Actualisation sur l'utilisation des garrots de type tourniquet

M. Danguy des Déserts, D. Commandeur, S. Huynh-Moynot, E. Montelescaut, B.-V. Nguyen, M. Ould-Ahmed

Fédération anesthésie réanimation urgences, HIA Clermont-Tonnerre, BRCM de Brest, CC41 – 29240 Brest Cedex 9.

Résumé

La moitié des décès évitables suite à une blessure au combat serait secondaire à un phénomène hémorragique. Afin de réduire cette mortalité, de nombreux moyens existent pour lutter contre ces hémorragies, dont le garrot dit tourniquet contre les hémorragies de membres, largement diffusé actuellement auprès de nos troupes. Après une présentation générale des garrots et en particulier des modèles les plus utilisés, les études ayant évalué l'utilisation en situations théorique et pratique du garrot sont analysées. Les garrots les plus efficaces d'un point de vue théorique sont les garrots dédiés et notamment le CAT™, le SOFTT™ et l'EMT™. D'un point de vue pratique, il est démontré que les garrots tourniquets sont largement utilisés sur le terrain et permettent de sauver des vies. À la lumière de cette revue de la littérature, des consignes d'utilisation du garrot sont proposées.

Mots-clés : Blessé de guerre. Garrot tourniquet. Hémorragie des membres.

Abstract
UPDATE ON THE USE OF TOURNIQUETS.

Haemorrhages are responsible for half of the deaths in combat injury. In order to reduce this mortality, numerous tools exist to control haemorrhages, including tourniquets on limbs, widely used nowadays among our troops. After a general presentation of tourniquets, especially the most often used models, studies evaluating their theoretical and practical use are analysed. The most effective tourniquets in theory are dedicated tourniquets, especially the CAT™, the SOFTT™ and the EMT™. From a practical standpoint, it is shown that tourniquets are widely used in the field and can save lives. In the light of this literature review, instructions for future use are proposed.

Keywords: Combat injury. Limb haemorrhage. Tourniquet.

DOSSIER

Introduction

La majorité des décès évitables suite à une blessure au combat serait secondaire à un phénomène hémorragique (1). La stratégie d'arrêt des hémorragies est donc un enjeu majeur de la prise en charge d'un blessé de guerre. Cette problématique est connue de longue date comme le montre cette citation issue du traité de chirurgie de MJ Chelius – Université d'Heidelberg – en 1835 : « Les moyens que nous avons pour arrêter les hémorragies sont la compression, la ligature, la torsion, la cautérisation, l'emploi des styptiques ou des astringents ».

Ces moyens peuvent être limités selon le site anatomique de l'hémorragie. Ainsi, les hémorragies du tronc ne sont ni compressibles ni accessibles à un garrot, les hémorragies jonctionnelles sont compressibles mais non accessibles à un garrot et les hémorragies des membres sont accessibles compressibles et accessibles à un garrot (2).

Afin de compléter l'action du garrot ou le remplacer, des outils modernes d'arrêt des hémorragies ont été développés : pansement compressif, hémostatique, Combat Ready Clamp. Des moyens médicamenteux font également partie de cet arsenal thérapeutique comme

M. DANGUY DES DESERTS, médecin. D. COMMANDEUR, médecin principal. S. HUYNH-MOYNOT, interne des HA. E. MONTELESCAUT, interne des HA. B.-V. NGUYEN, médecin en chef, praticien certifié. M. OULD-AHMED, médecin en chef, professeur agrégé du SSA.
Correspondance : Monsieur l'interne des HA M. DANGUY DES DESERTS, Fédération anesthésie réanimation urgences, Hôpital d'instruction des armées Clermont-Tonnerre, BRCM de Brest, CC 41 – 29240 Brest Cedex 9.
E-mail : marc.danguy@gmail.com

l'acide tranexamique. Le garrot est quant à lui connu depuis l'Antiquité, a prouvé son efficacité et bénéficié d'améliorations (3).

Rappels historiques

En 1586, Guy de Chauliac décrivait l'utilisation de bandes compressives afin de réduire les pertes hémorragiques lors d'amputations de membres. En 1674, Étienne Morel, chirurgien militaire français, appliquait sur le champ de bataille lors du siège de Besançon un garrot tourniquet composé d'une ceinture fixée aux extrémités d'une planche de bois et d'une tige servant à serrer la ceinture autour du membre concerné. La technique était améliorée par la suite par Jean Louis Petit en 1718 à l'aide d'une vis qui permettait de serrer ou desserrer le garrot et de le maintenir en place. Lister, chirurgien anglais, se servait quant à lui de garrot tourniquet dans le cadre de la chirurgie d'arthrite tuberculeuse en 1864. La victime la plus célèbre d'oubli d'utilisation du garrot est le général Albert Sydney Johnston, décédé en 1862 lors de la bataille de Shiloh durant la Guerre de Sécession suite à une hémorragie massive due à une plaie par balle de l'artère poplitée, alors qu'il avait un garrot tourniquet dans sa poche. (4, 5)

Le garrot fut également sous-utilisé dans les guerres du XX^{e} siècle jusqu'à celle du Vietnam et les événements de Mogadiscio qui ont remis au goût du jour l'usage libéral du garrot (6).

