Intérêt de la technologie SimLife dans l'enseignement de la chirurgie de Damage Control pour chirurgiens militaires et civils

Interest of Simlife Model in Teaching the Damage Control Surgery to Military and Civilian Surgeons

F Pons [1,2], G Boddaert [1], E Hornez [1], P Balandraud [1], E Oriot [2], C Brèque [2], JP Faure [2], JP Richer [2]

1- École du Val-de-Grâce -1, place Alphonse Laveran - 75230 Paris Cedex 05.
2- ABS Lab - Université de Poitiers - Bât D1 - 6, rue de la Milétrie TSA-51115 86073 Poitiers cedex 9.

Résumé

Le Damage Control chirurgical, tactique chirurgicale face à un traumatisé hémorragique instable, consiste en des gestes d'hémostase rapide et de suppression de la contamination, sans chercher une réparation définitive qui sera faite dans un second temps.
Son enseignement, indispensable pour les chirurgiens militaires confrontés à ce type de blessés, parfois dans un contexte d'isolement et d'afflux de blessés, est également important pour les chirurgiens civils des centres de traumatologie. Les attentats de 2015 ont rappelé que tout chirurgien, quelle que soit sa spécialité ou son lieu d'exercice, pourrait être confronté à ce type de situation.
L'enseignement pratique en clinique n'est pas aisé car ce type de blessé est relativement rare en situation habituelle. Le modèle SimLife (corps donnés à la Science, ventilés et perfusés) développé à l'Université de Poitiers est utilisé depuis 2015 pour l'apprentissage de gestes de chirurgie réglée. Depuis 2017 il a été utilisé au cours de 7 sessions pour l'enseignement du Damage Control à des chirurgiens civils et militaires, français et étrangers. Ceci a permis de montrer la pertinence de ce système par rapport aux autres modèles de simulation utilisés pour la formation au Damage Control chirurgical :
-Les réacteurs biologiques : hémorragie plus réaliste, mais anatomie très différente, disponibilité plus aléatoire dans l'avenir ;
-Les modèles synthétiques de simulation : certains sont très réalistes pour les gestes vasculaires, ils demeurent très coûteux et encore très loin de la réalité pour les modèles thoraciques et abdominaux ;
-Enfin, par rapport aux cadavres « statiques » ce modèle reproduit des conditions beaucoup plus réalistes au niveau du thorax et de l'abdomen : possibilité de liquide dans la cavité pleurale ou péritonéale, hémorragie en cas de lésion vasculaire, aspect, chaleur et consistance des organes (poumon ventilé, grêle plein …) qui permettent de bien faire les gestes d'exposition et d'hémostase et d'apprécier l'expérience des élèves.
Ces différentes sessions ont permis de protocoliser les gestes à réaliser et leur séquence en essayant également de développer des échelles d'évaluation.

Mots clés

- Damage control chirurgical
- Simulation
- SimLife

Abstract

Objective: Damage control surgery is a surgical tactic used for unstable bleeding trauma patient. The initial surgical stage consists of rapid hemostasis and contamination control (without definitive repair). Its teaching is essential for military surgeons, for civilian surgeons in Trauma Centers, but also (as reminded by the Terror Attacks in 2015) for any surgeon, whatever his specialty or place of practice. Practical teaching in clinics is difficult because this type of injury is relatively rare. Therefore, Simulation Models, should be very useful.
Methods: The SimLife model (bodies donated to Science, ventilated and perfused) developed at the University of Poitiers has been used to teach elective surgical procedures. Since 2017 we used it to teach Damage Control surgery and we compared it with other simulation models.
Results: 7 sessions for 46 French and foreign civilian and military surgeons were organized. This has shown us the relevance of this system compared to other models. Animal models: more realistic bleeding, but very different anatomy and uncertain availability in the future. Synthetic simulation models: some of them are very realistic for vascular procedures, but very expensive and still very far from reality for thoracic and abdominal models. Compared to "static" cadavers, the SimLife model reproduces much more realistic conditions, especially in the chest and abdomen: liquid in the pleural or peritoneal cavity, appearance and consistency of the organs hemorrhage in case of vascular injury which allows the exposure and hemostasis procedures to be carried out properly and the students experience to be appreciated. Moreover, we could formalize the procedure and the sequences of a session and try to develop evaluation scales.
Conclusion: SimLife seems to be very relevant for teaching every procedure (chest, abdomen, vascular, extremities) of damage control surgery with only one model.

Keywords

- Damage control surgery
- Simulation
- Simlife

Correspondance

François Pons
Professeur agrégé du Val-de-Grâce - 72, allée de la Clairière 91190 Gif sur Yvette.
E-mail : frapons@me.com

1634-0647 © 2018 Académie Nationale de Chirurgie.
Tous droits réservés. DOI : 10.26299/reww-8854/emem.2018.3.016

Introduction

Le damage control chirurgical

Le concept de Damage Control (ou Integrated Damage Control) peut se définir comme la prise en charge globale, cohérente, multidisciplinaire d'un traumatisé hémorragique grave depuis le préhospitalier jusqu'au bloc opératoire avec le souci constant de lutter contre les éléments de la triade létale décrite par Moore : hypothermie, acidose, troubles de la coagulation (1).
On peut y distinguer deux parties : Damage Control Ressuscitation et Damage Control chirurgical.
Le Damage Control Ressuscitation (2, 3) ou Damage Control Réanimation comprend toutes les mesures mises en œuvre depuis les premiers gestes sur le terrain en préhospitalier (Damage Control Ground 0 pour certains) et les mesures de réanimation à l'admission dans une structure hospitalière jusqu'au bloc opératoire (arrêt des hémorragies en préhospitalier, prévention rigoureuse et à tous les niveaux de l'hypothermie, évacuation vers un bloc opératoire le plus rapide possible, adaptation du remplissage pour optimiser la perfusion tissulaire tout en prévenant l'acidose et les troubles de coagulation, lutte contre les troubles de la coagulation par l'utilisation précoce de produits hémostatiques et de produits sanguins, etc.).
Le Damage Control chirurgical, a été décrit avant ce concept de Damage Control global, dès la fin des années 80 dans les Trauma Center américains comme une nouvelle tactique de prise en charge des blessés hémorragiques graves, « exsanguinés », pour lesquels la prise en charge classique par laparotomie « définitive » n'est pas efficace. Pour prévenir l'apparition de la triade létale fut proposée une tactique de prise en charge en trois temps qu'en 1993 Rotondo, par analogie avec la prise en charge des bâtiments de la marine de guerre, a nommé « Damage Control » (4). Ces trois temps sont :

- Un premier temps chirurgical le plus rapide possible (une heure) visant uniquement à faire l'hémostase (éteindre les feux) et à contrôler les fuites des organes creux (colmater les brèches) sans faire de geste de réparation ;
- Un deuxième temps de réanimation visant à corriger les différents désordres (réchauffer le patient, corriger les troubles de la coagulation en particulier par des transfusions, corriger l'acidose) ;
- Un troisième temps qui est le deuxième temps chirurgical débuté lorsque les constantes sont jugées satisfaisantes (en général entre 24 à 72 heures après le premier geste). Au cours de ce temps sont réalisés ou débutés les gestes définitifs de réparation qui peuvent parfois (souvent) être itératifs.

