JOURNEES THEMATIQUES INTERACTIVES

LES DEFIS DU TRAUMATISME SEVERE

7-8-9 octobre 2026

Atelier 4 : Filières et modes de transport

Introduction : contexte épidémiologique et enjeu de santé publique 3

Fondements d'une filière trauma sévère 4

- Le concept de filière trauma 5
- Evaluation initiale de la gravité 6
- Définition des niveaux de soins des centres hospitaliers 7
- Orientation des patients vers le trauma centre approprié.....8
- Structuration, gouvernance et évaluation d'une filière trauma sévère et réseau trauma ..9

Défis et perspectives des filières trauma 11

- Sous-triage persistant 11
- Qui pour évaluer la gravité en préhospitalier ? 12
- Evolution de la prise en charge préhospitalière par un IPA mention urgences 12
- Enjeux des Grades C 14
- Place des modes de transports des traumatisés sévères 15
- Place de l'eFAST préhospitalier (extended Focus Assessment with Sonography for Trauma) dans le triage et l'orientation des patients. 16
- Filière inclusive ou exclusive ? 17
- Triage du futur et intelligence artificielle 18

Conclusion 18

Table 1. Critères de Vittel (2002) 19

Table 2. Grades ABC mise à jour 2024 (GITE). 20

Table 3. Critères de designation des Centres Hospitaliers pour la prise en charge des traumatisés sévères (region Auvergne-Rhône-Alpes- réseau Urg'ARA). 21

REFERENCES 22

Introduction : contexte épidémiologique et enjeu de santé publique

Les traumatismes sévères représentent un enjeu majeur de santé publique en France et dans le monde. Selon les données de Santé publique France, les traumatismes entraînent environ 40 000 décès chaque année en France, faisant de cette pathologie la première cause de mortalité chez les moins de 40 ans et la sixième cause de mortalité toutes tranches d'âge confondues.[1] À l'échelle mondiale, l'OMS estime que 4,4 million de personnes meurent chaque année de blessures accidentelles ou de violences, avec 20 à 50 millions de blessés dans des accidents de la route, dont beaucoup gardent des séquelles permanentes.[2,3]

Les traumatismes crâniens illustrent particulièrement cette gravité : ils représentent la première cause de mortalité accidentelle, et les séquelles (handicaps physiques, cognitifs ou psychologiques) pèsent lourdement sur la qualité de vie des survivants et sur le système de santé.[4,5]

En France, les chutes accidentelles (notamment chez les personnes âgées) et les accidents de la route représentent les deux premières causes de traumatismes sévères, avec une hausse continue des décès par chute (+20 % entre 2020 et 2024), notamment chez les personnes âgées.[6,7]

Historiquement, la prise en charge des patients traumatisés sévères a souvent été dispersée, avec des inégalités territoriales marquées dans l'accès à des soins spécialisés. Toutes les structures hospitalières, accueillant ces patients complexes, ne disposaient pas de certaines ressources spécialisées et de coordination pluridisciplinaire (urgentistes, chirurgiens, anesthésistes-réanimateurs, radiologues, etc.), pouvant entraîner des retards diagnostiques ou thérapeutiques, avec un impact direct sur la mortalité et la morbidité.

Face à ces constats, les filières ou réseaux trauma sévère ont émergé comme une réponse structurante. Inspirées des *trauma system* Nord-Américains, où les centres de traumatologie sont officiellement désignés, ces filières réduisent significativement la mortalité des patients gravement blessés.[8] Les filières trauma visent à organiser la prise en charge depuis le lieu de l'accident jusqu'à la réadaptation, en passant par les phases préhospitalière, hospitalière et post-hospitalière.

L'organisation repose sur trois piliers :

- L'identification de critère de gravité dès les lieux de l'accident permettant le triage des patients sévères.

- L'inventaire et la désignation des structures hospitalières en différents niveaux de soins en fonction de leur capacité.
- Le transport direct des patients vers les structures adaptées.

Cette organisation formelle à un niveau régional a permis de réduire de 15 à 20% la mortalité des traumatisés sévères dans les pays qui l'ont mise en place.[9]

En France, le déploiement de filières trauma s'est appuyé sur les structures existantes et centré sur les SAMU et les centres hospitaliers universitaires et généraux en capacité de prendre en charge ces patients. Historiquement, le Réseau Nord Alpin des Urgences a mis en place la première filière trauma sévère en 2009 en France avec le TRENAU.[10] Plusieurs régions françaises ont suivi en proposant des organisations structurées. Une proposition de canevas à un niveau national a été proposé par le groupement d'intérêt pour la traumatologie vitale.[11]

La chaîne de survie du traumatisé repose sur des étapes critiques : reconnaissance précoce de la gravité, triage efficient et orientation vers des structures adaptées.[12]

Malgré les progrès effectués, tous les territoires français ne disposent pas d'organisation formelle et de nombreux défis restent à relever.

Ce document a pour objectif de décrire les fondements des filières trauma, d'analyser les résultats obtenus, d'énoncer les défis à relever et les perspectives à venir avec le développement de nos systèmes de soins et des nouvelles technologies.

Fondements d'une filière trauma sévère

La Société Française de Médecine d'Urgence (SFMU) et SAMU de France ont dédié plusieurs conférences concernant le trauma sévère et les filières trauma. En 2002, la conférence de Vittel permettait de définir les « critères de Vittel » définissant le patient traumatisé sévère.[13] En 2010, les journées thématiques interactives de Clermont-Ferrand ont défini les contours d'un réseau trauma au travers de l'exemple du TRENAU en définissant des niveaux de soins en fonction des ressources disponibles dans les centres hospitaliers et une gradation de la sévérité des patients : Grade A, B et C.[14] En 2021, les journées thématiques de Lille sur les filières de soins d'urgences, permettaient de décrire l'évolution des filières trauma en France et de préciser un cahier des charges en termes de niveaux de soins pour les centres hospitaliers et en termes d'évaluation initiale de la gravité.[15]

- **Le concept de filière trauma**

Le concept de trauma centre anglo-saxon inclut qu'un hôpital soit en mesure de traiter toutes les lésions traumatiques présentées par un patient sans nécessité de recourir à un transfert interhospitalier. Il s'agit le plus souvent de centre hospitalier tertiaire hautement spécialisé universitaire ou non, civil ou militaire. L'existence de tel trauma centre n'est toutefois pas assurée dans tous les territoires et dans un délai de transport compatible avec la survie du patient et la disponibilité des ressources préhospitalières pour d'autres interventions. De plus, les centres hospitaliers tertiaires ne peuvent pas assurer l'admission de tous les patients traumatisés sous peine d'une saturation de ces ressources spécialisées. C'est l'adéquation entre les besoins thérapeutiques des patients, la répartition géographique et la disponibilité des ressources spécialisées qui justifie de structurer une filière trauma ou un réseau trauma afin d'organiser les soins des patients traumatisés au niveau d'un territoire donné. Les patients présentant les lésions les plus sévères devront être traités dans des trauma centres régionaux, alors que les patients moins sévèrement lésés pourront être traités de façon appropriée dans l'hôpital général le plus proche afin de préserver les ressources spécialisées préhospitalières et intrahospitalières. En somme, il s'agit d'orienter le bon patient dans le bon endroit et dans le temps approprié.

Pour s'assurer du bon fonctionnement de filière trauma, il convient de définir le sous-triage et le sur-triage.

Le ***sous-triage*** est le fait de ne pas reconnaître la sévérité des lésions d'un patient et de l'orienter dans un centre hospitalier qui n'est pas adapté à sa prise en charge. On peut définir le sous-triage par le taux de faux négatifs de la filière. Les conséquences sont une perte de chance pour le patient avec un risque vital ou fonctionnel.

Le ***sur-triage*** est le fait de considérer un patient comme sévèrement blessé et de l'orienter vers des ressources hautement spécialisées alors que le patient ne présente aucune lésion sévère. On peut définir le sur-triage par le taux de faux positif. Les conséquences ne sont pas à l'échelle individuelle d'un patient, mais sur la saturation des ressources spécialisées qui pourraient faire défaut pour d'autres patients.

