



**HAL**  
open science

# Application du garrot tourniquet en traumatologie civile : revue systématique de la littérature

Charlotte Beaucreux

## ► To cite this version:

Charlotte Beaucreux. Application du garrot tourniquet en traumatologie civile : revue systématique de la littérature. Médecine humaine et pathologie. 2017. dumas-01732764

**HAL Id: dumas-01732764**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01732764>**

Submitted on 14 Mar 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

# AVERTISSEMENT

Cette thèse d'exercice est le fruit d'un travail approuvé par le jury de soutenance et réalisé dans le but d'obtenir le diplôme d'Etat de docteur en médecine. Ce document est mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt toute poursuite pénale.

*Code de la Propriété Intellectuelle. Articles L 122.4*

*Code de la Propriété Intellectuelle. Articles L 335.2-L 335.10*

UNIVERSITÉ PARIS DESCARTES  
Faculté de Médecine PARIS DESCARTES

Année 2017

N° 35

THÈSE  
POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT  
DE  
DOCTEUR EN MÉDECINE

Application du garrot tourniquet en traumatologie civile :  
revue systématique de la littérature

Présentée et soutenue publiquement  
le 30 mars 2017

Par

**Charlotte BEAUCREUX**  
Née le 30 octobre 1988 à Istres (13)

Dirigée par M. Le Médecin en Chef Pierre Pasquier

Jury :

M. Le Professeur Benoît Plaud, PU-PH ..... Président

M. Le Professeur Benoît Vivien, PU-PH

M. Le Professeur Sylvain Ausset, PU-PH

M. Le Médecin Principal Jean-Louis Daban



Except where otherwise noted, this work is licensed under  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>

# Table des matières

---

REMERCIEMENTS .....	4
INTRODUCTION .....	8
PARTIE 1 : Généralités .....	11
Chapitre 1 : Le garrot .....	11
1.1 Principes .....	11
1.2 Complications .....	12
1.2.1 Complications locales. ....	12
1.2.1.1 Lésions tissulaires directes. ....	12
1.2.1.2 Risque thrombo-embolique.....	13
1.2.1.3 Syndrome du compartiment, ou syndrome d'ischémie-reperfusion.....	13
1.2.2 Complications générales.....	14
1.2.2.1 Troubles métaboliques .....	14
1.2.2.2 Libération de substances médicamenteuses en grande quantité .....	14
1.2.2.3 Risque infectieux.....	14
1.2.2.4 Variations tensionnelles .....	14
1.2.2.5 Variations thermiques .....	15
Chapitre 2 : Histoire du garrot en temps de guerre (8,10).....	16
2.1 De l'antiquité au 20 <sup>ème</sup> siècle .....	16
2.2 Les deux guerres mondiales .....	18
2.3 De la guerre du Vietnam à nos jours.....	19
2.4 Dans les armées françaises d'aujourd'hui, un garrot par combattant .....	19
Chapitre 3 : Les blessures de guerre .....	20
3.1 Agents lésionnels.....	20
3.2 Localisation des blessures.....	21
3.3 Plaies vasculaires .....	22
3.4 Morts au combat, morts non évitables et morts évitables .....	22
3.4.1 Définitions (41) .....	22
3.4.2 Morts évitables .....	23
3.5 Intérêt du garrot .....	24
Chapitre 4 : Garrot tactique, garrot tourniquet dans le monde militaire .....	25
4.1 Définitions .....	25

4.1.1	Sauvetage au combat .....	25
4.1.2	Garrot tactique .....	26
4.2	Qui met en place le garrot .....	27
4.3	Quand met-on en place un garrot tactique ?.....	27
4.3.1	Avant l'apparition d'un choc.....	27
4.3.2	Lorsque l'environnement l'exige .....	28
4.4	Quand enlève-t-on le garrot ? .....	29
Chapitre 5 : Garrot tactique, garrot tourniquet dans le monde civil.....		30
5.1	Description des blessures civiles.....	30
5.2	Recommandations actuelles en France .....	31
5.3	Recommandations dans les autres pays .....	32
Chapitre 6 : Introduction du sujet.....		33
PARTIE 2 : Méthodes .....		34
Chapitre 1 : Définition .....		34
Chapitre 2 : Objectif.....		35
Chapitre 3 : Critères d'inclusion.....		36
3.1	Types d'études.....	36
3.2	Description des études : critères PICO.....	36
3.3	Date de parution et de réalisation de l'étude .....	36
3.4	Critères d'exclusion .....	37
Chapitre 4 : Méthodes de recherche pour identification des études .....		38
4.1	Recherches sur les bases de données classiques .....	38
4.2	Recherche avec d'autres ressources.....	38
Chapitre 5 : Collecte et analyse des données .....		40
5.1	Sélection des études.....	40
5.2	Extraction des données .....	40
5.3	Evaluation de la qualité des études et recherche de biais .....	42
PARTIE 3 : Résultats.....		43
Chapitre 1 : Identification des études.....		43
Chapitre 2 : Évaluation de la qualité .....		45
Chapitre 3 : Extraction des données .....		49
Chapitre 4 : Population .....		50
Chapitre 5 : Mécanismes lésionnels .....		51
Chapitre 6 : Types de garrots.....		53
Chapitre 7 : Mise en œuvre du garrot .....		56
Chapitre 8 : Localisations des blessures.....		57

Chapitre 9 : Atteintes vasculaires. ....	59
Chapitre 10 : Indication de la pose du garrot .....	60
Chapitre 11 : Efficacité du garrot .....	62
Chapitre 12 : Score lésionnel .....	63
Chapitre 13 : Effets secondaires et complications .....	64
Chapitre 14 : Temps de pose et temps de transport .....	66
Chapitre 15 : Protocoles, connaissance du garrot. ....	67
PARTIE 4 : Discussion.....	70
Chapitre 1 : Principaux résultats .....	70
Chapitre 2 : Limites .....	76
Chapitre 3 : Futures recherches.....	77
CONCLUSION .....	78
BIBLIOGRAPHIE .....	79
ANNEXES .....	86
Annexe 1 : liste de critères PRISMA .....	86
Annexe 2 : liste de critères STROBE .....	87
Annexe 3 : titres des articles trouvés dans la recherche.....	88

# REMERCIEMENTS

---

## **A l'École du Val de Grâce**

### ***A Monsieur le médecin général inspecteur François PONS***

Directeur de l'École du Val-de-Grâce

Professeur agrégé du Val-de-Grâce

Commandeur de la Légion d'honneur

Commandeur de l'Ordre National du Mérite

### ***A Monsieur le médecin général Humbert BOISSEAUX***

Directeur-adjoint de l'École du Val-de-Grâce

Professeur agrégé du Val-de-Grâce

Chevalier de la Légion d'honneur

Officier de l'Ordre National du Mérite

Chevalier de l'Ordre des Palmes académiques

### ***Aux membres du jury***

A Monsieur le Professeur Benoît Plaud qui me fait l'honneur de présider ce jury de thèse. Je vous remercie de bien avoir voulu relire et critiquer mon travail. Veuillez croire en mon profond respect.

A Monsieur le Professeur Benoît Vivien. Je vous remercie d'avoir accepté de participer à ce jury de thèse, ainsi que d'avoir relu mon travail. Votre présence est un honneur.

A Monsieur le Professeur Sylvain Ausset. Merci pour l'aide que vous m'avez apportée lors de la conception et la réalisation de ce travail de thèse. Je vous remercie pour vos conseils précieux et votre disponibilité et vous renouvelle mon profond respect.

Au Médecin en Chef Pierre Pasquier, qui a dirigé ce travail de thèse. Un immense merci pour tout : ta disponibilité à toute heure, ta patience, tes conseils avisés, ton écoute à toute épreuve et le reste. Merci encore.

Au Médecin Principal Jean-Louis Daban. Merci d'avoir accepté de faire partie de ce jury de thèse et d'avoir relu ce travail. Merci pour ta bienveillance, ta disponibilité et ton humour qui m'ont plusieurs fois été secourables. Merci de ta présence aujourd'hui.

***Aux différents médecins qui ont participé à ma formation, et plus particulièrement :***

Au Docteur Vincent Peigne. Merci d'avoir été là. Merci de m'avoir accompagnée et aidée à devenir le médecin que je suis aujourd'hui. Merci pour tout.

Au Professeur Thomas Leclerc. Merci pour votre bienveillance et votre gentillesse à mon égard. Avec tout mon respect.

***A ma famille, que j'aime profondément***

A mes parents. Merci de m'avoir portée et supportée tout au long de mon cursus, et toutes ces années avant. Merci de votre soutien sans faille et de votre gentillesse. Merci, merci pour tout.

A ma sœur Aurélie. Pour tous nos souvenirs et nos bons moments. Merci d'être là lorsque j'en ai besoin. Merci de ta présence aujourd'hui.

A mon frère Nicolas. Merci d'accepter d'être là au risque de faire un malaise lors de ma présentation. Merci pour ton courage aujourd'hui et en général, pour tous les bons moments passés et tous ceux à venir. Merci à Cécé de te soutenir lorsque tu vacilles, et plus simplement pour être là.

A ma grand-mère. Tu me fais l'honneur d'être là aujourd'hui. Merci pour tout depuis tout ce temps.

A Stéphane. Pour être là tous les jours. Pour m'avoir soutenue pendant toute la préparation de ce travail de thèse. Pour tous les moments passés et tout ce que nous sommes en train de construire.

A toute ma famille, pour ce moment si important pour moi.

***A mes amis***

A Cécile. Pour toutes nos conservations, tous nos craquages et nos bons moments. Merci d'être toujours là, et d'être comme tu es.

A Marie-Cécile. Malgré la distance notre amitié perdure, et du fin fond des Vosges ou d'ailleurs je sais qu'il en sera ainsi pour longtemps !

A Charlotte. Pour cette belle amitié qui perdure, pour ta générosité et ta sincérité.

A Delphine, Julie et Violaine. Pour tous ces bons moments autour d'un bon repas, ces conversations interminables et ces soirées à venir. Merci d'être là.

Aux copines de la Boîte, Eléonore, Margaux et Marjorie : merci beaucoup pour les fous rires, les souvenirs et tous les bons moments.

***A tous mes co-internes passés et actuels, et tous les personnels médicaux et paramédicaux sans qui tous ces semestres auraient été bien tristes :***

Claire, Khanh, Arnaud, Audrey, Antoine, Matthieu, Adeline, Audrey, Fabrice et tous les autres.

# INTRODUCTION

---

## **Sauvetage au combat**

Dans le milieu des années 1990 un projet médico-militaire entrepris au sein des forces spéciales américaines a eu pour objectif d'améliorer le pronostic des militaires blessés au combat, grâce à l'optimisation des soins dispensés en zone de combat. Ce projet a conduit à la naissance des recommandations *Tactical Combat Casualty Care* (TCCC). Les principaux objectifs du TCCC sont de prévenir les morts évitables au combat, en combinant les connaissances de la médecine actuelle et des tactiques applicables en zone de combat : « *good medicine may be bad tactics* ». (1) Ces objectifs, et les moyens pour y parvenir, sont décrits dans des recommandations mises à jour régulièrement. Dix ans après la naissance du TCCC, les preuves de son efficacité sont réelles. (2) Les données les plus importantes sont issues des registres de blessés de guerres de l'armée américaine en Irak et en Afghanistan. Le nombre de blessés sauvés y a augmenté grâce à la mise en œuvre des techniques de TCCC. Les conflits modernes de la Guerre Globale contre le Terrorisme ont fait évoluer les techniques du TCCC, afin de s'adapter au mieux aux spécificités du combat. Parmi les mesures importantes, les outils de gestion des hémorragies tels que le garrot tactique, sont fondamentaux. (3) S'inspirant des recommandations du TCCC, l'armée Française a publié en 2007 un programme de formation militaire intitulé Sauvetage au Combat (SC). (4) Les buts du sauvetage au combat sont la survie du blessé de guerre, la maîtrise de l'exposition du personnel engagé et la poursuite de la mission opérationnelle. L'enseignement du SC est séparé en trois niveaux différents, impliquant à chaque niveau des acteurs différents. Les gestes d'urgence tels que la pose d'un garrot en cas d'hémorragie ou la gestion de la douleur sur le champ de bataille font partie des enseignements fondamentaux.

## **Traumatologie civile**

La traumatologie civile pré hospitalière correspond aux interventions de secours pré hospitalier suite à un traumatisme : accidents de la route, plaies par armes blanches ou armes à feu, accidents domestiques. Elle se distingue de la traumatologie militaire par la

différence des mécanismes lésionnels et l'absence de combats alentours, entraînant des différences logistiques majeures. L'évacuation et l'accessibilité à une structure hospitalière y sont ainsi plus faciles et plus rapides.

Cependant, les équipes de secours pré hospitalier [Service d'Aide Médicale Urgente (SAMU) ou Service Médical d'Urgence et de Réanimation (SMUR)] ont pu être confrontées à des blessures de guerre, dans le cadre d'attaques terroristes par exemple.(5) De plus, les interventions en milieux contraignants et hostiles (montagne, spéléologie, mer, etc.) présentent des caractéristiques communes avec la traumatologie de guerre : isolement des secours et délais prolongés d'accès aux structures de soins, acheminement plus compliqué des moyens de secours imposant le recours à des techniques rapides et simples. Depuis quelques années, des techniques ainsi que des matériels de soins militaires ont été adaptés aux pratiques civiles. Ainsi, des recommandations sur le secours pré hospitalier civil, nommées *Tactical Emergency Casualty Care* (TECC), ou encore secours tactique, ont été créées.(6) Ces recommandations, sont inspirées des recommandations de SC et en reprennent certains concepts pour les adapter en milieu civil.(6) De même, certains matériels de soins militaires sont de plus en plus utilisés en traumatologie civile. C'est le cas notamment du garrot tourniquet ou des agents hémostatiques.(7)

## **Garrot**

Un garrot est un appareil ou lien serré autour d'un membre, pour ralentir ou arrêter la circulation veineuse ou artérielle. La technique, décrite dès le VI<sup>ème</sup> siècle avant JC par les Hindous, consiste à comprimer l'artère du membre contre l'os au moyen d'une bande de tissu ou d'un matériel élastique, afin d'interrompre le flux sanguin.(8) La pose du garrot n'est donc possible que sur les membres. Il n'est pas utilisable pour des hémorragies du tronc, de l'extrémité céphalique ou des zones jonctionnelles.

Le garrot est utilisé au quotidien en chirurgie orthopédique. Il est aussi utilisé en médecine militaire, comme outil de sauvetage, en cas de saignement non accessible à la compression ou à une autre technique d'hémostase. Son efficacité et son utilité ont été clairement démontrées pour la survie et le sauvetage des membres lésés.(9)

La pose d'un garrot comporte des risques de complications: atteinte cutané-nerveuse, lésions d'ischémie, risque infectieux. Il y a encore quelques années, la pose d'un garrot en urgence n'était recommandée qu'en cas de nécessité absolue, en raison du risque d'amputation associé. Cependant, les données militaires récentes sur la faible incidence de ces complications, ainsi que sur les bénéfices attendus, ont fait évoluer le cadre de l'utilisation du garrot.(10) L'utilisation de garrots en milieu civil est aujourd'hui réévaluée, notamment lors des chocs hémorragiques.(11)

### **Revue systématique**

Une revue systématique est « *une démarche scientifique rigoureuse de revue critique de la littérature médicale consistant à rassembler, évaluer et synthétiser toutes les études pertinentes et parfois contradictoires qui abordent un problème donné et de limiter l'introduction d'erreurs aléatoires et systématiques ou de biais* ». (12) Les revues systématiques permettent aux professionnels de santé d'accéder rapidement à une information valide des données de la littérature, résumée en une synthèse facilitant la prise de décisions.

L'hypothèse de notre travail a été que le garrot tourniquet est utilisé pour la prise en charge des hémorragies des extrémités en traumatologie civile.

Aussi, ce travail de thèse « Application du garrot tourniquet en traumatologie civile : revue systématique de la littérature » a eu pour but de décrire et d'analyser les données de la littérature rapportant l'utilisation du garrot en traumatologie civile.

# PARTIE 1 : Généralités

---

## Chapitre 1 : Le garrot

### 1.1 Principes

Le principe du garrot est d'interrompre la circulation sanguine en aval de son lieu d'application, pour arrêter un saignement. Pour cela, il doit exercer une pression suffisante sur la peau, ainsi qu'aux structures sous-jacentes, pour occlure la circulation artérielle. Cette pression est appelée Pression d'Occlusion Artérielle (POA).

La POA est proportionnelle au du diamètre du membre, à la pression systolique (Psys) et à la pression diastolique (Pdia).

La POA est inversement proportionnelle à la largeur du garrot. Plus le garrot est large, moins la pression à appliquer est importante.

La formule de Graham permet de calculer la POA, suivant la formule suivante (13):

$$POA = \frac{[P_{sys} - P_{dia}] \text{ (mmHg)} \times \text{circonférence du membre (cm)}}{3 \times \text{largeur du brassard (cm)}} + P_{dia} \quad (\text{mmHg})$$

Cette pression peut être exercée par plusieurs moyens :

- une bande de tissu serrée à son maximum autour du membre.
- un système de tige rigide permettant d'exercer une pression supplémentaire en raccourcissant davantage la bande de tissu : système dit du tourniquet.
- un brassard gonflable, comme le système du brassard à tension.
- un lien élastique serré jusqu'à arrêt du saignement, comme le système utilisé lors d'une prise de sang ou une pose de perfusion.

## 1.2 Complications

L'utilisation du garrot est associée à certaines complications, locales ou générales. Elles ont été déjà largement décrites en contexte de chirurgie orthopédique réglée.(10)

Les complications locales concernent les systèmes nerveux et musculaire. Les complications générales sont cardiovasculaires et métaboliques. Certaines de ces complications ne surviennent qu'en contexte de chirurgie programmée avec garrot. Elles sont ici brièvement décrites.

### 1.2.1 Complications locales.

#### 1.2.1.1 *Lésions tissulaires directes.*

Des lésions tissulaires peuvent apparaître par ischémie tissulaire ou cisaillement. Le garrot est à l'origine de douleurs après 30 à 60 minutes, et provoque systématiquement des paresthésies après 2h 30 à une pression de 350 mmHg (neuropraxie postopératoire). Ces douleurs sont dues à l'ischémie nerveuse ainsi qu'à la compression directe du nerf.(14)

Le garrot induit des lésions musculaires locales et d'aval avec nécrose cellulaire après de 90 à 120 minutes. Ces lésions musculaires peuvent persister plusieurs mois et perturber la rééducation. C'est pourquoi, en chirurgie réglée, le garrot ne devrait pas être laissé en place plus de 90 minutes sur le membre supérieur et 120 minutes sur le membre inférieur.(15)

Même en respectant ces délais, des atteintes nerveuses temporaires ont été rapportées: augmentation des douleurs post-opératoires, paresthésies. Des atteintes cutanées, comme les hématomes, sont également possibles.(16)

### *1.2.1.2 Risque thrombo-embolique*

Le garrot peut entraîner des ischémies artérielles par thrombose, ou des embolies d'athérome.

Il augmente aussi le risque de thromboses veineuses dans la chirurgie réglée du membre inférieur, par rapport aux chirurgies effectuées sans garrot.(16)

### *1.2.1.3 Syndrome du compartiment, ou syndrome d'ischémie-reperfusion*

L'ischémie induite par la pose d'un garrot met en jeu de multiples mécanismes physiologiques, dont une vasodilatation associée à une hyperperméabilité capillaire. Ces mécanismes s'amplifient avec la durée de pose du garrot.

Au lâchage du garrot, si celui-ci est resté en place longtemps, ces réactions provoquent une augmentation importante, progressive et prolongée du volume du membre par augmentation de taille des faisceaux musculaires. Le membre peut atteindre jusqu'à 150% de sa taille normale.

Cette augmentation de volume dans les loges musculaires est très mal tolérée, en raison de l'inextensibilité de ces loges. Les conséquences sont graves, et cliniquement, la douleur est très intense, non soulagée par les thérapeutiques habituelles.

Cette douleur résulte d'une diminution progressive du flux sanguin local par compression des vaisseaux par les faisceaux musculaires œdématiés. L'interruption complète cause une ischémie du membre. Des lésions nerveuses peuvent aussi apparaître, selon le même mode. Le traitement repose alors sur la réalisation d'aponévrotomies de décharge, consistant à inciser les loges musculaires afin de faire rapidement baisser leur pression.(17)

## 1.2.2 Complications générales

### 1.2.2.1 *Troubles métaboliques*

A partir de 15 minutes d'ischémie, des métabolites toxiques vaso-actifs liés au métabolisme anaérobie sont libérés dans la circulation générale après lâchage du garrot. Ils entraînent une augmentation de la kaliémie et du lactate, pouvant provoquer une acidose métabolique importante, proportionnelle à la durée d'ischémie.

Il existe aussi une augmentation de la consommation d'oxygène tissulaire, et donc de la production de dioxyde de carbone et du CO<sub>2</sub> expiré.(18)

### 1.2.2.2 *Libération de substances médicamenteuses en grande quantité*

Dans le cadre d'une chirurgie programmée, lorsque le garrot est mis en place après l'induction anesthésique, les drogues d'anesthésie peuvent être stockées en aval du garrot. Lorsque celui-ci est dégonflé en fin d'intervention, toutes les drogues stockées se retrouvent libérées dans la circulation générale, pouvant avoir des effets délétères.(19)

### 1.2.2.3 *Risque infectieux*

L'utilisation d'un garrot pour une chirurgie programmée du membre inférieur semble être à l'origine de plus de complications infectieuses que lorsque ces interventions sont réalisées sans garrot.(20) Ceci serait dû à l'activation de molécules pro-inflammatoires, secondaire à l'ischémie du membre.

### 1.2.2.4 *Variations tensionnelles*

En chirurgie réglée, la présence d'un garrot provoque dans près de 30% des cas l'apparition d'une tachycardie et une hypertension artérielle. Ces effets apparaissent après 30 à 60 minutes, et sont plus marqués chez les patients sous anesthésie générale que sous anesthésie locorégionale.(21) Cette variation hémodynamique est liée à la douleur, à l'augmentation de la volémie par redistribution du volume sanguin d'un membre dans la

circulation générale, ainsi qu'à des variations de débit et d'index cardiaque.(18) En fin d'intervention, le lâchage du garrot provoque le retour à une tension artérielle normale.

#### *1.2.2.5 Variations thermiques*

En chirurgie réglée, lors du gonflage du garrot, la température centrale augmente par diminution de la surface d'échange. A l'opposé, la température du membre garrotté est diminuée. Lors du lâchage du garrot, la température centrale diminue par redistribution du sang veineux hypotherme du membre garrotté (0,6°C/heure de pose du garrot).(22)

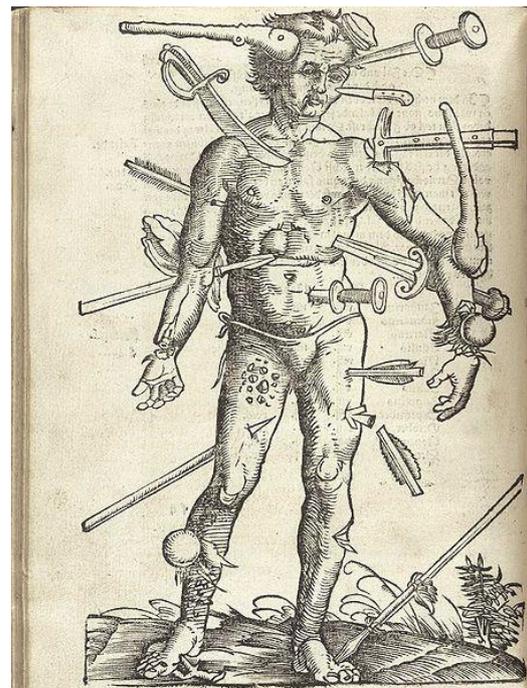
## Chapitre 2 : Histoire du garrot en temps de guerre (8,10)

### 2.1 De l'antiquité au 20<sup>ème</sup> siècle

L'utilisation d'un garrot « d'urgence » pour arrêter rapidement une hémorragie est un concept assez récent, si l'on prend le temps de détailler les différentes guerres du passé.

Dans l'empire romain, malgré la connaissance du garrot par certains médecins illustres comme Galien, aucune preuve de l'utilisation d'un garrot d'urgence n'a été trouvée. Malgré de nombreuses guerres, il n'a pas existé de système organisé de médecine militaire.

En 1517, le manuel de chirurgie de Hans von Gersdorff, un des fondateurs de la médecine militaire prussienne, a décrit l'utilité d'un garrot pour réduire les saignements lors d'amputations (images 1 et 2). Au cours du même siècle, le français Ambroise Paré a recommandé la mise en place d'un bandage serré autour d'un membre à amputer afin de réduire les saignements.



*Images 1 et 2 : dessins de Hans von Gersdorff, XVI<sup>e</sup> siècle*

C'est en 1674, qu'un chirurgien militaire français, Étienne J. Morel, a utilisé le premier garrot tourniquet tactique, lors du siège de Besançon. Ce garrot a été composé d'une ceinture et d'un bout de bois, qu'on faisait tourner avant de le bloquer dans la boucle de la ceinture.

En 1718, Jean-Louis Petit, un chirurgien parisien, a inventé un garrot avec un dispositif de vissage pratique et facile à utiliser (image 3). C'est ce garrot qui a été à l'origine de la traduction anglaise du mot garrot : « tourniquet », dérivé du mot « tourner ». Ce tourniquet a plusieurs avantages : de mise en œuvre simple, il peut être appliqué seul, sans l'aide d'un assistant. La pression exercée est constante et permet une interruption durable de l'hémorragie. En parallèle, c'est à partir de cette époque que s'est développée la médecine militaire.



Image 3 : tourniquet inventé par Jean-Louis Petit

En 1786, Sir Blizard, membre de la *Royal Society* anglaise, a présenté au gouverneur le cas de la mort d'un capitaine de bâtiment : blessé à la jambe par un boulet de canon, il a été rapidement amputé, mais est décédé en raison de l'importance de l'hémorragie avant son arrivée à l'hôpital.

