



Recommandations de Pratiques Professionnelles

INTÉRÊTS DE L'APPRENTISSAGE PAR SIMULATION EN SOINS CRITIQUES

Recommandations communes SRLF – SFAR – SFMU – SOFRASIMS

Société de Réanimation de Langue Française

Société Française d'Anesthésie et de Réanimation

Société Française de Médecine d'Urgence

Société Francophone de Simulation en Santé

Simulation teaching in acute care

Auteurs : E. L'Her, T. Geeraerts, JP. Desclefs, D. Benhamou, A. Blanie, C. Cerf, V. Delmas, M. Jourdain, F. Lecomte, I. Ouanes, M. Garnier, C. Mossadegh.

Coordonnateurs d'experts :

SRLF : Erwan L'HER, Centre Hospitalier Régional Universitaire de Brest – La Cavale Blanche, Médecine Intensive et Réanimation – LATIM INSERM UMR 1101 Bvd Tanguy-Prigent, 29609 BREST CEDEX, France

Mail : erwan.lher@chu-brest.fr

SFAR : Thomas GEERAERTS, Anesthésie-Réanimation, CHU de Toulouse, Hôpital Pierre-Paul Riquet, Institut Toulousain de Simulation en Santé (ItSimS), Université Toulouse 3-Paul Sabatier, Place du Docteur Baylac - TSA 40031 - 31059 Toulouse cedex 9, France

Mail : geeraerts.t@chu-toulouse.fr

SFMU : Jean-Philippe DESCLEFS, Samu 91–Smur de Corbeil-Essonnes, Centre Hospitalier Sud-Francilien, F-91100 Corbeil-Essonnes, France

Mail : jp.desclefs@gmail.com

SOFRASIMS : Dan BENHAMOU, Service d'Anesthésie – Réanimation, Hôpitaux Universitaires Paris-Sud (AP-HP), Hôpital Bicêtre, 78, rue du Général Leclerc, 94275 Le Kremlin Bicêtre, France

Mail : dan.benhamou@aphp.fr

Organisateurs :

SRLF : Chirine MOSSADEGH, Hôpital Universitaire La Pitié – Salpêtrière, Service de Réanimation Médicale. 47-83 Boulevard de l’Hôpital 75651 PARIS CEDEX 13, France
Mail : cmoSSadegh@yahoo.fr

SFAR : Marc GARNIER, Département d'anesthésie et réanimation, Pôle Thorax-Voies Aériennes-Anesthésie-Réanimation, Hôpital Tenon, 4 rue de la Chine 75020 Paris - INSERM UMR1152 - Faculté de médecine X. Bichat, 16 rue Henri Huchard 75018 Paris, France
Mail : marc.garnier@aphp.fr

Comité des Référentiels et de l'Évaluation (SRLF) : M Guillot, N Bigé, L Bodet-Contentin, R. Bruyère, C Cerf, J Duvivier, H Faure, S Jean, A Kimmoun, E. L’Her, E. Mariotte, V Maxime, C. Mossadegh, E Zogheib

Comité des Référentiels Cliniques (SFAR) : L Velly, M Garnier, J Amour, A Blet, G Chanques, V Compere, P Cuvillon, F Espitalier, E Gayat, H Quintard, B Rozec, E Weiss

Commission Scientifique (SFMU) : Y Freund, X Bobbia, A Avondo, S Charpentier, T Chouihed, G Debaty, AL Feral-Pierssens, M Galinski, C Gerbaud-Coulas, E Montassier, A Penalzoza, N Peschanski, A Renard, E Revue, M Violeau

Texte validé par les Conseils d'Administration de la SRLF (20/12/2018), de la SFAR (10/01/2019), de la SFMU (16/01/2019), et de la SOFRASIMS (18/01/2019).

Introduction

Le terme de simulation regroupe de nombreuses modalités techniques, de coûts d'achat et de maintenances variables. Certaines modalités sont bien établies, parfois de très longue date, d'autres inversement sont encore expérimentales ou en cours de développement. En reprenant la classification établie dans le rapport de la Haute Autorité de Santé (État de l'art en matière de pratiques de simulation dans le domaine de la santé) [1], on peut identifier plusieurs modes de formation qui s'appliquent à l'apprentissage par la simulation :

- Le matériel dit « basse fidélité » inclut tous les matériels qui sont orientés vers la réalisation d'une tâche procédurale. Il en existe une grande diversité allant du matériel simple (gélatine de ponction, peau synthétique...) au matériel plus complexe représentant une partie du corps humain (bras de perfusion, tête d'intubation, dos pour ponction lombaire, partie supérieure du thorax allant jusqu'à l'épaule pour la pose d'un cathéter central...). Ces mannequins sont spécifiquement construits pour la partie anatomique utile pour l'acte. Ainsi, un mannequin utilisé pour la pose d'un cathéter central au niveau du cou ne reproduira pas avec précision la glande thyroïde ou la trachée, mais inclura des portions de matériel qui reproduiront les axes vasculaires à identifier et à ponctionner.
- Les simulateurs haute-fidélité, composés de mannequin le plus souvent grandeur nature avec un moniteur et une commande par ordinateur, sont en général utilisés pour des scénarios plus complexes, impliquant plusieurs apprenants, volontiers dans des situations critiques. Cependant, le réalisme de leur fabrication explique que l'on peut aussi les utiliser dans une formation procédurale pure (intubation trachéale, pose de drain pleural...).
- La simulation utilisant un patient simulé ou standardisé, avec, le plus souvent, la reproduction à l'aide d'un jeu d'acteur d'une interaction avec un patient ou ses proches.
- La simulation hybride combine un patient simulé et un mannequin de tâche (un exemple classique est l'utilisation pour l'examen gynécologique).
- La simulation numérique regroupe différents outils pouvant être associés : serious games, réalité virtuelle, réalité augmentée...

L'apprentissage assuré par la simulation ne concerne pas uniquement les compétences techniques nécessaires à l'exercice en réanimation, en anesthésie ou en médecine d'urgence. Les compétences non techniques, qui font partie intégrante des compétences nécessaires aux professionnels exerçant en soins d'urgence, peuvent également être travaillées par la simulation. Elles sont complémentaires des compétences techniques et contribuent à la qualité et la sécurité des soins.

La performance clinique peut être affectée aussi par de nombreux facteurs humains. Ces facteurs sont très divers et liés au fonctionnement propre des individus. Ces facteurs humains participent à la réalisation des compétences dites non techniques. Ces compétences non techniques sont définies par « une combinaison de savoirs cognitifs, sociaux, et des ressources personnelles complémentaires des savoir-faire procéduraux qui contribuent à une performance efficiente et sûre ». Parmi les compétences non techniques, on peut identifier par exemple les CRM « crisis resource management ». Issus de l'expérience aéronautique, puis du domaine de l'anesthésie-réanimation, les

CRM sont des compétences non techniques spécifiques qui permettent de gérer une situation de crise.

Dans le cadre de la formation des professionnels médicaux et paramédicaux de réanimation, anesthésie ou médecine d'urgence, on pourrait identifier les compétences non techniques suivantes comme indispensables :

- La conscience de la situation individuelle et collective
- Le leadership
- Le travail d'équipe
- Une communication efficace et sécurisée
- La prise de décision
- L'appel à l'aide
- L'utilisation de supports cognitifs
- La prévention des biais cognitifs

Les compétences non techniques impliquent largement les processus d'analyse et de décision. Au cours des dernières années, un intérêt croissant a été porté sur les facteurs cognitifs sous-jacents à la décision médicale notamment dans les soins critiques. Il a été montré que ces erreurs sont plus souvent associées à un (des) défaut(s) du processus de raisonnement (erreurs cognitives) qu'à un manque de connaissances. Les biais cognitifs affectent le raisonnement et la décision. Ce défaut de raisonnement touche plus les personnes en formation que les soignants expérimentés, car ces derniers gèrent mieux la charge cognitive créée par l'événement aigu. Leurs connaissances approfondies et leur expérience leur permettent d'utiliser un système d'analyse rapide et intuitif alors que les plus jeunes vont mettre en jeu un système d'analyse plus lent, conscient et progressif. Cependant dans certains cas, l'analyse cognitive progressive et la confiance limitée en ses propres capacités évitent chez les plus jeunes les biais heuristiques que peuvent connaître les personnes les plus expérimentées. Ces données suggèrent que, quelle que soit l'expérience préalable, le travail d'analyse du raisonnement clinique est utile, bien que les formateurs doivent avoir à l'esprit que les points d'attention sont souvent différents selon l'expérience des acteurs.