Le concept de filières trauma sévère est devenu universel et des organisations dédiées à la prise en charge des traumatisés sévères ont été implantées dans la quasi-totalité des pays à haut

niveau de revenu : en Amérique du Nord, en Europe, au Japon, en Corée. En Chine, le développement de filières trauma est récent et massif.[16] En Afrique sub-saharienne, les filières trauma sont balbutiantes avec des disparités importantes entre les zones urbaines et rurales.[17] Seul l'Afrique du Sud a mis en place un système organisé depuis de nombreuses années. En Amérique du Sud, La Colombie et le Brésil ont été des précurseurs des filières trauma avec des organisations et des programmes de formations chirurgicaux de haut niveaux.[18]

L'efficacité de ces filières a été évalué depuis le début des années 2000, notamment en Amérique du Nord. De nombreuses publications mettent en évidence un bénéfice sur la mortalité de 15 à 20%.[9,19–21] La totalité des études publiées reste toutefois de faible niveau de preuve incluant uniquement des données observationnelles.[22] Même si le bénéfice sur la mortalité peut-être difficile à mettre en évidence, l'amélioration de la qualité des soins engendré représente également un atout.[23] En France, les données d'évaluation des filières trauma se résume aux données du TRENAU dans le Nord des Alpes avec une diminution du sous-triage et de la mortalité.[10,24,25]

- **Evaluation initiale de la gravité**

L'évaluation initiale du patient traumatisé sur les lieux de l'accident est essentielle pour orienter de façon appropriée les patients en fonction de leur niveau de gravité. Historiquement, les critères de Vittel publié en 2002 ont permis de définir un patient traumatisé sévère en présence d'un de ces critères (table 1). Ces critères incluent des facteurs de risque la plupart mis en évidence par des études observationnelles menés dans les années 90 et sont repris dans la plupart des algorithmes de tri en Amérique du Nord et en Europe. Ces critères ont peu évolué pendant ces 20 dernières années et les critères de Vittel n'ont jamais été mis à jour. Ils ont été intégrés dans les Grades du TRENAU édités en 2009.[10] Les grades combinent les critères de Vittel avec une classification des détresses vitales instable- stabilisé-stable pour définir trois niveaux de gravité. Le grade A inclut les patients instables avec coma, détresses hémodynamiques ou respiratoires ne répondant pas à la réanimation préhospitalière. Le grade B inclut les patients qui ont été stabilisé par la réanimation préhospitalière ou qui présentent des lésions anatomiques de gravité. Le grade C inclut les patients stables qui présentent des critères anamnestiques de gravités. Depuis 2009, les grades ont été repris par la majorité des filières trauma mise en place dans les régions françaises. Le groupement d'intérêt en traumatologie (GITE) comprenant des experts français de la traumatologie ont recommandé son utilisation pour l'évaluation de la gravité initiale des patients traumatisés.[11] Les critères des grades

TRENAU ont évolué au cours de ces deux dernières décennies en intégrant un seuil à 100 mmHg pour l'hypotension et la présence de deux fractures d'os longs pour témoins d'une cinétique élevée.[26] En fonction des particularités régionales, des modifications de certains critères peuvent être retrouvés localement. De nombreux algorithmes de triage trauma ont été décrit dans les pays ou régions ayant implémentés des filières trauma. Ils incluent globalement les des critères de gravité similaires. L'originalité des Grades ABC est de combiner les critères de gravités avec la présence d'une détresse vitale et la réponse à la réanimation pour définir 3 grades différents de gravité permettant à l'évaluation initiale d'avoir une meilleure spécificité. La méta-analyse de Gianola et al. inclut les algorithmes de triage trauma et différents scores de triage de 1966 à novembre 2019.[27] Les grades ABC et le 'field triage decision scheme' du collège américain de chirurgie (ACS-COT) présentent la meilleure discrimination pour identifier les patients sévèrement blessés (défini par un Injury Severity Score (ISS) > 15). Les autres outils de tri tel que les critères de Vittel seuls, le MGAP, le T-RTS présentent tous des sensibilité et spécificité inférieures sur l'identification du patient trauma sévère avec ISS > 15. Une étude prospective de Bagnato et al a comparé les deux algorithmes les plus performants : Grades ABC et ACS-COT dans le trauma system de Lombardie en Italie.[28] Si la sensibilité de l'algorithme américain était supérieure à celui des Grades ABC, le taux de sous-triage était faible : 1% pour l'ACS-COT et 3.9% pour les Grade ABC. En revanche, le taux de sur-triage de 23% pour les Grades ABC était nettement meilleur que celui de l'ACS-COT à 59%. Les auteurs concluaient que les Grades ABC présentaient un avantage en réduisant le sur-triage, consommateur de ressources spécialisées, et étaient plus adaptés à un system préhospitalier médicalisé.

- **Définition des niveaux de soins des centres hospitaliers**

Afin de s'assurer qu'un patient puisse être traité de façon appropriée, il convient d'établir un cahier des charges auquel les centres hospitaliers doivent répondre. Etant donné que les ressources hautement spécialisées ne sont pas disponibles partout, la filière trauma a la charge de structurer différents niveaux de soins permettant de répondre aux besoins en soins sur un territoire donné. On distingue classiquement trois niveaux de soins.

Le niveau I correspond au trauma centre et est capable de traiter tous types de lésions même les plus rares grâce à son plateau technique hautement spécialisé. La présence de neurochirurgie, de radiologie interventionnelle, de service de réanimation et de toutes les spécialités chirurgicales doit être assurée 7 jours sur 7, H24. Ces centres doivent être reconnus

en termes de recherche et d'enseignement dans le domaine de la traumatologie vitale et présenter un volume d'admission de patients traumatisés sévères (ISS>15) important.

Le niveau II correspond également à un trauma centre et est capable de traiter toutes types de lésions. Toutefois, il peut être amené à transférer des patients avec des lésions rares et complexes dans un trauma centre régional de niveau I. La présence de radiologie interventionnelle est essentielle pour pouvoir effectuer un contrôle des lésions hémorragiques. La présence de neurochirurgie n'est pas requise. La concertation au niveau d'un territoire entre les centres de niveau I et de niveaux II devra intégrer et planifier les accès aux ressources neurochirurgicales. Certaines spécialités chirurgicales pourront être absente ou non disponible 24/7. Ces centres de niveau II sont justifiés dans des régions très éloignés d'un niveau I et/ou la densité de populations est importante (permanente ou saisonnière). La participation de ces centres à des projets de recherche et à de l'enseignement est vivement encouragé afin de maintenir la qualité des soins.

Le niveau III est un centre hospitalier général dit 'trauma centre de proximité'. Il accueille les traumatisés sans détresse vitale afin de réaliser un bilan exhaustif des lésions et de traiter les lésions simples. La présence d'un service de radiologie avec l'accès à un scanner performant H24 est impérative. Les niveau III permettent de diminuer le sous-triage en identifiant précocement des lésions complexes sans retentissement vital immédiat et de diminuer le sur-triage dans le trauma centres régionaux. Toutefois, ces centres doivent être en mesure d'initier une transfusion et des soins de réanimation avancée en cas de dégradation de l'état d'un patient et d'être en mesure de réaliser un transfert rapide vers un centre de niveau I.

Il n'existe pas de cahier des charges parfait correspondant aux besoins de tous les territoires. A titre d'exemple, nous présentons les critères de niveaux de soins de la région Auvergne-Rhône-Alpes (table 3). Des adaptations régionales peuvent ou doivent être faites de façon pragmatique pour structure une filière fonctionnelle.

- **Orientation des patients vers le trauma centre approprié**

Les patients les plus sévères Grades A et B doivent être orientés vers les trauma centre de niveau I ou II en prenant en compte le temps de transport jusqu'à ce dernier. Le bénéfice pour les patients les plus sévères, bien qu'empiriquement évident, a été démontré dans plusieurs études.[19,29–33] Plus spécifiquement, le transport direct du patient sévère dans un trauma centre désigné et organisé pour la prise en charge des traumatisés sévère améliore la survie.[34,35] En France, le transport direct au trauma centre niveau I des patients par

hélicoptère permettait de diminuer le sous-triage et la mortalité de 30% dans le TRENAU.[24] En île de France, Hamada et al. ont comparé la mortalité des patients victimes d'un accident de la route transportés directement dans un des six trauma centres parisiens versus des patients initialement admis dans d'autres centres et transférés secondairement dans ces mêmes trauma centres. Les auteurs n'ont pas observé de différence statistiquement significative en termes de mortalité. Toutefois, la puissance statistique de l'étude était trop faible pour mettre en évidence une différence et l'absence de données concernant les patients non transférés peut conduire à un biais de survie empêchant toute comparaison. Dans cette étude, les caractéristiques des patients transférés secondairement semblaient correspondre pour une majeure partie à des patients plus âgés avec des critères de grade C ne présentant pas de détresse vitale immédiate. L'absence d'impact sur les patients évident sur la mortalité justifie l'admission dans un trauma centre de proximité (niveau III) pour réaliser un bilan complet à l'aide d'un scanner corps entier pour réaliser un triage secondaire. Une étude d'une filière trauma des Pays-Bas ne retrouvait pas non plus de différence de mortalité entre les patient admis directement ou secondaire dans un trauma centre avec des caractéristiques similaires à l'étude parisienne avec des patients correspondant à des grades C.[36] Pour résumé, les patients les plus sévères Grade A et Grade B doivent être admis directement dans un trauma centre niveau I ou dans certains territoires en niveau II. Les patients stables grade C doivent être admis dans le trauma centre le plus proche, niveau I, II ou III.

