

Indications du concept de Damage Control en orthopédie

Indications of Trauma Damage Control Orthopaedics (TDCO)

S Rigal (1), R Barthélemy (1), L Mathieu (2), O Barbier (3)

1 Service d'orthopédie, traumatologie et chirurgie réparatrice des membres, Hôpital d'Instruction des Armées Percy, 101 avenue Henri Barbusse, 92140 Clamart.

2 Hôpital d'Instruction des Armées Desgenettes, Lyon.

3 Hôpital d'Instruction des Armées Begin, Saint Mandé.

Mots clés

- ◆ Damage Control
- ◆ Polytraumatisé
- ◆ Fracture ouverte
- ◆ Fixation externe temporaire
- ◆ Chirurgie de guerre

Résumé

Le concept de Trauma Damage Control Orthopédique (TDCO), issu d'une meilleure compréhension de la physiopathologie du traumatisé grave, s'oppose à la fixation définitive précoce des fractures des membres. A la phase initiale, l'objectif est de limiter l'agression chirurgicale en renonçant à l'ostéosynthèse idéale pour une stabilisation temporaire des fractures, de façon rapide et peu invasive, le plus souvent par fixateur externe. Ecourter le temps opératoire diminue l'importance du « choc chirurgical » et permet une prise en charge réanimatoire efficace en évitant le cercle vicieux hypothermie - acidose lactique - CIVD et diminue la réponse inflammatoire. Le TDCO comporte ainsi trois étapes systématiques :

- En urgence, contrôle de l'hémorragie et de l'infection par débridement et parage des lésions ouvertes puis stabilisation des fractures par fixation externe ;
- Réanimation en soins intensifs ;
- Réintervention pour traitement chirurgical définitif quand le patient est physiologiquement stabilisé (reprise ou complément du fixateur externe ou conversion en synthèse interne).

Tous les patients et tous les contextes ne justifient pas une prise en charge par un TDCO. Certaines indications sont maintenant bien identifiées :

- *Polytraumatisé avec lésions vitales associées.* C'est l'indication princeps du TDCO. Quatre tableaux cliniques (stable, limite, instable, moribond) sont décrits à partir de trois principaux indicateurs cliniques (état de choc, hypothermie, coagulopathie). Les patients dits stables doivent et les patients limites peuvent bénéficier d'une ostéosynthèse définitive d'emblée alors que cette dernière n'est pas recommandée chez les patients instables ou moribonds ;
- *Traumatismes des membres isolés mais graves.* Trois situations correspondent à ce TDCO d'indication régionale : le polyfracturé sans lésion vitale avec lésions étagées et fracture du fémur, les fractures ouvertes isolées avec lésions pluritissulaires graves, les fractures impossibles à aborder en urgence pour des raisons de souffrance cutanée ;
- *La limitation en moyens techniques et/ou humains.* Le TDCO est applicable en situation de précarité qu'elle résulte d'un plateau technique limité, d'un contexte d'insécurité ou d'un afflux massif de blessés. Le « TDCO de guerre » en est l'exemple type. C'est aussi une solution d'attente, dans une structure où l'ensemble des compétences n'est pas disponible avant transfert vers une structure plus spécialisée.

Keywords

- ◆ Damage Control Orthopaedics
- ◆ Open fracture
- ◆ Temporary external fixator
- ◆ War surgery

Abstract

The concept of TDCO, stemming from a better understanding of the physiopathology of the serious traumatized, opposes to early total care of the fractures of the limbs. In the initial phase, the objective is to limit the surgical aggression by giving up the ideal osteosynthesis for a temporary stabilization of fractures, in a simple and quick technique, mostly by external fixation.

To shorten the operating time decreases the importance of the "surgical shock" and allows an intensive care corrects local metabolic disturbances, corrects local hypothermia, and reverses coagulopathy.

The TDCO so contains three systematic stages:

- As a matter of urgency, control of the haemorrhage and the infection by débridement and wound care of the open damage then the stabilization of fractures by temporary external fixation ;
- Resuscitation in intensive care unit and optimisation of patient's conditions ;
- Intervention for definitive surgical treatment when the patient is physiologically stabilized (complement to the external fixation or conversion in definitive internal fixation).