Emploi de garrot : Sur quelles bases ?

Quelles lésions ?

Hémorragie et cause de décès au combat

Deux séries récentes décrivent les lésions observées sur les théâtres d'opérations actuels.

Holcomb et al. (7) rapportent une série de 82 décès survenus entre octobre 2001 et novembre 2004 dans les forces spéciales américaines. Sur les douze décès considérés comme évitables, la cause du décès était par ordre décroissant de fréquence une hémorragie du tronc (50 %), une hémorragie compressible (19 %), une hémorragie accessible à un garrot tourniquet (13 %) et un pneumothorax compressif associé à une obstruction des voies aériennes et un sepsis (6 %).

Kelly et al. (8) ont comparé deux séries de décès survenus au sein de l'armée américaine durant les conflits irakiens et afghans entre mars 2003 et avril 2004 (groupe A) puis entre juin et décembre 2006 (groupe B). On compte, 486 décès dont 93 considérés comme évitables et 496 dont 139 évitables ont été étudiés respectivement dans les groupes A et B. La principale cause des décès évitables était une hémorragie (87 % dans le groupe A, 83 % dans le groupe B). Parmi l'ensemble des cas étudiés, les hémorragies étaient par ordre de fréquence secondaire à une hémorragie du tronc (51 % dans le groupe A, 49 % dans le groupe B), puis à une hémorragie des extrémités (33 % dans les deux groupes) et enfin à une hémorragie jonctionnelle (20 % dans le groupe A, 21 % dans le groupe B).

Fréquence des plaies des membres

La fréquence des traumatismes de membres chez les blessés de guerre est encore plus importante si on étudie l'ensemble des blessés au combat. Dougherty et al. (9) ont identifié 665 combattants traumatisés des membres dans un collectif exhaustif de 935 marines américains ayant reçu des soins pour une blessure au combat entre septembre 2004 et février 2005, soit 71 % d'entre eux, avec une moyenne de 3 blessures par patient. Étaient touchés qu'aux membres supérieurs, 261 (39 %), aux membres inférieurs 223 (34 %) et aux deux 181 (27 %).

Fréquence et typologie des plaies vasculaires

Rasmussen et al. (10) ont dénombré 209 patients victimes d'une plaie vasculaire soit 6,6 % des 3 096 patients admis pour une blessure au combat à l'hôpital de campagne *Role 3* en Irak entre septembre 2004 et décembre 2005. La répartition de ces plaies vasculaires était la suivante : 166 aux extrémités (79 %), 27 au cou (13 %), 16 à la région thoraco-abdominale (8 %). L'association de ces lésions vasculaires à celles des membres est un des fondements de l'emploi des garrots.

Sohn et al. (11) ont analysé un collectif de 3 443 patients traités au *31^{e} Combat Support Hospital* à Bagdad durant l'année 2004. Il a été admis pour une blessure traumatique, 153 patients, dont 67 % de combattants et représentaient un total de 218 plaies vasculaires. Plus de la moitié de ces plaies vasculaires concernaient les membres inférieurs (57 % de l'ensemble des plaies artérielles, 50 % des plaies veineuses), le second site anatomique touché était les membres supérieurs (35 % des plaies artérielles, 20 % des plaies veineuses). Peu de patients présentant une plaie vasculaire des régions thoracique, abdominale ou du cou étaient admis vivants dans cette structure hospitalière (30 % des plaies veineuses également réparties pour ces trois régions, environ 5 % des plaies artérielles). Concernant les plaies vasculaires des membres inférieurs, les vaisseaux fémoraux superficiels artériels et veineux étaient les plus touchés (environ 35 % des plaies vasculaires des membres inférieurs), suivis des vaisseaux poplités et tibiaux-fibulaires. Les principaux agents vulnérants étaient en premier lieu les Engins explosifs improvisés (EEI) (24 %) puis les tirs de roquettes ou de mortiers (18 %), suivis des plaies par balle (18 %).