- **Structuration, gouvernance et évaluation d'une filière trauma sévère et réseau trauma**

Il convient de différencier la filière trauma du réseau trauma. La filière trauma est une organisation fonctionnelle permettant de définir les critères et les choix d'orientation des patients traumatisés sévères. La filière peut exister seule de façon autonome ou à l'intérieur d'un réseau de soin. Le réseau est une structure administrative en charge de l'organisation de la filière, de son évaluation et de son financement. La plupart des filières trauma en France sont structurés autour de la médecine d'urgence en association avec les acteurs des trauma centre en charge des déchocage spécialisé trauma. Deux modèles existent. Le premier inclut des réseaux indépendants de médecine d'urgence, comme historiquement avec le Réseau Nord Alpin des Urgences et plus tard avec les réseaux de la région Auvergne-Rhône-Alpes. Le second modèle est administré par les Agences Régionales de Santé (ARS) qui réunit les professionnels de santé en charge de mettre en place la filière souvent avec des statuts de groupement

d’intérêt public. Dans ces cas, les observatoires régionaux des Urgences (ORU) et les collèges régionaux de médecine d’urgence constitue les principales ressources pour ces filières en termes d’expertise et d’évaluation. Quel que soit le modèle choisi, l’animation d’une filière trauma repose essentiellement sur le facteur humain. La constitution d’un groupe de personnes motivées et partageant le même objectif est souvent le seul facteur de réussite pour tisser les liens entre les acteurs de terrain et avec les autorités de santé.

Une des clefs de la réussite d’une filière trauma est son évaluation et la publication des résultats d’évaluation auprès des acteurs de terrain. La mise en place d’un registre de pratique est une étape incontournable pour s’assurer du bon fonctionnement et des évolutions futures à entreprendre. Les variables à collecter dans un registre ont été standardisées dans un modèle dit Utstein major trauma.[37] En France, la TraumaBase initialement instaurée en Ile de France inclut actuellement les données de plusieurs régions françaises. Le registre historique du Trenau est maintenant intégré dans la TraumaBase. Même si la TraumaBase a initialement été conçue comme une base de données de Centres Hospitaliers Universitaires destinée à la recherche, son évolution en fait un outil existant pour le suivi et l’évaluation des filières trauma. Il convient de s’assurer que l’ensemble des acteurs d’un territoire puissent saisir ces données dans la TraumaBase pour obtenir une vision complète de la filière. La seule inclusion des données des trauma centre de niveau I est insuffisante pour pouvoir évaluer le fonctionnement des filières trauma. Les paramètres utiles au pilotage des filières trauma comprennent le nombre de patient grade ABC et non gradé en préhospitalier, le taux de sous-triage et de sur-triage, la mortalité globale.

Défis et perspectives des filières trauma

- **Sous-triage persistant**

Même si les Grades ABC semblent l'outil de triage le plus performant et le plus approprié dans un système préhospitalier médicalisé, un sous-triage persiste dans certaines situations et des inégalités existent pour certaines populations.

Les décès par hémorragies représentent la première cause de décès évitable.[38–40] L'évaluation initiale par les grades ABC accordant une place importante à la défaillance hémodynamique immédiate et aux mécanismes lésionnels ne permet pas de prédire spécifiquement le risque hémorragique, notamment pour les patients avec un risque bas ou intermédiaire.[41] Des outils spécifiques ont été développés pour prédire le risque hémorragique. Plusieurs scores prédisant la transfusion massive ont été développés (ABC score, TASH, Shock index, etc…). Tous les scores prédisant une pratique médicale telle que la transfusion massive, susceptible d'évoluer sur le temps en fonction des changements de pratique, présentent une performance discriminative mauvaise et ne sont d'aucune utilité clinique, à part pour prédire une hémorragie évidente cliniquement.[42] A notre connaissance, un seul modèle pronostique prédisant le décès hémorragique a été développé et validé : Le **Bleeding Audit Triage Trauma score (BATT)**.[43] Son utilisation permet de stratifier le risque hémorragique en faible, intermédiaire et haut risque et d'apporter un complément d'information aux grades ABC et de cibler les patients nécessitant une administration précoce d'acide tranexamique.[44] Le **Mechanism, Glasgow coma scale, Age and Arterial pressure score (MGAP)** a démontré une excellente performance sur la prédiction du décès précoce à 24 heures permettant également la stratification du risque en plusieurs niveaux.[45] Tous les autres scores existants n'apportent que peu d'utilité clinique soit par des performances discriminatives faible, soit par l'absence de validation externe ou encore par le choix d'outcome de faible utilité clinique.

Nous observons également des inégalités liées au genre, à l'ethnie et à l'âge avec un sous-triage et des traitements insuffisants.[46–48] Les femmes et les personnes âgées sont moins souvent transportés dans un trauma centre.[49,50] Les traitements en préhospitaliers sont souvent insuffisants pour les femmes, notamment en terme de remplissage et d'administration d'acide tranexamique suggérant une sous identification des cas des hémorragies vitales chez les femmes.[51,52] Une étude anglaise sur plus de 200,000 patients traumatisés à montré que les

femmes recevaient deux fois moins d'acide tranexamique que les hommes en préhospitalier stratifié sur le risque hémorragique.[53] L'exemple de l'acide tranexamique permet d'établir des hypothèses expliquant ces disparités. Une étude qualitative sur les paramedics anglais a montré que ces derniers utilisent principalement le mécanisme lésionnel pour simplifier la prise de décision.[54] Le contexte préhospitalier obligeant à une prise de décision rapide avec peu d'information encourage l'utilisation de biais implicite dans la prise de décision. Les mécanismes lésionnels étant différents entre les hommes et les femmes, les hommes seraient évalués comme plus sévère du fait de mécanisme lésionnel à haute énergie ou de traumatisme pénétrant indépendamment des variables physiologiques et des critères anatomiques. L'utilisation de trauma score objectif laissant moins de place aux mécanismes lésionnels tels que le BATT score et le MGAP pourrait diminuer ces inégalités chez les femmes et les personnes âgés.

- **Qui pour évaluer la gravité en préhospitalier ?**

Le triage utilisant les Grades ABC nécessite une évaluation spécialisée. Le diagnostic de lésions thoraciques, du bassin et les déficits neurologiques implique un niveau d'expertise qui ne peut pas être effectuer par du personnel secouriste niveau BLS. La médicalisation préhospitalière par les SMUR disponibles sur le territoire français permet d'apporter ce niveau d'expertise sur les lieux de l'accident et d'améliorer leur orientation.[10,55] Pour ces patients, le transport rapide dans le centre hospitalier le plus proche n'est pas approprié et entraine une surmortalité.[35] Plusieurs systèmes préhospitaliers dans le monde ne proposent pas de médicalisation préhospitalière avec un médecin urgentiste, mais un système d'Advanced life support. En France, les infirmiers en pratique avancée (**IPA**) sont à même d'apporter une expertise clinique et la réalisation de gestes d'urgence, notamment pour les patients les plus nombreux et stables : les Grades C.

- **Evolution de la prise en charge préhospitalière par un IPA mention urgences**

La prise en charge des traumatisés sévères de grade C constitue un défi majeur en médecine préhospitalière. Ces patients ne présentent pas nécessairement de détresse vitale immédiate, mais peuvent être porteurs de lésions graves dont le diagnostic précoce conditionne leur

orientation vers un centre de traumatologie adapté. Dans ce contexte, l'intégration d'un Infirmier en Pratique Avancée (IPA) mention Urgences au sein des équipes préhospitalières représenterait une évolution pertinente de l'organisation des soins.

