Évaluation comparative de deux garrots « tourniquet » en auto-application et en ambiance tactique

A. Donat[a], R. Kedzierewicz[b], E. Ramdani[b], D. Loheas[c], D. Leroulley[d], P. Précloux[c]

a Service d'anesthésie-réanimation, HIA Percy, BP 406 – 92141 Clamart Cedex.
b Antenne médicale des armées Barby.de Chambéry. Quartier Roc Noir, BP 01 – 73235 Saint-Alban Cedex.
c Service d'anesthésie-réanimation, HIA Desgenette, DARU, 108 boulevard Pinel – 69275 Lyon Cedex 03.
d Antenne médicale des armées de Colmar, Quartier Walter, BP 30446 – 68020 Colmar Cedex.

Article reçu le 24 janvier 2014, accepté le 9 octobre 2014.

Résumé

L'hémorragie des extrémités représente à ce jour une cause majeure de décès au combat. La pose précoce d'un garrot représente une des bases du sauvetage au combat. Nous comparons l'efficacité du modèle actuellement en dotation dans l'armée française : le SOFFT-NH™ à celle de son évolution récente : le SOFTT-W™. Contrairement à la majorité des études similaires, réalisées en laboratoire, ces garrots sont ici testés dans des conditions environnementales proches de celle du combat. Il apparaît alors qu'en auto-application, en tenue de combat complète et après un effort physique, l'efficacité des dispositifs testés ne dépasse pas 20 %. Ces résultats plaident pour un entraînement ciblé des combattants à la pose de garrots dans des conditions défavorables.

Mots-clés : Garrot. Hémorragie. Sauvetage au combat.

Abstract

EVALUATION OF TWO SELF-APPLIED TOURNIQUET SYSTEMS IN TACTICAL ENVIRONMENTS.

Exsanguination from extremity wounds is a major cause of potentially preventable deaths in combat. A quick tourniquet is one of the main concepts of tactical combat casualty care. We compare the efficiency of the SOFFT-NH™, currently used by the French Armed Forces, with its recent evolution: the SOFTT-W™. Unlike most studies on tourniquet efficiency carried out in laboratories, these tourniquets are assessed in environmental conditions similar to those of the battlefield. We found that, in the case of a self-application with full battledress and physical stress, the effectiveness of these devices does not exceed 20%. These results show that soldiers have to be specifically trained to use tourniquets in adverse conditions.

Keywords: Hemorrhage. Tourniquet. Tactical combat casualty care.

Introduction

Connu depuis l'Antiquité, l'usage du garrot a longtemps été abandonné par crainte de complications ischémiques souvent synonymes d'amputation de membre (1, 2. De fait, le garrot n'est utilisé, quasi exclusivement, qu'en milieu militaire. Les preuves qui établissent son efficacité et sa grande sécurité d'emploi sont désormais bien connues (3-6). Le blessé de guerre, quand il s'agit d'un traumatisé grave, est le plus souvent un blessé hémorragique comme en témoigne l'épidémiologie spécifique (7, 8). L'analyse des pertes américaines lors de la guerre du Vietnam a fait apparaître la notion de « pertes évitables ». Il s'agit de soldats morts au combat mais dont l'examen *post mortem* montrait que le décès aurait pu être évité par des gestes adaptés et précoces (7). L'exsanguination par hémorragie des extrémités est la première cause de décès potentiellement évitable au combat. La mise en place rapide d'un garrot vise à permettre la survie et rendre ainsi possible l'évacuation vers une structure chirurgicale (3, 9).

La mise en œuvre de gestes simplifiés de sauvetage repose sur la mise à disposition, pour chaque combattant, de garrots de membres, qu'ils vont porter à tout instant sur le terrain. Par ailleurs, ils auront appris à s'en servir, aussi bien sur eux-mêmes (auto-application) que sur

A. DONAT, médecin principal. R. KEDZIEREWICZ, médecin principal. E. RAMDANI, médecine en chef. D. LOHEAS, interne des HA. D. LEROULLEY, médecin principal. P. PRÉCLOUX, médecin en chef.
Correspondance : Monsieur le médecin principal A. DONAT, Service d'anesthésie-réanimation, HIA Percy, BP 406 – 92141 Clamart Cedex.
E-mail : alexis.donat@yahoo.fr

un camarade blessé. Ces principes, apparus à la fin des années 90 aux États-Unis avec le *Tactical Combat Casualty Care* ou *TCCC*, se sont depuis, généralisés au sein des différentes armées de l'OTAN (10-12). Le Sauvetage au combat (SC) en est l'adaptation française. La réalisation précoce de gestes simples à forte valeur ajoutée en termes de survie, à l'image de la pose d'un garrot, est au cœur de cette nouvelle organisation des secours aux blessés à l'avant. Les modèles de ces dispositifs d'hémostase périphérique, choisis par les principales nations occidentales, l'ont été à partir d'études comparatives en laboratoire (13-17). Outre une solidité et une rusticité indispensables à un usage militaire, les dispositifs testés devaient non seulement être en mesure de stopper le flux artériel d'aval aux membres supérieurs et inférieurs mais également d'être mis en place avec une seule main pour permettre une auto-application.

