

Journées Thématiques Interactives 2026

ATELIER 5

Gestes invasifs préhospitaliers chez le traumatisé sévère

Rédacteurs

Alice HUTIN et Tristan TISON

Rapporteur

Dorian TEISSANDIER

Table des matières

Points clés 3

1. Introduction 5

2. Définitions, dimensions et périmètre du propos 7

3. Cadre d'analyse : de la légitimité clinique à la capacité institutionnelle 9

3.1. La légitimité clinique : le bon geste ne suffit pas 9

3.2. La compétence individuelle : décider, réaliser et poursuivre 10

3.3. De la compétence individuelle à la capacité institutionnelle 12

3.4. Construire une capacité nationale : affronter un problème sans solution parfaite 13

3.4.1. Le problème à regarder en face 13

3.4.2. Une stratégie par niveaux de compétence ? 15

4. Analyse des procédures invasives préhospitalières 17

4.1. Procédures attendues 17

4.1.1. Intubation orotrachéale du patient traumatisé sévère 17

4.1.2. Thoracostomie (Finger Thoracostomy) 23

4.2. Pratiques avancées émergentes 28

4.2.1. Accès veineux central du traumatisé sévère, « Trauma line » 28

4.2.2. Cathétérisme artériel préhospitalier pour monitorage invasif du traumatisé sévère 32

4.3. Procédures HALO (très critiques et très rares) 36

4.3.1. Cricothyroïdotomie – (emergency Front Of Neck Access - eFONA) 36

4.3.2. Thoracotomie de sauvetage préhospitalière 41

4.3.3. REBOA préhospitalier 49

4.3.4. Amputation de dégagement préhospitalière 55

4.3.5. Hystérotomie de sauvetage préhospitalière 60

Conclusion 66

Bibliographie 68

Points clés

1. Comprendre les quatre dimensions du problème pour comprendre comment y répondre :

L'invasivité, la technicité, la rareté et la criticité sont quatre dimensions indépendantes : elles décrivent respectivement l'effraction anatomique et ses risques, la complexité d'exécution, la fréquence d'exposition et les conséquences d'un retard ou d'un échec. Une procédure est qualifiée de HALO — High Acuity, Low Occurrence — lorsqu'elle associe faible fréquence et nécessité d'agir sans délai pour préserver la vie ou une fonction. Ces caractéristiques déterminent des exigences différentes de formation et d'organisation.

2. Intervenir ou transporter vite ? : sortir du manichéisme et raisonner en bénéfice net pour le patient

Le temps préhospitalier est un enjeu pronostique majeur, mais le transport immédiat ne répond pas à toutes les menaces vitales. Une procédure est légitime sur place lorsque son bénéfice attendu dépasse son risque iatrogène et le retard qu'elle induit. Il faut traiter ce qui ne peut pas attendre, ne pas rater la fenêtre thérapeutique tout en préservant l'accès rapide au traitement définitif. Cette appréciation intègre le temps de préparation, de réalisation et de gestion des suites, ainsi que la mobilisation de l'équipe.

3. Réunir le bon patient, la bonne indication, le bon moment, la bonne équipe et le bon système

La gravité ne constitue jamais, à elle seule, une indication. Le geste doit répondre à une cible physiopathologique identifiable, chez un patient encore potentiellement sauvable, avec une équipe capable de le réaliser et d'en assurer les suites. Le « moment de Boucles d'or » décrit cet équilibre : ni trop tôt, au prix d'un risque inutile, ni trop tard, après disparition du bénéfice possible. Les repères temporels soutiennent la décision sans remplacer le jugement clinique.

4. Transformer une éventuelle compétence individuelle en capacité institutionnelle certaine !

La maîtrise d'un opérateur ne garantit pas la disponibilité fiable d'une procédure. Celle-ci repose sur cinq piliers : gouvernance clinique, formation et maintien des compétences, préparation logistique, filière d'aval anticipée et amélioration continue par l'analyse des cas. Cette exigence n'interdit pas l'initiative pertinente d'une équipe préparée lorsque le cadre reste imparfait ; elle oblige l'institution à construire une réponse qui ne dépende plus uniquement de quelques individus.

5. Entretenir les compétences sans compter sur la seule exposition clinique

Les performances procédurales peuvent se dégrader en quelques mois après une formation isolée, comme le montrent notamment les études en simulation. Leur maintien exige des répétitions techniques, des scénarios décisionnels et des entraînements collectifs avec le matériel réellement utilisé. Les formats courts et fréquents constituent une stratégie pertinente, sans périodicité universelle validée pour chaque procédure. La formation doit entraîner les situations où il faut agir, mais aussi celles où il faut renoncer.

6. Ne pas négliger les procédures invasives attendues

L'IOT et la thoracostomie appartiennent au socle des équipes médicalisées, sont invasives, pas rares mais restent soumises à une sélection rigoureuse. Le choc hémorragique isolé n'est pas une indication d'IOT : hors indication respiratoire ou neurologique formelle, l'induction peut aggraver la défaillance circulatoire et retarder le contrôle hémorragique. La décompression pleurale est bilatérale dans l'arrêt traumatique réanimé, doit être systématique, efficace et rapide pour être utile ; hors arrêt, elle peut épondre à un pneumothorax compressif suspecté avec défaillance sévère. Pour ces gestes, la compétence comprend l'indication, l'exécution, la gestion de l'échec et la surveillance.

7. Évaluer les pratiques avancées sans confondre faisabilité et bénéfice clinique

La « trauma-line » peut faciliter une transfusion rapide lorsque les accès disponibles sont insuffisants pour répondre au challenge du patient exsangue ; le cathétérisme artériel peut apporter une information diagnostique modifiant immédiatement la réanimation, tout en constituant le premier acte d'une stratégie d'occlusion aortique. Leur place préhospitalière reste émergente, rationnel et faisabilité non discutable, leur bénéfice pronostique non démontré. Améliorer un débit ou une pression ne suffit pas : le gain doit se traduire dans la trajectoire vers le traitement définitif.

8. Associer chaque procédure HALO à une cible précise et à ses propres limites

La cricothyroïdotomie restaure l'oxygénation lorsqu'une situation CICO est rencontrée ; la thoracotomie vise principalement une tamponnade ou une plaie cardiaque contrôlable dans un arrêt très récent et sélectionné. Le REBOA constitue un bridge de sauvetage dans certaines hémorragies sous-diaphragmatiques pour amener vivant un patient à une hémostase définitive, l'amputation rend possible un dégagement vital et l'hystérotomie lève la compression aorto-cave lors d'un arrêt maternel et peut donner des perspectives de sauvetage pour mère et enfant. Ces gestes ne sont pas interchangeables : chacun possède ses indications, ses exclusions et sa fenêtre thérapeutique.

9. Préparer la décision, la performance collective et l'après-geste

La compétence dépasse la gestuelle : elle comprend la reconnaissance de l'indication, la décision sous incertitude, la détection de l'échec et l'organisation des suites. Une décision

préarmée, des rôles explicites et des aides cognitives entraînées réduisent ce qui doit être improvisé sous stress. Pendant le geste, les autres traitements prioritaires et la préparation du transport doivent continuer. La réussite se juge sur la réponse du patient et la continuité des soins, pas uniquement sur l'accomplissement technique.

10. Construire une couverture territoriale explicite et évolutive

Exiger de chaque médecin une expertise exhaustive est irréaliste ; concentrer toutes les compétences à distance est incompatible avec certaines fenêtres de quelques minutes. Une stratégie peut associer un socle universel, des opérateurs entraînés dans les structures et des référents territoriaux, avec une diffusion adaptée à chaque procédure. Ces niveaux constituent une trajectoire, non un aboutissement. L'objectif est de rendre le geste juste accessible lorsqu'il est nécessaire, en évaluant les interventions réalisées comme les indications manquées, abandonnées ou impossibles.

1. Introduction

Les procédures invasives réalisées en médecine d'urgence préhospitalière constituent un ensemble hétérogène. Certaines de ces procédures, telles que l'accès intra-osseux, l'intubation orotrachéale ou la thoracostomie, sont attendues dans la pratique courante des équipes médicalisées. Leur réalisation répond à des indications précises et à des standards partagés de préparation, de sécurité et d'évaluation. Elles sont enseignées dans le cadre du DES de médecine d'urgence [1], de différents enseignements universitaires ou par les CESU.

D'autres procédures invasives correspondent à des gestes réalisés dans des situations critiques beaucoup plus rares, voire exceptionnelles, mais dans lesquelles une intervention peut devenir immédiatement salvatrice. C'est le cas de la cricothyroïdotomie, la thoracotomie, l'hystérotomie de sauvetage, le ballon d'occlusion intra-aortique, voire l'amputation de dégagement. Les Anglo-Saxons parlent ici de procédures « High Acuity, Low Occurrence » (HALO), caractérisées par un geste invasif exceptionnel envisagé dans un contexte ou l'enjeu vital est majeur avec une fenêtre thérapeutique étroite. L'invasivité, la criticité, la rareté et la technicité ne sont cependant pas synonymes : elles constituent des dimensions distinctes qui conditionnent différemment l'indication, la formation et l'organisation nécessaires. [2]

En France, l'enseignement de ces procédures HALO reste très rare et peu structuré. Leur validation, et surtout le maintien des compétences, ne font actuellement pas l'objet d'un cadre national homogène. Elles nécessitent pourtant une formation individuelle initiale, tant théorique que pratique, ainsi qu'un entraînement régulier. Surtout, leur réalisation ne peut

reposer sur la seule initiative d'un médecin, même formé : elle suppose une procédure partagée, un matériel immédiatement disponible, une équipe préparée et une filière d'aval définie.

Le cadre récemment proposé par Colonetti et al. distingue la compétence technique individuelle de la compétence institutionnelle nécessaire au déploiement sûr et reproductible d'une procédure HALO. La maîtrise du geste est indispensable, mais insuffisante si elle n'est pas intégrée dans un système capable d'en guider l'indication, d'en assurer la préparation et d'en évaluer les résultats. [3]

Si l'on se pose la question aujourd'hui de ces gestes invasifs en médecine d'urgence préhospitalière, c'est que l'on sait que le modèle anglo-saxon du « scoop and run » a ses limites, notamment dans les situations de traumatisme sévère. Il y a d'ailleurs de plus en plus de systèmes de soins préhospitaliers, y compris aux États-Unis, qui se dotent d'équipes médicalisées en mesure d'intervenir auprès de ces malades les plus graves. Pour autant, la réalisation de ces gestes invasifs en préhospitalier est toujours à mettre en rapport avec le « coût temporel », qui est fortement conditionné par la formation et l'efficacité du geste, tout autant que par le choix des indications précises. La question n'est donc pas d'opposer systématiquement intervention sur place et transport rapide, mais d'estimer si le bénéfice immédiat attendu du geste dépasse le retard et le risque qu'il peut induire. [4, 5]

Chez le patient traumatisé grave, le temps préhospitalier constitue un enjeu pronostique majeur. Son allongement est associé, dans plusieurs études observationnelles, à une augmentation de la mortalité. Cette association ne signifie cependant pas que toute intervention réalisée sur place soit délétère. Une procédure préhospitalière peut être justifiée lorsque son bénéfice immédiat attendu dépasse le retard et le risque qu'elle induit, notamment lorsqu'elle traite une menace vitale immédiatement réversible ou rend possible le transport vers le traitement définitif. L'enjeu n'est donc ni de multiplier les gestes sur place ni de les différer systématiquement, mais d'identifier ce qui ne peut pas attendre, tout en limitant le délai d'évacuation vers la filière de soins adaptée. [6]

Cette question est particulièrement aiguë dans le choc hémorragique traumatique, mais concerne également certaines causes de choc obstructif immédiatement réversibles, notamment le pneumothorax sous tension et la tamponnade. Malgré l'organisation de filières spécialisées, une part importante des décès par exsanguination survient avant l'arrivée à l'hôpital, parfois dans les premières minutes suivant le traumatisme. Dans la cohorte du London Air Ambulance rapportée par Nijhawan et al., 77 % des patients décédés sont morts en

préhospitalier et le délai médian entre le traumatisme et l'arrêt cardiaque était de 12 minutes ; 96 % des décès attribués à l'exsanguination sont survenus avant l'arrivée à l'hôpital. [7]

Chez des patients strictement sélectionnés, certaines procédures invasives — thoracotomie de sauvetage ou ballon d'occlusion intra-aortique — peuvent traiter une cause immédiatement réversible ou maintenir transitoirement le patient en vie jusqu'à l'hôpital. Elles ne se substituent pas au traitement définitif, mais constituent un pont vers celui-ci. Le bénéfice potentiel reste indissociable de la sélection du patient, de la fenêtre thérapeutique, de l'expertise disponible et de la capacité du système à assurer immédiatement la suite de la prise en charge.

L'objectif de cet atelier est de construire un cadre partagé permettant de déterminer, pour chaque procédure critique préhospitalière, son niveau d'intégration pertinent dans les structures françaises : acculturation de tous les professionnels exposés, formation d'opérateurs identifiés ou constitution de référents experts. À partir des données de la littérature et de l'expérience des participants, chaque procédure sera examinée selon ses indications et ses limites, sa fenêtre thérapeutique, son coût temporel, le matériel nécessaire, le niveau de formation attendu, les modalités de maintien des compétences et son intégration dans une gouvernance institutionnelle et une filière de soins organisées.

2. Définitions, dimensions et périmètre du propos

Les gestes réalisés en médecine d'urgence sont diversement qualifiés d'invasifs, techniques, rares, exceptionnels ou critiques, sans que ces termes soient toujours clairement distingués. Une procédure peut pourtant être envisagée selon quatre dimensions indépendantes : son invasivité, sa technicité, sa rareté et sa criticité.

L'invasivité correspond à l'importance de l'effraction anatomique et des lésions tissulaires induites, ainsi qu'au risque iatrogène directement lié à la procédure.

La technicité désigne la difficulté de son exécution fiable. Elle dépend des compétences psychomotrices et décisionnelles requises, mais aussi du niveau de coordination nécessaire au sein de l'équipe.

La rareté correspond à la faible fréquence d'exposition clinique d'un professionnel ou d'une équipe, limitant les occasions d'acquérir puis d'entretenir la compétence.

Enfin, **la criticité** traduit les conséquences vitales ou fonctionnelles d'un retard, d'un échec ou d'une omission, au regard notamment de l'étroitesse de la fenêtre thérapeutique.

Ces dimensions ne sont ni synonymes ni nécessairement corrélées. Certaines procédures, comme le cathétérisme sus-pubien ou les sutures complexes, peuvent être invasives, techniques ou rarement pratiquées sans que leur report de quelques heures engage immédiatement le pronostic. À l'inverse, la défibrillation est peu invasive et relativement simple sur le plan technique, mais hautement critique lorsque son indication est posée. D'autres procédures, telles que la thoracotomie de sauvetage, cumulent rareté, invasivité, technicité et criticité à des degrés élevés. Ces caractéristiques ne sont toutefois pas entièrement intrinsèques au geste : la criticité d'une même procédure peut varier selon son indication, les alternatives disponibles et le délai d'accès au traitement définitif.

La liste des compétences procédurales essentielles publiée par l'Australasian College for Emergency Medicine (ACEM) illustre l'étendue et l'hétérogénéité de ce champ. Elle rassemble des gestes allant de la pose d'une sonde nasogastrique à l'hystérotomie de sauvetage, sans les hiérarchiser selon leur rareté, leur invasivité, leur technicité ou leur criticité. Une telle liste permet donc de décrire le spectre des procédures relevant de la médecine d'urgence, mais ne suffit pas à déterminer la nature ni le niveau de préparation requis pour chacune. [8]

Toutes ces procédures ne sont pas des procédures HALO. Reid et Clancy avaient souligné la difficulté de maintenir la maîtrise de gestes rarement réalisés mais susceptibles de préserver la vie ou une fonction. Hack et al. ont ensuite proposé, à partir d'un Delphi modifié mené auprès de médecins impliqués dans la formation en médecine préhospitalière, de définir une compétence HALO comme une intervention à faible fréquence de réalisation devant être mise en œuvre sans délai pour préserver la vie, un membre ou la vision. Parmi 56 compétences initialement soumises au panel, 13 ont été retenues après trois tours de consultation. La faible fréquence d'exposition et la nécessité d'agir dans une fenêtre thérapeutique étroite constituent ainsi le cœur du concept HALO. L'invasivité et la technicité peuvent en accroître la complexité, mais ne suffisent pas à le définir. [2, 9]

Toute procédure invasive, technique ou rare n'est donc pas nécessairement HALO. Réciproquement, toute situation HALO ne relève pas de la traumatologie ni même obligatoirement d'un geste très invasif. Le Delphi de Hack et al. retenait ainsi plusieurs urgences obstétricales, notamment la présentation du siège, la dystocie des épaules et la procidence du cordon. Ces situations nécessitent une préparation spécifique, mais ne relèvent pas du champ du présent travail.

Dans le cadre des Journées Thématiques Interactives consacrées aux « défis du traumatisme sévère », nous avons choisi de limiter notre analyse aux procédures invasives susceptibles d'être

réalisées en préhospitalier chez un patient traumatisé sévère. Ce périmètre inclut à la fois des procédures attendues dans la pratique des équipes médicalisées, telles que l'intubation orotrachéale ou la thoracostomie, et des procédures HALO, telles que la cricothyroïdotomie, la thoracotomie de sauvetage, l'hystérotomie de sauvetage ou le ballon d'occlusion intra-aortique.

Pour les procédures attendues, dont la place en préhospitalier est relativement consensuelle, l'enjeu est principalement d'en préciser les indications, les modalités de réalisation et le niveau de préparation nécessaire à une pratique sûre et homogène. Pour les procédures HALO, la question est plus fondamentale : dans quelles situations leur réalisation préhospitalière est-elle légitime (indications…) et à quelles conditions peuvent-elles être rendues effectivement disponibles sans relever de l'improvisation (formation, matériel…)?

Cette distinction conduit à une grille d'analyse commune, explicitée au chapitre suivant, qui doit permettre de déterminer pour chaque procédure le niveau de préparation individuelle, collective et institutionnelle approprié.

3. Cadre d'analyse : de la légitimité clinique à la capacité institutionnelle

L'analyse des procédures invasives préhospitalières doit distinguer deux niveaux de responsabilité, étroitement liés mais qui ne peuvent être confondus.

Le premier est celui de la décision clinique prise face à un patient singulier. Dans une situation immédiatement menaçante, le médecin et son équipe doivent décider, avec les informations, les compétences et les ressources dont ils disposent, si une procédure peut offrir au patient une chance raisonnable de survie. L'absence d'un cadre national parfaitement abouti ne saurait, à elle seule, rendre illégitime une intervention salvatrice réalisée dans une indication pertinente par une équipe préparée. À l'inverse, l'urgence et l'intention de sauver ne suffisent pas à justifier une procédure entreprise sans sélection du patient, sans maîtrise suffisante du geste (faute de formation et/ou matériel) ou sans possibilité d'en assurer les suites.

Le second niveau est collectif et institutionnel. Il concerne la responsabilité des structures, des sociétés savantes et des autorités sanitaires dans la définition de la place de ces procédures, des compétences attendues et des conditions nécessaires à leur déploiement. Une pratique ne peut durablement reposer sur la seule initiative de quelques professionnels particulièrement engagés, pas davantage que son absence ne peut être considérée comme inévitable faute d'avoir collectivement posé la question.

Ces deux niveaux ne s'opposent donc pas. La décision individuelle doit rester possible lorsqu'elle est cliniquement justifiée et assumable dans les conditions réelles de prise en charge. Mais la répétition potentielle de telles décisions oblige la communauté à construire progressivement un cadre commun. L'analyse doit ainsi articuler trois exigences : déterminer la légitimité clinique de la procédure, définir la compétence nécessaire pour la décider et la réaliser, puis organiser la capacité institutionnelle permettant de la rendre effectivement disponible dans une filière de soin adaptée et pérenne.

3.1. La légitimité clinique : le bon geste ne suffit pas

Pour les procédures invasives critiques, la difficulté principale ne réside pas uniquement dans l'exécution du geste, mais dans la reconnaissance de la situation précise dans laquelle celui-ci peut réellement modifier le pronostic. La légitimité d'une procédure HALO préhospitalière dépend d'abord de l'existence d'une menace vitale dont le traitement ne peut raisonnablement attendre l'arrivée à l'hôpital. Elle ne repose donc pas sur la seule gravité du patient, mais sur l'identification d'un mécanisme potentiellement réversible et accessible à la procédure considérée.

Simon Carley a décrit ces décisions comme étant à la fois *time critical*, *information light* et *high consequence* : elles doivent être prises rapidement, à partir d'informations nécessairement incomplètes, alors que les conséquences de l'action comme de l'inaction peuvent être majeures. Son modèle du « moment de Boucles d'or » propose de rechercher le point d'équilibre entre une intervention trop précoce, exposant à un geste inutile ou disproportionné, et une intervention trop tardive, devenue inefficace ou futile. La légitimité clinique d'une procédure repose ainsi sur la rencontre entre le bon patient, la bonne indication et le bon moment sachant que les données de la littérature restent parois discutées. [10]

Le **bon patient** est celui dont la situation demeure potentiellement réversible. Sa sélection doit intégrer le mécanisme lésionnel, l'anatomie atteinte, la physiologie observée, les signes de vie, la durée éventuelle d'un état de choc ou d'un arrêt circulatoire, les comorbidités susceptibles de modifier le pronostic et la possibilité d'accéder à un traitement définitif. La seule constatation d'une défaillance extrême ne constitue pas une indication : elle peut au contraire témoigner d'une situation devenue irréversible dans laquelle la procédure serait futile.

La **bonne indication** suppose que la procédure réponde à une cible physiopathologique identifiable et qu'elle soit susceptible de corriger le mécanisme responsable de la défaillance. La gravité ne suffit pas : il faut établir un lien plausible entre la lésion suspectée, la physiologie

du patient, l'effet attendu de la procédure et l'objectif poursuivi. Plus la procédure est invasive, risquée et difficilement réversible, plus cette concordance doit être exigeante.

Le **bon moment** n'est ni le plus précoce possible ni le dernier moment imaginable. Une procédure réalisée trop tôt peut exposer un patient qui n'en avait pas besoin à un risque disproportionné, alors qu'un transport rapide vers un plateau technique complet restait possible. À l'inverse, attendre une certitude diagnostique inaccessible en préhospitalier peut faire perdre l'étroite fenêtre pendant laquelle le geste conserve une chance d'être utile. Le tempo consiste donc à reconnaître le moment où le risque de ne pas intervenir devient supérieur au risque de la procédure : disposer d'assez d'arguments pour agir, alors qu'il reste encore quelque chose à sauver.

Ces trois éléments ne suffisent cependant pas à garantir le succès de la procédure. Encore faut-il que le praticien sache la décider et la réaliser, que l'équipe puisse l'accompagner et que l'organisation en assure les conditions et les suites. Ces exigences relèvent respectivement de la compétence individuelle et collective, puis de la capacité institutionnelle.

3.2. La compétence individuelle : décider, réaliser et poursuivre

La compétence individuelle ne se résume pas à l'exécution technique de la procédure. Elle comprend la reconnaissance de l'indication, l'identification des contre-indications et des situations futiles, la décision d'agir dans une fenêtre thérapeutique étroite et sous une charge émotionnelle souvent importante, la préparation du geste, sa réalisation, la détection de son échec ou de ses complications et l'organisation immédiate de la suite de la prise en charge.

Cette compétence individuelle demeure toutefois indissociable de la performance collective. Dans une situation HALO, la réussite ne peut dépendre du seul opérateur : pendant qu'il réalise la procédure, la préparation du matériel, la gestion des voies aériennes, la transfusion, le monitorage, la communication avec la régulation et l'organisation du transport doivent se poursuivre. La formation doit donc associer l'acquisition du geste à la préparation cognitive du praticien et à l'entraînement coordonné de l'équipe. [11]

Cette articulation entre compétences techniques et collectives rejoint le consensus français de Thiebaud et al. sur la simulation pendant le DES de médecine d'urgence. L'intubation, la cricothyroïdotomie et la thoracostomie digitale figurent parmi les gestes prioritaires, aux côtés du leadership, de la coordination d'équipe et de la décision sous contrainte temporelle. Ce

consensus concerne toutefois la formation initiale des internes : il ne définit ni l'habilitation clinique ni les modalités de maintien des compétences pour les procédures HALO préhospitalières. [12]

Pour certaines procédures, dans des indications de sauvetage bien précises, la formation chirurgicale n'apparaît pas comme une condition indispensable à l'acquisition de la compétence technique. Des programmes de formation à la thoracotomie de sauvetage ont par exemple montré que des médecins non-chirurgiens pouvaient apprendre une séquence opératoire standardisée lorsqu'elle était enseignée par une combinaison d'apports théoriques, de démonstrations, de pratique délibérée et de simulation sur modèle anatomique. Le programme britannique PERT a précisément été développé pour permettre à des urgentistes, anesthésistes et médecins préhospitaliers d'acquérir ces compétences. [13]

Les travaux consacrés à l'hystérotomie de sauvetage montrent également qu'un entraînement procédural peut être proposé à des urgentistes et à des équipes non obstétricales. Les études disponibles portent principalement sur la simulation et évaluent surtout la faisabilité pédagogique, les performances sur simulateur et la confiance des participants. Elles ne permettent pas de conclure à une équivalence clinique avec un opérateur chirurgical ou obstétrical expérimenté, mais elles montrent que la séquence technique peut être enseignée et répétée en dehors de ces spécialités. [14, 15]

Ces données invitent à ne pas confondre spécialité d'origine et capacité à acquérir une compétence procédurale ciblée. Elles ne démontrent cependant pas qu'une formation courte suffise à rendre un praticien compétent en situation réelle. Savoir reproduire une séquence sur un modèle ne garantit ni la sélection du patient, ni la décision au moment opportun, ni l'adaptation du geste à une anatomie ou à une lésion imprévue.

La compétence clinique associe donc la technique à une décision complexe, prise sous forte contrainte temporelle, cognitive et émotionnelle. Pour les procédures HALO, le risque est double : ne pas réaliser un geste potentiellement salvateur par défaut de préparation ou, à l'inverse, l'entreprendre hors de ses indications parce que sa maîtrise technique en abaisserait implicitement le seuil décisionnel.

La formation doit par conséquent préparer la décision autant que le geste. Une « décision préarmée » ne désigne pas une décision prise à l'avance indépendamment du patient, mais une stratégie mentale élaborée avant la crise : mécanismes ciblés, critères d'inclusion et d'exclusion (reposant sur les données de la littérature), éléments déclencheurs, limites temporelles, conditions d'arrêt, matériel nécessaire, répartition des rôles et conduite à tenir en cas d'échec.

Lorsque la situation survient, le praticien n'a plus à construire intégralement sa stratégie sous stress ; il doit déterminer si la situation réelle correspond suffisamment au scénario pour lequel celle-ci a été préparée.