Après le rapport de ce cas, le garrot a été adopté par l'armée anglaise : les différents régiments se sont formés à la pose de garrot en cas d'hémorragie massive, et en ont été massivement dotés.

Au 19<sup>e</sup> siècle, le concept de « mort évitable au combat » a été réaffirmé lors de la guerre de Crimée. Il s'agissait de soldats morts au combat, mais dont l'examen *post mortem* montrait que le décès aurait pu être évité par des gestes adéquats réalisés précocement. Cependant l'usage des garrots est resté rare, et leur utilité remise en question. Une victime célèbre d'oubli d'utilisation du garrot a été 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.(23)

En 1881, Volkmann, chirurgien orthopédiste, a décrit une des complications du garrot : la paralysie nerveuse.

## 2.2 Les deux guerres mondiales

Lors de la Première guerre mondiale, le garrot, jugé responsable de nombreuses amputations, a été décrit par certains comme « *l'invention du diable lui-même* ».(24) Le gouvernement des États-Unis a publié en 1918 un manuel de traumatologie de guerre. A propos du garrot, il a été dit que « l'utilisation d'un garrot par quelqu'un indique de cette personne est assez ignorante ».

Lors de la Seconde guerre mondiale, les opinions sur le tourniquet sont restées globalement identiques. Certains l'ont critiqué et jugé inefficace, en raison de dispositifs inadéquats et de mauvais usage.(25) D'autres l'ont considéré comme un outil potentiellement salvateur en cas d'hémorragie massive d'un membre.

### 2.3 De la guerre du Vietnam à nos jours

Ce sont les guerres de Corée (1950- 1953) puis du Vietnam (1955- 1975) qui ont démontré l'utilité du garrot tourniquet. Lors de la guerre de Corée, plusieurs médecins, dont Wolff et Hugues, ont rapporté l'utilité des garrots, stoppant efficacement des hémorragies, et n'entraînant pas d'amputations.(26–28) La guerre du Vietnam a donné lieu à des conclusions identiques. Les complications liées au garrot y ont été peu nombreuses en comparaison au nombre de vies sauvées. Peu de faits de guerre ont rapporté l'utilisation du garrot dans une situation précise, mais l'analyse des rapports américains a fait évoluer les mentalités. Pendant la guerre du Vietnam, il a ainsi été démontré que 7% des morts par hémorragies auraient pu être évitées par la pose d'un garrot, soit un total de 2600 vies.(29)

Dès lors, l'usage du garrot s'est rapidement répandu et est devenu un élément indispensable à la gestion des hémorragies en zone de combat.

Depuis les années 1990, les données sur le garrot au combat ont été nombreuses. La guerre des Malouines ou encore les combats de Mogadiscio en Somalie ont permis de renforcer la place du garrot tourniquet au combat. (30,31) Toutes ces données ont confirmé son rôle essentiel dans la prévention des morts évitables au combat par hémorragie. Les complications liées au garrot sont, elles, restées rares.(3,32–34)

### 2.4 Dans les armées françaises d'aujourd'hui, un garrot par combattant

De nos jours, le garrot fait partie intégrante de l'équipement du combattant. En Opération Extérieure, chaque militaire français porte sur lui une Trousse Individuelle du Combattant (TIC), comprenant un garrot tourniquet. Le combattant a d'ailleurs été préalablement formé à sa mise en œuvre sur lui-même ou sur un camarade lorsque la situation le requiert.(35)

Le garrot en dotation dans l'armée française est le garrot tourniquet SOFTT® (Special Operations Forces Tactical Tourniquet de Tactical Medical Solutions, Anderson, South California). Son efficacité pour interrompre un flux sanguin artériel, attestée par contrôle Doppler, a été décrite comme totale en conditions expérimentales.(36)

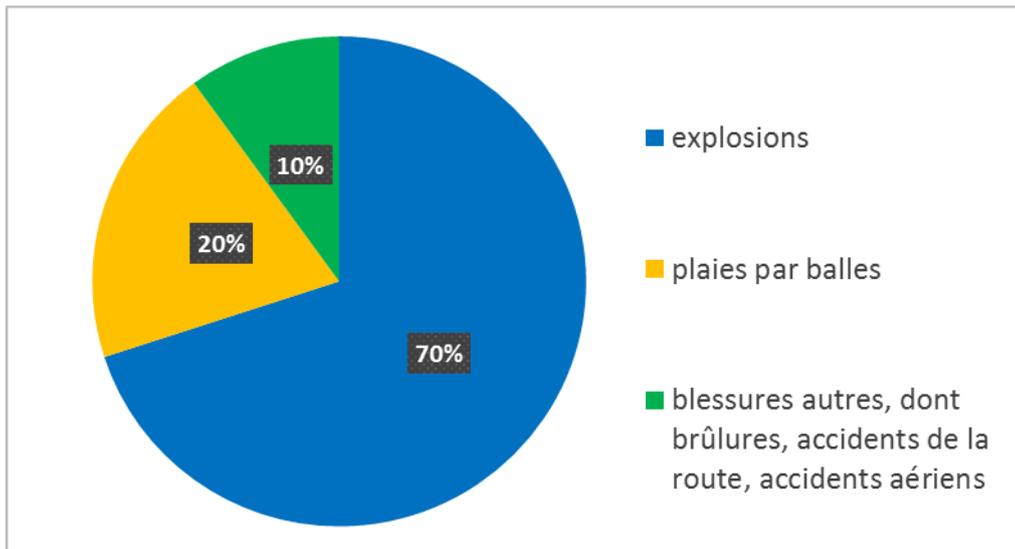
## Chapitre 3 : Les blessures de guerre

Le type et la localisation des blessures rapportées au cours des conflits modernes ont permis de préciser la place essentielle du garrot dans la prise en charge des combattants blessés.

La localisation de ces blessures, ainsi que leurs étiologies, ont été largement décrites, permettant d'en améliorer la prévention et la prise en charge.

### 3.1 Agents lésionnels

Il existe plusieurs types de blessures de guerre, causées par différents agents vulnérants. Les causes de blessures de guerre ont d'ailleurs évolué avec le temps. Au cours des récentes guerres en Irak et Afghanistan, les soldats ont été confrontés à différents agents lésionnels. Les blessures par armes à feu, utilisées majoritairement lors des phases d'invasion, ont laissé place aux blessures par agents explosifs lors des combats de plus faible intensité de la phase d'occupation.<sup>(37)</sup> Lors des guerres en Irak et en Afghanistan, les explosions ont été responsables de plus de 70% des blessures (figure 1).<sup>(34,38)</sup> Les lésions provoquées ont été multiples : lésions de blast, polycrissage, ou encore arrachement de membres. Les blessures par balle ont représenté la deuxième cause de blessure de guerre (environ 20% des blessures). Les autres lésions ont été représentées par les brûlures, les accidents de la route ou aériens, en faible proportion.

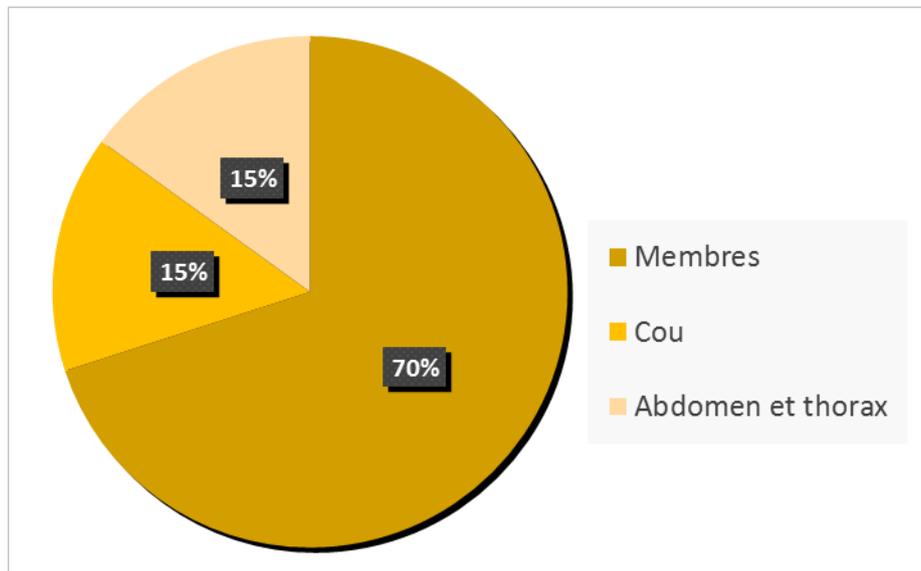


*Figure 1 : étiologies des blessures de guerre*

### 3.2 Localisation des blessures

La localisation des blessures de guerre a été très influencée par le port des équipements de protection individuelle des soldats : casque en kevlar et gilet pare-balle. Ainsi, la répartition a été la suivante : le torse et l'abdomen, ainsi que le chef, sont restés très bien protégés. Les membres et le cou sont devenus les zones les plus vulnérables.(37,39)

Les blessures des membres ont été les plus fréquentes : elles ont représenté entre 60 et 80% des blessures selon les données.(34,39) Les blessures du cou, pour 13 à 18%, et enfin les blessures thoraco-abdominales ont complété cette nouvelle topographie lésionnelle des blessures de guerre (figure 2).(37)



*Figure 2: localisation des blessures de guerre*

### 3.3 Plaies vasculaires

Parmi les différentes causes de blessures, les atteintes vasculaires ont représenté 11% des blessures de guerre sur des registres de traumatologie de guerre en Irak et Afghanistan.(39,40) Plus de 70% des atteintes vasculaires ont impliqué des blessures des membres, et, pour plus de 50% d'entre elles, des atteintes des membres inférieurs. Moins de 8% ont concerné des atteintes du tronc.

### 3.4 Morts au combat, morts non évitables et morts évitables

#### 3.4.1 Définitions (41)

Parmi les morts de faits de guerre, deux groupes ont été distingués : les morts au combat (*Killed in action*, KIA) et les décès dus aux blessures (*Died of Wounds*, DOW).

Les décès dus aux blessures ont désigné les blessés décédés après prise en charge dans une unité médicale opérationnelle (UMO), quel que soit l'intervalle de temps entre la blessure et le décès.

Les morts au combat ont représenté l'ensemble des victimes décédées sur le champ de bataille ou au cours de leur évacuation avant d'être admis dans une structure médicale quelle qu'elle soit.

Les morts au combat ont été divisées en deux catégories : les morts non évitables, résultant de lésions jugées trop sévères pour pouvoir survivre, et les morts évitables. Celles-ci ont concerné des décès qui auraient pu être évités par la mise en action rapide de gestes salvateurs simples.

Les morts non évitables ont pu représenter jusqu'à 75% des morts au combat.(38) Les blessures qui en ont été responsables ont impliqué des atteintes du tronc, du thorax, ou de l'extrémité céphalique.

Les morts évitables ont impliqué d'autres blessures.

### 3.4.2 Morts évitables

Dans une étude de grande ampleur, Eastridge *et al.* ont étudié les causes de mort au combat des militaires américains en Irak, entre 2001 et 2011. 4596 cas ont été analysés.(38)

87,3% des décès sont survenus avant d'atteindre une UMO. 35% ont été des décès instantanés. Parmi ces décès, 24,3% ont été classés comme des morts évitables. Parmi les morts évitables, 91% ont impliqué une hémorragie et 8% un pneumothorax suffocant.

L'hémorragie a concerné le tronc dans 67% des cas, des zones jonctionnelles (20%) ou des extrémités (13%). Cette répartition des lésions et des morts évitables a été la même dans d'autres études aux effectifs moins importants.(42,43)

La prise en charge de l'hémorragie, au plus vite et le plus efficacement possible, a donc été identifiée comme un élément majeur de la prise en charge des blessés de guerre en zone de combat.

### 3.5 Intérêt du garrot

L'intérêt du garrot dans la prise en charge de ces hémorragies en zone de combat a été étudié au cours des conflits d'Iraq et d'Afghanistan.

Les forces américaines ont été équipées de garrots tourniquets entre 2005 et 2007. Le pourcentage de décès par hémorragie périphérique a été comparé avant et après cette période. Le nombre de décès au combat a diminué de 85%, passant de 23,5 morts/an à 3,5 morts/an.(38) Cela a attesté de l'efficacité réelle du garrot tactique, permettant de sauver des vies en zone de combat.

De plus, la mise en place précoce d'un garrot tactique en zone de combat a permis le contrôle de l'hémorragie avant l'arrivée des blessés à la première UMO. Une étude concernant 165 soldats blessés pris en charge dans un hôpital militaire en Irak en 2004, avec ou sans garrot, a dressé le constat suivant : les blessés pris en charge avec garrot tactique (délai moyen d'application de 70 minutes) n'ont pas subi plus d'amputations que ceux arrivés sans garrot. Ceux pris en charge sans garrot ont subi plus d'interventions chirurgicales (41% vs 26%). Dans cette étude, le garrot n'a pas été responsable de complications.(44)

## Chapitre 4 : Garrot tactique, garrot tourniquet dans le monde militaire

### 4.1 Définitions

#### 4.1.1 Sauvetage au combat

Depuis des siècles, le Service de Santé des Armées (SSA) français intervient lors des guerres au plus près du combattant. La formation nécessaire pour connaître le matériel qui sauve et comment le mettre en œuvre est dispensée à tout militaire avant son départ sur un théâtre de guerre. Cette formation, officialisée en 2007, est intitulée Sauvetage au Combat (SC).(4)  
Le SC reprend les principes du TCCC présentés précédemment, avec trois objectifs : traiter la victime, éviter des pertes supplémentaires et réaliser la mission.

L'environnement tactique est un milieu important qui conditionne la prise en charge d'un blessé.

L'enseignement du SC relève de trois niveaux.

Le SC1 correspond au premier niveau de soins à apporter au combat. Tout combattant doit être formé aux gestes de secours du SC1 : mise en place d'un garrot tourniquet, mise en place d'un pansement hémostatique, utilisation d'une seringue de morphine auto-injectante. Le SC1 est enseigné au sein des régiments, à chaque soldat, au moins une fois par an.

Le SC2 est enseigné à des auxiliaires sanitaires, des personnels non médicaux, mais formés à des gestes de haute technicité: gestion d'un choc hémorragique par mise en place d'un cathéter intra osseux, gestion des voies aériennes par exsufflation d'un pneumothorax compressif ou réalisation d'une cricothyrotomie d'urgence.

Le SC3 est enseigné aux médecins et infirmiers. Le but est qu'un binôme médecin –infirmier puisse apporter des soins techniques en milieu hostile.

Les SC2 et SC3 sont enseignés à l'aide d'une formation continue, dans des centres spécialisés, sous l'égide de l'École du Val-de-Grâce.

Tout combattant déployé en OPEX doit donc être capable de mettre en œuvre un garrot tactique.

#### 4.1.2 Garrot tactique

Le garrot mis en place sur un soldat blessé au combat est initialement un garrot tactique.

Le garrot tactique est appliqué au point de blessure juste après sa survenue. C'est un garrot temporaire, mis en place sous le feu soit par la personne blessée, un combattant ou un personnel santé. Son objectif est d'arrêter l'hémorragie menaçant le pronostic vital, le temps que la personne blessée soit évacuée vers un endroit où les premiers soins peuvent être délivrés à l'abri du feu ennemi.

Une fois que le blessé a été mis en sécurité, le garrot n'est plus tactique et son intérêt est réévalué. Il peut alors être retiré si l'hémorragie a cessé. Il peut aussi être transformé en garrot temporaire, ou en garrot de dernier recours.

Le garrot temporaire est mis en place avec d'autres mesures d'arrêt des saignements : pansements compressifs, agents hémostatiques. Au bout de deux heures maximum, le garrot est relâché. Si l'hémorragie a stoppé, alors le garrot est retiré. Si l'hémorragie continue, le garrot 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, où une équipe spécialisée pourra réaliser l'hémostase chirurgicale.

## 4.2 Qui met en place le garrot

Le garrot tactique est mis en place le plus rapidement possible. Il est posé par le combattant lui-même, son camarade le plus proche ou n'importe quel acteur de santé présent.

## 4.3 Quand met-on en place un garrot tactique ?

Le garrot tactique est mis en place le plus vite possible sur un membre qui saigne. C'est un des principaux enseignements du SC : sous le feu, le premier réflexe à adopter face à un membre qui saigne est de poser un garrot. La pose du garrot est toujours privilégiée pour la gestion des hémorragies périphériques.

### 4.3.1 Avant l'apparition d'un choc

Kragh *et al.* ont publié trois études prospectives basées sur une cohorte de patients admis dans un hôpital de soutien aux forces armées de Bagdad, entre 2006 et 2007. (9,45,46) Les critères d'inclusion ont été la pose en urgence d'un garrot tourniquet, en milieu pré hospitalier et/ou en milieu hospitalier.

Les deux premières études ont été réalisées de mars à octobre 2006. 232 patients ont été inclus. Quatre cent vingt-huit garrots et 308 membres traumatisés ont été répertoriés. Un fort taux de pertinence de pose des garrots a été rapporté : 97%. Une application précoce du garrot a été définie par la pose avant l'apparition d'un choc. Le choc a été défini par l'absence ou la faiblesse du pouls radial, constatée par un personnel médical. Le taux de survie à 25 jours chez les patients ayant bénéficié de la pose précoce d'un garrot a été supérieur à ceux ayant bénéficié d'une pose tardive : 90% vs 10%,  $p < 0,001$ . La fréquence des complications liées aux garrots a été faible : 1,7% d'atteintes nerveuses transitoires et 0,4% d'amputations attribuables au garrot.

La troisième étude était une prolongation des deux premières, la période d'inclusion s'étendant de mars 2006 à mars 2007. 499 patients ont été inclus, avec 862 garrots posés sur 651 membres traumatisés. Le taux de survie a été amélioré grâce à l'utilisation du garrot, surtout en milieu pré hospitalier plutôt qu'en milieu hospitalier : 89% vs 76% p=0,05. Le pronostic était meilleur si le garrot était posé avant l'apparition d'un état de choc : taux de survie 96% vs 4% si le garrot était posé après l'apparition d'un état de choc.

La mise en place précoce d'un garrot, avant apparition d'un état de choc, a donc été retenue comme déterminante pour sauver des vies.

#### 4.3.2 Lorsque l'environnement l'exige

En situation réelle, le garrot tactique n'a pas toujours été posé en raison de la blessure, mais plutôt en fonction du contexte environnant.

Lakstein *et al.* ont recensé les garrots posés par l'armée Israélienne entre 1997 et 2001, incluant garrot tourniquet improvisé ou garrot élastique (le garrot réglementaire de l'armée israélienne lors du recueil).(34) Quatre-vingt-onze patients ont été inclus pour un total de 110 garrots utilisés. L'indication de la pose du garrot a été tactique, dans plus de 50% des cas : sous le feu, afflux multiple de blessés. Environ 50% des garrots posés l'ont été de façon pertinente, avec un taux d'efficacité de 80%. Ces chiffres ont été les mêmes après que le garrot a été posé par un médecin, un personnel paramédical ou un combattant. Un taux de complications nerveuses de 5,5% a par ailleurs été rapporté.

#### 4.4 Quand enlève-t-on le garrot ?

Pour le SC, tout garrot posé sous le feu le temps de l'extraction doit être réévalué dès que le blessé est à l'abri.

Cependant, il 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 de guerre 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 relai

Dans tous les autres cas, après la mise en place de pansements, le garrot peut être desserré, et laissé en place, en attente. Si l'hémorragie reprend, le garrot est resserré et laissé ainsi jusqu'à la première formation chirurgicale.(35)

## Chapitre 5 : Garrot tactique, garrot tourniquet dans le monde civil

### 5.1 Description des blessures civiles

Les patients victimes d'hémorragie dans le milieu civil sont différents des blessés militaires. Les civils peuvent être de tous âges, avoir des comorbidités, et l'hémorragie peut être d'origine traumatique ou non traumatique. Le contexte environnant, lui aussi, est le plus souvent différent : les secours sont le plus souvent portés sans mise en danger des secouristes. Les contraintes tactiques n'existent plus, et l'accessibilité à une structure de soins est plus facile et plus rapide.

Dans le cadre d'accidents de la route, accidents par armes à feu ou agressions, les atteintes périphériques hémorragiques peuvent être traitées de la même manière que dans le domaine militaire, c'est-à-dire par les techniques décrites ci-dessus : compression directe, utilisation de pansements compressifs ou de garrots.

Les attaques terroristes récentes de Boston en 2013, Madrid en 2004, Londres en 2005 ou encore Paris en 2015 ont exposé le milieu civil à de la véritable traumatologie de guerre. Les agents vulnérants utilisés ont été les mêmes que ceux auxquels sont confrontés les soldats : engins explosifs, armes à feu, véhicules suicides, ... La répartition anatomique et le nombre des lésions ont varié selon l'agent vulnérant rencontré et le lieu de l'attentat.

Parmi les 243 blessés au cours de l'attentat à la bombe du marathon de Boston, 46 % ont présenté une lésion des extrémités, 32,2 % des lésions externes (brûlures, plaies), 18% des lésions de l'extrémité céphalique et du cou, et 4% des blessures thoraco-abdominales. 27 garrots ont été posés sur les lieux de l'attentat chez des patients présentant une hémorragie active.(47)

La répartition des lésions a été différente lors des attentats de Madrid. Sur les 2062 blessés au total, 243 ont été pris en charge dans l'hôpital le plus proche du lieu de l'attentat. La répartition des blessures parmi ces patients est la suivante : 40% ont présenté des lésions

thoraciques, 36% des atteintes des tissus mous, 18% des fractures, 12% des traumatismes crâniens, 5 % des lésions abdominales.(48)

## 5.2 Recommandations actuelles en France

Depuis 2007, les formations de secourisme n'ont plus enseigné la mise en œuvre du garrot pour la prise en charge des hémorragies. Les complications liées à une pose inappropriée ont en effet été jugées plus dangereuses que les bénéfices potentiels.

Une enquête réalisée en 2014 auprès des SMUR de France révèle une grande hétérogénéité sur la disponibilité de garrots en pré hospitalier. Selon cette étude nationale par questionnaire, seulement 41% des SMUR étaient équipés de garrots.(49) Mais les attentats de Paris en 2015 ont conduit à une modification des équipements des secours pré hospitaliers. En effet, le nombre limité de garrots disponibles dans les camions de secours a pu imposer le recours à des garrots de fortune, ceintures ou T-shirts.

La Brigade des Sapeurs-Pompiers de Paris (BSPP), unité de pompiers militaires, a engagé après les attentats de Paris de janvier 2015 (Charlie Hebdo) une réflexion sur le matériel de gestion des hémorragies disponibles dans ses engins de premier secours.(50) S'inspirant de l'expérience du SSA en opérations extérieures, ces travaux ont conduit à l'élaboration d'une trousse « Hémorragies en situations d'exception » pour venir compléter le matériel en dotation courante. Elle comprend notamment deux garrots tourniquets (en complément de ceux du sac de secours et du véhicule) et un pansement hémostatique. Ces trousse, en cours de distribution lors des attentats du 13 novembre 2015, équipent désormais chaque camion d'intervention de la BSPP.

Après les attentats de novembre 2015, certains SMUR ont choisi d'équiper leurs équipes avec l'équivalent des Trousses Individuelles du Combattant militaire : les Trousses Individuelles des Personnels SMUR (TIPS). Ces trousse, compactes, ont compris du matériel d'urgence de gestion des hémorragies : garrot tourniquet, pansements hémostatiques, pansements compressifs. Elles ont été utilisées par le SMUR 94, et sont distribuées sur

demande du médecin régulateur à tous les membres des équipes SMUR engagés sur une intervention où la situation tactique est instable.(51)

Les recommandations françaises relatives aux premiers secours comprennent désormais la formation à l'utilisation d'un garrot dès le niveau Premiers Secours en Equipe de niveau 1 (PSE 1).(52) Ce référentiel précise que le garrot est indiqué «si la compression directe au niveau d'un membre est inefficace » mais aussi en cas de situation exceptionnelle : « victime qui présente de nombreuses lésions, plusieurs victimes, accès à la plaie impossible ou dans certaines situations (catastrophes, théâtres d'opérations militaires ou situations apparentées, situation d'isolement)».

Cependant, l'usage du garrot par tous n'est pas encore recommandé. Le référentiel de formation de Prévention et Secours Civiques niveau 1 (PSC1) n'inclut pas encore le garrot comme moyen de lutte contre une hémorragie.

### 5.3 Recommandations dans les autres pays

Les recommandations européennes sur la prise en charge des hémorragies post-traumatiques préconisent l'utilisation pré hospitalière de garrots en cas d'hémorragie menaçante suite à une atteinte des extrémités (grade 1B).(11)

Aux États-Unis, le garrot fait partie des moyens de gestion des hémorragies disponibles dans chaque ambulance.(53) En 2014, Bulger *et al.* ont publié des recommandations pour la gestion pré hospitalière des hémorragies.(54) Le garrot est indiqué en cas d'échec de compression directe. Les garrots commerciaux sont à privilégier aux garrots improvisés, et le garrot mis en place en préhospitalier doit être laissé en place jusqu'à sa réévaluation à l'arrivée dans une structure médicalisée.

La conférence de consensus Hartford, publiée en 2015, a encouragé l'utilisation de garrots par le plus grand nombre en cas d'attaques de masse.(55)

## Chapitre 6 : Introduction du sujet

Les différents éléments suscités nous permettent de comprendre l'importance capitale du garrot en cas d'hémorragie d'une extrémité, et la capacité de cet outil à sauver des vies.

Le contexte actuel de menace terroriste et d'attaques en milieu civil ont fait évoluer les mentalités, et permis de réévaluer la place du garrot en préhospitalier.