L'exercice de l'IPA est défini par les articles L.4301-1 à L.4301-2 du Code de la santé publique ainsi que par les articles R.4301-1 à R.4301-13, qui reconnaissent à l'IPA des compétences cliniques élargies en matière d'évaluation, d'orientation, de prescription et de réalisation d'actes techniques. Le décret n° 2025-55 du 20 janvier 2025 a renforcé ces compétences en ouvrant l'accès direct aux IPA et en leur permettant d'effectuer des primo-prescriptions dans les conditions fixées par voie réglementaire.

Ces compétences sont précisées par l'arrêté du 18 juillet 2018 fixant les listes permettant l'exercice infirmier en pratique avancée en application de l'article R.4301-3 du Code de la santé publique, modifié notamment par l'arrêté du 25 avril 2025. Ce dernier actualise les annexes relatives aux actes techniques, aux prescriptions et crée les annexes VI et VII, qui définissent les produits de santé et prestations pouvant faire l'objet d'une primo-prescription par les IPA, y compris dans le domaine d'intervention « Urgences ».

Dans un contexte préhospitalier, l'IPA ne se limite pas à la réalisation d'actes techniques. Sa plus-value réside avant tout dans sa capacité à conduire un raisonnement clinique complet, fondé sur un interrogatoire structuré, un examen clinique approfondi (inspection, palpation, percussion, auscultation), l'analyse des mécanismes lésionnels, des constantes vitales et de l'évolution clinique. Cette démarche permet d'identifier les patients présentant un risque de traumatisme grave malgré une présentation initiale peu bruyante, situation typique des polytraumatisés de grade C.

L'IPA peut intervenir sur différents motifs de recours définis dans son référentiel d'exercice, notamment les douleurs thoraciques, les douleurs abdominales, la dyspnée, les traumatismes ou les douleurs aiguës. Ces situations correspondent précisément aux tableaux cliniques fréquemment rencontrés lors de traumatismes fermés ou pénétrants et justifient pleinement son intervention dans la phase préhospitalière.

L'une des principales plus-values de l'IPA Urgences est la possibilité de réaliser une échographie clinique ciblée (FAST – Focused Assessment with Sonography for Trauma). Intégrée à l'examen clinique, cette échographie permet de rechercher rapidement un épanchement intrapéritonéal, un hémopéricarde ou un hémothorax et d'orienter la stratégie de prise en charge. Chez un patient

stable sur le plan hémodynamique mais présentant une FAST positive, l'orientation directe vers un trauma center peut être décidée plus précocement, limitant ainsi les pertes de chance liées à un passage dans un établissement ne disposant pas d'un plateau technique adapté.

L'IPA dispose également de compétences techniques permettant la réalisation de gestes thérapeutiques d'urgence lorsqu'ils sont indiqués, notamment la décompression d'un pneumothorax suffocant, ainsi que d'autres actes techniques prévus dans son référentiel réglementaire. Ces gestes permettent de traiter immédiatement certaines défaillances vitales avant le transport vers l'établissement de santé.

Par ailleurs, les nouvelles dispositions réglementaires relatives à la primo-prescription constituent une avancée importante pour la prise en charge préhospitalière. L'IPA peut désormais initier les traitements nécessaires dès le premier contact avec le patient, conformément aux annexes VI et VII de l'arrêté du 18 juillet 2018 modifié par l'arrêté du 25 avril 2025. Cette compétence présente un intérêt majeur dans le cadre du polytraumatisme, notamment pour l'instauration rapide d'une analgésie adaptée, y compris par l'utilisation d'antalgiques opioïdes de palier III qui figurent dans son champ de prescription réglementaire. Une prise en charge antalgique précoce participe à la diminution du stress physiologique, améliore le confort du patient et facilite la réalisation de l'examen clinique ainsi que des gestes diagnostiques et thérapeutiques.

Ainsi, l'intervention de l'IPA mention Urgences dans la prise en charge préhospitalière du polytraumatisé de grade C ne repose pas uniquement sur la réalisation d'actes techniques. Elle s'appuie sur une véritable expertise clinique permettant d'associer examen clinique avancé, échographie FAST, primo-prescription, analgésie précoce et réalisation de gestes d'urgence. Cette approche globale améliore la qualité du triage préhospitalier, favorise l'identification des traumatismes graves occultes et contribue à orienter précocement les patients vers le centre de traumatologie le plus adapté. Une telle organisation permettrait d'optimiser le parcours de soins des polytraumatisés, de réduire les délais d'accès aux traitements spécialisés et, potentiellement, d'améliorer leur pronostic.

- **Enjeux des Grades C**

Les grades représentent environ 40 à 50% des patients considérés traumatisés sévères à l'évaluation initiale. Ces patients représentent un ensemble hétérogène de patients stables sans lésions évidentes de gravité. L'objectif pour ces patients est d'identifier le plus rapidement possible, ceux qui présente une lésion potentiellement vitale. Il convient de réaliser un triage secondaire avec une évaluation médicale approfondie. L'examen clinique préhospitalier et à l'accueil au déchocage ne permet pas d'identifier des lésions vitales.[56] Plus de 50% des lésions hémorragiques du thorax et de l'abdomen ne sont pas identifiés par l'examen clinique. Le recours a une imagerie médicale s'impose pour rechercher une source de saignement potentielle. Le scanner corps entier représente actuellement le gold standard pour le bilan du patient traumatisé sévère stable ou stabilisé.[57] Une étude du CHU de Grenoble-Alpes a observé que 36% des patients grade C présentaient au scanner corps entier une lésion sévère selon la classification Abbreviated Injury Scale (AIS≥3).[58] Dans cette étude, l'examen clinique n'était pas en mesure d'identifier de façon fiable l'existence d'une lésion vitale. En revanche, les patients présentant un examen clinique strictement normal ne présentaient pas de lésion grave (AIS ≥3) au scanner. Les patients grade C représentent un enjeu majeur du fait de leur nombre et du nombre substantiel de lésions graves qu'ils peuvent présenter. Du fait de leur volume important, la prise en charge initiale dans les seuls trauma centres de référence produirait une saturation des ressources spécialisés. Le rôle des trauma centre de 'proximité' niveau III est essentiel pour effectuer un triage secondaire et y référer les patients qui nécessitent une prise en charge spécialisé. Les innovations en terme de radiologie concernant la réduction de dose permettent de poursuivre cette stratégie en minimisant le risque d'irradiation.[59]

- **Place des modes de transports des traumatisés sévères**

L'intégration des modes de transport d'un patient traumatisé sévère dans une filière trauma doit prendre en compte l'existence et la disponibilité des vecteurs sanitaires, la répartition des trauma centres, ainsi que le contexte géographique global au niveau d'un territoire. Le bénéfice pour un patient traumatisé d'un transport héliporté par rapport à une ambulance terrestre est difficile à déterminer dans l'absolu même si un bénéfice semble exister dans plusieurs organisations de soins.[60] Le bénéfice d'un transport héliporté peut correspondre à des effets différents en fonction des systèmes. En Amérique du Nord, la différence entre le niveau de soins de base des ambulances (Basic life Support : BLS) et la médicalisation par des urgentistes médecins ou paramédics avancés (Advance life Support : ALS) est importante et conduit le plus souvent à un effet de la médicalisation.[61] En France, où le niveau de médicalisation est

identique sur le territoire, le bénéfice est associé à la possibilité de transporter le patient dans un centre de référence. L'étude du Trenau dans les Alpes française a observé un diminution de la mortalité avec le transport héliportés de patients médié par une diminution du sous-triage.[24] Il semble que les SMUR de proximité savent qu'un patient sévèrement blessé doit bénéficier d'un transport vers un trauma centre de niveau I, mais ils ne sont pas en capacité d'effectuer un transport routier les laissant indisponibles pendant plusieurs heures. En somme, l'hélicoptère n'est pas forcément un moyen plus rapide d'intervenir, mais un moyen de transporter le patient plus loin. En revanche, cette même étude démontre que la diminution de la mortalité ne survient qu'en cas de déclenchement immédiat du moyen héliporté. Le bénéfice sur la mortalité n'est pas retrouvé lorsqu'un hélicoptère est déclenché secondairement. L'étude FIRST de Desmettre et al. a également montré un bénéfice sur la mortalité de l'hélicoptère pour les patients transférés en trauma centre de niveau I comparativement aux ambulances routières.[62] Cette étude qui n'incluait pas de patients pris en charge dans d'autres niveaux de centre, ne pouvait pas mettre en évidence une médiation de l'effet sur l'orientation du patient. Selon les auteurs, l'effet observé serait probablement consécutif à un niveau d'expertise plus importante de ces équipes.[63] Le transport héliporté présente des avantages certains mais il doit être intégré dans un système structuré des urgences et de la filière trauma afin de déterminer les critères de déclenchement et d'orientation. Une réflexion entre les autorités sanitaires et les responsables de la filière trauma doit être effectuée afin de d'établir un plan territorial ou régional des transports de patients critiques.