Cette préparation ne doit pas enfermer la décision dans un algorithme rigide. Les recommandations, protocoles et aides cognitives apportent un cadre, mais aucune liste de critères ne peut prévoir toutes les configurations. Carley propose à ce titre la notion de *clinical decision support guideline*, qui reconnaît la nécessité d'un appui structuré tout en laissant une place au jugement clinique lorsque le patient réel s'écarte du scénario théorique. [10]

Les aides cognitives peuvent soutenir cette décision et limiter les omissions. Une revue systématique portant sur les urgences cliniques a montré qu'elles réduisaient la proportion d'étapes omises et amélioraient plusieurs dimensions de la performance technique et collective. Leur effet sur les délais était en revanche inconstant. Elles ne sont donc utiles que si leur contenu est pertinent, leur ergonomie adaptée au contexte et leur utilisation connue et entraînée par l'équipe. [16]

L'acquisition initiale de la compétence ne garantit pas son maintien. La revue systématique de Legoux et al., consacrée aux procédures critiques réalisées par des médecins non chirurgiens, retrouvait une diminution des performances à trois, six et douze mois dans la majorité des études disponibles, même si celles-ci demeuraient parfois supérieures au niveau antérieur à la formation. [17] Les travaux français portant sur la cricothyroïdotomie montrent également une dégradation rapide de la réussite technique et un allongement du temps de réalisation quelques mois après une formation isolée. [18]

Ces données ne permettent pas de fixer une fréquence universelle de réentraînement pour chaque procédure. Elles rendent cependant difficilement défendable une validation acquise une fois pour toutes. Le maintien des compétences doit reposer sur des entraînements répétés et suffisamment rapprochés, associant répétition technique, scénarios décisionnels et simulation en équipe. Les modèles de formation à faible dose mais à haute fréquence apparaissent particulièrement intéressants : dans un essai randomisé récent portant sur la réanimation avancée préhospitalière, ils étaient associés à de meilleures performances techniques et non techniques qu'une formation annuelle concentrée. [19]

Le *cross-training* peut compléter cette stratégie. Il consiste à entraîner les différents membres de l'équipe aux contraintes, aux objectifs et, lorsque cela est pertinent, à certaines tâches des autres fonctions. Son intérêt n'est pas de rendre chaque professionnel interchangeable, mais de construire un modèle mental partagé, d'améliorer l'anticipation et de permettre une

redistribution des tâches lorsque la situation l'exige. Pour les procédures HALO, son bénéfice paraît particulièrement plausible, même si les données spécifiques restent limitées. Il doit donc être considéré comme un principe organisationnel à évaluer plutôt que comme une solution dont l'efficacité clinique serait déjà démontrée pour chaque procédure.

3.3. De la compétence individuelle à la capacité institutionnelle

Même correctement formé, un professionnel isolé ne peut garantir à lui seul la disponibilité d'une procédure HALO. La compétence individuelle doit être intégrée à une capacité institutionnelle, définie comme l'aptitude d'une organisation à rendre une procédure disponible dans des conditions préparées, reproductibles, évaluables et compatibles avec la continuité des soins.

Le cadre proposé par Colonetti et al. identifie cinq domaines conjointement nécessaires : la gouvernance clinique, la formation et le maintien des compétences, la préparation logistique, l'intégration dans une filière de soins anticipée et l'amélioration continue de la qualité et de l'efficacité. L'engagement institutionnel en constitue le préalable. [3] Cette approche rejoint les recommandations consacrées à d'autres événements rares et critiques, qui soulignent que la réussite dépend non seulement des connaissances et des compétences techniques, mais aussi de l'anticipation, de la disponibilité immédiate du matériel, de l'organisation de l'équipe, de l'entraînement multidisciplinaire et d'une culture institutionnelle de sécurité. [20]

La capacité institutionnelle ne doit toutefois pas être interprétée comme une autorisation préalable absolue sans laquelle aucune initiative clinique ne serait possible. Une telle lecture conduirait à attendre que l'organisation soit parfaite pour commencer à sauver les patients susceptibles de bénéficier de ces procédures. Elle désigne plutôt la responsabilité du système dans la transformation d'une possibilité exceptionnelle, dépendante d'un individu, en une réponse collective plus fiable. L'initiative d'une équipe préparée peut précéder la maturité complète du dispositif ; elle ne dispense pas l'institution de construire cette maturité.

La gouvernance clinique doit définir les indications, les contre-indications, les limites de la procédure et les responsabilités de chacun. Elle doit préciser les professionnels autorisés à la réaliser, les modalités d'un éventuel appui expert et la conduite à tenir lorsqu'aucun opérateur entraîné n'est disponible. Elle doit également protéger le praticien d'une injonction contradictoire consistant à mettre théoriquement une procédure à sa disposition sans lui fournir la formation, le matériel ou la filière nécessaires à sa réalisation.

La préparation logistique ne se limite pas à l'achat d'un dispositif. Le matériel doit être standardisé, immédiatement accessible, vérifié et utilisé lors des entraînements. Sa disponibilité doit être connue de la régulation et des équipes engagées. Les responsabilités relatives à son contrôle, son renouvellement et sa traçabilité doivent être définies.

La filière d'aval doit être pensée avant la première utilisation. La destination, les modalités de préalerte, les compétences hospitalières requises et la poursuite immédiate de la prise en charge doivent être intégrées au protocole. Pour certaines procédures, la sélection du patient et la décision préhospitalière ne peuvent être dissociées de la capacité réelle de l'établissement receveur à assurer le traitement définitif.

Enfin, chaque mise en œuvre réelle doit être analysée. Les indications retenues, les délais, les succès et échecs techniques, les complications, les écarts au protocole et l'évolution du patient doivent être recueillis. Pour une procédure exceptionnelle, chaque cas représente une part substantielle de l'expérience disponible. Le retour d'expérience ne doit donc pas dépendre de la seule initiative de l'opérateur, mais relever d'un dispositif institutionnel systématique, bienveillant et orienté vers l'amélioration des pratiques.

La maturité d'un système ne se mesure donc pas au seul nombre de procédures qu'il autorise ou au nombre de professionnels qu'il déclare formés. Elle tient à sa capacité à définir ce qu'il souhaite rendre possible, à préparer réellement les équipes, à connaître ses propres limites, à analyser ses résultats et à faire évoluer son organisation.

3.4. Construire une capacité nationale : affronter un problème sans solution parfaite

3.4.1. Le problème à regarder en face

La diffusion des compétences HALO en médecine préhospitalière constitue un problème-limite, probablement impossible à résoudre de manière parfaite. Il serait théoriquement souhaitable que toute procédure immédiatement salvatrice soit disponible pour tout patient, en tout point du territoire et à toute heure. Il est pourtant irréaliste d'attendre de chaque médecin de SMUR qu'il maîtrise et entretienne au même niveau l'ensemble des procédures exceptionnelles auxquelles il pourrait être confronté.

Cette tension explique en partie la difficulté persistante de la profession à se saisir collectivement du sujet. La médecine d'urgence française s'est construite comme spécialité il y a une vingtaine d'années sans définir complètement les limites de son champ procédural,

notamment à l'interface avec l'anesthésie-réanimation et les spécialités chirurgicales. Les compétences de l'urgentiste se sont structurées autour de gestes devenus incontestables, tandis que certaines procédures de sauvetage sont demeurées dans une zone grise : potentiellement nécessaires avant l'hôpital, mais historiquement rattachées à des spécialistes qui ne peuvent en pratique pas être présents dans leur fenêtre thérapeutique.

Cette ambiguïté initiale a durablement marqué les débats. Les procédures HALO interrogent à la fois l'identité professionnelle, les limites de compétence, la responsabilité, l'organisation territoriale et l'égalité d'accès aux soins. Elles suscitent dès lors des positions souvent polarisées : l'enthousiasme de ceux qui considèrent qu'il faut rendre possible ce qui peut sauver, face à la prudence de ceux qui redoutent une diffusion insuffisamment encadrée de gestes invasifs et peu évalués.

Parce que le problème paraît insoluble, la tentation est forte de ne pas le poser. Cette absence de doctrine ne produit pourtant pas de neutralité. Elle laisse se développer des initiatives locales hétérogènes, dépendantes de l'engagement de quelques équipes, tandis que d'autres structures demeurent sans formation, sans matériel ou sans position explicite. Elle entretient ainsi exactement la variabilité que l'absence de recommandation prétend éviter.

Un système mature n'est pas celui qui aurait supprimé toute incertitude ni rendu immédiatement disponible chaque procédure sur l'ensemble du territoire. C'est celui qui accepte de nommer cette tension, de définir un objectif, d'assumer les choix transitoires et d'évaluer leurs conséquences. La maturité commence donc moins par une réponse définitive que par la reconnaissance collective du problème.

En théorie, puisque l'événement peut survenir en tout point du territoire et qu'il n'est généralement pas transportable vers une expertise distante dans sa fenêtre thérapeutique, chaque médecin assurant une garde de SMUR devrait pouvoir reconnaître l'indication et réaliser les procédures susceptibles de sauver immédiatement la vie. Cette exigence est cohérente avec le principe d'égal accès aux soins, mais elle se heurte à la rareté des situations, à l'hétérogénéité des parcours professionnels, au coût de la formation et à la difficulté pratique d'entretenir chez chaque médecin toutes les compétences HALO.

À l'inverse, réserver ces gestes à quelques « équipes expertes » concentrées sur certains sites ne résout pas le problème. Contrairement à une activité programmée ou à une procédure hospitalière spécialisée, une tamponnade traumatique ou une obstruction complète des voies aériennes ne survient pas à proximité choisie d'un centre expert. Lorsque la fenêtre thérapeutique est de quelques minutes, transporter le patient vers la compétence n'est pas une

réponse opérationnelle. La compétence doit être présente, pouvoir être projetée assez rapidement ou avoir été diffusée auprès de l'équipe susceptible d'être la première sur place.

L'hétérogénéité actuelle expose donc à une inégalité de chance : une procédure peut être disponible dans un territoire mais absente dans un autre, ou réalisable un jour et non le lendemain selon la composition de l'équipe. Cette variabilité existe déjà ; ne pas la nommer ne la fait pas disparaître. Elle doit être considérée comme un problème d'organisation des soins et non comme la conséquence inévitable de préférences individuelles.

Le principe d'égal accès aux soins ne signifie toutefois pas que toute procédure exceptionnelle doive être immédiatement disponible en tout lieu et à toute heure, indépendamment de son niveau de preuve et de ses contraintes. Il impose que les différences de prise en charge reposent sur des choix explicites, scientifiquement et organisationnellement justifiables, et non sur le hasard de la formation personnelle du médecin de garde.

La question médico-légale ne peut donc pas être réduite à l'obligation individuelle pour chaque praticien de maîtriser immédiatement tous les gestes HALO. Elle concerne également les institutions, les autorités sanitaires et les sociétés savantes dès lors que l'utilité potentielle d'une procédure est reconnue mais que ses conditions d'accès, de formation et de couverture restent indéfinies. À mesure qu'une procédure trouve une place établie dans les données scientifiques et les recommandations, l'absence persistante d'organisation pourrait devenir plus difficile à justifier. Ce point nécessitera une analyse juridique spécifique : le présent travail peut poser la question, mais ne peut à lui seul déterminer les obligations opposables aux professionnels ou aux structures.

3.4.2. Une stratégie par niveaux de compétence ?

Une stratégie par niveaux de compétence peut constituer une réponse pragmatique, à condition qu'elle soit conçue comme une trajectoire et non comme la validation définitive d'une médecine à deux vitesses. Elle pourrait reposer sur trois niveaux complémentaires.

Le premier serait un **socle universel**, attendu de tout médecin exerçant en SMUR et de toute équipe médicalisée : connaître les procédures, reconnaître leurs indications potentielles, déclencher précocement la réponse adaptée, préparer le matériel, utiliser les aides cognitives et participer à leur réalisation. Pour les procédures dont la fenêtre thérapeutique exclut tout renfort utile, la capacité d'exécution devrait avoir vocation à rejoindre progressivement ce socle dès lors que leur légitimité clinique et leur faisabilité sont suffisamment établies.

Le deuxième niveau correspondrait à des **opérateurs entraînés**, identifiés au sein de chaque structure et participant régulièrement à la formation et au maintien des compétences. Leur présence permettrait d'amorcer le déploiement, d'encadrer les entraînements locaux et de construire une expérience collective. Ce niveau est probablement indispensable dans une phase de transition. Il ne peut cependant constituer un aboutissement si la disponibilité de la procédure reste entièrement dépendante de leur tableau de garde. Toutefois, l'intervention de ces opérateurs entrainés pourrait s'envisager en renfort pour les procédures les plus délicates.

Le troisième niveau serait celui de **référents experts territoriaux ou régionaux**, chargés de la gouvernance, de la formation, de l'évaluation des compétences, de l'analyse des cas et de l'évolution des protocoles. Leur rôle ne serait pas nécessairement de réaliser eux-mêmes chaque geste, ce qui est souvent incompatible avec la fenêtre thérapeutique, mais de rendre les équipes locales capables de décider et d'agir. Un appui à distance pourrait compléter cette organisation lorsqu'il est immédiatement accessible, sans devenir une étape obligatoire retardant une intervention salvatrice.

Cette progression ne doit pas opposer une compétence experte à une compétence ordinaire. Elle doit organiser le passage d'une situation actuelle, dans laquelle la disponibilité dépend largement de rares initiatives locales, vers un objectif national explicite. Pour chaque procédure, il faudra déterminer ce qui relève du socle commun, ce qui peut temporairement être confié à des opérateurs identifiés et ce qui nécessite l'appui de référents experts. Il faudra surtout définir le niveau minimal de couverture que le système considère comme acceptable et le délai dans lequel il souhaite l'atteindre.

Toutes les procédures n'appelleront pas la même réponse. Pour certaines, la combinaison d'une indication identifiable, d'un geste standardisable et d'une fenêtre thérapeutique très courte pourrait justifier une diffusion large. Pour d'autres, la complexité de la sélection des patients, le risque iatrogène, la technicité ou la dépendance à une filière spécialisée pourraient conduire à une disponibilité plus ciblée. Ce choix ne doit cependant pas rester implicite : décider de ne pas diffuser une procédure dans un territoire constitue également une décision de politique de soins, qui doit pouvoir être argumentée, évaluée et révisée.

Dans l'intervalle, l'absence de couverture complète ne doit ni conduire à interdire toute initiative pertinente ni permettre de présenter comme organisé ce qui dépend encore de quelques individus. Une équipe formée, préparée et intégrée à une filière doit pouvoir agir dans une indication légitime. Mais son engagement ne peut servir d'alibi à l'absence de stratégie collective.

L'objectif ne peut donc être ni de décréter que tous les médecins seront demain experts de toutes les procédures HALO, ni d'accepter que personne ne le soit réellement. Il consiste à construire une trajectoire : un socle universel de reconnaissance et de préparation, un réseau initial d'opérateurs effectivement entraînés, des référents chargés d'organiser et d'évaluer le dispositif, puis une extension progressive des compétences lorsque la fenêtre thérapeutique rend indispensable leur disponibilité immédiate.

La question centrale devient alors moins « qui a le droit de faire le geste ? » que « quelle organisation permet de garantir au plus grand nombre de patients le bon geste, par la bonne équipe, au bon moment, sans faire dépendre leur chance de survie du lieu ou du jour de survenue ? »

Cette question fournit la grille commune de la revue qui suit. Pour chaque procédure, la légitimité préhospitalière sera appréciée selon cinq conditions complémentaires : le bon patient, la bonne indication, le bon moment, la bonne équipe et le bon système. Les trois premières structurent l'analyse de la sélection, de la cible physiopathologique et de la fenêtre thérapeutique ; les deux dernières interrogent la faisabilité technique, les risques, le matériel, l'organisation de l'équipe, la formation, la filière d'aval, la gouvernance et le niveau d'intégration pertinent.

4. Analyse des procédures invasives préhospitalières

4.1. Procédures attendues

4.1.1. Intubation orotrachéale du patient traumatisé sévère

L'intubation orotrachéale fait partie des procédures attendues en médecine d'urgence préhospitalière. Elle n'est pas une procédure HALO : elle n'est ni exceptionnelle ni étrangère au champ de compétence habituel des équipes de SMUR, toutefois, les recommandations récentes sur l'intubation en urgence considèrent celle-ci comme une intubation difficile de principe. [21] De plus, elle reste relativement peu fréquente à l'échelle de chaque opérateur et constitue, chez le traumatisé sévère, un moment particulièrement critique. Sa difficulté n'est pas uniquement anatomique. Elle est également environnementale, physiologique et organisationnelle : accès contraint au patient, rachis cervical potentiellement instable, voies aériennes contaminées, estomac plein, hypoxémie, choc hémorragique ou obstructif et ressources humaines limitées. [22]

L'IOT ne doit donc jamais être banalisée. Son caractère familier peut donner l'illusion d'une procédure maîtrisée et toujours prioritaire, alors que sa réalisation peut aggraver la physiologie du patient et retarder une intervention plus urgente sur le terrain ou le traitement définitif à l'hôpital. L'enjeu n'est pas seulement de réussir à introduire une sonde dans la trachée, mais de sélectionner le patient qui doit réellement être intubé, au moment opportun, puis de réaliser la procédure dès la première tentative sans hypoxémie, hypotension ni perte de temps évitable.

Indication et sélection du patient

La gravité du traumatisme ne constitue pas, à elle seule, une indication d'intubation préhospitalière. La décision doit répondre à une menace précise qui ne peut être contrôlée durablement par des moyens moins invasifs et plus rapides. Elle peut être envisagée à différent niveau de l'évaluation initiale du traumatisé sévère : *Airway*, *Breathing* et *Disability*.

A Sur le plan des voies aériennes, l'IOT est indiquée devant une obstruction constituée ou imminente, une incapacité à maintenir la perméabilité des voies aériennes par des mesures simples. Cette indication peut notamment concerner un traumatisme facial sévère avec modification anatomique des voies aériennes massive de sang ou de vomissements, un saignement actif facial ou cervical dont la prise en charge adéquate compromet la filière oro-trachéale, une inhalation massive de sang ou de vomissements

B Sur le plan respiratoire, elle est justifiée en l'absence de ventilation spontanée efficace ou devant une hypoxémie persistante malgré la libération des voies aériennes, et une oxygénothérapie optimisée. L'IOT n'est cependant qu'un élément de la prise en charge respiratoire. Elle ne traite ni un pneumothorax compressif, ni un hémothorax massif, ni une obstruction mécanique intrathoracique. Dans ces situations, la priorité peut être la thoracostomie plutôt que le contrôle définitif des voies aériennes.

D Sur le plan neurologique, les recommandations SFAR–SFMU [21] considèrent qu'il est probablement recommandé d'intuber les patients présentant un traumatisme crânien grave, défini par un score de Glasgow inférieur ou égal à 8, afin de réduire la morbi-mortalité. Elles soulignent cependant que la procédure doit être réalisée par un opérateur entraîné, en maintenant une pression artérielle systolique supérieure à 110 mmHg et un $EtCO_2$ compris entre 35 et 45 mmHg.

Il ne s'agit en outre pas d'une réponse automatique à un score de Glasgow abaissé décorrélé du reste de la physiopathologie de notre patient. L'objectif est bien la protection des voies

aériennes et la prévention des agressions cérébrales secondaires d'origine systémique, en particulier l'hypoxémie, l'hypotension, l'hypo- ou l'hypercapnie.

À l'inverse, le choc hémorragique isolé ne constitue pas une indication d'intubation. Les RFE SFAR–SFMU précisent qu'en l'absence d'indication neurologique ou respiratoire formelle, il n'est probablement pas recommandé d'intuber un patient sur la seule constatation d'un choc hémorragique, même lorsqu'une intervention chirurgicale sous anesthésie générale est prévue à courte échéance. [21]

Cette prudence est physiologiquement cohérente. Chez un traumatisé hypovolémique ou exposé à un choc obstructif, la ventilation spontanée participe au maintien du retour veineux. Sa conservation peut constituer une véritable ressource thérapeutique pendant la phase préhospitalière. La supprimer par l'induction, la sédation et la ventilation en pression positive n'est légitime que si le bénéfice attendu du contrôle des voies aériennes ou de la ventilation dépasse le risque circulatoire induit.

Chez le traumatisé exsanguiné, Ferrada et al. remettent en question non pas l'évaluation selon l'ABC, mais la priorité donnée à l'intubation avant le contrôle de l'hémorragie. L'approche XABC/CAB rappelle que l'exsanguination est prioritaire : A et B doivent être immédiatement évalués, et une indication d'IOT peut être identifiée, sans pour autant devoir être réalisée avant le C si elle peut être différée. Hors menace A/B non temporisable, le contrôle hémorragique et la réanimation transfusionnelle précèdent donc l'intubation. [23]

Il faut enfin se méfier du « tunnel de l'IOT ». Parce que la procédure est habituelle, structurée et techniquement mobilisatrice, elle peut devenir une fausse priorité et détourner l'attention de l'équipe d'une autre menace immédiatement réversible : pneumothorax compressif, hémorragie accessible à un contrôle temporaire, tamponnade ou nécessité d'une évacuation sans délai. Avant toute induction, la question ne doit donc pas seulement être « ce patient est-il suffisamment grave pour être intubé ? », mais « qu'apportera l'intubation maintenant, quels risques lui fait-elle courir et que risque-t-elle de retarder ? ».

Fenêtre thérapeutique

La fenêtre thérapeutique de l'IOT n'est pas uniforme. Certaines situations imposent un contrôle immédiat des voies aériennes : apnée, obstruction non contrôlable, incapacité à oxygéner ou ventilation manifestement inefficace. Dans d'autres situations, l'IOT est nécessaire mais autorise une préparation préalable, notamment la préoxygénation, la correction d'une hypotension sévère, l'exclusion ou le traitement d'un pneumothorax compressif et la mise à

disposition des plans de secours. Elle peut enfin être différée lorsque la ventilation spontanée reste efficace, que les voies aériennes peuvent être maintenues par des moyens simples et que le transport vers un environnement plus favorable est rapide.

Le temps consacré à la préparation n'est probablement pas du temps perdu. Quelques minutes utilisées pour réunir le matériel, attribuer les rôles, préoxygéner, optimiser l'hémodynamique et annoncer les plans de secours peuvent éviter plusieurs tentatives, une hypoxémie ou un collapsus, et finalement raccourcir la procédure. Cette préparation doit néanmoins rester proportionnée : chez le patient hémorragique, chaque minute passée sur place diffère potentiellement l'hémostase définitive.

Technique, efficacité et bénéfice attendu

L'efficacité de l'IOT ne peut être réduite à la présence d'une sonde dans la trachée. Le résultat recherché est une intubation confirmée, obtenue dès la première tentative, sans hypoxémie, hypotension sévère, inhalation ni interruption préjudiciable de la stratégie traumatique.

La réussite à la première tentative constitue ainsi un objectif de sécurité pour le patient et de maîtrise du temps préhospitalier. Les tentatives répétées sont associées à une augmentation des complications ; elles prolongent la période d'apnée, favorisent les traumatismes des voies aériennes et réduisent les possibilités de sauvetage ultérieures. [21, 24, 25]

La procédure doit s'inscrire dans une stratégie avec des plans successifs A/B/C/D connue de l'ensemble de l'équipe. Ce cadre, issu des recommandations de la Difficult Airway Society, donne la priorité au maintien ou au rétablissement de l'oxygénation et organise le changement de stratégie avant que la répétition des tentatives ne rende la situation irréversible. [24, 26]

Le **plan A** est l'intubation trachéale par laryngoscopie directe ou vidéolaryngoscopie. Le choix ne doit pas dépendre seulement de la disponibilité du dispositif, mais de l'expérience réelle de l'opérateur. La RFE SFAR–SFMU retient comme seuils minimaux d'expérience 50 laryngoscopies directes réussies ou 15 vidéolaryngoscopies réussies sur patient pour qu'un opérateur soit placé en première ligne. Elle souligne également que l'apprentissage de la vidéolaryngoscopie semble plus rapide et que celle-ci améliore la réussite à la première tentative chez les médecins en formation. [21]

Le **plan B** est la restauration de l'oxygénation par un dispositif supraglottique, préférentiellement de deuxième génération. Certains dispositifs permettent secondairement une intubation à travers le conduit, mais cette possibilité ne doit être utilisée que si elle est maîtrisée et si elle n'expose pas à prolonger inutilement une situation déjà instable.

Le **plan C** correspond à la reprise d'une oxygénation et d'une ventilation au masque facial avec ballon autoremplisseur, en optimisant la position, la perméabilité des voies aériennes et l'étanchéité. Une ventilation à deux opérateurs doit être privilégiée lorsqu'elle est possible. Le retour au masque ne constitue pas un échec honteux : si l'oxygénation est restaurée, il recrée du temps pour réévaluer l'indication, modifier la stratégie ou décider d'un transport sans nouvelle tentative.

Le **plan D** est l'accès cervical antérieur d'urgence lorsque ni l'intubation, ni le dispositif supraglottique, ni la ventilation au masque ne permettent d'oxygéner le patient. Cette situation CICO — *can't intubate, can't oxygenate* — impose une cricothyroïdotomie sans délai. La RFE considère que tous les opérateurs amenés à réaliser une intubation urgente doivent connaître cette procédure et être capables de la pratiquer. Malgré cette nécessité, cette procédure sera abordée dans les gestes « HALO ». Elle privilégie une technique chirurgicale utilisant scalpel, mandrin long béquillé et sonde d'intubation. [21]

Le passage d'un plan au suivant doit être annoncé avant l'induction et déclenché selon des critères partagés : échec de visualisation, impossibilité de faire progresser la sonde, tentative prolongée, désaturation ou dégradation hémodynamique. La répétition du même geste dans les mêmes conditions ne constitue pas une stratégie de secours. En termes assez peu académiques mais rigoureusement physiologiques, répéter obstinément le plan A ne le transforme pas en plan B.

Après l'intubation, le positionnement de la sonde doit être confirmé par capnographie avec courbe, puis surveillé continuellement. Cette confirmation est recommandée avec un niveau de preuve élevé. Elle est particulièrement importante pendant la mobilisation et le transport, périodes durant lesquelles un déplacement secondaire peut survenir. [21]

Risques et coût temporel

Les risques techniques comprennent l'échec de l'intubation, les tentatives répétées, l'intubation œsophagienne, l'intubation sélective, les traumatismes des voies aériennes, l'inhalation et la perte secondaire de la sonde. La capnographie est indispensable : dans les séries citées par la RFE, l'intubation œsophagienne représentait encore 4 % des intubations d'une cohorte préhospitalière française. [21]

Les risques physiologiques sont particulièrement importants chez le traumatisé sévère. L'induction peut provoquer une vasoplégie, diminuer le tonus sympathique compensateur et révéler brutalement une hypovolémie jusqu'alors partiellement tolérée. La suppression de la

ventilation spontanée et la ventilation en pression positive augmentent la pression intrathoracique, réduisent le retour veineux et peuvent décompenser un choc hémorragique ou obstructif. L'intubation peut ainsi transformer une situation précaire mais compensée en collapsus ou en arrêt circulatoire. [23]

Cette vulnérabilité impose de rechercher avant l'induction une hypovolémie profonde, un pneumothorax compressif et, selon le contexte, une tamponnade. La RFE SFAR–SFMU recommande notamment, lorsque l'intubation est nécessaire au cours d'un traumatisme thoracique pénétrant, d'éliminer avec les moyens disponibles un pneumothorax nécessitant une exsufflation ou un drainage. [21]

À ces risques s'ajoute le coût temporel. La préparation, la préoxygénation, l'induction, l'intubation, la fixation, le réglage du ventilateur et la stabilisation post-intubation prolongent la prise en charge sur place. Ce temps peut être utile s'il prévient une défaillance pendant le transport ; il devient délétère si la procédure était évitable ou si elle retarde une thoracostomie, le contrôle d'une hémorragie ou l'accès au bloc opératoire.

