion. *Anesthesiology* 2012;116:716-28.
27. Godier A, Ozier Y, Susen S. Le ratio transfusionnel PFC/CGR 1/1 : un phénomène de mode basé sur des preuves ?2011;30:421-8.
28. Sambasivan CN, Kunio NR, Nair PV, Zink KA, Michalek JE, Holcomb JB, et al. High ratios of plasma and platelets to packed red blood cells do not affect mortality in nonmassively transfused patients. *J Trauma* 2011;71:S329-36.
29. Riskin DJ, Tsai TC, Riskin L, Hernandez-Boussard T, Purtil M, Maggio PM, et al. Massive transfusion protocols: the role of aggressive resuscitation versus product ratio in mortality reduction. *J Am Coll Surg* 2009;209:198-205.
30. Nascimento B, Rizoli S, Rubenfeld G, Lin Y, Callum J, Tien HC. Design and preliminary results of a pilot randomized controlled trial on a 1:1:1 transfusion strategy: the trauma formula-driven versus laboratory-guided study. *J Trauma* 2011;71:S418-26.
31. Spinella PC, Perkins JG, Grathwohl KW, Beekley AC, Holcomb JB. Warm fresh whole blood is independently associated with improved survival for patients with combat-related traumatic injuries. *J Trauma* 2009;66:S69-76.
32. Spinella PC, Perkins JG, Grathwohl KW, Repine T, Beekley AC, Sebesta J, et al. Risks associated with fresh whole blood and red blood cell transfusions in a combat support hospital. *Crit Care Med* 2007;35:2576-81.
33. Shakur H, Roberts I, Bautista R, Caballero J, Coats T, Dewan Y, et al. Effects of tranexamic acid on death, vascular occlusive events, and blood transfusion in trauma patients with significant haemorrhage (CRASH-2): a randomised, placebo-controlled trial. *Lancet* 2010;376:23-32.
34. Roberts I, Shakur H, Afolabi A, Brohi K, Coats T, Dewan Y, et al. The importance of early treatment with tranexamic acid in bleeding trauma patients: an exploratory analysis of the CRASH-2 randomised controlled trial. *Lancet* 2011;377:1096-101, 1101 e1-2.

35. Morrison JJ, Dubose JJ, Rasmussen TE, Midwinter MJ. Military Application of Tranexamic Acid in Trauma Emergency Resuscitation (MATTERs) Study. *Arch Surg* 2012;147:113-9.
36. Tactical combat casualty care. U.S. Department of Defense Military health system. 2011 [http://www.health.mil/Education And Training/TCCC.aspx](http://www.health.mil/Education%20And%20Training/TCCC.aspx).
37. Damage control resuscitation at level IIb/III treatment facilities. Joint theatre trauma system clinical practice guidelines. The United States Army Institute of Surgical Research. 2011. <http://www.usaisr.amedd.army.mil/cpgs.html>.
38. Culligan WB, Tien HC. Tranexamic acid autoinjector for prehospital care of noncompressible hemorrhage. *J Trauma* 2011;71:S501-2.
39. Stinger HK, Spinella PC, Perkins JG, Grathwohl KW, Salinas J, Martini WZ, et al. The ratio of fibrinogen to red cells transfused affects survival in casualties receiving massive transfusions at an army combat support hospital. *J Trauma* 2008;64:S79-85; discussion S85.
40. Lipworth W, Kerridge I, Little M, Day R. Evidence and desperation in off-label prescribing: recombinant factor VIIa. *Bmj* 2012;344:d7926.
41. Simpson E, Lin Y, Stanworth S, Birchall J, Doree C, Hyde C. Recombinant factor VIIa for the prevention and treatment of bleeding in patients without haemophilia. *Cochrane Database Syst Rev* 2012;3:CD005011.
42. Yank V, Tuohy CV, Logan AC, Bravata DM, Staudenmayer K, Eisenhut R, et al. Systematic review: benefits and harms of in-hospital use of recombinant factor VIIa for off-label indications. *Ann Intern Med* 2011;154:529-40.
43. Rizoli SB, Boffard KD, Riou B, Warren B, Iau P, Kluger Y, et al. Recombinant activated factor VII as an adjunctive therapy for bleeding control in severe trauma patients with coagulopathy: subgroup analysis from two randomized trials. *Crit Care* 2006;10:R178.