L'aspect environnemental doit également être pris en compte. Les émissions de CO_2 produites par les hélicoptères de secours sont substantielles.[64] Une mission avec 50 minutes de vol (20 minutes pour se rendre sur les lieux, 20 minutes de transport et 10 minutes pour rentrer à la base) émet 720 Kg de CO_2 sans compter les couts environnementaux de construction et d'entretien, soit quasiment l'impact d'un aller simple Paris- New-York.

- **Place de l'eFAST préhospitalier (extended Focus Assessment with Sonography for Trauma) dans le triage et l'orientation des patients.**

En préhospitalier, l'eFAST présente une faible sensibilité avec une spécificité élevé rendant cet examen intéressant pour le 'rule-in' (capacité d'un test à confirmer de façon certaine la présence de la maladie). Il apporte une information supplémentaire permettant de classifier certains grades C en grades B.[65] L'eFAST influence orientation dans 13 à 71% des cas, la communication avec l'hôpital receveur dans 45 à 52% des cas, et la gestion du transport dans

52 à 86% des cas.[66] Cette information préhospitalière permet d'orienter vers un centre de traumatologie approprié et d'alerter précocement l'équipe accueillant le patient au trauma centre. En prenant en compte l'existence d'une lésion en préhospitalier, l'eFAST pourrait diminuer le délai pour l'admission du patient et le délai pour le bloc opératoire de quinte minute.[67] Malgré son utilité, l'eFAST préhospitalier présente des limites importantes chez les patients stables. La faible sensibilité signifie qu'un eFAST négatif ne doit pas rassurer et ne dispense pas d'une évaluation tomodensitométrique complète à l'hôpital.[65] Toutefois, la formation des équipes préhospitalières doit être assurée. Une étude concernant des paramedics a démontré qu'ils peuvent réaliser des examens eFAST avec une sensibilité de 80% et une spécificité de 95,8% après formation appropriée.[68] Cette étude suggère que les paramedics peuvent effectuer des eFAST de manière fiable avec une haute précision diagnostique, ce qui pourrait améliorer les soins traumatologiques en réduisant le délai jusqu'à l'intervention chirurgicale.

- **Filière inclusive ou exclusive ?**

Deux modèles de filières trauma existent. Les filières dites inclusives où tous les centres hospitaliers d'un territoire sont inclus, comme dans l'exemple du TRENAU. Les centres sont désignés en fonction de leur capacité de niveau I à III. Les centres qui ne peuvent pas assurer le cahier des charges ne sont pas désignés et ne sont pas à même de recevoir des patients traumatisés sévères et gradé ABC. L'avantage de ce modèle est d'assurer une continuité sur l'ensemble du territoire et de répartir les patients en fonction de leur gravité initiale, de leur positionnement géographique et de la capacité du centre le plus proche. L'inconvénient est que ce modèle fait appel à un niveau de collaboration et de confiance entre les intervenants qui prennent du temps à se construire. Le second modèle est le modèle exclusif. Un seul trauma centre de niveau I est désigné pour un territoire donné et tous les patients traumatisés sévère doivent être adressés à ce centre. L'île de France a désigné 6 trauma centres niveau I à Paris et l'ensemble des patients d'Île-de-France sont admis dans ces centres. L'avantage est une coordination simplifiée avec un nombre d'acteurs réduit. L'inconvénient est que la filière n'est pas en mesure d'évaluer les flux de patients traumatisés sévères qui ne sont pas admis dans les trauma centres niveau I. Il n'est pas possible de déterminer quel modèle est le plus approprié. La filière inclusive est plus adaptée à une région étendue avec communautés urbaines denses et des territoires ruraux distant. La filière exclusive peut-être envisagé dans des espaces urbains restreints fortement peuplés. Toutefois, très peu de systèmes dans le monde ont adopté un modèle de filière exclusive.

- **Triage du futur et intelligence artificielle**

De nombreux modèles à partir de machine learning comme les XG boost, random forest, deep neural network considérés comme des formes d'intelligence artificielle ont été développés pour le triage des traumatisés sévères.[69] Leurs avantages résident dans la possibilité de traiter des données volumineuses, de gérer la non-linéarité des variables et de prendre en compte les interactions automatiquement. En théorie, ces modèles sont en mesure d'améliorer la discrimination et les performances prédictive d'un modèle. Toutefois, l'absence de supervision des modèles peut également conduire à des prédictions biaisées ou difficile à valider.[70] Bien que prometteur, aucun de ces modèles ne peuvent être recommandés actuellement dans le domaine du trauma, surtout en l'absence de validation externe.[71] Une étude française TRAUMATRIX propose de valider de façon prospective des modèles prédictifs d'IA à partir des centre de régulation des SAMU. Les études pilot de ce projet ne montre pas de supériorité des modèles de machine learning par rapport aux modèles classiques et à l'expertise humaine.[72,73]

Conclusion

La filière trauma sévère de demain doit être en mesure d'intégrer les principes du triage préhospitalier basé sur l'évaluation de la gravité par les grades ABC, l'orientation dans différents niveaux de centres avec les contraintes et les avancées technologiques. Les innovations thérapeutiques incluant les traitement hybrides chirurgicaux et radio-interventionnels imposent de reconnaître au plus vite les besoins des patients afin de les orienter de façon plus précise. Le rôle des centres experts est essentiel, mais ne représente qu'un faible volume par rapport à l'ensemble des patients traumatisés. Les enjeux de santé publique doivent renforcer le rôle diagnostique des centres hospitaliers généraux pour identifier les quelques patients bénéficiant d'une prise en charge ultraspécialisée parmi l'ensemble des patients grade C. L'utilisation de modèle pronostique classique ou de machine learning dans le futur permet d'améliorer les performances du triage et peut-être de minimiser les biais de genre, d'âge ou d'ethnie liés à nos biais implicites.

Table 1. Critères de Vittel (2002)

Signes Vitaux
GCS < 13 PAS < 90 mmHg SpO2 < 90% Gravité extrême : GCS=3 ; PAS < 65mmHg ; SpO2 < 80% ou imprenable
Eléments indiquant une cinétique violente
Ejection d'un véhicule Autre passager décédé dans le même véhicule Chute > 6 m Victime projetée ou écrasée Appréciation globale (déformation du véhicule, vitesse estimée, absence de casque, de ceinture de sécurité) Blast
Lésions anatomiques
Traumatisme pénétrant de la tête, du cou, du thorax, de l'abdomen, du bassin, du bras ou de la cuisse Volet thoracique Brûlure sévère, inhalation de fumée Fracture du bassin Suspicion d'atteinte médullaire Amputation au niveau du poignet, de la cheville ou au-dessus Ischémie aiguë d'un membre
Thérapeutiques
Ventilation assistée Remplissage < 1000 ml Catécholamines Pantalon antichoc gonflé
Signes de gravité liés au terrain
Age > 65 ans Insuffisance cardiaque, coronarienne, respiratoire Grossesse (2e et 3e trimestre) Trouble de la crase sanguine

GCS : Glasgow Coma Scale ; PAS : Pression Artérielle Systolique ; SpO2 : saturation oxygène

Table 2. Grades ABC mise à jour 2024 (GITE).