Les erreurs de raisonnement peuvent être la conséquence de nombreux facteurs, mais certains sont plus souvent rencontrés que d'autres, notamment en soins critiques. Des auteurs ont ainsi décrit jusqu'à 25 biais cognitifs qui peuvent aboutir à des erreurs. Trois biais sont plus fréquemment mis en jeu : le biais d'ancrage, le biais de disponibilité et le biais de fermeture. Le biais d'ancrage survient lorsqu'une information obtenue au début de l'analyse prend un tel poids qu'elle bloque l'intégration des informations obtenues ultérieurement. Le biais de disponibilité est lié au fait qu'un diagnostic est considéré comme plus probable si le clinicien l'évoque plus tôt et le biais de fermeture prématurée lorsque le praticien accepte un diagnostic avant d'avoir complètement vérifié qu'il est la meilleure solution. Ici encore, l'analyse métacognitive peut aider à rectifier le raisonnement et éliminer les biais.

Il est à noter qu'il existe un lien fort entre la décision de l'individu et celle du groupe, car la qualité et la sécurité en soins critiques sont plus une caractéristique du groupe que celle d'un individu unique. L'enseignement et l'entraînement en équipe sont alors très utiles pour considérer les différents processus de raisonnement, utiliser la force cognitive du groupe et réduire les biais.

Développer chez les soignants la compréhension de la situation, la capacité du raisonnement prise de décision, et d'une façon générale les compétences non techniques sont un enjeu fort. Plusieurs méthodes d'enseignement sont disponibles, mais la simulation est un moyen logique et reconnu par lequel les mécanismes mis en jeu dans la compréhension d'une situation, le raisonnement et la prise de décision peuvent être analysés et améliorés.

En formation initiale, les programmes de formation sont encore majoritairement axés sur les compétences techniques. La simulation trouve enfin sa place dans la majorité des programmes d'enseignement pour chaque discipline. Celle-ci devrait permettre d'intégrer encore plus les compétences non techniques.

En formation continue, peu de programmes abordent les facteurs humains et compétences non techniques et la littérature est pauvre. Toutefois, il semble essentiel de renforcer la place des compétences non techniques dans la réactualisation et amélioration des compétences professionnelles des soignants exerçant dans le domaine des soins critiques.

L'évaluation de ces formations est classiquement réalisée avec la classification de Kirkpatrick [2] (Tableau 1). Cette classification comporte 4 niveaux croissants de formation que l'on pourrait résumer par : satisfaction, apport de connaissance, changement de pratique et résultat clinique. L'enseignement peut être partiellement centralisé au sein d'un réseau de formation (par exemple la coordination régionale de la formation initiale durant le troisième cycle) et cette coordination peut superviser les étapes de la formation délocalisée dans les unités de soins. Les gestes peuvent aussi être appris de façon centralisée par la structure coordinatrice qui assure la formation elle-même dans une structure de simulation séparée des unités de soins. L'exemple des « bootcamps » (séminaires de formation durant quelques heures à quelques jours) est ainsi caractéristique. Il s'agit d'un modèle déjà développé notamment en chirurgie dans lequel les internes sont formés à certains gestes avant de débiter leur 1^{er} stage [3,4]. Ce modèle a été utilisé par les chirurgiens français de façon expérimentale et positive [5].

Le rapport de mission de 2012 [1] souligne que « l'amélioration du savoir-faire grâce à la simulation est indiscutable de même que l'analyse et la modification des comportements, tout particulièrement en situation de crise. » Mais il reste encore de nombreuses interrogations à ce sujet concernant, par exemple, les modalités pratiques ou l'impact de ces formations ; interrogations qui ont motivé la rédaction de ces recommandations de pratiques professionnelles. Le champ de ces recommandations s'applique à l'anesthésie-réanimation, la réanimation, et la médecine d'urgence.

Tableau 1 : classification de Kirkpatrick pour la simulation en santé (d'après Kirkpatrick et al [2])

Adaptation de la classification de Kirkpatrick pour la simulation en santé
<p>Niveau 1 (K1) : ce niveau évalue la perception des apprenants par rapport à la formation elle-même et à la méthode utilisée. Pour obtenir cette information, l'emploi de questionnaires est habituel. Certaines questions sont posées uniquement en post-formation (satisfaction) alors que d'autres ont vocation à être évaluées avant et après la formation (exemple : confiance dans sa capacité à réaliser la procédure). Ces questionnaires sont habituellement administrés immédiatement avant et après la formation.</p>
<p>Niveau 2 (K2) : ce niveau évalue l'acquisition de la connaissance et de la compétence. Cette étape peut inclure deux aspects. L'évaluation peut être subjective, traduisant la perception de l'apprenant sur le degré d'acquisition de connaissances et de compétences. Ici aussi, cette étape se fait habituellement par le biais d'auto-questionnaires. Plus objective est l'évaluation externe par les instructeurs de la progression technique de l'apprenant. Pour ce faire, les deux méthodes principales sont la checklist et l'échelle d'évaluation globale (global rating scale [GRS]). Les checklists sont des outils spécifiques à chaque procédure qui décrivent progressivement les étapes de la réalisation de la tâche et permettent ainsi à l'évaluateur de voir si la tâche a été effectivement réalisée. La notation se fait en oui/non et n'évalue pas si celle-ci a été effectuée de façon adéquate. Il en existe de très nombreuses et leur contenu est plus ou moins détaillé, pouvant aller jusqu'à 30 (voire plus) micro-tâches à évaluer [6]. Les GRS sont beaucoup plus générales, regroupent les actions à effectuer en quelques grandes catégories (exemple : connaissance du matériel, flux de la procédure, dextérité manuelle...) et pour chacune identifie plusieurs degrés de qualité de réalisation (allant de « inapproprié » ou « déficient » à « expert »). La méthode dite DOPS (Direct Observation of Procedural Skills) est une méthode dérivée, mais qui inclut en plus de l'évaluation du geste par une GRS, une évaluation globale de la performance, des éléments d'analyse par l'évaluateur, les points principaux du feedback que l'évaluateur procure à l'apprenant après la réalisation du geste technique, et enfin les remarques principales formulées par l'apprenant dans cet échange. Nous référençons ici un modèle développé par l'Australian and New Zealand College of Anesthetists [7], mais d'autres modèles sont disponibles en accès libre sur internet. Cet outil est en théorie construit pour être utilisé pour l'évaluation d'une pratique de soins réalisée dans l'unité clinique, mais on conçoit assez bien que cette méthode puisse être utilisée en laboratoire de simulation. D'autres outils permettent de mesurer l'apprentissage procédural par simulation en définissant le nombre de procédures nécessaires pour atteindre une performance suffisante (<i>proficiency</i> : aptitude à réaliser le geste sans support par un senior). Le suivi des courbes d'apprentissage a été souvent utilisé dans les études de simulation pour l'apprentissage chirurgical ou endoscopique, mais peu pour des gestes réalisés en soins critiques.</p>
<p>Niveau 3 (K3) : ce niveau évalue les modifications du comportement des formés (ici dans la réalisation des gestes techniques) après l'apprentissage par simulation. L'évaluation peut se faire par auto-questionnaire évaluant la perception de ce transfert par l'apprenant dans sa vie clinique, mais l'emploi d'outils objectifs doit à priori être privilégié. Le transfert des connaissances acquises pendant l'apprentissage et leur application dans les soins cliniques est un bon modèle de mesure objective de ce niveau 3 [8].</p>
<p>Niveau 4 (K4) : ce niveau ultime traduit le bénéfice d'un apprentissage par simulation sur les résultats des soins (« <i>patients' outcomes</i> »).</p>

Méthode

Ces recommandations sont le résultat du travail d'un groupe d'experts réunis par la Société de Réanimation de Langue Française (SRLF), la Société Française d'Anesthésie Réanimation (SFAR) et la Société Française de Médecine d'Urgence (SFMU), la Société Francophone de Simulation en Santé (SOFRASIMS). Pour aboutir à l'élaboration de ces recommandations, la démarche a été volontairement pragmatique et logique. Dans un premier temps, le comité d'organisation a défini les questions à traiter avec les coordonnateurs, et il a ensuite désigné les experts en charge de chacune d'entre elles. Les questions ont été formulées selon un format PICO (Patients - Intervention - Comparaison - Outcome). L'analyse de la littérature a ensuite été conduite selon la méthodologie GRADE (Grade of Recommendation Assessment, Development and Evaluation). Du fait de la thématique abordée, la simulation en soins critiques, il a été décidé en amont de la rédaction des recommandations, d'adopter un format de Recommandations pour la Pratique Professionnelle (RPP) plutôt qu'un format de Recommandations Formalisées d'Experts (RFE). La méthodologie GRADE a toutefois été appliquée pour l'analyse de la littérature. Un niveau de preuve a donc été défini pour chacune des références bibliographiques citées en fonction du type de l'étude. Ce niveau de preuve pouvait être ré-évalué en tenant compte de la qualité méthodologique de l'étude, de la cohérence des résultats entre les différentes études, du caractère direct ou non des preuves, de l'analyse de coût et de l'importance du bénéfice.