44. Haas T, Innerhofer P, Kuhbacher G, Fries D. Successful reversal of deleterious coagulopathy by recombinant factor VIIa. *Anesth Analg* 2005;100:54-8.
45. Knudson MM, Cohen MJ, Reidy R, Jaeger S, Bacchetti P, Jin C, et al. Trauma, transfusions, and use of recombinant factor VIIa: A multicenter case registry report of 380 patients from the Western Trauma Association. *J Am Coll Surg* 2011;212:87-95.
46. Vincent JL, Rossaint R, Riou B, Ozier Y, Zideman D, Spahn DR. Recommendations on the use of recombinant activated factor VII as an adjunctive treatment for massive bleeding--a European perspective. *Crit Care* 2006;10:R120.
47. Spinella PC, Perkins JG, McLaughlin DF, Niles SE, Grathwohl KW, Beekley AC, et al. The effect of recombinant activated factor VII on mortality in combat-related casualties with severe trauma and massive transfusion. *J Trauma* 2008;64:286-93; [discussion 293-4].
48. Wade CE, Eastridge BJ, Jones JA, West SA, Spinella PC, Perkins JG, et al. Use of recombinant factor VIIa in US military casualties for a five-year period. *J Trauma* 2010;69:353-9.

49. Martinowitz U, Michaelson M. Guidelines for the use of recombinant activated factor VII (rFVIIa) in uncontrolled bleeding: a report by the Israeli Multidisciplinary rFVIIa Task Force. *J Thromb Haemost* 2005;3:640-8.
50. Hodgetts TJ, Kirkman E, Mahoney PF, Russell R, Thomas R, Midwinter M. UK defence medical services guidance for the use of recombinant factor VIIa (rFVIIa) in the deployed military setting. *J R Army Med Corps* 2007;153:307-9.
51. Repine TB, Perkins JG, Kauvar DS, Blackburne L. The use of fresh whole blood in massive transfusion. *J Trauma* 2006;60:S59-69.
52. Hoyt DB, Dutton RP, Hauser CJ, Hess JR, Holcomb JB, Kluger Y, et al. Management of coagulopathy in the patients with multiple injuries: results from an international survey of clinical practice. *J Trauma* 2008;65:755-64; discussion 764-5.
53. Schuster KM, Davis KA, Lui FY, Maerz LL, Kaplan LJ. The status of massive transfusion protocols in United States trauma centers: massive transfusion or massive confusion? *Transfusion* 2010;50:1545-51.
54. Dente CJ, Shaz BH, Nicholas JM, Harris RS, Wyrzykowski AD, Patel S, et al. Improvements in early mortality and coagulopathy are sustained better in patients with blunt trauma after institution of a massive transfusion protocol in a civilian level I trauma center. *J Trauma* 2009;66:1616-24.
55. Cotton BA, Au BK, Nunez TC, Gunter OL, Robertson AM, Young PP. Predefined massive transfusion protocols are associated with a reduction in organ failure and postinjury complications. *J Trauma* 2009;66:41-8; [discussion 48-9].
56. Doran CM, Woolley T, Midwinter MJ. Feasibility of using rotational thromboelastometry to assess coagulation status of combat casualties in a deployed setting. *J Trauma* 2010;69 Suppl 1:S40-8.
57. Holcomb JB. Damage control resuscitation. *J Trauma* 2007;62:S36-7.
58. Nunez TC, Young PP, Holcomb JB, Cotton BA. Creation, implementation, and maturation of a massive transfusion protocol for the exsanguinating trauma patient. *J Trauma* 2010;68:1498-505.
59. Kenet G, Walden R, Eldad A, Martinowitz U. Treatment of traumatic bleeding with recombinant factor VIIa. *Lancet* 1999;354:1879.
60. Spinella PC, Perkins JG, Grathwohl KW, Beekley AC, Niles SE, McLaughlin DF et al. Effect of plasma and red blood cell transfusions on survival in patients with combat related traumatic injuries. *J Trauma* 2008; 64: S69-77; [discussion S77-8].
61. Van PY, Sambasivan CN, Wade CE, Jones JA, Holcomb JB, Schreiber MA et al. High transfusion ratios are not associated with increased complication rates in patients with severe extremity injuries. *J Trauma*; 69 Suppl 1: S64-8.