GRADE A	**Instable malgré la réanimation**
	- Hypoxémie persistante (SpO2 < 93%) malgré la réanimation - Hypotension artérielle persistante (PAS < 100 mmHg) malgré la réanimation - Utilisation de vasopresseurs - Trauma crânien sévère (GCS ≤ 8 ou GCS-M ≤5)
GRADE B	**Stabilisé après réanimation ou lésions anatomiques sévères**
	- Hypoxie améliorée (SpO ≥ 93%) après réanimation - Hypotension artérielle améliorée (PAS ≥ 100 mmHg) après réanimation - Traumatisme crânien 9 ≤ GCS ≤ 13 - Traumatisme pénétrant (tête, cou, thorax, abdomen, membre au-dessus genou et coude) - Traumatisme thoracique sévère (volet costal, déformation thoracique) - Traumatisme vertébro-médullaire (déficit sensitif ou moteur) - Traumatisme bassin sévère (fracture ouverte, bassin instable, déformation) - Traumatisme sévère des membres (ischémie, saignement actif nécessitant un garrot, perte de substance importante) - E-FAST positif (hémopéritoine, hémothorax, hémopéricarde, pneumothorax)
GRADE C	**Stable avec mécanisme à haute énergie or antécédents médicaux**
	- Chute (adulte ≥ 6 mètres ; enfant ≥ 3 fois la hauteur de l'enfant) - Victime éjecté, blasté, écrasé ou projeté - Décès dans le même compartiment - 2 ou plus fracture d'os long (humérus, fémur) - Fracture ouverte des membre proximaux - Femme enceinte > 23 SA - Anticoagulants (AVK, DOAC) or double anti-agrégation plaquettaire - Enfant ≤ 5 ans or adulte ≥ 75 ans - Comorbidités importantes

Table 3. Critères de designation des Centres Hospitaliers pour la prise en charge des traumatisés sévères (region Auvergne-Rhône-Alpes- réseau Urg'ARA).

	Niveau I	**Niveau II**	**Niveau III**
Plateau technique*			
Lieu d'accueil	Déchocage / SAUV dédié	Déchocage / SAUV dédié	SAUV
Soins critiques	Réa Poly / Réa Spécialisée	Réa Poly	Réa ou USC
Chirurgie viscérale	OUI	OUI	ASTREINTE
Chirurgie orthopédique	OUI	OUI	ASTREINTE
Neurochirurgie	OUI	NON REQUIS	NON REQUIS
Chirurgie cardiaque	OUI	NON REQUIS	NON REQUIS
Chirurgie vasculaire-Thoracique	OUI	OUI	NON REQUIS
Radiologue	OUI	OUI	ASTREINTE
Bilan imagerie H24	RX —TDM –IRM	RX —TDM –IRM	RX —TDM
Radiologie interventionnelle H24	OUI	OUI	NON REQUIS
Transfusion	EFS	EFS	DEPOT DE DELIVRANCE
Vecteur de transport	Hélicoptère / AR	Hélicoptère / AR	Ambulance de réanimation
Siège de SAMU	OUI	OUI	NON
Nombre d'équipe SMUR	> 2	2 minimums	1
Organisation interne			
Equipe trauma exclusivement dédiée à l'accueil (MED,IDE,AS,…)	OUI	OUI	NON
Hélistation§	OUI	OUI	OUI*
Volume d'activité			
Volume d'admission traumatisé grave /an (ISS≥16)	> 100	>50	NON REQUIS
Recherche et enseignement!	OUI	NON REQUIS	NON REQUIS

*H24:La presence du chirurgien et du radiologue est requise H24 dansl'établissement. Astreinte : La présence du chirurgien ou du radiologue sur l'établissement n'est pas requise à l'arrivée du patient
§ : Selon les recommandations 2016 de l'ARS Rhône-Alpes : (Recommandation1 : En terrasse jour et nuit sans rupture de charge avec accès direct au plateau technique (Reco 1) (Recommandation 2: Hélistation si possible sans rupture de charge avec accès direct aux urgences). *à l'exception des centres proches de niveau I.
!: Enseignement, formations post-universitaires (DU), recherche clinique, publications dans des revues indexées

REFERENCES

1. Traumatismes | Santé publique France [Internet]. [cited 2026 June 18]. https://www.santepubliquefrance.fr/traumatismes. Accessed 18 June 2026

2. Accidents de la route [Internet]. [cited 2026 June 18]. https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries. Accessed 18 June 2026

3. World Health Organization. Preventing injuries and violence: an overview [Internet]. [cited 2025 June 16]. https://www.who.int/publications/i/item/9789240047136. Accessed 16 June 2025

4. Maas AIR, Menon DK, Manley GT, Abrams M, Åkerlund C, Andelic N, et al. Traumatic brain injury: progress and challenges in prevention, clinical care, and research. The Lancet Neurology. 2022;21:1004–60. https://doi.org/10.1016/S1474-4422(22)00309-X

5. Bouzat P, Ageron F-X, Thomas M, Vallot C, Hautefeuille S, Schilte C, et al. Modeling the Influence of Age on Neurological Outcome and Quality of Life One Year after Traumatic Brain Injury: A Prospective Multi-Center Cohort Study. Journal of Neurotrauma [Internet]. 2019 [cited 2019 May 28]; https://doi.org/10.1089/neu.2019.6432

6. Paget L-M, Boutonnet M, Moyer J-D, Delhaye N, D'Aranda E, Beltzer N, et al. Trauma centre admissions for traumatic brain injury in France: One-year epidemiological analysis of prospectively collected data. Anaesth Crit Care Pain Med. 2021;40:100804. https://doi.org/10.1016/j.accpm.2021.100804

7. Feral-Pierssens A-L, Toury G, Sehimi F, Peschanski N, Laribi S, Carpentier A, et al. Emergency department outcome of elderly patients assisted by professional home services, the EPIGER study. BMC Geriatr. 2020;20:355. https://doi.org/10.1186/s12877-020-01742-1

8. Nathens AB, Jurkovich GJ, Cummings P, Rivara FP, Maier RV. The effect of organized systems of trauma care on motor vehicle crash mortality. JAMA. 2000;283:1990–4.

9. Alharbi RJ, Shrestha S, Lewis V, Miller C. The effectiveness of trauma care systems at different stages of development in reducing mortality: a systematic review and meta-analysis. World J Emerg Surg. 2021;16:38. https://doi.org/10.1186/s13017-021-00381-0

10. Bouzat P, Ageron F-X, Brun J, Levrat A, Berthet M, Rancurel E, et al. A regional trauma system to optimize the pre-hospital triage of trauma patients. Crit Care [Internet]. 2015 [cited 2019 Apr 29];19. https://doi.org/10.1186/s13054-015-0835-7

11. Gauss T, Balandraud P, Frandon J, Abba J, Ageron FX, Albaladejo P, et al. Strategic proposal for a national trauma system in France. Anaesthesia Critical Care & Pain Medicine. 2019;38:121–30. https://doi.org/10.1016/j.accpm.2018.05.005

12. Nutbeam T, Stassen W. The road injury chain of survival: A framework for improving trauma outcomes. Injury. 2025;112285. https://doi.org/10.1016/j.injury.2025.112285

13. Goldstein P. Actualités en réanimation préhospitalière : Le traumatisé grave. Journées scientifiques de SAMU en France 2002. SFEM éditions; 2003.

14. Vivien B, Collectif. Urgences Vitales Traumatiques. Journées Scientifiques de la Société Française de Médecine d'Urgence. SFEM Editions; 2011.

15. Desmettre T. La médecine d'urgence au coeur des filières de soins: Journées thématiques interactives de la Société française de médecine d'urgence Lille, 2021. Médecine Sciences Publications; 2022.

16. Zhou J, Wang T, Belenkiy I, Hardcastle TC, Rouby J-J, Jiang B, et al. Management of severe trauma worldwide: implementation of trauma systems in emerging countries: China, Russia and South Africa. Crit Care. 2021;25:286. https://doi.org/10.1186/s13054-021-03681-8

17. Alayande B, Chu KM, Jumbam DT, Kimto OE, Musa Danladi G, Niyukuri A, et al. Disparities in Access to Trauma Care in Sub-Saharan Africa: a Narrative Review. Curr Trauma Rep. 2022;8:66–94. https://doi.org/10.1007/s40719-022-00229-1

18. Miclau T, Balogh ZJ, Miclau KR, Bernstein B, Kojima KE, Kurozumi T, et al. Trauma systems: a global comparison. OTA Int. 2025;8:e376. https://doi.org/10.1097/OI9.0000000000000376

19. Celso B, Tepas J, Langland-Orban B, Pracht E, Papa L, Lottenberg L, et al. A systematic review and meta-analysis comparing outcome of severely injured patients treated in trauma centers following the establishment of trauma systems. J Trauma. 2006;60:371–8; discussion 378. https://doi.org/10.1097/01.ta.0000197916.99629.eb