Au total, les hémorragies restent la première cause de mortalité évitable au combat. Les effets de protection ont modifié l'incidence des lésions, aussi les plaies de membres et les plaies vasculaires sont plus fréquentes et sont accessibles au garrot.

Quels mécanismes d'action du garrot ?

Largement utilisé en chirurgie réglée au bloc opératoire, le garrot a pour principe d'interrompre la circulation sanguine en aval de son lieu d'application afin de diminuer un saignement, et doit donc exercer une pression suffisante sur la peau et se transmettant aux structures sous jacentes pour occlure la circulation artérielle. La pression d'occlusion artérielle (POA) d'un membre dépend du diamètre du membre, de la largeur du garrot utilisé, de la pression artérielle systolique (PAS) et

diastolique (PAD). La POA à la cuisse peut être calculée selon la formule de Graham (12) :

$$POA = \frac{(PAS - PAD) \times (\text{circonférence de la cuisse})}{(\text{largeur du garrot} \times 3)} + PAD$$

La POA dépend également de la nature des tissus sous-jacents et donc de la présence d'un ou de deux os au niveau du membre concerné (c'est pourquoi un garrot est préférentiellement posé sur les membres contenant un seul os) (13).

Cette pression peut être exercée par une bande de tissu serrée à son maximum autour du membre dont on veut interrompre la vascularisation, avec éventuellement un système de tige rigide qui va permettre d'exercer une pression supplémentaire en raccourcissant davantage la bande de tissu (système dit du tourniquet ou « Spanish windlass », (fig. 1)). Cette pression peut également être exercée par l'intermédiaire d'un brassard gonflable (système analogue au brassard à tension).



Figure 1. Schéma représentant un garrot tourniquet.

La compression prolongée peut être rendue responsable de complications qui font le lit du débat sur la pertinence de l'emploi des garrots (14).

Les caractéristiques du garrot idéal

Description

Kragh et al. (15) ont décrit le cahier des charges du garrot idéal.

Le premier critère est celui de l'efficacité, sa mise en œuvre doit de plus être la plus simple, la plus rapide possible et ce d'une seule main. Le format du garrot est également important, le plus large possible (idéalement supérieur à 38 mm, afin d'améliorer son efficacité et diminuer ses effets secondaires), d'une longueur suffisante (pour couvrir toutes les cuisses) tout en présentant l'encombrement et le plus poids les plus réduits possibles. Le garrot idéal est également robuste et de longue durée de vie, stable une fois en place, à usages multiples (usages répétés et usages sur le terrain ainsi qu'à l'hôpital), d'entretien aisé, autonome (aucune énergie ne doit être nécessaire) et peu coûteux.

Les étapes clés pour trouver ce garrot idéal

Le point du marché

Historiquement, les garrots étaient des garrots tourniquets, improvisés à l'aide d'une bande de tissu et une tige rigide (aussi appelé garrot espagnol,), mais aussi à l'aide d'une sangle simple ou d'une lanière en caoutchouc. Des modèles spécifiques, plus adaptés, plus robustes ont été développés. Il existe des modèles à cliquet comme le *Mechanical Advantage Tourniquet* (fig. 2) (MAT, Pyng Medical, Richmond, BC) et le *Ratcheting Medical Tourniquet* (fig. 3) (RMT, M2 Inc.,



Figure 2. Garrot à cliquet MAT™.



Figure 3. Garrot à cliquet RMT™.

Winooski, VT). Les modèles à barre de torsion sont les plus répandus actuellement avec notamment le *Special Operation Forces Tactical Tourniquet* (fig. 4) (SOFTT, Tactical Medical Solution, Raeford, NC), modèle



Figure 4. Garrot tourniquet SOFTT™.

réglementaire dans l'armée française (NMA 693 400 120 001), ainsi que le *Combat Application Tourniquet* (fig. 5) (CAT, North American Rescue Products, Simpsonville, SC). Il existe également des modèles de garrots pneumatiques comme *l'Emergency & Military Tourniquet* (fig. 6) (EMT, Delfi Medical Innovations Inc., Vancouver, BC, Canada) également disponible en dotation (NMA 694 120 500 001).



Figure 5. Garrot tourniquet CAT™.

Tests américains année 2000

Une première série d'essais a été effectuée en 2000 par l'armée américaine, visant à évaluer des dispositifs de garrots commercialisés. Sept d'entre eux étaient retenus après une première phase de sélection ne retenant que ceux dont les caractéristiques approchaient de celles du garrot idéal. Quinze militaires issus des Navy SEAL ont ensuite évalué ces garrots, notamment sur le succès et la rapidité de mise en place ainsi qu'un questionnaire d'utilisation. Au total, trois garrots furent retenus : l'EMT, le CAT et le SOFTT (16, 17).