La littérature militaire est abondante sur le sujet du garrot tactique, avec de nombreux cas d'utilisation de garrots rapportés. Pourtant, la littérature sur l'utilisation du garrot tourniquet en milieu civil, sa fréquence d'utilisation, les circonstances de pose ainsi que les bénéfices et les complications qui y sont associés n'ont, à ce jour, jamais été analysés.

Nous avons donc effectué une revue de la littérature concernant l'application du garrot tourniquet en milieu civil, afin d'en préciser l'utilisation, les bénéfices et les complications associées.

## PARTIE 2 : Méthodes

---

### Chapitre 1 : Définition

Une revue systématique consiste en une synthèse de la littérature scientifique en réponse à une question précise. Elle est basée sur des méthodes explicites de recherche, de sélection et d'analyse des données.

Parmi tous les articles trouvés, des critères d'inclusion et d'exclusion définis au préalable permettent de sélectionner les articles les plus en rapport avec le sujet.

Les revues systématiques permettent aux professionnels de santé d'accéder rapidement à une information valide des données de la littérature, résumée en une synthèse facilitant la prise de décisions.

## Chapitre 2 : Objectif

L'objectif de cette revue systématique a été d'obtenir une synthèse descriptive des données actuelles concernant l'application du garrot tourniquet en traumatologie civile.

## Chapitre 3 : Critères d'inclusion

### 3.1 Types d'études

Notre revue systématique a inclus différents types d'études: des études interventionnelles randomisées et non randomisées, des études observationnelles, de cas-témoins ou de cohorte.

### 3.2 Description des études : critères PICO

Les études ont été sélectionnées selon les critères PICO suivants (56) :

PATIENT : civils, tous âges et sexes

INTERVENTION : pose d'un garrot d'urgence lors d'une hémorragie en secteur civil

COMPARAISON : non nécessaire dans notre étude (études observationnelles incluses)

OUTCOME/ RESULTATS : description des populations, efficacité du dispositif, effets indésirables, résultats des enquêtes sur l'utilisation des garrots

### 3.3 Date de parution et de réalisation de l'étude

Nous avons inclus toutes les études publiées jusqu'au 01/10/2016, sans limite d'ancienneté, et parues dans plusieurs bases de données.

### 3.4 Critères d'exclusion

Les lettres à l'éditeur et les *case-reports* ont été exclus de l'analyse. Les articles rédigés dans une autre langue que l'anglais ou le français, même s'ils traitaient du sujet, ont été exclus.

## Chapitre 4 : Méthodes de recherche pour identification des études

### 4.1 Recherches sur les bases de données classiques

Nous avons effectué des recherches sur les bases de données suivantes : Medline (Pubmed), Embase (Ovid) et The Cochrane Library.

Les termes de recherche utilisés étaient les suivants :

Sur Medline/ pubmed :

- military (MeSH) AND civilian (All Fields) AND tourniquet (MeSH) AND trauma(MeSH)
- prehospital AND tourniquet (MeSH) AND civilian (All Fields)
- tourniquet (MeSH) AND civilian (All Fields)

Sur Embase :

- 'military'/exp OR military AND ('tourniquet'/exp OR tourniquet) AND civilian NOT [31-8-2016] /sd
- civilian AND ('tourniquet'/exp OR tourniquet) AND ('trauma'/exp OR trauma) NOT [31-8-2016]/sd

### 4.2 Recherche avec d'autres ressources

Nous avons effectué des recherches dans la littérature grise via la base de données Opengrey, qui recense les études non publiées, ainsi qu'une recherche par le moteur de recherche internet Google.

Les termes de recherche utilisés sur Opengrey ont été les suivants :

- tourniquet AND prehospital

Enfin, les références des études incluses ont été étudiées afin de dépister d'éventuelles études non retrouvées à l'aide des moyens de recherche précédents.

## Chapitre 5 : Collecte et analyse des données

### 5.1 Sélection des études

La sélection des études s'est faite en plusieurs étapes successives.

Deux chercheurs indépendants ont effectué la recherche. Leurs données respectives ont ensuite été confrontées afin de garantir un recueil complet. Lorsqu'un article a été exclu par les deux chercheurs, il n'a pas été retenu pour l'analyse. Si un article a été retenu par un seul chercheur, une nouvelle lecture conjointe a été réalisée. Si le désaccord a persisté, un troisième chercheur a été sollicité afin de déterminer l'inclusion ou non de cet article.

Un premier tri a été effectué à la lecture du titre de l'article : si le titre a paru ne pas traiter concrètement du sujet traité ici, il a alors été exclu.

Un second tri a été réalisé, pour les articles restants, à partir du résumé, selon le même critère de pertinence.

Enfin, un troisième tri a été réalisé pour les articles restants à partir du corps de l'article. N'ont été retenus que ceux qui répondaient aux critères d'inclusion précédemment définis.

L'analyse des données a ensuite été effectuée par deux chercheurs.

### 5.2 Extraction des données

Nous avons utilisé un formulaire standardisé pour extraire les données des articles. Ce formulaire a recensé :

- le titre, l'année de parution ainsi que l'auteur de l'étude
- le pays où était réalisé le recueil

- le type d'étude
- la méthodologie de l'étude ainsi que le type d'intervention
- les résultats
- le nombre de patients inclus
- l'existence de conflits d'intérêts
- le nombre de garrots posés dans l'étude
- le lieu où était mis en place le garrot, extra ou intra-hospitalier
- l'âge des patients ainsi que la proportion d'hommes
- les caractéristiques des patients d'âges extrêmes et les comorbidités des patients
- le mécanisme lésionnel
- le type de garrot étudié
- le temps total de pose de garrot
- l'indication de la pose de garrot
- la localisation des blessures
- la proportion de plaies vasculaires
- les scores de gravité des patients
- l'efficacité des garrots mis en place
- les complications

Le score lésionnel de gravité utilisé dans les études a été l'*Injury Severity Score (ISS)*. L'ISS est un système qui permet d'évaluer la gravité d'un patient polytraumatisé, en fonction de la localisation des lésions. Il a été défini par l'*American Association for Automotive Medicine*.<sup>(57)</sup> Dans l'ISS, les blessures sont répertoriées en fonction de leur gravité, allant de 1 (atteinte mineure) à 6 (atteinte maximale), et leur localisation anatomique. Le corps est divisé en six régions : tête et cou, face, thorax, abdomen et pelvis, extrémités et ceinture pelvienne, et atteintes superficielles.

Le score ISS est calculé à partir des 3 régions anatomiques les plus lésées, qui vont faire le pronostic du patient. Le score varie entre 1, qui correspond à une lésion mineure, et 75, qui correspond au décès.

Plus le score est élevé, plus le traumatisme est grave. Il existe une corrélation entre L'ISS et la durée du traitement, de la ventilation assistée, de l'hospitalisation et l'importance des séquelles. Un score ISS supérieur à 9 ou 15, selon les études, définit un traumatisme sévère.

### 5.3 Evaluation de la qualité des études et recherche de biais

L'extraction des données a été faite suivant les recommandations *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) de la Cochrane Collaboration (annexe 1).(58)

La qualité des études a été évaluée par deux chercheurs indépendants.

Afin d'évaluer la validité interne et externe des articles retenus nous avons utilisé la grille d'évaluation *Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology* (STROBE) pour les études observationnelles (annexe 2).(59) La grille STROBE comporte 22 items permettant l'analyse complète d'une étude. Les items sont successivement recherchés dans chaque partie de l'étude : le résumé, l'introduction, la méthodologie, les résultats et la discussion. Plus l'étude remplit de critères, plus la validité de l'étude est élevée et de bonne qualité.

Le niveau de preuve des études a ensuite été établi selon les recommandations GRADE (*The Grades of Recommendations, Assessment, Development and Evaluation acting group*).(60) Ces recommandations permettent d'établir des niveaux de preuve pour les études. Il existe quatre niveaux de preuve : élevé, modéré, faible ou très faible. Ces niveaux de preuve sont liés en grande partie à la méthodologie de l'étude et à sa conception. Ainsi, les études prospectives randomisées ont un niveau de preuve élevé, alors que des études observationnelles ont un niveau de preuve faible.

Ces niveaux de preuve peuvent être abaissés ou augmentés en fonction de la présence de certains critères. L'imprécision, liée à de faibles effectifs, fait baisser le niveau de preuve. Il en est de même en présence de biais.

## PARTIE 3 : Résultats

---

### Chapitre 1 : Identification des études

Les recherches sur les bases de données classiques Medline et Embase ont identifié 355 articles. L'étude de la littérature grise n'a pas révélé d'étude non publiée.

Après extraction des doublons, 188 articles ont été identifiés. 108 ont été écartés d'après leur titre, qui ne correspondait pas au sujet. La lecture du résumé a permis d'écarter 54 articles : 20 correspondaient à des revues narratives, 11 étaient hors sujet, six traitaient de littérature militaire, quatre étaient des case report, quatre des avis, cinq des recommandations, deux des lettres à l'éditeur. Deux articles n'étaient pas disponibles ni en français, ni en anglais.

Après lecture des résumés, 26 articles ont donc été retenus. Après lecture en intégralité, deux articles ont été écartés : un portant sur une population exclusivement militaire, le second correspondant à une revue narrative.

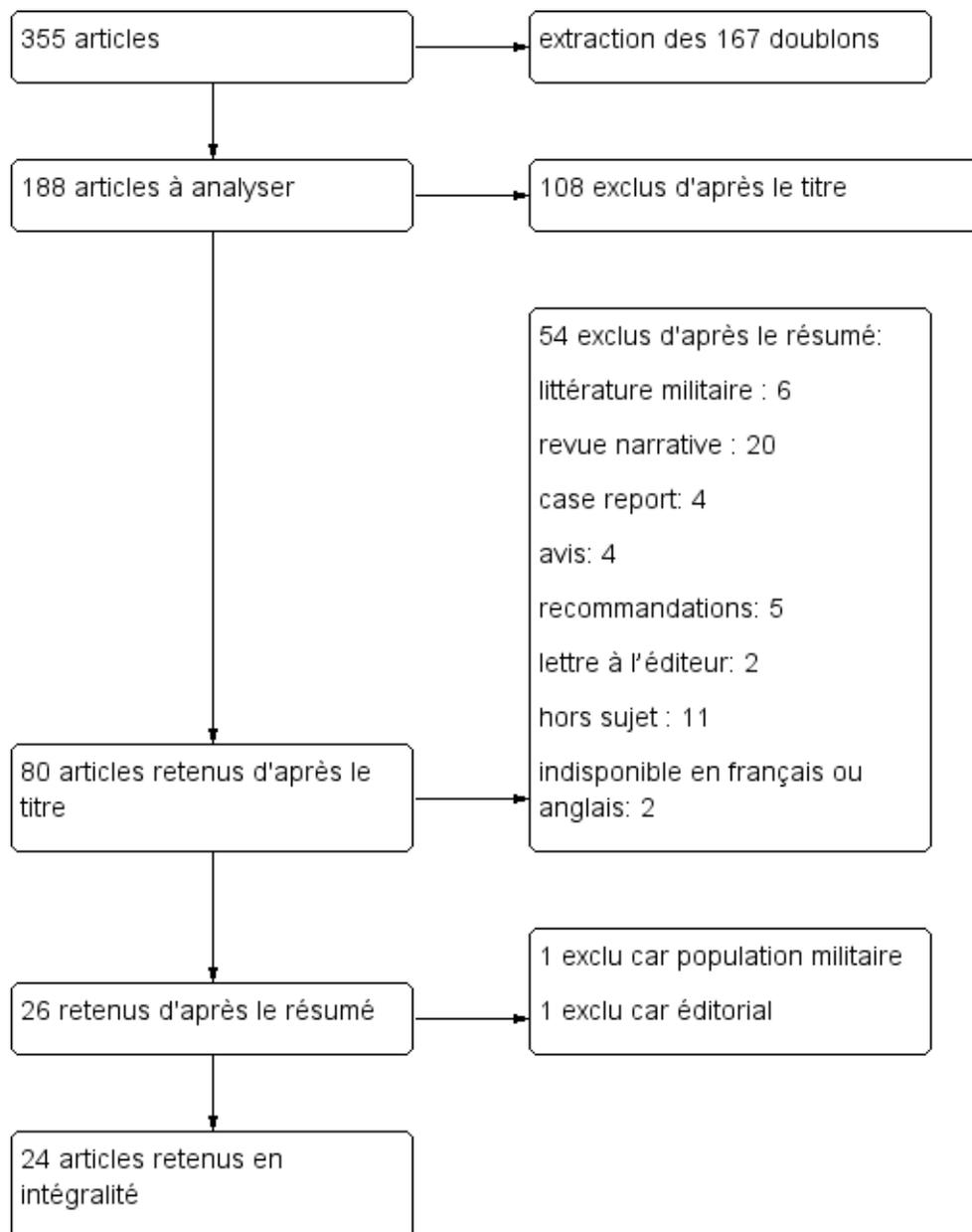
Au total, 24 articles ont été retenus pour l'analyse finale (figure 3).

Les études incluses correspondaient toutes à des études observationnelles.

Six étaient des études prospectives, 18 des études rétrospectives. Cinq des études prospectives ont concerné des études par questionnaires. La sixième a décrit l'analyse d'un recueil de protocoles en ligne sur internet ou par appel téléphonique.

Toutes les études rétrospectives ont été des études de dossiers.

Les études ainsi que les recueils de données ont principalement eu lieu en Amérique du Nord : 22 aux Etats-Unis, une au Canada. Une seule étude a eu lieu en France.



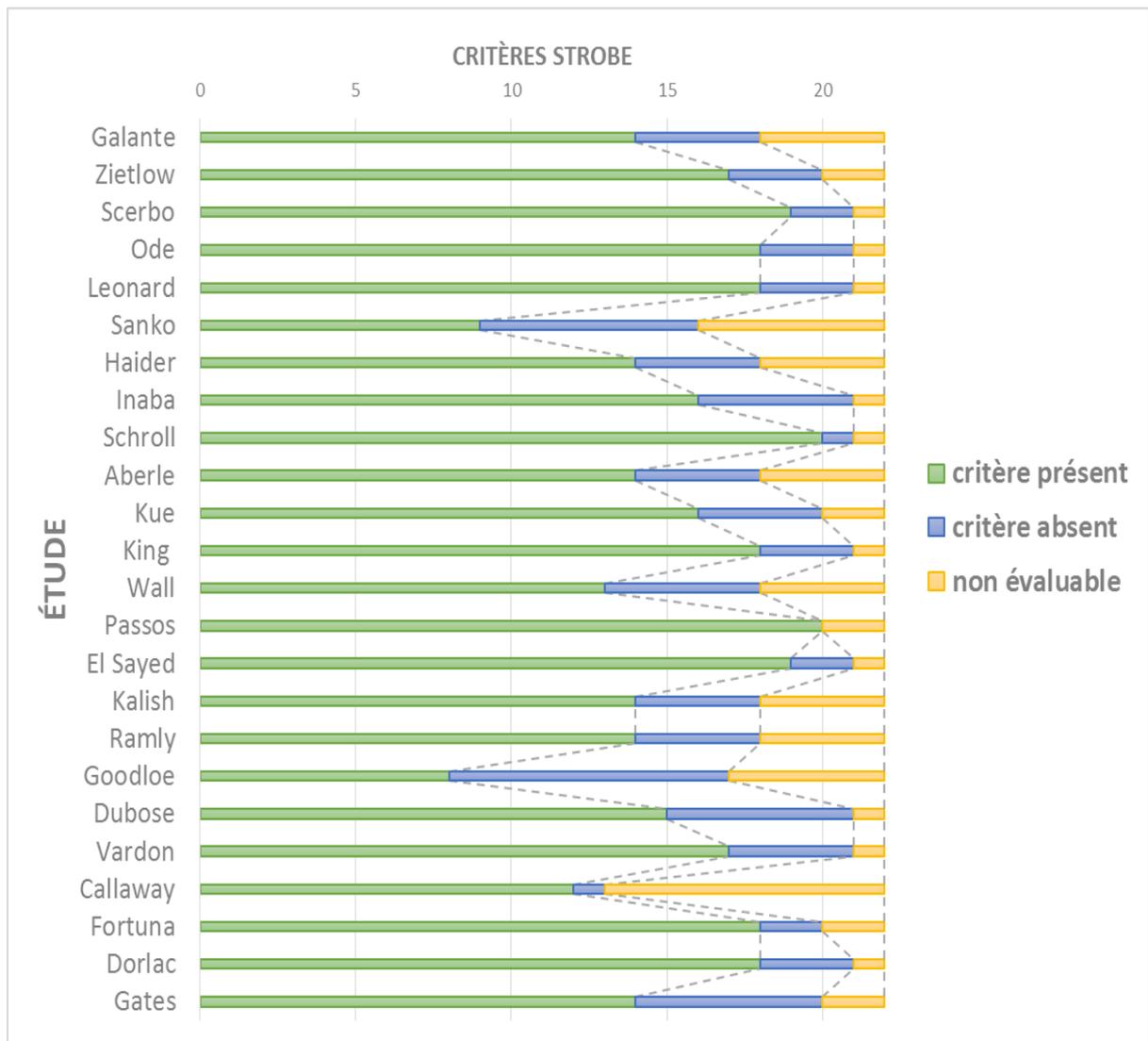
*Figure 3 : diagramme de flux*

## Chapitre 2 : Évaluation de la qualité

Le niveau de preuve a été évalué à l'aide des recommandations GRADE et de l'analyse faite à l'aide de la grille STROBE.

L'application des recommandations GRADE a retrouvé un niveau de preuve au mieux faible pour toutes les études, au vu de leur caractère observationnel, le plus souvent rétrospectif. De plus, la plupart des études ont concerné de faibles effectifs : moins de 50 patients pour huit études, et encore moins de 100 patients pour 10 études. Ces faibles effectifs ont majoré l'imprécision des données, et ont donc encore abaissé le niveau de preuve de faible à très faible.

L'analyse de qualité à l'aide de la grille STROBE a révélé qu'aucune des études n'a été construite et rapportée en respectant tous les points de la conception d'une étude observationnelle (figure 4, tableaux 1 et 1bis). Sur 22 points d'évaluation, les 24 études retenues ont respecté en moyenne 15,6 points.



*Figure 4 : qualité des études selon la grille d'évaluation STROBE*

		Galante	Zietlow	Scerbo	Ode	Leonard	Sanko	Haider	Inaba	Schroll	Aberle	Kue	King
<b>Titre et résumé</b>													
	<b>1 - type d'étude réalisée</b>	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
		P	R	R	R	R	R	P	R	R	C	P/Q	R
	<b>synthèse des informations cherchées et trouvées</b>	✓	✓	✓	✓	✓	NA	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>Introduction</b>													
	<b>2- contexte/ justifications</b>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓
	<b>3- objectifs</b>	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓
<b>Méthodes</b>													
	<b>4- conception de l'étude</b>	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓
	<b>5 - contexte</b>		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓
	<b>6 - population</b>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	<b>7 - variables</b>	NA	✓	✓	✓	✓	✓	NA	✓	✓	NA	✓	✓
	<b>8 - sources de données/ mesures</b>	NA	✓	✓	✓	✓	✓	NA	✓	✓	NA	✓	✓
	<b>9 - biais</b>		✓										
	<b>10 - taille de l'étude</b>	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	<b>11 - variables quantitatives</b>	NA	NA	✓	✓	✓		NA	✓	✓	NA	NA	✓
	<b>12 - analyses statistiques</b>	✓		✓	✓			✓	✓	✓	✓		✓
<b>Résultats</b>													
	<b>13 - population</b>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓
	<b>14 - données descriptives</b>	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	<b>15 - données obtenues</b>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	<b>16 - principaux résultats</b>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	<b>17 - autres analyses</b>		✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓		✓
<b>Discussion</b>													
	<b>18 - résultats clés</b>	✓		✓	✓	✓	NA			✓		✓	
	<b>19 - limitations</b>	✓	✓	✓		✓	NA	✓		✓	✓	✓	
	<b>20 - interprétation</b>	✓		✓	✓	✓	NA	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	<b>21 - généralisabilité</b>	✓	✓	✓	✓		NA	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>Autre information</b>													
	<b>22 - financement</b>		✓		✓	✓			✓	✓			✓

**Tableau 1** : qualité des études selon la grille d'évaluation STROBE

O : Observationnel, Q : Questionnaire, P : Prospectif, R : Rétrospectif, C : Comparatif, NA : Non Adapté

	Wall	Passos	El Sayed	Kalish	Ramly	Goodloe	Dubose	Vardon	Callaway	Fortuna	Dorlac	Gates
<b>Titre et résumé</b>												
<b>1 - type d'étude réalisée</b>	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
	P	R	R	R	R	R	R	P/Q	R	R	R	R
<b>synthèse des informations cherchées et trouvées</b>	✓	✓	✓	NA	✓	NA	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>Introduction</b>												
<b>2- contexte/ justifications</b>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>3- objectifs</b>	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓	
<b>Méthodes</b>												
<b>4- conception de l'étude</b>	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	NA	✓	✓	✓
<b>5 - contexte</b>		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>6 - population</b>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>7 - variables</b>	NA	✓	✓	✓	✓			✓	NA		✓	NA
<b>8 - sources de données/ mesures</b>	NA	✓	✓	NA	✓			✓	✓	✓	✓	
<b>9 - biais</b>		✓							NA			
<b>10 - taille de l'étude</b>	NA	NA	NA	NA	NA		NA	NA	NA	NA	NA	NA
<b>11 - variables quantitatives</b>	NA	NA	✓	NA	✓			✓	NA	NA	✓	
<b>12 - analyses statistiques</b>		✓	✓					✓	NA	✓		✓
<b>Résultats</b>												
<b>13 - population</b>	✓	✓	✓	✓	NA	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>14 - données descriptives</b>	✓	✓	✓	✓	NA	✓	✓	✓	NA	✓	✓	✓
<b>15 - données obtenues</b>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>16 - principaux résultats</b>	✓	✓	✓	✓	✓	✓			NA	✓	✓	✓
<b>17 - autres analyses</b>		✓	✓			✓	✓		NA	✓	✓	✓
<b>Discussion</b>												
<b>18 - résultats clés</b>	✓	✓	✓	✓	✓	NA	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>19 - limitations</b>		✓	✓	✓	✓	NA	✓	✓	✓	✓	✓	
<b>20 - interprétation</b>	✓	✓	✓	✓	✓	NA	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>21 - généralisabilité</b>	✓	✓	✓	✓	NA	NA	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>Autre information</b>												
<b>22 - financement</b>	✓	✓			✓		✓	✓	✓	✓		

*Tableau 1- bis : qualité des études selon la grille d'évaluation STROBE*

## Chapitre 3 : Extraction des données

Sur les 24 études, deux études seulement ont été publiées avant 2010 : une étude a été publiée en 2005 et une en 2008.(61,62) Les 22 autres ont été publiées entre 2013 et septembre 2016.

L'ensemble des études a impliqué 3028 poses de garrots.

Les études par questionnaires ont permis d'interroger 1761 interlocuteurs différents.

Des protocoles de gestion des hémorragies ont été identifiés dans 42 États des États-Unis d'Amérique.

Quatre études (63–66) ont inclus dans leurs effectifs des garrots posés à l'arrivée à l'hôpital, aux urgences ou directement au bloc opératoire. Ces effectifs ont été pris en compte dans les effectifs totaux. Dans les études de Scerbo *et al.* et Ode *et al.*, les garrots posés à l'arrivée dans la structure hospitalière ont représenté moins de 20% des garrots posés, respectivement 23/105 et 4/24 garrots.(63,64) Outre cela, dans les études d'Inaba *et al.* et Passos *et al.*, les garrots posés à la prise en charge à l'hôpital ont concerné 50% des garrots posés, *i.e* 43 garrots dans l'étude d'Inaba *et al.* et quatre dans l'étude de Passos *et al.*(65,66)

## Chapitre 4 : Population

Dans les articles analysés, les patients qui ont bénéficié de la pose d'un garrot ont été en grande majorité des hommes. Deux études de faibles effectifs : (respectivement 11 et 8 patients) ont concerné 100% de population masculine.(61,66) Dans leur étude concernant les victimes des attentats du marathon de Boston, King *et al.* ont inclus les cas de 56 hommes, soit 37% des patients de l'étude. Dans les autres études, le pourcentage de population masculine a varié entre 73% (59/81) pour Sanko *et al.* et 90% (78/87) pour Inaba *et al.*(63–65,67–77)

La moyenne d'âge des patients inclus dans les études analysées a varié entre 27 et 44±21,1 ans. Quatre études seulement ont donné des informations sur les âges extrêmes des patients ou leurs comorbidités.(63,68,69,77) Le tableau 2 en résume les données principales.

Les 24 articles analysés ont finalement peu décrit les comorbidités des blessés ayant bénéficié de la pose d'un garrot.

	Âge en années (%)		Total âges extrêmes (%)	Comorbidités
	<18	>50-65		
<b>Scerbo (63)</b>			20	
<b>Leonard (68)</b>	8	12	20	43%
<b>Sanko (69)</b>				21% insuffisance rénale 17% diabète 16% hypertension artérielle
<b>Goodloe (77)</b>		10	10	

Tableau 2 : âges extrêmes et comorbidités des patients

## Chapitre 5 : Mécanismes lésionnels

Dans les 24 articles analysés, les mécanismes lésionnels qui ont conduit à la pose d'un garrot ont été d'ordre traumatique et médical (figure 5).