Devant la qualité des résultats avec une diminution sensible de la mortalité cette tactique, initialement décrite pour les traumatismes hémorragiques de l'abdomen, a été élargie progressivement à toutes les lésions hémorragiques graves chez les polytraumatisés et poly-blessés. On a ainsi décrit un « damage control » orthopédique, vasculaire, neurochirurgical, thoracique.
La philosophie est toujours la même : limiter l'hypothermie et les effets néfastes d'une intervention prolongée et replacer au plus vite le patient en réanimation pour continuer à corriger les désordres induits par l'hémorragie et prévenir l'apparition de la triade létale. Cette prise en charge chirurgicale en deux temps est à l'opposé de ce qui fut pratiqué et enseigné autrefois : une prise en charge « tout en un temps » laissant le patient longuement sur la table jusqu'à la réparation complète de toutes les lésions avec à l'issue une hémostase faite, des lésions réparées mais un patient hypotherme et incoagulable qui mourra dans les suites.
Il faut donc distinguer :

- Le premier temps chirurgical fait de tactique et de gestes d'urgence au niveau de l'abdomen, du thorax, des vaisseaux et des membres et, pour certains, du crâne ce qui demande donc une certaine polyvalence ;
- Le deuxième temps chirurgical comportant des gestes de reconstruction, en dehors d'un contexte d'urgence, et qui seront faits au mieux par des chirurgiens de la spécialité.

L'enseignement du damage control chirurgical est donc en fait celui du premier temps chirurgical puisque le deuxième temps présente peu ou pas de spécificités par rapport à la chirurgie réglée ou d'urgence non traumatique relevant de chaque spécialité.

A qui enseigner le damage control chirurgical ?

Les chirurgiens qui peuvent être confrontés à ce premier temps de damage control chez des traumatisés hémorragiques instables sont donc :

- les chirurgiens militaires : ils sont appelés à servir hors de France dans des contextes où ces traumatismes sont fréquents, parfois dans le cadre d'afflux, et où il n'est pas possible de disposer de toutes les spécialités ; ils doivent donc tous, viscéralistes au sens large (y compris thoraciques, vasculaires et urologues) et orthopédistes, être formés au premier temps du damage control chirurgical ; c'est l'objet principal du Cours Avancé de Chirurgie en Mission Extérieure (Cachirmex) créé en 2007 et organisé chaque année par la chaire de chirurgie de l'École du Val de Grâce (5,6) ;
- les chirurgiens exerçant et prenant la garde dans les centres classés comme Trauma Center ; dans ces gros centres multidisciplinaires il est possible, et cela est fait régulièrement, d'avoir recours à plusieurs chirurgiens de spécialités différentes pour prendre en charge un même patient ; cependant, la disponibilité d'un chirurgien d'une autre spécialité (chirurgien thoracique ou urologue par exemple) peut être incertaine, soit parce qu'il ne peut être présent à temps compte-tenu des délais très courts qu'imposent une intervention de damage control (chirurgie immédiate et durant moins d'une heure), soit parce que ce chirurgien n'est pas disponible (autre intervention en cours, contexte d'afflux de blessés) ; il est donc souhaitable que tout chirurgien exerçant dans un Trauma Center, quelle que soit sa spécialité, soit formé à la tactique et à tous les gestes du premier temps de damage control ;
- les autres chirurgiens civils pouvant avoir à faire face à ce type d'urgence en dehors des Trauma Centers ; les attentats de 2015 ont montré que certains hôpitaux ne recevant pas habituellement des urgences traumatiques pouvaient en recevoir ; par ailleurs dans un contexte d'afflux ou d'insécurité empêchant les évacuations vers un centre de traumatologie il est possible pour tout chirurgien, de se trouver une fois face à ce type de blessé et il est donc intéressant qu'ils aient tous une connaissance de cette tactique et des gestes qui ne relèvent pas directement de leur spécialité ; le rapport de l'Association Française de Chirurgie de 2019 a montré que beaucoup de chirurgiens ne se sentaient pas à l'aise ou bien formés pour ce type de chirurgie (7).

1634-0647 © 2018 Académie Nationale de Chirurgie.
Tous droits réservés. DOI : 10.26299/reww-8854/emem.2018.3.016

La formation au Damage Control peut se faire dans le cadre de la formation initiale des internes de chirurgie. Elle est enseignée dans certains modules de DES de la plupart des spécialités chirurgicales. Elle sera aussi enseignée dans la Formation Spécialisée Transversale (FST) « Chirurgie de guerre et de catastrophe », créée dans le cadre de la réforme du 3ème cycle, accessible à tous les DES de chirurgie, et qui devrait débuter lors de l'année universitaire 2020-2021. Elle peut se faire aussi dans le cadre de la formation continue par différents cours comme le cours DSTC (Definitive Surgical Trauma Care Course) ou le cours ASSET (Advanced Surgical Skills for Exposure in Trauma) déjà existants en France, ou certains DIU comme celui de Traumatologie Viscérale ou celui d'Urgences chirurgicales digestives (8). Depuis les attentats de 2015, de multiples formations au damage control ont été organisées s'adressant soit à l'ensemble des professionnels de santé soit plus spécifiquement aux chirurgiens.

Comment enseigner le damage control chirurgical ?