All the patients and all the contexts do not justify a treatment by a TDCO. Certain indications are now identified well:

- Multiply injured patients with associated vital damage. It is the original indication of the TDCO. Four groups

Correspondance :

Sylvain Rigal, Service d'orthopédie, traumatologie et chirurgie réparatrice des membres
Hôpital d'Instruction des Armées Percy, 101 avenue Henri Barbusse, 92140 Clamart.
E-mail : sylvainrigal@me.com

(stable, borderline, unstable, and in extremis) are described from three main clinical indicators (shock, hypothermia, coagulopathy). The stable patients owe and the limit patients can benefit from a definitive osteosynthesis at once while the latter is not recommended in patients unstable or in extremis ;

- Segmental limb injury that combines and addresses complex soft tissue and bony injuries. Three situations correspond to this TDCO of regional indication: the multiple long-bone injuries without vital lesion with damage staged and fracture of the femur, the open fractures with severe open wounds and the extensive closed soft tissue contusion ;
- The limitation in technical means and/or human beings. The TDCO is applicable in precarious situation. The "TDCO of war" is the prime example. A forward surgical unit, in a context of insecurity or a massive afflux of wounded persons, can provide TDCO emergent care, before transfer to a high level trauma center were additional resources are available. It is also a temporary solution, in a civilian structure where all the skills are not available before transfer towards a more specialized structure.

Une meilleure connaissance de la physiopathologie du traumatisme grave et du retentissement biologique de la prise en charge chirurgicale initiale a amené de nombreux traumatologues à modifier leur approche du traitement des patients graves avec lésions des membres en intégrant les principes d'un traitement séquentiel ou Trauma Damage Control Orthopédique (TDCO) (1).

Tous les patients et tous les contextes ne justifient pas une prise en charge par un TDCO. De nombreux patients peuvent bénéficier d'un traitement, définitif et complet en urgence, mais certains traumatisés graves peuvent être aggravés par un traitement initial prolongé.

Certaines indications sont maintenant bien identifiées (2). Elles sont d'ordre général, c'est le cas du polytraumatisé avec lésions vitales associées, d'ordre locorégional dans le cas d'un traumatisme isolé d'un membre immédiatement grave ou d'évolution potentiellement défavorable et d'ordre contextuel dans un environnement de limitation en moyens humains et/ou techniques (3-7).

Concept du TDCO

Le « Trauma Damage Control Chirurgical » (TDCC) a été initialement développé pour faire face aux traumatismes abdominaux (8) avec hémorragie massive par une approche séquentielle permettant d'éviter la cascade léthale d'événements qui entraînent le décès par exsanguination (9).

Le TDCC a ensuite été appliqué à la prise en charge des polytraumatisés ayant des fractures des os longs et du bassin (1) et a été alors appelé Trauma Damage Control Orthopédique (TDCO). Ce concept de TDCO a ensuite été élargi à des lésions de l'appareil locomoteur de gravité locorégionale qui relèvent d'une prise en charge séquentielle dans le temps.

Le terme de damage control ne trouve pas son origine dans le vocabulaire médical. Il a été employé par la marine militaire américaine pour désigner les mesures permettant de réparer sommairement les avaries les plus graves d'un bâtiment en combat naval pour permettre de le maintenir à flot jusqu'au port où les réparations définitives pouvaient être réalisées (10). Le Trauma Damage Control chirurgical et plus précisément orthopédique se réfère à ces principes.

Lorsque le pronostic vital est en jeu chez le traumatisé grave, à la phase initiale, l'objectif est de limiter l'agression chirurgicale en renonçant à l'ostéosynthèse idéale pour une stabilisation temporaire des fractures, de façon rapide et peu invasive, le plus souvent par fixateur externe. Le but de cette prise en charge est d'écourter le temps opératoire pour diminuer l'importance du « choc chirurgical » afin de permettre une prise en charge réanimatoire efficace qui évite le cercle vicieux hypothermie - acidose lactique - CIVD et ne majore pas la réponse inflammatoire (11,12).