Les militaires français déployés en opération sont tous dotés d'une trousse individuelle du combattant (TIC) qui contient, notamment, un garrot auquel ils sont formés par l'enseignement du sauvetage au combat (18). Le modèle choisi est le SOFTT-NH™ (Tactical Medical Solutions, Anderson, USA). Il s'agit d'un dispositif de type tourniquet « windlass » dont l'efficacité théorique a été évaluée à 100 % en laboratoire sur analyse doppler du flux d'aval (16). Le même fabriquant propose dorénavant une version optimisée de ce même garrot censée en améliorer tant l'efficacité réelle que la tolérance en termes de douleur. Il s'agit du SOFTT-W™ (Tactical Medical Solutions, Anderson, USA) ou SOFTT-Wide. Notre étude avait donc pour objectif de comparer l'efficacité de ces matériels lorsqu'ils sont utilisés en auto-application, en tenue de combat complète et après un effort physique important. Le critère de jugement principal était l'abolition du flux artériel d'aval mesuré par examen doppler.

Matériel et méthode

Il s'agit d'une étude expérimentale, contrôlée, randomisée en simple aveugle réalisée avec le concours des militaires du 13e Bataillon de Chasseurs Alpins de Chambéry antérieurement formés au sauvetage au combat.

La méthodologie de cette étude a été approuvée par le Comité d'éthique de l'Hôpital d'instruction des armées Desgenettes de Lyon. L'autorisation de la Direction centrale du Service de santé des armées (DCSSA – Sous-direction action scientifique et technique) a été obtenue ainsi que celle de la 27e Brigade d'Infanterie de Montagne.

L'objectif de ce travail a été de comparer l'efficacité théorique et le temps de pose de deux modèles de garrot dans des conditions se rapprochant des contraintes du terrain.

Les modèles testés étaient donc le SOFTT-NH™ et le SOFTT-W™. Ces deux garrots ont un système de fonctionnement comparable de type « windlass » qui est actuellement celui retenu par la grande majorité des troupes de l'OTAN pour sa simplicité et sa rusticité.

Ils se composent de différents éléments (fig. 1) :

– une bande de tissu permettant le serrage. Celle du SOFTT-W présente une embase plus large dans le but d'augmenter l'efficacité et de réduire la douleur occasionnée (3,8 cm contre 2,7 cm pour le SOFFT-NH) ce qui lui vaut sa dénomination « Wide » ;

– un système de serrage rapide permet l'ajustement initial du garrot au membre avant la phase de serrage effectif. Alors que le modèle NH nécessite le passage d'une sangle dans une boucle à griffe parfois difficile à manipuler à une main, le modèle « Wide » présente un système d'accroche simplifié ;

– une barre métallique va réaliser la torsion de la bande de tissu responsable d'une force de striction sur le membre. Sur ce point, les deux modèles sont similaires ;

– un système de fixation et de sécurisation est représenté par des pièces triangulaires dans lesquelles va être bloquée la barre de striction une fois le garrot efficacement posé. Le modèle Wide ne possède qu'un seul de ces anneaux triangulaires contre deux pour le NH ;

– un châssis en tissu permettant l'assemblage des différents éléments. Il n'existe pas à ce niveau de différence significative entre les deux modèles.

Les critères d'inclusions sont : personnel à jour de visite médicale périodique, sans restriction d'aptitude et ayant affirmé son volontariat par la signature d'un formulaire adapté de consentement éclairé.

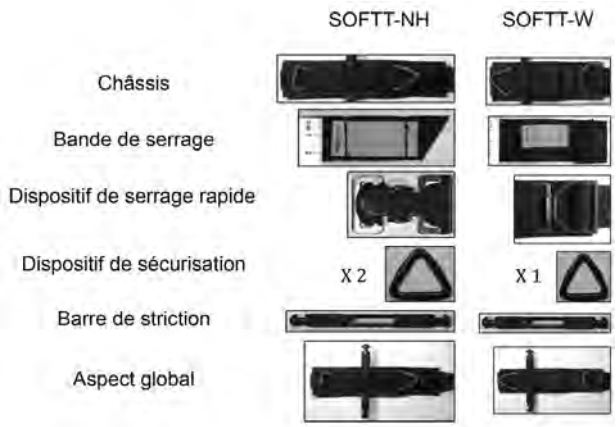


Figure 1. Principaux éléments constituants des garrots SOFTT-NH et SOFTT-W

Les critères d'exclusions sont : le refus de participer à l'étude, la présence d'une pathologie intercurrente contre-indiquant la pose d'un garrot ou la réalisation du parcours sportif.