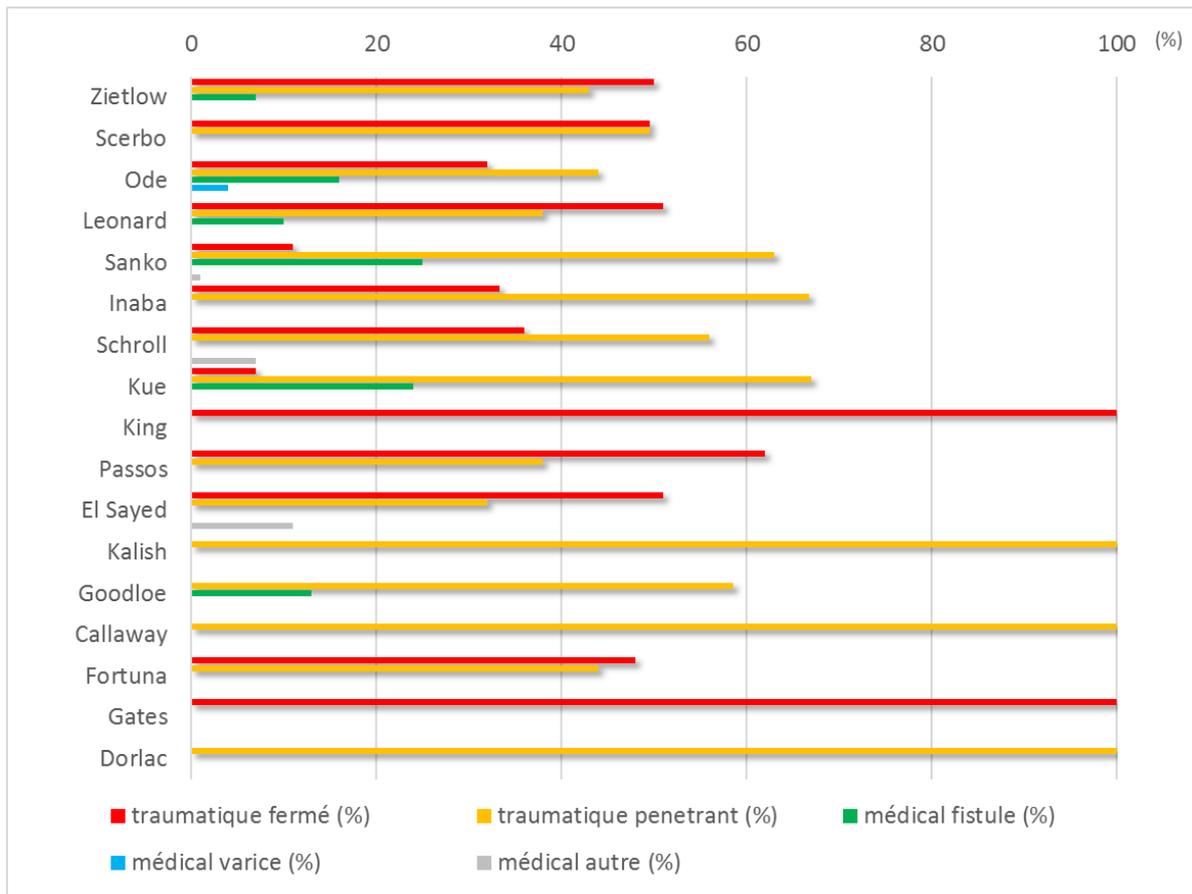
Les causes traumatiques ont été les plus fréquentes, entre 74% pour Sanko *et al.* (60/81) et Kue *et al.* (73/98), et 100% pour Scerbo *et al.* (n=105), Inaba *et al.* (n=87), King *et al.* (n=27), Passos *et al.* (n=8), Gates *et al.* (n=26), Callaway *et al.* (n=4) et Kalish *et al.* (n=11). Elles ont concerné des traumatismes soit fermés (chute, accident de la route, accident du travail), soit pénétrants (coups de couteau, coups de feu, ou encore lacérations).

Dans notre analyse, les traumatismes pénétrants ont représenté la première cause de pose de garrot à la phase pré hospitalière dans huit études : celles de Ode *et al.* (10/24 soit 44%), Sanko *et al.* (51/81 soit 63%), Inaba *et al.* (58/87 soit 67%), Schroll *et al.* (110/197 soit 56%), Kue *et al.* (67/98 soit 66%), Passos *et al.* (5/8 soit 62%), Kalish *et al.* (11/11 soit 100%), Goodloe *et al.* (62/106 soit 59%) et Callaway *et al.* (4/4 soit 100%).(61,64–66,69–71,73,77)

Derrière les indications après traumatisme pénétrant et traumatisme fermé, les causes médicales ont représenté la troisième grande classe d'indication de pose de garrots en milieu civil. Dans notre analyse, elles ont concerné l'hémorragie sur fistule artério-veineuse dans 7% des cas (5/73) pour Zietlow *et al.*, 16% (4/24) pour Ode *et al.*, 25% (20/81) pour Sanko *et al.*, 16% (14/106) pour Goodloe *et al.* Elles ont aussi concerné la rupture de varice hémorragique dans 4% des cas (1/24) pour Ode *et al.*.(64,67,69,77)

D'autres causes médicales n'ont pas été détaillées pour Leonard *et al.* (6/61 soit 10%) et Kue *et al.* (23/98 soit 24%).(68,71)

Certaines causes n'ont pas été précisées. Elles représentent 1% (1/81) pour Sanko *et al.*, 7% (14/197) pour Schroll *et al.*, 11% (225/2048) pour El Sayed *et al.* et 29% (31/106) pour Goodloe *et al.*.(69,70,76,77)



*Figure 5 : mécanismes lésionnels entrainant la pose de garrots*

## Chapitre 6 : Types de garrots

Douze études ont précisé quel type de garrot a été utilisé (figure 6). Ils ont concerné quatre types principaux : les garrots tourniquet, identiques à ceux utilisés en milieu militaire ; les garrots pneumatiques, les garrots élastiques et les garrots improvisés (images 4 à 8).(47,63–73)



*Image 4 et 5 : garrot tourniquet type CAT®*



*Image 6 : garrot tourniquet type SOFFT®*



*Image 7 : garrot pneumatique*



*Image 8 : garrot improvisé utilisé lors des attentats de Boston (47)*

Parmi les 12 études rétrospectives sur dossiers, neuf ont rapporté l'utilisation privilégiée des garrots tourniquet.(63–65,67–70,72,73)

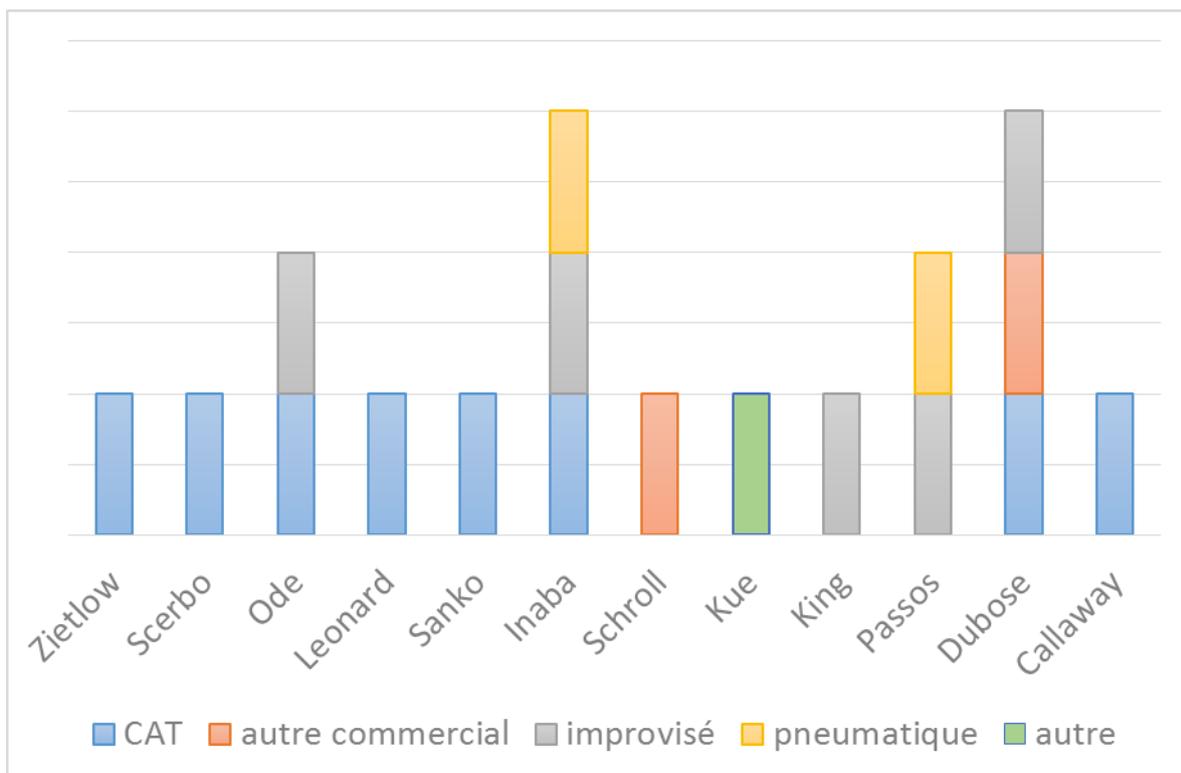
Parmi les garrots tourniquet, le *Combat Application Tourniquet* (CAT® Resources, LLC, 483 Lakeshore Pkwy, Rock Hill, Caroline du Sud, États-Unis) a été utilisé pour sept des 12 études (58%).(63–65,67–69,73) Son utilisation a varié entre 68% (59/87) pour Inaba *et al.* et 100% pour Zietlow *et al.* (n=73), Scerbo *et al.* (n=105), Leonard *et al.* (n=61), Sanko *et al.* (n=81) et Callaway *et al.* (n=4). Seuls Dubose *et al.* ont décrit l'utilisation préférentielle d'autres

garrots dans 38% (18/47) des cas, en comparaison du CAT<sup>®</sup>, utilisé dans 31% (15/47) des cas. L'étude de Schroll *et al.* n'a pas distingué les différents types de garrots tourniquet utilisés.

Cinq études ont rapporté l'utilisation de garrots improvisés.(47,64–66,72)

Seule l'étude de Kue *et al.*, à Boston, a rapporté l'utilisation d'un garrot élastique.

Dans les études de Passos *et al.* et Inaba *et al.*, des garrots pneumatiques ont été posés en milieu hospitalier (aux urgences ou au bloc opératoire).



*Figure 6 : description des différents types de garrots utilisés*

## Chapitre 7 : Mise en œuvre du garrot

Dans le contexte de sauvetage, la mise en place d'un garrot n'est pas un acte exclusivement médical. En effet, plusieurs études ont décrit que même des témoins peuvent être amenés à poser un garrot.(47,64,67,69,71,73,75)

Callaway *et al.* ont même rapporté quatre cas où des garrots ont été mis en place efficacement par des personnels des forces de l'ordre intervenus avant les secours médicalisés.(73)

Parmi les garrots posés lors des attentats de Boston recensés dans les études de King *et al.* et Gates *et al.*, la majorité des garrots, respectivement 17/27 (62%) et 21/26 (81%), ont été mis en place par des personnels non médicaux.(47,75)

## Chapitre 8 : Localisations des blessures

La localisation des blessures a été précisée dans 13 études (figure 7).

Pour toutes les études sauf deux, les blessures des extrémités, *i.e* membres supérieurs et membres inférieurs, ont représenté l'intégralité des localisations de la pose d'un garrot.(76,77)

El Sayed *et al.* ont décrit les motifs d'appel ayant déclenché des interventions au cours desquelles des garrots étaient posés. Ces motifs d'appel ont concerné un saignement général (sans précision) dans 20% des cas (350/2048), un saignement de la tête (sans précision) dans 10% des cas (183/2048) et autre saignement dans 3% des cas (50/2048).(76)

Goodloe *et al.* n'ont pas précisé pas le site de pose du garrot pour 25% des patients (26/106).(77)

L'étude de Dorlac *et al.* a rapporté l'analyse des rapports d'autopsie de patients décédés d'une hémorragie périphérique (10 décès par hémorragie des membres inférieurs / 14 patients au total, soit 71% des cas).(62) Dans cette étude aucun garrot n'a été posé.

Sept études sur 13 ont retrouvé une majorité de garrots posés au niveau des membres supérieurs : 54/105 (51%) pour Scerbo *et al.*, 32/61 (52%) pour Leonard *et al.*, 64/81 (79%) pour Sanko *et al.*, 62/87 (71%) pour Inaba *et al.*, 53/98 (54%) pour Kue *et al.*, 698/2048 (40%) pour El Sayed *et al.*, 80/106 (75%) pour Goodloe *et al.*(63,65,68,69,71,76,77) Pour cinq autres études, les garrots ont été posés principalement au niveau des membres inférieurs : 27 (100%) pour King *et al.*, 9/11 (82%) pour Kalish *et al.*, 3 /4 (75%) pour Callaway *et al.*, 26 (100%) pour Gates *et al.* et 25 (100%) pour Fortuna *et al.*(47,61,73–75). Une dernière étude a retrouvé autant de garrots posés au niveau des membres inférieurs qu'au niveau des membres supérieurs.(67)

Pour les études de King *et al.*, et Gates *et al.*, qui se sont intéressées aux garrots posés lors des attentats de Boston en 2013, 100% des garrots (n=27 et 26 respectivement) ont été posés aux membres inférieurs.(47,75)

Dans l'étude de Kalish *et al.*, concernant des blessés dans la ville de Boston entre 1999 et 2006, 82% (9/11) des blessures ayant nécessité la pose de garrot ont concerné les membres inférieurs.(61)

Dans leur étude, Fortuna *et al.* se sont intéressés uniquement aux blessures en dessous du genou, ce qui a expliqué l'intégralité des poses de garrot aux membres inférieurs.(74)

Dans le rapport de cas par Callaway *et al.* pour les garrots posés par des forces de sécurité, trois cas parmi les quatre ont concerné les membres inférieurs.(73)

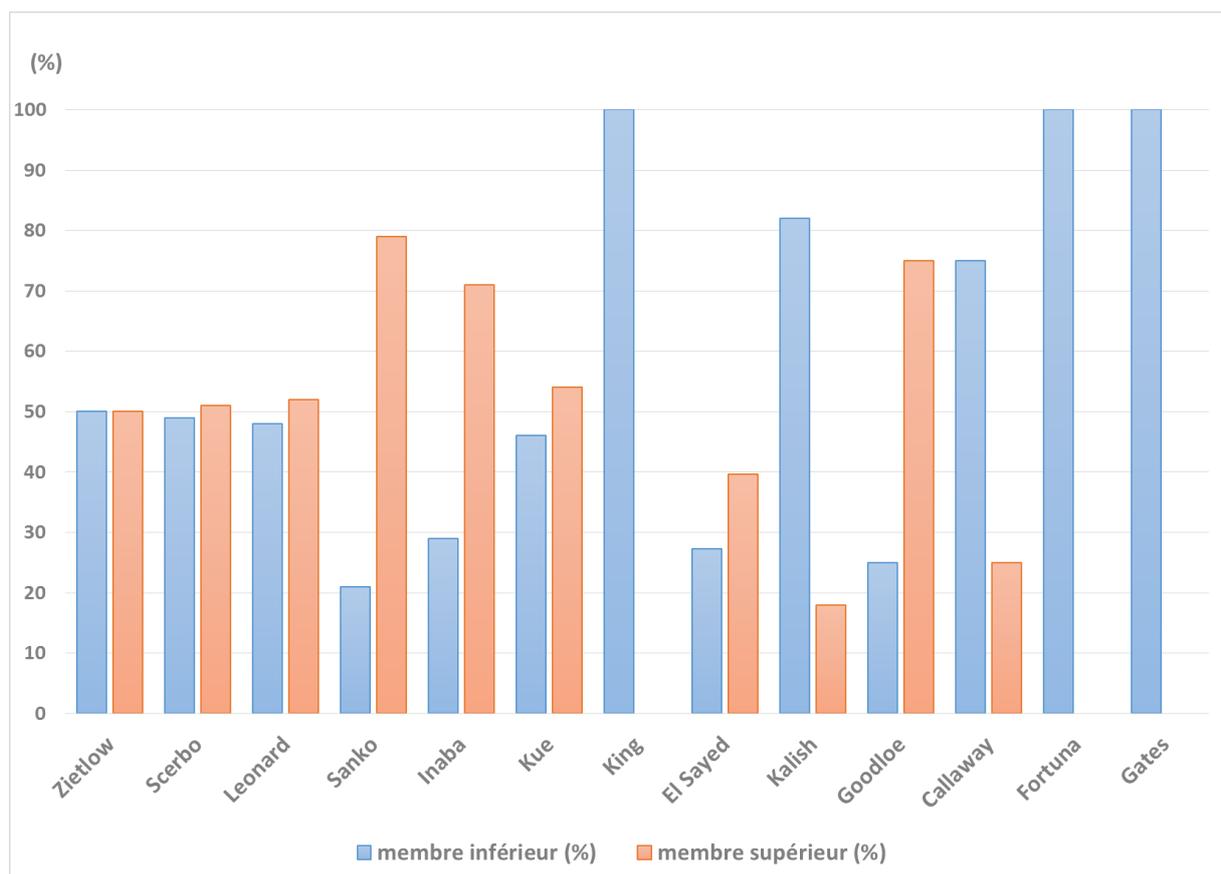


Figure 7 : membre concerné par la pose du garrot

## Chapitre 9 : Atteintes vasculaires.

Les plaies vasculaires sont des blessures qui peuvent justifier la pose d'un garrot, surtout en cas de plaies artérielles. Le traitement est systématiquement chirurgical, avec suture vasculaire ou pontage.

Dix études ont précisé la proportion de plaies vasculaires.(47,61,63–66,71–74)

Le pourcentage de plaies vasculaires décrites a varié selon les articles, entre 42% (11/27) pour King *et al.* et 100% pour Passos *et al.* (n= 8), Dubose *et al.* (n=47) et Fortuna *et al.* (n= 25).(47,66,72) Trois articles ont précisé que la majorité des plaies sont des plaies artérielles.(63,65,72)

## Chapitre 10 : Indication de la pose du garrot

Trois études ont cherché à savoir si la mise en place du garrot a été justifiée.(47,63,64)

Scerbo *et al.* ont réalisé une étude observationnelle rétrospective sur dossiers.(57) Ils ont analysé les cas où des garrots ont été posés en pré hospitalier entre 2008 et 2013 au Texas. Ils ont classé la pose d'un garrot en deux catégories : indiqué ou non indiqué. Parmi les garrots indiqués, les auteurs ont aussi distingué les indications absolues et relatives. Les catégories ont été définies comme suit : l'indication de pose d'un garrot a été définie comme absolue en cas d'amputation, de chirurgie urgente <2h ou de plaie vasculaire. L'indication de pose a été jugée relative s'il était décrit un saignement important, une atteinte importante des tissus mous ou une indication chirurgicale différée après 2h. En dehors de ces situations, les auteurs ont jugé les poses de garrot comme non indiquées. Pour 105 patients, 90% (94/105) des tourniquets posés ont relevé d'une indication reconnue : absolue dans 89% des cas (84/94), et relative dans 11% des cas (10/94). Tous les garrots dont la pose n'a pas été jugée indiquée (10%, soit 11/105) ont concerné la phase pré hospitalière.

Ode *et al.* ont aussi réalisé une étude rétrospective sur dossiers des patients ayant bénéficié d'un garrot posé en pré hospitalier entre 2012 et 2013 en Caroline du Nord.(64) Les auteurs ont classé la pose de garrot en cinq groupes : garrot posé de manière appropriée, retardée, manquée, non indiquée et absence d'indication de pose. Les critères utilisés pour déterminer ce classement ont été la présence ou non d'un choc, l'existence de lésions vasculaires et le contrôle de l'hémorragie après pose de tourniquet. Dans cette étude, 62% des garrots (15/24) ont été posés de manière appropriée, 16% (4/24) de manière retardée. Dans 20% des cas (5/24), la pose du garrot a été jugée non indiquée. La pose tardive du garrot a été associée avec une plus grande fréquence d'états de choc (87,5% vs 60%), un pH artériel plus bas à la prise en charge ( $7,21 \pm 0,19$  vs  $7,38 \pm 0,13$ ) ainsi qu'à un recours plus fréquent à la transfusion de produits sanguins (71,4% vs 40%).

L'étude menée par King *et al.* à propos des victimes des attentats du marathon de Boston a retrouvé une pose de garrot justifiée dans tous les cas (n=27).(47) Les indications

retrouvées ont été des amputations traumatiques (16/27 soit 59%), des délabrements cutanés importants (6/27 soit 22%) ou des plaies vasculaires (5/27 soit 18%).

Les autres études n'ont pas discuté l'indication de la pose du garrot.

Dorlac *et al.* ont analysé les dossiers de patients décédés d'une hémorragie des membres sur une période de 5 ans (entre 1994 et 1999), dans la ville de Houston.(62) Quatorze cas ont été identifiés. Tous les patients ont été accueillis à l'hôpital en arrêt cardio-circulatoire, alors que pour 86% d'entre eux, il existait des signes de vie en pré hospitalier. Les hémorragies ont été traitées dans 64% des cas (9/14) par un pansement compressif, associé ou non à une compression directe. Dans trois cas (21%), aucune manœuvre n'a été mise en place pour stopper l'hémorragie. Les rapports d'autopsie ont révélé que la pose d'un garrot aurait pu contrôler l'hémorragie chez 57% (8/14) des patients. En pratique, aucun des patients n'a bénéficié d'un tourniquet.

## Chapitre 11 : Efficacité du garrot

Huit études prospectives sur 18 ont rapporté l'efficacité des garrots mis en place.(47,67–71,73,77) Dans ces huit études, l'efficacité du garrot a été définie par l'arrêt du saignement après sa mise en place. Ce paramètre a été évalué par les personnels présents à la pose du garrot. La persistance d'un saignement, notamment veineux, signalait l'inefficacité du garrot.

Le taux d'efficacité le plus faible a été de 78% ou moins (21/27), dans l'étude de King *et al.*(47) Dans cette étude multicentrique, un des centres hospitaliers a rapporté avoir dû ôter tous les garrots improvisés (six garrots) pour les remplacer par des garrots CAT®. En effet, les garrots improvisés étaient inefficaces car ils n'arrêtaient pas le flux veineux et donc l'hémorragie.

Les autres études ont rapporté un taux d'efficacité des garrots entre 84% (90/106) pour Goodloe *et al.*, et 100% (4/4) pour Callaway *et al.*(73,77)

## Chapitre 12 : Score lésionnel

Sept études (43%) ont rapporté les scores lésionnels des patients.(47,63–66,68,70) Ces scores se sont situés entre 8,3 au minimum pour Inaba *et al.* et 15 au maximum pour Passos *et al.*

## Chapitre 13 : Effets secondaires et complications

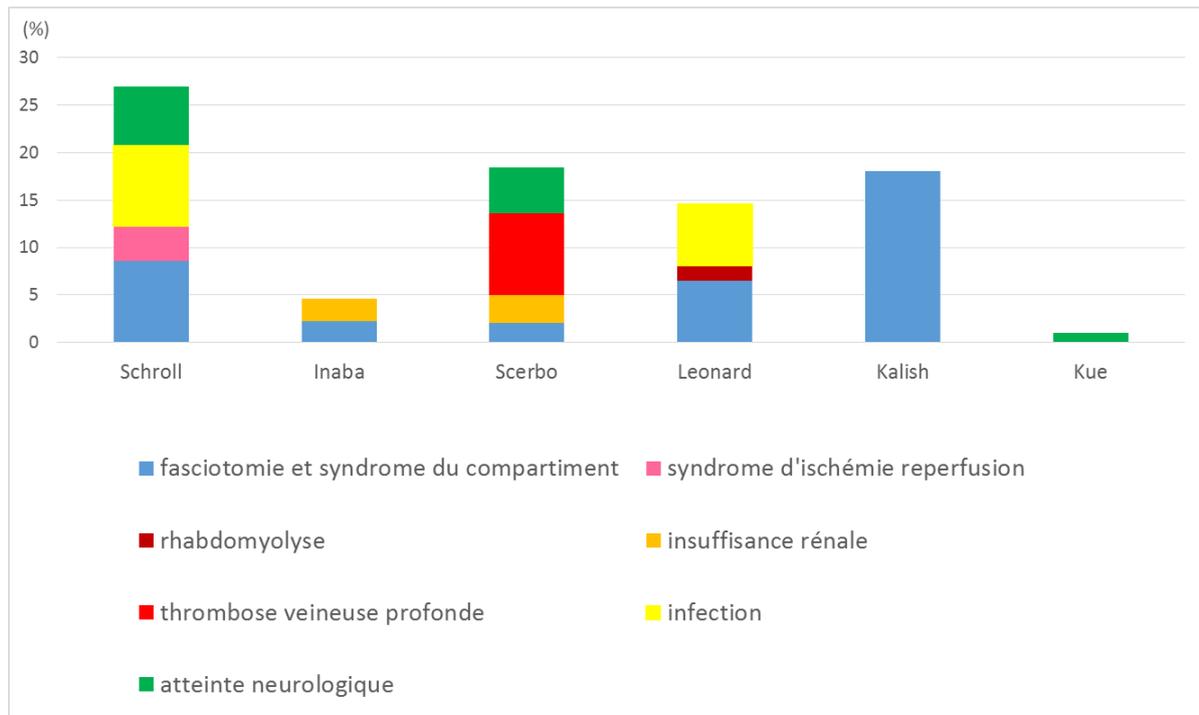
Huit études ont évalué les effets secondaires et les complications associés à la pose d'un garrot.(61,63–65,68,70,71,73)

Selon les études, la fréquence des complications constatées après un traumatisme imposant la mise en place d'un garrot a varié entre aucune (0%) pour Ode *et al.*, et Callaway *et al.*, et 25% (64/197) pour Schroll *et al.*(64,70,73) (figure 8)

Les complications aiguës retrouvées ont été des syndromes du compartiment, avec nécessité de fasciotomies de décharge entre 2,1% et 18% (2/105 soit 2,1% pour Scerbo *et al.*, 17/197 soit 8,6% pour Schroll *et al.*, 2/87 soit 2,3% pour Inaba *et al.*, 4/61 soit 6,5% pour Leonard *et al.*, 2/11 soit 18% pour Kalish *et al.*), syndrome d'ischémie-reperfusion dans 3,6% (7/197) pour Schroll *et al.*, rhabdomyolyse dans 1,6% des cas pour Leonard *et al.* (1/61), et insuffisance rénale entre 2,3 et 2,9% (2/87 pour Inaba *et al.* et 3/105 pour Scerbo *et al.*).(61,63,65,68,70)

Les complications plus tardives ont été des atteintes nerveuses entre 1% et 6,1% (1/95 soit 1% pour Kue *et al.*, 5/105 soit 4,8% pour Scerbo *et al.*, 12/197 soit 6,1% pour Schroll *et al.*), des infections entre 6,5% et 8,6% (4/61 soit 6,5% pour Leonard *et al.*, 17/197 soit 8,6% pour Schroll *et al.*) ou des thromboses veineuses profondes dans 8,6% (9/105) pour Scerbo *et al.*(63,68,70,71)

Les amputations étaient soit la raison de la pose du garrot, soit une des conséquences de la blessure initiale. Ainsi, les amputations ont concerné entre 11,5% et 59% des patients ayant eu un garrot (15/87 soit 17% pour Inaba *et al.*, 37/197 soit 18,8% pour Schroll *et al.*, 33/105 soit 29% pour Scerbo *et al.*, 7/61 soit 11,5% pour Leonard *et al.*, 16/27 soit 59% pour King *et al.*).(47,63,65,68,70)



**Figure 8** : complications (%) recensées chez les patients ayant nécessité la pose d'un garrot

Aucune des études analysées n'a pu établir un lien de causalité entre ces complications et la pose isolée du garrot. Les auteurs ont discuté le fait que le traumatisme initial a pu être, *per se*, responsable de chacune des complications.