Figure 6. Garrot pneumatique EMT™.

Tests américains année 2005

Une deuxième série d'essais a ensuite été réalisée en 2005 par l'armée américaine pour évaluer ces garrots dans des conditions approchant de situations opérationnelles.

– Obtention d'au moins 75 % de réduction du flux artériel

Six garrots tourniquets ont été testés par Ruterbusch et al. (18) sur un échantillon de dix soldats américains issus de la Navy. Pour simuler une situation de combat de nuit, les sujets effectuaient un exercice physique intense puis étaient invités une fois leurs yeux bandés à s'appliquer un garrot préalablement immergé dans une solution sanguine factice et roulé dans du sable. Les six garrots étaient appliqués aux quatre membres par l'ensemble des sujets au cours de quatre séquences séparées. Le critère de jugement principal était une perte d'au moins 75 % du flux artériel objectivé par une échographie Doppler. Le CAT, le MAT et le Tourni-Kwik étaient au total les dispositifs les plus adaptés.

Afin de compléter cet essai, le même protocole fut appliqué par Hill et al. (19) avec un effectif de 28 soldats issus de la Navy et un échantillon de 13 garrots tourniquets. Les garrots étaient notés sur leur taux de dysfonctionnement, leur capacité à occlure le flux artériel, leur temps d'application et un score subjectif attribué par les utilisateurs. Les quatre meilleurs garrots étaient le Burke, le MAT, le Tourni-Kwik 3 et le Tourni-Kwik 4. Le CAT était le cinquième meilleur garrot mais les auteurs précisent qu'il ferait partie des meilleurs si l'on supprimait le score subjectif. Le SOFTT était classé neuvième en raison de son temps d'application long au membre supérieur et d'un mauvais score subjectif.

– Réalité de l'emploi à une main

Walters et al. (20) ont évalué l'efficacité de sept garrots chez dix-huit volontaires sains en auto application, à la cuisse et au bras. Trois garrots (l'EMT, le CAT et le

SOFTT) obtenaient une abolition du signal doppler artériel en distalité au membre inférieur et supérieur chez l'ensemble des sujets.

– Intérêt du garrot pneumatique

McEwen et al. (21) ont présenté en 2004 lors d'un symposium organisé par le RTO (Research & Technology Organisation, organisme de l'OTAN) une expérience évaluant l'EMT sur des volontaires sains puis au bloc opératoire. Concernant la première phase, les participants étaient un groupe de seize civils sans expérience antérieure d'utilisation de garrot. L'ensemble des sujets a utilisé avec succès ce garrot dès la première tentative à la cuisse ou au bras, en auto-application, dans un délai d'environ 30 secondes. Concernant la deuxième phase, le garrot a été utilisé avec succès durant 22 interventions chirurgicales du genou. Les auteurs présentent également un dispositif électronique à raccorder sur l'arrivée d'air dans le garrot permettant de mesurer la pression appliquée par le garrot ainsi que le temps de gonflage.

– Confirmation de la plus grande efficacité des garrots pneumatiques et de type tourniquet

Récemment, Guo et al. (22) ont confirmé la plus grande efficacité des garrots pneumatiques et de type tourniquet. Cinq garrots (garrot pneumatique, tourniquet, à cliquet, bande de caoutchouc et garrot improvisé) ont été utilisés en auto application chez 20 volontaires sains avec pour critère de jugement la perte de signal doppler échographique en distalité. Les garrots pneumatiques et tourniquet obtenaient les meilleurs taux de succès (respectivement 75 et 80 % de succès aux membres supérieurs, 100 % succès aux membres inférieurs) tandis que le garrot improvisé, le garrot élastique et à cliquet étaient peu efficaces (respectivement 45, 60 et 70 % aux membres supérieurs, 60, 75 et 85 % aux membres inférieurs).

Taylor et al. (23) ont comparé l'efficacité du CAT à l'EMT chez une population de 24 volontaires sains. Le CAT était appliqué par le volontaire lui-même à la racine de sa cuisse, puis par un utilisateur entraîné à la manipulation du CAT sur l'autre cuisse. Enfin, l'EMT était appliqué par un utilisateur entraîné à la manipulation de l'EMT sur la première cuisse. Le jugement de critère principal était la disparition du signal Doppler au niveau de l'artère poplitée. Les résultats montrent une nette différence d'efficacité en faveur de l'EMT (16,7 % de réussite pour une auto-application du CAT, 8,3 % en cas d'hétéro-application du CAT, 75 % de réussite pour une hétéro-application de l'EMT). Ils précisent que leurs résultats ne remettent pas en cause la place du CAT comme garrot utilisé à l'avant mais concluent en suggérant que l'EMT trouve une place plus importante auprès des soignants présents à l'avant.