La randomisation des effectifs (82 inclusions) en quatre groupes comparables est réalisée en générant un nombre aléatoire (logiciel Excel 2007, Microsoft Corporation) :

– 38 participants ont été alloués au groupe utilisant le garrot SOFFT-NH aléatoirement réparti en 2 sous-groupes : 18 pour une mise en place en partie proximale du membre supérieur et 20 en partie proximale du

membre inférieur soit respectivement 22 % et 25 % de la population globale ;

– le groupe utilisant le garrot SOFFT-W est composé de 44 sujets dont 19 pour une mise en place identique au niveau du membre supérieur et 25 au niveau du membre inférieur soit respectivement 23 % et 30 % de la population globale.

Après une formation de rappel sur le mode d'emploi des deux types de garrot et recueil des consentements éclairés, nous avons soumis 82 volontaires sains, vêtus de leur tenue de combat complète (protection balistique et armement individuel) à un stress physique (effort intense en anaérobie lactique incluant un sprint, le port de charges lourdes en déplacement et le franchissement d'obstacles) (fig. 2a). Le but était d'essayer de reproduire une partie des conditions dans lesquelles un combattant est susceptible de s'appliquer un garrot, notamment en termes de contraintes d'encombrement par les effets de protection balistique et de fatigue physique. À l'issue immédiate de cet effort épuisant, une auto-application d'un garrot leur était demandée sous contrôle médical (fig. 2b).

La population a été aléatoirement répartie en quatre groupes comparables afin de tester chaque garrot lors de sa pose à la racine du membre supérieur dominant ou d'un membre inférieur.

Chaque sujet décidait librement de l'arrêt du serrage dès l'obtention du premier des critères suivant :

– lorsqu'il estimait avoir obtenu une efficacité pleine et entière du garrot ;

– lorsque la douleur ressentie était trop importante ;

– lorsqu'il n'était pas possible de serrer plus pour des raisons techniques ou physiques ;

– l'occultation du garrot à l'issue de la pose permettait la réalisation de la mesure en aveugle pour les investigateurs.

Le critère de jugement mesuré principal était la recherche d'une circulation artérielle d'aval. En présence d'un flux résiduel (*flow*), le geste était considéré comme inefficace. Dans la situation inverse (*no-flow*), la pose de garrot était efficace (fig. 2c).

Cette recherche de flux (fig. 3) s'effectuait au niveau des artères radiales et cubitales pour les garrots posés au membre supérieur et au niveau de l'artère poplitée pour le membre inférieur. Dans tous les cas, il s'agissait d'une recherche par doppler couleur avec confirmation de tout signal échantillonné par doppler pulsé. Les mesures étaient effectuées à l'aide d'un échographe SONOSITE M-Turbo© avec sonde vasculaire 8-12 Mhz.



Figure 2. Dispositif expérimental : travail physique en anaérobiose lactique (a), pose d'un garrot en auto-application (b), contrôle échographique d'un flux vasculaire (c).

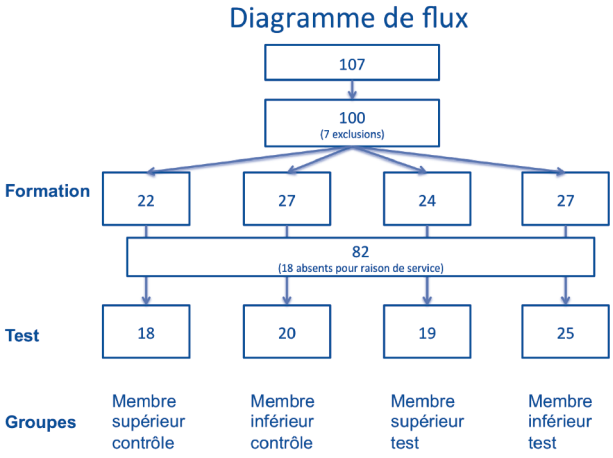


Figure 3. Diagramme de flux.

Le critère de jugement secondaire était le temps de pose défini entre le signal de début de la pose à la fin du parcours sportif et le passage de la barre métallique dans un des anneaux de verrouillage.