Le TDCO dans le cadre d'un TDCC comporte trois étapes systématiques :

- en urgence, contrôle de l'hémorragie et de l'infection par débridement et parage des lésions ouvertes puis stabilisation des fractures par fixation externe ;
- réanimation en soins intensifs ;

- réintervention pour traitement chirurgicale définitif quand le patient est physiologiquement stabilisé : reprise ou complément du fixateur externe ou conversion en synthèse interne (13,14).

Lorsque le pronostic du membre est en jeu le TDCO d'indication locorégionale comporte des séquences adaptées au sauvetage du membre et de sa fonction :

- le premier temps en urgence répond aux principes précédents ;
- les premiers jours permettent révision, réelle appréciation des lésions et décision de la tactique opératoire visant à assurer la couverture de la fracture ;
- plus tardivement seront assurés les gestes de reconstruction osseux et de réanimation de la fonction.

Indications

Polytraumatisé avec lésions vitales associées (abdominales, thoraciques, crânio cérébrales, fractures du bassin, fractures du fémur)

C'est l'indication princeps du TDCO. Si le traitement « Urgent - Complet et Définitif » ou "Early Total Care" des anglo-saxons (15) est la meilleure option chez un patient stable, elle n'est pas recommandée en cas d'instabilité hémodynamique liée à un traumatisme thoracique, abdominal, cérébral ou du bassin. Identifier le patient dont les réserves physiologiques sont insuffisantes pour supporter un geste prolongé et définitif reste le problème central et discuté (16,17). Asencio et al (18) ont précisé les caractéristiques préopératoires prédictives d'un décès par exsanguination qui semble rendre une approche en Damage Control Chirurgical appropriée (*Injury Severity Score > 25, pression systolique < 70mm Hg, pH < 7,1, Température < 34°C*). Ces critères ont été édictés pour les traumatisés abdominaux mais restent applicables pour décider d'un traitement en DC pour d'autres régions anatomiques (1,19-21).

Le TDCO s'applique ainsi aux patients polytraumatisés dont l'état général est jugé « limite » (hypotension, traumatisme thoracique ou abdominal, choc hémorragique sur une fracture de l'anneau pelvien, hypothermie, coagulopathie, ...) (9,22). Pape (23) a décrit quatre tableaux cliniques (stable, limite ou "borderline", instable, moribond ou « *in extremis* ») à partir de trois principaux indicateurs cliniques (l'état de choc, l'hypothermie et la coagulopathie) pour préciser les contextes d'application du DCO. Les patients dits « stables » doivent et les patients « limites » peuvent bénéficier d'une ostéosynthèse définitive d'emblée alors que cette dernière n'est pas recommandée chez les patients instables ou moribonds. Une acidose avec un PH inférieur à 7,3, une coagulopathie avec un fibrinogène inférieur à 1 et une hypothermie inférieure à 35° sont des indicateurs qui semblent contre indiquer un traitement en un temps en urgence (22).

Anticipation et évaluation permanente sont les maîtres-mots, ainsi des mesures de réanimation efficaces peuvent autoriser

un traitement tout en un temps pour un blessé instable initialement et à contrario une aggravation per opératoire peut faire décider de passer en TDCO.

Le retentissement systémique des fractures de la diaphyse fémorale a été particulièrement étudié. Le saignement et les lésions des parties molles sont à l'origine d'une réponse inflammatoire locale dont la conséquence sur un plan général est un syndrome de défaillance multiviscérale (11). La manipulation prolongée d'une fracture du fémur participe à une augmentation importante de cette réaction inflammatoire.