Seuls Kue *et al.* ont rapporté deux complications (2/98 soit 2,1%) pouvant être attribuées au garrot.(71) Chez un patient, une lésion de l'intima de l'artère fémorale superficielle a pu être attribuée à un mauvais positionnement d'un garrot. Chez un autre blessé, une lésion nerveuse a pu être causée par la mise en place du garrot mais aussi par la blessure initiale.

## Chapitre 14 : Temps de pose et temps de transport

Sept études ont rapporté le temps de pose du garrot.(61,64,65,67,68,70,72)

Parmi les 24 articles analysés, le temps le plus court pendant lequel un garrot a été en place a été de 21 minutes pour Leonard *et al.*, le temps maximum de 3 heures pour Dubose *et al.* Ces délais ont inclus les temps extra hospitaliers et intra hospitaliers, notamment la durée de chirurgie sous garrot.

Deux études ont rapporté uniquement la durée de pose pré hospitalière.(71,76) Une autre a rapporté également les délais de transport des blessés chez qui un garrot a été posé.(63)

El Sayed *et al.* ont analysé toutes les interventions recensées par le *National Emergency Medical Services Information System* entre 2011 et 2014. Cette base de données recense toutes les interventions pré hospitalières effectuées par les *Emergency Medical Services* (EMS). Deux groupes ont été définis et comparés : un groupe correspondant aux 2048 patients ayant bénéficié de la pose d'un garrot pré hospitalier, le second groupe incluant les 10 364 489 n'ayant pas eu de garrot posé en pré hospitalier.(76) Le temps de transport été significativement plus court pour les patients porteurs d'un garrot, en comparaison avec les non porteurs de garrot (41 vs 45 minutes,  $p < 0,0001$ ). Cependant, en absence de donnée sur la gravité des blessures dans chacun des groupes, ce résultat est resté incomplet.

## Chapitre 15 : Protocoles, connaissance du garrot.

Cinq études ont été des études prospectives par questionnaire.(49,78–81)

En 2013, Galante *et al.* ont interrogé des directeurs de *Local Emergency Medical Services Agencies* (LEMSA) en Californie.(78) Le but a été d'évaluer l'adoption par ces services des techniques militaires de gestion des hémorragies, comme le garrot ou les agents hémostatiques locaux. Par ailleurs, ce travail a cherché à identifier les barrières à l'utilisation de telles techniques. Les questionnaires ont été envoyés et récoltés par une plateforme d'enquête en ligne. Quatorze réponses ont été recueillies (50%). Huit directeurs de LEMSA sur 14 (57%) ont déclaré l'utilisation de garrots. 86% (n=12) ont aussi déclaré penser que le garrot avait sa place en pré hospitalier civil. Les causes discutées pour expliquer la non utilisation du garrot ont été en premier lieu la différence de blessures entre militaires et civils. La deuxième cause évoquée a été l'absence de bénéfice prouvé de l'usage d'un garrot, et la troisième cause les complications possibles.

En 2013, l'étude de Haider *et al.* a évalué l'impact et l'intégration des innovations de médecine de guerre dans le milieu civil dans des centres de traumatologie aux États-Unis.(80) Quatre techniques ont été évaluées : le *damage control resuscitation*, les garrots, les agents hémostatiques et les cathéters intra osseux. L'évaluation a été effectuée à l'aide d'un questionnaire envoyé aux *Trauma Medical Director* (TMD). Sur 256 réponses, 55% (141/256) des TMD ont répondu que, selon eux, seulement moins de 20% des patients qui auraient pu bénéficier d'un garrot en avaient réellement eu un. 60% (154/256) des TMD ont déclaré qu'une expérience militaire préalable était importante pour améliorer la maîtrise de la pose du garrot. Pour 48% (123/256) des TMD, le manque de recherche spécifique en milieu civil représentait un frein à la mise en place des garrots dans les services de traumatologie. Enfin, plus de 50% des TMD ont répondu que l'utilisation des garrots avait augmenté en 10 ans.

En 2012 Aberle *et al.* ont évalué l'intégration des recommandations militaires pour la prise en charge des traumatismes hémorragiques par les forces de l'ordre aux États-Unis.(79) 1216 réponses ont été recueillies. 370 agents sur 1216 (30%) ont affirmé que leurs

commissariats de police étaient équipés de garrot tourniquet. Par ailleurs, 48% des répondants (602/1216) étaient formés à l'utilisation des garrots. Pourtant, encore 15% (182/1216) n'avaient pas l'autorisation d'en utiliser. De plus, pour 70% d'entre eux (870/1216), le garrot tourniquet apparaissait comme la technique la plus dangereuse à mettre en œuvre pour gérer une hémorragie. L'application d'une bande de compression ou la compression manuelle directe étaient pour 864 sur 1246 (69%) les moyens de gestion d'une hémorragie les plus couramment utilisés dans leur pratique. 39% (474/1216) des déclarants ont tout de même jugé que le garrot était la méthode la plus efficace pour sauver des vies en cas d'hémorragie d'une extrémité. Pourtant, seulement 0,08% (1/1216) des répondants avaient déjà utilisé un garrot. Chez les personnels formés à l'utilisation d'un garrot ou aux techniques de TCCC, les craintes de complications liées au garrot étaient statistiquement plus faibles ( $p < 0,0001$ ) que chez les personnels non formés.

Dans une enquête par questionnaire en 2012, Wall *et al.* ont évalué les connaissances des personnels des *Emergency Medical Services* (EMS) concernant les garrots tourniquets.(81) L'évaluation était réalisée après présentation du matériel par un intervenant. Les questions ont été classées en trois catégories : la relation entre la largeur du garrot et la pression nécessaire pour obtenir une occlusion artérielle, l'importance d'une occlusion artérielle, ainsi que l'emplacement idéal pour mettre en place un garrot. 108 réponses ont été recueillies. De manière générale, même après une formation, certaines informations essentielles n'étaient toujours pas comprises. 91% des répondants (98/108) n'avaient pas compris que plus le garrot est large, moins la pression à exercer est importante. 69% (74/107) n'avaient pas compris que la persistance d'un flux veineux pouvait correspondre à un échec de la mise en place du garrot. 63% (67/107) déclaraient savoir correctement positionner le garrot, *i.e* au plus proche du point de saignement.

En 2012, Vardon *et al.* ont mené une enquête en France auprès des SMUR, afin de connaître leurs équipements pour la gestion des hémorragies pré hospitalières.(49) 48% des personnes (n=178) interrogées ont répondu. Parmi les 178 réponses, il est apparu que seulement 83 SMUR (46%) étaient équipés de garrots.

Enfin, Ramly *et al.* ont effectué un recueil informatique des protocoles pour la gestion pré hospitalière des hémorragies par les EMS, aux États Unis.(82) Ce recueil a été réalisé en 2015 par Internet, ou par contact téléphonique si le protocole n'apparaissait pas en ligne. 38

États (91%) mentionnaient l'utilisation de garrot lors d'hémorragie. 84% (42/50) des États américains avaient à disposition un protocole de gestion des hémorragies. Cependant, seulement quinze États (36%) indiquaient précisément dans leur protocole la place du garrot dans la prise en charge de l'hémorragie. Trois protocoles (7%) précisaient le type de garrot (tourniquet, pneumatique etc.).

## PARTIE 4 : Discussion

---

### Chapitre 1 : Principaux résultats

Notre revue met en avant le caractère actuel du débat et des interrogations sur l'application de garrots en traumatologie civile. Parmi 24 études analysées, 22 ont été publiées après 2010, dont 16 depuis 2015. Malgré cela, les études disponibles sur le sujet sont surtout des études rétrospectives dont le niveau de preuve est faible.

Cette analyse a permis de constater que l'application d'un garrot a déjà été intégrée dans les standards de soins de traumatologie civile dans plusieurs États américains : Iowa, Minnesota, Wisconsin (67,68), Texas (63,70), Charlotte (73), Caroline du Nord (64), Californie (65) et villes américaines : Los Angeles (65,69), Boston (47,61,71,75) ou encore Houston (62). Les situations de mise en œuvre du garrot sont diverses. Des garrots sont appliqués, *a priori* sans réserve concernant l'âge ou les comorbidités du patient. En dehors des attaques terroristes, les garrots sont majoritairement appliqués par des personnels médicaux. Mais plusieurs études ont montré que des passants ou des soignants non-médicaux posaient eux aussi des garrots.(47,73,75) Le type de blessures ainsi que leurs localisations sont assez homogènes. Dans la grande majorité des cas, il s'agit de blessures traumatiques au niveau des membres. Dans l'ensemble, les garrots sont d'ailleurs appliqués de manière efficace : taux d'efficacité entre 78% minimum pour King *et al.* et 100% pour Callaway *et al.* (47,73)

Les études par questionnaire ont montré que les causes de non recours au garrot sont multiples : peur des effets indésirables et des complications, différence des caractéristiques des blessures rencontrées en milieu civil et militaire, ou encore sentiment de manque de bénéfice prouvé de l'usage d'un garrot en comparaison à un autre dispositif de gestion des hémorragies (pansements hémostatiques par exemple) ou à une compression manuelle.(78–80)

Dans notre analyse, la formation est apparue essentielle pour faire évoluer les mentalités et changer les pratiques. En effet, Aberle *et al.* ont mis en évidence que les personnels formés à

l'utilisation d'un garrot étaient plus prompts à l'utiliser et en redoutaient beaucoup moins les complications, en comparaison avec les personnels non formés.(79) Une formation adaptée apparaît indispensable pour faire comprendre le but du garrot. Ainsi, pour Wall *et al.*, encore 37% (n=40/107) des personnes formées à la mise en place d'un garrot n'ont pas compris l'intérêt d'un arrêt du flux veineux. Pour les auteurs, cela a montré la nécessité de former les personnels pouvant être amenés à prendre en charge une plaie hémorragique.(81)

Par ailleurs, ce dispositif semble encore considéré comme un dispositif de « seconde ligne ». Seuls 39% (n=474) des personnes interrogées par Aberle *et al.* ont déclaré que le garrot a pu être la technique la plus efficace pour sauver des vies en cas d'hémorragie menaçante.(79) En 2012, 46% (n=82) des SMUR français étaient équipés de garrots.(49) Aux États-Unis, 36% des EMS américains (n=15) proposaient déjà un protocole pour l'application du garrot lors de la prise en charge d'un traumatisme hémorragique.(82)

L'interprétation des durées de pose du garrot a été difficile. En effet, la définition du temps de pose n'a pas toujours été précisée dans les études analysées. En effet, l'instant T0, correspondant au moment de la pose, ainsi que le moment estimé du retrait du garrot, peuvent ne pas correspondre aux mêmes événements d'une étude à l'autre. L'analyse de ces données chronologiques est donc restée difficile.

L'étude de Dorlac *et al.* est intéressante, bien qu'elle ne rapporte aucune pose de garrot.(62) Les auteurs ont pourtant mis en évidence l'utilité de la pose de garrot lors d'une hémorragie des extrémités, et son aptitude à sauver des vies en milieu civil. Si l'absence de garrot posé dans cette étude peut paraître surprenante, elle illustre parfaitement l'évolution des pratiques médicales. En effet, au moment du recueil des données, les recommandations pour la prise en charge d'une hémorragie des extrémités pendant la phase préhospitalière reposaient sur l'application d'une compression directe de la plaie.(83) La mise en œuvre d'un garrot n'était justifiée qu'en dernier recours en cas d'amputation avec saignement non contrôlable. C'est sans doute la raison pour laquelle aucun garrot n'a été posé. Une étude similaire menée sur des données plus récentes pourrait sans doute retrouver des résultats différents.

Dans leur étude portant sur la pose de 2048 garrots, El Sayed *et al.* ont étudié les facteurs prédictifs d'utilisation de garrot tourniquet en traumatologie civile à la phase pré hospitalière.(76) Les garrots y étaient surtout appliqués pour les interventions chez des patients de sexe masculin, dont la blessure principale était une blessure traumatique, une hémorragie ou une plaie par balle. Les blessures des extrémités, les plaies par agression ou les accidents du travail, ainsi que les appels des secours pour hémorragie ou problème cardiovasculaire ont été les principaux déterminants des interventions avec pose de garrot. L'identification de ces facteurs prédictifs a permis de constater que les situations au cours desquelles un garrot peut être appliqué sont nombreuses. Les secours y sont confrontés chaque jour, non seulement aux États-Unis, d'où sont tirées ces conclusions, mais aussi en Europe ou sur d'autres continents.

Les enquêtes par questionnaire de Galante *et al.* et Aberle *et al.* ont révélé qu'un des freins à l'utilisation et à l'adoption du garrot en traumatologie civile reste la crainte d'éventuels effets indésirables.(78,79) Mais les résultats des recueils rétrospectifs ont montré que cette crainte est infondée. Parmi les 24 études analysées dans notre revue systématique, une seule a rapporté des complications pouvant être attribuables au garrot.(71) Les deux complications rapportées par Kue *et al.*, une atteinte nerveuse et une atteinte vasculaire, ont représenté 2,1% de l'ensemble des complications observées dans leur étude (n= 2/98). De plus, les autres études par recueil rétrospectif n'ont pas pu préciser si les complications rencontrées étaient directement liées à l'application d'un garrot ou à la blessure initiale. Ces données sont concordantes avec la littérature militaire, où le taux de complications associé au garrot est faible, même lorsqu'il reste en place plus de deux heures.(34,46) Enfin, ces résultats rejoignent aussi les pratiques chirurgicales courantes, où un garrot peut être laissé en place pendant 2 heures en chirurgie orthopédique réglée, sans craindre de complications.(84) En milieu urbain, les structures hospitalières sont le plus souvent accessibles rapidement. Aussi, les craintes de survenue de complications associées à la pose d'un garrot n'y semblent donc pas justifiées.

En population civile, l'utilisation de garrots peut aussi concerner des patients d'âges extrêmes ou ceux présentant des comorbidités. Les recommandations actuelles sur l'usage du garrot en traumatologie civile ne précisent pas de points spécifiquement dédiés à la prise

en charge de tels patients. En effet, les données y faisant référence restent peu abondantes.(54) Néanmoins, notre revue a permis d'observer que les patients d'âges extrêmes représentaient une faible proportion des patients ayant bénéficié de la pose d'un garrot, entre 10 et 20% selon les quatre études considérées.(63,68,69,77) De plus, les comorbidités y étaient rarement décrites. Dans notre analyse, il n'a pas été retrouvé d'association statistiquement significative entre l'âge ou la présence de comorbidités, et les complications liées au garrot. Bien qu'elles reposent sur de faibles effectifs, ces données peuvent inciter à autoriser en cas de nécessité, la poursuite de l'utilisation de garrot chez de tels patients.

En traumatologie de guerre, les recommandations civiles suggèrent, avec un faible niveau de preuve, d'utiliser des garrots commerciaux en première intention, ou sinon des garrots improvisés en dernier recours.(54) En effet, en contexte de guerre, il a été montré que les garrots improvisés étaient moins efficaces que les garrots dédiés de type CAT® (taux d'efficacité de respectivement 25 à 43% selon la largeur du garrot improvisé vs 79% pour le tourniquet CAT®), et entraînaient plus de complications (taux de complications de respectivement 80% et 21%).(85) Dans notre revue systématique concernant l'application du garrot en traumatologie civile, l'utilisation de garrots improvisés n'a pas été associée à plus de complications que les garrots commerciaux. Les données sur l'efficacité n'ont pas permis d'établir si les garrots improvisés étaient aussi efficaces que des garrots commercialisés. Cependant, l'étude de King *et al.* a retrouvé un taux d'efficacité inférieure à 78% pour l'application de garrots improvisés lors de l'attentat du marathon de Boston. D'ailleurs, plusieurs garrots (6 sur 78) étaient uniquement des garrots veineux, inefficaces. Enfin, dans cette étude, les garrots ont été mis en place dans 66% des cas par des personnels non-soignants (n=51).(47) Notre analyse n'a pas retrouvé de données permettant d'évaluer si l'application de garrots par des personnels non-soignants était justifiée, ou encore source de plus de complications que celle effectuée par des personnels soignants. Sans remettre en cause la mise en œuvre de garrots improvisés lorsque la situation l'exige, ces données mettent en avant la nécessité de former la population générale à la mise en place d'un garrot, et d'en évaluer l'efficacité.

Les initiatives pour former la population générale sont multiples. Elles peuvent être facilement disséminées par internet. Ainsi, un site internet et une application gratuite pour

*smartphone* ont été créés en novembre 2016 par des professionnels de santé militaires et civils anglais, afin de fournir à la population des recommandations sur les gestes de premier secours à mettre en œuvre lors de situations d'urgence et d'attentats.(86) Cette application, comme celle de la Croix Rouge, propose des algorithmes de prise en charge de blessés faciles à mettre en œuvre, adaptés à la situation d'urgence et aux moyens disponibles.(86,87)

L'introduction du garrot en traumatologie civile a été basée sur l'exploitation de données issues de la traumatologie de guerre. Aussi, certains auteurs ont comparé les blessures civiles aux blessures militaires. Smith et *al.* ont rapporté les données de victimes d'attentats de masse par arme à feu aux Etats-Unis, depuis les années 1970.(88) Les rapports d'autopsie des victimes ont été analysés. Le but était de déterminer la topographie des lésions, ainsi que le caractère potentiellement évitable ou non, en présence rapide de secours. Parmi les 78 événements répertoriés, 12 ont pu être analysés, ainsi qu'un total de 139 rapports d'autopsie. Cinquante-huit pour cent des victimes (80/139) présentaient des blessures de l'extrémité céphalique ou du thorax. Et 20% des blessures ont concerné les membres. Pour seulement 7% des blessures (n=9), le décès semblait potentiellement évitable. Pour 89% d'entre elles (n=8), cela concernait des lésions thoraciques avec pneumothorax compressif ou des lésions cervicales avec obstruction des voies aériennes. Aucun décès par exsanguination n'a été constaté. Ces résultats diffèrent largement avec les données issues de la traumatologie de guerre.(89,90) Le faible échantillon de l'étude a limité l'interprétation de ces résultats et leur généralisation en traumatologie civile pour les hémorragies des membres. Par ailleurs, l'analyse des blessures rencontrées lors des attentats plus récents, de Boston ou de Paris par exemple, ont rapporté des cas d'hémorragies des extrémités accessibles à un traitement par garrot.(47,75) Cependant, les résultats de Smith *et al.* permettent de souligner le fait que lors d'attentats ou de situations d'urgence avec de multiples blessés, la pose d'un garrot n'est pas le seul geste applicable par les équipes de premiers secours. L'exsufflation d'un pneumothorax compressif ou la libération des voies aériennes, qui sont des gestes essentiels dans le SC, restent des gestes de premier secours qui sauvent des vies également en milieu civil. Ces gestes font d'ailleurs partie des enseignements du *Tactical Emergency Tactical Care* (TECC).(6)

Dans leur étude rétrospective évaluant les caractéristiques des patients ayant bénéficié de la pose d'un garrot en pré hospitalier entre 2010 et 2013 au Texas, Schroll *et al.* ont comparé les caractéristiques de blessés civils et de militaires chez qui un garrot avait été posé.(70) Leurs résultats ont mis en évidence plusieurs différences statistiquement significatives. Les blessés militaires étaient plus jeunes, plus sévèrement blessés et avec des délais d'évacuation vers les structures médicales plus longs. Les taux de mortalité et les taux d'amputations secondaires étaient plus élevés dans la population militaire. Ces données soulignent le fait que les deux populations étudiées restent différentes. Par conséquent, les données obtenues dans la population militaire ne peuvent pas être directement appliquées en traumatologie civile.

La pose précoce d'un garrot chez les blessés militaires, *i.e* avant l'apparition d'un choc, permet de diminuer la mortalité.(9) Mais dans notre analyse, ce constat n'a pas pu être rapporté dans la population civile. En particulier, les résultats seraient peut-être différents, compte tenu des délais d'évacuation vers les structures médicales plus courts en milieu civil.(37)

Malgré ces différences évidentes entre traumatologie civile et militaire, les situations où les prises en charges de blessés militaires peuvent être appliquées en milieu civil sont de plus en plus nombreuses. Les connaissances militaires acquises au cours des dernières guerres, en particulier pour le sauvetage au combat, sont en cours d'intégration dans les recommandations civiles. La collaboration des deux milieux est indispensable afin de tirer les enseignements de chacun, et pour poursuivre l'amélioration de la prise en charge des patients traumatisés en milieu civil et militaire. Cette collaboration a été réaffirmée dans un rapport américain paru en septembre 2016, le National Trauma Care System.(91) Les recommandations énoncées dans ce rapport ont intégré définitivement les avancées scientifiques acquises au cours des dix dernières années dans les pratiques de sauvetage au combat. Outre cela, elles les ont transposées dans le domaine de la traumatologie civile.

## Chapitre 2 : Limites

Cette revue systématique comporte plusieurs limites.

Tout d'abord, elle s'est basée sur l'analyse d'études principalement rétrospectives de faible niveau de preuve.

De plus, le mode de sélection des articles a pu introduire un risque de biais de sélection. Cependant la lecture et la sélection par deux chercheurs de manière indépendante a permis de limiter ce risque.

L'échelle utilisée pour l'évaluation de la qualité des articles (STROBE) n'a pas été parfaitement adaptée à l'analyse de tous les articles sélectionnés. Néanmoins, elle s'est appliquée correctement pour la très grande majorité d'entre eux et a permis d'évaluer chaque étude selon des critères validés.

Enfin, la littérature non disponible en français ou en anglais a été exclue. Toutefois, le faible nombre d'articles concernés (n=2) ne compromet pas la qualité du travail.

Finalement, cette étude présente aussi de nombreux points forts. Deux chercheurs ont réalisé la sélection et l'évaluation de la qualité des articles de façon indépendante. Surtout, l'étude de la littérature grise, ajoutée à celle des bases de données usuelles, a permis d'assurer une recherche exhaustive des données actuelles. Enfin, la méthodologie utilisée pour l'analyse des études (échelle STROBE) est robuste et reconnue.(59)

## Chapitre 3 : Futures recherches

Notre étude permet de constater que l'application d'un garrot lors d'une hémorragie des membres peut être justifiée dans certains cas de traumatologie civile. De la même façon que cela a été démontré en traumatologie de guerre, ce dispositif rapide de mise en œuvre permet de sauver des vies. Les taux de complications qui y sont associées semblent faibles, en comparaison aux bénéfices réels déjà observés. Néanmoins, les données disponibles sur ce sujet sont peu abondantes et de faible niveau de preuve. Le caractère non délétère du garrot, ainsi qu'une meilleure description de ses effets sur des personnes d'âges extrêmes ou présentant des comorbidités, manquent encore. De nouvelles études semblent nécessaires afin de préciser ces différents points. Enfin, une meilleure formation des personnels amenés à mettre en œuvre ce dispositif, ainsi que des formations accessibles au plus grand nombre, seraient souhaitables afin d'intégrer sans réserve l'application du garrot dans les standards de soins appliqués à la traumatologie civile.

## CONCLUSION

---

Cette revue systématique a mis en évidence 24 études concernant l'application de garrots en traumatologie civile. Il s'agit d'un sujet très actuel, avec 21 articles sur 24 publiés depuis 2014. Le garrot permet de sauver des vies, avec peu de complications mises en évidence. Il pourrait être intégré facilement et avec pertinence dans les standards de soins civils. Pourtant, son adoption par les services de secours pré hospitaliers reste encore à améliorer. Dans notre analyse, la formation des personnels est apparue essentielle afin de faire connaître ce dispositif et son intérêt. En traumatologie civile, les situations au cours desquelles un garrot pourrait être mis en place pour stopper une hémorragie périphérique sont nombreuses. Elles incluent notamment les attaques terroristes de plus en plus nombreuses dans le contexte géopolitique mondial actuel. Le niveau de preuve des études disponibles reste cependant faible. De plus, des incertitudes persistent concernant les complications liées au garrot ou les conséquences de la pose d'un garrot chez des patients d'âges extrêmes ou présentant des comorbidités. Pourtant, la place du garrot dans la prise en charge pré hospitalière des hémorragies périphériques est de plus en plus importante, notamment dans les situations d'attentats terroristes avec multiples victimes. Finalement, de prochaines études devront encore préciser les indications et promouvoir l'application du garrot en traumatologie civile.