Enfin, l'IOT possède un coût attentionnel. Elle mobilise facilement toute l'équipe autour d'un objectif techniquement visible, au risque d'interrompre la transfusion, de retarder la préparation du départ ou de faire perdre de vue la cause du choc. Son organisation doit précisément empêcher ce tunnel procédural.

Alternatives

Les alternatives doivent être choisies en fonction de l'objectif recherché : maintenir la perméabilité des voies aériennes, oxygéner, ventiler ou protéger contre l'inhalation.

Elles comprennent le positionnement, les manœuvres de libération des voies aériennes, l'aspiration, l'oxygénothérapie, la ventilation au masque, le recours à un dispositif supraglottique et la conservation surveillée de la ventilation spontanée. Dans certaines situations, le transport immédiat vers un environnement disposant de ressources humaines et matérielles supérieures constitue également une alternative à l'intubation sur place.

Ces options ne doivent pas être considérées comme systématiquement inférieures à l'IOT. Lorsque les voies aériennes restent perméables, que l'oxygénation et la ventilation sont satisfaisantes et que le traitement définitif est rapidement accessible, ne pas intuber immédiatement peut représenter la stratégie la plus sûre. [21]

Matériel

Le matériel doit permettre l'exécution immédiate des quatre plans. La RFE SFAR–SFMU propose une dotation minimale comprenant des masques faciaux, un ballon autoremplisseur, une source d'oxygène, une aspiration avec canule de gros calibre, des canules oropharyngées, plusieurs tailles de sondes, un laryngoscope direct, un vidéolaryngoscope, un stylet rigide, un mandrin long béquillé, une pince de Magill, un dispositif supraglottique permettant l'intubation, un capnographe et un kit de cricothyroïdotomie chirurgicale. Le matériel d'intubation difficile doit être immédiatement disponible, fonctionnel et vérifié. [21]

Cette dotation ne doit pas être dispersée dans plusieurs sacs ni reposer sur la mémoire de l'équipe. Son agencement doit probablement suivre l'algorithme A/B/C/D, avec une présentation standardisée et identique entre les véhicules d'une même structure. L'aspiration doit être montée et testée avant l'induction ; sa disponibilité théorique au fond d'un sac ne constitue pas une préparation opérationnelle.

Organisation de l'équipe

Dans sa configuration habituelle, une équipe SMUR repose sur trois professionnels. L'organisation de l'intubation doit donc être conçue pour cette réalité et non reproduire artificiellement celle d'un bloc opératoire.

Le médecin assume la décision, dirige la préparation et réalise ou supervise la laryngoscopie. L'infirmier prépare et administre les médicaments, surveille la physiologie et annonce toute dégradation. L'ambulancier doit disposer d'un rôle anticipé et entraîné : installation, préparation ou vérification du matériel, oxygénation, aspiration, stabilisation manuelle du rachis, aide à la ventilation ou préparation de l'évacuation selon le scénario. Lorsque des secouristes sont présents, certaines tâches clairement définies peuvent leur être confiées : maintien du masque, surveillance du monitorage, gestion de la source d'oxygène, aspiration, préparation du brancard ou transmission avec la régulation.

La procédure ne doit pas interrompre le reste de la réanimation. Pendant la laryngoscopie, la transfusion, le monitorage, le contrôle hémorragique, la préparation du transport et la communication avec la régulation doivent se poursuivre. Cela suppose une répartition explicite des missions et, lorsque les effectifs sont insuffisants, une hiérarchisation assumée des actions.

Une check-list courte, lue à voix haute par deux intervenants, peut certainement sécuriser cette préparation : indication confirmée, aspiration fonctionnelle, préoxygénation, médicaments prêts, vasopresseur disponible, matériel A/B/C/D vérifié, rôles distribués, critères de changement de plan annoncés et capnographie prête. La RFE SFAR–SFMU n'a cependant pas

identifié de données suffisantes pour recommander son utilisation sur un critère de morbi-mortalité. La check-list doit donc être présentée comme un outil organisationnel cohérent, mais non comme une intervention dont l'efficacité clinique serait formellement démontrée. [21]

Elle gagnerait à être proche de celle utilisée au déchocage. La continuité des termes, des rôles et de l'ordre de préparation réduit la charge cognitive et permet à l'équipe de retrouver des repères identiques du préhospitalier à l'hôpital.

Formation initiale

La formation initiale doit préparer à la fois l'indication, l'exécution technique et la gestion de l'échec. Elle doit inclure la préoxygénation, la ventilation au masque, la laryngoscopie directe, la vidéolaryngoscopie, l'utilisation des mandrins, la mise en place d'un dispositif supraglottique, la confirmation capnographique et la cricothyroïdotomie.

Les RFE proposent un minimum de 50 laryngoscopies directes réussies sur patient lorsqu'un opérateur doit être placé en première ligne avec cette technique, contre 15 vidéolaryngoscopies réussies lorsque la procédure repose sur la vidéolaryngoscopie. Ces seuils correspondent à des niveaux minimaux d'exposition et ne constituent pas à eux seuls une validation définitive de compétence. La performance doit également être évaluée en situation simulée complexe, avec accès limité au patient, contamination des voies aériennes, instabilité physiologique et équipe réduite. [21]

La formation des opérateurs juniors doit intégrer précocement la vidéolaryngoscopie, sans faire disparaître la compréhension de la laryngoscopie directe ni la maîtrise des alternatives. L'ensemble de l'équipe doit connaître les plans A/B/C/D et savoir reconnaître le moment où l'objectif n'est plus de placer une sonde, mais de restaurer l'oxygénation.

Maintien des compétences

Le maintien des compétences ne peut reposer sur la seule activité clinique, trop variable d'un opérateur à l'autre. Les entraînements doivent associer répétition technique et scénarios en équipe. Ils doivent inclure l'échec de la première tentative, le passage rapide au dispositif supraglottique, la ventilation difficile au masque et la situation CICO.

La dimension physiologique doit être entraînée au même titre que le geste : patient hypoxémique, choc hémorragique profond, pneumothorax compressif non diagnostiqué, collapsus post-induction ou perte de capnographie pendant le transport. Ces scénarios permettent d'évaluer la capacité à interrompre une tentative, corriger une cause réversible et redistribuer les rôles.

Filière d'aval

L'intubation ne termine pas la prise en charge des voies aériennes. La sonde doit être fixée, son positionnement confirmé par capnographie et surveillé pendant chaque mobilisation. La ventilation doit être adaptée à la physiologie et aux lésions, en évitant l'hypoxémie, l'hypo- ou l'hypercapnie ainsi que des pressions intrathoraciques excessives.

La sédation, l'analgésie et, si nécessaire, la curarisation d'entretien doivent être anticipées avant le départ. Le centre receveur doit être informé de l'indication, des difficultés rencontrées, du nombre de tentatives, du matériel utilisé, de la réponse hémodynamique et des paramètres ventilatoires.

La procédure ne doit pas modifier sans justification la destination ni retarder l'accès au traitement définitif. Chez le traumatisé hémorragique, la priorité demeure l'admission directe dans une filière capable d'assurer immédiatement l'hémostase chirurgicale ou radiologique.

Gouvernance

Chaque structure réalisant des intubations préhospitalières devrait disposer d'une procédure institutionnelle commune, idéalement cohérente entre le SMUR, les urgences et le déchocage. Celle-ci doit définir les indications, l'organisation de l'équipe, la stratégie A/B/C/D, le matériel, les médicaments, les dilutions, la confirmation capnographique et la conduite à tenir en cas d'échec.

La gouvernance doit également préciser la place de la vidéolaryngoscopie et les compétences minimales attendues avant qu'un opérateur soit placé en première ligne. Elle doit organiser la formation, le maintien des compétences et l'analyse des événements indésirables.

Plusieurs indicateurs peuvent être recueillis : taux de réussite à la première tentative ; nombre total de tentatives ; hypoxémie péri-intubation ; hypotension ou arrêt circulatoire péri-intubation ; recours aux plans B, C ou D ; confirmation capnographique ; délai entre décision et intubation ; temps supplémentaire passé sur place ; déplacement ou perte secondaire de la sonde.

Niveau d'intégration proposé

L'IOT du traumatisé sévère relève du **socle universel** de tout médecin et de toute équipe exerçant en SMUR. Ce socle ne se limite pas à la maîtrise d'une laryngoscopie. Il comprend la capacité à poser ou à ne pas poser l'indication, à reconnaître une intubation physiologiquement

à risque, à optimiser le patient avant l'induction, à organiser la procédure en équipe, à viser la réussite dès la première tentative et à appliquer sans délai une stratégie A/B/C/D.

Il implique également la capacité à restaurer l'oxygénation après un échec et à réaliser une cricothyroïdotomie en situation CICO. L'appartenance de l'IOT aux procédures attendues ne doit donc pas conduire à la banaliser. Elle impose au contraire une organisation institutionnelle homogène, une dotation complète, un entraînement régulier et une évaluation des résultats.

La question n'est pas de savoir si les équipes de SMUR doivent pouvoir intuber un traumatisé sévère : elles le doivent. La question est de garantir que l'intubation soit réalisée uniquement lorsqu'elle apporte un bénéfice réel, dans des conditions donnant immédiatement au patient les meilleures chances de réussite, sans détourner l'équipe de la procédure réellement salvatrice ni retarder le traitement définitif.

4.1.2. Thoracostomie (Finger Thoracostomy)

La thoracostomie ouverte — ou thoracostomie au doigt — est une procédure de décompression pleurale immédiatement salvatrice chez le traumatisé sévère. Elle est relativement invasive, peu complexe sur le plan technique mais doit être bien réalisée pour être salvatrice. Bien que peu fréquemment réalisée, elle ne relève pas des procédures HALO : elle appartient aux gestes attendus des équipes préhospitalières médicalisées, notamment dans la prise en charge de l'arrêt cardiaque traumatique.

Indication et sélection du patient

Dans l'arrêt cardiaque traumatique pour lequel une réanimation est entreprise, la décompression thoracique bilatérale doit être réalisée systématiquement parmi les interventions destinées à traiter les causes réversibles. La faible sensibilité des signes cliniques dans cette situation et l'étroitesse de la fenêtre thérapeutique ne permettent pas d'attendre la confirmation diagnostique d'un pneumothorax compressif. La thoracostomie bilatérale constitue la technique privilégiée lorsqu'elle peut être immédiatement réalisée par une équipe entraînée. [27–29]

En dehors de l'arrêt, l'indication repose sur la suspicion d'un pneumothorax compressif responsable d'un état péri-arrêt, d'un choc obstructif ou d'une défaillance respiratoire ou hémodynamique sévère, notamment sous ventilation en pression positive. La thoracostomie est alors généralement unilatérale, guidée par le côté suspecté, et constitue une alternative à l'exsufflation. Elle n'est pas indiquée en préhospitalier devant un pneumothorax traumatique physiologiquement bien toléré. [28, 30]

La procédure ne traite que la composante pleurale obstructive. L'absence d'amélioration doit faire rechercher immédiatement une hypovolémie, une tamponnade ou une autre cause de défaillance.

Fenêtre thérapeutique

La fenêtre est de quelques minutes lorsque le pneumothorax compressif provoque un arrêt ou un état péri-arrêt. Dans ce contexte, la thoracostomie doit être réalisée en parallèle des autres composantes de la réanimation traumatique et ne doit pas être retardée par l'échographie ou par la recherche d'une certitude diagnostique inaccessible. Les recommandations récentes donnent la priorité au traitement des causes réversibles de l'arrêt traumatique. [27, 28] **?**

Chez le patient encore circulant, le moment optimal est celui où la probabilité et la gravité de l'obstruction deviennent supérieures au risque du geste. Attendre l'arrêt circulatoire fait perdre une partie du bénéfice potentiel ; intervenir devant une simple anomalie auscultatoire stable expose à une procédure inutile. Le transport ne doit pas différer une décompression nécessaire, mais une thoracostomie non indiquée ne doit pas retarder l'accès au traitement définitif.

Technique, efficacité et bénéfice attendu

La technique repose sur une incision cutanée au niveau du 4e ou du 5e espace intercostal, dans le triangle de sécurité — limité en avant par le bord latéral du grand pectoral, en arrière par le bord antérieur du grand dorsal, en bas par une ligne horizontale passant par le 5e espace intercostal et dont le sommet se situe sous le creux axillaire —, au-dessus du bord supérieur de la côte afin de limiter le risque de lésion du pédicule intercostal. Elle se poursuit par une dissection mousse jusqu'à la plèvre, son ouverture, puis l'exploration digitale confirmant l'entrée dans la cavité pleurale et libérant l'air ou le sang sous pression.

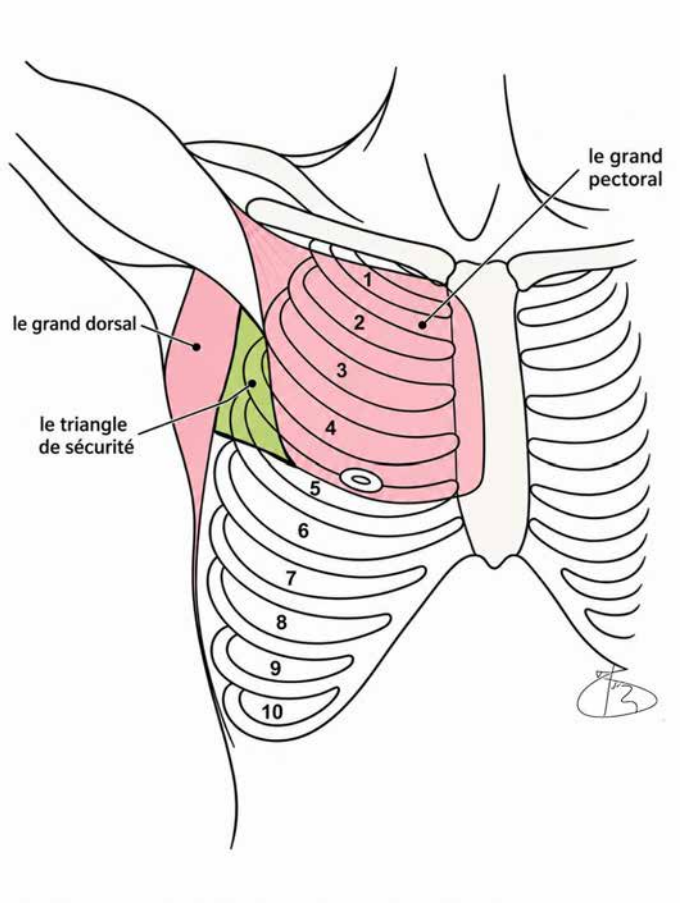

Figure 2 : *Repères anatomiques nécessaires à la réalisation de la* thoracostomie et triangle de sécurité

L'exploration digitale de la cavité pleurale « toucher pulmonaire » est un temps essentiel de la procédure : elle confirme le franchissement de la plèvre et évite de prendre pour la cavité pleurale un trajet créé dans un emphysème sous-cutané.

Chez un patient conservant une ventilation spontanée, une thoracostomie laissée béante crée une communication avec l'atmosphère et peut laisser entrer l'air dans la cavité pleurale à l'inspiration. L'orifice doit donc être couvert par un pansement thoracique occlusif ventilé ; lorsqu'un drain est inséré, celui-ci doit être raccordé à un dispositif muni d'une valve antiretour. [31]

L'échographie peut renforcer le diagnostic chez un patient conservant une activité circulatoire si elle est immédiatement disponible et ne retarde pas le geste ; elle ne doit pas devenir un préalable en cas d'arrêt traumatique (systématique/bilatérale).

Risques et coût temporel

Les complications possibles sont l'erreur de côté (en dehors de l'AC traumatique où la thoracostomie est bilatérale) ou de niveau, l'hémorragie pariétale, la lésion du paquet intercostal, du poumon, du diaphragme ou d'un organe sous-diaphragmatique, plus rarement d'une structure cardiaque ou vasculaire, ainsi que l'infection, l'emphysème sous-cutané et l'exposition du soignant au sang. Une procédure sans pathologie pleurale est également un dommage, même si aucune lésion immédiate n'est reconnue.

En cas d'arrêt traumatique, son coût temporel doit être réduit par une réalisation simultanée des deux côtés et par une chorégraphie prédéfinie. Chez le patient perfusé, l'installation, l'analgésie éventuelle (chez le patient conscient), l'asepsie adaptée et la sécurisation du trajet doivent rester proportionnées à l'urgence. Une préparation désorganisée peut retarder le départ ; à l'inverse, une décompression efficace peut rendre le transport possible.

Alternatives

La décompression à l'aiguille ou au cathéter reste une alternative lorsque la thoracostomie ne peut être réalisée immédiatement, notamment en l'absence d'opérateur entraîné, lorsque l'abord digital est impossible ou comme mesure transitoire. Elle est plus simple et moins invasive en apparence, mais son efficacité est moins prévisible : elle dépend du site de ponction, de l'épaisseur pariétale, de la longueur et du calibre du cathéter ainsi que du maintien secondaire de sa perméabilité. Une longueur insuffisante, une obstruction, une plicature ou un déplacement peuvent entraîner un échec initial ou une récidive de la compression. [30–33] ,

La thoracostomie offre à l'inverse un accès direct à la cavité pleurale, moins dépendant de l'épaisseur pariétale, et permet de confirmer digitalement son ouverture. Les données disponibles suggèrent une meilleure fiabilité technique de l'abord chirurgical par rapport à la décompression à l'aiguille, même si les comparaisons directes restent limitées et reposent notamment sur des modèles expérimentaux ou des séries observationnelles. [32–35] Elle n'est cependant pas définitive par elle-même : le trajet peut secondairement se refermer ou devenir insuffisant, notamment en cas de fuite aérienne persistante. L'efficacité de toute décompression doit donc être appréciée sur la réponse physiologique et régulièrement réévaluée ; l'échec ou la récidive après décompression à l'aiguille doit conduire à une thoracostomie lorsqu'elle est réalisable. [30, 32–35]

La pose immédiate d'un drain thoracique n'est pas nécessaire à la décompression initiale et ne doit pas être systématique. Elle peut être indiquée lorsqu'un maintien durable de la décompression est nécessaire, notamment en cas de transport prolongé, de fermeture répétée du trajet, de fuite aérienne importante ou d'hémothorax nécessitant un drainage. [30, 31, 33]

Matériel

Un kit dédié doit réunir au minimum une protection individuelle adaptée, un antiseptique, des compresses, un bistouri robuste et une pince permettant une dissection mousse. Selon le protocole, il peut également comprendre un drain, une valve antiretour et un système de recueil. Pour une stratégie bilatérale, deux ensembles complets doivent être immédiatement disponibles afin d'éviter le partage d'un instrument souillé et une réalisation séquentielle prolongée.

Le matériel doit être conditionné dans l'ordre d'utilisation, identifiable au toucher et utilisable avec des gants, de nuit et dans un espace contraint.

La décompression à l'aiguille doit également rester accessible. Les cathéters dédiés doivent être de gros calibre et d'une longueur suffisante pour franchir la paroi thoracique ; une longueur d'au moins 70 mm constitue un choix pragmatique pour limiter le risque d'échec lié à la profondeur, sans supprimer le risque de lésion des structures sous-jacentes. [31]

Organisation de l'équipe

Dans une équipe de trois, le médecin confirme l'indication et réalise le geste. L'IDE assure généralement l'abord veineux ou intra-osseux ainsi que la préparation des médicaments et des produits sanguins labiles s'ils sont disponibles. L'ambulancier diplômé d'État peut assurer une antisepsie rapide, préparer le matériel, installer le monitorage et anticiper l'évacuation. Des secouristes peuvent être chargés de la découpe des vêtements, du positionnement des bras en croix, de l'oxygénation ou de la surveillance, sous consignes explicites.

Les compressions thoraciques ne doivent ni retarder ni compliquer la réalisation des gestes traitant les causes réversibles de l'arrêt traumatique. Elles peuvent être brièvement interrompues pendant la thoracostomie afin de sécuriser l'opérateur et les autres intervenants, leur bénéfice étant incertain en l'absence de correction préalable de l'hypovolémie et des causes obstructives. [28]

La thoracostomie constitue l'une des procédures de la séquence standardisée de prise en charge de l'arrêt cardiaque traumatique et gagne à être intégrée à une aide cognitive de type HOTT (Hypovolémie, Oxygénation, Tension pneumothorax, Tamponnade)

Formation initiale

La formation initiale doit associer anatomie de surface, sélection du patient, reconnaissance des situations où la décompression prime, technique sur simulateur puis modèle anatomique,

complications et conduite en cas d'échec. La compétence ne peut être validée par la seule mémorisation de l'indication ou par une démonstration unique. [1]

Une approche par maîtrise, avec critères observables et répétition jusqu'à réussite, améliore les performances procédurales. La simulation doit inclure la réalisation bilatérale sous contrainte, la ventilation en cours, l'obésité, un repérage difficile, un trajet qui se referme et l'absence de réponse imposant la recherche d'une autre cause. [36, 37]

Maintien des compétences

La rareté relative du geste impose un maintien programmé, à faible dose et haute fréquence. Des drills courts doivent répéter la séquence, le repérage, la gestuelle instrumentale et la coordination à trois. Des simulations plus complètes doivent pouvoir évaluer la décision, le délai de décompression et la continuité de la réanimation.

Il n'existe pas de fréquence universelle validée. Chaque structure doit néanmoins définir une périodicité, des critères de réussite et une conduite en cas de non-validation. L'exposition clinique seule est insuffisante et trop hétérogène pour entretenir la compétence de l'ensemble des équipes.

Filière d'aval

La thoracostomie est un traitement de sauvetage ou de contrôle temporaire. La destination reste guidée par les lésions et la nécessité d'un traitement définitif : trauma center, chirurgie thoracique ou viscérale, radiologie interventionnelle et réanimation. L'équipe receveuse doit être prévenue du côté, du site, de la technique, des constatations digitales, de la quantité d'air ou de sang libérée, de la réponse physiologique et de la présence éventuelle d'un drain.

Pendant le transport, le trajet doit rester visible et accessible. Toute récidive de dégradation impose de vérifier sa perméabilité, la ventilation, le côté opposé et les autres causes de choc. Une thoracostomie réussie ne doit pas faire oublier l'hémorragie, la tamponnade ou l'hypoxie d'une autre origine.

Gouvernance

La procédure institutionnelle doit préciser les indications en cas d'arrêt cardiaque traumatique et en dehors de l'AC traumatique, la stratégie uni- ou bilatérale, le site, le matériel, les professionnels habilités, le recours au drain, la protection des soignants et la filière d'aval. Elle doit être cohérente avec les protocoles de prise en charge de l'arrêt traumatique du SMUR et du déchocage.

Chaque cas doit faire l'objet d'une traçabilité et d'un retour d'expérience : indication, délai, côté, constatations, succès technique, réponse physiologique, complications, besoin de reprise ou de drainage et devenir lorsque le suivi hospitalier est accessible.

Niveau d'intégration proposé

La thoracostomie ouverte doit relever du **socle universel exigible** des médecins de SMUR pour l'arrêt cardiaque traumatique et le pneumothorax compressif péri-arrêt, avec capacité de réalisation immédiate et bilatérale. Cette intégration est justifiée par l'extrême brièveté de la fenêtre thérapeutique, l'impossibilité d'attendre un renfort expert et la standardisation possible de la séquence.

4.2. Pratiques avancées émergentes

4.2.1. Accès veineux central du traumatisé sévère, « Trauma line »

La « *trauma line* » désigne ici un cathéter veineux central court et de gros calibre destiné à permettre une transfusion rapide chez un traumatisé en choc hémorragique profond. La maîtrise de l'abord veineux central appartient aux compétences attendues du médecin urgentiste [1]; sa réalisation préhospitalière ne constitue toutefois ni une pratique standard ni une recommandation consensuelle. Elle se développe dans quelques systèmes médicalisés matures, chez des patients très sélectionnés et au sein d'équipes hautement entraînées. Il s'agit d'un outil potentiel chez l'exsanguiné, pour lequel une réanimation transfusionnelle trop lente risque de rester inefficace. Son intérêt doit toutefois être mis en balance avec sa consommation de temps et de ressources médicales, en l'absence actuelle de preuve solide d'un bénéfice pronostique.

Indication et sélection du patient

La « *trauma line* » peut se discuter lorsque trois éléments sont réunis : une hémorragie traumatique exsanguinante avec choc profond ou arrêt circulatoire traumatique, un besoin immédiat de transfusion rapide, et l'absence d'un accès vasculaire suffisamment performant. Elle n'est pas indiquée du seul fait de la gravité, ni lorsqu'une voie périphérique courte et large permet déjà la réanimation attendue mais elle peut permettre d'accélérer le remplissage et l'administration des produits sanguins. [38]

Le problème clinique est pragmatique. À mesure que l'hypovolémie s'aggrave, les veines périphériques deviennent moins visibles et moins faciles à cathétériser ; les tentatives répétées consomment du temps sans garantir un accès utilisable. Les données traumatiques disponibles confirment surtout une moindre réussite des VVP que de l'IO, mais elles ne quantifient pas précisément, chez l'exsanguiné, la part directement attribuable au collapsus veineux. La difficulté est donc réelle et cohérente avec la physiologie, sans disposer d'un seuil clinique validé imposant le passage à la voie centrale. [39]

Fenêtre thérapeutique

La décision doit intervenir avant qu'une succession d'échecs périphériques n'ait épuisé la fenêtre utile, sans transformer la voie centrale en préalable à toute transfusion. Une VVP efficace doit être utilisée immédiatement ; une IO rapidement obtenue peut permettre de débuter la réanimation pendant que l'équipe réévalue le besoin d'un accès à plus haut débit. La « *trauma line* » n'a de sens que si son bénéfice transfusionnel attendu dépasse son coût en temps et si sa pose ne retarde pas le contrôle de l'hémorragie.

L'arrêt circulatoire traumatique par exsanguination constitue une situation limite. Dans la cohorte de Perkins et al., aucun patient n'a survécu au-delà de cinq minutes d'arrêt. Cette donnée souligne l'extrême brièveté de la fenêtre, sans démontrer l'efficacité de la « *trauma line* ». Dans la série de Pallavicini et al., le succès de la pose était associé à davantage de retours à une circulation spontanée (33 % contre 10 %), sans lien causal démontré. La « *trauma line* » peut donc représenter un moyen potentiel de transfusion de sauvetage dans un système expert disposant immédiatement de nombreux produits sanguins ; son bénéfice dans l'AC traumatique par exsanguination reste à démontrer. [38, 40]

Technique, efficacité et bénéfice attendu

La principale donnée préhospitalière est l'étude observationnelle rétrospective récente de Pallavicini et al. : parmi 8 104 patients pris en charge par les équipes du London's Air Ambulance, 346 ont fait l'objet d'une tentative de pose d'un cathéter central de 14 Fr, réussie dans 276 cas (80 %). Après succès, les patients recevaient une médiane de 4 unités de produits sanguins contre 2 après échec. La survie jusqu'aux urgences était de 54 % contre 36 %, mais la survie à la sortie de l'hôpital ne différait pas significativement. L'étude démontre donc une faisabilité et un gain fonctionnel transfusionnel ; elle ne démontre pas un bénéfice causal sur la survie. [38]

La « *trauma line* » étudiée était un introducteur central de 14 Fr comportant une lumière distale de 9 Fr ; 90 % des accès réussis étaient sous-claviers. Ce résultat ne permet pas de conclure qu'un abord, un calibre ou une technique doivent être reproduits à l'identique dans tous les SMUR. Tous les gestes étaient réalisés par des médecins seniors expérimentés, sans usage systématique de l'échographie, dans un système disposant de nombreux produits sanguins, d'une doctrine d'emploi et d'une gouvernance structurée. [38]

Risques et coût temporel

Les complications potentiellement dommageables rapportées chez les patients transportés concernaient environ 4 % des cas : malpositions, lésions vasculaires, pneumothorax iatrogènes et une culture positive de l'extrémité du cathéter. Le chiffre sous-estime possiblement les événements chez les patients décédés sur place. L'étude ne permet pas non plus de mesurer précisément l'allongement du temps préhospitalier attribuable au geste. [38]

Ce coût temporel est central : améliorer le débit n'a d'intérêt que si la transfusion peut réellement être délivrée et si le geste ne retarde pas l'hémostase chirurgicale ou radiologique. Les critiques publiées après Pallavicini soulignent précisément l'absence de comparaison des temps avec des patients similaires sans tentative de voie centrale. [41]

Alternatives

Une (voire plusieurs) voie veineuse périphérique (VVP) courte et de gros calibre reste l'accès de première intention lorsqu'elle est obtenue rapidement. Une VVP efficace peut fournir un excellent débit ; l'étiquette « centrale » ne garantit pas à elle seule la performance, qui dépend surtout du diamètre interne, de la longueur, des connexions, de la viscosité du produit et de la pression appliquée.