Les recommandations ont ensuite été rédigées en utilisant la terminologie des RPP « les experts suggèrent de faire » ou « les experts suggèrent de ne pas faire ». Les propositions de recommandations ont été présentées et discutées une à une. Le but n'était pas d'aboutir obligatoirement à un avis unique et convergent des experts sur l'ensemble des propositions, mais de dégager les points de concordance et les points de divergence ou d'indécision. Chaque recommandation a alors été évaluée par chacun des experts et soumise à une cotation individuelle à l'aide d'une échelle allant de 1 (désaccord complet) à 9 (accord complet). La cotation collective était établie selon une méthodologie GRADE grid. Pour valider une recommandation, au moins 70 % des experts devaient exprimer une opinion favorable, tandis que moins de 20 % d'entre eux exprimaient une opinion contraire. En l'absence de validation d'une ou de plusieurs recommandation(s), celle(s)-ci étai(en)t reformulées et, de nouveau, soumises à cotation dans l'objectif d'aboutir à un consensus.

Champs des recommandations – Synthèse des résultats

Une recherche bibliographique extensive sur les dernières années a été réalisée à partir des bases de données PubMed et Cochrane. Pour être retenues dans l'analyse, les publications devaient être postérieures à 2000 et rédigées en langue anglaise ou française.

Après discussion au sein du comité des experts, il a été décidé d'explorer trois champs de recommandations. Les compétences techniques et non techniques ont été évaluées dans deux champs distincts, en particulier en raison de la diversité des méthodes et moyens pédagogiques utilisés. Enfin les situations sanitaires exceptionnelles ont également été analysées dans un champ spécifique en raison de la prégnance actuelle et de l'importance du sujet.

En ce qui concerne le premier champ de l'apprentissage des compétences techniques, 6 points ont été explorés (méthodes utilisables, public ciblé, moyens d'évaluation de l'impact, résultats attendus, principales procédures à enseigner et quelques techniques spécifiques). Dix recommandations ont ainsi été formulées. Le champ de l'apprentissage des compétences non techniques a été exploré dans 8 dimensions (place de la simulation dans ce domaine, conditions spécifiques de sa pratique, impact sur le travail en équipe, la communication interindividuelle, l'empathie, les compétences relationnelles, le développement des processus cognitifs, ou les performances cliniques) et 12 recommandations ont été formulées. Les situations sanitaires exceptionnelles ont enfin été abordées et font l'objet de 2 recommandations.

1- **Compétences techniques dans les soins critiques.**

R 1.1. Les experts suggèrent d'utiliser la simulation pour l'apprentissage des gestes techniques en formation initiale afin d'en améliorer l'acquisition.
Accord fort
R 1.2. Les experts suggèrent d'utiliser la simulation pour maintenir la compétence des professionnels en exercice lors de la formation continue, ou en cas d'introduction de nouvelles techniques ou matériels.
Accord fort
<p>Argumentaire : La très grande majorité des études a été réalisée chez les internes, ou pour certaines techniques chez les étudiants en médecine, rarement chez le professionnel en exercice. Une enquête nord-américaine montre que les praticiens en exercice pensent cependant que la simulation est un bon moyen de maintien des connaissances et d'apprentissage des techniques nouvelles [9]. Dans une méta-analyse, Cook <i>et al.</i> montraient un bénéfice significatif de la simulation (par rapport à l'absence de formation) pour la majorité des personnels soignants: internes, médecins diplômés, infirmiers et étudiants en soins infirmiers [10]. Le bénéfice était non significatif uniquement pour les étudiants en médecine, mais dans cette méta-analyse une seule étude avait été incluse pour cette catégorie d'apprenants.</p> <p>Les études réalisées chez les médecins diplômés (post-internat ou encore plus expérimentés) sont plus rares. Dans la méta-analyse de Kennedy <i>et al.</i>, incluant 76 études de qualité et de méthodologie variées, 7 d'entre elles ont inclus seulement des médecins diplômés (9 %) et 7 autres ont inclus des médecins diplômés avec d'autres catégories d'apprenants [11]. L'analyse en sous-groupes montre un bénéfice similaire et significatif de la simulation chez les médecins diplômés en comparaison à l'absence de formation.</p> <p>Les études réalisées chez les médecins diplômés touchent notamment des domaines dans lesquels un nouveau matériel est mis sur le marché. Les praticiens, même expérimentés ne connaissent pas (ou peu) ce matériel et peuvent être ainsi apprendre par la simulation la manipulation de ce matériel. La revue de la littérature de Vanderbilt <i>et al.</i> par exemple regroupe les études qui ont testé l'apprentissage de l'utilisation des vidéolaryngoscopes par simulation [12]. Parmi les 11 études retenues, 6 d'entre elles ont été réalisées chez des praticiens expérimentés, une chez des <i>paramedics</i> expérimentés et 2 autres ont évalué la formation à la fois chez des internes et des seniors. Globalement, les études suggèrent une amélioration du taux de succès de l'intubation chez les médecins diplômés avec l'aide de l'enseignement par simulation. La distribution des résultats apparaît similaire selon que les études sont réalisées chez des apprenants expérimentés ou des personnes en formation initiale. Ces résultats sont peu surprenants, car les apprenants, quelle que soit leur expérience clinique, sont novices vis-à-vis de ce nouveau matériel.</p> <p>Les médecins expérimentés sont probablement plus susceptibles d'accepter de se soumettre à une évaluation de leur compétence face à un matériel nouveau, car un éventuel échec serait plus à mettre sur le compte de la nouveauté que sur leur propre capacité à réaliser le geste. Pourtant les données de la littérature montrent que, même pour des gestes classiques et apparemment bien maîtrisés, la performance n'est pas toujours excellente. Une étude a évalué la compétence d'internes certifiés dans la pose de cathéters veineux centraux et qui ont soit réalisé le geste d'emblée soit après un module de formation complémentaire incluant de la simulation procédurale. Les internes ayant reçu la formation complémentaire ont réussi le geste plus souvent que ceux qui</p>

ont réalisé la pose de voie veineuse centrale sans formation complémentaire [13]. Des résultats similaires ont été obtenus en évaluant les compétences d'infirmières de réanimation expérimentées dans les soins des cathéters centraux. L'évaluation avant formation complémentaire montre que la compétence jugée lors d'un exercice de simulation est faible. Les résultats s'améliorent de façon importante pour tous les items après une formation par simulation [14].

R1.3 Les experts suggèrent d'utiliser préférentiellement la simulation basse fidélité, plutôt que haute fidélité pour l'apprentissage des gestes techniques.

Accord fort

Argumentaire : Il est classique de dire que plus le réalisme est grand, meilleur est le transfert d'apprentissage. Les résultats de la littérature sont contrastés, et suggèrent que les modèles basse-fidélité produisent un apprentissage similaire et tout en étant moins coûteux. Ainsi Haji *et al.* ont montré que pour l'apprentissage de la ponction lombaire un modèle procédural simple est meilleur qu'un modèle plus complexe et que la charge cognitive induite par la complexité du modèle réduit la capacité d'apprentissage [15]. Le rôle modeste du degré de réalisme des simulateurs est renforcé par la mise en évidence du fait que les mesures anatomiques diffèrent notablement dans la grande majorité des simulateurs (même ceux dits haute fidélité) par rapport aux mesures réalisées chez des êtres humains [16].

Nous disposons d'un nombre très restreint d'études qui concernent les soins critiques. Certaines sont en faveur d'un résultat formatif accru avec des modèles plus réalistes et « complexes ». Deux études randomisées réalisées avec des cadavres embaumés et des mannequins basse fidélité ont évalué l'apprentissage de la ventilation au masque et ballon puis à l'intubation dans une étude [17] et de la fibroscopie dans la seconde étude [18]. Dans ces deux études, la formation sur sujet anatomique était plus performante (taux de succès, nombre de tentatives, durée de la procédure).