Il faut d'abord enseigner une tactique chirurgicale, une prise de décision en fonction de l'état du patient, du type de lésions et des moyens dont on dispose. Prendre la bonne décision dans un contexte d'extrême-urgence ne peut se faire que par l'expérience ou par la réflexion que l'on peut avoir eu auparavant, à froid. Cette réflexion se fait en partageant cette expérience avec d'autres par des cours théoriques et l'étude de cas cliniques et de retour d'expérience, particulièrement utiles en traumatologie étant donné la grande diversité possible des associations lésionnelles.
Il faut ensuite enseigner des gestes techniques qui ont la particularité de se référer à plusieurs régions anatomiques (et donc relevant de plusieurs spécialités chirurgicales) :

- Thorax : thoracotomie de ressuscitation et d'hémostase (clampage de l'aorte descendante, ouverture du péricarde, contrôle d'une hémorragie au niveau du cœur, des gros vaisseaux, des poumons, de la paroi …) ;
- Abdomen : laparotomie d'hémostase (exploration, packing, manœuvres d'exposition (Cattel, Mattox …), clampage de l'aorte, plaies vasculaires, splénectomie, néphrectomies, packings hépatique et pelvien, contrôle provisoire des plaies du tube digestif, technique de l'abdomen ouvert …) ;
- Abord des vaisseaux des membres et du cou, traitement par ligature, shunt, voire réparation directe simple ;
- En plus de ces gestes on peut rajouter certains gestes au niveau des membres, qui n'ont pas le même caractère d'urgence mais font partie du damage control orthopédique : parage, fasciotomies, mise en place de système simple de fixateur externe ;
- Enfin les gestes au niveau du crâne (crâniectomies, parage …) associés par certains au damage control, mais pour lesquels il n'y a pas de consensus sur le fait que ces gestes puissent être fait en extrême urgence, en France, par un chirurgien autre qu'un neurochirurgien.

Comme pour toute la chirurgie l'enseignement pratique se fait par l'apprentissage lors de stages hospitaliers. Au cours de ces stages l'interne apprend d'une part certains gestes qui sont les mêmes qu'en chirurgie réglée et, d'autre part, voit et fait éventuellement certains gestes plus spécifiques lors de la prise en charge au bloc opératoire de traumatisés graves. Dans le cadre de la chirurgie traumatologique il faut souligner quelques difficultés :

- La tendance à l'hyperspécialisation accentuée par la récente réforme du 3ème cycle et la filiarisation de la chirurgie fait qu'un interne peut au cours de son cursus ne pas apprendre ou ne pas voir les gestes de chirurgie réglée relevant d'une autre spécialité (par exemple faire une thoracotomie ou un abord vasculaire des membres pour un interne de chirurgie viscérale) ;
- La proportion de plus en plus importante de gestes par vidéochirurgie, voire par chirurgie robotique, diminue l'expérience en chirurgie largement ouverte, nécessaire en traumatologie ;
- Le nombre relativement limité, même dans un Trauma Center, de laparotomies et de thoracotomies d'hémostases compte-tenu de la diminution des traumatismes fermés liés aux accidents de la voie publique, du petit nombre de plaies par balles (à l'exception de quelques hôpitaux « privilégiés »), de l'importance des traitements non opératoires ou de techniques interventionnelles non chirurgicales qui diminuent aussi le nombre de cas traités par abord chirurgical direct ;
- La nécessité d'aller vite, voire très vite, dans la prise en charge des traumatisés graves qui laisse moins de temps qu'en chirurgie réglée pour l'enseignement ou la délégation à un jeune chirurgien.

Par ailleurs les conceptions de la formation pratique des chirurgiens ont évolué. Elle a longtemps été fondée sur le compagnonnage au bloc opératoire : voir et aider, puis faire en étant aidé et enfin faire seul. Cet apprentissage demeure fondamental mais de nouvelles contraintes sont apparues : augmentation du nombre d'internes dans les services, diminution du temps consacrée à la formation pratique, pression économique (enseigner fait perdre du temps et donc de l'argent), augmentation de la pression médico-légale et considérations éthiques qui ont amené à ce concept de « jamais la première fois sur le patient ». Tout ceci a amené à promouvoir, à développer et à inciter fortement à utiliser les différentes méthodes de simulation pour que, si possible, tout geste ait été fait auparavant en dehors du bloc (9, 10). Ces méthodes de simulation sont particulièrement utiles en traumatologie car certaines situations sont rares et les cas de figure sont multiples. Même dans le cadre du compagnonnage, un interne n'aura parfois que rarement l'occasion de voir certains gestes, ou de les faire en étant aidé, avant la fin de sa formation. Par exemple, un chirurgien peut se retrouver seul pour la première fois en face d'une plaie du cœur parce qu'il n'en a jamais vu au cours de ses gardes et il sera précieux qu'il ait pu faire le geste dans le cadre d'une simulation.
On distingue classiquement trois types de simulation : les simulateurs ou modèles « synthétiques », les réacteurs biologiques et les sujets anatomiques (11). Tous sont utilisés à des degrés divers pour l'enseignement du damage control.
Les sujets anatomiques sont des corps donnés à la science. Ce sont historiquement les premiers modèles de simulation. Des générations de chirurgiens ont pu sur ces sujets apprendre l'anatomie et ses variations et mettre au point ou répéter des interventions avant de les pratiquer chez des patients (12). Ils sont très largement utilisés dans beaucoup de cours d'enseignement du damage control chirurgical comme le cours DSTC, le cours ASSET ou le Cachirmex et certains DU (6, 8). Ils ont l'avantage, évident, de présenter une véritable anatomie avec ses variations. Ces cadavres dit « statiques » ont cependant l'inconvénient, tout particulièrement au niveau de l'abdomen, d'un aspect et d'une consistance des viscères (poumon, cœur, tube digestif « collés ») très différents du vivant et de l'absence de liquide dans le système circulatoire. Pour augmenter le réalisme ont été imaginés des systèmes de sujets avec ventilation des voies aériennes et perfusion de liquide dans le système circulatoire. Selon les systèmes la perfusion se fait par une canulation artérielle et/ou veineuse avec un liquide qui, idéalement, a une couleur rouge proche du sang et ne diffuse pas ou peu hors du système circulatoire afin d'éviter d'avoir un œdème trop important des tissus, une inondation des cavités thoraciques et abdominales et une

1634-0647 © 2018 Académie Nationale de Chirurgie.
Tous droits réservés. DOI : 10.26299/reww-8854/emem.2018.3.016

coloration des tissus qui ne soit pas naturelle. Plusieurs systèmes de sujets anatomiques dynamiques ont été rapportés dans la littérature (13-16) et certains ont pu être utilisés pour l'enseignement de la chirurgie de damage control (13, 17).
Le modèle SimLife développé au laboratoire d'anatomie de l'Université de Poitiers est le seul système français et un des plus avancés parmi les systèmes actuellement existant. Il a été utilisé depuis 2014 pour l'enseignement de techniques de chirurgie réglée en chirurgie ouverte, thoracoscopique ou laparoscopique (prélèvement multi organes abdominaux et thoracique, chirurgie cardiaque et thoracique, chirurgie de l'obésité, chirurgie plastique etc.). Il a donné satisfaction et a pu être évalué de façon globale avec succès pour son réalisme sur une échelle de Likert (18-21).
Depuis 2017 nous l'avons utilisé pour l'enseignement du damage control chirurgical selon des modalités qui ont progressivement évolué et nous avons essayé de protocoliser et d'évaluer cet enseignement. Nous rapportons ici cette utilisation.