La voie intra-osseuse (IO) est une solution de sauvetage rapide, avec un taux de succès initial supérieur à celui de la VVP chez des traumatisés *in extremis* pris en charge au déchocage (environ 93 % contre 67 %). Elle permet l'administration de médicaments et de produits sanguins, mais son débit est très variable ; une perfusion sous pression est généralement nécessaire pour obtenir un débit compatible avec une réanimation rapide. Dans un modèle cadavérique adulte utilisant du sérum salé sous 300 mmHg, les débits moyens étaient de 30,7 mL/min au tibia proximal, 57,1 mL/min à l'humérus et 93,7 mL/min au sternum. Des dispositifs ou techniques de perfusion active peuvent obtenir davantage, mais ces performances expérimentales ne doivent pas être confondues avec un débit clinique constant. [39, 42, 43] L'abord huméral qui permet un débit plus important que l'abord tibial et a également l'avantage

d'une situation sus-diaphragmatique pose pour autant la question du risque de son déplacement secondaire lors de la mobilisation des bras. [44]

L'IO ne doit cependnt pas être disqualifiée : elle peut sauver un patient en permettant de commencer immédiatement la réanimation. Mais un accès tibial délivrant quelques dizaines de millilitres par minute peut devenir limitant face à une transfusion massive. Elle doit être pensée comme un pont potentiellement suffisant pour certains patients, et comme une étape vers un accès plus performant lorsque le besoin transfusionnel excède son débit réel.

Matériel

La littérature actuelle ne permet pas d'imposer un kit universel. Le système doit néanmoins être cohérent de bout en bout : cathéter court et de gros calibre, connexions et tubulures non restrictives, produits sanguins disponibles, réchauffement et dispositif de perfusion sous pression compatibles. Le débit final est celui du composant le plus étroit ; poser une voie de 14 Fr raccordée à une tubulure restrictive ne produit qu'une illusion de haut débit.

Organisation de l'équipe

La pose ne doit pas interrompre le contrôle hémorragique, la transfusion par les accès déjà fonctionnels ni la préparation du transport. L'indication, l'objectif attendu, l'opérateur, le nombre maximal de tentatives et le critère d'abandon doivent être annoncés. Dans l'état actuel des données, il serait excessif de prescrire une chorégraphie universelle ; l'exigence minimale est que le geste s'intègre à la réanimation plutôt qu'il ne la monopolise.

Formation initiale

La compétence hospitalière de pose d'une voie centrale constitue un prérequis crédible et validé, mais ne garantit pas à elle seule la performance en préhospitalier chez un patient exsangue, mal positionné et pris en charge dans un environnement contraint. Les données de Pallavicini ne permettent pas de fixer un nombre minimal de procédures. Elles indiquent seulement que les résultats publiés ont été obtenus par des opérateurs seniors disposant d'une expertise institutionnelle importante. A noter toutefois que l'utilisation du repérage échographique n'étais pas systématique. [38]

Maintien des compétences

Aucun seuil validé de réentraînement préhospitalier n'est disponible. Le maintien peut raisonnablement s'appuyer sur la pratique hospitalière des accès centraux de gros calibre, complétée par des simulations reproduisant l'hypovolémie extrême, la faible visualisation

vasculaire, les contraintes de positionnement et la poursuite simultanée de la réanimation. Ce principe doit être présenté comme une proposition pragmatique, non comme une recommandation démontrée.

Filière d'aval

La « *trauma line* » n'est utile que dans un système capable d'en exploiter le débit : disponibilité préhospitalière de produits sanguins, stratégie de réanimation hémostatique, préalerte et accès rapide à l'hémostase définitive. Elle ne corrige pas l'hémorragie ; elle ne fait que rendre possible une réanimation transfusionnelle plus ambitieuse pendant l'acheminement vers la filière de soin adaptée en vue du contrôle du saignement. [45]

Gouvernance

À défaut de recommandation consensuelle, toute introduction locale devrait rester évaluative : définition des patients concernés, matériel réellement disponible, opérateurs habilités, traçabilité des tentatives, succès, volumes transfusés, complications et impact sur les temps préhospitaliers. Les résultats doivent être interprétés sans confondre succès technique, survie jusqu'à l'hôpital et survie hospitalière.

Niveau d'intégration proposé

La *trauma line* relève des compétences hospitalières de l'urgentiste, mais sa place préhospitalière demeure émergente et non consensuelle. Elle peut être envisagée comme une pratique ciblée et évaluée dans des systèmes experts disposant de sang, chez l'exsangue sans VVP suffisante et dont l'IO limite le débit. L'ambition est légitime, à condition de ne pas retarder l'hémostase. [38, 46]

4.2.2. Cathétérisme artériel préhospitalier pour monitorage invasif du traumatisé sévère

Le cathétérisme artériel permet une mesure continue, battement par battement, de la pression artérielle et facilite les prélèvements répétés. Sa maîtrise appartient aux compétences attendues du médecin urgentiste dans l'environnement hospitalier. Sa réalisation préhospitalière ne constitue toutefois ni un standard de soins ni une recommandation consensuelle. Les données disponibles documentent surtout sa faisabilité et son apport au monitorage ; aucune n'établit à ce jour une réduction de la morbidité ou de la mortalité. [47, 48]

L'enjeu n'est donc pas de transposer au bord de la route une procédure réalisée tranquillement chez un patient stabilisé. Il est de déterminer si un monitorage plus fiable peut modifier

immédiatement la réanimation d'un traumatisé instable, sans mobiliser disproportionnellement le temps et les ressources nécessaires au contrôle hémorragique et au transport.

Indication et sélection du patient

Le cathétérisme artériel peut se discuter lorsque la mesure non invasive est absente, intermittente, incohérente ou insuffisamment réactive et fiable, et qu'une valeur continue est susceptible de modifier immédiatement le traitement. Les situations plausibles sont l'état de choc profond nécessitant une titration étroite des vasopresseurs avec des objectifs précis de pression artérielle, l'instabilité péri-intubation et le traumatisme crânien sévère exposé à une hypotension méconnue.

La gravité seule ne constitue pas une indication même si des données observationnelles montrent les limites et la mauvaise qualité potentielle de la mesure de pression artérielle non invasive en préhospitalier. Si le résultat ne change ni la stratégie de réanimation ni la surveillance pendant le transport, le cathéter ajoute un geste sans bénéfice opérationnel. À l'inverse, une pression oscillométrique apparemment rassurante ne doit pas faire écarter l'intérêt d'une mesure invasive lorsque la clinique et la physiologie sont discordantes : les études appariées montrent un accord limité entre les deux méthodes, particulièrement aux valeurs extrêmes. [49, 50]

Fenêtre thérapeutique

La fenêtre utile se situe lorsque l'information hémodynamique peut encore guider une intervention et que le geste peut être intégré sans retarder une action plus importante. Chez l'exsanguiné, le cathéter artériel ne doit jamais précéder le contrôle d'une hémorragie accessible, l'obtention d'un accès transfusionnel ou le départ vers l'hémostase définitive.

La pose peut être intégrée à un temps contraint déjà imposé — désincarcération, préparation d'une induction-sédation ou acheminement prolongé — lorsque les conditions de sécurité le permettent. Dans une série rétrospective britannique, sur le monitorage invasif de la pression artériel en préhospitalier, le monitorage était instauré « en route vers l'hôpital » dans 39,2 % des cas et dans 46,9 % du sous-groupe traumatique. La publication ne précise pas si la ponction elle-même était réalisée dans un véhicule en mouvement ou à l'arrêt. Cette organisation montre une faisabilité ; elle ne constitue ni une preuve de supériorité ni un modèle directement transposable à tous les SMUR. [47]

Technique, efficacité et bénéfice attendu

La procédure doit être pensée comme un geste de sauvetage bref : matériel immédiatement disponible, site choisi en fonction de la physiologie, opérateur le plus compétent et règle d'abandon annoncée. La palpation seule peut devenir aléatoire dans le choc profond. L'échographie peut faciliter l'identification de l'artère et le contrôle de l'aiguille, mais son installation ne doit pas transformer une tentative courte en procédure prolongée.

Butterfield et al. rapportent 1 083 monitorages artériels préhospitaliers réussis parmi 13 556 patients pris en charge par un HEMS britannique ; 322 étaient traumatisés. L'artère radiale était utilisée dans 80 % des cas et le délai médian entre l'arrivée de l'équipe et le début du monitorage était de 27 minutes. L'étude ne recueillait ni l'ensemble des tentatives ni leur durée et ne permet donc pas de calculer le taux de succès ou le coût propre de la procédure. Elle démontre une faisabilité à grande échelle dans un système expérimenté, pas un bénéfice clinique. [47]

Une revue de portée de 2025, fondée sur 24 études presque exclusivement observationnelles, retrouve un taux de succès pondéré de 82 %, de rares complications majeures et, dans les deux études ayant évalué ce critère, une action thérapeutique attribuée au monitorage invasif chez 51 % et 54 % des patients. Ces résultats soutiennent un bénéfice fonctionnel plausible — détecter une hypotension, suivre une tendance et titrer un traitement — mais ne démontrent pas une réduction de la morbi-mortalité. [48]

Une étude interventionnelle prospective mais non randomisée publiée en 2025 a inclus 392 patients critiques de causes diverses, dont 77 monitorés de manière invasive. L'indice de choc à l'arrivée était plus faible dans le groupe invasif (0,77 ± 0,40 contre 0,93 ± 0,50) et l'association persistait après ajustement. Cette étude apporte un premier signal physiologique, mais l'attribution au groupe dépendait de la décision du médecin, la population n'était pas spécifiquement traumatique et aucun effet sur la morbidité ou la mortalité n'a été évalué. [51]

Risques et coût temporel

Le coût temporel est mieux documenté que le bénéfice pronostique. Dans l'étude de Wildner et al., le temps médian de ponction réussie était de 2 minutes (IQR 1–3) et celui de préparation du système de 3 minutes (IQR 2–4). Dans l'étude prospective allemande plus récente, une tentative était associée à un allongement ajusté du temps sur place de 7,4 minutes. Les auteurs précisent que ce dernier chiffre repose sur le temps total sur place et peut être affecté par des facteurs de confusion non mesurés ; il ne correspond donc pas au chronométrage isolé du geste. [48, 52, 53]

Les risques comprennent l'échec, l'hématome, l'hémorragie, la dissection, la thrombose, l'ischémie distale, l'infection, la mauvaise fixation et l'interprétation erronée d'une courbe mal nivelée, mal purgée ou amortie. Dans une cohorte de 322 patients transportés vers un même centre, dont 198 traumatisés, sept complications étaient rapportées (2,2 %) : six mineures et une occlusion brachiale nécessitant thrombectomie et fasciotomie (0,3 %). Le recueil rétrospectif, limité à un HEMS et reposant sur les dossiers cliniques, ne permet pas d'exclure une sous-déclaration. [54]

La règle pratique est donc exigeante : si le cathéter ne peut pas être posé rapidement, en parallèle du reste de la prise en charge et avec une conséquence thérapeutique immédiate, il doit être abandonné. Un monitorage parfait obtenu après avoir manqué la fenêtre d'hémostase reste une performance assez théorique.

Alternatives

La pression non invasive répétée reste l'alternative de première intention. Elle doit être interprétée avec la clinique, la fréquence cardiaque, l'$EtCO_2$, la perfusion périphérique, l'échographie ciblée et la réponse aux traitements. Augmenter la fréquence des cycles et vérifier la taille et la position du brassard peuvent améliorer son utilité, sans corriger ses limites aux extrêmes physiologiques ou pendant les mouvements.

Le Doppler peut confirmer une perfusion et aider à suivre une pression systolique approximative lorsque l'oscillométrie échoue, mais il ne fournit pas une pression continue.

Le désilet artériel fémoral de gros calibre n'est pas une alternative ordinaire au cathéter de monitorage. Il sera analysé avec le REBOA, où sa pose isolée peut constituer une stratégie graduée : sécuriser précocement l'accès fémoral chez un patient sélectionné sans imposer immédiatement la montée puis l'inflation du ballon. Son bénéfice et ses risques dépendent alors de la stratégie endovasculaire complète.

Matériel

La littérature ne permet pas d'imposer un kit universel. Le dispositif doit être court, immédiatement accessible et compatible avec le moniteur utilisé : cathéter artériel périphérique, système purgé, transducteur, poche pressurisée, fixation robuste.

Le choix entre ponction directe et technique de Seldinger dépend du site, de la faible pulsatilité, du matériel et de l'expertise réelle de l'équipe. Dans l'étude allemande, les deux techniques étaient autorisées avec une limite de deux tentatives ou cinq minutes. Cette règle constitue un exemple pragmatique de procédure de sauvetage, pas un seuil universel validé. [52]

Organisation de l'équipe

Le geste ne doit pas absorber l'équipe. Un opérateur réalise la ponction ; un second intervenant prépare et raccorde le transducteur tout en maintenant la surveillance ; le contrôle hémorragique, la transfusion, la ventilation et la préparation du transport se poursuivent. Si ces fonctions ne peuvent être maintenues, la ligne artérielle devient secondaire.

Avant la tentative, l'équipe annonce l'objectif clinique, le site, la conséquence attendue, la durée ou le nombre maximal de tentatives et le critère d'abandon. Après raccordement, le zéro, le nivellement et la morphologie de la courbe doivent être vérifiés ; un chiffre invasif n'est pas fiable par simple vertu de son caractère invasif.

Formation initiale

La maîtrise hospitalière du cathétérisme artériel constitue un socle logique, mais elle ne garantit pas la performance préhospitalière chez un patient choqué, peu accessible et en mouvement. La formation doit intégrer la sélection du patient, le choix rapide du site et de la technique, l'échographie de sauvetage, la préparation du transducteur et la reconnaissance d'une mesure artéfactuelle.

Pour la voie fémorale, la compétence ne peut être déduite de la seule maîtrise d'une ligne radiale. Burns et al. soulignent que la cannulation de l'artère fémorale commune et la mise en place d'un désilet restent insuffisamment intégrées à la formation des urgentistes, alors qu'elles permettent un monitorage central et ouvrent l'accès aux techniques de réanimation endovasculaire. Les auteurs plaident pour un apprentissage spécifique et une pratique délibérée ; cette revue de pratique ne définit toutefois ni seuil de compétence validé ni bénéfice clinique de la stratégie. [55]

Les publications ne permettent pas de fixer un nombre minimal de poses. Les premières études de faisabilité ont été conduites dans des systèmes médicalisés et rapportaient des taux de succès de 86 % chez 94 patients et de 83,9 % chez 137 patients, dans des populations critiques hétérogènes et non spécifiquement traumatiques. L'étude allemande de 2025 rapporte 88 % de réussite après une implémentation structurée dans des équipes moins exposées, avec un délai mesurable et sans évaluation pronostique. [52, 53, 56]

Maintien des compétences

Le maintien peut s'appuyer sur l'activité hospitalière, à condition d'y associer des entraînements reproduisant les contraintes réelles : absence de pouls radial palpable, lumière médiocre, accès limité, transport, préparation simultanée du système et règle d'arrêt. L'objectif

n’est pas seulement de réussir une ponction, mais d’obtenir rapidement une courbe interprétable sans désorganiser la réanimation.

Aucune périodicité ni aucun volume d’activité préhospitalier ne sont validés. La rareté de la procédure et l’effet probable de l’habitude justifient néanmoins des drills courts avec le matériel réellement embarqué, présentés comme une proposition pragmatique plutôt que comme une recommandation fondée sur un seuil démontré.

Filière d’aval

Le cathéter doit rester visible, solidement fixé et accessible pendant chaque mobilisation. La transmission précise le site, la technique, le nombre de tentatives, l’heure de pose, la qualité de la courbe, les traitements guidés par celle-ci et toute anomalie distale. L’équipe receveuse doit réévaluer la fiabilité et l’indication de conserver un cathéter posé dans des conditions préhospitalières.

Le bénéfice potentiel est plus crédible lorsque le monitorage se poursuit sans rupture pendant le transport, l’accueil au déchocage et les premières étapes du contrôle hémorragique. À l’inverse, une ligne posée tardivement puis retirée à l’arrivée parce qu’elle n’est ni fiable ni utile ne justifie guère son coût initial.

Gouvernance

En l’absence de consensus, une introduction locale doit rester ciblée et évaluée. La procédure doit préciser les situations envisagées, le matériel, les sites et techniques possibles, la règle d’abandon, les modalités de fixation, le contrôle de la perfusion distale et la place de la pose pendant le transport. L’abord fémoral commun doit notamment être intégré à une formation, à des processus et à une gouvernance explicites. [55]

Les indicateurs pertinents sont le nombre de patients éligibles, les tentatives, le succès à la première ponction, le délai jusqu’à une courbe exploitable, le temps sur place, les changements thérapeutiques attribuables au monitorage, les complications et le devenir du cathéter à l’hôpital. Le taux de pose ne doit pas devenir un indicateur de performance : la bonne décision est parfois de ne pas poser.

Niveau d’intégration proposé

Le cathétérisme artériel relève d’une compétence technique attendue de l’urgentiste à l’hôpital. Sa place préhospitalière reste émergente, non consensuelle et soutenue par des données principalement observationnelles. Il peut être envisagé chez des patients très instables lorsque

la mesure continue a une conséquence thérapeutique immédiate et que le geste peut être réalisé sans compromettre les priorités traumatiques.

Il ne doit être ni érigé en standard universel ni écarté par principe. Une diffusion pragmatique peut être portée par des équipes entraînées, avec une technique repensée pour le sauvetage, une règle d'abandon courte et une évaluation réelle du temps consommé. L'ambition pertinente n'est pas de reproduire la réanimation hospitalière en préhospitalier ; elle est d'obtenir, au bon moment, l'information qui manque pour réanimer mieux.

4.3. Procédures HALO (très critiques et très rares)

Les procédures HALO analysées dans cette section sont exceptionnelles, mais peuvent représenter, chez un patient sélectionné, la seule intervention compatible avec sa fenêtre de survie. La question n'est donc pas seulement de savoir réaliser le geste : elle est de pouvoir l'indiquer et l'exécuter à temps, sans aggraver le patient ni retarder inutilement le traitement définitif. Chaque procédure est examinée selon la même matrice clinique, technique et organisationnelle.

4.3.1. Cricothyroïdotomie – (emergency Front Of Neck Access - eFONA)

La cricothyroïdotomie est l'abord antérieur du cou d'urgence destiné à restaurer l'oxygénation lorsque les voies aériennes supérieures ne peuvent plus être utilisées, ou leur abord est en échec. Elle constitue une procédure HALO par sa rareté, sa brièveté décisionnelle et les conséquences d'un échec. Son indication n'est pourtant pas exceptionnelle par nature : toute équipe qui induit une anesthésie préhospitalière doit être capable de reconnaître la situation et d'agir sans attendre un renfort.

Elle apparait officiellement dans la séquence de l'intubation difficile des dernières RFE SFMU/SFAR sur l'IOT en urgence. [21]

Indication et sélection du patient

Chez l'adulte, l'indication de sauvetage est la situation « *can't intubate, can't oxygenate* » (CICO) : l'intubation a échoué et l'oxygénation ne peut être maintenue par une ventilation à travers un dispositif supraglottique ou au masque. Le déclencheur n'est donc ni une laryngoscopie difficile ni l'échec isolé d'une intubation, mais l'impossibilité persistante d'oxygéner. Une oxygénation

efficace par une technique de secours autorise au contraire la réévaluation, l'appel d'aide et le transport selon la situation. [57, 58]

Une cricothyroïdotomie primaire peut aussi être nécessaire lorsqu'une obstruction haute, une destruction maxillo-faciale ou un saignement massif rend manifestement illusoire l'accès par les voies aériennes supérieures. La série londonienne de vingt ans distinguait ainsi 17 procédures primaires et 55 procédures de sauvetage parmi 72 cricothyroïdotomies. Cette observation décrit un système préhospitalier spécialisé ; elle ne fournit pas à elle seule des critères universels de sélection. [59]

L'arrêt circulatoire ne doit pas être attendu pour déclarer l'échec de l'oxygénation. Une cricothyroïdotomie entreprise après une hypoxie prolongée peut réussir techniquement sans modifier le pronostic neurologique.

Chez l'enfant, l'anatomie, le matériel et les stratégies diffèrent : le présent chapitre concerne la procédure chirurgicale adulte.

Fenêtre thérapeutique

Une fois la situation CICO reconnue, la fenêtre se compte en minutes. Les tentatives d'intubation supplémentaires n'ont de sens que si elles offrent une probabilité élevée de restaurer immédiatement l'oxygénation ; leur répétition non planifiée prolonge l'hypoxie – exposant au risque de séquelles notamment neurologiques, favorise les traumatismes et retarde l'abord cervical. L'annonce explicite « Non intubable, Non oxygénable = PLAN D » doit donc déclencher sans délai la séquence de l'abord invasif cervical antérieur. [57]

La meilleure façon de gagner du temps est d'anticiper avant l'induction : stratégie d'échec annoncée, membrane cricothyroïdienne repérée lorsque l'abord paraît difficile, kit immédiatement accessible, rôles attribués. Cette préparation ne préjuge pas de l'échec de l'intubation ; elle évite de devoir construire le plan au moment où l'oxygénation disparaît. Une check liste d'intubation doit probablement incorporer cette annonce des différents plans jusqu'au plan D.

Technique, efficacité et bénéfice attendu

Les recommandations DAS 2025 retiennent chez l'adulte la séquence scalpel–bougie–tube ou Scalpel-Mandrin-Sonde (SMS) comme technique eFONA par défaut : exposition du cou, incision cutanée médiane verticale, accès à la membrane cricothyroïdienne, introduction d'une bougie puis d'une sonde trachéale à ballonnet de diamètre interne 6,0 mm. La ventilation doit être

immédiatement confirmée par capnographie avec courbe. Une aspiration fonctionnelle doit rester disponible. [57]

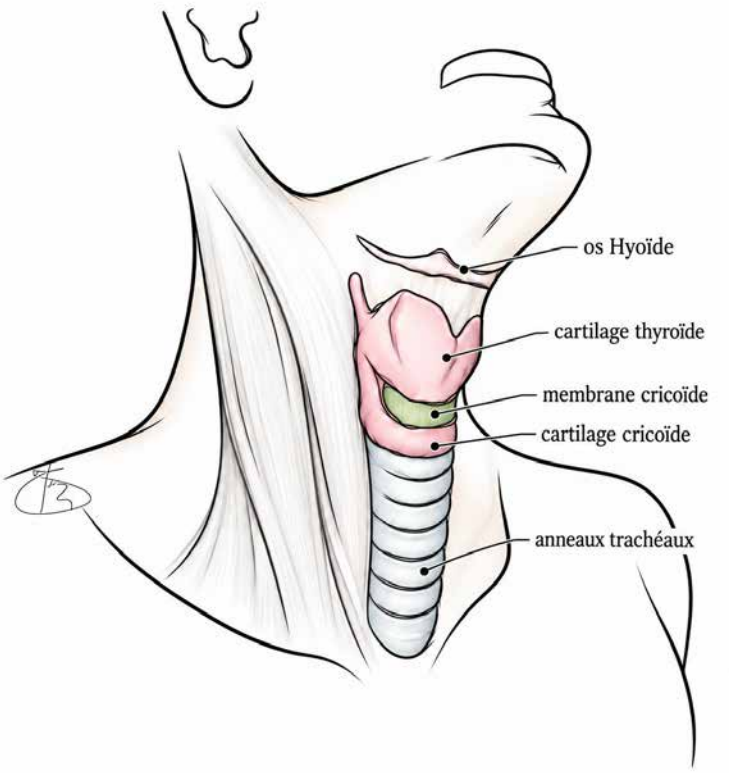

Figure 2 : *Repères anatomiques nécessaires à la réalisation de la cricothyroïdotomie*

Ces mêmes recommandations distinguent deux modalités d'accès cutané. Si la membrane a été repérée auparavant comme palpable ou marquée à l'échographie, une incision transversale directe peut être utilisée. Si elle est impalpable ou si son repérage n'a pas été évalué, l'incision cutanée médiane verticale est la voie par défaut. Le choix doit être défini dans le protocole local et enseigné avec le même matériel. [57] Lorsque l'incision verticale est nécessaire, elle doit être suffisamment longue pour permettre une dissection au doigt et l'identification de la membrane dans la plaie. Cette standardisation recommandée ne doit pas être présentée comme la démonstration d'une supériorité absolue. La revue systématique de Langvad et al. retrouvait des études petites, hétérogènes et de qualité faible ou très faible ; aucune méthode ne pouvait être déclarée supérieure sur cette base. Le choix de la technique chirurgicale repose donc sur la convergence des recommandations, sa simplicité matérielle et la possibilité de l'enseigner uniformément, davantage que sur un essai comparatif clinique décisif. [60]

Les résultats préhospitaliers montrent une faisabilité réelle mais dépendante du contexte. Dans la série londonienne, la procédure était rapportée comme réussie dans 97 % des 72 cas. Dans la cohorte nationale danoise 2016–2023, 71 cas validés étaient recensés et le succès procédural global était de 87,3 %, avec des résultats différents selon la présence ou non d'un arrêt extrahospitalier. Ces études observationnelles ne permettent ni une comparaison entre techniques ni l'attribution d'un bénéfice causal sur la survie. [12, 59, 61]

La communication doit être fermée et minimale : déclaration CICO, passage au plan D, confirmation de chaque étape critique, L'hémorragie cutanée ne doit pas détourner l'équipe de l'objectif initial ; elle est contrôlée après obtention et confirmation de l'accès. Un assistant peut aider à exposer et stabiliser le larynx, présenter le matériel et contrôler la bougie puis la sonde, mais les autres composantes de la réanimation et la préparation du transport ne doivent pas être abandonnées.

Risques et coût temporel

Les principaux risques immédiats sont l'échec d'accès, la fausse route, la lésion de la paroi postérieure, la mauvaise position ou l'intubation sélective, l'hémorragie, l'emphysème sous-cutané, le pneumothorax et le déplacement secondaire. Les complications tardives comprennent notamment infection, dysphonie et sténose sous-glottique. Dans l'urgence, le danger dominant reste toutefois l'arrêt cardiaque hypoxique par décision trop tardive ou une séquence non maîtrisée.