Les leçons tirées des conflits actuels

Le bien-fondé d'une stratégie d'utilisation libérale du garrot en situation de combat

Dix ans après l'épisode des rangers à Mogadiscio et la mise en place du *Tactical Combat Care Casualty* (TCCC) américain ainsi que du *Battlefield Advanced Trauma Support* (BATLS) anglais, les premières évaluations de l'utilisation tactique du garrot étaient publiées.

En 2003 au sein de l'armée israélienne, Lakstein et al. (3) ont mené une étude rétrospective sur une durée de quatre ans (janvier 1997 à janvier 2001), incluant tous les patients ayant bénéficié de la pose d'un garrot tourniquet (TK) improvisé ou d'un garrot élastique (garrot réglementaire de l'armée israélienne lors du recueil). Quatre-vingt-onze patients ont été inclus pour un total de 110 garrots utilisés. Un résultat intéressant est l'indication de la pose du garrot, parmi lesquelles l'élément tactique (situation : sous le feu, afflux de blessés) et non médical prédomine. Un deuxième résultat intéressant est que la pertinence (environ 50 % de pose pertinente) et l'efficacité (environ 80 % de garrots efficaces) d'utilisation semblait peu différente qu'il soit posé par un médecin, un personnel paramédical ou un combattant. L'étude n'a pas pu démontrer de gain sur la survie ou sur le phénomène hémorragique. Un taux de complications nerveuses temporaires de 5,5 % était rapporté, sans aucune amputation directement imputable à l'utilisation d'un garrot.

Ce travail est la première étude confirmant l'efficacité du garrot tactique dans un contexte opérationnel et est un plaidoyer pour la formation de tous les combattants.

Plus récemment, le conflit en Irak a été l'occasion d'évaluer l'utilisation pré-hospitalière du garrot tourniquet, de mesurer son efficacité et les complications liées à son utilisation.

Au sein du 31 *Combat Support Hospital*, une étude rétrospective d'une durée d'une année (2004) a été menée par Beekley et al. (24). Elle incluait tous les patients ayant une indication théorique de pose pré hospitalière de TK (i.e. se présentant au 31 CSH avec une amputation traumatique ou une blessure vasculaire) et/ou ayant bénéficié de la pose pré hospitalière d'un garrot tourniquet (groupe TK). Ont été inclus 165 patients dont 67 ayant bénéficié de la pose pré hospitalière d'un garrot contre 98 n'en ayant pas bénéficié. Le critère de jugement principal était la notion clinique de persistance de l'hémorragie notée dans le dossier ou retrouvée par interrogatoire du chirurgien si possible. Les résultats montrent un meilleur contrôle de l'hémorragie dans le groupe TK, notamment dans les sous-groupes des patients traumatisés du membre supérieur et patients les plus graves (ISS > 15), mais ne trouvent pas de différence statistiquement significative notamment en terme de transfusion de produits sanguins. Il n'était pas retrouvé de complication attribuable au garrot tourniquet.

Kragh et al. ont publié trois études prospectives en se basant sur une cohorte de blessés recrutés au sein du CSH de Bagdad avec pour critère d'inclusion la pose en urgence d'un TK, en milieu pré hospitalier et/ou en milieu hospitalier. Les deux premières (25,26) réalisées sur une durée de sept mois de mars à octobre 2006 incluaient 232 patients. Au total, 428 garrots ont été répertoriés sur 308 membres traumatisés. Un fort taux de pertinence des TK est rapporté (97 %). Après une discussion fournie, les autres concluent à une morbidité directement imputable à l'utilisation des TK faible, précisant que les taux de complications étaient similaires dans le groupe TK pré-hospitalier et hospitalier. Un résultat intéressant est la

disparité en termes d'efficacité et la morbidité selon le type de garrot utilisé, illustrant la nette différence d'efficacité entre garrots dédiés et improvisés. Le résultat majeur est cependant l'amélioration du taux de survie à 25 jours chez les patients ayant bénéficié de la pose précoce d'un TK, défini par une pose avant contre après l'apparition d'un choc (90 *versus* 10 % $p < 0,001$). Le choc était défini par l'absence ou un faible pouls radial constaté par un personnel médical.