Méthode

Le modèle SimLife associe un corps, reçu au Centre de don du corps de l'université de Poitiers, et un module externe de commande hémodynamique et respiratoire, module technique qui est adapté au corps le jour de la séance de formation. Les corps sont des corps donnés à la science et leur mise à disposition est faite dans le strict respect des réglementations et de l'éthique (autorisation de faire de la recherche sur éléments du corps humain DC-2019-3704 du Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation). Le module technique SimLife est breveté (Brevet n°1000318748 avec extension internationale PCT/EP2016/075819 du 2017/05/11, WO 2017/076717 A1)
Après réception et sélection du corps sont mises en place des canules au niveau cervical (carotides et jugulaires) et fémoral (artères et veines). La position des canules et des ligatures avec une exclusion de l'extrémité céphalique et des membres permet de contrôler de façon optimale le réseau vasculaire du tronc (thorax ou abdomen). Mais elle peut être revue pour autoriser, le cas échéant, la revascularisation d'un membre. Le réseau vasculaire du tronc est « lavé » du sang natif et des thrombus par l'eau, à faible pression par les canules artérielles mises en place. L'accès aux voies aériennes se fait le plus souvent par trachéotomie.
Avant son utilisation le corps est décongelé sur trois jours. Le jour de l'utilisation les canules sont reliées au module technique SimLife (Fig. 1). Le liquide utilisé simulant le sang (Brevet L18217) est constitué d'eau, de colorant rouge et d'une solution saline à 9 % pour diminuer l'œdème et les épanchements séreux. La perfusion se fait par une ou plusieurs des voies artérielles selon la perméabilité des axes vasculaires et/ou le scénario envisagé. Des électrovannes assurent une dimension pulsatile, mimant les battements cardiaques transmis aux vaisseaux. Le liquide emprunte le réseau artériel, gagne les viscères, les revascularise par les capillaires et revient vers les canules veineuses et est ensuite éliminé du corps. Le système respiratoire est branché sur un distributeur pneumatique. En inspiration simulée, de l'air est injecté dans le système respiratoire fermé ; en expiration simulée, le système au repos s'ouvre vers l'extérieur pour évacuer l'air des poumons par l'intermédiaire d'un filtre biologique.
La fréquence et le débit dans les vaisseaux ainsi que les mouvements respiratoires peuvent être adaptés par le module externe en fonction des événements survenant au cours de la formation. Ces événements peuvent être souhaités (par l'enseignant) dans les scénarii ou de survenue accidentelle (plaie vasculaire malencontreuse par un apprenant).
Pour l'enseignement des gestes relatifs au damage control sur des sujets SimLife nous avons défini quatre types de séances : thoracotomie, laparotomie, vaisseaux des membres et du cou, membres :

- Les séances de thoracotomie de laparotomie se font par deux séances successives sur le même sujet SimLife le même jour :
  - La liste des gestes dans ces deux cavités s'inspire de celle utilisée avec les cadavres statiques dans le Cachirmex ; elle comporte la plupart des gestes possibles au cours d'une thoracotomie ou d'une laparotomie d'hémostase pour damage control ;
  - L'ordre des gestes pour chaque séance thoracique ou abdominale a été déterminé afin de pouvoir les réaliser sans compromettre la possibilité de faire les gestes suivants ; la liste des gestes dans l'ordre est projetée au cours de la séance en insistant fortement auprès des élèves et des enseignants sur la nécessité de la respecter,
  - Au début de notre expérience la séquence de thoracotomie précédait celle de laparotomie avec parfois comme inconvénient une inondation de l'abdomen par l'orifice hiatal ou une difficulté de perfusion de l'abdomen liée à des fuites au niveau thoracique et donc de plus grandes difficultés pour la pratique des gestes intra-abdominaux ; après comparaison il nous est apparu préférable de débuter par la séance de laparotomie puis de faire la séance de thoracotomie au cours de laquelle il suffit de laisser en place le clamp sur l'aorte thoracique descendante s'il existe des fuites trop importantes au niveau de l'abdomen ;
  - L'adaptation de la ventilation ou de la perfusion par le module externe au cours de la séance en fonction des gestes pratiqués est un des intérêts majeurs du système SimLife ; avant de débuter la séance et d'ouvrir le thorax ou l'abdomen il est intéressant de monter cette pression afin que les cavités thoracique ou abdominale soient remplies de liquide qui diffuse en dehors des vaisseaux ; cette diffusion, qui est un inconvénient pour la simulation de chirurgie réglée, est un avantage pour la chirurgie traumatologique car cela confronte l'élève à l'équivalent d'un hémothorax ou d'un hémopéritoine au sein duquel il doit s'exposer ; au cours de la séance la pression sera diminuée lors des temps de dissection et d'exposition (manœuvres de décollement, packings …) et sera au contraire augmentée pour les temps de réparation vasculaire juste avant que l'instructeur ne crée une plaie (cœur, veine cave, vaisseaux iliaques) afin que les vaisseaux soient pleins avec un liquide sous pression.
- La séance sur les vaisseaux du cou et des membres nécessite de repositionner les canules pour pouvoir perfuser un ou plusieurs membres ou les vaisseaux du cou et permettre leur abord chirurgical puis la réparation de plaies artérielles ou veineuses par ligature, shunt, ou réparation sur des vaisseaux pleins et pulsatiles ; il est plus simple de faire cette séance après avoir fait les séances sur le thorax et l'abdomen (le jour même où le lendemain) qui se font avec le positionnement initial classique des canules ;
- La séance sur les membres (abords vasculaires des vaisseaux vides, fasciotomies, mises en place de montages simples de fixateur externes) peut se faire sur les mêmes sujets anatomiques mais ne nécessite pas la mise en place du module SimLife et, selon le programme proposé, elle peut se faire avant ou après les séances avec le module technique.