L'incision verticale médiane vise à réduire la dépendance à un repérage cutané souvent imprécis et à permettre la palpation intraplaie. Les travaux anatomiques de Fennessy et al. soutiennent la nécessité d'une incision suffisamment longue lorsque les repères sont difficiles, mais ils ne mesurent ni le succès clinique ni les complications préhospitalières. Ils ne doivent donc pas être transformés en preuve d'efficacité clinique. [62]

Alternatives

Avant la déclaration CICO, les alternatives sont celles des plans A/B/C prédéfinis lors d'une check liste partagée. Plan A intubation par laryngoscopie direct ou par vidéo-laryngoscopie, Plan B : dispositf supraglottique, plan C ventilation au masque optimisée à deux opérateurs et avec canules oro- ou nasopharyngées selon le contexte.Après déclaration CICO, le transport n'est en aucun cas une alternative : la fenêtre thérapeutique est trop courte.

Les techniques percutanées ou à canule peuvent exister dans certains protocoles, mais elles ne constituent pas la technique adulte par défaut des recommandations DAS 2025. Toute méthode

locale différente doit être justifiée par le matériel, la population, la formation et une gouvernance explicites. [57, 58]

Matériel

Un kit adulte dédié et scellé doit réunir le matériel de la technique retenue : bistouri à lame n° 10, bougie à extrémité béquillée, sonde trachéale à ballonnet de 6,0 mm, seringue, système de ventilation, fixation, compresses, protection individuelle, aspiration et capnographie. Le contenu doit être identique dans tous les véhicules et lieux d'exercice, disposé dans l'ordre d'utilisation et manipulable avec des gants. [57, 63]

Des kits percutanés avec guide existent, sans supériorité clinique démontrée sur la technique SMS. Quel que soit le kit retenu, sa disponibilité n'a de valeur que si l'équipe sait où le trouver, l'utiliser et s'y entraîne ; multiplier les dispositifs non enseignés ajoute une hésitation en situation CICO. [60, 63]

Après le geste et filière d'aval

La courbe de capnographie doit confirmer la ventilation. La sonde est fixée sans masquer la zone d'abord. Un éventuellement saignement doit être quantifié et sera pris en charge par les mesures adaptées. A chaque mobilisation, l'équipe contrôle l'apparition d'un saignement, la profondeur de la sonde, la symétrie ventilatoire, les pressions ventilatoires, l'absence d'un emphysème ou d'un pneumothorax. La sédation et l'analgésie sont adaptées à la situation clinique et à l'état hémodynamique. [57, 58]

L'établissement receveur est préalerté afin de mobiliser les compétences anesthésiques, ORL ou chirurgicales nécessaires. Une conversion immédiate en trachéotomie n'est pas systématique ; la suite dépend de la lésion, de la stabilité de l'abord et de l'évaluation spécialisée. Le compte rendu documente l'indication, les tentatives antérieures, la chronologie du CICO et de l'incision, la technique, la confirmation capnographique et les complications éventuelles. [58, 63]

Formation initiale et maintien des compétences

La formation initiale doit associer la décision et la technique : reconnaissance du CICO, limites des plans précédents, repérage de la membrane, incision adaptée, passage de la bougie et de la sonde, confirmation capnographique et gestion d'un échec. Les scénarios doivent également montrer quand il ne faut pas inciser, si une oxygénation de secours efficace a été obtenue. Le saignement, les repères impalpables, l'espace contraint et l'organisation réelle de l'équipe doivent être reproduits à l'entraînement. [57, 63]

Une étude française des Annales françaises de médecine d'urgence menée chez 27 urgentistes sur mannequin apporte un repère directement pertinent. Après dix gestes successifs, le taux d'échec était de 11 % en fin de formation ; à six mois sans entraînement rapporté, il atteignait 59 %, et la durée moyenne passait de 60 ± 16 à 99 ± 23 secondes. Ces résultats montrent une perte de performance simulée et justifient un entretien de la compétence ; ils ne mesurent ni la performance clinique ni l'effet de la formation sur la survie. [18]

L'exposition clinique ne peut entretenir une procédure aussi rare. L'essai multicentrique de Nielsen et collaborateurs, réalisé chez 82 novices, retrouvait également une baisse de performance aux contrôles de rétention ; aucun participant du groupe évalué à six mois ne validait le premier test. Les deux études portent sur des populations et des modèles différents : elles ne fixent pas une périodicité universelle pour les médecins de SMUR. Elles soutiennent des répétitions techniques régulières, des scénarios d'équipe et une réévaluation formalisée. [64]

Gouvernance

Chaque structure pratiquant l'intubation préhospitalière doit disposer d'un algorithme unique jusqu'au plan D, ou CICO, d'une technique adulte standardisée, d'un kit identique, d'une formation documentée et d'une vérification régulière du matériel. Les recommandations NAEMSP et la revue de Lacy et al. insistent également sur les check-lists, les kits préassemblés et une démarche robuste d'amélioration de la qualité après chaque procédure. [58, 63]

Tout cas réel, mais aussi toute déclaration CICO évitée de justesse ou tout échec de kit, doit être débriefé et analysé : chronologie, oxygénation, tentatives préalables, délai jusqu'à l'incision, succès, confirmation, complications, coordination et devenir. Le retour d'expérience doit être non punitif, inclure le soutien de l'équipe et conduire à une modification tangible lorsque le système a contribué au retard ou à l'échec.

Niveau d'intégration proposé

La cricothyroïdotomie chirurgicale est une procédure HALO, mais sa reconnaissance, sa préparation et sa réalisation adulte doivent relever du **socle universel progressivement exigible** de toute équipe médicalisée autorisée à pratiquer une induction préhospitalière. La déléguer à quelques opérateurs experts créerait une disponibilité aléatoire incompatible avec une fenêtre de quelques minutes.

Les référents voies aériennes gardent un rôle essentiel : définir la technique et le kit, organiser la formation, valider les compétences, analyser les cas et faire évoluer le protocole. Leur

expertise doit rendre l'équipe présente capable d'agir ; elle ne peut constituer une condition préalable à l'incision. La distinction utile n'est donc pas entre ceux qui auraient le droit de réaliser le geste et les autres, mais entre une capacité universelle entretenue et une gouvernance experte qui la rend fiable.

4.3.2. Thoracotomie de sauvetage préhospitalière

La thoracotomie de sauvetage en préhospitalier, appelée « *prehospital resuscitative thoracotomy* » (PHRT) par les anglosaxons, vise à traiter immédiatement une cause intrathoracique réversible responsable d'un arrêt circulatoire traumatique : l'objectif est principalement d'évacuer une tamponnade, de contrôler une plaie cardiaque et, dans certaines situations, de comprimer l'aorte ou une hémorragie accessible. Son caractère spectaculaire ne doit masquer ni l'étroitesse de ses indications ni sa logique : ce n'est pas une réanimation prolongée à thorax ouvert, mais une intervention brève dirigée contre un mécanisme précis lorsque le transport seul ne peut être compatible avec la survie.

Indication et sélection du patient

L'indication ne repose pas sur la seule étiquette d'arrêt circulatoire traumatique. Elle résulte de la convergence du mécanisme, de la topographie des lésions, de signes de vie récents, du rythme observé, de la durée sans circulation, d'une physiopathologie accessible au geste et de la capacité du système à poursuivre immédiatement le traitement. La meilleure cible demeure l'arrêt très récent, idéalement constaté par les équipes de secours, après traumatisme pénétrant précordial, lorsqu'une tamponnade ou une plaie cardiaque contrôlable est probable. [27, 28, 40, 65]

La « *cardiac box* » correspond classiquement à la région antérieure comprise entre les lignes médioclaviculaires ou mamelonnaires, les clavicules en haut et les rebords costaux en bas. Elle augmente la probabilité d'une lésion cardiaque, mais ne constitue ni une indication autonome ni une garantie de tamponnade : la topographie oriente le mécanisme, tandis que la physiologie et le temps déterminent l'action. [28, 40, 65]

Selon l'ERC, la thoracotomie de sauvetage peut être envisagée devant un arrêt circulatoire traumatique lorsque quatre conditions sont simultanément réunies : « Expertise, Equipment, Environment et Elapsed time » — les « quatre E ». L'expertise, le matériel et le délai seront développés dans les sections correspondantes. À ce stade, la notion d'environnement compatible signifie que la scène doit permettre la réalisation immédiate du geste dans des conditions acceptables de sécurité et d'efficacité : menace maîtrisée, espace de travail suffisant

et effectif permettant de poursuivre simultanément les autres composantes de la réanimation. Une scène non sécurisée, un espace inaccessible ou une situation de victimes multiples dans laquelle la thoracotomie désorganiserait la prise en charge collective peuvent ainsi conduire à ne pas réaliser le geste, même si les critères cliniques et temporels paraissent réunis. [27]

La physiopathologie doit être explicite. Dans la cohorte londonienne de 601 thoracotomies préhospitalières, la survie à la sortie atteignait 21 % en cas de tamponnade isolée contre 1,9 % en cas d'exsanguination isolée ; aucun survivant n'était observé lorsque tamponnade et exsanguination étaient associées. La thoracotomie trouve donc sa justification la plus robuste dans la décompression péricardique et le contrôle d'une plaie cardiaque. L'exsanguination constitue une indication beaucoup plus incertaine, à discuter seulement dans une fenêtre extrêmement courte et avec une réanimation hémostatique immédiatement disponible. [40]

Décision — Repères opérationnels

GO — traumatisme pénétrant	1. Plaie de la *cardiac box* ou de l'épigastre, 2. Arrêt circulatoire avec signes de vie présents ou très récents, ou arrêt depuis moins de 15 minutes Mécanisme compatible avec une tamponnade ou une lésion intrathoracique accessible 3. Logistique compatible : sécurité, équipe, matériel et filière d'aval.
GO exceptionnel — traumatisme fermé	4. Tamponnade confirmée à l'échographie, 5. Arrêt circulatoire avec signes de vie ou activité électrique organisée, ou arrêt depuis moins de 10 minutes 6. absence de lésion manifestement non viables et possibilité de contrôle définitif immédiat.
NO GO — futilité probable	7. Absence de cible intrathoracique réversible ; 8. traumatisme fermé sans tamponnade ; 9. arrêt prolongé au-delà des fenêtres proposées, surtout sans signe de vie ni rythme organisé ; exsanguination ancienne ou incontrôlable ; 10. lésion non viable ; comorbidité limitant fortement le pronostic ; 11. absence d'expertise, de matériel, de sécurité, d'effectif ou de filière d'aval.

Tableau 2 : *Lecture pratique du consensus autrichien adapté de la publication de* Dünser et al *; les seuils temporels structurent la décision sans constituer des frontières biologiques absolues.* [65]

Fenêtre thérapeutique

La fenêtre thérapeutique fait donc partie du « GO ». Un patient initialement éligible peut ne plus l'être après une préparation ou un transport trop long ; inversement, l'absence de confirmation échographique ne doit pas consommer les dernières minutes lorsqu'un traumatisme pénétrant central, des signes de vie récents et une équipe prête rendent la cible hautement probable. [27, 65]

Le chronomètre pertinent débute à la perte des signes de vie ou à l'arrêt circulatoire, et non à l'arrivée de l'équipe experte. Le seuil de 15 minutes proposé par l'ERC est un plafond opérationnel destiné à éviter une procédure devenue futile ; il ne signifie ni que tout patient traité avant 15 minutes peut bénéficier du geste, ni qu'une minute isolée suffit à décider. La probabilité de succès décroît continûment et doit rester interprétée avec le mécanisme, les signes de vie et l'activité cardiaque. [27, 28]

Dans la cohorte de Perkins et al., la survie en cas de tamponnade était de 52,2 % lorsque l'arrêt datait de moins d'une minute, 33,3 % entre une et cinq minutes, 25 % entre cinq et dix minutes, puis 2,4 % au-delà de dix minutes ; aucun patient ne survivait au-delà de quinze minutes. Pour l'exsanguination, aucun survivant n'était observé au-delà de cinq minutes. Les huit survivants de ce groupe avaient une activité électrique organisée, pouvant témoigner d'un état de très bas débit plutôt que d'une absence complète de circulation. [40]

Les cohortes hospitalières récentes vont dans le même sens : le franchissement des limites temporelles proposées est rarement associé à une survie neurologiquement favorable, et aucun devenir favorable n'était observé après traumatisme fermé dans la série de Yamaguchi et al. Elles confortent une sélection associant mécanisme, physiologie et temporalité sans valider un seuil universel. [66, 67] Dans le New South Wales, 34 thoracotomies ont été réalisées en douze ans ; cinq patients ont survécu plus de 24 heures et deux, soit 6 %, sont sortis neurologiquement intacts. Cette série montre qu'un système à faible volume peut produire des survivants inattendus, mais ne permet ni comparaison causale ni acquisition spontanée des compétences. [68]

Chez un patient encore circulant, le transport vers un bloc opératoire reste prioritaire. Après l'arrêt (perte du pouls central), il n'est pertinent que si l'arrivée auprès d'une équipe chirurgicale demeure réaliste dans la même fenêtre de quelques minutes. Dans les autres situations, transporter sans corriger le mécanisme consomme la fenêtre ; si aucun opérateur formé n'est disponible, le transport rapide reste néanmoins la seule option. [28, 40, 68]

Technique, efficacité et bénéfice attendu

La thoracotomie vient après les thoracostomies bilatérales, qui traitent d'abord une cause obstructive plus fréquente et constituent les premières ouvertures de la future incision en clamshell. Si une circulation efficace réapparaît après décompression pleurale, l'extension au clamshell n'est pas poursuivie. La technique doit être unique dans le service, répétée avec le kit réellement embarqué et exécutée pendant que les autres membres de l'équipe poursuivent oxygénation, accès vasculaire, transfusion, monitorage et chronométrage. [13, 28, 69]

La séquence de réalisation de la thoracotomie est décrite dans le Tableau 2. Les répères anatomiques sont illustrés par la figure 2.

1. Installer et annoncer	patient en décubitus dorsal, accès à 360°, rôles attribués, chronomètre verbal, transfusion et filière d'aval activées.
2. Thoracostomies bilatérales	A réaliser dans le même espace intercostal, suffisamment antérieures pour pouvoir les relier ; 4e espace intercostal (selon descriptif PERT), à adapter à la morphologie et au protocole local.
3. Relier en clamshell	Prolonger les incisions vers le sternum et les lignes axillaires postérieures, doigts protégeant les poumons pendant la section des muscles intercostaux.
4. Ouvrir le sternum et exposer	Sectionner le sternum avec l'instrument prévu, placer l'écarteur de Finochietto et ouvrir progressivement les deux hémithorax.
5. Ouvrir le péricarde	le soulever puis l'inciser longitudinalement (en T inversé), en avant du nerf phrénique ; évacuer immédiatement sang et caillots.
6. Identifier et contrôler la plaie	compression digitale puis contrôle temporaire par agrafes, sonde de Foley ou suture selon la lésion ; éviter l'occlusion coronaire et ne pas majorer la déchirure par traction sur la sonde.
7. Restaurer une circulation utile	massage cardiaque interne, défibrillation si indiquée et disponible, compression ou occlusion aortique par compression digitale temporaire seulement si la physiopathologie la justifie.

8. Réévaluer et décider	annoncer la lésion, le contrôle obtenu et la réponse ; interrompre si aucune cause réversible n'est retrouvée ou si la poursuite n'est plus compatible avec une survie plausible.

Tableau 2 : Séquence opératoire standardisée inspirée du programme PERT (Pre-hospital and Emergency departement Rescucitative Thoracostomy) formation dispensée par le Royal College of Surgeons of England)

L'ouverture technique n'est pas le critère de réussite. Le bénéfice suppose une lésion pertinente, sa correction, le retour d'une circulation permettant le transport et l'accès immédiat au traitement définitif. L'évacuation d'une tamponnade et le contrôle d'une plaie cardiaque offrent la cible la plus cohérente. La compression aortique peut redistribuer transitoirement le débit vers le cœur et le cerveau ou réduire une hémorragie sous-diaphragmatique, mais ne transforme pas une exsanguination ancienne en indication favorable. [40, 69]

L'échographie a une place conditionnelle. Après traumatisme pénétrant de la « *cardiac box* » avec signes de vie ou arrêt inférieur à 15 minutes, elle peut documenter une tamponnade ou une activité cardiaque si elle est instantanément disponible, mais ne doit pas retarder le geste. Après traumatisme fermé, le consensus autrichien fait au contraire de la tamponnade échographique une condition de l'indication. [28, 65]

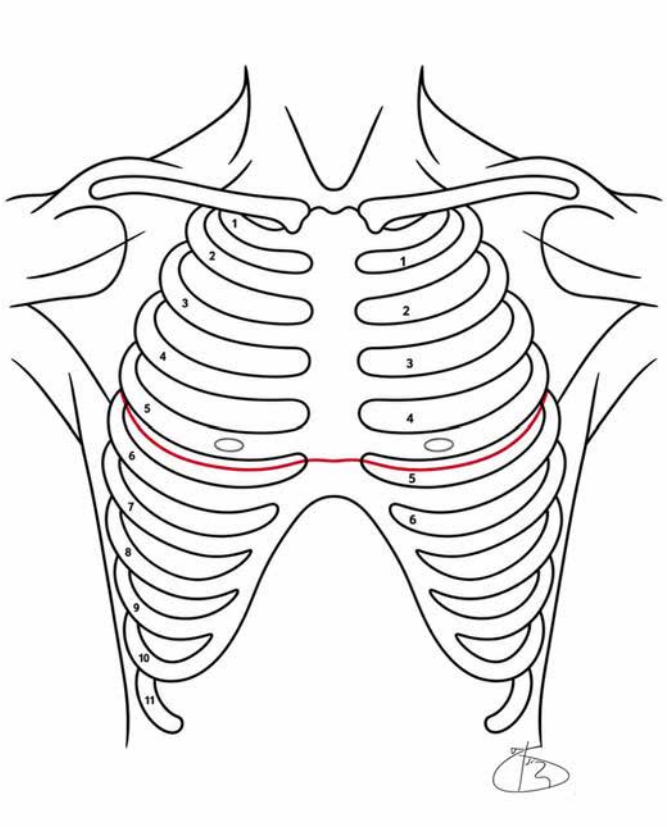

Figure 3 : *Repères anatomiques nécessaires à la réalisation de la thoracotomie*

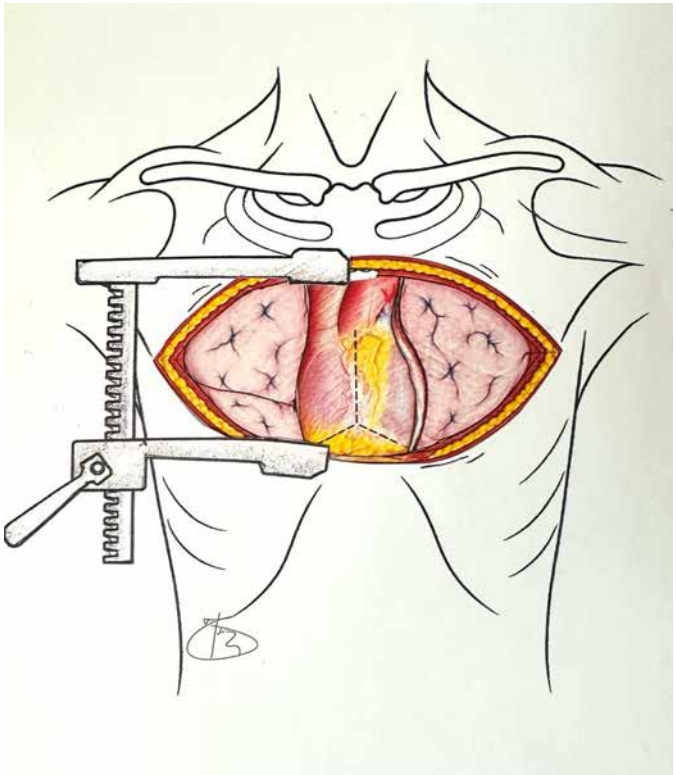

Figure 4 : thoracotomie « clampshell »

Risques et coût temporel

Le coût temporel comprend la décision, l'installation, l'équipement de protection, l'ouverture, l'exploration, le contrôle temporaire puis la préparation d'un transport à thorax ouvert. Chaque minute mobilisée doit rester justifiée par une cible réversible ; une thoracotomie entreprise tardivement n'ajoute plus qu'une exposition biologique, instrumentale et psychologique de l'équipe.

Les complications iatrogènes possibles sont nombreuses : lésions cardiaque, coronaire, pulmonaire, aortique, diaphragmatique ou phrénique, aggravation d'une hémorragie et hypothermie. Lorsque l'indication est correctement posée, elles sont mises en balance avec un décès presque certain sans correction immédiate ; cette asymétrie ne dispense ni d'une sélection stricte ni d'une technique maîtrisée. [65, 69]

L'exposition au sang et aux instruments tranchants impose double gantage, protection oculaire ou visière, tenue imperméable, zone opératoire contrôlée et absence de passage main à main des objets piquants ou coupants. Un débriefing clinique et humain, un soutien institutionnel et un accès précoce au soutien par les pairs ou psychologique doivent être anticipés. [65]

Alternatives

Chez un patient présentant une tamponnade traumatique et qui conserve en activité circulatoire, la priorité reste le transport immédiat vers un centre capable d'assurer le contrôle chirurgical de la plaie, associé au contrôle hémorragique et à la réanimation hémostatique.

Après l'arrêt, le transport seul (scoop and run) n'est défendable que si une thoracotomie hospitalière peut réellement débuter dans la même fenêtre thérapeutique extrêmement courte ; il ne doit pas servir à différer une décision déjà arrivée à maturité. [28]

La péricardiocentèse n'est pas considérée comme une réelle alternative à la thoracotomie dans l'hémopéricarde traumatique : le sang est en effet généralement coagulé et la décompression à l'aiguille est incomplète et insuffisante, d'autre part la plaie cardiaque imputable n'est pas contrôlable.

Une série prospective récente à Gaza rapporte 24 survivants sur 25 après drainage échoguidé, aspiration, TXA intrapéricardique et maintien d'un drain ; cependant, aucun patient n'était en arrêt circulatoire et ceux relevant d'une thoracotomie immédiate avaient été exclus. Elle pose la question d'un sauvetage chez un patient encore perfusé lorsque la chirurgie est inaccessible, sans permettre d'extrapolation à l'arrêt traumatique préhospitalier. [70]

Le REBOA ne traite ni la tamponnade ni l'hémorragie intrathoracique. Son éventuelle place concerne une hémorragie sous-diaphragmatique sélectionnée et relève d'une stratégie distincte. [28]

Matériel

Un kit dédié doit être immédiatement identifiable, rangé dans l'ordre d'utilisation et manipulable avec des gants, dans l'obscurité et sur un espace restreint. Sa composition minimale comprend :

12. EPI et champ de travail ;
13. deux bistouris robustes, pinces de dissection et d'hémostase, ciseaux lourds type Jesco, +/- scie type Gigli ;
14. écarteur de Finochietto, aspiration, compresses et matériel de packing ;
15. sondes de Foley avec seringues, agrafeuse cutanée, porte-aiguille, sutures solides et, selon la doctrine, pledgets ;
16. matériel de contrôle vasculaire (4 pinces hémostatiques) et moyens de fixation pour le transport ;
17. produits sanguins, réchauffement, calcium, ventilation et monitorage, indissociables du geste.

La vérification du kit, des péremptions et de son remplacement après exercice ou utilisation doit relever d'une responsabilité nominative. Une liste exhaustive non répétée en simulation n'est pas une capacité opérationnelle.

Après le geste — filière d'aval

La thoracotomie préhospitalière n'apporte qu'un contrôle temporaire. Elle ne doit s'envisager que dans une filière de soin anticipée avec l'accord préalable de tous les intervenants de la chaine. La préalerte du centre receveur et l'activation du protocole de transfusion massive, du bloc opératoire et des équipes de traumatologie, chirurgie thoracique ou cardiaque doivent débuter dès la décision. Le thorax ne devrait être ouvert que si la chaîne jusqu'au bloc est elle-même ouverte.

En cas de reprise d'une activité cardiaque spontanée (RACS), l'éveil peut être rapide ; analgésie et sédation doivent être adaptées à la perfusion tissulaire, sans négliger ventilation, réchauffement, transfusion et correction raisonnée de l'hypocalcémie.

Le RACS exposera à une gestion des saignements induits par le clamshell, notamment au niveau des artères mammaires internes (saignement antérograde et rétrograde).

Le transport à thorax ouvert impose de sécuriser l'écarteur et les instruments, maintenir un éventuel contrôle digital ou par Foley, protéger le champ, conserver l'accès au patient et organiser les places dans le vecteur.

Le compte rendu transmet le mécanisme, la localisation des plaies, l'heure du dernier signe de vie, la durée d'arrêt, les constatations intrathoraciques, les gestes correcteurs, la réponse obtenue et les produits administrés. En cas de décès sur place, une procédure écrite doit anticiper les interfaces avec la médecine légale et l'autorité judiciaire.

Organisation de l'équipe

La thoracotomie mobilise une équipe et non un opérateur isolé. Lorsque l'effectif le permet, le chef d'équipe confirme l'indication et garde la vision d'ensemble sans être l'opérateur. Un opérateur et un assistant ouvrent et exposent ; les autres professionnels maintiennent voies aériennes, ventilation, transfusion, monitorage, chronologie, communication et préparation du transport.

Le consensus autrichien propose un repère de quatre à six intervenants, avec un médecin spécifiquement formé et un professionnel maîtrisant les voies aériennes avancées. Le niveau de preuve est très faible : il s'agit d'un objectif organisationnel, non d'un seuil universel d'autorisation. [65]

La séquence doit être verbalisée : mécanisme, localisation, dernier signe de vie, cible anatomique, passage au clamshell, constat, geste correcteur, réponse et décision de poursuivre ou d'arrêter. Les critères d'interruption doivent être connus avant l'incision.

Formation initiale et maintien des compétences

La formation initiale associe sélection du patient, anatomie, thoracostomies, clamshell, péricardiotomie, contrôle temporaire d'une plaie cardiaque, massage interne, compression aortique, complications, critères d'arrêt et transport. Le programme PERT montre qu'une séquence standardisée de thoracotomie peut être enseignée à des médecins non-chirurgiens. Toutefois, son évaluation publiée repose uniquement sur un résumé de congrès : elle démontre la faisabilité de la formation, mais ne renseigne ni sur le maintien à long terme des compétences ni sur son effet sur le devenir des patients. [13] La revue de Paulich et Lockey apporte, quant à elle, une description détaillée de la technique et de son enseignement.[69]

Les modèles anatomiques ou cadavériques sont utiles pour les repères et les gestes tissulaires, puis doivent être intégrés à des simulations multidisciplinaires en pleine échelle, avec le kit et

le vecteur réels. La validation doit porter autant sur la décision, les rôles et l'arrêt que sur l'ouverture elle-même. [65]

À la différence du modèle londonien, caractérisé par une exposition importante et concentrée au sein d'une équipe spécialisée, l'expérience viennoise illustre la situation des systèmes européens à faible prévalence des traumatismes pénétrants. Même à l'échelle d'une grande ville, seuls 480 traumatismes pénétrants thoraciques graves ont été recensés en neuf ans, soit environ un cas par semaine, réparti entre de nombreux opérateurs. Une telle exposition ne peut suffire à acquérir puis à maintenir une expertise individuelle en thoracotomie de sauvetage. Celle-ci doit donc reposer sur une formation initiale structurée, des entraînements répétés et une organisation collective indépendante du seul volume d'activité clinique. [40, 71]

Le maintien doit combiner répétitions techniques espacées, simulation décisionnelle, entraînement collectif avec le kit embarqué et répétition mentale. Les scénarios doivent inclure des « NO GO » : arrêt trop ancien, mécanisme inaccessible, priorité à une autre cause réversible ou absence de filière. Former uniquement au geste risque d'en abaisser artificiellement le seuil.