La troisième étude (27) était une prolongation des deux premières, la période d'inclusion allant de mars 2006 à mars 2007 et incluait 499 patients avec 862 garrots tourniquets posés sur 651 membres traumatisés. Le résultat majeur est une amélioration du taux de survie grâce à l'utilisation du garrot tourniquet : avant contre après l'apparition d'un choc (96 *versus* 4 % $p < 0,001$) d'une part et en milieu pré hospitalier versus en milieu hospitalier (89 versus 78 % $p = 0,015$) d'autre part. La fréquence des complications, notamment de type neurologique, était faible (0 à 1,7 %).

Le principal biais de toutes ces études est leur exhaustivité dans l'inclusion des blessés (les plus graves décédant sur le terrain ou durant le transport) et dans le recueil des données de la prise en charge sur le terrain.

Classification de Navein et Coupland

Dans le contexte de la prise en charge d'un blessé de guerre sur le terrain où le but est de sauver la vie, Navein et Coupland ont établi une classification d'utilisation des garrots (28), distinguant trois modes d'application :

– **le garrot tactique** est appliqué au point de blessure juste après sa survenue, soit par la personne blessée, un combattant ou un personnel santé. Son objectif est d'arrêter l'hémorragie menaçant le pronostic vital alors que la personne blessée est déplacée à un endroit où les premiers soins peuvent être donnés dans une relative sécurité. Le garrot n'est alors plus tactique et est son indication est réévaluée ;

– **le garrot temporaire** vient compléter les autres moyens de contrôle des hémorragies de membres (pansement compressif, agents hémostatiques) si ceux-ci se révèlent insuffisants. Le garrot est relâché au bout de deux heures afin de réévaluer son intérêt. Soit l'hémorragie est contrôlée et le garrot est laissé desserré, soit l'hémorragie reprend et le garrot doit être serré à nouveau et devient un garrot de dernier recours ;

– **le garrot de dernier recours** est appliqué à l'issue du garrot temporaire et est maintenu serré jusqu'à la structure chirurgicale la plus proche qui pourra arrêter définitivement l'hémorragie.

Vers un standard d'utilisation commun au sein de l'OTAN

Pose du garrot

Le garrot occupe désormais une place de choix dans la prise en charge des hémorragies de membres au combat, précisée dans les référentiels des soins aux combats comme le TCCC (29), le BATLS ou le référentiel de formation du sauvetage au combat (30). C'est l'un des premiers « soins-réflexes » à apporter à un blessé. Chaque soldat doit savoir poser un garrot, y compris à soi-même d'une seule main et doit le porter à tout moment, facilement accessible porté en évidence sur le brelage et fait partie de la Trousse individuelle du combattant (TIC). L'enseignement de son utilisation est effectué lors de formations de sauvetage au combat et il doit être retravaillé à chaque occasion, à chaque exercice.

Quelques consignes d'utilisation, sous forme d'un tableau (tab. I), faciles à retenir et à faire retenir, peuvent être proposées à la lumière de la littérature et de l'expérience tirée de son utilisation sur le terrain.

Tableau I. Place du garrot dans la chaîne de prise en charge du blessé de guerre.

	Role 11			*Role 2*
	Sous le feu	Nid de blessés	Évacuation	Structure chirurgicale
Qui pose le TK ?	Blessé, Combattant	AUXSAN, infirmier, médecin	Auxi-san, Infirmier, Médecin	Infirmier, médecin
Quel TK utiliser ?	SOFTT, CAT	SOFTT, CAT	SOFTT, CAT, EMT	EMT, pneumatique
Quel traitement associer ?	/	Pansement compressif, produits hémostatiques	Pansement compressif, produits hémostatiques	Traitement chirurgical

Les règles d'or à ne pas oublier lors de son utilisation sont :

– inscrire le T de tourniquet et l'heure de pose du TK sur le blessé ;

– ne jamais couvrir le garrot (doit rester visible pour ne pas être oublié) ;

– rappeler au blessé (si possible) d'alerter chaque soignant le prenant en charge qu'il porte un garrot ;

– un garrot efficace provoque une douleur s'installant en quelques minutes suite à la stimulation des fibres C amyéliniques, puis cette douleur devient intense en 30 à 40 minutes (14).

Retrait du garrot

Le référentiel de formation de sauvetage au combat (30) stipule que « Tout garrot posé sous le feu le temps de l'extraction doit être réévalué dès que le blessé est à l'abri ». Il précise également que le garrot « ne sera pas desserré si au moins une des conditions suivantes est présente :

1. Contexte tactique non maîtrisé
2. Surveillance pendant 20 minutes incertaine
3. Amputation
4. État de choc attesté par l'absence de pouls radial
5. Blessé inconscient
6. Durée de pose du garrot supérieur à quatre heures
7. Délai d'accès au rôle 2 ou 3 inférieur à une heure
8. Impossibilité d'un pansement relais ».