Ainsi les conséquences générales sont fonction du traumatisme initial ou "first hit" mais aussi de la durée et du type du traitement ou « second hit » (21,24). Seul ce facteur est modulable (11). En TDCO la stabilisation indispensable est réalisée par les méthodes les moins invasives : moyens orthopédiques (minerve pour le rachis, attelles et plâtre au membre supérieur), fixateur externe temporaire et traction pour les fractures des os longs, ceinture et clamp pelvien pour la stabilisation du bassin (25,26). L'objectif est d'éviter une aggravation de l'état général par un geste chirurgical long et qui majore le saignement tel qu'un enclouage du fémur (14). Il faut alors recourir à une procédure écourtée qui se limite au contrôle de l'hémorragie, au traitement des parties molles et souvent à la stabilisation des fractures. Le choix du fixateur externe est dicté par la simplicité, la rapidité de la méthode et l'absence de majoration du saignement (27) en restant compatible avec la réalisation dans un second temps d'une stabilisation définitive par une ostéosynthèse interne.

La fixation interne définitive est effectuée après stabilisation des désordres physiologiques, après régression de la réaction inflammatoire et de l'œdème tissulaire (2,11). Les fenêtres d'opportunités temporelles de la fixation sont guidées par une meilleure connaissance de la biologie de la réponse inflammatoire évitant la période d'hyper inflammation du premier au quatrième jour et la période d'immunosuppression du dixième jour à la troisième semaine (28).

Traumatismes sévères des membres

Le concept de TDCO ou Limb Damage Control Orthopaedics (29) peut également être utilisé comme alternative au traitement « Urgent - Complet et Définitif » pour les lésions isolées des membres sans menace du pronostic vital.

Trois situations correspondent à ce cadre : le polyfracturé ou les lésions étagées d'un membre, les fractures impossibles à aborder en urgence pour des raisons de souffrance cutanée, les fractures ouvertes isolées avec lésions pluritissulaire graves

Le polyfracturé ou les lésions étagées avec fracture du fémur

Une stabilisation temporaire rapide par fixation externe permet de compléter sereinement le bilan et d'élaborer une tactique de prise en charge définitive qui peut imposer un matériel spécifique non immédiatement disponible.

Les fractures impossibles à aborder en urgence pour des raisons de souffrance cutanée

Il s'agit des fractures à haute énergie dans une région où la couverture par les parties molles est réduite au revêtement cutané, avec deux localisations principales l'extrémité proximale et distale de la jambe. L'évaluation initiale peut être difficile et la sévérité des lésions sous-estimée. Lorsque les tissus mous sont très contus ou siège de décollement sous cutané, il existe un risque d'infection important quand on réalise une ostéosynthèse intrafocale initiale définitive. La stabilisation par un fixateur externe permet de surveiller de la peau et des tissus mous et permet de reporter la fixation définitive à plus tard. La qualité de la stabilisation participe à la cicatrisation des parties molles, prévient le raccour-

cissement, la subluxation articulaire et des dommages supplémentaires des surfaces articulaires (30).

Le fixateur externe permet de compléter le bilan par des examens d'imagerie qui autorisent la planification des abords et de la fixation pour des fractures complexes du pilon tibial ou des plateaux tibiaux. Le fixateur pouvant être utilisé comme un distracteur-réducteur peropératoire, compatible avec la mise en place d'une ostéosynthèse par des voies mini-invasives (29).

La fracture ouverte isolée avec lésions pluritissulaire graves

Le TDCO trouve une application dans la prise en charge des traumatismes des membres isolés mais graves, en raison d'une ischémie ou de lésions sévères des parties molles. Le terme de traumatisme grave désigne des lésions pluritissulaires qui intéressent au moins trois des quatre éléments anatomiques : tissus mous, nerfs, vaisseaux et os (31). Cela correspond aux types III B et C de Gustilo (32).

C'est une formalisation sous l'appellation moderne de Damage Control d'une tactique séquentielle et stéréotypée de traitement des fractures ouvertes en particulier du segment jambier (33).