## BIBLIOGRAPHIE

---

1. Butler FK, Hagmann J, Butler EG. Tactical combat casualty care in special operations. *Mil Med.* 1996;161 Suppl:3-16.
2. Butler FK, Blackburne LH. Battlefield trauma care then and now: A decade of Tactical Combat Casualty Care. *J Trauma Acute Care Surg.* 2012;73:S395-402.
3. Kragh JF, Dubick MA. Battlefield Tourniquets: Lessons Learned in Moving Current Care Toward Best Care in an Army Medical Department at War. *US Army Med Dep J.* 2016;(2-16):29-36.
4. Pasquier P, Dubost C, Boutonnet M, Chrisment A, Villeveille T, Batjom E, et al. Predeployment training for forward medicalisation in a combat zone: The specific policy of the French Military Health Service. *Injury.* 2014;45(9):1307-11.
5. Tourtier J-P, Palmier B, Tazarourte K, Raux M, Meaudre E, Ausset S, et al. The concept of damage control: extending the paradigm in the prehospital setting. *Ann Fr Anesth Reanim.* 2013;32(7-8):520-6.
6. Callaway DW, Smith ER, Cain J, Shapiro G, Burnett WT, McKay SD, et al. Tactical Emergency Casualty Care (TECC): guidelines for the provision of prehospital trauma care in high threat environments. *J Spec Oper Med.* 2011;11(3):104-122.
7. Derkenne C, Demaison X, Martinez JY, David JS. Apports de la médecine de l'avant militaire en situation préhospitalière civile. *Ann Fr Médecine Urgence.* 2015;5(5):245-51.
8. Kragh JF, Swan KG, Smith DC, Mabry RL, Blackburne LH. Historical review of emergency tourniquet use to stop bleeding. *Am J Surg.* 2012;203(2):242-52.
9. Kragh JF, 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(6):590-7.
10. Paul S, Debien B. Le garrot en médecine d'urgence et militaire. *Ann Fr Anesth Réanimation.* 2014;33(4):248-55.
11. Rossaint R, Bouillon B, Cerny V, Coats TJ, Duranteau J, Fernández-Mondéjar E, et al. The European guideline on management of major bleeding and coagulopathy following trauma: fourth edition. *Crit Care.* 2016;20:100.
12. Lexique | Cochrane France [Internet]. [cité 29 oct 2016]. Disponible sur: <http://france.cochrane.org/lexique>
13. 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.* 1993;(286):257-61.

14. Estèbe J-P. Recommandations pour le bon usage du garrot pneumatique en chirurgie. *Ann Fr Anesth Réanimation*. 2006;25(3):330-2.
15. Gutin B, Warren R, Wickiewicz T, O'Brien S, Altchek D, Kroll M. Does tourniquet use during anterior cruciate ligament surgery interfere with postsurgical recovery of function? A review of the literature. *Arthroscopy*. 1991;7(1):52-6.
16. Jiang F, Zhong H, Hong Y, Zhao G. Use of a tourniquet in total knee arthroplasty: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Orthop Sci*. 2014;20(1):110-23.
17. Estebe J-P, Davies JM, Richebe P. The pneumatic tourniquet: mechanical, ischaemia-reperfusion and systemic effects. *Eur J Anaesthesiol*. 2011;28(6):404-11.
18. Girardis M, Milesi S, Donato S, Raffaelli M, Spasiano A, Antonutto G, et al. The Hemodynamic and Metabolic Effects of Tourniquet Application During Knee Surgery. *Anesth Analg*. 2000;91(3):727-31.
19. Laxenaire MC, Mouton C, Frédéric A, Viry-Babel F, Bouchon Y. Chocs anaphylactiques après levée de garrot en chirurgie orthopédique. *Ann Fr Anesth Réanimation*. 1996;15(2):179-84.
20. Zhang W, Li N, Chen S, Tan Y, Al-Aidaros M, Chen L. The effects of a tourniquet used in total knee arthroplasty: a meta-analysis. *J Orthop Surg*. 2014;9:13.
21. Valli H, Rosenberg PH, Kytta J, Nurminen M. Arterial hypertension associated with the use of a tourniquet with either general or regional anaesthesia. *Acta Anaesthesiol Scand*. 1987;31(4):279-83.
22. Akata T, Kanna T, Izumi K, Kodama K, Takahashi S. Changes in body temperature following deflation of limb pneumatic tourniquet. *J Clin Anesth*. 1998;10(1):17-22.
23. Turner RJ. Tourniquet use in the Civil War. *J Am Coll Surg*. 2006;203(5):784-5.
24. Blackwood M. Royal Army Medical Corps, 3rd Corps Medical Society. Treatment of wounds from fire trench to field ambulance. 1916. *J R Army Med Corps*. 2001;147(2):230-235; discussion 229.
25. Cosmas GA, Cowdrey AE. The medical department: medical service in european theater of operations. Library of congress. Washington, DC: United States Army Center for Military History; 1992. 675 p.
26. Hughes CW. The primary repair of wounds of major arteries; an analysis of experience in Korea in 1953. *Ann Surg*. 1955;141(3):297-303.
27. Jahnke EJ, Seeley SF. Acute vascular injuries in the Korean War. *Ann Surg*. 1953;138(2):158-77.
28. Wolff LH, Adkins TF. Tourniquet problems in war injuries. *Bull US Army Med Dept*;87:77-84. 1945.

29. Maughon JS. An inquiry into the nature of wounds resulting in killed in action in Vietnam. *Mil Med.* 1970;135(1):8-13.
30. 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 Acute Care Surg.* 2000;49(3):515–529.
31. Jackson DS, Batty CG, Ryan JM, McGregor WS. The Falklands war: Army field surgical experience. *Ann R Coll Surg Engl.* 1983;65(5):281-5.
32. Le T.D., Kragh J.F, Dubick M.A, Gurney J., Shackelford S.A, Gross K.R, et al. Impact of tourniquet use on mortality and shock for patients arriving at U.S. role 2 surgical facilities in Afghanistan. *Shock.* 2016;45(6):86.
33. Walters TJ, Mabry RL. Issues related to the use of tourniquets on the battlefield. *Mil Med.* 2005;170(9):770–775.
34. 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(5 Suppl):S221-225.
35. enseignement du sauvetage au combat - Ecole du Val de Grâce. In: enseignement du sauvetage au combat référentiel de formation validé sou le numéro d'enregistrement 0309/ EVDG/ DPMO du 30 mars 2012.
36. 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(4):416-22.
37. Brethauer SA, Chao A, Chambers LW, Green DJ, Brown C, Rhee P, et al. Invasion vs insurgency: US Navy/Marine corps forward surgical care during Operation Iraqi Freedom. *Arch Surg.* 2008;143(6):564–569.
38. Eastridge BJ, Mabry RL, Seguin P, Cantrell J, Tops T, Uribe P, et al. Death on the battlefield (2001-2011): Implications for the future of combat casualty care. *J Trauma Acute Care Surg.* 2012;73(6).
39. 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(2):91-9.
40. Sohn VY, Arthurs ZM, Herbert GS, Beekley AC, Sebesta JA. Demographics, treatment, and early outcomes in penetrating vascular combat trauma. *Arch Surg Chic Ill* 1960. 2008;143(8):783-7.
41. Holcomb JB, Stansbury LG, Champion HR, Wade C, Bellamy RF. Understanding combat casualty care statistics. *J Trauma.* 2006;60(2):397-401.

42. 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(2 Suppl):S21-26-27.
43. 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(6):986-91.
44. 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 Inj Infect Crit Care*. 2008;64(Supplement):S28-37.
45. Kragh JF, 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(2 Suppl):S38-49-50.
46. Kragh Jr JF, 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):1-7.
47. King DR, Larentzakis A, Ramly EP. Tourniquet use at the Boston Marathon bombing: Lost in translation. *J Trauma Acute Care Surg*. 2015;78(3):594-9.
48. Gutierrez de Ceballos JP, Fuentes FT, Diaz DP, Sanchez MS, Llorente CM, Guerrero Sanz JE. Casualties treated at the closest hospital in the Madrid, March 11, terrorist bombings: *Crit Care Med*. 2005;33(Supplement):S107-12.
49. Vardon F, Bounes V, Ducassé J-L, Minville V, Lapostolle F. [Out-of-hospital equipment of emergency medical services for hemorrhagic shock management: can do better!]. *Ann Fr Anesth Reanim*. 2014;33(12):621-5.
50. Tourtier J-P, Pelloux P, Minh PD, Klein I, Marx J-S, Carli P. Charlie Hebdo attacks: lessons from the military milieu. *Am J Emerg Med*. 2015;33(6):843.
51. Chollet-Xémard C, Lescot T, Maggi V, Nion N, Raux M, Pease S, et al. Retour d'expérience des attentats du 13 novembre 2015 : innovations. *Ann Fr Médecine Urgence*. 2016;6(1):70-3.
52. Recommandations premiers secours [Internet]. [cité 16 févr 2017]. Disponible sur: <http://www.secourisme.net/spip.php?article650>
53. American Academy of Pediatrics, American College of Emergency Physicians, American College of Surgeons Committee on Trauma, Emergency Medical Services for Children, Emergency Nurses Association, National Association of EMS Physicians, et al. Equipment for Ground Ambulances. *Prehosp Emerg Care*. 2014;18(1):92-7.
54. Bulger EM, Snyder D, Schoelles K, Gotschall C, Dawson D, Lang E, et al. An Evidence-based Prehospital Guideline for External Hemorrhage Control: American College of Surgeons Committee on Trauma. *Prehosp Emerg Care*. 2014;18(2):163-73.

55. Jacobs LM, Wade DS, McSwain NE, Butler FK, Fabbri WP, Eastman AL, et al. The Hartford Consensus: THREAT, A Medical Disaster Preparedness Concept. *J Am Coll Surg.* 2013;217(5):947-53.
56. PICO ontology | Cochrane Linked Data [Internet]. [cité 10 déc 2016]. Disponible sur: <http://linkeddata.cochrane.org/pico-ontology>
57. Baker SP, O'Neill B, Haddon W, Long WB. The injury severity score: a method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care. *J Trauma.* 1974;14(3):187-96.
58. Moher D, Shamseer L, Clarke M, Ghersi D, Liberati A, Petticrew M, et al. Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Syst Rev.* 2015;4:1.
59. Von Elm E, Altman DG, Egger M, Pocock SJ, Gøtzsche PC, Vandenbroucke JP, et al. The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) Statement: guidelines for reporting observational studies. *Int J Surg.* 2014;12(12):1495–1499.
60. Balshem H, Helfand M, Schünemann HJ, Oxman AD, Kunz R, Brozek J, et al. GRADE guidelines: 3. Rating the quality of evidence. *J Clin Epidemiol.* 2011;64(4):401-6.
61. Kalish J, Burke P, Feldman J, Agarwal S, Glantz A, Moyer P, et al. The return of tourniquets. Original research evaluates the effectiveness of prehospital tourniquets for civilian penetrating extremity injuries. *JEMS J Emerg Med Serv.* 2008;33(8):44-6, 49-50, 52, 54.
62. Dorlac WC, DeBakey ME, Holcomb JB, Fagan SP, Kwong KL, Dorlac GR, et al. Mortality from Isolated Civilian Penetrating Extremity Injury: *J Trauma Inj Infect Crit Care.* 2005;59(1):217-22.
63. Scerbo MH, Mumm JP, Gates K, Love JD, Wade CE, Holcomb JB, et al. Safety and Appropriateness of Tourniquets in 105 Civilians. *Prehosp Emerg Care.* 2016;0(0):1-11.
64. Ode G, Studnek J, Seymour R, Bosse MJ, Hsu JR. Emergency tourniquets for civilians: Can military lessons in extremity hemorrhage be translated? *J Trauma Acute Care Surg.* 2015;79(4):586-91.
65. Inaba K, Siboni S, Resnick S, Zhu J, Wong MDM, Haltmeier T, et al. Tourniquet use for civilian extremity trauma. *J Trauma Acute Care Surg.* 2015;79(2):232-7.
66. Passos E, Dingley B, Smith A, Engels PT, Ball CG, Faidi S, et al. Tourniquet use for peripheral vascular injuries in the civilian setting. *Injury.* 2014;45(3):573-7.
67. Zietlow JM, Zietlow SP, Morris DS, Berns KS, Jenkins DH. Prehospital Use of Hemostatic Bandages and Tourniquets: Translation From Military Experience to Implementation in Civilian Trauma Care. *J Spec Oper Med Peer Rev J SOF Med Prof.* 2015;15(2):48-53.

68. Leonard J, Zietlow J, Morris D, Berns K, Eyer S, Martinson K, et al. A multi-institutional study of hemostatic gauze and tourniquets in rural civilian trauma: *J Trauma Acute Care Surg.* 2016;81(3):441-4.
69. Sanko S, Mindlin D, Eckstein M. 74 Tourniquet Use in a Civilian Out-of-Hospital Setting: The Los Angeles Experience. *Ann Emerg Med.* 2015;66(4):S26.
70. Schroll R, Smith A, McSwain NE, Myers J, Rocchi K, Inaba K, et al. A multi-institutional analysis of prehospital tourniquet use: *J Trauma Acute Care Surg.* 2015;79(1):10-4.
71. Kue RC, Temin ES, Weiner SG, Gates J, Coleman MH, Fisher J, et al. Tourniquet Use in a Civilian Emergency Medical Services Setting: A Descriptive Analysis of the Boston EMS Experience. *Prehospital Emerg Care Off J Natl Assoc EMS Physicians Natl Assoc State EMS Dir.* 2015;19(3):399-404.
72. DuBose JJ, Savage SA, Fabian TC, Menaker J, Scalea T, Holcomb JB, et al. The American Association for the Surgery of Trauma PROspective Observational Vascular Injury Treatment (PROOVIT) registry: Multicenter data on modern vascular injury diagnosis, management, and outcomes. *J Trauma Acute Care Surg.* 2015;78(2):215-23.
73. Callaway DW, Robertson J, Sztajnkrycer MD. Law enforcement-applied tourniquets: a case series of life-saving interventions. *Prehospital Emerg Care Off J Natl Assoc EMS Physicians Natl Assoc State EMS Dir.* 2015;19(2):320-7.
74. Fortuna G, DuBose JJ, Mendelsberg R, Inaba K, Haider A, Joseph B, et al. Contemporary outcomes of lower extremity vascular repairs extending below the knee: A multicenter retrospective study. *J Trauma Acute Care Surg.* 2016;81(1):63-70.
75. Gates JD, Arabian S, Biddinger P, Blansfield J, Burke P, Chung S, et al. The initial response to the Boston marathon bombing: lessons learned to prepare for the next disaster. *Ann Surg.* 2014;260(6):960–966.
76. El Sayed MJ, Tamim H, Mailhac A, Mann NC. Trends and Predictors of Limb Tourniquet Use by Civilian Emergency Medical Services in the United States. *Prehospital Emerg Care Off J Natl Assoc EMS Physicians Natl Assoc State EMS Dir.* 2017;21(1):54-62.
77. Goodloe JM, Martinez M, Arthur AO, Parker S, Thomas SH. Tourniquet utilization patterns & impacts on hemostasis in a large, urban EMS system. *Can J Emerg Med.* 2014;suppl 1:S52.
78. Galante JM, Smith CA, Sena MJ, Scherer LA, Tharratt RS. Identification of Barriers to Adaptation of Battlefield Technologies into Civilian Trauma in California. *Mil Med.* 2013;178(11):1227-30.
79. Aberle SJ, Dennis AJ, Landry JM, Sztajnkrycer MD. Hemorrhage Control by Law Enforcement Personnel: A Survey of Knowledge Translation From the Military Combat Experience. *Mil Med.* 2015;180(6):615-20.

80. Haider AH, Piper LC, Zogg CK, Schneider EB, Orman JA, Butler FK, et al. Military-to-civilian translation of battlefield innovations in operative trauma care. *Surgery*. 2015;158(6):1686-95.
81. Wall PLD, Welander JD, Smith HL, Buising CM, Sahr SM. What do the people who transport trauma patients know about tourniquets? *J Trauma Acute Care Surg*. 2014;77(5):734-42.
82. Ramly E, Runyan G, King DR. The state of the union: Nationwide absence of uniform guidelines for the prehospital use of tourniquets to control extremity exsanguination. *J Trauma Acute Care Surg*. 2016;80(5):787-91.
83. EMS. Emergency Medical Technician-Basic: National Standard Curriculum [Internet]. [cité 13 févr 2017]. Disponible sur: [https://www.ems.gov/pdf/education/Emergency-Medical-Technician/EMT\\_Basic\\_1996.pdf](https://www.ems.gov/pdf/education/Emergency-Medical-Technician/EMT_Basic_1996.pdf)
84. Kam PC, Kavanagh R, Yoong FF, Kavanaugh R. The arterial tourniquet: pathophysiological consequences and anaesthetic implications. *Anaesthesia*. 2001;56(6):534-45.
85. Kragh JF, 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(2 Suppl):S38-49-50.
86. Public immediate actions and first aid for a stabbing, bomb incident or mass shooting [Internet]. citizenAID™. [cité 1 févr 2017]. Disponible sur: <http://citizenaid.org/>
87. L'Appli qui Sauve : Croix Rouge dans l'App Store [Internet]. App Store. [cité 11 févr 2017]. Disponible sur: <https://itunes.apple.com/fr/app/lappli-qui-sauve-croix-rouge/id407785632?mt=8>
88. Smith ER, Shapiro G, Sarani B. The profile of wounding in civilian public mass shooting fatalities. *J Trauma Acute Care Surg*. 2016;81(1):86-92.
89. Champion HR, Bellamy RF, Roberts CP, Leppaniemi A. A profile of combat injury. *J Trauma Acute Care Surg*. 2003;54(5):S13–S19.
90. Butler FK. Military history of increasing survival: The U.S. military experience with tourniquets and hemostatic dressings in the Afghanistan and Iraq conflicts. *Bull Am Coll Surg*. 2015;100(1 Suppl):60-4.
91. Committee on Military Trauma Care's Learning Health System and Its Translation to the Civilian Sector, Board on Health Sciences Policy, Board on the Health of Select Populations, Health and Medicine Division, National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. A National Trauma Care System: Integrating Military and Civilian Trauma Systems to Achieve Zero Preventable Deaths After Injury [Internet]. Berwick D, Downey A, Cornett E, éditeurs. Washington (DC): National Academies Press (US); 2016 [cité 1 févr 2017]. Disponible sur: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK390327/>

# ANNEXES

## Annexe 1 : liste de critères PRISMA

Section/Topic	#	Checklist Item	Reported on Page #
<b>TITLE</b>			
Title	1	Identify the report as a systematic review, meta-analysis, or both.	
<b>ABSTRACT</b>			
Structured summary	2	Provide a structured summary including, as applicable: background; objectives; data sources; study eligibility criteria, participants, and interventions; study appraisal and synthesis methods; results; limitations; conclusions and implications of key findings; systematic review registration number.	
<b>INTRODUCTION</b>			
Rationale	3	Describe the rationale for the review in the context of what is already known.	
Objectives	4	Provide an explicit statement of questions being addressed with reference to participants, interventions, comparisons, outcomes, and study design (PICOS).	
<b>METHODS</b>			
Protocol and registration	5	Indicate if a review protocol exists, if and where it can be accessed (e.g., Web address), and, if available, provide registration information including registration number.	
Eligibility criteria	6	Specify study characteristics (e.g., PICOS, length of follow-up) and report characteristics (e.g., years considered, language, publication status) used as criteria for eligibility, giving rationale.	
Information sources	7	Describe all information sources (e.g., databases with dates of coverage, contact with study authors to identify additional studies) in the search and date last searched.	
Search	8	Present full electronic search strategy for at least one database, including any limits used, such that it could be repeated.	
Study selection	9	State the process for selecting studies (i.e., screening, eligibility, included in systematic review, and, if applicable, included in the meta-analysis).	
Data collection process	10	Describe method of data extraction from reports (e.g., piloted forms, independently, in duplicate) and any processes for obtaining and confirming data from investigators.	
Data items	11	List and define all variables for which data were sought (e.g., PICOS, funding sources) and any assumptions and simplifications made.	
Risk of bias in individual studies	12	Describe methods used for assessing risk of bias of individual studies (including specification of whether this was done at the study or outcome level), and how this information is to be used in any data synthesis.	
Summary measures	13	State the principal summary measures (e.g., risk ratio, difference in means).	
Synthesis of results	14	Describe the methods of handling data and combining results of studies, if done, including measures of consistency (e.g., $I^2$ ) for each meta-analysis.	
Risk of bias across studies	15	Specify any assessment of risk of bias that may affect the cumulative evidence (e.g., publication bias, selective reporting within studies).	
Additional analyses	16	Describe methods of additional analyses (e.g., sensitivity or subgroup analyses, meta-regression), if done, indicating which were pre-specified.	
<b>RESULTS</b>			
Study selection	17	Give numbers of studies screened, assessed for eligibility, and included in the review, with reasons for exclusions at each stage, ideally with a flow diagram.	
Study characteristics	18	For each study, present characteristics for which data were extracted (e.g., study size, PICOS, follow-up period) and provide the citations.	
Risk of bias within studies	19	Present data on risk of bias of each study and, if available, any outcome-level assessment (see Item 12).	
Results of individual studies	20	For all outcomes considered (benefits or harms), present, for each study: (a) simple summary data for each intervention group and (b) effect estimates and confidence intervals, ideally with a forest plot.	
Synthesis of results	21	Present results of each meta-analysis done, including confidence intervals and measures of consistency.	
Risk of bias across studies	22	Present results of any assessment of risk of bias across studies (see Item 15).	
Additional analysis	23	Give results of additional analyses, if done (e.g., sensitivity or subgroup analyses, meta-regression [see Item 16]).	
<b>DISCUSSION</b>			
Summary of evidence	24	Summarize the main findings including the strength of evidence for each main outcome; consider their relevance to key groups (e.g., health care providers, users, and policy makers).	
Limitations	25	Discuss limitations at study and outcome level (e.g., risk of bias), and at review level (e.g., incomplete retrieval of identified research, reporting bias).	
Conclusions	26	Provide a general interpretation of the results in the context of other evidence, and implications for future research.	
<b>FUNDING</b>			
Funding	27	Describe sources of funding for the systematic review and other support (e.g., supply of data); role of funders for the systematic review.	