Les autres moyens de contrôle d'une hémorragie ne doivent pas être oubliés notamment lors de la réévaluation du garrot. Un pansement simple, un pansement compressif d'urgence (ex : pansement israélien) ou un

packing peuvent suffire. Des produits hémostatiques type QuikClot® Combat Gauze™ (sous forme de bande) ou QuikClot® ACS+ (sous forme d'éponge – NMR 694 600 529 001) sont également efficaces. Si l'hémorragie n'est pas contrôlée par un garrot, il est possible d'en ajouter un (d') autres(s) adjacent(s) au-dessus du précédent garrot. Un nouveau dispositif, le CRoC® (Combat Ready Clamp, Combat Medical Systems, Fayetteville, NC) a été conçu pour permettre le contrôle des hémorragies du creux inguinal. Ce produit, approuvé par la *Food and Drug Administration* et recommandé par les TCCC après utilisation d'un garrot tourniquet et de produits hémostatiques dans les hémorragies des membres inférieurs, n'a cependant à ce jour pas fait l'objet de publication. Enfin si aucun outil n'est à disposition il est toujours possible d'effectuer un point de compression artériel manuel.

Gestion matérielle du garrot

Le garrot fait partie de la trousse individuelle du combattant. Chaque combattant doit disposer en permanence d'un garrot à portée de la main, toujours porté au même endroit, au niveau de la bretelle antérieure du brelage. Son bon état de marche doit régulièrement être vérifié (intégrité de la sangle, de la tige rigide et de son système de fixation, ainsi que les points d'ancrage de la tige) car le bon fonctionnement des garrots décroît avec le temps, notamment lorsqu'ils ont exposé à des conditions rustiques comme le théâtre afghan (31). Il est possible d'améliorer la conservation avec une housse pour le garrot.

Conclusion

Le garrot tourniquet est un outil simple, efficace, adapté aux conditions d'un théâtre d'opérations, aux effets secondaires acceptables pour un bénéfice certain. Son utilisation pratique doit être maîtrisée de tout combattant, son concept d'utilisation doit être compris par tous les soignants.

Les auteurs ne déclarent pas de conflit d'intérêt concernant les données présentées dans cet article.

DOSSIER

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Champion HR, Bellamy RF, Roberts CP, Leppaniemi A. A profile of combat injury. J Trauma. 2003;54:S13_9.
2. Kragh JF Jr, Murphy C, Dubick MA, Baer DG, Johnson J, Blackbourne LH. New tourniquet device concepts for battlefield hemorrhage control. US Army Med Dep J. 2011;38_48.
3. Lakstein D, Blumenfeld A, Sokolov T, Lin G, Bssorai R, Lynn M, et al. Tourniquets for hemorrhage control on the battlefield: a 4-year accumulated experience. J Trauma. 2003;54:S221_5.
4. Kragh JF Jr, Swan KG, Smith DC, Mabry RL, Blackbourne LH. Historical review of emergency tourniquet use to stop bleeding. Am. J. Surg. 2012;203:242_52.
5. Welling DR, McKay PL, Rasmussen TE, Rich NM. A brief history of the tourniquet. Journal of Vascular Surgery. 2012;55:286_90.
6. Mabry RL, Holcomb JB, Baker AM, Cloonan CC, Uhorchak JM, Perkins DE, et al. United States Army Rangers in Somalia: an analysis of combat casualties on an urban battlefield. J Trauma. 2000;49:515_29.
7. Holcomb JB, McMullin NR, Pearse L, Caruso J, Wade CE, Oetjen-Gerdes L, et al. Causes of death in U.S. Special Operations Forces in the global war on terrorism: 2001-2004. Ann. Surg. 2007;245:986_91.
8. 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_7.
9. Dougherty AL, Mohrle CR, Galarneau MR, Woodruff SI, Dye JL, Quinn KH. Battlefield extremity injuries in Operation Iraqi Freedom. Injury. 2009;40:772_7.
10. Rasmussen TE, Clouse WD, Jenkins DH, Peck MA, Eliason JL, Smith DL. Echelons of care and the management of wartime vascular injury: a report from the 332nd EMDG/Air Force Theater Hospital, Balad Air Base, Iraq. Perspect Vasc Surg Endovasc Ther. 2006;18:91_9.
11. Sohn VY, Arthurs ZM, Herbert GS, Beekley AC, Sebesta JA. Demographics, treatment, and early outcomes in penetrating vascular combat trauma. Arch Surg. 2008;143:783_7.
12. Graham B, Breault MJ, McEwen JA, McGraw RW. Occlusion of arterial flow in the extremities at subsystolic pressures through the use of wide tourniquet cuffs. Clin. Orthop. Relat. Res. 1993;286:257_61.
13. Noordin S, McEwen JA, Kragh JF Jr, Eisen A, Masri BA. Surgical tourniquets in orthopaedics. J Bone Joint Surg Am. 2009;91:2958_67.
14. Kam PC, Kavanagh R, Yoong FF, Kavanaugh R. The arterial tourniquet: pathophysiological consequences and anaesthetic implications. Anaesthesia. 2001;56:534_45.
15. Kragh JF Jr, O'Neill ML, Walters TJ, Dubick MA, Baer DG, Wade CE, et al. The military emergency tourniquet program's lessons learned with devices and designs. Mil Med. 2011;176:1144_52.
16. Calkins D, Snow C, Costello M, Bentley TB. Evaluation of possible battlefield tourniquet systems for the far-forward setting. Mil Med. 2000;165:379_84.
17. Walters TJ, Wenke JC, Greydanus DJ, Kauvar DS, Baer DG. Laboratory Evaluation of Battlefield Tourniquets in Human Volunteers [Internet]. ARMY INST OF SURGICAL RESEARCH FORT SAM HOUSTON TX, ARMY INST OF SURGICAL RESEARCH FORT SAM HOUSTON TX; 2005 sept. Report No.: USAISR-TR-2005-05. Disponible sur: http://www.dtic.mil/docs/citations/ADA441140
18. Ruterbusch VL, Swiergosz MJ, Montgomery LD, Hopper KW, Gerth WA. ONR/MARCORSYSCOM Evaluation of Self-Applied Tourniquets for Combat Applications. DTIC Document; 2005.
19. Hill JP, Montgomery LD, Hopper KW, Roy LA. Evaluation of Self-Applied Tourniquets for Combat Applications, Second Phase [Internet]. NAVY EXPERIMENTAL DIVING UNIT PANAMA CITY FL, NAVY EXPERIMENTAL DIVING UNIT PANAMA CITY FL; 2007. Report No.: NEDU-TR-07-07. Disponible sur: http://www.dtic.mil/docs/citations/ADA480501