Ce TDCO « local » réalise une stabilisation osseuse par fixateur externe, qui présente l'avantage d'être rapide (avant un geste de revascularisation), peu hémorragique, de limiter l'agression des parties molles (en cas de souffrance cutanée) et permettre une couverture osseuse précoce par lambeau. La fixation interne définitive est réalisée secondairement si l'état des parties molles le permet. Il entre en concurrence avec le traitement « Urgent - Complet et Définitif » défendu par Vichard et al (34) qui proposent une réparation des parties molles en urgence et une ostéosynthèse interne immédiate. Ce traitement idéal doit être privilégié lorsqu'il est possible mais il impose une disponibilité en urgence de toutes les compétences (orthopédique, plastique, microchirurgicale). L'appréciation exacte de la vitalité des tissus est souvent difficile en urgence. La réparation des enveloppes par lambeaux et l'ostéosynthèse s'ajoutent aux gestes de débridement et parage imposant un geste chirurgical très long.

Lors d'une prise en charge en TDCO le premier temps en urgence s'inscrit dans la période initiale de six heures. Il assure les fondamentaux : contrôle de l'hémorragie, prévention de l'infection, revascularisation éventuelle, traitement ou prévention du syndrome compartimental et stabilisation des fractures.

Si la couverture du foyer de fracture est une nécessité immédiate cette immédiateté n'est pas obligatoirement synonyme d'urgence. Le TDCO dispense d'une phase opératoire longue et délicate de réparation des enveloppes dans une intervention déjà longue.

Le deuxième temps, dans les premiers jours, est un temps de révision, de réappréciation et de réparation des enveloppes. Le troisième, plus tardif, est constitué par des gestes de relance de la consolidation, de réparations tendineuses et nerveuses à visée fonctionnelle.

Le TDCO a pour intérêts : la simplicité logistique et humaine, la rapidité, la possibilité d'autoriser à reporter au lendemain les décisions stratégiques (conserver ou amputer) et tactiques (mode de réparation des parties molles, traitement de l'éventuelle perte de substance osseuse ...) dans une discussion collégiale voire multidisciplinaire faisant intervenir rééducateurs, appareilleurs, psychologues et le patient. Réviser le choix initial d'une conservation du membre est possible en ambiance plus sereine que celle de l'urgence. L'amputation sera alors une proposition précoce raisonnée et raisonnable évitant une amputation tardive de résignation pour raison infectieuse ou fonctionnelle véritable drame pour le patient.

Si le traitement conservateur qui exige une équipe entraînée (35) est confirmé, le TDCO d'urgence offre l'opportunité d'un transfert du patient à une équipe qui rassemble toutes les

compétences nécessaires à la réparation des parties molles, à la consolidation osseuse et à la réanimation de la fonction. Le bilan local par les révisions du pansement au bloc opératoire, par l'éventuelle artériographie est possible et permet une planification tactique des choix techniques qui sont interdépendants (couverture, stabilisation, reconstruction osseuse). Ce traitement séquentiel permet aussi de préparer le patient, l'équipe chirurgicale et le matériel mais aussi de laisser passer la période inflammatoire et de réaliser les gestes définitifs dans un délai de conversion optimal.

Indications d'ordre contextuel

La dernière circonstance d'application du DCO est celle d'une prise en charge en situation précaire qui oblige à un transfert du blessé (3,6,7). Cette précarité peut être liée à un plateau technique limité (en terme d'infrastructure, de matériel d'ostéosynthèse, de possibilité de réanimation, de compétences chirurgicales), à un contexte d'insécurité ou un afflux massif saturant de blessés.

Le TDC trouve une application emblématique dans la prise en charge des traumatismes des membres chez les blessés de guerre (7,36).