20. Gabbe BJ, Biostat GD, Lecky FE, Bouamra O, Woodford M, Jenks T, et al. The effect of an organized trauma system on mortality in major trauma involving serious head injury: a comparison of the United kingdom and victoria, australia. Ann Surg. 2011;253:138–43. https://doi.org/10.1097/SLA.0b013e3181f6685b

21. Haas B, Stukel TA, Gomez D, Zagorski B, De Mestral C, Sharma SV, et al. The mortality benefit of direct trauma center transport in a regional trauma system: a population-based analysis. J Trauma Acute Care Surg. 2012;72:1510–5; discussion 1515-1517. https://doi.org/10.1097/TA.0b013e318252510a

22. Moore L, Champion H, Tardif P-A, Kuimi B-L, O'Reilly G, Leppaniemi A, et al. Impact of Trauma System Structure on Injury Outcomes: A Systematic Review and Meta-Analysis. World J Surg. 2018;42:1327–39. https://doi.org/10.1007/s00268-017-4292-0

23. Cole E, Lecky F, West A, Smith N, Brohi K, Davenport R, et al. The Impact of a Pan-regional Inclusive Trauma System on Quality of Care. Ann Surg. 2016;264:188–94. https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000001393

24. Ageron F-X, Debaty G, Savary D, Champly F, Albasini F, Usseglio P, et al. Association of helicopter transportation and improved mortality for patients with major trauma in the northern French Alps trauma system: an observational study based on the TRENAU registry. Scand J Trauma Resusc Emerg Med. 2020;28:35. https://doi.org/10.1186/s13049-020-00730-z

25. Ageron F-X, Porteaud J, Evain J-N, Millet A, Greze J, Vallot C, et al. Effect of under triage on early mortality after major pediatric trauma: a registry-based propensity score matching analysis. World Journal of Emergency Surgery. 2021;16:1. https://doi.org/10.1186/s13017-020-00345-w

26. Bouzat P. Standardizing categorization of major trauma patients in France: A position paper from the GITE Network. Anaesthesia Critical Care & Pain Medicine. 2024;43:101345. https://doi.org/10.1016/j.accpm.2024.101345

27. Gianola S, Castellini G, Biffi A, Porcu G, Fabbri A, Ruggieri MP, et al. Accuracy of pre-hospital triage tools for major trauma: a systematic review with meta-analysis and net clinical benefit. World J Emerg Surg. England; 2021;16:31. https://doi.org/10.1186/s13017-021-00372-1

28. Bagnato C, Ranzato K, Giarraca A, Restelli P, Saronni S, Gadda G, et al. A prospective study comparing two methods of pre-hospital triage for trauma. Updates Surg. Italy; 2022;74:1739–47. https://doi.org/10.1007/s13304-022-01271-z

29. MacKenzie EJ, Rivara FP, Jurkovich GJ, Nathens AB, Frey KP, Egleston BL, et al. A national evaluation of the effect of trauma-center care on mortality. N Engl J Med. 2006;354:366–78. https://doi.org/10.1056/NEJMsa052049

30. Haas B, Stukel TA, Gomez D, Zagorski B, De Mestral C, Sharma SV, et al. The mortality benefit of direct trauma center transport in a regional trauma system: a population-based analysis. J Trauma Acute Care Surg. 2012;72:1510–5; discussion 1515-1517. https://doi.org/10.1097/TA.0b013e318252510a

31. Plurad DS, Geesman G, Sheets NW, Chawla-Kondal B, Ayutyanont N, Mahmoud A. A Contemporary Analysis of the Effect of Trauma Center Verification Level on Mortality in Severe Injury. Am Surg. 2023;89:286–92. https://doi.org/10.1177/00031348211023437

32. Wang NE, Saynina O, Vogel LD, Newgard CD, Bhattacharya J, Phibbs CS. The effect of trauma center care on pediatric injury mortality in California, 1999 to 2011. J Trauma Acute Care Surg. 2013;75:704–16. https://doi.org/10.1097/TA.0b013e31829a0a65

33. Huh Y, Kwon J, Moon J, Kang BH, Kim S, Yoo J, et al. An Evaluation of the Effect of Performance Improvement and Patient Safety Program Implemented in a New Regional Trauma Center of Korea. J Korean Med Sci. 2021;36:e149. https://doi.org/10.3346/jkms.2021.36.e149

34. Härtl R, Gerber LM, Iacono L, Ni Q, Lyons K, Ghajar J. Direct transport within an organized state trauma system reduces mortality in patients with severe traumatic brain injury. J Trauma. 2006;60:1250–6; discussion 1256. https://doi.org/10.1097/01.ta.0000203717.57821.8d

35. Haas B, Stukel TA, Gomez D, Zagorski B, De Mestral C, Sharma SV, et al. The mortality benefit of direct trauma center transport in a regional trauma system: a population-based analysis. J Trauma Acute Care Surg. 2012;72:1510–5; discussion 1515-1517. https://doi.org/10.1097/TA.0b013e318252510a

36. van den Driessche CRL, Sewalt CA, van Ditshuizen JC, Stocker L, Verhofstad MHJ, Van Lieshout EMM, et al. Primary admission and secondary transfer of trauma patients to Dutch level I and level II trauma centers: predictors and outcomes. Eur J Trauma Emerg Surg. 2022;48:2459–67. https://doi.org/10.1007/s00068-021-01790-1

37. Ringdal KG, Coats TJ, Lefering R, Di Bartolomeo S, Steen PA, Røise O, et al. The Utstein template for uniform reporting of data following major trauma: a joint revision by SCANTEM, TARN, DGU-TR and RITG. Scand J Trauma Resusc Emerg Med. 2008;16:7. https://doi.org/10.1186/1757-7241-16-7

38. Eastridge BJ, Holcomb JB, Shackelford S. Outcomes of traumatic hemorrhagic shock and the epidemiology of preventable death from injury. Transfusion. 2019;59:1423–8. https://doi.org/10.1111/trf.15161

39. Girard E, Jegousso Q, Boussat B, François P, Ageron F-X, Letoublon C, et al. Preventable deaths in a French regional trauma system: A six-year analysis of severe trauma mortality. J Visc Surg. 2018; https://doi.org/10.1016/j.jviscsurg.2018.05.002

40. Guigues S, Cotte J, Morvan J-B, de Lesquen H, Prunet B, Boutonnet M, et al. Analysis of mortality over 7 years in a mature trauma center: evolution of preventable mortality in severe trauma patients. Eur J Trauma Emerg Surg. 2023;49:1425–31. https://doi.org/10.1007/s00068-022-02194-5

41. Darioli V, Ageron F-X. Identifying traumatic significant haemorrhage is challenging for patient with low and intermediate risk, not when bleeding is obvious. Scand J Trauma Resusc Emerg Med. 2023;31:32. https://doi.org/10.1186/s13049-023-01096-8

42. Costa A, Carron P-N, Zingg T, Roberts I, Ageron F-X, Swiss Trauma Registry. Early identification of bleeding in trauma patients: external validation of traumatic bleeding scores in the Swiss Trauma Registry. Crit Care. 2022;26:296. https://doi.org/10.1186/s13054-022-04178-8

43. Ageron F-X, Gayet-Ageron A, Steyerberg E, Bouzat P, Roberts I. Prognostic model for traumatic death due to bleeding: cross-sectional international study. BMJ Open. 2019;9:e026823. https://doi.org/10.1136/bmjopen-2018-026823

44. Ageron F-X, Coats TJ, Darioli V, Roberts I. Validation of the BATT score for prehospital risk stratification of traumatic haemorrhagic death: usefulness for tranexamic acid treatment criteria. Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine. 2021;29:6. https://doi.org/10.1186/s13049-020-00827-5

45. Nutbeam T, Stassen W, Foote E, Ageron F-X. Derivation and validation of the simplified BleedingAudit Triage Trauma (sBATT) score: a simplified trauma score for major trauma patients injured in motor vehicle collisions. BMJ Open. British Medical Journal Publishing Group; 2024;14:e090517. https://doi.org/10.1136/bmjopen-2024-090517

46. Byrd T, Boland S, Lu L, Silver D, Brown JB. Air Medical Prehospital Triage Score and Racial and Ethnic Disparities in Air Transport After Injury. JAMA Surg. United States; 2026;161:31–7. https://doi.org/10.1001/jamasurg.2025.4716

47. Ghika-Nanchen A, Marzorati L, Merra A, Girardello C, Truong P, Carron P, et al. Sex and gender bias in major trauma care: a scoping review. Scand J Trauma Resusc Emerg Med. 2026;34:84. https://doi.org/10.1186/s13049-026-01596-3