D'autres études n'ont pas montré de bénéfice à l'utilisation d'un matériel haute-fidélité. Dans une étude randomisée, deux groupes de kinésithérapeutes bénéficiaient d'une formation d'une durée < 1 heure avec soit une boîte à simulation soit un modèle sophistiqué (physiquement très réaliste et assisté par ordinateur) pour apprendre à réaliser une fibroscopie. Les auteurs n'observaient aucune différence entre les deux méthodes à la fois sur l'échelle globale d'évaluation (Global Rating Scale (GRS)) et sur des checklists vérifiant la réalisation d'items prédéfinis [19]. Dans une étude observationnelle, des praticiens déjà expérimentés participaient à une formation complémentaire sur la fibroscopie et utilisaient successivement et au hasard trois simulateurs (un modèle basique et deux simulateurs avec réalité virtuelle). Les apprenants progressaient au cours des trois exercices consécutifs et de manière similaire quel que soit l'ordre dans lequel ils réalisaient les gestes, suggérant une efficacité similaire entre le simulateur basse fidélité et les deux appareils utilisant la réalité virtuelle. Enfin dans une étude randomisée, des internes de réanimation ont été formés à la pose d'un cathéter veineux central soit sur un simulateur haute-fidélité soit sur un modèle basique (gélatine et tubes). Après le programme de formation par simulation, les deux groupes ont nettement progressé et ont atteint d'excellentes notes sur une checklist d'évaluation, sans différence significative en termes d'apprentissage [20].

Ces discordances ont déjà été observées et ont conduit à redéfinir la notion de réalisme, souvent compris comme une ressemblance physique avec la réalité, mais qui intègre d'autres notions telles que le réalisme conceptuel (les actions et les événements ressemblent à la pratique clinique) et le réalisme émotionnel et holistique (ressenti émotionnel et cognitif des participants)[21].

À côté du matériel utilisable, les conditions d'emploi sont elles aussi variables avec les deux situations les plus communes que sont le centre de simulation (vers lequel l'apprenant doit se déplacer) et la simulation in situ dans laquelle la formation est réalisée sur les lieux d'exercice. La majorité des études disponibles a été réalisée chez des apprenants en formation dans des centres de simulation. En revanche, lorsque l'on s'adressait à des professionnels de santé en exercice, la formation sur le site d'exercice clinique devient plus fréquemment employée, dans l'objectif principal d'améliorer le réalisme et la mise en situation de soins et de permettre de s'entraîner en conditions quasi réelles. Les avantages et inconvénients respectifs de ces différents lieux d'apprentissage ont été rappelés récemment [22]. Il existe peu d'études de bonne qualité méthodologique réalisant une comparaison objective entre ces deux modes de simulation, mais l'impression générale est que les deux méthodes sont aussi efficaces en termes d'apprentissage [23]. Le choix de la méthode de simulation doit donc être principalement basé sur les caractéristiques de la population à former, ainsi que sur les contraintes pratiques et logistiques (disponibilité des salles).

R 1.4. Les experts suggèrent d'évaluer systématiquement l'impact de la simulation sur l'apprentissage des apprenants à l'aide d'indicateurs spécifiques.

Accord fort

Argumentaire : Il est habituel d'évaluer l'apprentissage procédural par simulation selon les quatre niveaux de la classification de Kirkpatrick [2]. La classification de Kirkpatrick est détaillée dans ces recommandations. Cette classification permet plus précisément d'estimer l'impact de la formation sur l'apprenant. Cette classification est reprise par l'HAS dans son guide de bonnes pratiques en matière de simulation en santé.

Pour le niveau 2 de Kirkpatrick, une méta-analyse récente comparant la valeur évaluative des checklists et des échelles d'évaluation globale (ou global rating scale (GRS)) a retrouvé 45 études [24]. Parmi celles-ci, 7 ont étudié des procédures effectuées pour la réanimation cardiaque et 4 pour des activités d'anesthésie. La fiabilité globale interévaluateurs était similaire pour les deux outils et montrait une excellente corrélation (autour de 0,8, maximum 1) bien que certains aspects soient un peu mieux notés pour les GRS. Les auteurs concluent plutôt en faveur de l'emploi des GRS, mais la littérature montre le plus souvent l'emploi des deux méthodes d'évaluation, suggérant que pour les auteurs les deux méthodes apportent des informations complémentaires. La mesure du temps pour réaliser un geste a souvent été utilisée comme évaluation de l'impact de la simulation. Cook *et al.* dans leur méta-analyse en 2011 dénombrèrent déjà 210 études ayant utilisé cet indicateur [10]. Cet indicateur semble intéressant, car il est lié intuitivement à la capacité de réalisation de la procédure et peut être relié aux autres moyens de mesure de la performance. Il ne semble cependant pas suffisant comme indicateur unique, car il ne mesure qu'une dimension du processus de réalisation du geste [25].

R 1.5. Les experts suggèrent de ne pas utiliser la simulation comme méthode pédagogique unique, sans intégration à un curriculum de formation.

Accord fort

Argumentaire : Les résultats de la formation par simulation sont généralement difficiles à mettre en évidence en raison des limites méthodologiques de la majorité des études publiées. Cependant, l'analyse de la littérature montre globalement un bénéfice à la formation procédurale par la simulation. Dans une revue narrative récente de la littérature, Soffler *et al.* confirmaient le fait que la formation par simulation est associée à un fort niveau de satisfaction et d'amélioration de la confiance des apprenants (niveau 1 de Kirkpatrick)[26].

La méta-analyse de Cook *et al.* incluait 35226 apprenants et 609 études [10]. Parmi celles-ci, seules 137 étaient randomisées et à l'inverse 405 étaient réalisées sur un modèle avant-après qui n'a que peu de valeur scientifique. Cette méta-analyse comparait les effets de la simulation à l'absence de formation, mais ne comparait pas les effets de la simulation à une autre méthode d'apprentissage. L'acquisition de connaissances était considérée comme améliorée avec un large gain. L'acquisition de compétences était également fortement et positivement influencée par une formation par la simulation. Lorsque les compétences techniques étaient spécifiquement explorées, les auteurs montraient que le temps de réalisation d'une procédure est significativement raccourci par la formation avec simulation. De même, la compétence technique acquise était améliorée et l'effet important. Quant à l'application de l'apprentissage dans le changement du comportement, là aussi les effets apparaissent importants. Cependant, pour tous ces résultats ci-dessus (« Kirkpatrick 2 » et « Kirkpatrick 3 »), le bénéfice apparaissait très positif, mais la variabilité, importante, réduisait la force de la conclusion. Les effets sur les résultats des soins administrés par des apprenants ayant été formés par la simulation étaient également positifs, mais l'importance de ces effets était modérée. La variabilité des résultats pour chacun des quatre niveaux d'évaluation était cependant minimisée par l'homogénéité des études de sensibilité qui étaient toutes positives, renforçant ainsi le niveau de preuve.

La méta-analyse de Zendejas *et al.* (même groupe de chercheurs) a été publiée en 2013 et se focalisait sur la comparaison des effets de la formation par simulation sur le niveau 4 de Kirkpatrick, c'est-à-dire les effets sur les résultats des soins donnés au patient. Cette méta-analyse qui incluait globalement les mêmes études que la précédente montrait cependant que la formation par simulation seule n'était pas suffisante pour améliorer le pronostic des patients lorsque cette méthode d'apprentissage était comparée à d'autres modalités de formation [27]. Une autre méta-analyse limitait l'analyse aux études réalisées dans le contexte de la médecine d'urgence, plus proche des soins critiques que les méta-analyses précédentes. Les conclusions de cette méta-analyse étaient cependant tout à fait superposables aux données précédentes [28].

Aucune donnée importante ne vient modifier les conclusions de ces méta-analyses successives, malgré le nombre important d'études publiées récemment. Les effets de la simulation sont importants sur les connaissances, les compétences et les comportements, si elle est intégrée dans un processus global de formation (ou curriculum), en lien avec les référentiels de compétences des professionnels de santé dans leurs domaines respectifs, comme indiqué dans le guide des bonnes pratiques en simulation de l'HAS [1]. Les effets bénéfiques sur les soins donnés aux patients sont moins visibles ou plus difficiles à mettre en évidence.

R 1.6. Les experts suggèrent d'adapter la liste de compétences techniques devant être enseignée par la simulation en formation initiale aux conditions spécifiques d'exercice et en respectant les obligations réglementaires.

Accord fort

Argumentaire : Certains gestes doivent avoir été acquis au cours de la formation initiale des professionnels de santé. C'est le cas de la pose d'une voie veineuse périphérique pour perfusion ou prélèvement sanguin, de la ponction lombaire et de la réalisation d'un gaz du sang. Aux États-Unis, l'Association of American Medical Colleges a publié récemment une liste de 13 compétences (entrustable professional activities) que l'étudiant doit être en mesure de réaliser seul et a encouragé les universités à vérifier l'acquisition de ces compétences à la fin des études médicales [29]. Parmi celles-ci, les gestes procéduraux basiques suivants étaient inclus : la réanimation de l'arrêt cardiaque, la ventilation au masque, la ponction veineuse et la pose d'une voie veineuse périphérique. Au Royaume-Uni, il n'existe pas de liste précise décrivant les gestes que doit posséder un étudiant en médecine en fin d'études et une enquête a mis en évidence que les procédures techniques apprises dans les différentes universités varient beaucoup [30].