La stratégie thérapeutique en contexte de guerre repose sur trois priorités hiérarchisées : sauver la vie, sauver le membre et préserver la fonction. Pour répondre à ces objectifs il faut avoir recours à des tactiques chirurgicales séquentielles, avec des gestes initiaux simples, rapides, mais parfois incomplets, visant à assurer la survie du blessé et préparer le traitement définitif secondaire. L'efficacité des évacuations sanitaires aériennes permet actuellement un emploi large des procédures de TDC, en particulier pour la prise en charge des traumatismes des membres. Covey (4) utilise le terme de "tactical orthopedic intervention" pour désigner la première phase du Trauma Damage Control Orthopédique de Guerre (TDCOG) qui repose sur le débridement-parage, la fixation externe, l'éventuelle revascularisation temporaire par shunt et la non fermeture des plaies. Les tactiques de reconstruction sont ensuite rythmées par les impératifs temporels de la couverture cutanée, de l'éventuelle conversion en fixation interne et des apports osseux. Ces traitements sont cependant réservés aux blessés pris en charge dans des conditions optimales, tels que le sont ceux des armées occidentales blessés sur des territoires éloignés et rapatriés rapidement dans leur pays.

Le TDCOG est retenue dans quatre indications. Trois scénarios sont ceux de la pratique civile (2) appliqués en situation de conflit :

- celui du traitement des patients polytraumatisés chez qui une fixation des fractures intra articulaires n'est pas une nécessité immédiate ou chez lesquels la fixation définitive des fractures des os longs entraîne un risque général inacceptable, le polyblessé de guerre n'en est qu'un aspect particulier ;
- celui d'une option de stabilisation temporaire dans un centre qui assure un traitement indispensable en urgence avant transfert vers un centre aux ressources plus importantes, c'est le concept de la chirurgie dans les structures chirurgicales du théâtre d'opération ;
- celui du traitement en urgence des lésions graves pluritissulaires des membres, ce qui caractérise fréquemment les lésions de guerre ;
- le quatrième scénario est spécifique à la pratique de guerre, c'est le concept d'un TDCOG tactique d'indication collective dans le cadre d'afflux massif saturant de blessés. La chirurgie de guerre, parce qu'elle est parfois une chirurgie de masse, impose de remplacer une éthique individuelle par une éthique collective au service du plus grand nombre. Cette notion de « damage control collectif » mérite d'être explicitée. Dans les structures chirurgicales du champ de bataille, il s'agit d'optimiser les moyens disponibles et les mettre au service du plus grand nombre. Cela impose d'une

part le triage quand le nombre de blessé dépasse les capacités de soins de la structure pour définir les priorités d'accès au bloc ou aux examens complémentaires. D'autre part les procédures de TDCO trouvent naturellement leurs indications dans ce contexte. Le choix de gestes rapides et peu hémorragiques (dans une structure aux moyens en transfusion limités) et une évacuation médicalisée, durant laquelle est poursuivie la réanimation, est une indication imposée par le contexte. Le fixateur externe en est la pierre angulaire, il s'agit d'un fixateur temporaire destiné à restaurer sommairement les axes et la longueur, à la manière d'une « traction portative », pour permettre l'évacuation du blessé et la surveillance du membre.

Les lésions des membres qui relèvent du TDCO sont : les traumatismes ostéo-articulaires ouverts, les fractures diaphysaires fermées du fémur ou du tibia, et les fractures instables du bassin. Les fractures péri-articulaires fermées du membre inférieur sont également mieux stabilisées par un fixateur pontant l'articulation (6,7).

Conclusion

Appréhender le traumatisme, le traumatisé dans sa globalité et l'environnement médical et chirurgical est la clef de l'indication entre un traitement immédiat et définitif et une procédure de TDCO.

L'orthopédiste traumatologue avec l'anesthésiste réanimateur sont actuellement les gestionnaires d'un ensemble de paramètres qui permettent de décider du bon traitement au bon moment.

Le TDCO n'est finalement que la formalisation tactique et la conceptualisation de pratiques conservatoires utilisées par les équipes expérimentées en traumatologie des membres et basé sur le bon sens chirurgical.

Cela était déjà souligné lors du rapport de l'Association Française de Chirurgie de 1971 (37) et certainement déjà appréhendé depuis la première guerre mondiale en chirurgie de guerre ainsi qu'en témoigne Henri Rouvillois : « *Bien souvent le chirurgien sera dans l'obligation de limiter son action à des gestes utiles et sans grandeur, au détriment de tentatives héroïques longues et incertaines qui sont la récompense de son effort et l'orgueil de la profession* » (38).