L'outil SPPS a été le logiciel statistique utilisé et l'analyse de significativité entre les différents groupes a été réalisée par les tests du chi2 et de *Mann-Withney*. Le seuil de significativité retenu est $p < 0,05$.

Résultats

Seize sujets (soit 19,5 % de la population) sur les 82 inclus ont obtenu une pose efficace (no-flow).

Le tableau I présente les pourcentages de réussite de pose de garrot signifiés par l'obtention d'un « no-flow » en fonction des groupes d'étude.

Le tableau II présente les temps de pose de garrots selon les groupes étudiés.

Il n'existe pas de différence significative sur l'efficacité globale ou le délai de pose entre les deux dispositifs étudiés.

Une tendance à la supériorité technique du SOFFT-W sur le membre supérieur semble ressortir sans qu'une puissance statistique suffisante puisse le prouver (tab. I).

Tableau I. Pourcentage d'obtention d'un « no-flow » échographique avec les garrots SOFTT-W et NH sur membres inférieurs et supérieurs.

	Garrot SOFFT-NH	Garrot SOFFT-W	p
Membre supérieur	6 % (1/18)	26 % (5/19)	0,09
Membre inférieur	25 % (5/20)	20 % (5/25)	0,69

Tableau II. Temps de pose moyens (en secondes) des garrots SOFFT-W et NH sur les membres inférieurs et supérieurs.

	Garrot SOFFT-NH	Garrot SOFFT-W	p
Membre supérieur	108	122	0,49
Membre inférieur	69	59	0,09

Les temps de pose moyens étaient de 115 secondes pour le membre supérieur et 63 secondes pour le membre inférieur sans qu'il n'y ait de différence significative entre les deux matériels (tab. II).

Discussion

L'analyse de ces résultats semble mettre en exergue plusieurs éléments :

– l'auto-application d'un garrot en tenue de combat après un effort physique constitue une véritable difficulté technique susceptible de réduire leur efficacité théorique. Les études antérieures qui ont éclairé le choix des modèles de matériel par les forces armées de l'OTAN, retrouvent des taux d'efficacité proche de 100 % lors d'application de garrots sur des sujets au repos en conditions expérimentales de laboratoire (13-17). Avec une capacité d'occlusion artérielle d'aval autour de 20 % dans des conditions plus contraignantes, notre étude suggère que l'application optimale d'un garrot en ambiance tactique n'est pas aisée à réaliser, notamment en auto-application. Loin de remettre en cause les stratégies de lutte contre les décès évitables édictées par le SC, ce résultat souligne l'importance d'un entraînement ciblé et réaliste des combattants à la mise en place des garrots ;

– les temps de pose en auto-application, bien que similaires quel que soit le modèle étudié, sont presque deux fois plus importants au niveau du membre supérieur. Cela se comprend aisément, car la manipulation du garrot avec la seule main non dominante est forcément délicate. Cette difficulté est majorée par l'encombrement des protections balistiques. L'interrogatoire des sujets de l'étude à l'issue des tests confirme cette hypothèse. Pourtant il n'existe aucune recommandation pour prévoir un entraînement spécifique à la mise en place des garrots à une main et port des effets de protection balistique. ;

– les deux matériels testés ont des résultats très similaires lors de nos tests. Cela peut être compris de deux manières :

- premièrement, le nouveau modèle n'apporte pas, pour l'heure, d'argument pour un changement de dotation. La tendance de supériorité technique du SOFFT-W à la pose au niveau du membre supérieur nécessiterait une nouvelle étude spécifique pour prouver une différence statistiquement significative,

- deuxièmement, la différence d'efficacité constatée avec les tests en laboratoire ne s'explique pas par la nature du matériel choisi. En d'autres termes, c'est très probablement le fait d'avoir réalisé les mesures dans un contexte proche de la réalité la plus contraignante (auto-application en tenue de combat complète en situation d'épuisement physique) qui est à l'origine de ces résultats. Il n'est, pour autant, pas question de remettre en cause le principe de mise en place précoce des garrots à l'avant, y compris par les combattants eux-mêmes. Les gains nets constatés sur la survie et rapportés dans la littérature sont indiscutables (3-6). Bien au contraire, pour espérer les améliorer, il faut dorénavant améliorer l'entraînement de nos troupes en ciblant les difficultés que nous pointons dans ce travail.