## Annexe 2 : liste de critères STROBE

	<b>Item number</b>	<b>Recommendation</b>
<b>TITLE and ABSTRACT</b>	1	(a) Indicate the study's design with a commonly used term in the title or the abstract (b) Provide in the abstract an informative and balanced summary of what was done and what was found
<b>INTRODUCTION</b>		
<b>Background/ rationale</b>	2	Explain the scientific background and rationale for the investigation being reported
<b>Objectives</b>	3	State specific objectives, including any prespecified hypotheses
<b>METHODS</b>		
<b>Study design</b>	4	Present key elements of study design early in the paper
<b>Setting</b>	5	Describe the setting, locations, and relevant dates, including periods of recruitment, exposure, follow-up, and data collection
<b>Participants</b>	6	(a) <i>Cohort study</i> —Give the eligibility criteria, and the sources and methods of selection of participants. Describe methods of follow-up <i>Case-control study</i> —Give the eligibility criteria, and the sources and methods of case ascertainment and control selection. Give the rationale for the choice of cases and controls <i>Cross-sectional study</i> —Give the eligibility criteria, and the sources and methods of selection of participants (b) <i>Cohort study</i> —For matched studies, give matching criteria and number of exposed and unexposed <i>Case-control study</i> —For matched studies, give matching criteria and the number of controls per case
<b>Variables</b>	7	Clearly define all outcomes, exposures, predictors, potential confounders, and effect modifiers. Give diagnostic criteria, if applicable
<b>Data sources/ measurement</b>	8*	For each variable of interest, give sources of data and details of methods of assessment (measurement). Describe comparability of assessment methods if there is more than one group
<b>Bias</b>	9	Describe any efforts to address potential sources of bias
<b>Study size</b>	10	Explain how the study size was arrived at
<b>Quantitative variables</b>	11	Explain how quantitative variables were handled in the analyses. If applicable, describe which groupings were chosen, and why
<b>Statistical methods</b>	12	(a) Describe all statistical methods, including those used to control for confounding (b) Describe any methods used to examine subgroups and interactions (c) Explain how missing data were addressed (d) <i>Cohort study</i> —If applicable, explain how loss to follow-up was addressed <i>Case-control study</i> —If applicable, explain how matching of cases and controls was addressed <i>Cross-sectional study</i> —If applicable, describe analytical methods taking account of sampling strategy (e) Describe any sensitivity analyses
<b>RESULTS</b>		
<b>Participants</b>	13*	(a) Report the numbers of individuals at each stage of the study—e.g., numbers potentially eligible, examined for eligibility, confirmed eligible, included in the study, completing follow-up, and analysed (b) Give reasons for non-participation at each stage (c) Consider use of a flow diagram
<b>Descriptive data</b>	14*	(a) Give characteristics of study participants (e.g., demographic, clinical, social) and information on exposures and potential confounders (b) Indicate the number of participants with missing data for each variable of interest (c) <i>Cohort study</i> —Summarise follow-up time (e.g., average and total amount)
<b>Outcome data</b>	15*	<i>Cohort study</i> —Report numbers of outcome events or summary measures over time <i>Case-control study</i> —Report numbers in each exposure category, or summary measures of exposure <i>Cross-sectional study</i> —Report numbers of outcome events or summary measures
<b>Main results</b>	16	(a) Give unadjusted estimates and, if applicable, confounder-adjusted estimates and their precision (e.g., 95% confidence interval). Make clear which confounders were adjusted for and why they were included (b) Report category boundaries when continuous variables were categorized (c) If relevant, consider translating estimates of relative risk into absolute risk for a meaningful time period
<b>Other analyses</b>	17	Report other analyses done—e.g., analyses of subgroups and interactions, and sensitivity analyses
<b>DISCUSSION</b>		
<b>Key results</b>	18	Summarise key results with reference to study objectives
<b>Limitations</b>	19	Discuss limitations of the study, taking into account sources of potential bias or imprecision. Discuss both direction and magnitude of any potential bias
<b>Interpretation</b>	20	Give a cautious overall interpretation of results considering objectives, limitations, multiplicity of analyses, results from similar studies, and other relevant evidence
<b>Generalisability</b>	21	Discuss the generalisability (external validity) of the study results
<b>OTHER INFORMATION</b>		
<b>Funding</b>	22	Give the source of funding and the role of the funders for the present study and, if applicable, for the original study on which the present article is based

## Annexe 3 : titres des articles trouvés dans la recherche

- 1) Patients with multiple traumatic amputations: An analysis of operation enduring freedom joint theatre trauma registry data. *Injury*. 2016 Aug 17 Godfrey BW, Martin A, Chestovich PJ, Lee GH, Ingalls NK, Saldanha V.
- 2) The profile of wounding in civilian public mass shooting fatalities. *J Trauma Acute Care Surg*. 2016 Jul;81(1):86-92 Smith ER, Shapiro G, Sarani B.
- 3) Safety and Appropriateness of Tourniquets in 105 Civilians. *Prehosp Emerg Care*. 2016 May 31:1-11. Scerbo MH, Mumm JP, Gates K, Love JD, Wade CE, Holcomb JB, Cotton BA.
- 4) Surgical adjuncts to noncompressible torso hemorrhage as tools for patient blood management. *Transfusion*. 2016 Apr;56 Rappold JF, Bochicchio GV.
- 5) Battlefield Tourniquets: Lessons Learned in Moving Current Care Toward Best Care in an Army Medical Department at War. *US Army Med Dep J*. 2016 Apr-Sep;(2-16 Kragh JF Jr, Dubick MA
- 6) Compartment Syndrome Following Arthroscopic Removal of a Bullet in the Knee Joint after a Low-Velocity Gunshot Injury. *Clin Orthop Surg*. 2016 Mar;8(1):115-8 Keskinbora M, Yalçın S, Oltulu İ, Erdil ME, Örmeci T
- 7) Research in Review: Driving Critical Care Practice Change. *Am J Crit Care*. 2016 Jan;25(1):76-84 Bridges E, McNeill M, Munro N.
- 8) Military-to-civilian translation of battlefield innovations in operative trauma care. *Surgery*. 2015 Dec;158(6):1686-95 Haider AH, Piper LC, Zogg CK, Schneider EB, Orman JA, Butler FK, Gerhardt RT, Haut ER, Mather JP, MacKenzie EJ, Schwartz DA, Geyer DW, DuBose JJ, Rasmussen TE, Blackburne LH.
- 9) Autologous Internal Iliac Artery Graft in a Popliteal Artery Injury Defect in War Surgery. *Mil Med*. 2015 Dec;180(12):e1284-6. Noorzai MY, Carpp N, Ertl CW.
- 10) Control of Junctional Hemorrhage in a Consensus Swine Model With Hemostatic Gauze Products Following Minimal Training. *Mil Med*. 2015 Nov;180(11):1189-95 Conley SP, Littlejohn LF, Henao J, DeVito SS, Zarow GJ
- 11) Emergency tourniquets for civilians: Can military lessons in extremity hemorrhage be translated? *J Trauma Acute Care Surg*. 2015 Ode G, Studnek J, Seymour R, Bosse MJ, Hsu JR
- 12) Use of a Tourniquet by LIFE STAR Air Medical Crew: A Case Report. *Conn Med*. 2015 Oct;79(9):537-41. Jacobs LM, Burns KJ, Priest HS, Muskett W
- 13) Can Cytoprotective Cobalt Protoporphyrin Protect Skeletal Muscle and Muscle-derived Stem Cells From Ischemic Injury? *Clin Orthop Relat Res*. 2015 Sep;473(9):2908-19. Wilson HM, Welikson RE, Luo J, Kean TJ, Cao B, Dennis JE, Allen MD.
- 14) Tourniquet use for civilian extremity trauma. *J Trauma Acute Care Surg*. 2015 Aug;79(2):232-7;quiz 332-3 Inaba K, Siboni S, Resnick S, Zhu J, Wong MD, Haltmeier T, Benjamin E, Demetriades D

- 15) Tourniquet Use in a Civilian Emergency Medical Services Setting: A Descriptive Analysis of the Boston EMS Experience. *Prehosp Emerg Care*. 2015 Jul-Sep;19(3):399-404 Kue RC, Temin ES, Weiner SG, Gates J, Coleman MH, Fisher J, Dyer S.
- 16) A multi-institutional analysis of prehospital tourniquet use. *J Trauma Acute Care Surg*. 2015 Jul;79(1):10-4; discussion 14 Schroll R, Smith A, McSwain NE Jr, Myers J, Rocchi K, Inaba K, Siboni S, Vercruyse GA, Ibrahim-Zada I, Sperry JL, Martin-Gill C, Cannon JW, Holland SR, Schreiber MA, Lape D, Eastman AL, Stebbins CS, Ferrada P, Han J, Meade P, Duchesne JC.
- 17) Prehospital Use of Hemostatic Bandages and Tourniquets: Translation From Military Experience to Implementation in Civilian Trauma Care. *J Spec Oper Med*. 2015 Summer;15(2):48-53. Zietlow JM, Zietlow SP, Morris DS, Berns KS, Jenkins DH
- 18) Hemorrhage control by law enforcement personnel: a survey of knowledge translation from the military combat experience. *Mil Med*. 2015 Jun;180(6):615-20. Aberle SJ, Dennis AJ, Landry JM, Sztajnkrycer MD
- 19) Law enforcement-applied tourniquets: a case series of life-saving interventions. *Prehosp Emerg Care*. 2015 Apr-Jun;19(2):320-7 Callaway DW, Robertson J, Sztajnkrycer MD
- 20) Topical hemostatic agents and dressings in the prehospital setting. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2015 Apr;28(2):210-6. Grissom TE, Fang R
- 21) Boston Trauma Collaborative. Tourniquet use at the Boston Marathon bombing: Lost in translation. *J Trauma Acute Care Surg*. 2015 Mar;78(3):594-9. King DR, Larentzakis A, Ramly EP
- 22) Lessons learned from the casualties of war: battlefield medicine and its implication for global trauma care. *J R Soc Med*. 2015 Mar;108(3):93-100. Chatfield-Ball C, Boyle P, Autier P, van Wees SH, Sullivan R
- 23) Noninvasive Multimodal Imaging to Predict Recovery of Locomotion after Extended Limb Ischemia. *PLoS One*. 2015 Sep 14;10(9):e0137430. doi: 10.1371/journal.pone.0137430. eCollection 2015. Radowsky JS, Caruso JD, Luthra R, Bradley MJ, Elster EA, Forsberg JA, Crane NJ
- 24) What do the people who transport trauma patients know about tourniquets? *J Trauma Acute Care Surg*. 2014 Nov;77(5):734-742 Wall PL, Welander JD, Smith HL, Buising CM, Sahr SM
- 25) Another civilian life saved by law enforcement-applied tourniquets. *J Spec Oper Med*. 2014 Fall;14(3):7-11. Robertson J, McCahill P, Riddle A, Callaway D
- 26) Management of External Hemorrhage in Tactical Combat Casualty Care: Chitosan-Based Hemostatic Gauze Dressings--TCCC Guidelines-Change 13-05. *J Spec Oper Med*. 2014 Fall;14(3):40-57. Bennett BL, Littlejohn LF, Kheirabadi BS, Butler FK, Kotwal RS, Dubick MA, Bailey JA.
- 27) Abdominal aortic and junctional tourniquet controls hemorrhage from a gunshot wound of the left groin. *J Spec Oper Med*. 2014 Summer;14(2) Croushorn J.
- 28) Miniature electrical stimulator for hemorrhage control. *IEEE Trans Biomed Eng*. 2014 Jun;61(6):1765-71 Brinton MR, Mandel Y, Dalal R, Palanker D.

- 29) Prehospital emergency care: evaluation of the junctional emergency tourniquet tool with a perfused cadaver model. *J Spec Oper Med.* 2014 Spring;14(1):40-4 Gates KS, Baer L, Holcomb JB.
- 30) Canadian Trauma Trials Collaborative. Tourniquet use for peripheral vascular injuries in the civilian setting. *Injury.* 2014 Mar;45(3):573-7 Passos E, Dingley B, Smith A, Engels PT, Ball CG, Faidi S, Nathens A, Tien H;
- 31) Imaging comparison of pelvic ring disruption and injury reduction with use of the junctional emergency treatment tool for preinjury and postinjury pelvic dimensions: a cadaveric study with computed tomography. *J Spec Oper Med.* 2014 Winter;14(4):30-4. Gary JL, Kumaravel M, Gates K, Burgess AR, Routt ML, Welch T, Podbielski JM, Beeler AM, Holcomb JB
- 32) Prehospital and en route cricothyrotomy performed in the combat setting: a prospective, multicenter, observational study. *J Spec Oper Med.* 2014 Winter;14(4):35-9. Barnard EB, Ervin AT, Mabry RL, Bebartta VS
- 33) What's new in operative trauma surgery in the last 10 years. *Curr Opin Crit Care.* 2013 Dec;19(6):599-604. Beckett A, Tien H.
- 34) Intravenous hemostats: challenges in translation to patients. *Nanoscale.* 2013 Nov 21;5(22):10719-28. Lashof-Sullivan M, Shoffstall A, Lavik E
- 35) Tourniquets: translating military knowledge into civilian care. *J Emerg Nurs.* 2013 Nov;39(6):595-601. Lewis PC.
- 36) Identification of barriers to adaptation of battlefield technologies into civilian trauma in California. *Mil Med.* 2013 Nov;178(11):1227-30. Galante JM, Smith CA, Sena MJ, Scherer LA, Tharratt RS
- 37) Boston bombings: a surgical view of lessons learned from combat casualty care and the applicability to Boston's terrorist attack. *J Craniofac Surg.* 2013 Jul;24(4):1061-7. Caterson EJ, Carty MJ, Weaver MJ, Holt EF
- 38) The concept of damage control: extending the paradigm in the prehospital setting. *Ann Fr Anesth Reanim.* 2013 Jul-Aug;32(7-8):520-6. doi: 10.1016/j.annfar.2013.07.012 Tourtier JP, Palmier B, Tazarourte K, Raux M, Meaudre E, Ausset S, Sailliol A, Vivien B, Domanski L, Carli P
- 39) Tactical emergency casualty care?pediatric appendix: novel guidelines for the care of the pediatric casualty in the high-threat, prehospital environment. *J Spec Oper Med.* 2013 Bobko J, Lai TT, Smith ER, Shapiro GL, Baldrige RT, Callaway DW
- 40) [Application of the device for local compression of injured magistral arteries of the extremities]. *Voen Med Zh.* 2012 Nov;333(11):39-44. Russian. Samokhvalov IM, Pronchenko AA, Reva VA
- 41) Lessons from the tip of the spear: medical advancements from Iraq and Afghanistan. *Respir Care.* 2012 Aug;57(8):1305-13 Schrage JJ, Branson RD, Johannigman JA.
- 42) Extreme bleeds: Recommendations for tourniquets in civilian EMS. *JEMS.* 2012 Mar;37(3):76-81. Risk GC, Augustine J
- 43) Extremity War Injuries VII Special Topics Panel. Special topics. *J Am Acad Orthop Surg.* 2012;20 Suppl 1:S94-8. Andersen RC, Shawen SB, Kragh JF Jr, Lebrun CT, Ficke JR, Bosse MJ, Pollak AN, Pellegrini VD, Bleese RE, Pagenkopf EL

- 44) Hemostatic dressings reduce tourniquet time while maintaining hemorrhage control. *Am Surg.* 2011 Feb;77(2):162-5. MacIntyre AD, Quick JA, Barnes SL.
- 45) Tourniquet-induced acute ischemia-reperfusion injury in mouse skeletal muscles: Involvement of superoxide. *Eur J Pharmacol.* 2011 Jan 10;650(1):328-34. doi: 10.1016/j.ejphar.2010.10.037 Tran TP, Tu H, Pipinos II, Muelleman RL, Albadawi H, Li YL
- 46) Management of peripheral arterial injury. *Curr Opin Crit Care.* 2010 Dec;16(6):602-8. Feliciano DV
- 47) Advancing critical care: joint combat casualty research team and joint theater trauma system. *AACN Adv Crit Care.* 2010 Jul-Sep;21(3):260-76; quiz 27\_ Bridges E, Biever K.
- 48) Use of tourniquets in combat and civilian trauma situations. *Emerg Nurse.* 2010 Jun;18(3):32-6; quiz 37. PubMed PMID: 20608400. Niven M, Castle N
- 49) Extrapolation of battlefield resuscitative care to the civilian setting. *J Surg Orthop Adv.* 2010 Spring;19(1):62-9. Review. PubMed PMID: 20371009. D'Alleyrand JC, Dutton RP, Pollak AN.
- 50) Emerging therapies in traumatic hemorrhage control. *Curr Opin Crit Care.* 2009 Dec;15(6):560-8. Sambasivan CN, Schreiber MA.
- 51) New hemostatic agents in the combat setting. *Transfusion.* 2009 Dec;49 Suppl 5:248S-55S. doi: 10.1111/j.1537-2995.2008.01988.x. PubMed PMID: 19954487. Cox ED, Schreiber MA, McManus J, Wade CE, Holcomb JB
- 52) Combat casualty care research at the U.S. Army Institute of Surgical Research. *J R Army Med Corps.* 2009 Dec;155(4):327-32. Baer DG, Dubick MA, Wenke JC, Brown KV, McGhee LL, Convertino VA, Cancio LC, Wolf SE, Blackbourne LH
- 53) Self-expanding hemostatic polymer for control of exsanguinating extremity bleeding. *J Trauma.* 2009 Apr;66(4):984-8. Velmahos GC, Tabbara M, Spaniolas K, Duggan M, Alam HB, Serra M, Sun L, de Luis J.
- 54) Survival with emergency tourniquet use to stop bleeding in major limb trauma. *Ann Surg.* 2009 Jan;249(1):1-7. Kragh JF Jr, Walters TJ, Baer DG, Fox CJ, Wade CE, Salinas J, Holcomb JB.
- 55) The return of tourniquets. Original research evaluates the effectiveness of prehospital tourniquets for civilian penetrating extremity injuries. *JEMS.* 2008 Aug;33(8):44-6, 49-50, 52, 54 Kalish J, Burke P, Feldman J, Agarwal S, Glantz A, Moyer P, Serino R, Hirsch E.
- 56) Prehospital advances in the management of severe penetrating trauma. *Crit Care Med.* 2008 Jul;36(7 Suppl):S258-66. Mabry R, McManus JG.
- 57) Hemostasis in Operation Iraqi Freedom III. *Surgery.* 2007 Oct;142(4 Suppl):S61-6. Review. PubMed PMID: 17925234. Schreiber MA, Tieu B
- 58) Tourniquet use in the civilian prehospital setting. *Emerg Med J.* 2007 Aug;24(8):584-7. Lee C, Porter KM, Hodgetts TJ.
- 59) Extended (16-hour) tourniquet application after combat wounds: a case report and review of the current literature. *J Orthop Trauma.* 2007 Apr;21(4):274-8 Kragh JF Jr, Baer DG, Walters TJ.
- 60) Lessons learned from modern military surgery. *Surg Clin North Am.* 2007 Feb;87(1):157-84, vii. Beekley AC, Starnes BW, Sebesta JA.

- 61) A special report on the chitosan-based kuing: experience in current combat operations. *J Trauma*. 2006 Mar;60(3):655-8. PubMed PMID: 16531872. Wedmore I, McManus JG, Pusateri AE, Holcomb JB.
- 62) Extremity vascular injuries on the battlefield: tips for surgeons deploying to war. *J Trauma*. 2006 Feb;60(2):432-42. Review Starnes BW, Beekley AC, Sebesta JA, Andersen CA, Rush RM Jr.
- 63) Mortality from isolated civilian penetrating extremity injury. *J Trauma*. 2005 Jul;59(1):217-22. Dorlac WC, DeBakey ME, Holcomb JB, Fagan SP, Kwong KL, Dorlac GR, Schreiber MA, Persse DE, Moore FA, Mattox KL
- 64) Treating traumatic bleeding in a combat setting. *Mil Med*. 2004 Dec;169(12 Suppl):8-10, 4. Clifford CC
- 65) Preliminary Comparison of Pneumatic Models of Tourniquet for Prehospital Control of Limb Bleeding in a Manikin Model. *J Spec Oper Med*. 2016 Summer;16(2):21-7. Gibson R, Aden JK 3rd, Dubick MA, Kragh JF Jr.
- 66) Vascular Injuries in Combat-Specific Soldiers during Operation Iraqi Freedom and Operation Enduring Freedom. *Ann Vasc Surg*. 2016 May 27. pii: S0890-5096(16)30364-8. doi: 10.1016/j.avsg.2016.01.040. Dunn JC, Kusnezov N, Schoenfeld AJ, Orr JD, Cook PJ, Belmont PJ Jr
- 67) The profile of wounding in civilian public mass shooting fatalities. *J Trauma Acute Care Surg*. 2016 Jul;81(1):86-92. Smith ER, Shapiro G, Sarani B.
- 68) Contemporary outcomes of lower extremity vascular repairs extending below the knee: A multicenter retrospective study.; Lower Extremity Vascular Repairs Outcome Group. *J Trauma Acute Care Surg*. 2016 Jul;81(1):63-70. doi: 10.1097/TA.0000000000000996. Fortuna G, DuBose JJ, Mendelsberg R, Inaba K, Haider A, Joseph B, Skarupa D, Selleck MJ, O'Callaghan TA, Charlton-Ouw K
- 69) The state of the union: Nationwide absence of uniform guidelines for the prehospital use of tourniquets to control extremity exsanguination. *J Trauma Acute Care Surg*. 2016 May;80(5):787-91. Ramly E, Runyan G, King DR.
- 70) A Descriptive Analysis of US Prehospital Care Response to Law Enforcement Tactical Incidents. *J Spec Oper Med*. 2015 Summer;15(2):117-22. Aberle SJ, Lohse CM, Sztajnkrycer MD.
- 71) Saving Lives on the Battlefield (Part II) ? One Year Later A Joint Theater Trauma System and Joint Trauma System Review of Prehospital Trauma Care in Combined Joint Operations Area?Afghanistan (CJOA-A) Final Report, 30 May 2014. *J Spec Oper Med*. 2015 Summer;15(2):25-41 Sauer SW, Robinson JB, Smith MP, Gross KR, Kotwal RS, Mabry RL, Butler FK, Stockinger ZT, Bailey JA, Mavity ME, Gillies DA 2nd.
- 72) The prehospital intravenous access assessment: a prospective study on intravenous access failure and access delay in prehospital emergency medicine. *Eur J Emerg Med*. 2015 Jun 23. [Epub ahead of print] Prottengeier J, Albermann M, Heinrich S, Birkholz T, Gall C, Schmidt J.
- 73) Prehospital endovascular occlusion of the aorta is now a technically feasible strategy for improving haemodynamics in CPR. *Resuscitation*. 2015 Aug;93:e25. doi: 10.1016/j.resuscitation.2015.05.018. Epub 2015 Jun 4. Foerster CR, Turgulov A.
- 74) Busting top trauma myths. Exploring best practices for prehospital trauma care. *EMS World*. 2015 Mar;44(3):38-45. Collopy KT, Kivlehan SM, Snyder SR.

- 75) The initial response to the Boston marathon bombing: lessons learned to prepare for the next disaster. *Ann Surg.* 2014 Dec;260(6):960-6. Gates JD, Arabian S, Biddinger P, Blansfield J, Burke P, Chung S, Fischer J, Friedman F, Gervasini A, Goralnick E, Gupta A, Larentzakis A, McMahon M, Mella J, Michaud Y, Mooney D, Rabinovici R, Sweet D, Ulrich A, Velmahos G, Weber C, Yaffe MB.
- 76) Management of Junctional Hemorrhage in Tactical Combat Casualty Care: TCCC Guidelines? Proposed Change 13-03. *J Spec Oper Med.* 2013 Winter;13(4):85-93. Kotwal RS, Butler FK, Gross KR, Kheirabadi BS, Baer DG, Dubick MA, Rasmussen TE, Weber MA, Bailey JA.
- 77) Tragedy into drama: an american history of tourniquet use in the current war. *J Spec Oper Med.* 2013 Fall;13(3):5-25. Kragh JF Jr, Walters TJ, Westmoreland T, Miller RM, Mabry RL, Kotwal RS, Ritter BA, Hodge DC, Greydanus DJ, Cain JS, Parsons DS, Edgar EP, Harcke T, Baer DG, Dubick MA, Blackbourne LH, Montgomery HR, Holcomb JB, Butler FK.
- 78) [Prehospital use of haemostatic dressing QuikClot ACS+™ for hemorrhage control of a perineal trauma]. *Ann Fr Anesth Reanim.* 2012 Dec;31(12):969-71. doi: 10.1016/j.annfar.2012.10.011. Epub 2012 Nov 17. French. Travers S, Dubourg O, Ribeiro Parenti L, Lefort H, Albarello S, Domanski L.
- 79) [Prehospital care in extremity major vascular injuries]. *Voen Med Zh.* 2011 Sep;332(9):4-11. Review. Russian. Samokhvallov IM, Reva VA, Pronchenko AA, Seleznev AB.
- 80) Prehospital amputation. *Emerg Med J.* 2010 Dec;27(12):940-2. doi: 10.1136/emj.2009.074500. Epub 2010 Oct 29. Porter KM.
- 81) Extremity War Injuries: Development of Clinical Treatment Principles. *J Am Acad Orthop Surg.* 2007 Oct;15(10):590-5. Ficke JR, Pollak AN.
- 82) Compartment syndrome. *Emerg Med Serv.* 2003 Sep;32(9):36. Weinmann M.
- 83) Trends and Predictors of Limb Tourniquet Use by Civilian Emergency Medical Services in the United States. *Prehosp Emerg Care.* 2016 Sep 30:1-9. El Sayed MJ, Tamim H, Mailhac A, Mann NC.
- 84) Prehospital control of life-threatening truncal and junctional haemorrhage is the ultimate challenge in optimizing trauma care; a review of treatment options and their applicability in the civilian trauma setting. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 2016 Sep 13;24(1):110. doi: 10.1186/s13049-016-0301-9. Review. PMID:27623805 van Oostendorp SE, Tan EC, Geeraedts LM Jr.
- 85) Impact of tourniquet use on mortality and shock for patients arriving at U.S. role 2 surgical facilities in Afghanistan *Shock* 2016 45:6 SUPPL. 1 (86) Le T.D., Kragh J.F., Dubick M.A., Gurney J., Shackelford S.A., Gross K.R., Bailey J.A., Stockinger Z.T., Mann-Salinas E.A.
- 86) A novel model of highly lethal uncontrolled torso hemorrhage in swine *Shock* 2016 45:6 SUPPL. 1 (112-) Davidson A., Russo R., Ferencz S., Galante J., Grayson J., Williams T., Neff L.
- 87) Current and future innovations in hemorrhage control: Civilian implications *Shock* 2016 45:6 SUPPL. 1 (14-) Scalea T.

- 88) A multi-institutional study of hemostatic gauze and tourniquets in rural civilian trauma *Journal of Trauma and Acute Care Surgery* 2016 81:3 (441-444) Leonard J., Zietlow J., Morris D., Berns K., Eyer S., Martinson K., Jenkins D., Zietlow S.
- 89) Current and future innovations in hemorrhage control: Military implications *Shock* 2016 45:6 SUPPL. 1 (14) Rasmussen T.
- 90) Advancing technology for aortic occlusion in hemorrhagic shock *Shock* 2016 45:6 SUPPL. 1 (14-) Brenner M.
- 91) Research and development challenges for next generation resuscitation *Shock* 2016 45:6 SUPPL. 1 (14-) Pusateri A.
- 92) Augmentation of point of injury care: Reducing battlefield mortality - The IDF experience *Injury* 2016 47:5 (993-1000) Avi B., Elon G., Baruch E.N., Avi S., Gilad T., Moran L., Itay Z., Ram S., Tarif B., David D., Avraham Y., Yitshak K.
- 93) Tourniquet use in a civilian out-of-hospital setting: The Los Angeles experience. *Annals of Emergency Medicine* 2015 66:4 SUPPL. 1 (S26-) Sanko S., Mindlin D., Eckstein M.
- 94) Military medical devices could be used in civilian medical emergency care units. *Annales Francaises de Medecine d'Urgence* 2015 5:5 (245-251) Derkenne C., Demaison X., Martinez J.Y., David J.S.
- 95) Successful integration of military tactical requirements into a civilian training paradigm: Advanced trauma life support-operational emphasis (ATLS-OE) *Journal of the American College of Surgeons* 2015 221:4 SUPPL. 2 (e76-) Polk T.M., Stockinger Z.T., Martin M.J., Gross K.R., Bailey J.A.
- 96) Out-of-hospital en route care and life-saving interventions of traumatically injured combat patients transported by medevac from point of injury *Annals of Emergency Medicine* 2015 66:4 SUPPL. 1 (S62-S63) Maddry J., Bebart V.
- 97) Analysis of medevac providers and procedures performed en route from point of injury to a military treatment facility in combat *Annals of Emergency Medicine* 2015 66:4 SUPPL. 1(S63) Maddry J., Bebart V.
- 98) High velocity gunshot injuries to the extremities: Management on and off the battlefield *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine* 2015 8:3 (312-317) Penn-Barwell J.G., Brown K.V., Fries C.A.
- 99) Hemostatic dressings in civil prehospital practice: 30 uses of QuikClot Combat Gauze *European Journal of Emergency Medicine* 2015 Travers S., Lefort H., Ramdani E., Lemoine S., Jost D., Bignand M., Tourtier J.-P.
- 100) Stopp the Bleeding in the Prehospital Setting: Hemostyptic Dressings *Notarzt* 2015 31:3 (153-157) Josse F., Helm M., Kulla M., Hossfeld B.
- 101) Prehospital measures to stop bleeding: The tourniquet *Notarzt* 2015 31:2 (103-107) Josse F., Helm M., Kulla M., Ladehof K., Hossfeld B.
- 102) Should civilian pre-hospital emergency care provision include tourniquets for the management of uncontrolled traumatic haemorrhage? *Australasian Journal of Paramedicine* 2015 12:4 Wright G., McDonald S., Smith G.
- 103) Treatment options for the critical bleeding in the out-of-hospital setting *Notarzt* 2015 31:1 (47-53) Kulla M., Bernhard M., Hinck D., Schweigkofler U., Helm M., Hossfeld B.