1634-0647 © 2018 Académie Nationale de Chirurgie.
Tous droits réservés. DOI : 10.26299/reww-8854/emem.2018.3.016

La configuration la plus efficace pour l'enseignement est de deux élèves (maximum 3) par sujet anatomique ce qui permet que chaque élève puisse voir ou aider un maximum de gestes. En fonction de l'ancienneté et de la spécialité des élèves il est intéressant d'associer sur le même sujet des jeunes et des plus anciens et des chirurgiens de spécialités différentes. Un élève pourra ainsi faire les gestes qu'il ne connaît pas ou qui ne relèvent pas de sa spécialité et aider ou conseiller les autres élèves pour les autres gestes. La présence d'un enseignant par sujet n'a pas toujours été possible mais est très souhaitable, voire impérative. Un enseignant pour deux sujets anatomiques est le minimum acceptable. Son rôle, outre celui de conseiller et d'enseigner, et de veiller au déroulement optimal de la séance (respect de l'ordre des gestes) et de faire adapter le module aux gestes en cours.

Résultats

L'enseignement a été intégré dans des modules de formation au Damage Control dont le programme et la durée ont été variables selon les compétences et l'expérience des élèves. Le programme pouvait comprendre, associés de manière diverse, des cours théoriques présentant le Damage Control et ses techniques, et des séances pratiques.
Nous avons ainsi pu organiser :

- Trois modules d'un jour pour jeunes chirurgiens militaires : réalisation des séances de thoracotomie et de laparotomie sans cours théoriques ni d'abords vasculaires ou des membres car ils ont déjà été faits dans le cadre du Cachirmex (trois séances sur sujet anatomique statique et une sur réacteur biologique) ; sept chirurgiens ont pu ainsi être formés ;
- Un module d'un jour et demi pour cinq chirurgiens viscéralistes confirmés de l'hôpital de la Pitié-Salpêtrière désireux d'un enseignement des techniques de thoracotomie de damage control dans l'hypothèse où ils pouvaient être confrontés à cette situation avant la possibilité d'appel d'un chirurgien cardio-thoracique : cours théoriques la veille sur une demi-journée sur les principes du damage control et de la thoracotomie, séance pratique de thoracotomie mais aussi de laparotomie ;
- Deux modules de deux jours pour des chirurgiens de toute ancienneté (internes, chefs de cliniques, praticien hospitaliers) et de spécialités diverses (viscérale, thoracique, urologie, orthopédie) : cours théoriques, séance sur les membres pour fixateurs externes et fasciotomies, séances de thoracotomie et de laparotomie ; 20 chirurgiens ont été ainsi formés ;
- Enfin un module de 4 jours pour 11 chirurgiens libyens d'anciennetés et de spécialités variables mais ayant tous ayant été confrontés à la chirurgie d'urgence et à des traumatismes pénétrants dans des conditions logistiques difficiles ; les problèmes de langue et parfois de traduction et le nombre d'élèves ont nécessité des séances plus longues : cours théoriques, séances de thoracotomie et de laparotomie, séance d'abords vasculaires dynamiques du cou et des membres.

Au total 46 chirurgiens ont bénéficié de cet enseignement. Tous ont réalisé au minimum les séances de gestes de damage control au niveau thoracique et abdominal. Ces sept modules ont permis au fil des modules d'établir un protocole précis et reproductible pour cet enseignement.
Pour tous les modules il y a eu à la fin une évaluation du cours par les élèves par un questionnaire anonyme avec un taux de satisfaction de 90 %. La plupart des réserves le furent pour des sujets anatomiques pour lesquels la réalisation des gestes étaient difficiles (antécédents de thoracotomie ou de laparotomie essentiellement, obésité importante pour un sujet). Une évaluation des élèves sur leurs connaissances théoriques était faite en début et en fin de cours. L'évaluation des élèves sur le plan pratique, pour les internes et les jeunes chirurgiens, était faite, sans être formalisée, par les instructeurs comme elle pourrait se faire au bloc opératoire selon la notion du compagnonnage. Dans la cadre d'un travail de thèse des échelles d'évaluation ont été élaborées pour certains gestes en utilisant la méthode du procédé de Downing (22), et elles doivent ultérieurement être testées pour voir si elles peuvent être utiles pour une évaluation formalisée des compétences.

Discussion

L'utilisation du modèle SimLife pour l'enseignement du Damage Control nous semble extrêmement intéressante et pour préciser cet intérêt on peut envisager les différents gestes enseignés en essayant de comparer le modèle SimLife aux autres modèles de simulation (simulateurs synthétiques, réacteurs biologiques ou sujets anatomiques statiques). Il est intéressant à cet égard de se référer au rapport de Mark Bowyer sur les différents modèles de simulation existant en 2017 (23).

Les simulateurs ou modèles « synthétiques »

Ils vont du plus simple (simulateur ou mannequin procédural pour l'enseignement d'un geste bien précis) au plus compliqué (mannequin haute-fidélité, techniques faisant appel à la réalité virtuelle et/ou augmentée). En traumatologie les mannequins procéduraux sont très utilisés pour certains gestes (trachéotomie, craniotomie, drainage pleural …) et les mannequins haute-fidélités le sont pour la prise en charge préhospitalière en particulier dans le cadre de la formation des équipes (team training). Parmi des modèles procéduraux simples et peu coûteux citons les dispositifs d'enseignement des gestes purement techniques de réparation vasculaire, la mise en place de fixateurs externes sur de simples barres, la crâniectomie sur des crânes en plastique.
Il existe des modèles plus réalistes et coûteux de mannequins procéduraux pour les abords et réparations vasculaires des membres et du cou avec des vaisseaux perfusés et pour la réalisation de fasciotomies des membres inférieurs. Ces modèles sont pour certains très réalistes mais limités à un seul abord vasculaire, d'usage unique, et donc très coûteux. L'avantage du modèle SimLife est de permettre à la fois l'abord anatomique et les gestes de réparation sur des vaisseaux pleins et pulsatiles en permettant de nombreux abords bilatéraux sur un même sujet ; une formation équivalente sur mannequins procéduraux nécessiterait l'utilisation d'un grand nombre et donc un coût élevé.
Pour la thoracotomie il existe des modèles synthétiques permettant thoracotomie, ouverture du péricarde et suture sur un cœur battant (23-25). Citons le "Emergency department (resuscitative) thoracotomy simulator" développés par Operative Experience, ou celui développé par le Groupe Chamberlain aux États Unis. Ils sont utiles pour l'apprentissage de gestes mais restent cependant très loin de la réalité.
Pour les laparotomies la création de simulateurs réalistes est encore plus difficile compte tenu du grand nombre et de la diversité des organes intra-abdominaux et de la complexité des méso et accolements anatomiques. On peut citer un modèle