Références

1. Hsu Jeremy N, Pham Tam N. Damage Control in the injured patient. *Int J Crit Illn Inj Sci* 2011 ; 1 : 66-72.
2. Burgess AR. Damage Control Orthopaedics. *J Orthop Trauma* 2004 ; vol 18 : N8 Suppl.
3. Dhar SA. Damage control orthopaedics in patients with delayed referral to a tertiary care center: Experience from a place where Composite Trauma Centers do not exist. *J Trauma Manag Outcomes* 2008 ; 2 : 2.
4. Covey DC. Combat Orthopaedics: A view from the trenches. *□ J Am Acad Orthop Surg* 2006 ; 14 : S10-17.
5. Hirshberg A, Scott BG, Granchi T, Wall MJ Jr, Mattox KL et al. How does casualty load affect trauma care in urban bombing incidents? A quantitative analysis. *□ J Trauma* 2005 ; 58 : 686-95.
6. Gunepin FX, Andro C, Moynot JC, Schiele P, Poichotte A et al. Damage control orthopédique en chirurgie de guerre : quelles différences avec les pratiques civiles ? *Rev Chir Orthop et Trauma* 2010 ; 96 : S60-5.
7. Mathieu L, Bazile F, Barthélémy R, Duhamel P, Rigal S. Damage Control Orthopaedics in the context of battlefield injuries: The use of temporary external fixation on combat trauma soldiers. *Orthop Traumatol Surg Res* 2011 ; 97 : 852-9.
8. Rotondo MF, Schwab CW, McGonigal MD, Phillips GR 3rd, Fruchterman TM et al. Damage control: An approach for improved survival in exsanguinating penetrating abdominal injury. *J Trauma* 1993 ; 35 : 375-82.
9. Kashuk JL, Moore EE, Millikan JS, Moore JB. Major abdominal vascular trauma a unified approach. *J Trauma* 1982 ; 22 : 672-9.