48. Koch DA, Becker L, Schweigkofler U, Hagebusch P, Faul P, Waydhas C, et al. Undertriage in geriatric trauma: insights from a multicentre cohort study. Scand J Trauma Resusc Emerg Med. England; 2025;33:123. https://doi.org/10.1186/s13049-025-01432-0

49. Gomez D, Haas B, de Mestral C, Sharma S, Hsiao M, Zagorski B, et al. Gender-associated differences in access to trauma center care: A population-based analysis. Surgery. 2012;152:179–85. https://doi.org/10.1016/j.surg.2012.04.006

50. Poncet C, Carron P-N, Darioli V, Zingg T, Ageron F-X. Prehospital undertriage of older injured patients in western Switzerland: an observational cross-sectional study. Scand J Trauma Resusc Emerg Med. 2024;32:100. https://doi.org/10.1186/s13049-024-01271-5

51. Schoeneberg C, Schmitz D, Schoeneberg S, Hussmann B, Lendemans S. Gender-specific differences in therapy and laboratory parameters and validation of mortality predictors in

severely injured patients--results of a German level 1 trauma center. Langenbecks Arch Surg. 2015;400:781–90. https://doi.org/10.1007/s00423-015-1327-6

52. Girardello C, Carron P-N, Dami F, Darioli V, Pasquier M, Ageron F-X. Evaluation of the prehospital administration of tranexamic acid for injured patients: a state-wide observational study with sex and age-disaggregated analysis. Emerg Med J [Internet]. BMJ Publishing Group Ltd and the British Association for Accident & Emergency Medicine; 2024 [cited 2024 June 20]; https://doi.org/10.1136/emermed-2023-213806

53. Nutbeam T, Roberts I, Weekes L, Shakur-Still H, Brenner A, Ageron F-X. Use of tranexamic acid in major trauma: a sex-disaggregated analysis of the Clinical Randomisation of an Antifibrinolytic in Significant Haemorrhage (CRASH-2 and CRASH-3) trials and UK trauma registry (Trauma and Audit Research Network) data. Br J Anaesth. 2022;129:191–9. https://doi.org/10.1016/j.bja.2022.03.032

54. Goodwin L, Nicholson H, Robinson M, Bedson A, Black S, Kirby K, et al. Barriers and facilitators to the administration of prehospital tranexamic acid: a paramedic interview study using the theoretical domains framework. Emerg Med J [Internet]. BMJ Publishing Group Ltd and the British Association for Accident & Emergency Medicine; 2021 [cited 2022 May 23]; https://doi.org/10.1136/emermed-2020-210622

55. Lavery MD, Aulakh A, Christian MD. Benefits of targeted deployment of physician-led interprofessional pre-hospital teams on the care of critically Ill and injured patients: a systematic review and meta-analysis. Scand J Trauma Resusc Emerg Med. 2025;33:1. https://doi.org/10.1186/s13049-024-01298-8

56. Wohlgemut JM, Marsden MER, Stoner RS, Pisirir E, Kyrimi E, Grier G, et al. Diagnostic accuracy of clinical examination to identify life- and limb-threatening injuries in trauma patients. Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine. 2023;31:18. https://doi.org/10.1186/s13049-023-01083-z

57. Huber-Wagner S, Lefering R, Qvick L-M, Körner M, Kay MV, Pfeifer K-J, et al. Effect of whole-body CT during trauma resuscitation on survival: a retrospective, multicentre study. Lancet. 2009;373:1455–61. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(09)60232-4

58. Mistral T, Brenckmann V, Sanders L, Bosson J-L, Ferretti G, Thony F, et al. Clinical Judgment Is Not Reliable for Reducing Whole-body Computed Tomography Scanning after Isolated High-energy Blunt Trauma. Anesthesiology. 2017;126:1116–24. https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000001617

59. Pereira D, Thevoz F, Rocha AC, Schmidt-Kobbe S, Carron P-N, Ageron F-X. Dose-reduction strategies in whole-body CT for injured patients in the emergency department: a scoping review. Int J Emerg Med. 2026;19:121. https://doi.org/10.1186/s12245-026-01181-6

60. Galvagno SM, Sikorski R, Hirshon JM, Floccare D, Stephens C, Beecher D, et al. Helicopter emergency medical services for adults with major trauma. Cochrane Database Syst Rev. 2015;CD009228. https://doi.org/10.1002/14651858.CD009228.pub3

61. Galvagno SM, Haut ER, Zafar SN, Millin MG, Efron DT, Koenig GJ, et al. Association between helicopter vs ground emergency medical services and survival for adults with major trauma. JAMA. 2012;307:1602–10. https://doi.org/10.1001/jama.2012.467%20307/15/1602%20%5Bpii%5D

62. Desmettre T, Yeguiayan JM, Coadou H, Jacquot C, Raux M, Vivien B, et al. Impact of emergency medical helicopter transport directly to a university hospital trauma center on mortality of severe blunt trauma patients until discharge. Crit Care. 2012;16:R170. https://doi.org/10.1186/cc11647%20cc11647%20%5Bpii%5D

63. Desmettre T, Bonithon-Kopp C, Freysz M, $author.lastName $author firstName. Determinants of helicopter benefit for the transport of severe trauma patients. Critical Care. 2013;17:454. https://doi.org/10.1186/cc13031

64. ter Avest E, Kratz M, Dill T, Palmer M. Green HEMS: how to make it happen. Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine. 2023;31:23. https://doi.org/10.1186/s13049-023-01087-9

65. Tikvesa D, Vogler C, Balen F, Le Dortz M, Grandpierre RG, Le Conte P, et al. Diagnostic performance of prehospital EFAST in predicting CT scan injuries in severe trauma patients: a multicenter cohort study. Eur J Trauma Emerg Surg. 2025;51:4. https://doi.org/10.1007/s00068-024-02693-7

66. Gamberini L, Scquizzato T, Tartaglione M, Chiarini V, Mazzoli CA, Allegri D, et al. Diagnostic accuracy for hemoperitoneum, influence on prehospital times and time-to-definitive treatment of prehospital FAST: A systematic review and individual participant data meta-analysis. Injury. 2023;54:1421–31. https://doi.org/10.1016/j.injury.2023.03.024

67. Lucas B, Hempel D, Otto R, Brenner F, Stier M, Marzi I, et al. Prehospital FAST reduces time to admission and operative treatment: a prospective, randomized, multicenter trial. Eur J Trauma Emerg Surg. 2022;48:2701–8. https://doi.org/10.1007/s00068-021-01806-w

68. Roberts E, Carboni A, Miller M, Rosas A, Shelton R, Peterson J, et al. eFAST to OR: Determining the Quality of Paramedic Conduction and Interpretation of eFAST Exams in Prehospital Settings. Mil Med. 2025;190:135–8. https://doi.org/10.1093/milmed/usaf008

69. Toy J, Warren J, Wilhelm K, Putnam B, Whitfield D, Gausche-Hill M, et al. Use of artificial intelligence to support prehospital traumatic injury care: A scoping review. Journal of the American College of Emergency Physicians Open. 2024;5:e13251. https://doi.org/10.1002/emp2.13251

70. Cau R, Pisu F, Suri JS, Saba L. Addressing hidden risks: Systematic review of artificial intelligence biases across racial and ethnic groups in cardiovascular diseases. European Journal of Radiology. 2025;183:111867. https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2024.111867

71. Gauss T, Perkins Z, Tjardes T. Current knowledge and availability of machine learning across the spectrum of trauma science. Curr Opin Crit Care. 2023;29:713–21. https://doi.org/10.1097/MCC.0000000000001104

72. Gauss T, James A, Colas C, Delhaye N, Holleville M, Bijok B, et al. Comparison of machine learning and human prediction to identify trauma patients in need of hemorrhage control resuscitation (ShockMatrix study): a prospective observational study. Lancet Reg Health Eur. 2025;55:101340. https://doi.org/10.1016/j.lanepe.2025.101340

73. Gauss T, Moyer J-D, Colas C, Pichon M, Delhaye N, Werner M, et al. Pilot deployment of a machine-learning enhanced prediction of need for hemorrhage resuscitation after trauma – the ShockMatrix pilot study. BMC Medical Informatics and Decision Making. 2024;24:315. https://doi.org/10.1186/s12911-024-02723-9