En France, la réflexion sur une liste de compétences permettant de réaliser un soin sans support est à l'ordre du jour tant au niveau de la formation des étudiants en médecine que pour les spécialistes médicaux et paramédicaux en formation.

Aux États-Unis, l'Accreditation Council for Graduate Medical Education (ACGME) définit les 22 compétences générales que doit acquérir un interne au cours de sa formation (<https://www.acgme.org/#>) puis ces compétences sont déclinées par discipline de façon plus précise. Pour l'anesthésie-réanimation, le chapitre correspondant aux compétences techniques inclut plusieurs niveaux progressifs d'apprentissage des techniques d'accès aux voies aériennes et la gestion de la machine d'anesthésie, le monitoring hémodynamique et les accès vasculaires, les différentes formes de monitoring neurologique et l'emploi des ultrasons dans ses principales indications [31]. Cet organisme ne détaille pas des caractéristiques spécifiques pour la réanimation.

En Europe, une étude récente en anesthésie-réanimation a montré la grande variabilité des programmes de formation [32]. Aux Pays-Bas, une enquête auprès des directeurs de programmes a permis de décrire 45 compétences qui peuvent être déléguées après formation [33].

En France, comme indiqué plus haut, il n'existait pas jusqu'à récemment de liste précise des gestes à acquérir par les internes en formation et ceux-ci exprimaient volontiers leurs doutes quant à leurs compétences pour certains gestes, même en fin de formation [34]. La situation a changé récemment et la liste des gestes techniques que doit apprendre le médecin en formation spécialisée est encadrée par l'arrêté de 2017 qui décrit de façon générique les grands types de procédures [35] (<https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2017/4/21/MENS1712264A/jo/texte/fr>). Si l'on détaille de façon plus précise, la liste potentielle des actes à apprendre dans les disciplines concernées par ces recommandations est extrêmement importante. Dans une enquête régionale réalisée en France en 2014, et en excluant les procédures spécifiques à l'anesthésie-réanimation (telles que l'anesthésie locorégionale) ainsi que celles qui sont non invasives (techniques de monitoring), les auteurs ont identifié au moins huit grands domaines techniques qu'un interne doit acquérir. Ils ont aussi montré que pour ces domaines le nombre de gestes techniques potentiels représente plus de 120 procédures différentes [36]. Il revient aux enseignants de décrire à la fois celles qui doivent être absolument maîtrisées en fin de cursus ainsi que la période du cursus de formation pendant laquelle le geste doit être enseigné. La présente recommandation fait le choix de décrire l'emploi de la simulation dans un nombre limité de ces gestes procéduraux, centrant la présentation sur ce que

les experts du groupe de travail ont considéré être les gestes essentiels et/ou emblématiques des métiers exerçant en situation aiguë d'une part, prenant en compte les matériels disponibles d'autre part.

R 1.7. Les experts suggèrent d'utiliser la simulation pour l'apprentissage de la gestion des voies aériennes en formation initiale afin d'améliorer l'apprentissage du geste, et la performance lors de sa réalisation sur les patients.

Accord fort

Argumentaire : Nous n'avons sélectionné que les études utilisant la simulation pour l'apprentissage de l'intubation trachéale, la pose de masque laryngé ou la fibroscopie. La méta-analyse de Kennedy *et al.* rapportait toutes les études ayant évalué l'intérêt de la simulation pour l'apprentissage des méthodes d'accès aux voies aériennes (laryngoscopie directe et vidéolaryngoscopie, fibroscopie, masque laryngé, cricothyrotomie) [11]. Elle incluait les 76 études qui ont été publiées sur le sujet jusqu'en avril 2013. Une recherche effectuée à partir de cette date ne retrouvait pas d'étude supplémentaire entrant dans le champ de cette analyse. Parmi les études rapportées, 35 étaient randomisées et 25 étudiaient les mêmes apprenants selon une méthodologie avant-après.

En comparaison avec l'absence de formation (28 études), la simulation était associée à des effets positifs importants en termes d'amélioration des compétences techniques (niveau 2 de Kirkpatrick). Les effets étaient tangibles pour les connaissances, le temps de réalisation de la procédure et les autres paramètres de mesure de compétences techniques. Les effets étaient modérés (et non significatifs) lorsque l'on s'intéressait aux effets sur le changement de comportement (niveau 3 de Kirkpatrick) et sur les résultats des soins aux patients après transfert en pratique clinique (niveau 4 de Kirkpatrick). La méta-analyse incluant les études ayant comparé la simulation à d'autres méthodes de formation (10 études) montrait un effet bénéfique de la simulation en termes de satisfaction des apprenants (niveau 1 de Kirkpatrick) et des effets modérés (mais significatifs) en termes de compétences techniques (niveau 2 de Kirkpatrick), sur la modification du comportement en pratique clinique (niveau 3 de Kirkpatrick) et sur les résultats des soins aux patients (niveau 4 de Kirkpatrick).

R 1.8. Les experts suggèrent d'utiliser la simulation pour l'apprentissage de la pose des cathéters veineux centraux afin d'améliorer la confiance et les connaissances des apprenants en formation initiale et d'améliorer les pratiques professionnelles et les soins apportés aux patients.

Accord fort

Argumentaire : La méta-analyse de Ma *et al.*, la plus récente dont nous disposons, a permis de mesurer les effets de la simulation comme méthode d'apprentissage de la pose des cathéters centraux pour les niveaux 1 et 2 de Kirkpatrick [37]. Dans ce travail, les auteurs ont identifié 20 articles de qualité méthodologique variable : 9 études avant-après, 9 études non randomisées comparant deux groupes et 2 études randomisées. La formation à la pose des cathéters centraux par simulation était associée à une amélioration significative de l'apprentissage, jugée par la confiance de l'apprenant (niveau 1 de Kirkpatrick) la performance technique sur simulateur, la connaissance du geste (niveau 2 de Kirkpatrick).

La méta-analyse de Madenci *et al.*, a servi de base pour mesurer la transférabilité des effets de la

simulation comme méthode d'apprentissage de la pose des cathéters centraux, c'est-à-dire le taux de succès de la pose en pratique clinique humaine après formation par la simulation, comparée à d'autres modes de formation [38]. Après avoir analysé 550 études sur le sujet, les auteurs ont finalement sélectionné 5 études (3 études randomisées et 2 études prospectives de cohorte). Ces études ont inclus 407 apprenants. Les apprenants ayant utilisé la simulation ont obtenu un taux de succès supérieur (Risque relatif (RR) = 1,09; intervalle de confiance à 95 % [IC] = 1,03-1,16, P < 0,01). Ils ont aussi eu besoin d'un nombre de tentatives plus faible pour réussir. Le taux de complications n'était pas différent (RR = 0,50; IC 95% = 0,19-1,29; P=0,15). Ce résultat est partiellement contradictoire avec ceux de la méta-analyse de Ma *et al.* qui retrouvait une réduction du taux de pneumothorax, mais ne montrait pas de différence quant aux taux de ponction artérielle ou d'infection sur cathéter. L'ensemble des résultats montrait donc une amélioration de la qualité des soins grâce à la formation procédurale par simulation.

Depuis 2014 et les travaux inclus dans les deux méta-analyses citées ci-dessus, nous avons retrouvé 13 études qui ont testé la valeur d'une formation à la pose de cathéters centraux par simulation sur l'apprentissage, les pratiques et/ou les résultats cliniques. Parmi ces 13 études, seules 2 sont randomisées, toutes les autres sont des études avant-après, étudiant un seul groupe de professionnels. Cette dernière méthodologie présente de nombreuses limites qui rendent l'interprétation délicate. Certaines de ces études (n = 5) sont cependant utiles, car elles permettent de tester la rétention de l'acquis après la formation par simulation. Toutes montraient d'ailleurs un maintien des connaissances à distance (1 à 3 ans) [39–43]. La majorité des études décrivait des programmes réalisés avec des médecins en formation (7 études sur 13), deux avec des médecins diplômés et trois avec des infirmières. Le critère de jugement de la qualité des soins était presque toujours le taux d'infection des cathéters centraux. Une seule étude s'adressait au taux de complications d'une façon plus large [44].