Gouvernance

Le protocole institutionnel doit définir l'activation de l'équipe, les critères d'inclusion et d'exclusion, la mesure du temps d'arrêt, une technique et un kit uniques, les opérateurs autorisés/acrédités, le centre receveur, la procédure de transport à thorax ouvert, les critères d'arrêt, la conduite à tenir après décès, le débriefing et le registre. Les résultats londoniens montrent ce qu'un système urbain mature peut obtenir ; la série NSW montre que des survivants existent à faible volume ; Vienne révèle le risque d'une indication non délivrée ; la série d'Almond et al., avec 44 gestes et aucun survivant à la sortie, rappelle que la simple disponibilité du geste n'en garantit pas l'utilité. [40, 68, 71, 72]

Chaque thoracotomie, mais aussi chaque activation sans ouverture, doit être revue de façon multidisciplinaire : mécanisme, sélection, horaire du dernier signe de vie, activité cardiaque si recherchée, chronologie, sécurité, constatations, contrôle, complications, transport, survie et devenir neurologique. L'audit doit produire une boucle de retour concrète sur doctrine, matériel, formation et filière. [65]

Niveau d'intégration proposé

La reconnaissance de l'indication, le chronométrage, la préparation du matériel et l'assistance doivent appartenir au socle de toute équipe de SMUR. La réalisation devrait relever

d’opérateurs spécifiquement entraînés, intégrés à des structures disposant réellement du kit, d’une doctrine, d’un maintien des compétences et d’une filière d’aval.

Cette organisation ne doit pas créer une expertise si distante qu’elle devient incompatible avec la fenêtre de quelques minutes. Une couverture territoriale explicite, des référents, une validation périodique et un registre sont nécessaires.

La thoracotomie ne doit être ni banalisée comme un geste supplémentaire de l’arrêt traumatique, ni rendue inaccessible au patient très sélectionné pour lequel elle constitue la seule correction possible à temps. Son intégration n’est défendable que lorsque cinq conditions sont simultanément réunies : patient, indication, timing, équipe et système.

4.3.3. REBOA préhospitalier

Le REBOA (resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta) ou occlusion aortique endovasculaire consiste à interrompre temporairement, totalement ou partiellement, le flux sanguin aortique afin de limiter une hémorragie sous-diaphragmatique et de préserver transitoirement la perfusion cardiaque et cérébrale. Son rationnel physiologique est solide, mais son bénéfice clinique demeure incertain. Son utilisation expose à des complications vasculaires et ischémiques potentiellement majeures, elle doit s’inscrire dans une filière bien anticipée. En préhospitalier, le REBOA constitue ainsi l’une des procédures HALO les plus discutées : sa technicité et son coût temporel doivent être mis en balance avec un bénéfice qui reste transitoire, puisqu’il ne constitue qu’un pont vers le contrôle définitif du saignement. L’équilibre entre le temps consacré à la procédure et celui qu’elle permet éventuellement de gagner jusqu’à l’hémostase définitive reste aujourd’hui difficile à apprécier. [73–79]

Cette incertitude ne doit cependant pas réduire l’utilisation du REBOA à une décision binaire. La stratégie peut être envisagée comme une succession d’étapes : identification échographique et ponction de l’artère fémorale commune, mise en place d’un accès artériel, conversion éventuelle vers un introducteur compatible, progression et positionnement du ballon, puis décision d’une occlusion partielle ou complète. À chaque étape, la poursuite de la procédure peut être réévaluée au regard de la physiologie du patient, de la source présumée du saignement, du temps de transport, des compétences disponibles et de l’accès effectif à l’hémostase définitive. [78, 80, 81] Cette séquence est celle utilisées par les équipes anglaises les plus expérimentées sur le sujet et s’intègre dans une prise en charge globale du patient polytraumatisé dans une filière de soin spécialisée.

Rationnel et zones d'occlusion

L'occlusion augmente la pression aortique proximale et diminue le débit vers une hémorragie située en aval. Elle ne réalise toutefois aucune hémostase définitive : elle achète du temps au prix d'une dette ischémique qui commence dès l'inflation et se révèle lors de la reperfusion.

La zone 1 s'étend de l'artère sous-clavière gauche au tronc cœliaque et vise les hémorragies intra-abdominales ou rétropéritonéales critiques. La zone 3 s'étend de l'artère rénale la plus basse à la bifurcation aortique et peut être utilisée pour une hémorragie pelvienne ou jonctionnelle après exclusion raisonnable d'une source abdominale. La zone 2, viscérale, doit être évitée. [73, 78]

L'occlusion complète offre un contrôle maximal mais impose une ischémie totale en aval. L'occlusion partielle cherche un compromis en maintenant un faible débit distal ; elle suppose un dispositif adapté, une mesure fiable des pressions proximale et distale et une titration continue. Elle ne transforme pas une occlusion prolongée en procédure bénigne, mais peut limiter les complications ischémiques. [76, 78, 82]

Efficacité et niveau de preuve

Les séries historiques et registres montrent une augmentation rapide de la pression proximale et suggèrent un bénéfice possible chez certains patients, mais sont exposés à la confusion par indication, aux différences de sélection et aux biais de survie. Les revues systématiques concluent à une littérature hétérogène et de faible certitude. [79]

Dans UK-REBOA, seul essai randomisé en traumatologie, la mortalité à 90 jours était de 54 % avec stratégie REBOA plus soins standards contre 42 % avec soins standards seuls (OR 1,58 ; intervalle crédible à 95 % 0,72-3,52). Le délai médian jusqu'au contrôle hémorragique était de 83 contre 64 minutes. L'étude hospitalière ne tranche pas directement la question préhospitalière, mais démontre qu'une stratégie REBOA en intrahospitalier peut ajouter du délai et du risque sans améliorer le devenir. A noter que dans le groupe REBOA, le temps médian entre l’arrivée aux urgences et l’inflation du ballon était de 32 min. [75]

La cohorte préhospitalière londonienne de 16 patients très sélectionnés a obtenu une inflation de zone 1 chez 11 patients et une occlusion partielle chez 8. La pression augmentait nettement, mais seuls 2 des 11 patients traités survivaient à la sortie ; les complications comprenaient insuffisances multiviscérales, ischémies intestinales et thromboses distales. Cette série démontre une faisabilité dans un système urbain hautement expert, non une efficacité comparative. [76]

La revue systématique préhospitalière de 2026 retrouve un déploiement réussi dans 29 des 38 tentatives civiles traumatiques, avec un risque de biais critique à sérieux et une grande variabilité de survie et de complications. La faisabilité technique est donc mieux établie que le bénéfice clinique. [77]

Indication et sélection du patient

L'indication théorique est une hémorragie traumatique non compressible du tronc, située sous le diaphragme, responsable d'un choc hémorragique réfractaire ou d'un arrêt circulatoire hypovolémique imminent ou récent, alors qu'un contrôle définitif peut être obtenu dans un délai très court. Le patient doit être considéré comme potentiellement sauvable et ne pas présenter de source thoracique dominante ou de traumatisme crânien sévère associé. [74, 78]

En préhospitalier, cette indication doit être plus restrictive encore : physiologie qui se dégrade malgré contrôle externe, ceinture pelvienne, transfusion et réanimation hémostatique ; mécanisme et échographie compatibles ; accès fémoral réalisable ; équipe spécifiquement entraînée ; transport vers une salle d'opération ou d'embolisation déjà activée. Le REBOA n'est pas le traitement d'une hypotension traumatique indifférenciée.

Une occlusion en zone 3 peut être discutée devant une hémorragie pelvienne exsanguinante isolée notamment lorsque que le mécanisme lésionnel est lié à un traumatisme pénétrant.

Une occlusion en zone 1 ne peut se concevoir que chez un patient au bord de l'arrêt ou en arrêt très récent, avec forte présomption d'hémorragie non compressible sous-diaphragmatique et absence de meilleure option immédiatement disponible.

Contre-indications et situations de non-indication

Une hémorragie intrathoracique majeure, une tamponnade, une lésion aortique thoracique suspectée ou une hémorragie cervicale ou des membres supérieurs constituent des situations dans lesquelles le REBOA ne contrôle pas la cause et peut l'aggraver. Une lésion inguinale du côté d'accès, une dissection, une pathologie aorto-iliaque sévère ou l'impossibilité de confirmer l'accès à l'artère fémorale commune modifient fortement le rapport bénéfice-risque. [78]

Le traumatisme crânien grave est une contre-indication relative importante : l'augmentation brutale de la pression proximale peut majorer le saignement intracrânien. Une lésion manifestement non viable, un arrêt prolongé sans signe de vie, l'absence de transfusion associée, l'absence d'aval hémostatique immédiat ou un temps de transport incompatible avec la durée d'occlusion doivent conduire à renoncer.

Dans l'AC traumatique, le REBOA ne doit être envisagé qu'après traitement simultané des causes réversibles prioritaires et uniquement lorsqu'une exsanguination sous-diaphragmatique reste le mécanisme dominant. [27, 77, 78, 83, 84]

Une stratégie séquentielle

Première étape : repérer et ponctionner précocement l'artère fémorale commune sous échographie chez le patient à très haut risque. Un accès artériel de petit calibre peut fournir une pression invasive et préserver une voie de conversion sans engager d'emblée le patient vers l'occlusion.

Deuxième étape : convertir cet accès en désilet du plus petit calibre compatible lorsque la trajectoire clinique rend réellement probable une intervention endovasculaire. Le désilet n'est pas un simple marque-place : dès sa pose, il expose à hémorragie, thrombose, dissection et ischémie du membre et impose une surveillance ainsi que selon son calibre (si >10FR) une filière de fermeture vasculaire.

Troisième étape : progresser le ballon dans la zone choisie, sans inflation automatique.

Quatrième étape : inflation du ballon devant une dégradation persistante ou un AC imminent, lorsque l'hémostase définitive est simultanément engagée avec une filière anticipée. L'amélioration clinique à une étape donnée doit permettre d'arrêter l'escalade ; la série londonienne rapporte précisément deux patients avec accès réussi chez lesquels le ballon n'a pas été déployé après amélioration. [76, 80, 81]

A noter que première et deuxième étape pourrait être fusionnées, si le dispositif d'occlusion est de petit calibre et permet l'utilisation d'un désilet dont la taille est proche des calibres de KT artériel classique, ce dont les deniers dispositifs sortis dans le commerce s'approchent.

Par ailleurs, les étapes 3 et 4 peuvent se faire alors que le patient est en cours de transport vers l'hôpital.

Fenêtre thérapeutique

Le temps pertinent ne se limite pas au délai de pose : il associe temps nécessaire à l'accès, temps jusqu'à l'inflation, durée d'occlusion et délai jusqu'au contrôle hémorragique. Une procédure qui améliore la pression mais retarde la laparotomie, le packing ou l'embolisation peut être physiologiquement spectaculaire et cliniquement délétère.

Le JTS 2026 recommande de limiter l'occlusion complète de zone 1 à moins de 60 minutes, avec un objectif inférieur à 30 minutes, et celle de zone 3 à moins de 60 minutes. Ces durées sont des

plafonds issus en partie de données précliniques et de consensus, non des garanties de sécurité. En préhospitalier, elles incluent le transport, le transfert et l'accès effectif au contrôle définitif. [78]

L'occlusion partielle peut réduire la dette ischémique et autoriser des durées plus longues dans des programmes experts, mais ses limites restent insuffisamment validées en traumatologie préhospitalière civile. La règle pratique demeure : inflation la plus tardive possible, hémostase la plus précoce possible, reperfusion graduelle et coordonnée.

Technique

L'artère fémorale commune non lésée est identifiée en coupe transverse et longitudinale, au-dessus de la bifurcation et sous le ligament inguinal. La ponction antérieure unique est réalisée sous échographie en temps réel ; le trajet intraluminal du guide doit être confirmé avant toute dilatation.

Le désilet est rincé, fixé et connecté à une mesure de pression distale. Le ballon est progressé selon les repères du dispositif et la zone cible ; l'absence d'imagerie impose une technique validée pour le cathéter utilisé. La zone 2 ne doit jamais être une position d'inflation volontaire. [78]

L'inflation est titrée à la réponse physiologique et non à un volume standard aveugle. Avec un ballon d'occlusion complète, elle est arrêtée dès augmentation de la pression proximale et disparition du signal distal. Avec un dispositif partiel, l'inflation du ballon est stoppée lorsque la pression artérielle proximale est suffisante.

Après le geste et filière d'aval :

Le REBOA n'est qu'un relais vers l'hémostase définitive. Dès la décision de gonflement du ballon, le centre receveur doit être prévenu de la source hémorragique suspectée, de l'horaire de la zone d'occlusion et de l'état physiologique du patient, afin de préparer sans délai la suite de la prise en charge diagnostique (imagerie ?) et thérapeutique (chirurgie ou l'embolisation). Une stratégie doit être pré-armée définissant la trajectoire intra-hospitalière d'un patient dont l'aorte est occluse. L'orientation doit permettre d'accéder effectivement à cette hémostase dans une durée compatible avec l'occlusion aortique. [78]

Pendant le transport et les transferts, le cathéter et le désilet sont immobilisés : la restauration de la pression aortique peut déplacer le ballon. L'équipe surveille la pression proximale, la perfusion du membre ponctionné et le point d'accès, et maintient la perméabilité du désilet. La transmission précise la zone et le caractère complet ou partiel de l'occlusion, les heures

d’inflation et les éventuels changements de réglage, ainsi que les difficultés rencontrées. Un soignant formé à la gestion du dispositif doit pouvoir en assurer la continuité jusqu’à la relève hospitalière. [78]

Après contrôle de l’hémorragie, la déflation est progressive, annoncée et coordonnée entre les équipes d’hémostase et de réanimation. La reperfusion peut provoquer un effondrement hémodynamique, une acidose, une hyperkaliémie ou révéler une reprise du saignement ; elle nécessite une réanimation prête à réagir et une surveillance biologique adaptée. Le désilet n’est pas retiré en préhospitalier**.** Son retrait est organisé après l’hémostase définitive et la correction de la coagulopathie, dans un environnement capable de traiter immédiatement une complication vasculaire. Un désilet de 7 Fr ne requiert pas systématiquement de réparation chirurgicale : une compression prolongée peut suffire. La surveillance de la perfusion des membres inférieurs se poursuit après le retrait, avec un contrôle vasculaire par imagerie selon la situation clinique. [78]

Risques et coût temporel

Le coût temporel comprend l'accès fémoral artériel initial, la progression, la fixation, le monitorage et la gestion des échecs. [75, 76]

Les complications d'accès comprennent hématome, hémorragie rétropéritonéale, pseudo-anévrisme, dissection, thrombose, embolie distale, ischémie et perte du membre. Leur fréquence augmente avec le calibre, la durée de maintien du désilet, l'hypoperfusion et l'absence de surveillance distale. Les dispositifs de plus faible calibre réduisent probablement ce risque sans l'annuler. [82, 85]

Les complications de l'occlusion comprennent lésion ou rupture aortique, migration, occlusion d'une zone inadaptée, aggravation d'une hémorragie proximale, surcharge ventriculaire, ischémie viscérale, rénale, médullaire et des membres, puis syndrome de reperfusion. Le risque est particulièrement élevé avec l'occlusion complète de zone 1 prolongée.

Alternatives

L'alternative principale reste le transport immédiat vers l'hémostase définitive avec contrôle des hémorragies accessibles, ceinture pelvienne correctement positionnée et réanimation hémostatique. Chez un patient en état de choc mais transportable rapidement, cette stratégie peut être préférable à une procédure ajoutant un arrêt sur place.

Dans l'arrêt ou le péri-arrêt, la compression aortique ouverte par thoracotomie ou laparotomie n'a pas les mêmes indications ni les mêmes contraintes. La thoracotomie permet

simultanément de traiter une tamponnade et une cause thoracique, mais son bénéfice est très faible dans l'exsanguination fermée sans cible thoracique. Le REBOA ne remplace ni la thoracotomie pour tamponnade ni le traitement d'un hémothorax massif.

Matériel et organisation de l'équipe

Le kit associe échographe avec sonde linéaire protégée, matériel d'asepsie, aiguille de microponction si retenue, guide, dilatateurs, désilet du plus petit calibre compatible, système de rinçage et de fixation, transducteurs de pression, cathéter REBOA identifié, seringue d'inflation préparée selon les recommandations du fabricant. Le matériel doit être standardisé : les repères d'insertion, volumes et capacités diffèrent selon les dispositifs.

La procédure ne se conçoit pas sans stratégie transfusionnelle préhospitalière, traitement de l'hypothermie et monitorage continu.

Selon les ressources disponibles, un opérateur gère l'accès et le ballon ; le leader conserve la décision et le tempo ; un équipier suit les pressions et la perfusion distale ; l'équipe d'aval est pré-alertée avant l'inflation.

L'heure de ponction, de pose du désilet, d'inflation, de passage en occlusion totale et/ou partielle et de déflation doit être annoncée et tracée. Zone, profondeur, volume injecté, pressions proximale et distale, état du membre et difficultés d'accès font partie de la transmission.

Formation initiale et maintien des compétences

La formation doit associer sélection du patient, échographie fémorale, microponction et conversion, connaissance spécifique du dispositif, scénarios d'échec, titration partielle, prévention des migrations, déflation et gestion de la reperfusion. La validation sur simulateur ne suffit pas : la rareté impose des répétitions programmées et une gouvernance prospective.

Gouvernance

Un programme préhospitalier exigerait une approche et une stratégie de système complète : critères partagés, opérateurs habilités avec des objectifs de minutage procéduraux prédéfinis du matériel disponible et régulièrement manipulé, des produits sanguins disponibles, une activation immédiate de toute la filière intra-hospitalière et du bloc opératoire, capacité vasculaire de sauvetage, registre et revue systématique de chaque activation. Plusieurs évaluations institutionnelles déconseillent un déploiement large hors protocole de recherche. [78, 84]

Niveau d'intégration proposé

L'identification des candidats et la maîtrise de l'accès artériel fémoral percutané relèvent d'une acculturation large des équipes de traumatologie préhospitalière.

La mise en place d'un désilet destiné au REBOA doit rester réservée à des opérateurs entraînés dans une filière définie. La montée et surtout l'inflation ne devraient, à ce stade, être intégrées que dans quelques programmes experts, évalués prospectivement, capables de garantir une hémostase définitive immédiate.

La conclusion sur l'utilisation en préhospitalier est à ce stade basée sur des avis d'experts : le REBOA peut restaurer une pression, mais seule l'hémostase sauve durablement. Sa place éventuelle dépend moins de la possibilité technique de gonfler un ballon que de la capacité du système à choisir le rare patient chez lequel le temps réellement gagné dépasse le temps consommé et la dette ischémique créée avec toujours pour objectif le traitement définitif de l'hémorragie.

4.3.4. Amputation de dégagement préhospitalière

L'amputation de dégagement préhospitalière est une procédure de sauvetage destinée à libérer un patient vivant dont un membre constitue l'obstacle irréductible à l'extraction. Elle se distingue d'une amputation thérapeutique indiquée en raison de l'ischémie, de la destruction tissulaire ou du risque infectieux du membre : lorsque le membre atteint ne fait pas obstacle au déplacement du patient, l'indication et la réalisation de l'amputation relèvent d'une prise en charge chirurgicale hospitalière. En revanche, la section des derniers ponts tissulaires d'une amputation traumatique presque complète et l'amputation en proximal d'un segment écrasé ou incarcéré relèvent bien de l'amputation de dégagement lorsqu'elles sont indispensables à la libération et à l'évacuation du patient. Son objectif immédiat n'est donc pas de traiter le membre, mais de rendre possible le sauvetage du patient. [86, 87]

La procédure peut être réalisée par un chirurgien dépêché sur place lorsque son délai de mobilisation et d'arrivée reste compatible avec la situation clinique. Lorsqu'une telle expertise ne peut être obtenue à temps, elle peut également être réalisée par un médecin urgentiste spécifiquement formé, disposant du matériel nécessaire et agissant dans un cadre de gouvernance préétabli. La spécialité d'origine ne peut donc être dissociée de la compétence réelle de l'opérateur ; elle ne doit cependant ni empêcher ni retarder une procédure devenue indispensable au dégagement dans un délai compatible avec la survie. [86, 88]

La situation est rare, hétérogène et pauvrement documentée. La revue de portée de Gander ne retrouvait que 20 situations publiées entre 1975 et 2019, dont 18 amputations réalisées chez des patients vivants, à la suite d'effondrements de structures, d'accidents industriels, de collisions routières ou d'accidents ferroviaires. Dans les 17 situations pour lesquelles l'évolution était précisée, tous les patients atteignaient l'hôpital vivants. Ce résultat ne peut toutefois être interprété comme un taux de succès : les cas favorables ou spectaculaires sont plus susceptibles d'être publiés que les échecs, tandis que le nombre total de procédures réalisées, envisagées ou abandonnées demeure inconnu. En outre, l'arrivée vivante à l'hôpital ne préjuge ni de la survie définitive ni du devenir fonctionnel. Ces données établissent donc la faisabilité de l'amputation de dégagement dans des circonstances sélectionnées, sans permettre d'en mesurer l'efficacité. [87]

Indication et sélection du patient

L'indication repose sur trois conditions conjointes : le patient est vivant et potentiellement sauvable ; le membre empêche réellement son dégagement ; l'extraction conventionnelle ne peut être obtenue dans un délai compatible avec la survie ou expose à un danger supérieur. Le caractère délabré ou non viable du membre facilite parfois la décision mais n'en constitue pas, à lui seul, l'indication préhospitalière.

Les scénarios classiques sont une détérioration physiologique menaçant l'arrêt avant la fin prévisible de la désincarcération, une hémorragie inaccessible ou incontrôlable tant que le patient reste piégé, l'impossibilité d'accéder à une intervention vitale, ou une menace environnementale imminente - incendie, inondation, effondrement secondaire, atmosphère toxique - imposant une évacuation immédiate. Une amputation peut également compléter une section traumatique presque totale lorsque le faible pont tissulaire restant est le seul obstacle au transport. [86, 89, 90]

À l'inverse, une extrication réalisable sans aggravation vitale dans un délai acceptable, un patient manifestement décédé, une situation devenue futile ou l'absence de bénéfice réel à déplacer le patient doivent conduire à ne pas amputer. Le score lésionnel du membre ne doit pas être utilisé comme un seuil autonome : la décision est une comparaison dynamique entre le temps de sauvetage technique, la réserve physiologique, les dangers de scène et les conséquences irréversibles du geste.

Fenêtre thérapeutique et décision

Il n'existe aucun seuil temporel validé. La fenêtre dépend de la cause qui rend l'extraction urgente : exsanguination, obstruction d'accès aux voies aériennes, choc qui s'aggrave, hypothermie, écrasement prolongé ou menace de scène. L'heure critique est donc celle à laquelle la poursuite du sauvetage conventionnel devient plus dangereuse que l'amputation, et non celle à laquelle toutes les options auront été épuisées pendant une durée arbitraire.

La décision doit être préparée tôt et prise tard seulement au sens logique : après confirmation avec le commandement des secours qu'aucune solution technique plus rapide et moins mutilante n'est réaliste, mais avant l'effondrement physiologique. Il faut demander précocement une estimation explicite du délai d'extraction, la réactualiser à chaque changement clinique et fixer un point de bascule partagé. [89, 91]

Si le patient est conscient et capable, une information brève, loyale et compréhensible ainsi que son accord doivent être recherchés et tracés. Lorsque l'urgence vitale ou l'altération de conscience empêche un consentement valide, la décision relève de la nécessité de sauvegarde. Un avis collégial ou expert à distance est utile s'il est immédiatement accessible ; il ne doit pas transformer une décision urgente en attente administrative. [92, 93]

Articulation avec le secours technique

L'amputation de dégagement est une procédure médico-technique. Le directeur des secours médicaux ou le médecin responsable décide de l'indication clinique et conduit l'analgésie-sédation, l'hémostase et la section des tissus ; le commandement des opérations de secours garantit la sécurité, la stabilité de la structure ou de la machine, l'accès, l'éclairage et la stratégie d'extraction. Aucun des deux champs ne peut être improvisé par l'autre.

Avant l'incision, l'équipe doit être parfaitement synchronisée : patient et membre confirmés, niveau de section choisi, tourniquet fonctionnel, anesthésie efficace, outils disponibles, support sous le membre, opérateur et assistant désignés, évacuation prête, destination préalertée. La machinerie doit être arrêtée, consignée et stabilisée ; les objets tranchants ou les outils motorisés ne sont utilisés qu'avec une zone de coupe maîtrisée.

La communication avec le patient doit être continue et la scène soustraite autant que possible au regard des proches, témoins, médias et intervenants non indispensables. La dignité ne devient pas facultative parce que l'environnement est hostile.

Préparation physiologique

La réanimation suit le XABCDE en parallèle du dégagement : contrôle des hémorragies, oxygénation et ventilation, accès vasculaire, transfusion si disponible, prévention agressive de

l'hypothermie et analgésie-sédation adaptée. Chez le patient conscient, la procédure exige une induction ou une stratégie de sédation-analgésie suffisamment profonde, associée si possible à une analgésie locorégionale ; une simple analgésie titrée ne saurait être considérée comme suffisante. [91, 92]

Une compression prolongée d'une masse musculaire importante impose d'anticiper le syndrome d'écrasement avant toute libération : monitorage, voie veineuse fiable, remplissage raisonné adapté au contexte traumatique, préparation au traitement de l'hyperkaliémie et coordination du relâchement. Le risque de reperfusion ne justifie pas automatiquement une amputation, pas plus que la pose systématique d'un garrot sur tout membre comprimé ; ces mesures doivent répondre au mécanisme, au saignement et à la durée de compression. [91]

Technique

Le niveau de section doit être le plus distal permettant une coupe sûre, rapide et techniquement accessible, sans tenter de construire un moignon définitif. Un garrot artériel est posé proximalement sur un segment accessible, serré jusqu'à abolition du saignement attendu, sécurisé et horodaté. Un second garrot immédiatement disponible constitue une précaution raisonnable, particulièrement au membre inférieur.

La technique de référence est une amputation guillotine : incision circonférentielle de la peau au scalpel, section franche des tissus mous aux ciseaux robustes ou au scalpel, puis section osseuse. Les nerfs et tendons ne doivent pas être arrachés. Les gros vaisseaux visibles peuvent être clampés ou ligaturés si le saignement persiste, sans retarder l'extraction. Le garrot reste en place pendant le transport et le moignon est couvert par un pansement stérile volumineux, compressif si nécessaire. [86, 88]

Pour l'os, la scie-fil de Gigli et une scie à métaux permettent une section efficace avec un matériel simple. Les études expérimentales montrent que plusieurs outils réalisent l'amputation en moins de deux minutes sur modèles cadavériques ou animaux, mais elles n'évaluent ni l'anesthésie, ni l'hémorragie, ni la complexité d'une scène réelle. La scie alternative est rapide mais augmente les projections et le risque de prolonger la coupe dans le support ou les tissus voisins ; les outils hydrauliques de désincarcération créent davantage de lésions proximales et doivent rester une solution de dernier recours lorsque seul le sauveteur technique peut accéder au membre. [94–96]

Risques et coût temporel

Les risques immédiats pour le patient sont l'hémorragie incontrôlée, une section trop proximale, une lésion du segment corporel adjacent, l'aggravation du choc, l'hypothermie, la contamination et une anesthésie inadéquate. Le bénéfice n'est favorable que si la procédure raccourcit réellement le délai vers le traitement définitif ou soustrait le patient à une menace imminente.