10. Navy US. Surface Ship Survivability. United States. Naval War Publications 1996 ; 31 : 3-20.
11. Hildebrand F, Giannoudis P, Krettek C, Pape HC. Damage control: Extremities. *Injury Int J Care Injured* 2004 ; 35 : 678-89.
12. Stahel PF, Smith WR, Moore EE. Role of biological modifiers regulating the immune response after trauma. *Injury* 2007 ; 38 : 1409-22.
13. Pape HC, Stalp M, Griensven M, Weiberg A, Dahlweit M, Tscherne H. Optimal timing for secondary surgery in polytrauma patients: An evaluation of 4 314 serious-injury cases. *Chirurg* 1999 ; 70 : 1287-93.
14. Morley J, Kossygan K, Giannoudis PV. Damage control orthopaedics: A new concept in the management of the multiply injured patient. *Cur Orthop* 2002 ; 16 : 362-7.
15. Bone LB, Johnson KD, Weigelt J, Scheinberg R. Early versus delayed stabilization of femoral fractures. A prospective randomized study. *J Bone Joint Surg Am* 1989 ; 71 : 336-40.
16. Pape HC. Confusion regarding method of patient selection. *J Trauma* 2006 ; 53 : 452-62.
17. Meek NR. The John Border Memorial Lecture: Delaying emergency fracture surgery - Fact or Fad. *J Orthop Trauma* 2006 ; 20 : 337-40.
18. Asensio JA, McDuffie L, Petrone P, Roldán G, Forno W et al. Reliable variables in the exsanguinated patient which indicate damage control and predict outcome. *Am J Surg* 2001 ; 182 : 743-51.
19. Ball CG, Feliciano DV. Damage control techniques for common and external iliac artery injuries: Have temporary intravascular shunts replaced the need for ligation? *J Trauma* 2010 ; 68 : 1117-20.
20. Jaicks RR, Cohn SM, Moller BA. Early fracture fixation may be deleterious after head injury. *J Trauma* 1997 ; 42 : 1-5.
21. Pape HC, Hildebrand F, Pertschy S, Zelle B, Garapati R et al. Changes in the management of femoral shaft fractures in polytrauma patients: From early total care to damage control orthopedic surgery. *J Trauma* 2002 ; 53 : 452-61.
22. Eddy VA, Morris JA Jr, Cullinane DC. Hypothermia, coagulopathy, and acidosis. *Surg Clin North Am* 2000 ; 80 : 845-54.
23. Pape HC, Giannoudis PV, Krettek C, Trentz O. Timing of fixation of major fractures in blunt polytrauma: Role of conventional indicators in clinical decision making. *J Orthop Trauma* 2005 ; 19 : 551-62.
24. Pape HC, Auf'm Kolk M, Paffrath T, Regel G, Sturm JA, Tscherne H. Primary intramedullary femur fixation in multiple trauma patients with associated lung contusion: A cause of posttraumatic ARDS? *J Trauma* 1993 ; 34 : 540-7.
25. Roberts CS, Pape HC, Jones AL, Malkani AL, Rodriguez JL, Giannoudis PV. Damage control orthopaedics: Evolving concepts in the treatment of patients who have sustained orthopaedic trauma. *Instr Course Lect* 2005 ; 54 : 447-62.
26. Pape HC, Tornetta P 3rd, Tarkin I, Tzioupis C, Sabeson V, Olson SA. Timing of fracture fixation in multitrauma patients: The role of early total care and damage control surgery. *J Am Acad Orthop Surg* 2009 ; 17 : 541-9.
27. Scalea TM, Boswell SA, Scott JD et al. External fixation as a bridge to intramedullary nailing for patient with multiple injuries and with femur fracture: Damage control orthopaedics. *J Trauma* 2000 ; 48 : 613-23.
28. Flierl MA et al. Femur Shaft Fracture Fixation in Head-Injured Patients: When Is the Right Time? *J Orthop Trauma* 2010 ; 24 : 107-14.
29. Giannoudis P, Dinopoulos H, Tzioupis H, Krettek C. « Damage Control Orthopaedics » in the polytrauma patient. *Acta Orthopaedica et Traumatologica Hellenica. Official journal of Hellenic Association of Orthopaedic Surgery and Traumatology* 2007 : 58.
30. Moran CG. The patient and the injury: Decision making in the trauma surgery. In *AO Principles of Fracture Management. Volume 1* ; Second expanded edition : Thieme New York : 115-25.
31. Hansen Jr ST. Overview of the severely traumatized lower limb: reconstruction versus amputation. *Clin Orthop Relat Res* 1989 ; 243 : 17-9.
32. Gustilo RB, Anderson JT. Prevention of infection in the treatment of one thousand and twenty five open fractures of long bones: Retrospective and prospective analyses. *J Bone Joint Surg Am* 1976 ; 58 : 453-8.
33. Lenen D. Fractures ouvertes de jambe: vingt ans d'expérience d'ostéosynthèse et de chirurgie des lambeaux. *E-Mem Acad Natle Chir* 2011 ; 10 : 25-32.
34. Vichard Ph. Le traitement des fractures ouvertes de jambe avec dégâts cutanés majeurs. *Cahiers d'Enseignement de la SOFCOT. Conférence d'Enseignement* 1992 ; 42 : 133-44.
35. Okike K, Bhattacharyya T. Recommendations pour la prise en charge des fractures ouvertes Trends in the management of open fractures. *J Bone Joint Surg Am* 2006 ; 88 : 2739-48.
36. Sinha VK, Anan S. Extremity and orthopaedic injuries. Symposium: Combat casualty care. *Medical Journal Armed Forces India* 2010 ; 66 : 342-6.
37. Trillat A, Patel A. Conduite thérapeutique d'urgence chez les polytraumatisés. *Rapport de l'Association Française de Chirurgie (AFC) Paris ; Masson : 1971.*
38. Rouvillois H. L'évolution de la chirurgie de guerre. Discours d'ouverture du XLV^{ème} Congrès Français de Chirurgie. Paris ; Masson : 1936.