Une étude décrivait la grande satisfaction des personnels vis-à-vis de la formation [14] et une autre [45] rapportait un sentiment d'amélioration de la compétence. Ces deux critères représentaient un élément d'évaluation du niveau 1 de Kirkpatrick. Dix études sur 13 études montraient une amélioration de la compétence après la formation par simulation (niveau 2 de Kirkpatrick), que celle-ci soit mesurée par les résultats des scores d'une checklist, d'une échelle globale (GRS) ou par une analyse des mouvements des apprenants. Deux études suggéraient un changement des pratiques des personnels testés après la formation (niveau 3 de Kirkpatrick) [44,46]. Enfin parmi les six études ayant évalué les effets sur les résultats des soins (niveau 4 de Kirkpatrick), quatre rapportent des résultats favorables et deux étaient négatives sur ce critère, probablement en raison d'un manque de puissance [44].

R1.9. Les experts suggèrent d'utiliser la simulation basse fidélité pour l'apprentissage en formation initiale du cathétérisme artériel afin d'améliorer la performance et réduire les complications chez les patients.

Accord fort

La pose d'un cathéter artériel fait partie des compétences devant être maîtrisées en fin de formation en soins critiques. Dans une revue de la littérature, un taux de complications majeures d'environ 1 % était retrouvé [47].

L'emploi d'un modèle de cadavre frais perfusé, utile pour l'apprentissage des gestes endovasculaires experts, n'est pas une méthode d'apprentissage adéquate pour les gestes usuels en soins critiques

[48]. De la même façon, l'utilisation de la réalité virtuelle semble éloignée des objectifs de la formation initiale en soins critiques, car elle utilise un matériel très coûteux et peu disponible. Elle est cependant utile pour des gestes très spécifiques et peut ainsi améliorer les indicateurs de performance de procédures complexes [49].

Les mannequins de basse fidélité pour l'apprentissage de la ponction artérielle peuvent être créés de façon artisanale [50], mais sont maintenant disponibles dans le commerce. La valeur de leur utilisation pour la formation à la ponction artérielle a rarement été évaluée. Collins *et al.* décrivaient un programme de formation initiale (théorique et pratique) pour des étudiants en kinésithérapie respiratoire aux États-Unis. Les auteurs insistaient sur la méthode de formation, mais ne détaillaient pas les résultats obtenus [51]. Gurm *et al.* [52] utilisaient un matériel préparé localement pour l'approfondissement de la maîtrise de la ponction artérielle fémorale chez des médecins en post-internat de cardiologie, dans le cadre d'une formation spécialisée en cardiologie interventionnelle. Les auteurs comparaient les résultats des actes réalisés l'année précédente et l'année suivant la mise en œuvre du programme d'apprentissage par simulation. Ce programme était peu détaillé et peu contraignant et exigeait uniquement que les médecins en formation réalisent 10 ponctions artérielles sur le mannequin sous la supervision d'un cardiologue interventionnel expérimenté avant de réaliser le geste chez des patients. L'étude montrait une réduction du nombre de ponctions réalisées en clinique pour atteindre la compétence et une réduction du nombre de complications liées à la ponction dans le groupe ayant eu une formation initiale. La mesure de la performance (et de l'acquisition de la performance) peut passer par l'emploi d'une checklist [53] mais aussi probablement par l'utilisation d'autres méthodes d'évaluation.

La recommandation de la SFAR de 2015 [54] stipulait « Il est probablement recommandé d'utiliser une technique de ponction échoguidée par rapport à une technique utilisant le repérage anatomique lors de la mise en place d'un cathéter artériel radial chez l'adulte (Grade 2+) ». Aucune étude ne permet aujourd'hui de valider l'utilisation de la simulation pour la formation à la ponction artérielle sous échographie.

R1.10. Les experts suggèrent d'utiliser la simulation pour la formation initiale à la pose d'un drain pleural afin d'améliorer la confiance et la performance des apprenants lors du geste et réduire le taux de complications.

Accord fort

Les étapes principales de ponction et les points d'attention sont bien décrits et ont permis la création d'une checklist afin d'évaluer la compétence du médecin [55], voire de réaliser une courbe d'apprentissage et mettre en place un modèle de formation en *mastery learning* (méthode pédagogique consistant à s'adapter à l'apprenant, en particulier pour le temps nécessaire pour atteindre une compétence, considérée comme acquise si le résultat de l'évaluation est supérieur à un minimum attendu proche de la perfection)[56]. Les moyens pour réaliser cette formation sont multiples et la simulation y joue un rôle essentiel. La formation peut être théorique, utilisant une vidéo décrivant le geste ou un cours avec diapositives. Dans une étude, les participants ont été séparés en 2 groupes qui soit ne recevaient aucune formation, soit regardaient une vidéo de démonstration sans autre formation additionnelle [57]. Dans le groupe avec vidéo, le score d'une checklist procédurale était meilleur par rapport au groupe n'ayant eu aucune formation. Dans un essai randomisé, la formation par vidéo était comparée à une formation théorique (diapositives) sans montrer de différence de performance éducationnelle lorsque les étudiants en médecine

étaient ensuite testés par questionnaire de connaissances et lors de la réalisation de l'acte sur cadavre [58].

Les méthodes de simulation employées pour la formation à la pose de drains pleuraux varient énormément: modèles animaux vivants anesthésiés (chien, chat, cochon, poulet...)[59,60], cadavres humains [61], ou plus souvent mannequin basse-fidélité. Celui-ci peut être de construction locale basique (gants gonflés posés sur une planche de bois, recouverts de côtes animales achetées en boucherie) [62], plus sophistiqué avec reproduction d'un torse en plastique [63,64], voire combinant un mannequin en plastique dont la partie à ponctionner est recouverte d'un tissu animal [65,66], ou mannequin complet vendu dans le commerce (plus facile, mais plus coûteux). Ces mannequins peuvent également être de taille pédiatrique, voire néonatale [67]. Si plusieurs études suggèrent que la simulation cadavérique est plus réaliste, plus performante à donner confiance aux apprenants et donne un petit avantage en matière d'acquisition de compétence [68,69], cet avantage n'est pas retrouvé par toutes les études [70].

Dans une étude randomisée, des médecins en formation et des médecins seniors étaient répartis en deux groupes, l'un d'entre eux ne recevant qu'une formation théorique à la pose d'un drain pleural, l'autre recevant cette même formation, mais également une formation pratique sur un mannequin basse fidélité de fabrication locale [71]. Les sujets utilisant la simulation ressentaient une plus grande confiance en eux, réalisaient la phase de dissection plus rapidement et obtenaient un score global de compétence meilleur que les sujets du groupe n'ayant eu que la formation théorique. La formation sur mannequin s'avère également plus formatrice qu'une formation par observation d'un instructeur réalisant le geste [72]. Une étude a comparé deux groupes d'apprenants, tous naïfs à la pose d'un drain pleural avant la session et recevant une formation théorique avant les exercices pratiques. Un groupe recevait une formation par simulation sur mannequin basse-fidélité puis confirmait l'apprentissage par la réalisation de la procédure sur un animal anesthésié, tandis que le second groupe réalisait d'emblée la ponction sur animal [73]. Les sujets du groupe formé par simulation considéraient que la simulation avait apporté un élément formatif important, ressentaient une confiance plus grande pour leur exercice futur, mais n'obtenaient pas de meilleurs scores techniques que le groupe formé sur animal seul.

Plusieurs études ont ainsi évalué le niveau 1 de Kirkpatrick et mettent en évidence que le sentiment de réalisme est fort avec les différents modèles. Par exemple, Garrood *et al.* [74] ont réalisé une étude avant-après et montré qu'une journée de formation aux gestes techniques principaux par simulation procédurale améliore la confiance des internes dans leur capacité à réaliser ces gestes, à court et à moyen terme (3 mois).

La littérature ne délivre pas beaucoup de travaux concernant l'impact clinique de la simulation. Par ailleurs, si quelques études ont pu démontrer que si la formation par simulation améliore la confiance des internes à distance, la performance clinique diminue souvent avec le temps, surtout si le nombre de gestes techniques dans la pratique clinique est faible [70]. L'étude récente de Barsuk *et al* [14] démontre quant à elle qu'un processus de formation par simulation incluant la méthode d'apprentissage par *mastery learning* permet de réduire le taux de complications (pneumothorax iatrogène) lors de la pose de drains pleuraux en pratique clinique (niveau Kirkpatrick 4).

Il existe encore peu d'études dont l'objectif a été d'évaluer la formation à la pose d'un drain pleural avec échographie, malgré l'intérêt clinique grandissant pour cette pratique. Vetrugno *et al.* [75] ont utilisé un modèle du commerce et montré qu'un groupe d'internes dont l'ancienneté était plus grande avait un résultat technique meilleur qu'un groupe d'internes en début de formation. Cette étude vaut surtout par la description de l'emploi du matériel et de la courbe d'apprentissage au

cours de l'internat.