20. Walters TJ, Wenke JC, Kauvar DS, McManus JG, Holcomb JB, Baer DG. Effectiveness of self-applied tourniquets in human volunteers. Prehosp Emerg Care. 2005;9:416_22.
21. McEwen JA, Inkpen K. Surgical tourniquet technology adapted for military and prehospital use [Internet]. DTIC Document; 2004. Disponible sur: http://oai.dtic.mil/oai/oai?verb=getRecord&metadataPrefix=html&identifier=ADA444880
22. Guo J-Y, Liu Y, Ma Y-L, Pi H-Y, Wang J-R. Evaluation of emergency tourniquets for prehospital use in China. Chin. J. Traumatol. 2011;14:151_5.
23. Taylor DM, Vater GM, Parker PJ. An evaluation of two tourniquet systems for the control of prehospital lower limb hemorrhage. J Trauma. 2011;71:591_5.
24. Beekley AC, Sebesta JA, Blackbourne LH, Herbert GS, Kauvar DS, Baer DG, et al. Prehospital tourniquet use in Operation Iraqi Freedom: effect on hemorrhage control and outcomes. J Trauma. 2008;64:S28_37.
25. Kragh JF Jr, Walters TJ, Baer DG, Fox CJ, Wade CE, Salinas J, et al. Practical use of emergency tourniquets to stop bleeding in major limb trauma. J Trauma. 2008;64:S38_50.
26. Kragh JF Jr, Walters TJ, Baer DG, Fox CJ, Wade CE, Salinas J, et al. Survival with emergency tourniquet use to stop bleeding in major limb trauma. Ann. Surg. 2009;249:1_7.
27. Kragh JF Jr, Littrel ML, Jones JA, Walters TJ, Baer DG, Wade CE, et al. Battle casualty survival with emergency tourniquet use to stop limb bleeding. J Emerg Med. 2011;41:590_7.
28. Navein J, Coupland R, Dunn R. The tourniquet controversy. J Trauma. 2003;54:S219_20.
29. Butler FK. Tactical Combat Casualty Care: update 2009. J Trauma. 2010;69:S10_3.
30. Référentiel de formation n°0309 / EVDG / DPMO du 30 mars 2012.
31. Childers R, Tolentino JC, Leasiolagi J, Wiley N, Liebhardt D, Barbabella S, et al. Tourniquets exposed to the Afghanistan combat environment have decreased efficacy and increased breakage compared to unexposed tourniquets. Mil Med. 2011;176:1400_3.