Pour les intervenants, les principaux dangers sont les blessures par instruments, les projections biologiques - particulièrement avec une scie motorisée -, l'instabilité de la structure, le redémarrage d'une machine et le travail en espace confiné. Double gantage, protection oculaire ou visière, tenue imperméable, gestion sans passage main à main des objets tranchants, aspiration ou écran contre les projections et contrôle technique de la scène sont indispensables.

La charge psychologique est majeure pour le patient, ses proches et l'ensemble de l'équipe. Les publications récentes décrivent insuffisance d'analgésie, dilemmes de consentement, exposition des témoins et retentissement durable chez les intervenants. Un débriefing clinique et humain, une relève opérationnelle et un accès explicite au soutien psychologique doivent appartenir à la procédure, pas au registre des bonnes intentions. [92, 93, 97]

Alternatives

La première alternative est l'extrication technique : démontage ou inversion de la machine, levage, écartement, découpe de l'environnement, création d'un nouvel accès ou dégagement contrôlé du membre. Elle doit être évaluée par les spécialistes du secours technique selon un délai annoncé et régulièrement révisé. Une stratégie plus longue peut être acceptable chez un patient stable et protégé ; elle cesse de l'être si la physiologie ou la scène se dégrade.

L'amputation thérapeutique hospitalière après dégagement n'est pas une alternative lorsqu'aucun dégagement n'est possible. En revanche, la préservation du membre reste prioritaire lorsque le patient peut être extrait vivant dans un délai compatible avec sa physiologie.

La réalisation du geste par un chirurgien, peu se concevoir uniquement si son temps d’acheminement est compatible, probablement si la décision a été suffisamment anticipée.

L'outil hydraulique appliqué directement au membre n'est pas une variante équivalente de la technique chirurgicale : il ne se justifie que dans une menace vitale immédiate, un accès médical impossible et l'absence d'autre moyen. [94]

Matériel

Le kit minimal comprend : deux garrots artériels, scalpel robuste avec lames de rechange, ciseaux forts, scie-fil de Gigli avec poignées, pince hémostatique, liens ou sutures fortes, compresses et pansement volumineux, champs, antiseptique, sac de recueil, protection thermique et équipements de protection renforcés.

Ce kit est indépendant du reste du matériel d'intervention dédié à la ventilation, la sédation, la transfusion et de traitement de l'hyperkaliémie. Il doit être assez compact pour faire partie du lot standard et ne pas avoir à être secondairement projeté, ergonomique en espace exigu, inventorié et connu des équipes SMUR.

Une scie à métaux adaptée peut constituer le moyen de secours ; une scie motorisée n'est utile que si son alimentation, sa lame, sa décontamination et sa maîtrise ont été anticipées.

Organisation de l'équipe

Selon les ressources disponibles, les rôles seront au préalable distribués. Un leader médical peut conserver la vue d'ensemble. L'opérateur médical réalisera le geste avec un assistant ; un membre de l'équipe poursuivra les mesures de surveillance de l'hémostase, des voies aériennes, l'efficacité de la ventilation, la bonne conduite de la réanimation transfusionnelle et de la sédation-analgésie. Un officier de liaison assure l'interface avec le commandement des secours, annonce les changements de stabilité et synchronise le dernier temps de coupe avec la manœuvre d'extraction.

La destination doit être un centre capable d'assurer simultanément damage control, chirurgie vasculaire ou orthopédique, réanimation et prise en charge reconstructrice. Le vecteur et l'itinéraire sont prêts avant la section finale.

La transmission restituera idéalement les temps de compression, les constantes, les traitements, l'heure et le niveau du garrot, le niveau de section, les pertes sanguines estimées et tout incident d'exposition.

Formation et maintien des compétences

La simplicité apparente de la coupe ne doit pas masquer la difficulté principale : décider, assurer l'analgésie-sédation adaptée, coordonner et agir dans un environnement dangereux. La formation doit associer critères d'indication et de non-indication, anatomie pratique, garrot et hémostase, technique sur modèle anatomique, anesthésie en accès contraint, syndrome d'écrasement, facteurs humains, consentement et collaboration avec les équipes de désincarcération.

L'étude nordique publiée en 2025 illustre l'écart entre équipement et préparation : parmi 54 services médicalisés répondants, 35 % avaient déjà réalisé une amputation préhospitalière et 81 % disposaient du matériel, mais seulement 22 % avaient un protocole et 39 % un entraînement spécifique. Posséder une scie de Gigli n'est donc pas encore disposer d'une capacité. [88]

Le maintien doit reposer sur des entraînements courts et répétés, complétés par une simulation interservices à haute-fidélité. Les scénarios doivent faire travailler l'estimation du délai de dégagement, le point de bascule, la communication au patient, la coupe en espace restreint, le contrôle d'une hémorragie de reprise et, surtout, les situations dans lesquelles la bonne décision demeure de poursuivre le sauvetage technique.

Filière d'aval et devenir

L'amputation de terrain est un geste de sauvetage et de contrôle temporaire. À l'hôpital, le patient nécessite réévaluation chirurgicale complète des lésions, contrôle définitif de l'hémorragie, débridement, antibioprophylaxie selon le contexte, prophylaxie antitétanique, réchauffement et prise en charge du syndrome d'écrasement ou de reperfusion. La fermeture primaire du moignon n'a pas sa place sur le terrain.

Le projet de soins commence dès la phase aiguë : conservation maximale de longueur, documentation du niveau de section, photographie clinique seulement si elle est utile et réglementairement maîtrisée, information des proches, soutien psychologique et relais précoce vers rééducation, appareillage et chirurgie reconstructrice. La survie est l'objectif initial ; la qualité de la vie survivante oblige néanmoins à éviter toute perte tissulaire évitable.

Gouvernance

Le protocole doit être co-construit par SAMU-SMUR, SDIS et filières chirurgicales, avec l'anesthésie-réanimation, l'hygiène, la médecine légale et la direction. Il précise l'autorité décisionnelle, l'engagement du médecin entraîné, le kit, la technique, les interfaces de commandement, le consentement, la destination, la gestion éventuelle du segment amputé et la conduite en cas de décès.

Chaque activation doit être analysée : mécanisme, physiologie, délais d'extraction, options techniques, décision, anesthésie, hémostase, complications, exposition, devenir et soutien proposé. Les données françaises restent trop rares pour définir des seuils opposables ; un registre partagé permettrait de distinguer les indications pertinentes des récits héroïques a posteriori. [87, 98]

Niveau d'intégration proposé

Reconnaître la situation, appeler tôt un renfort entraîné, traiter le patient incarcéré et anticiper le syndrome d'écrasement relèvent du socle universel du SMUR. La réalisation doit, à ce stade, relever d'opérateurs identifiés, formés sur modèle et intégrés à une gouvernance interservices effective.

Certaines incarcérations autorisent la projection d'un référent ; celles dominées par l'exsanguination ou une menace de scène ne l'autorisent pas. Le système doit donc associer engagement précoce d'une expertise, capacité locale minimale et élargissement du socle universel HALO.

L'amputation de sauvetage par un médecin urgentiste ne doit être ni banalisée face à une désincarcération difficile, ni rendue impossible lorsqu'elle constitue la seule issue. La présence de plusieurs équipes peut se discuter, dans la mesure du possible, dans ces situations plus qu'exceptionnelles.

4.3.5. Hystérotomie de sauvetage préhospitalière

Chez une traumatisée enceinte en arrêt circulatoire, l'hystérotomie de sauvetage consiste à évacuer rapidement l'utérus gravide afin de lever la compression aorto-cave et de rendre la réanimation maternelle plus efficace. Elle peut aussi offrir une chance de survie au nouveau-né. Sa place dans ce chapitre est limitée à l'arrêt traumatique : le geste améliore les conditions de la réanimation, mais ne contrôle pas à lui seul l'hémorragie ou la lésion responsable de l'arrêt. Il doit s'inscrire dans une stratégie qui traite ces causes en parallèle et assure la prise en charge immédiate de deux patients après l'extraction. [27, 99]

Indication et sélection de la patiente

La situation à reconnaître est un arrêt circulatoire traumatique chez une patiente dont l'utérus atteint ou dépasse l'ombilic, repère clinique correspondant approximativement à une grossesse d'au moins 20 semaines. Il n'est pas nécessaire de connaître le terme exact ni de démontrer la viabilité fœtale : la première indication est maternelle. Une échographie immédiatement disponible peut lever un doute sur la grossesse, mais la recherche du rythme cardiaque fœtal ne doit pas retarder une décision déjà justifiée par l'état maternel. [27, 99, 100]

Dès la reconnaissance de l'arrêt, la patiente est placée sur le dos avec déplacement manuel de l'utérus vers la gauche et réanimation adaptée à l'arrêt traumatique. Contrôle des hémorragies

accessibles, oxygénation, décompression thoracique lorsqu'elle est indiquée, transfusion et recherche d'une tamponnade doivent être entrepris sans attendre l'hystérotomie. Le kit et les renforts sont demandés simultanément. Si la circulation n'est pas rapidement restaurée, la décision d'évacuer l'utérus est prise sans attendre l'échec d'une réanimation prolongée : tant qu'il comprime les gros vaisseaux, il peut limiter l'efficacité des compressions et du remplissage sanguin. [27, 99]

Si la patiente garde une activité circulatoire, elle relève d'abord du traitement de ses lésions, d'une réanimation hémostatique et d'une évacuation rapide ; l'hystérotomie préhospitalière n'est pas prophylactique. L'absence d'utérus volumineux, un mécanisme clairement non réversible ou un arrêt dont la réanimation est jugée futile ne justifient pas d'inciser. Il n'existe toutefois pas de durée universelle de RCP qui suffise, à elle seule, à établir cette futilité. La décision doit intégrer la chronologie réelle, les signes de vie, les lésions suspectées, les traitements déjà effectués et la possibilité de prendre en charge la mère et le nouveau-né. [27, 100]

Une indication particulière associe hystérotomie et thoracotomie de sauvetage. Chez la traumatisée enceinte d'au moins 20 semaines qui nécessite une thoracotomie pour arrêt traumatique, l'EAST recommande conditionnellement une hystérotomie aussi précoce que possible. Aucun ordre universel « thorax puis utérus » ou l'inverse n'est démontré : la cible traumatique la plus immédiatement réversible détermine la priorité, et les deux gestes peuvent être conduits simultanément si les effectifs le permettent. Cette recommandation repose sur un consensus d'experts faute d'études comparatives recevables. [99]

Fenêtre thérapeutique

Le repère historique « incision à quatre minutes, extraction à cinq minutes » rappelle qu'il faut anticiper dès le début de l'arrêt. Il ne constitue ni un seuil biologique démontré ni une limite au-delà de laquelle toute extraction serait futile. Les recommandations ERC 2025 demandent de préparer puis de réaliser l'hystérotomie aussi tôt que possible, sur le lieu de l'arrêt lorsque l'équipe possède la compétence et l'accès nécessaires. En préhospitalier, l'heure à documenter est celle de la perte des signes de vie, et non seulement celle de l'arrivée des secours. [27]

La revue de Leech et al. rassemble 66 hystérotomies pratiquées lors d'arrêts maternels extrahospitaliers, avec une survie à la sortie de 4,5 % chez les mères et de 45 % chez les nouveau-nés. La méta-analyse de Rajendran et al. comprend 12 études et 507 patientes et associe des délais plus courts à de meilleures issues maternelles et néonatales, tout en rapportant des survies au-delà de cinq minutes. Ces populations mêlent diverses causes d'arrêt,

majoritairement non traumatiques ; elles ne permettent ni de prévoir le bénéfice chez une traumatisée particulière ni de fixer une limite temporelle de non-indication. [100, 101]

La fenêtre utile impose donc une préparation avant d'avoir épuisé plusieurs cycles de RCP : reconnaître l'utérus volumineux, alerter, répartir les rôles, sortir le matériel maternel et néonatal, puis inciser dès que l'indication est retenue. Le temps de préparation, la réalisation et l'accès au traitement de la lésion traumatique font partie du même chronomètre. [27, 102]

Technique, efficacité et bénéfice attendu

La technique enseignée doit rester unique, rapide et compatible avec le matériel du SMUR. La séquence comprend l'exposition abdominale, une incision médiane verticale de la paroi, l'ouverture contrôlée de l'utérus gravide par une incision verticale, l'ouverture des membranes, l'extraction par la présentation accessible, puis le clampage et la section du cordon. L'opérateur protège autant que possible le fœtus pendant l'ouverture utérine ; l'assistant maintient l'exposition et la continuité de la réanimation maternelle. La délivrance placentaire et une fermeture utérine ne font pas partie des objectifs préhospitaliers. [102, 103]

L'évacuation utérine peut lever la compression aorto-cave, améliorer le retour veineux et l'efficacité des compressions thoraciques, tout en diminuant la consommation d'oxygène utéro-placentaire. Une reprise circulatoire maternelle a été décrite après extraction, mais les observations non contrôlées ne permettent pas d'attribuer avec certitude cette reprise au seul geste. [104] Les trois cas traumatiques rapportés par Shanahan et al. comprennent une survivante maternelle et deux nouveau-nés survivants ; toutes les interventions ont eu lieu à l'hôpital et ont été réalisées par des obstétriciens. Ces données établissent une possibilité de survie, sans chiffrer le bénéfice d'une réalisation préhospitalière par un urgentiste. [99, 105]

Risques et coût temporel

Le coût temporel comprend la décision, la préparation du champ et du matériel, l'incision, l'extraction, puis l'organisation immédiate de deux réanimations. Le geste peut aussi détourner temporairement des intervenants du contrôle d'une hémorragie ou d'une tamponnade. La répartition des tâches doit permettre de maintenir en parallèle les gestes susceptibles de corriger la cause de l'arrêt. [27, 99, 102]

L'incision expose à des lésions utérines, vésicales, intestinales ou vasculaires, à une hémorragie, à la contamination et à l'hypothermie. L'absence de pression artérielle peut masquer initialement le saignement ; un retour de circulation peut révéler une hémorragie utérine ou pariétale importante. Compresses, packing, transfusion et réchauffement doivent être prêts dès

l'extraction, sans faire perdre de temps à rechercher une hémostase définitive sur place. [102, 103, 106]

Les compressions thoraciques se poursuivent pendant l'utilisation d'instruments tranchants. Protection oculaire, gants, répartition claire des positions et gestion des objets coupants diminuent le risque de blessure ou d'exposition au sang. La charge émotionnelle d'une intervention impliquant deux patients justifie un débriefing et un soutien organisés. [102, 106]

Après le geste — filière d'aval

L'extraction ne met pas fin à la réanimation maternelle. L'équipe poursuit les compressions ou les soins après retour de circulation, traite la cause traumatique, contrôle provisoirement les saignements accessibles, transfuse et lutte contre l'hypothermie. Le placenta n'est pas obligatoirement délivré.

Un retour de circulation peut révéler brutalement une hémorragie utérine ou pariétale majeure. La préparation doit donc inclure packing, transfusion, réchauffement. Il n'existe pas de recommandations quant à la prise en charge hémostatique post RACS d'une hystérotomie préhospitalière mais l'accessibilité de l'aorte à une compression digitale directe par la médiane abdominale peut constituer un bridge vers la prise en charge chirurgicale obstétricale et traumatologique la plus rapide possible.

Une reprise hémorragique après retour de circulation doit être anticipée. [102, 103, 106]

Le nouveau-né est aussitôt confié à un équipier ou à une seconde équipe pour évaluation, réchauffement et ventilation si elle est nécessaire. La régulation préalerte simultanément traumatologie, anesthésie-réanimation, obstétrique, néonatologie et transfusion. Le centre receveur doit pouvoir assurer l'hémostase maternelle et la réanimation néonatale ; deux vecteurs peuvent être nécessaires selon les ressources et l'état de chacun. La transmission précise les heures de perte des signes de vie, début de RCP, incision, extraction et éventuelle reprise circulatoire, ainsi que les lésions et les gestes déjà réalisés. [27, 102, 107]

Alternatives

Le déplacement manuel de l'utérus vers la gauche doit commencer immédiatement et se poursuivre jusqu'à l'évacuation utérine ou à la reprise circulatoire. Il facilite les compressions en décubitus dorsal, mais ne remplace pas durablement une hystérotomie indiquée devant un arrêt persistant et un utérus suffisamment volumineux. Le traitement des causes traumatiques réversibles est simultané, et non une alternative à la décompression aorto-cave. [27, 99]

Le transport sous réanimation ne représente une alternative crédible que si l'hystérotomie peut réellement être obtenue dans la même fenêtre extrêmement courte. En l'absence d'opérateur préparé sur place, il peut rester la seule option disponible ; il ne doit toutefois pas être présenté comme équivalent à un geste immédiatement réalisable sur le lieu de l'arrêt. L'absence d'équipe obstétricale sur place ne suffit pas à différer une procédure maternelle dont la fermeture de la fenêtre thérapeutique précède habituellement l'arrivée de cette expertise. [27, 102]

La poursuite isolée d'une réanimation standard, malgré une compression aorto-cave persistante, n'est pas une stratégie neutre. La décision doit comparer le risque d'une procédure invasive à la probabilité que les compressions restent inefficaces tant que l'utérus n'est pas évacué, notamment en cas d'EtCO2 basse per RCP.

Matériel

Le kit maternel doit pouvoir être trouvé et ouvert immédiatement : protections individuelles et oculaires, scalpel, ciseaux robustes, pinces et clamps pour le cordon, grandes compresses, matériel de packing et de couverture abdominale. Il est complété par l'aspiration, la transfusion et la prévention de l'hypothermie déjà requises pour le traumatisé sévère. Un conditionnement unique, connu et régulièrement contrôlé limite le temps perdu à chercher des instruments. [27, 102]

L'équipement devra également considérer la réanimation néonatale : source de chaleur, matériel de ventilation adapté, aspiration, monitorage et voies d'abord selon les pratiques locales. Envisager la procédure sans préparer le matériel néonatal reviendrait à ne préparer que la moitié de la procédure. [102, 107]

Organisation de l'équipe

La répartition des tâches se fera selon les ressources disponibles. L'hystérotomie mobilise une équipe entière. Pendant qu'un opérateur et son assistant réalisent le geste, les compressions, la ventilation, la transfusion, le traitement des lésions traumatiques, la chronologie et la préparation du transport doivent se poursuivre. Si possible, un leader sera désigné et conservera la vision d'ensemble et annonce clairement l'indication, le temps écoulé, le début de l'incision et l'heure de l'extraction.

L'extraction crée immédiatement deux patients critiques. Une deuxième équipe, doit idéalement être dédiée, avec un espace chaud et un vecteur supplémentaire anticipé précocement. Si les effectifs sont insuffisants, la priorité organisationnelle reste la réanimation

maternelle, mais la répartition minimale des rôles néonatals doit avoir été anticipée avant l'incision. [27, 102, 107]

Formation initiale et maintien des compétences

La formation initiale associe reconnaissance de l'indication et de ses limites, déplacement utérin, anatomie, répétition technique de l'ouverture et de l'extraction, gestion d'une hémorragie après retour circulatoire et bases de réanimation néonatale. L'observation obstétricale peut aider à comprendre l'anatomie ; elle ne remplace pas l'entraînement à une procédure de sauvetage simplifiée en contexte d'arrêt et de traumatisme. Des simulateurs dédiés permettent une pratique délibérée de la séquence. [14, 15, 102, 103]

L'événement est trop rare pour que l'exposition clinique entretienne la compétence. Aucun intervalle universel de re-certification n'est validé. Le maintien doit combiner micro-entraînements techniques répétés, scénarios décisionnels, répétition cognitive et simulation multidisciplinaire avec le matériel réellement embarqué. Les scénarios devraient pouvoir inclure l'arrêt traumatique, l'association éventuelle avec une thoracotomie et la situation dans laquelle la bonne décision est de ne pas inciser.

La validation ne peut donc pas reposer sur le seul délai d'extraction d'un mannequin. Elle doit vérifier la sélection de la patiente, l'anticipation, la continuité de la réanimation, la sécurité des intervenants, le partage des rôles et l'organisation de l'aval. [14, 15, 99, 107]

Gouvernance

Un protocole partagé entre SAMU-SMUR, équipe d'accueil intra-hospitalier trauma, anesthésie-réanimation, obstétrique, néonatologie doit préciser la reconnaissance de l'indication, l'habilitation des opérateurs, le kit, la conduite parallèle de l'arrêt traumatique et les modalités de renfort et d'orientation.

Il doit également prévoir le devenir des deux patients lorsque la réanimation maternelle échoue et l'accompagnement des proches et des équipes. [27, 99, 102]

Chaque hystérotomie, mais aussi chaque indication envisagée sans réalisation, doit faire l'objet d'une analyse clinique et humaine : terme estimé ou hauteur utérine, chronologie, causes traumatiques, décision, gestes parallèles, délais d'extraction et devenir maternel et néonatal.

La faible fréquence justifie un recueil multicentrique pour dépasser les conclusions tirées de cas isolés. [99, 100, 105]

Le débriefing doit être clinique et humain. L'équipe doit pouvoir bénéficier d'un retrait temporaire du circuit opérationnel, d'un soutien par les pairs et/ou psychologique et d'un accompagnement institutionnel face aux proches, aux forces de l'ordre et aux acteurs médico-judiciaires.

Niveau d'intégration proposé

La reconnaissance de l'indication, le déplacement utérin manuel, la préparation du matériel et l'organisation d'une réanimation néonatale doivent appartenir au socle universel des équipes de SMUR. La réalisation technique devrait, dans une première phase, relever d'opérateurs spécifiquement entraînés, intégrés à des structures disposant d'un kit, d'un protocole commun et d'une filière d'aval effective.

Cette organisation intermédiaire ne résout pas entièrement l'incompatibilité entre une expertise rare et une fenêtre de quelques minutes. L'objectif doit être une couverture territoriale explicite, soutenue par des référents chargés de la formation, de la validation, du registre et du retour d'expérience. L'hystérotomie ne doit être ni banalisée comme une étape automatique et improvisée de tout arrêt traumatique chez une femme enceinte, ni rendue inaccessible à la traumatisée très sélectionnée chez laquelle elle conditionne l'efficacité même de la réanimation. [27, 100, 102]

Conclusion

Cet atelier des Journées thématiques interactives avait pour point de départ les gestes invasifs susceptibles d'être réalisés en préhospitalier chez le patient traumatisé sévère. Leur diversité interdit de les considérer comme un ensemble homogène. L'intubation, la thoracostomie ou certains abords vasculaires appartiennent au socle attendu de la médecine d'urgence, tandis que d'autres procédures, beaucoup plus rares, ne trouvent leur place que dans des circonstances exceptionnelles. Toutes imposent néanmoins les mêmes exigences : une indication pertinente, une maîtrise technique suffisante, une équipe préparée, un matériel immédiatement disponible et une articulation cohérente avec la suite de la prise en charge.

La décision de réaliser un geste invasif ne peut être dissociée de la stratégie globale. Chez le traumatisé sévère, le temps consacré à une procédure n'est jamais neutre : il doit être mis en balance avec le bénéfice physiologique attendu, ses risques propres et le délai d'accès à l'hémostase ou au traitement définitif. Un geste techniquement réussi peut être inutile, voire délétère, s'il est réalisé chez le mauvais patient, trop tôt, trop tard ou au prix d'un retard à l'évacuation. À l'inverse, la crainte de prolonger le temps préhospitalier ne doit pas conduire à

renoncer à une intervention lorsque celle-ci constitue la seule possibilité de maintenir le patient en vie jusqu'à l'hôpital.

L'enjeu n'est donc pas d'opposer une médecine interventionnelle à une stratégie de transport rapide, mais de déterminer ce qui doit être fait avant le départ, pendant l'extraction ou au cours du transport pour donner au patient la meilleure chance d'atteindre vivant le traitement définitif. Les procédures invasives n'ont de sens que si elles s'intègrent à cette trajectoire. Leur légitimité repose sur la rencontre du bon patient, de la bonne indication, du bon moment, de la bonne équipe et du bon système.

À l'extrémité de ce continuum se trouvent les procédures HALO. Leur rareté, leur technicité, leur criticité immédiate et leurs conséquences potentielles les placent dans une catégorie particulière. Elles ne concernent chaque année qu'un nombre infime de patients au regard de l'activité globale de la médecine d'urgence. Leur pronostic reste souvent dramatique et leur niveau de preuve limité. Pourtant, parmi ces patients existent des survivants, parfois avec un devenir neurologique favorable, dont la vie a dépendu d'une décision et d'un geste réalisés dans une fenêtre de quelques minutes. Leur faible nombre ne diminue ni la valeur de leur survie ni notre responsabilité collective de chercher à la rendre possible. La rareté d'une situation ne peut, à elle seule, justifier notre impréparation.

Reconnaître la place des HALO ne signifie ni banaliser ces procédures ni attendre de chaque médecin urgentiste qu'il devienne expert de chacune d'elles. Certaines compétences doivent être largement diffusées ; d'autres peuvent relever d'opérateurs spécifiquement entraînés ou de programmes plus ciblés. Mais ces choix doivent être explicites, scientifiquement argumentés, organisés et régulièrement réévalués. La disponibilité d'une procédure potentiellement salvatrice ne peut durablement dépendre du hasard de la formation personnelle du médecin de garde, de la présence fortuite du matériel ou de l'engagement isolé de quelques équipes.

L'intérêt des HALO dépasse d'ailleurs les quelques gestes effectivement réalisés. Leur préparation pousse à un haut niveau les compétences qui fondent la médecine d'urgence : décider rapidement avec des informations incomplètes, maîtriser sa charge cognitive, partager un modèle mental, communiquer en situation de crise, distribuer les rôles, coordonner plusieurs actions simultanées et analyser collectivement les réussites comme les échecs. Ces apprentissages irriguent ensuite les prises en charge plus ordinaires. Travailler l'exceptionnel peut ainsi tirer vers le haut l'ensemble de la filière, renforcer la performance collective et nourrir l'engagement professionnel dans un métier dont il est essentiel de préserver le sens.

La médecine d'urgence internationale s'organise rapidement autour de ces questions, par la formation, les recommandations, les registres et la recherche. La médecine d'urgence française ne doit ni reproduire sans discernement des modèles conçus pour d'autres systèmes ni rester à l'écart au prétexte que les données demeurent imparfaites. Son organisation préhospitalière médicalisée lui confère au contraire une responsabilité particulière et la possibilité de construire une doctrine adaptée à ses réalités.

Cette construction suppose désormais de sortir les HALO de la zone grise : discuter les indications et les limites, confronter les expériences, structurer les formations, organiser les filières, recueillir les cas — y compris les procédures envisagées, abandonnées ou impossibles — et développer une recherche clinique, pédagogique et organisationnelle. Elle pose également une question à notre communauté : sous quelle forme les procédures HALO doivent-elles être représentées et travaillées au sein de la SFMU afin de disposer d'un espace collectif de réflexion, d'évaluation et de proposition ?