2- Compétences non techniques dans les soins critiques

R2.1. Les experts suggèrent d'utiliser la simulation pour mieux développer et structurer l'apprentissage des compétences non techniques lors de l'intégration des novices médicaux et paramédicaux.

Accord fort

Compte tenu de la difficulté d'intégration des nombreuses informations complexes liées aux environnements de travail en soins critique, la formation initiale nécessite des instructions et modalités pédagogiques permettant non seulement d'augmenter les connaissances des apprenants, mais également d'accélérer l'intégration de ces connaissances et leur mise en pratique [76,77]. La recherche en formation initiale touche aussi bien les médecins novices que les infirmiers [78,79] et les kinésithérapeutes [80]. Concernant la conscience de la situation, la simulation haute-fidélité permettra d'aborder la perception, la compréhension et l'anticipation de la situation en identifiant le caractère individuel ou collectif. Pour la prise de décision, la simulation permet d'analyser l'identification des options, la balance bénéfices/risque, l'utilisation d'outils d'aide cognitive, la prise de décision et la réévaluation des décisions.

Enfin la simulation permettra de mettre en évidence et améliorer la prévention des différents biais cognitifs : biais de cadrage (influence inadéquate accordée à la formulation de la question ou du problème), biais de confirmation (privilégier des informations confirmant ses propres idées ou hypothèses, au détriment d'autres hypothèses), erreur de fixation (focalisation sur quelques données considérées comme primordiales, en ignorant ou niant d'autres indices), tunnelisation (rétrécissement du champ de pensée, souvent lié à une erreur de fixation, entraînant l'apprenant à la prise de décisions inadéquates sans tenir compte d'autres signaux d'alerte). L'apprentissage cognitif en simulation devrait être une activité exercée par l'apprenant, devant créer lui-même de nouvelles structures cognitives, l'instructeur en simulation dirigeant et évaluant cette activité. La recherche dans ce domaine spécifique est beaucoup plus fréquemment qualitative que quantitative. Les comportements et les compétences cognitives des apprenants dépendent de plusieurs facteurs : intrinsèques (connaissances : préacquis, attitudes, motivation et personnalité), mais aussi les interactions et la performance de l'équipe dans sa globalité [81]. En effet la théorie de la charge cognitive suppose que la mémoire du travail est affectée par la charge intrinsèque (la complexité intrinsèque des tâches d'apprentissage), charge externe (la manière dont les tâches sont présentées) et la charge de travail (l'implication cognitive, ou apprendre ce qui se passe réellement) [82]. L'optimisation des connaissances comportementales semble être un des points clés obtenus lors de l'apprentissage par simulation [83]. Enfin, la simulation peut également améliorer le processus cognitif de l'équipe, celui-ci étant très probablement corrélé à la performance technique de l'équipe [84,85].

R2.2. Les experts suggèrent d'utiliser la simulation haute fidélité pour développer les compétences non techniques en soins critiques des médicaux et paramédicaux en formation initiale et continue.

Accord fort

Argumentaire : Le rapport de mission « État de l'art en matière de pratique de simulation dans le domaine de la santé » de 2012 soulignait clairement que « l'amélioration du savoir-faire grâce à la simulation est indiscutable de même que l'analyse et la modification des comportements, tout

particulièrement en situation de crise »[1].

Bien que la littérature soit moins riche dans le domaine de la formation continue que pour la formation initiale, certaines études démontraient une amélioration des compétences non techniques pour les professionnels de « soins urgents » dans les groupes ayant bénéficié d'un entraînement par simulation haute fidélité en comparaison d'un enseignement théorique traditionnel [85–90]. Les compétences non techniques les plus souvent étudiées étaient le travail en équipe, le leadership, la communication. Les populations étudiées étaient plus souvent médicales que paramédicales. Le niveau de preuve restait toutefois faible en raison de la méthodologie « avant-après » le plus souvent utilisée dans ces études. Le bénéfice observé correspondait le plus souvent à un niveau 2 de Kirkpatrick. On peut toutefois citer deux études de niveau 3. La première a mis en évidence une amélioration de la performance clinique de réanimation cardio-pulmonaire pour les équipes dirigées par un leader efficace [91]. La seconde a retrouvé également une amélioration des performances cliniques de réanimation cardio-pulmonaire, mais aussi une corrélation entre performance clinique et travail d'équipe [90]. On peut donc raisonnablement penser qu'en améliorant les compétences non techniques par la simulation, on améliorerait également la qualité des prises en charge.

R2.3. Les experts suggèrent d'utiliser la simulation haute fidélité pour améliorer le travail en équipe pluri-professionnel dans la gestion de crises en soins critiques.

Accord fort

Pour le travail d'équipe, les compétences abordées peuvent être multiples :

- Identification du leader
- Répartition des tâches
- Coordination
- Nombre de soignants efficace
- Disponibilité du soignant
- Lever de doute

Concernant le leadership, la simulation permettra d'aborder les compétences suivantes :

- Priorisation des tâches
- Distribution des tâches
- Contrôle de l'exécution des tâches
- Gestion du temps
- Climat de confiance et synergique
- Réalisation de point d'étape

En anesthésie, réanimation et médecine d'urgence, la prise en charge du patient relève le plus souvent de l'intervention d'équipe pluri-professionnelle. L'optimisation du travail en équipe contribue à l'amélioration de la sécurité des soins : le projet MedTeams a montré dans une étude randomisée portant sur 9 services d'urgences aux USA que l'implémentation d'un programme d'amélioration du travail en équipe pluri-professionnelle permettait de diminuer significativement l'incidence des erreurs médicales [92].

Plusieurs études longitudinales de type « avant-après » [93–101], utilisant des outils validés de mesure de la performance d'équipe, ont mis en évidence dans les équipes ayant bénéficié d'un programme de formation interprofessionnelle par la simulation haute-fidélité une amélioration du travail en équipe (communication, leadership, conscience de la situation, prise de décision, gestion des ressources, priorisation...), de la performance clinique (délai de réalisation d'exams complémentaires au déchocage, délai de réalisation du diagnostic, délai d'initiation de la réanimation et de la transfusion...) et de la culture de sécurité (Niveau 3 de Kirkpatrick). Une étude randomisée multicentrique sur 4 services d'urgences a retrouvé une amélioration non significative des qualités comportementales des équipes sur le terrain [87]. Plusieurs de ces travaux mettent en évidence la disparition du bénéfice de la formation à distance en l'absence de séances répétées.

Concernant l'impact de la simulation sur le pronostic des patients (Niveau 4 de Kirkpatrick), une étude randomisée [46] et plusieurs travaux de type « avant-après », essentiellement en médecine d'urgence (traumatologie) et en obstétrique mettent en évidence un impact sur la qualité de prise en charge du patient de la simulation interprofessionnelle par une amélioration du travail en équipe [96,102–104].

Bien que la littérature soit moins riche dans le domaine de la formation continue que pour la formation initiale, il existe quelques études démontrant une amélioration des performances cliniques pour la gestion de crises, comme un arrêt cardiaque, une hémorragie massive, une réanimation néonatale, une intubation compliquée [105–109]. Ce bénéfice concernait les compétences procédurales (gestion des voies aériennes, respect des procédures lors d'un arrêt cardiaque) et les compétences non techniques (travail en équipe avec une amélioration de la confiance dans la prise en charge, de la qualité du leadership, de la gestion des ressources et la délégation de tâches) dans les groupes ayant bénéficié d'un entraînement par simulation haute fidélité en comparaison d'un enseignement traditionnel. Le niveau de preuve restait toutefois faible en raison de la méthodologie « avant-après » le plus souvent utilisée dans ces études. Le bénéfice observé correspond le plus souvent à un niveau 2 de Kirkpatrick. Il a été le plus souvent mesuré pour les médecins, et très peu pour les infirmiers.

R2.4. Les experts suggèrent d'utiliser la simulation pour améliorer les compétences en communication entre professionnels en soins critiques, en formation initiale et continue, médicale et paramédicale.

Accord fort

L'utilisation de la simulation comme outils pour développer et améliorer la communication sécurisée en soins d'urgence vitale ou potentielle semble pertinente.

Les études à notre disposition incluaient le plus souvent un petit nombre de professionnels, mais montraient que la simulation est un outil efficace pour enseigner les compétences non techniques et notamment la communication au sein des équipes en situation de crise. Dans l'étude de Parsons *et al.* [89] sur 14 internes en situation de crise, on observait une amélioration significative des compétences non techniques avec une amélioration de la communication au sein de l'équipe, une meilleure résolution des problèmes et utilisation des ressources, et une meilleure performance en situation de crise.