1634-0647 © 2018 Académie Nationale de Chirurgie.
Tous droits réservés. DOI : 10.26299/reww-8854/emem.2018.3.016

britannique simulant un scénario permettant de faire un ou deux gestes : traumatismes du pelvis avec arrachement des membres par IED pour packing, contrôle et réparation d'artère iliaque (26). Un autre modèle, le Cut Suit, qui peut être porté par un homme, a pu être utilisé pour l'apprentissage du packing hépatique mais reste très sommaire (27). Il existe aussi d'autres modèles pour la laparotomie en urgence avec l'ensemble de la cavité abdominale comme celui développé par Operative Experience. De manière générale tous ces mannequins de simulation pour la thoracotomie et laparotomie restent, pour l'instant, souvent limités à l'enseignement de quelques gestes, très peu réalistes sur le plan anatomique et très coûteux, en particulier par la nécessité de remplacer les divers organes après utilisation. Le développement de nouveaux mannequins, en particulier grâce au développement de l'impression 3D (24), se poursuit et sera peut-être l'avenir, mais reste encore à améliorer.

Les réacteurs biologiques

C'est à dire l'utilisation de gros animaux dans le respect scrupuleux de l'éthique et des réglementations, sont particulièrement intéressants, voire indispensables, en traumatologie et sont utilisés dans de nombreux cours civils et militaires (6, 28-30). Les avantages majeurs sont la consistance des tissus très proche de celle chez l'homme, des mouvements respiratoires, des pulsations cardiaques et artérielles et une hémorragie réelle, qui en font un excellent modèle pour l'apprentissage des gestes d'hémostase et de réparation vasculaire, mais aussi celui de la prise de décision rapide et de la stabilité émotionnelle. L'inconvénient principal est qu'il s'agit d'une anatomie différente ne permettant pas d'apprendre les manœuvres d'exposition. Pour les lésions vasculaires et surtout cardiaques le modèle SimLife est moins réaliste que les réacteurs biologiques qui, à notre avis, gardent une place indispensable. Cependant, leur disponibilité est limitée par des contraintes réglementaires de plus en plus importantes avec une incertitude sur la possibilité de leur utilisation dans l'avenir car certains pays interdisent cette pratique.

Le modèle SimLife

Il permet de faire les mêmes gestes que sur les sujets anatomiques statiques. Pour certains de ces gestes, en particulier les gestes sur les membres (fasciotomies, fixateurs externes) il n'y a pas de plus-value pédagogique par rapport à un sujet anatomique statique mais ils peuvent être faits sur le même sujet, déconnecté du module. Pour les abords des vaisseaux des membres et du cou on pourrait utiliser une sorte de modèle hybride en faisant l'enseignement des abords sur les sujets anatomiques statiques et celui de la technique de shunts ou de réparations vasculaires sur des simulateurs procéduraux ou sur réacteur biologique. L'avantage du modèle SimLife est de permettre de tout faire sur le même modèle.
Pour les thoracotomies l'apprentissage des voies d'abord (thoracotomie antérolatérale, bithoracotomie clamshell, sternotomie) se fait très bien sur des sujets statiques. En revanche, pour tous les gestes intrathoraciques le modèle est extrêmement intéressant parce que l'étudiant doit apprendre à s'exposer au sein d'un épanchement liquidien, avec des poumon très gonflés et gênants (savoir demander d'arrêter la ventilation …), et parfois avec un épanchement péricardique. La consistance et le bullage des poumons sont très proches de la réalité pour les gestes de pneumostase, d'hémostase et d'exérèse. Le clampage de l'aorte thoracique descendante, les difficultés d'exposition, de contrôle et de réparation des gros vaisseaux du médiastin et de la gerbe aortique sont également beaucoup plus réalistes. Le traitement des plaies du cœur permet de réaliser plusieurs plaies successives avec les difficultés d'un saignement pulsé mais, cependant, sans la réalité des battements cardiaques que l'on trouve sur le modèle animal.
Pour les laparotomies certains gestes comme l'ouverture, les packings hépatique et pelvien ou la fermeture selon la technique du vacuum pack se font dans les mêmes conditions que sur un sujet statique. En revanche le SimLife est beaucoup plus proche de la réalité avec un abdomen plein de liquide à l'ouverture et une consistance du tube digestif très proche du vivant. Ceci rend très formateur l'abord de l'abdomen (aspiration, éviscération du grêle, packing des quadrants) et les manœuvres de décollements et d'exposition par la droite et par la gauche, et permet de bien apprécier les compétences d'un jeune chirurgien, en particulier pour s'exposer. La réalisation de splénectomie et de néphrectomies est également beaucoup plus réaliste que sur le sujet statique : décollement des plans, mobilisation des pédicules, hémorragie si le pédicule est lésé en cours de mobilisation ou si les ligatures lâchent. Le contrôle et le traitement de plaies de la veine cave inférieure, de l'aorte abdominale ou des vaisseaux iliaques avec des vaisseaux pleins de liquides permet aussi, comme pour les vaisseaux des membres, du cou et du thorax, d'associer les temps d'abord anatomiques, de contrôle temporaire d'une hémorragie et de traitement par shunt, ligature ou réparation.
Le modèle SimLife est donc tout particulièrement intéressant pour les thoracotomies et les laparotomies pour apprendre à s'exposer dans un abdomen ou un thorax rempli de sang, et pour appliquer les différentes techniques d'hémostase provisoire et définitive (exérèse, traitement d'une plaie faite par l'instructeur en cours de séance).
Il serait intéressant qu'il puisse aussi permettre de former à la recherche de l'origine d'une hémorragie. Il faudrait pour cela imaginer les scénarios de plaies à réaliser avant l'ouverture de la cavité par l'élève, non prévenu. Nous l'avons fait avec des plaies du cœur faites au bistouri dans l'aire cardiaque avant la thoracotomie mais le bénéfice pédagogique par rapport à une plaie faite par l'instructeur après ouverture du péricarde n'est pas évident car la thoracotomie de ressuscitation par laquelle débute les élèves s'accompagne systématiquement et précocement d'une ouverture du péricarde. Un autre scénario qui est encore à tester serait de faire une plaie par cœlioscopie avant la laparotomie (rate, pédicule rénal ou splénique, veine cave …). Cependant, on peut craindre que l'abord et les manœuvres d'exploration à la recherche de cette plaie ne compromette la possibilité de réaliser les autres gestes.
Les limites du modèle SimLife sont celles de la disponibilité des sujets au niveau des centres de don du corps, la nécessité de bien sélectionner les sujets (pas d'antécédents de sternotomie qui rend les abords quasiment impossibles et, si possible, pas d'antécédents de laparotomie où l'abord est plus difficile mais reste possible). Compte-tenu du grand nombre de gestes qui peuvent être faits sur un seul sujet le coût ne semble pas excessif par rapports aux autres modèles de simulation. Pour les lésions vasculaires et surtout cardiaques il est moins réaliste que sur les réacteurs biologiques qui, à notre avis, gardent une place indispensable mais dont les possibilités d'utilisation dans l'avenir peuvent être incertaines.