Notre modèle d'étude est toutefois critiquable. Bien que le seul critère objectif d'arrêt du flux artériel d'aval permette la comparaison avec les autres études *in vitro,* il ne permet néanmoins pas d'apprécier parfaitement la capacité à stopper une hémorragie et encore moins à modifier la survie des blessés de guerre. Il faut, toutefois, se méfier encore plus des estimations empiriques. Il serait en effet tentant d'imaginer par exemple, qu'un combattant blessé voyant son hémorragie persister, va serrer son garrot jusqu'à efficacité complète. Ce raisonnement, aussi séduisant soit-il, ne résiste pas aux observations des équipes hospitalières qui ont pris en charge nos blessés en Afghanistan et qui constataient à l'arrivée au *Role 3* la présence de nombreux garrots mis en place, inefficaces et non réévalués. Il faut continuer les évaluations de terrain (cohortes de survie) et les études expérimentales pour documenter au mieux cette question fondamentale.

Conclusion

Cette étude montre que l'auto-application d'un garrot en conditions réalistes n'était efficace que dans 19,5 % des cas. Cela souligne la nécessité d'un entraînement ciblé sur leur mise en place dans des conditions les plus proches possible de celles des combats.

Remerciements : nous remercions la société SONOSITE pour sa collaboration active dans ce projet ainsi que l'ensemble des personnels du 13e Bataillon de Chasseurs Alpins de Chambéry pour leur participation directe ou indirecte à cette étude.

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

Cette étude respecte les dispositions légales, éthiques et réglementaires applicables à la recherche avec participation de sujets humains.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Kragh JF Jr, Swan KG, Smith DC, Mabry RL, Blackbourne LH. Historical review of emergency tourniquet use to stop bleeding. Am J Surg. 2011 Jul 20.
2. Welling DR, McKay PL, Rasmussen TE, Rich NM. A brief history of the tourniquet. J Vasc Surg. 2012 Jan ; 55 (1) : 286-90.
3. 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 Feb ; 64 (2 Suppl) : S28-37 ; discussion S.
4. Kragh JF Jr. Use of tourniquets and their effects on limb function in the modern combat environment. Foot Ankle Clin. 2010 Mar ; 15:23-40.
5. Kragh JF Jr, O'Neill ML, Walters TJ, Jones JA, Baer DG, Gershman LK, et al. Minor morbidity with emergency tourniquet use to stop bleeding in severe limb trauma : research, history, and reconciling advocates and abolitionists. Mil Med. 2011 Jul ; 176 : 817-23.
6. Mabry R, McManus JG. Prehospital advances in the management of severe penetrating trauma. Crit Care Med. 2008 Jul ; 36 (7 Suppl) : S258-66.
7. Bellamy RF. The causes of death in conventional land warfare : implications for combat casualty care research. Mil Med. 1984 Feb ; 149 (2) : 55-62.
8. Holcomb JB, McMullin NR, Pearse L, Caruso J, Wade CE, Oetjen-Gerdes L, et al. Causes of death in US. Special Operations Forces in the global war on terrorism : 2001-2004. Ann Surg. 2007 Jun ; 245 (6) : 986-91.
9. 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 Feb ; 64 (2 Suppl) : S21-6 ; discussion S6-7.
10. Butler FK Jr, Hagmann J, Butler EG. Tactical combat casualty care in special operations. Mil Med. 1996 Aug ; 161 Suppl : 3-16.
11. Butler FK Jr, Holcomb JB, Giebner SD, McSwain NE, Bagian J. Tactical combat casualty care 2007: evolving concepts and battlefield experience. Mil Med. 2007 Nov ; 172 (11 Suppl) : 1-19.
12. Butler FK. Tactical Combat Casualty Care : update 2009. J Trauma. 2010 Jul ; 69 Suppl 1 : S10-3.
13. Swan KG, Jr., Wright DS, Barbagiovanni SS, Swan BC, Swan KG. Tourniquets revisited. J Trauma. 2009 Mar ; 66 : 672-5.
14. King RB, Filips D, Blitz S, Logsetty S. Evaluation of possible tourniquet systems for use in the Canadian Forces. J Trauma. 2006 May ; 60 : 1061-71.
15. Ruterbusch VL, Swiergosz MJ, Hopper KW, Gerth WA. Evaluation of self-applied tourniquets for combat applications NEDU TR 05-15 November 2005.
16. Walters TJ, Wenke JC, Kauvar DS, McManus JG, Holcomb JB, Baer DG. Effectiveness of self-applied tourniquets in human volunteers. Prehosp Emerg Care. 2005 Oct-Dec ; 9 : 416-22.
17. Taylor DM, Vater GM, Parker PJ. An evaluation of two tourniquet systems for the control of prehospital lower limb hemorrhage. J Trauma. 2011 Sep ; 71 : 591-5.
18. Enseignement du sauvetage au combat. 0309/EVDG/DPMO du 30 mars 2012.