- 104) Efficacy of a prehospital self-expanding polyurethane foam for noncompressible hemorrhage under extreme operational conditions  
Journal of Trauma and Acute Care Surgery 2015 78:2 (324-329) Rago A.P., Larentzakis A., Marini J., Picard A., Duggan M.J., Busold R., Helmick M., Zugates G., Beagle J., Sharma U., King D.R.
- 105) Electrically-induced vasoconstriction for hemorrhage control  
Neuromodulation 2014 17:5 (e41-) Brinton M.R., Mandel Y., Dalal R., Palanker D.
- 106) Tourniquet utilization patterns & impacts on hemostasis in a large, urban EMS system  
Canadian Journal of Emergency Medicine 2014 16 SUPPL. 1 (S52-) Goodloe J.M., Martinez M., Arthur A.O., Parker S., Thomas S.H.
- 107) The role of hemostatic product-impregnated dressings in the pre-hospital control of external bleeding. Prospective observational study  
European Journal of Emergency Medicine 2014 21:2 (161-) Lefort H., Travers S., Ernouf C., Maurin O., Distinguin B., Fontaine E., Lemaire M., Margerin S., Jost D., Tourtier J.-M., Domanski L.
- 108) Treatment options for trauma-associated critical bleeding in the out-of-hospital setting  
Notfall und Rettungsmedizin 2014 17:7 (575-583) Kulla M., Hinck D., Bernhard M., Schweigkofler U., Helm M., Hossfeld B.
- 109) Tactical Combat Casualty Care rules applied to civilian traumatic cardiopulmonary resuscitation  
Resuscitation 2014 85:6(e85) Carbonnel N., Pasquier P., Bensalah M., Dubost C., Mérat S.
- 110) Regenerative medicine applications in combat casualty care  
Regenerative Medicine 2014 9:2 (179-190) Fleming M.E., Bharmal H., Valerio I.
- 111) Practical translation of hemorrhage control techniques to the civilian trauma scene  
Transfusion 2013 53:SUPPL. 1(17S-22S) Lockey D.J., Weaver A.E., Davies G.E.
- 112) Hemorrhage control educational module for tactical law enforcement officers  
Annals of Emergency Medicine 2013 62:4 SUPPL. 1 (S163-S164) (abstract) Fedor P.J.
- 113) Hemostasis with a tourniquet in preclinical emergency medicine  
Notfall und Rettungsmedizin 2013 16:4 (291-304) Hauschild S.W., Nöldge-Schomburg G., Hoitz J.
- 114) Surgical combat treatment of vascular injuries to the extremities: American experiences from Iraq and Afghanistan  
Gefasschirurgie 2011 16:2 (93-99) Hinck D., Gatzka F., Debus E.S.
- 115) Extremity vascular injuries on the battlefield: Tips for surgeons deploying to war  
Gefasschirurgie 2011 16:2 (100-110) Starnes B.W., Beekley A.C., Sebesta J.A., Andersen C.A., Rush Jr. R.M.
- 116) New approaches to the management of traumatic external haemorrhage  
Trauma 2011 13:1 (47-55) Sharpe D.B., Barneby E.M., Russell R.J.
- 117) Safety and efficacy of a novel abdominal aortic tourniquet device for the control of pelvic and lower extremity hemorrhage  
Annals of Emergency Medicine 2009 54:3 SUPPL. 1 (S62-) Greenfield E.M., McManus J., Cooke W.H., Pittman D., Shiver S.A., Beatty J., Croushorn J., Schwartz R.
- 118) Letter to the Editor  
Journal of Hand Surgery 2006 31:3 (354-) Suliman M.T.
- 119) Vascular trauma  
Trauma 2002 4:1 (39-63) Strong D.P., Edwards A.T.

- 120) An historical tour of vascular injury management: From its inception to the new millennium *Surgical Clinics of North America* 2001 81:6 (1199-1215) Rich N.M., Rhee P.
- 121) Shorter times to packed red blood cell transfusion are associated with decreased risk of death in traumatically injured patients *Journal of Trauma and Acute Care Surgery* 2016 81:3 (458-462) Powell E.K., Hinckley W.R., Gottula A., Hart K.W., Lindsell C.J., McMullan J.T.
- 122) Research and development challenges for next generation resuscitation *Shock* 2016 45:6 SUPPL. 1 (14-) Pusateri A.
- 123) Influence of blood product infusion rates on survival in swine subjected to uncontrolled hemorrhage *Shock* 2016 45:6 SUPPL. 1 (54-) Dubick M.A., Prince M.D., Polykratis I.A., DeGuzman R., Sondeen J.L.
- 124) Does it matter who places the intravenous? An inter-professional comparison of prehospital intravenous access difficulties between physicians and paramedics [Article in Press] *European Journal of Emergency Medicine* 2016 Prottengeier J., Maier J.-N., Gall C., Heinrich S., Schmidt J., Birkholz T.
- 125) Testing of Junctional Tourniquets by Medics of the Israeli Defense Force in Control of Simulated Groin Hemorrhage *Journal of special operations medicine : a peer reviewed journal for SOF medical professionals* 2016 16:1 (36-42) Chen J., Benov A., Nadler R., Landau G., Sorkin A., Aden J.K., Kragh J.F., Glassberg E.
- 126) Trauma simulation training increases confidence levels in prehospital personnel performing life-saving interventions in trauma patients [In Process] *Emergency Medicine International* 2016 2016 Article Number 5437490 Van Dillen C.M., Tice M.R., Patel A.D., Meurer D.A., Tyndall J.A., Elie M.C., Shuster J.J.
- 127) Prehospital interventions in severely injured pediatric patients: Rethinking the ABCs *Journal of Trauma and Acute Care Surgery* 2015 79:6 (983-989) Sokol K.K., Black G.E., Azarow K.S., Long W., Martin M.J., Eckert M.J. Prehospital use of hemostatic dressings by the Israel Defense Forces Medical Corps: A case series of 122 patients *The journal of trauma and acute care surgery* 2015 79:4 Supplement 2 (S204-S209) Shina A., Lipsky A.M., Nadler R., Levi M., Benov A., Ran Y., Yitzhak A., Glassberg E.
- 129) Use of a Novel Abdominal Aortic and Junctional Tourniquet to Reduce or Eliminate Flow in the Brachial and Popliteal Arteries in Human Subjects *Prehospital emergency care : official journal of the National Association of EMS Physicians and the National Association of State EMS Directors* 2015 19:3 (405-408) Lyon M., Johnson D., Gordon R.
- 130) Performance of Junctional Tourniquets in Normal Human Volunteers *Prehospital emergency care : official journal of the National Association of EMS Physicians and the National Association of State EMS Directors* 2015 19:3 (391-398) Kragh J.F., Kotwal R.S., Cap A.P., Aden J.K., Walters T.J., Kheirabadi B.S., Gerhardt R.T., DeLorenzo R.A., Pidcoke H.F., Cancio L.C.
- 131) Application of current hemorrhage control techniques for backcountry care: part one, tourniquets and hemorrhage control adjuncts *Wilderness & environmental medicine* 2015 26:2 (236-245) Drew B., Bennett B.L., Littlejohn L.

- 132) Application of current hemorrhage control techniques for backcountry care: part two, hemostatic dressings and other adjuncts Wilderness & environmental medicine 2015 26:2 (246-254) Littlejohn L., Bennett B.L., Drew B.
- 133) Modern methods of prehospital bleeding management based on the experience and standards of tactical medicine Polski merkuriusz lekarski : organ Polskiego Towarzystwa Lekarskiego 2015 38:224 (66-69) Kluj P., Aleksandrowicz D., Machała W., Gaszyński T.
- 134) The American association for the surgery of trauma prospective observational vascular injury treatment (PROOVIT) registry: Multicenter data on modern vascular injury diagnosis, management, and outcomes Journal of Trauma and Acute Care Surgery 2015 78:2 (215-223) DuBose J.J., Savage S.A., Fabian T.C., Menaker J., Scalea T., Holcomb J.B., Skarupa D., Poulin N., Chourliaras K., Inaba K., Rasmussen T.E.
- 135) Decreased mortality after prehospital interventions in severely injured trauma patients Journal of Trauma and Acute Care Surgery 2015 79:2 (227-231) Meizoso J.P., Valle E.J., Allen C.J., Ray J.J., Jouria J.M., Teisch L.F., Shatz D.V., Namias N., Schulman C.I., Proctor K.G.
- 136) Immediate Lower Extremity Tourniquet Application to Delay Onset of Reperfusion Injury after Prolonged Crush Injury Prehospital emergency care : official journal of the National Association of EMS Physicians and the National Association of State EMS Directors 2015 19:4 (544-547) Schwartz D.S., Weisner Z., Badar J.
- 137) Prolonged prehospital tourniquet placement associated with severe complications: A case report Canadian Journal of Emergency Medicine 2015 17:4 (443-446) Malo C., Bernardin B., Nemeth J., Khwaja K.
- 138) Re: Tourniquet use at the Boston Marathon bombing Journal of Trauma and Acute Care Surgery 2015 79:4 (702-703) King D.R., Butler F., Kragh J.F.
- 139) Efficacy of a prehospital self-expanding polyurethane foam for noncompressible hemorrhage under extreme operational conditions Journal of Trauma and Acute Care Surgery 2015 78:2 (324-329) Rago A.P., Larentzakis A., Marini J., Picard A., Duggan M.J., Busold R., Helmick M., Zugates G., Beagle J., Sharma U., King D.R.
- 140) Prehospital analgesia with ketamine for combat wounds: a case series Journal of special operations medicine : a peer reviewed journal for SOF medical professionals 2014 14:4 (11-17) Fisher A.D., Rippee B., Shehan H., Conklin C., Mabry R.L.
- 141) Training laypersons basic trauma techniques in low-income countries American Journal of Tropical Medicine and Hygiene 2014 91:5 SUPPL. 1 (400-401) Merchant A., Mcqueen K.
- 142) First case report of SAM(r) Junctional tourniquet use in Afghanistan to control inguinal hemorrhage on the battlefield Journal of special operations medicine : a peer reviewed journal for SOF medical professionals 2014 14:2 (1-5) Klotz J.K., Leo M., Andersen B.L., Nkodo A.A., Garcia G., Wichern A.M., Chambers M.J., Gonzalez O.N., Pahle M.U., Wagner J.A., Robinson J., Kragh J.F.
- 143) Chapter 9 prehospital tourniquets: review, recommendations, and future research Annual review of nursing research 2014 32 (203-232) Lewis P.C.

- 144) First-aid treatments of crush injuries after earthquake: 2 special cases  
American Journal of Emergency Medicine 2014 32:7(817.e3-817.e4) Zhang X., Bai X., Zhou Q.
- 145) Impacting the global trauma burden-Training laypersons in basic resuscitation in Mozambique Annals of Global Health 2014 80:3 (205-206) Merchant A., McQueen K.
- 146) An evidence-based prehospital guideline for external hemorrhage control: American College of Surgeons Committee on Trauma Prehospital emergency care : official journal of the National Association of EMS Physicians and the National Association of State EMS Directors 2014 18:2 (163-173) Bulger E.M., Snyder D., Schoelles K., Gotschall C., Dawson D., Lang E., Sanddal N.D., Butler F.K., Fallat M., Taillac P., White L., Salomone J.P., Seifarth W., Betzner M.J., Johannigman J., McSwain N.
- 147) Out-of-hospital equipment of emergency medical services for hemorrhagic shock management: Can do better! Annales Francaises d'Anesthesie et de Reanimation 2014 33:12 (621-625) Vardon F., Bounes V., Ducassé J.-L., Minville V., Lapostolle F.
- 148) Victims' response to snakebite and socio-epidemiological factors of 1018 snakebites in a tertiary care hospital in Sri Lanka. Wilderness & environmental medicine 2014 25:1 (35-40) Kularatne A.M., Silva A., Maduwage K., Ratnayake I., Walathara C., Ratnayake C., Mendis S., Parangama R.
- 149) The hartford consensus: THREAT, a medical disaster preparedness concept Journal of the American College of Surgeons 2013 217:5 (947-953) Jacobs L.M., Wade D.S., McSwain N.E., Butler F.K., Fabbri W.P., Eastman A.L., Rotondo M., Sinclair J., Burns K.J.
- 150) Haemorrhagic shock, therapeutic management Annales Francaises d'Anesthesie et de Reanimation 2013 32:7-8 (497-503) David J.-S., Spann C., Marcotte G., Reynaud B., Fontaine O., Lefèvre M., Piriou V.
- 151) Haemostatic changes following military trauma and major blood loss Journal of Thrombosis and Haemostasis 2013 11 SUPPL. 2 (672-) Hunt B.J., Woolley T., Parmar K., Midwinter M., Pribul V., Peach C., Watts S., Bishop J., Kirkman E.
- 152) Prehospital life-saving interventions in patients with cardiac arrest in a combat setting-a prospective, multicenter study Academic Emergency Medicine 2013 20:5 SUPPL. 1 (S209-) Bebart V.S., Ervin A., Lairet J., Blackbourne L.
- 153) Pediatric prehospital lifesaving interventions in a combat setting-a prospective, multicenter study Academic Emergency Medicine 2013 20:5 SUPPL. 1 (S300-) Bebart V.S., Ervin A., Lairet J., Blackbourne L.
- 154) Algorithm for the resuscitation of traumatic cardiac arrest patients in a physician-staffed helicopter emergency medical service Critical Care 2013 17 SUPPL. 2 (S105-S106) Sherren P.B., Reid C., Habig K., Burns B.
- 155) Zones of hemorrhage: Defining vascular injury in military patients with complex pelvic fractures - A consensus panel review Current Orthopaedic Practice 2013 24:2 (143-148) Pedersen A.R., Stinner D.J., Mabry R.L., Rasmussen T.E., Hsu J.R.

- 156) The evaluation of an abdominal aortic tourniquet for the control of pelvic and lower limb hemorrhage. *Military medicine* 2013 178:11 (1196-1201) Taylor D.M., Coleman M., Parker P.J.
- 157) Forward assessment of 79 prehospital battlefield tourniquets used in the current war  
*Journal of special operations medicine : a peer reviewed journal for SOF medical professionals* 2012 12:4 (33-38) King D.R., van der Wilden G., Kragh J.F., Blackbourne L.H.
- 158) Military medical revolution: Prehospital combat casualty care  
*Journal of Trauma and Acute Care Surgery* 2012 73:6 SUPPL. 5(S372-S377) Blackbourne L.H., Baer D.G., Eastridge B.J., Kheirabadi B., Kragh J.F., Cap A.P., Dubick M.A., Morrison J.J., Midwinter M.J., Butler F.K., Kotwal R.S., Holcomb J.B.
- 159) Combat ready clamp medic technique *Journal of special operations medicine : a peer reviewed journal for SOF medical professionals* 2012 12:4 (72-78) Tovmassian R.V., Kragh J.F., Dubick M.A., Baer D.G., Blackbourne L.H.
- 160) Evaluation and management of penetrating lower extremity arterial trauma: An eastern association for the surgery of trauma practice management guideline  
*Journal of Trauma and Acute Care Surgery* 2012 73:5 SUPPL.4(S315-S320) Fox N., Rajani R.R., Bokhari F., Chiu W.C., Kerwin A., Seamon M.J., Skarupa D., Frykberg E.
- 161) Prehospital interventions performed in a combat zone: A prospective multicenter study of 1,003 combat wounded  
*Journal of Trauma and Acute Care Surgery* 2012 73:2 SUPPL. 1(S38-S42) Lairet J.R., Bebartha V.S., Burns C.J., Lairet K.F., Rasmussen T.E., Renz E.M., King B.T., Fernandez W., Gerhardt R., Butler F., Dubose J., Cestero R., Salinas J., Torres P., Minnick J., Blackbourne L.H.
- 162) Prehospital Emergency Trauma Care and Management *Surgical Clinics of North America* 2012 92:4 (823-841) Kerby J.D., Cusick M.V.
- 163) Management of Complex Extremity Injuries. Tourniquets, Compartment Syndrome Detection, Fasciotomy, and Amputation *CareSurgical Clinics of North America* 2012 92:4 (987-1007) Rush R.M., Arrington E.D., Hsu J.R.
- 164) Update on trauma *Vox Sanguinis* 2012 103 SUPPL. 1 (3-4) Hess R.
- 165) Re: An evaluation of two tourniquet systems for the control of prehospital lower limb hemorrhage.  
*Journal of Trauma and Acute Care Surgery* 2012 72:4 (1121- ) Taylor D.M., Parker P.J
- 166) An evaluation of two tourniquet systems for the control of prehospital lower limb hemorrhage  
*Journal of Trauma and Acute Care Surgery* 2012 72:3 (799-800) Lohéas D., Leroulley D., Petitjeans F., Précloux P.
- 167) Survey of the indications for use of emergency tourniquets. *Journal of special operations medicine* : 2011 11:1 (30-38) Kragh J.F., O'Neill M.L., Beebe D.F., Fox C.J., Beekley A.C., Cain J.S., Parsons D.L., Mabry R.L., Blackbourne L.H.
- 168) Battle casualty survival with emergency tourniquet use to stop limb bleeding  
*Journal of Emergency Medicine* 2011 41:6 (590-597) Kragh Jr. J.F., Littrel M.L., Jones J.A., Walters T.J., Baer D.G., Wade C.E., Holcomb J.B.

- 169) Limb salvage in open tibia fractures: Are prehospital time and tourniquet significant? *Journal of Trauma - Injury, Infection and Critical Care* 2011 71:4 (1093- ) Pasquier P., Malgras B., Martinaud C., Auroy Y., Tourtier J.-P.
- 170) Advances in resuscitative trauma care *Minerva Anestesiologica* 2011 77:10 (993-1002) Wigginton J.G., Roppolo L.P., Pepe P.E. An evaluation of two tourniquet systems for the control of prehospital lower limb hemorrhage *Journal of Trauma - Injury, Infection and Critical Care* 2011 71:3 (591-595) Taylor D.M., Vater G.M., Parker P.J. Evaluation of emergency tourniquets for prehospital use in China *Chinese Journal of Traumatology - English Edition* 2011 14:3 (151-155) Guo J.-Y., Liu Y., Ma Y.-L., Pi H.-Y., Wang J.-R.
- 173) New tourniquet device concepts for battlefield hemorrhage control. *U.S. Army Medical Department journal* 2011 (38-48) Kragh Jr. J.F., Murphy C., Dubick M.A., Baer D.G., Johnson J., Blackbourne L.H.
- 174) Traumatic hemipelvectomy in children: Report on 2 survivors with urological involvement *Journal of Pediatric Surgery* 2010 45:11 (2260-2264) Calonge W.M., Alova I., Ramos M.R., Martínez L., Lortat-Jacob S., De Castro A.O., Lottmann H.
- 175) "Stop the bleeding"! : New aspects of hemostasis from civil and military aspects *Notfall und Rettungsmedizin* 2010 13:5 (384-392) Fischer C., Josse F., Lampl L., Helm M.
- 176) Analysis of life-saving interventions performed by out-of-hospital combat medical personnel *Academic Emergency Medicine* 2010 17 SUPPL. 1 (S83-) Gerhardt R., Berry J., Mabry R., Greaves I., Blackbourne L.
- 177) Prognostic factors in haemotoxic viper bite: Analysis of data from a referral hospital *Journal of the Indian Medical Association* 2009 107:1 (12-13) Bandyopadhyay S.K., Ghosh S., Bandyopadhyay R., Dutta A.
- 178) An Evaluation of Tactical Combat Casualty Care Interventions in a Combat Environment *Journal of the American College of Surgeons* 2008 207:2 (174-178) Tien H.C., Jung V., Rizoli S.B., Acharya S.V., MacDonald J.C. Tourniquets: A review of current use with proposals for expanded prehospital use *Prehospital Emergency Care* 2008 12:2 (241-256) Doyle G.S., Taillac P.P.
- 180) Haemorrhagic shock therapy Expert Opinion on Pharmacotherapy 2008 9:6 (901-911) Anjaria D.J., Mohr A.M., Deitch E.A.
- 181) Prehospital tourniquet use in Operation Iraqi Freedom: effect on hemorrhage control and outcomes. *The Journal of trauma* 2008 64:2 Suppl(S28-37; discussion S37) Beekley A.C., Sebesta J.A., Blackbourne L.H., Herbert G.S., Kauvar D.S., Baer D.G., Walters T.J., Mullenix P.S., Holcomb J.B.
- 182) Complications associated with prolonged tourniquet application on the battlefield *Military Medicine* 2008 173:1 (63-66) Dayan L., Zinmann C., Stahl S., Norman D.
- 183) Impact of hemorrhage on trauma outcome: An overview of epidemiology, clinical presentations, and therapeutic considerations *Journal of Trauma - Injury, Infection and Critical Care* 2006 60:6 SUPPL.(S3-S9) Kauvar D.S., Lefering R., Wade C.E.

- 184) Abdominal insufflation decreases blood loss and mortality after porcine liver injury *Journal of Trauma - Injury, Infection and Critical Care* 2005 59:6 (1305-1308) Jaskille A., Schechner A., Park K., Williams M., Wang D., Sava J.
- 185) Effectiveness of self-applied tourniquets in human volunteers *Prehospital Emergency Care* 2005 9:4 (416-422) Walters T.J., Wenke J.C., Kauvar D.S., McManus J.G., Holcomb J.B., Baer D.G.
- 186) Prehospital Tourniquets: There Should Be No Controversy (LTE) *Journal of Trauma - Injury, Infection and Critical Care* 2004 56:1 (214-215) Husum H., Gilbert M., Wisborg T., Pilgram-Larsen J.
- 187) Organization of treating patients with major vessel injuries at stages of evacuation *Khirurgiia* 2003:6 (22-27) Gadzhiev N.A., Kosenkov A.N.
- 188) Tourniquets for hemorrhage control on the battlefield: A 4-year accumulated experience *Journal of Trauma - Injury, Infection and Critical Care* 2003 54:5 SUPPL.(S221-S225) Lakstein D., Blumenfeld A., Sokolov T., Lin G., Bssorai R., Lynn M., Ben-Abraham R.

## Résumé

### **Application du garrot tourniquet en traumatologie civile: revue systématique de la littérature.**

**Introduction:** Dans le cadre du sauvetage au combat, l'efficacité de la pose d'un garrot lors d'une hémorragie des membres est actuellement reconnue. Pourtant, en traumatologie civile, le garrot semble être encore peu utilisé. Le but de cette revue systématique a été d'analyser la littérature médicale basée sur les preuves, afin de préciser la place du garrot pour la gestion des hémorragies des membres en traumatologie civile. **Matériel et méthodes :** Analyse de toutes les études parues jusqu'au 01/10/2016 sur les bases de données Embase, Medline et Opengrey. Les études incluses devaient intéresser la pose de garrots en milieu civil. La qualité des études a été évaluée à l'aide des critères PRISMA et de la grille STROBE. **Résultats :** Parmi les 355 articles identifiés, 24 ont été retenus en intégralité. Le niveau de preuve global était faible. 3028 poses de garrot ont été rapportées, majoritairement des garrots tourniquet de type CAT®. Les hémorragies rencontrées étaient presque exclusivement de cause traumatique, survenant chez des hommes jeunes (27-44 ans). Le taux d'efficacité des garrots a varié entre 78% et 100%. Le taux de complications associé à la pose de garrot chez des patients âgés ou présentant des comorbidités est resté faible. Enfin, les soignants rapportaient communément la crainte d'effets indésirables, alors que les complications rapportées sont restées rares (<2%). **Conclusion:** Dans cette revue systématique, le garrot est apparu comme un outil efficace pour la gestion des hémorragies en traumatologie civile, et associé à peu de complications. Des études de plus grande ampleur ainsi que des formations dédiées semblent nécessaires afin de mettre en œuvre définitivement ce dispositif dans les standards de soins concernés.

**Mots clés:** garrot, tourniquet, hémorragie, civil, traumatologie

### **Application of tourniquet in civilian trauma: systematic review of the literature.**

**Introduction:** In the context of forward combat casualty care, the application of the tourniquet is effective to stop extremity hemorrhages. However, the use of tourniquet in civilian trauma setting is low. The aim of this systematic review was to analyze the evidence-based medical literature in order to define the use of tourniquet in civilian trauma management of extremity hemorrhages. **Methods:** Analysis of all studies published until 01/10/2016 on the Embase, Medline and Opengrey databases. Included studies concerned the use of tourniquets in civilian trauma setting. The quality of the articles was evaluated using the PRISMA criteria and the STROBE statement. **Results:** Among 355 studies identified, 24 were included. The global level of evidence was low. 3028 applications of tourniquets were reported, most of them involving the Combat Application Tourniquet CAT®. Reported hemorrhages were almost exclusively traumatic, occurring in young men (27-44 years). The effectiveness rate of tourniquets varied between 78% and 100%. The complication rate associated with the application of tourniquet in elderlies or patients with comorbidities was low. Finally, caregivers reported a common fear of adverse effects, while reported complications were rare (<2%). **Conclusion:** In this systematic review, tourniquet was an effective tool for the management of extremity hemorrhages in civilian trauma, associated with few complications. Further larger studies and development of dedicated trainings are still required to definitively deploy the use of tourniquet in dedicated guidelines.

**Key words:** tourniquet, hemorrhage, civilian, trauma