L'ambition ne doit pas être de réaliser davantage de gestes exceptionnels, mais de rendre possible le geste juste lorsqu'un patient en a réellement besoin. Nous ne sauverons pas tous ces patients. Nous pouvons toutefois refuser que leur chance de survie dépende du lieu, du jour ou de la rencontre fortuite avec un professionnel qui, seul, aurait décidé de se préparer.

Les procédures HALO ne se situent donc pas aux marges de notre métier. Parce qu'elles en éprouvent les limites cliniques, humaines et organisationnelles, elles nous obligent à définir collectivement jusqu'où la médecine d'urgence veut — et doit — être capable d'aller.

Bibliographie

1. Nemitz, B., Carli, P., Carpentier, F. et al. Référentiel métier-compétences pour la spécialité de médecine d'urgence. Ann. Fr. Med. Urgence 2, 125–138 (2012). https://doi.org/10.1007/s13341-011-0124-2
2. Reid C, Clancy M. Life, limb and sight-saving procedures—the challenge of competence in the face of rarity. Emerg Med J. 2013;30(2):89–90. doi:10.1136/emermed-2012-201559.
3. Colonetti E, et al. Individual skill and institutional competence: A framework for HALO procedure implementation. J Trauma Acute Care Surg. 2026. doi:10.1097/TA.0000000000005144.
4. Mencl F, et al. Physician Response Vehicles in Emergency Medical Services Fellowships in the United States. Prehosp Emerg Care. 2026;1–6. doi:10.1080/10903127.2026.2619628.
5. Gandolfi M, et al. The impact of advanced pre-hospital interventions on scene time. Scand J Trauma Resusc Emerg Med. 2026;34:108. doi:10.1186/s13049-026-01613-5.
6. Gauss T, et al. Association of Prehospital Time to In-Hospital Trauma Mortality in a Physician-Staffed Emergency Medicine System. JAMA Surg. 2019;154(12):1117–1124. doi:10.1001/jamasurg.2019.3475.
7. Nijhawan A, ter Avest E, Twohig CJ, et al. Epidemiology of trauma deaths across a mature regional trauma system: patterns of pre-hospital and in-hospital fatalities. Br J Surg. 2026;znag030. doi:10.1093/bjs/znag030.
8. Australasian College for Emergency Medicine. Essential Emergency Medicine Procedural Skills List. ACEM CPD Program. July 2025.
9. Hack KE, Levy MJ, Garfinkel E, Margolis AM. Establishing consensus-based high-acuity low-occurrence skills for EMS physicians: a pilot survey of EMS fellowship faculty. AEM Educ Train. 2022;6(6):e10828. doi:10.1002/aet2.10828.
10. Carley S. Optimal Timing for Life-Saving Procedures in Critical Care: Finding the Goldilocks Moment. St Emlyn's. 1 August 2024.https://www.stemlynsblog.org/time-critical-decision-making/

11. Carley S. Training for HALO procedures. Parts 1-3: Background and psychomotor skills; Personal preparation; The team. St Emlyn's. 2023.https://www.stemlynsblog.org/
12. Thiebaud PC, Philippon AL, Plaisance P, et al. Designing simulation-based curriculum content for emergency medicine residents in France: a Delphi method. BMC Med Educ. 2024;24:924. doi:10.1186/s12909-024-05901-5.
13. König T, Perkins Z, Davies G. Training non-surgeons to perform resuscitative thoracotomy. Scand J Trauma Resusc Emerg Med. 2013;21(Suppl 1):A2. doi:10.1186/1757-7241-21-S1-A2.
14. Lau L, Papanagnou D, Smith E, et al. A novel biosimulation task trainer for the deliberate practice of resuscitative hysterotomy. Adv Simul (Lond). 2018;3:19. doi:10.1186/s41077-018-0078-1.
15. Chin HR, Ng WX. Low-Cost, Scalable Simulations in Obstetric Trauma and Resuscitative Hysterotomy for Emergency Medicine Residents. MedEdPORTAL. 2024;20:11452. doi:10.15766/mep_2374-8265.11452.
16. Greig PR, et al. Cognitive aids in the management of clinical emergencies: a systematic review. Anaesthesia. 2023;78(3):343-355. doi:10.1111/anae.15939.
17. Legoux C, et al. Retention of Critical Procedural Skills After Simulation Training: A Systematic Review. AEM Educ Train. 2021;5(3):e10536. doi:10.1002/aet2.10536.
18. Nguyen L, Carli P, Combes X, et al. Courbe d'apprentissage et maintien des compétences pour la cricothyroïdotomie réalisée par des médecins urgentistes : étude sur mannequin. Ann Fr Med Urgence. 2011;1(2):91-95. doi:10.1007/s13341-011-0029-4.
19. Moll L, Riessen R, Dahlmann P, Häske D. Effect of low-dose, high-frequency advanced life support training versus annual full-day training on simulation-based resuscitation performance: a randomized controlled trial. BMC Med Educ. 2026;26:1014. doi:10.1186/s12909-026-09717-3.
20. Hinkelbein J, Andres J, Böttiger BW, et al. Cardiac arrest in the perioperative period: a consensus guideline for identification, treatment, and prevention from the European Society of Anaesthesiology and Intensive Care and the European Society for Trauma and Emergency Surgery. Eur J Trauma Emerg Surg. 2023;49(5):2031-2046. doi:10.1007/s00068-023-02271-3.
21. Clavier T, Cesareo E, Frasca D, et al. Intubation en urgence d'un adulte hors bloc opératoire et hors unité des soins critiques. Recommandations formalisées d'experts SFAR–SFMU. Texte validé en 2024, publié en 2025.https://sfar.org/intubation-en-urgence-dun-adulte-hors-bloc-operatoire-et-hors-unite-des-soins-critiques/
22. Wiles MD, Iliff HA, Brooks K, et al. Airway management in patients with suspected or confirmed cervical spine injury: guidelines from the Difficult Airway Society (DAS), Association of Anaesthetists (AoA), British Society of Orthopaedic Anaesthetists (BSOA), Intensive Care Society (ICS), Neuro Anaesthesia and Critical Care Society (NACCS), Faculty of Prehospital Care and Royal College of Emergency Medicine (RCEM). Anaesthesia. 2024;79(8):856-868. doi:10.1111/anae.16290.
23. Ferrada P, Duchesne J, Piehl M. Prioritizing circulation over airway in trauma patients with exsanguinating injuries: What you need to know. J Trauma Acute Care Surg. 2025;99(5):679–683. doi:10.1097/TA.0000000000004618.
24. Higgs A, McGrath BA, Goddard C, et al. Guidelines for the management of tracheal intubation in critically ill adults. Br J Anaesth. 2018;120(2):323-352. doi:10.1016/j.bja.2017.10.021.
25. Jarvis JL, Panchal AR, Lyng JW, et al. Evidence-based guideline for prehospital airway management. Prehosp Emerg Care. 2024;28(4):545-557. doi:10.1080/10903127.2023.2281363.
26. Frerk C, Mitchell VS, McNarry AF, et al. Difficult Airway Society 2015 guidelines for management of unanticipated difficult intubation in adults. Br J Anaesth. 2015;115(6):827-848. doi:10.1093/bja/aev371.
27. Lott C, Karageorgos V, Abelairas-Gómez C, et al. European Resuscitation Council Guidelines 2025 Special Circumstances in Resuscitation. Resuscitation. 2025;215:110753. doi:10.1016/j.resuscitation.2025.110753.
28. Weegenaar C, Perkins ZB, Lockey D. Pre-hospital management of traumatic cardiac arrest 2024 position statement: Faculty of Prehospital Care, Royal College of Surgeons of Edinburgh. Scand J Trauma Resusc Emerg Med. 2024;32:139. doi:10.1186/s13049-024-01304-z.
29. Beysard N, Agudo T, Serfozo P, et al. Adherence to prehospital thoracostomy practice guidelines for traumatic cardiac arrest: a retrospective study. Resusc Plus. 2025;22:100870. doi:10.1016/j.resplu.2025.100870.
30. Leech C, Porter K, Steyn R, et al. The pre-hospital management of life-threatening chest injuries: a consensus statement from the Faculty of Pre-Hospital Care, Royal College of Surgeons of Edinburgh. Trauma. 2017;19(1):54-62. doi:10.1177/1460408616664553.
31. Waydhas C, Prediger B, Kamp O, et al. Prehospital management of chest injuries in severely injured patients—a systematic review and clinical practice guideline update. Eur J Trauma Emerg Surg. 2024;50:1367–1380. doi:10.1007/s00068-024-02457-3.
32. Ausman JA, Achay JA, Smith VC, et al. Comparison of needle decompression to simple (finger) thoracostomy in non-perfused cadaveric models with theoretical tension pneumothorax. Prehosp Emerg Care. 2026:1-6. doi:10.1080/10903127.2026.2661803.
33. Aylwin CJ, Brohi K, Davies GD, Walsh MS. Pre-hospital and in-hospital thoracostomy: indications and complications. Ann R Coll Surg Engl. 2008;90(1):54-57. doi:10.1308/003588408X242286.
34. Sutori D, et al. Prehospital emergency finger thoracostomy in compensated obstructive shock: benefits and outcomes. Injury. 2025;56(5):112331. doi:10.1016/j.injury.2025.112331.
35. Hannon L, et al. Finger thoracostomy in patients with chest trauma performed by paramedics on a helicopter emergency medical service. Emerg Med Australas. 2020;32(4):650-656. doi:10.1111/1742-6723.13549.

36. Berger M, Weber L, McNamara S, et al. Simulation-Based Mastery Learning Course for Tube Thoracostomy. MedEdPORTAL. 2022;18:11266. doi:10.15766/mep_2374-8265.11266.

37. Chung TN, Kim SW, You JS, et al. Tube thoracostomy training with a medical simulator is associated with faster, more successful performance of the procedure. Clin Exp Emerg Med. 2016;3(1):16-19. doi:10.15441/ceem.15.097.

38. Pallavicini P, Carenzo L, Adams R, et al. An observational study of pre-hospital central venous access for patients with haemorrhagic shock due to major trauma. Anaesthesia. 2026;81:83–91. doi:10.1111/anae.16778.

39. Chreiman KM, Dumas RP, Seamon MJ, et al. The intraosseous have it: a prospective observational study of vascular access success rates in patients in extremis using video review. J Trauma Acute Care Surg. 2018;84(4):558–563. doi:10.1097/TA.0000000000001795.

40. Perkins ZB, Greenhalgh R, Ter Avest E, et al. Prehospital Resuscitative Thoracotomy for Traumatic Cardiac Arrest. JAMA Surg. 2025;160(4):432–440. doi:10.1001/jamasurg.2024.7245.

41. Mathais Q, Cardinale M. Pre-hospital central venous access in major trauma: balancing feasibility, safety and time to haemorrhage control. Anaesthesia. 2026;81:898–899. doi:10.1111/anae.70096.

42. Pasley J, Miller CHT, DuBose JJ, et al. Intraosseous infusion rates under high pressure: a cadaveric comparison of anatomic sites. J Trauma Acute Care Surg. 2015;78:295–299. doi:10.1097/TA.0000000000000516.

43. Auten JD, McEvoy CS, Roszko PJ, et al. Safety of Pressurized Intraosseous Blood Infusion Strategies in a Swine Model of Hemorrhagic Shock. J Surg Res. 2020;246:190-199. doi:10.1016/j.jss.2019.09.005.

44. Petitpas et al. Use of intra-osseous access in adults: a systematic review. Critical Care (2016) 20:102. DOI 10.1186/s13054-016-1277-6

45. Rossaint R, Afshari A, Bouillon B, et al. The European guideline on management of major bleeding and coagulopathy following trauma: sixth edition. Crit Care. 2023;27:80. doi:10.1186/s13054-023-04327-7.

46. Studer NM, Pickett JR, Winckler CJ, Smith WR, Cap AP, Cunningham CW. Prehospital central venous catheters. Transfusion. 2024;64:1814–1816. doi:10.1111/trf.17949.

47. Butterfield ED, Price J, Bonsano M, et al. Prehospital invasive arterial blood pressure monitoring in critically ill patients attended by a UK helicopter emergency medical service: a retrospective observational review of practice. Scand J Trauma Resusc Emerg Med. 2024;32:20. doi:10.1186/s13049-024-01193-2.

48. Eichlseder M, Labenbacher S, Schreiber N, et al. Intraarterial blood pressure monitoring in prehospital emergency care: a scoping review. Scand J Trauma Resusc Emerg Med. 2025;33:166. doi:10.1186/s13049-025-01473-5.

49. Perera Y, Raitt J, Poole K, Metcalfe D, Lewinsohn A. Non-invasive versus arterial pressure monitoring in the pre-hospital critical care environment: a paired comparison of concurrently recorded measurements. Scand J Trauma Resusc Emerg Med. 2024;32:77. doi:10.1186/s13049-024-01240-y.

50. Griggs JE, Clarke S, Greenhalgh R, et al. Diagnostic accuracy of pre-hospital invasive arterial blood pressure monitoring for haemodynamic management in traumatic brain injury and spontaneous intracranial haemorrhage. Scand J Trauma Resusc Emerg Med. 2025;33:89. doi:10.1186/s13049-025-01393-4.

51. Ule J, Hüppe T, Thiel J, et al. Prehospital invasive vs. non-invasive blood pressure monitoring: impact on shock index at hospital admission in critically ill patients—a prospective intervention study. Scand J Trauma Resusc Emerg Med. 2025;33:167. doi:10.1186/s13049-025-01467-3.

52. Ule J, Hüppe T, Thiel J, et al. Implementing prehospital invasive arterial blood pressure monitoring in critically ill patients: a prospective observational first year analysis. Scand J Trauma Resusc Emerg Med. 2025;33:145. doi:10.1186/s13049-025-01461-9.

53. Wildner G, Pauker N, Archan S, et al. Arterial line in prehospital emergency settings: a feasibility study in four physician-staffed emergency medical systems. Resuscitation. 2011;82:1198–1201. doi:10.1016/j.resuscitation.2011.05.002.

54. Sin ELPWP, Hibberd O, Price J, et al. Short- and long-term complications of prehospital arterial catheterisation performed by a helicopter emergency medical service in the United Kingdom. Crit Care. 2025;29:111. doi:10.1186/s13054-025-05348-0.

55. Burns B, Kruit N, Dennis M, et al. Common femoral artery access in emergency medicine. Emerg Med J. 2026;43:572–576. doi:10.1136/emermed-2025-215295.

56. Sende J, Jabre P, Leroux B, et al. Invasive arterial blood pressure monitoring in an out-of-hospital setting: an observational study. Emerg Med J. 2009;26:210–212. doi:10.1136/emj.2008.060608.

57. Ahmad I, El-Boghdadly K, Iliff H, et al. Difficult Airway Society 2025 guidelines for management of unanticipated difficult tracheal intubation in adults. Br J Anaesth. 2026;136(1):283–307. doi:10.1016/j.bja.2025.10.006.

58. Reardon RF, Robinson AE, Kornas R, et al. Prehospital Surgical Airway Management: An NAEMSP Position Statement and Resource Document. Prehosp Emerg Care. 2022;26(sup1):96–101. doi:10.1080/10903127.2021.1995552.

59. Aziz S, Foster E, Lockey DJ, Christian MD. Emergency scalpel cricothyroidotomy use in a prehospital trauma service: a 20-year review. Emerg Med J. 2021;38(5):349–354. doi:10.1136/emermed-2020-210305.

60. Langvad S, Hyldmo PK, Nakstad AR, Vist GE, Sandberg M. Emergency cricothyrotomy—a systematic review. Scand J Trauma Resusc Emerg Med. 2013;21:43. doi:10.1186/1757-7241-21-43.

61. Jensen TW, Holgersen MG, Blomberg SNF, et al. Prehospital emergency cricothyroidotomy in Denmark: a nationwide cohort study, 2016-2023. Resuscitation. 2026;227:111276. doi:10.1016/j.resuscitation.2026.111276.

62. Fennessy P, Drew T, Husarova V, Duggan M, McCaul CL. Emergency cricothyroidotomy: an observational study to estimate optimal incision position and length. Br J Anaesth. 2019;122(2):263–268. doi:10.1016/j.bja.2018.10.003.

63. Lacy AJ, Kim MJ, Li JL, et al. Prehospital Cricothyrotomy: A Narrative Review of Technical, Educational, and Operational Considerations for Procedure Optimization. J Emerg Med. 2025;70:19–34. doi:10.1016/j.jemermed.2024.08.018.

64. Nielsen MS, Raben-Levetzau FN, Andersen SAW, Wennervaldt K, Konge L, Nielsen AB. Retention of emergency cricothyroidotomy skills: a multicenter randomized controlled trial. AEM Educ Train. 2023;7(4):e10900. doi:10.1002/aet2.10900.

65. Dünser MW, Grassmann D, Hamp T, et al. Resuscitative thoracotomy in traumatic cardiac arrest: multisociety consensus recommendations for settings with a low prevalence of penetrating injuries. Wien Klin Wochenschr. 2026;138:623-640. doi:10.1007/s00508-026-02771-3.

66. Hart L, Lester S, Grady Z, et al. Eastern vs. Western trauma guidelines for resuscitative thoracotomy: a comparative analysis of indications, outcomes, and philosophical approaches. J Trauma Acute Care Surg. Published online August 20, 2026. doi:10.1097/TA.0000000000005166.

67. Yamaguchi K, Takahashi K, Abe T, et al. Survival after resuscitative thoracotomy in the emergency department: an analysis of 487 trauma patients with prehospital cardiopulmonary resuscitation. J Am Coll Surg. Published online August 11, 2026. doi:10.1097/XCS.0000000000002130.

68. Ennis C, Tant J, Burns B, et al. Pre-Hospital Resuscitative Thoracotomy Performed in New South Wales, Australia: A Case-Series. Emerg Med Australas. 2025;37(6):e70186. doi:10.1111/1742-6723.70186.

69. Paulich S, Lockey D. Resuscitative thoracotomy. BJA Educ. 2020;20(7):242–248. doi:10.1016/j.bjae.2020.03.005.

70. Qandil M, Ransom P, Abu Shammala M, et al. Pericardiocentesis, drainage and instilled tranexamic acid: definitive management in a 25-case series of penetrating cardiac tamponade. Injury. 2026;57(5):113106. doi:10.1016/j.injury.2026.113106.

71. Krammel M, Frimmel N, Hamp T, et al. Outcomes and potential for improvement in the prehospital treatment of penetrating chest injuries in a European metropolitan area: a retrospective analysis of 2009–2017. Injury. 2024;55(1):110971. doi:10.1016/j.injury.2023.110971.

72. Almond P, Morton S, O'Meara M, Durge N. A 6-year case series of resuscitative thoracotomies performed by a helicopter emergency medical service in a mixed urban and rural area with a comparison of blunt versus penetrating trauma. Scand J Trauma Resusc Emerg Med. 2022;30:8. doi:10.1186/s13049-022-00997-4.

73. Stannard A, Eliason JL, Rasmussen TE. Resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta (REBOA) as an adjunct for hemorrhagic shock. J Trauma. 2011;71(6):1869-1872. doi:10.1097/TA.0b013e31823fe90c.

74. Bulger EM, Perina DG, Qasim Z, et al. Clinical use of resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta (REBOA) in civilian trauma systems in the USA, 2019: a joint statement from the American College of Surgeons Committee on Trauma, the American College of Emergency Physicians, the National Association of Emergency Medical Services Physicians and the National Association of Emergency Medical Technicians. Trauma Surg Acute Care Open. 2019;4:e000376. doi:10.1136/tsaco-2019-000376.

75. Jansen JO, Hudson J, Cochran C, et al. Emergency Department Resuscitative Endovascular Balloon Occlusion of the Aorta in Trauma Patients With Exsanguinating Hemorrhage: The UK-REBOA Randomized Clinical Trial. JAMA. 2023;330(19):1862-1871. doi:10.1001/jama.2023.20850.

76. Lendrum RA, Perkins Z, Marsden M, et al. Prehospital partial resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta for exsanguinating subdiaphragmatic hemorrhage. JAMA Surg. 2024;159(9):998-1007. doi:10.1001/jamasurg.2024.2254.

77. Sun D, Dion PM, Olejarz M, et al. Prehospital resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta (REBOA) in patients with major trauma and cardiac arrest: a systematic review. Prehosp Emerg Care. 2026. doi:10.1080/10903127.2026.2706098.

78. Joint Trauma System. Resuscitative Endovascular Balloon Occlusion of the Aorta (REBOA) for Hemorrhagic Shock. Clinical Practice Guideline, CPG ID 38, version 1.4. 2026.

79. Castellini G, Gianola S, Biffi A, et al. Resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta (REBOA) in patients with major trauma and uncontrolled haemorrhagic shock: a systematic review with meta-analysis. World J Emerg Surg. 2021;16:41. doi:10.1186/s13017-021-00386-9.

80. Romagnoli A, Teeter W, Pasley J, et al. Time to aortic occlusion: it's all about access. J Trauma Acute Care Surg. 2017;83(6):1161-1164. doi:10.1097/TA.0000000000001665.

81. Matsumura Y, Matsumoto J, Kondo H, et al. Early arterial access for resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta is related to survival outcome in trauma. J Trauma Acute Care Surg. 2018;85(3):507-511. doi:10.1097/TA.0000000000002004.

82. Matsumura Y, Matsumoto J, Kondo H, et al. Fewer REBOA complications with smaller devices and partial occlusion: evidence from a multicentre registry in Japan. Emerg Med J. 2017;34(12):793-799. doi:10.1136/emermed-2016-206383.

83. Carenzo L, Calgaro G, Rehn M, et al. Contemporary management of traumatic cardiac arrest and peri-arrest states: a narrative review. J Anesth Analg Crit Care. 2024;4:66. doi:10.1186/s44158-024-00197-9.

84. NSW Agency for Clinical Innovation. Resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta in NSW trauma: evidence report. May 2024.

85. Manzano-Nunez R, Orlas CP, Herrera-Escobar JP, et al. A meta-analysis of the incidence of complications associated with groin access after the use of resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta in trauma patients. J Trauma Acute Care Surg. 2018;85(3):626-634. doi:10.1097/TA.0000000000001978.

86. Porter KM. Prehospital amputation. Emerg Med J. 2010;27(12):940-942. doi:10.1136/emj.2009.074500.

87. Gander B. Prehospital amputation: a scoping review. J Paramed Pract. 2020;12(1):6-13. doi:10.12968/jpar.2020.12.1.6.

88. Galos P, Chevalley K, Larsen R, et al. Nordic physician-staffed prehospital services - organisation and preparedness for major emergency surgical procedures. Scand J Trauma Resusc Emerg Med. 2025;33:95. doi:10.1186/s13049-025-01416-0.

89. Bunyasaranand JC, Espino E, Rummings KA, Christiansen GM. Management of an entrapped patient with a field amputation. J Emerg Med. 2018;54(1):90-95. doi:10.1016/j.jemermed.2017.08.097.

90. Macintyre A, Kramer EB, Petinaux B, et al. Extreme measures: field amputation on the living and dismemberment of the deceased to extricate individuals entrapped in collapsed structures. Disaster Med Public Health Prep. 2012;6(4):428-435. doi:10.1001/dmp.2012.70.

91. Bosson N, Abo BN, Litchfield TD, et al. Prehospital Trauma Compendium: Management of the Entrapped Patient - a position statement and resource document of NAEMSP. Prehosp Emerg Care. 2024. doi:10.1080/10903127.2024.2413876.

92. Franz M, Dumont LB, Mumenthaler M, et al. Life-saving field amputation during the 2023 Türkiye earthquake: ethical, social, and legal implications beyond the complex medical and rescue procedures in the rubble. Disaster Med Public Health Prep. 2024;18:e131. doi:10.1017/dmp.2024.110.

93. Ghanbari V, Maleki A, Ghadimi E, et al. Lower limb amputation by emergency medical technicians: a case report from scene. Int J Emerg Med. 2026;19:147. doi:10.1186/s12245-026-01255-5.

94. Leech C, Porter K. Man or machine? An experimental study of prehospital emergency amputation. Emerg Med J. 2016;33(9):641-644. doi:10.1136/emermed-2015-204881.

95. Emmerich BW, Stilley JAW, Sampson CS, et al. Prehospital amputation: an experimental comparison of techniques. Am J Emerg Med. 2020;38(7):1305-1309. doi:10.1016/j.ajem.2019.09.002.

96. Baker R, Popieluszko P, Mitchell S, Baker S, Weiss W. Cadaveric prehospital amputation: which reciprocating saw blade offers the most efficient amputation? Prehosp Disaster Med. 2023;38(5):595-600. doi:10.1017/S1049023X23006283.

97. Khuraijam S, Shah S, Sorokhaibam J, et al. Emergency field amputation in a resource-limited setting: a case report. Int J Emerg Med. 2025;18:178. doi:10.1186/s12245-025-00986-1.

98. Pfister G, Milaire A. Existe-t-il une indication à la réalisation d'une amputation de membre en préhospitalier ? Médecine de Catastrophe - Urgences Collectives. 2025;9(4):274-278. doi:10.1016/j.pxur.2025.08.001.

99. Appelbaum RD, Yorkgitis B, Rosen J, et al. Trauma in pregnancy: a systematic review, meta-analysis, and practice management guideline from the Eastern Association for the Surgery of Trauma. J Trauma Acute Care Surg. 2025;99(2):298-309. doi:10.1097/TA.0000000000004661.

100. Leech C, Nutbeam T, Chu J, et al. Maternal and neonatal outcomes following resuscitative hysterotomy for out-of-hospital cardiac arrest: a systematic review. Resuscitation. 2025;207:110479. doi:10.1016/j.resuscitation.2024.110479.

101. Rajendran G, Mahalingam S, Ramkumar A, et al. Resuscitative hysterotomy and maternal and neonatal mortality in maternal cardiac arrest patients: a systematic review and meta-analysis. Can J Cardiol. 2026;42(4):850–860. doi:10.1016/j.cjca.2025.09.025.

102. Battaloglu E, Porter K. Management of pregnancy and obstetric complications in prehospital trauma care: prehospital resuscitative hysterotomy/perimortem caesarean section. Emerg Med J. 2017;34(5):326-330. doi:10.1136/emermed-2016-205979.

103. Larson NJ, Mergoum AM, Dries DJ, et al. Perimortem cesarean section after severe injury: what you need to know. J Trauma Acute Care Surg. 2024;97(5):670–677. doi:10.1097/TA.0000000000004444.

104. Aftab N, Halalmeh DR, Vrana A, et al. Enhancing maternal survival in traumatic cardiovascular collapse during pregnancy: a case series on resuscitative hysterotomy from a level 1 trauma center. Injury. 2025;56(1):111923. doi:10.1016/j.injury.2024.111923.

105. Shanahan TAG, Gabriel-Anyassor J, Kane SC, et al. Case series of resuscitative hysterotomy in pregnant trauma patients performed in the emergency department of a level one major trauma service. Emerg Med Australas. 2025;37(3):e70078. doi:10.1111/1742-6723.70078.

106. Farrugia R, Hardy C. Perimortem caesarean section in the pre-hospital setting: a case report and suggested changes to guidelines. J Emerg Crit Care Med. 2025;9:15. doi:10.21037/jeccm-24-132.

107. Kaye R, Shewry E, Reid C, Burns B. The obstetric caseload of a physician-based helicopter emergency medical service: case review and recommendations for retrieval physician training. Emerg Med J. 2014;31(8):665-668. doi:10.1136/emermed-2013-202422.