1634-0647 © 2018 Académie Nationale de Chirurgie.
Tous droits réservés. DOI : 10.26299/reww-8854/emem.2018.3.016

Conclusion

La pratique du premier temps du damage control chirurgical peut s'imposer à tout chirurgien militaire ou civil et impose de garder une certaine polyvalence face à une urgence hémorragique grave.
Le modèle SimLife, sous réserve d'une utilisation bien protocolisée, nous semble extrêmement intéressant pour l'apprentissage de tous les gestes du premier temps du damage control chirurgical, et tout particulièrement les gestes par thoracotomie et laparotomie pour lesquels il est beaucoup plus réaliste que tous les mannequins de simulation existante actuellement. Il a le grand avantage de permettre sur un seul sujet anatomique, la réalisation et l'apprentissage de tous les gestes qui peuvent être exécutés lors du premier temps de damage control, y compris d'autres gestes comme ceux sur le crâne et il est ainsi tout à fait adapté à la polyvalence nécessaire pour le Damage Control chirurgical.
Il est maintenant utilisé systématiquement pour le dernier module du Cachirmex pour tous les jeunes chirurgiens militaires à l'issue de leur formation. Il peut être éventuellement utilisé dans le cadre de la future Formation Spécialisée Transversale « Chirurgie de guerre et de catastrophe » ou pour d'autres cours civils dans les différents départements d'anatomie de France s'ils sont équipés d'un ou plusieurs modules ou si les modules du laboratoire de Poitiers sont déplacés pour la durée d'un cours.
Pour l'avenir il sera intéressant de faire des études pour évaluer objectivement l'apprentissage sur SimLife par rapports à d'autres systèmes et de l'utiliser pour formaliser l'évaluation des compétences des élèves par différentes échelles d'évaluation qui sont en cours de construction.

Références

1. Pons F, Carli P. Principes du damage control. In Agressions collectives par armes de guerre. Conduites à tenir pour les professionnels de santé. Ouvrage édité par la Direction Générale de la Santé, la Direction Générale de l'Offre de Soins et la Direction Centrale du Service de Santé des Armées. p 57-64, Paris. Ministère de la Santé et des Affaires Sociales. 2018.
2. Holcomb JB. Damage control resuscitation. J Trauma. 2007 Jun;62(6 Suppl) :S36-7.
3. Giannoudi M., Harwood P. Damage control resuscitation: lessons learned. Eur J Trauma Emerg Surg (2016) 42:273–282.
4. Rotondo MF, Schwab et al. ''Damage control'': an approach for improved survival in exsanguination penetrating abdominal injury. J Trauma. 1993; 35: 375-82; discussion 82-3.
5. Pons F. Chirurgien des Armées. La nécessité d'une formation particulière. Communication devant l'Académie Nationale de Chirurgie. Paris - 20 juin 2007. e-mémoires de l'Académie Nationale de Chirurgie, 2007, 6 (4) : 49-52.
6. Bonnet S, Gonzalez F, Mathieu L, Boddaert G, Hornez E, Bertani A, Avaro JP, Durand X, Rongieras F, Balandraud P, Rigal S, Pons F. The French Advanced Course for Deployment Surgery (ACDS) called Cours Avancé de Chirurgie en Mission Extérieure (CACHIRMEX): history of its development and future prospects. J R Army Med Corps. 2015 Oct 13. pii: jramc-2015-000528. doi: 10.1136/jramc-2015-000528.
7. Benizri E, Balandraud P. Chirurgie d'urgence en contexte d'attentats - Rapport présenté au 121ème Congrès français de chirurgie. Monographie de l'Association Française de Chirurgie. Arnette. 2019.
8. P. Balandraud, V. Dubuisson, C. Trésallet, J.M. Regimbeau, E. Voiglio, E. Hornez, B. Malgras, C. Arvieux, F. Pons. Enseignement et organisation de la chirurgie traumatologique : état des lieux et perspectives. In Chirurgie d'urgence en contexte d'attentats. Rapport présenté au 121ème Congrès français de chirurgie. Monographie de l'Association Française de Chirurgie. Arnette. 2019.
9. Granry JC, Moll MC. Rapport de mission. État de l'Art (national et international) en matière de pratiques de simulation dans le domaine de la santé. Dans le cadre du développement professionnel continu (DPC) et de la prévention des risques associés aux soins. Saint-Denis La Plaine: HAS; 2012.
10. Haute Autorité de Santé. Guide de bonnes pratiques en matière de simulation en santé. Évaluation et amélioration des pratiques. Saint-Denis La Plaine: HAS; 2012.
11. Boet S, Granry JC, Savoldelli G. La simulation en santé. De la théorie à la pratique. Paris, France: Springer-Verlag ed; 2013.
12. Aziz MA, McKenzie JC, Wilson JS, Cowie RJ, Ayeni SA, Dunn BK. The human cadaver in the age of biomedical informatics. Anat Rec 2002;269(1):20-32.
13. Aboud E, Krist AF, O'Keeffe T, et al. Novel simulation for training trauma surgeons. J Trauma 2011;71(6):1484—90.
14. Inglez de Souza MC, Matera JM: Bleeding simulation in embalmed cadavers: bridging the gap between simulation and live surgery. Altex 2015; 32(1): 59–63.
15. Carey JN, Minneti M, Leland HA, Demetriades D, Talving P. Perfused fresh cadavers: method for application to surgical simulation. Am J Surg 2015;210(1):179-87.
16. Varga S, Smith J, Minneti M, et al. Central venous catheterization using a perfused human cadaveric model: application to surgical education. J Surg Educ 2015;72(1):28—32.
17. Polk TM, Grabo DJ et al: Initial Report on a Damage Control Surgery Course for Military Forward Surgical Teams Utilizing a Novel Perfused Cadaver Model for Training and Evaluation
18. J Am Coll Surg 2018;227(4) Supplement 2 : 40-40.
19. Richer JP, Breque C, Delpech PO, Oriot D, Danion J, Faure JP : Un modèle cadavérique humain revascularisé pulsatile et ventilé, adaptatif pour la simulation chirurgicale, testé en chirurgie coelioscopique bariatrique, en chirurgie cardiothoracique et par l'EPPMO. Communication devant l'Académie Nationale de Chirurgie. Paris – 16 décembre 2015. e-mémoires de l'Académie Nationale de Chirurgie, 2016, 15 (1) : 058-064.
20. Delpech PO, Danion J, Oriot D, Richer JP, Breque C, Faure JP. SimLife a new model of simulation using a pulsated revascularized and reventilated cadaver for surgical education. J Visc Surg 2017; 154(1):15-20.
21. Faure JP, Breque C, Danion J, Delpech PO, Oriot D, Richer JP. SIM Life: a new surgical simulation device using a human perfused cadaver. Surg Radiol Anat 2017; 39:211-217.
22. Danion J, Oriot E, Breque C, Oriot D, Richer JP, Faure JP. SimLife: face validation of a new dynamic simulated body model for surgical simulation. Journal of Surgical Simulation (2019) 6, 63–69.
23. Oriot E. Elaboration d'échelles d'évaluation de performance en simulation pour douze procédures de Damage Control chirurgical. Thèse pour le diplôme d'état de Docteur en Médecine présentée et soutenue publiquement le 11 octobre 2019 à Poitiers.
24. Bowyer M, Eiseman B. Training for Expeditionary Surgery Critical Readiness Skills: Current Capabilities and Gaps Rapport – 2017 Department of Surgery, United Services University and Walter Reed National Military Medical Center.
25. Yates E, Chirurgi R, Adamakos F, et al. Development and Utilization of 3D Printed Material for Thoracotomy Simulation. Emerg Med Int. 2018 ; 2018:9712647.
26. Bohnen JD, Demetri L, Fuentes E et al. High-Fidelity Emergency Department Thoracotomy Simulator with Beating-Heart Technology and OSATS Tool Improves Trainee Confidence and Distinguishes Level of Skill. J Surg Educ. 2018;75:1357-1366.
27. Naumann DN, Bowley DM, Midwinter MJ, Walker A, Pallister I. High-Fidelity Simulation Model of Pelvic Hemorrhagic Trauma: The Future for Military Surgical Skills Training? Military Medicine, 2016, 181, 11/12:1407.

1634-0647 © 2018 Académie Nationale de Chirurgie.
Tous droits réservés. DOI : 10.26299/reww-8854/emem.2018.3.016

28. Kirkpatrick AW, Tien H, LaPorta AT, et al. The marriage of surgical simulation and telementoring for damage-control surgical training of operational first responders: a pilot study. J Trauma Acute Care Surg 2015; 79(5): 741–7.
29. Gaarder C, Naess P a, Buanes T, Pillgram-Larsen J. Advanced surgical trauma care training with a live porcine model. Injury 2005, 36:718-24.
30. Lefor AK. Trauma surgery simulation education in Japan: the Advanced Trauma Operative Management course. Acute Medicine & Surgery 2018; 5: 299–304.
31. McKenna JE, Tallach RE. The utility of animal models in high fidelity trauma simulation. Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine 2015 23 (Suppl 2):O2.

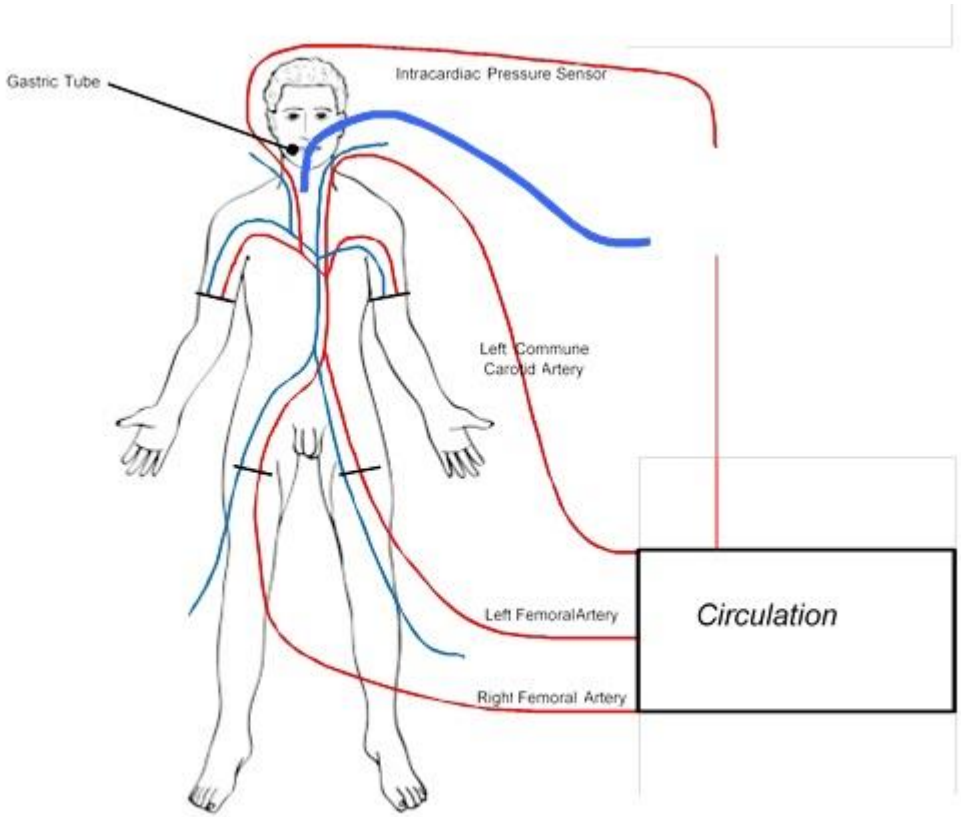

Figure 1 : Vue schématique des connexions entre les abords vasculaires et aériques et le dispositif mécanique.

1634-0647 © 2018 Académie Nationale de Chirurgie.
Tous droits réservés. DOI : 10.26299/reww-8854/emem.2018.3.016