Capella *et al.* [96] en 2010 notaient une amélioration de la prise en charge en traumatologie suite à un programme de formation non technique par la simulation avec une amélioration de la prise en charge des patients lorsque ceux-ci étaient évalués aux urgences traumatologiques (diminution

significative des temps de prise en charge intubation, réalisation du scanner) [96]. Ils concluaient en l'importance de la formation sur le leadership, le retour de communication et le retour d'information sur la situation (boucle de communication).

L'utilisation de check-list pour l'amélioration des compétences non techniques, dont la communication, s'accompagnait d'une amélioration des performances. La construction de grilles à partir de l'expérience de la prise en charge anesthésique en situation d'urgence améliorerait les pratiques [81]. Plusieurs études viennent appuyer ces résultats suggérant que les habiletés en matière de CRM apprises au centre de simulation sont transférées dans des cadres cliniques allant jusqu'à une amélioration du pronostic des patients [110].

R2.5. Les experts suggèrent d'utiliser la simulation pour développer les compétences en communication avec les patients et leurs proches, pour les médicaux et paramédicaux en formation initiale et continue.

Accord fort

Il existe de nombreuses études (étude avant-après, étude randomisée) qui ont démontré que l'apprentissage et l'entraînement pour les compétences en communication vers les patients ou leurs proches pour les médecins et les infirmier(e)s (formation initiale ou continue) amélioreraient la qualité de la communication et le ressenti des patients ou des proches en réanimation, en anesthésie et en médecine d'urgence (niveau 4 de Kirkpatrick) [111–122]. Les compétences particulièrement ciblées étaient l'annonce de mauvaise nouvelle, l'annonce de décès, l'annonce de complications liées aux soins, l'abord des proches de patient en mort encéphalique. La méthode pédagogique faisait le plus souvent appel au patient standardisé, en complément d'apports théoriques.

R2.6. Les experts suggèrent d'utiliser la simulation afin d'évaluer les connaissances antérieures et corriger les erreurs cognitives des apprenants en soins critiques.

Accord fort

La simulation est souvent proposée afin d'évaluer les connaissances antérieures des apprenants et permettre une meilleure acquisition des nouvelles connaissances. Cette évaluation peut être menée grâce à divers scores analysant les compétences cognitives (conscience de la situation et prise de décision, résolution des problèmes...) et validés dans le domaine des soins critiques : ANTS [83], CRM [124,125] (Tableau 2).

Concernant les études évaluant spécifiquement la performance et les erreurs cognitives en soins d'urgence : Sidi *et al.* dans une étude incluant 47 résidents d'anesthésie de 3^{ème} et 4^{ème} année avec des scénarios simulés dans 3 domaines (bloc opératoire, trauma et RCP) et ciblant des erreurs cognitives spécifiques ont noté que la fréquence des erreurs cognitives était supérieure aux erreurs techniques dans chaque domaine testé ($p < 0,05$) [125]. Dans les scénarios de trauma de RCP la fréquence des erreurs cognitives pour les résidents de 4^{ème} année était respectivement de 29 % et 50 % alors que le succès cognitif était de 50 % et de 68% respectivement. Les erreurs cognitives les plus fréquentes étaient : le biais d'ancrage (difficulté à se départir de sa première impression), le biais de disponibilité (privilégier et surestimer les informations immédiatement disponibles), l'arrêt cognitif précoce (accepter un diagnostic prématurément, ou ne pas évoquer un diagnostic

différentiel) et le biais de confirmation (privilégier des informations confirmant ses propres idées ou hypothèses, au détriment d'autres hypothèses). Prakash *et al.* ont également rapporté une fréquence élevée des biais cognitifs, pouvant atteindre 90% chez les internes en situation d'urgences, lors de séances de simulation de haute-fidélité [126].

Ottestad *et al.* à travers des scénarios de simulation de haute-fidélité ont proposé des scores mesurant à la fois les connaissances fondées sur les recommandations (techniques) et les compétences comportementales (non techniques) lors de la gestion du choc septique (pour les internes et les équipes) [127]. Ces scores ont permis de distinguer les performances adéquates et insuffisantes. Myers *et al.* ont développé un score (AeroNOTS) dérivé de l'ANTS et caractérisant les compétences non techniques requises par les cliniciens des soins intensifs d'ambulance aérienne, incluant la conscience de la situation (collecte d'information, reconnaissance et compréhension, anticipation) et la prise de décision (identification des options, mesure des risques, choix des options et réévaluation) [128]. Ce score permettait de distinguer les niveaux de performance élevés et bas, avec des scores médians (IQR) respectivement de 3,75 (3,5-4,37) vs 3 (2,5-3,37) ; $p=0,03$ pour la conscience de la situation et de 4 (3,62-4,37) vs 2,75(2,12-3) ; $p=0,02$ pour la prise de décision.

Tableau 2 : Échelle de performances non techniques : Anaesthetist's Non-Technical Skills (ANTS)
(d'après Fletcher *et al.* [83])

Categories	Éléments	Scores	Scores de la catégorie
Gestion de la tâche	Planifier et préparer		
	Prioriser		
	Appliquer les standards		
	Identifier et utiliser les ressources		
Travail d'équipe	Coordonner les membres de l'équipe		
	Échanger les informations		
	Utiliser son autorité		
	Utiliser les capacités		
	Aider les autres		
Conscience de la situation	Rassembler les informations		
	Reconnaître et comprendre		
	Anticiper		
Prise de décision	Identifier les options		
	Balancer les risques des différentes options		
	Réévaluer		

R2.7. Les experts suggèrent d'utiliser la simulation afin d'améliorer la conscience de la situation

en soins critiques, en formation initiale et continue, médicale et paramédicale.
Accord fort

La conscience de la situation a été explorée par plusieurs études interventionnelles évaluant l'impact de la simulation (faisant partie dans la majorité des scores des compétences non techniques), et on dispose d'une littérature d'assez bonne qualité (études randomisées et étude de cohorte, avant-après) qui s'accorde sur le bénéfice de l'apprentissage par simulation de haute fidélité.

Dans ce sens Bruppacher *et al.* [129] ont rapporté dans une étude randomisée (10 apprenants par groupe, arrêt lors de l'analyse intermédiaire, 17 par groupe étaient initialement prévus) que chez les stagiaires en anesthésie pour chirurgie cardiaque, recevoir une formation par simulation haute fidélité pour le sevrage de la circulation extracorporelle augmentait significativement le score ANTS comparativement aux séminaires classiques, la conscience de la situation en particulier passant de 2,80 ($\pm 0,11$) à 3,75 ($\pm 0,11$); $p < 0,01$ entre le pré et le post-test (2 semaines après). Cette différence persistait lors du test de rétention (3 semaines après) avec une moyenne (\pm DS) de 3,55 ($\pm 0,10$). De même Boet *et al.* [130] ont rapporté dans une étude randomisée (sur la modalité du débriefing) chez un groupe de 50 internes d'anesthésie, une amélioration comparable des compétences non techniques mesurés par le score ANTS à travers des séances de simulation haute-fidélité suivies soit d'un auto-débriefing ou débriefing par instructeur. Le score moyen (\pm DS) de l'item conscience de la situation passait 2,84 ($\pm 0,77$) à 3,09 ($\pm 0,74$); $p < 0,005$ dans le bras auto-débriefing et de 2,75 ($\pm 0,74$) à 3,28 ($\pm 0,53$); $p < 0,005$ dans le bras débriefing par instructeur. Dans une autre étude, Yee *et al.* [86] ont évalué ces mêmes compétences par le score ANTS après une simulation haute-fidélité répétée (3 séances) chez 20 internes d'anesthésie et ont rapporté une amélioration significative des scores moyens concernant la conscience de la situation entre la première et la 2^{ème} séance passant respectivement de 2,35 à 3,05 ($p < 0,005$). De plus, l'amélioration était significative pour les 3 éléments de la conscience de la situation (collecte d'information, reconnaissance et compréhension, anticipation ; $p < 0,05$ pour chacun).

Parsons *et al.* [89] ont rapporté également qu'un enseignement des compétences non techniques (score CRM d'Ottawa) comprenant une présentation didactique d'introduction suivie d'une série de six de scénarios différents en simulation de haute-fidélité et des débriefings structurés pourraient améliorer la performance cognitive des internes de médecine d'urgence (14 étaient inclus dans l'étude) avec une augmentation des scores médians entre le pré-test du scénario 1 et le post-test du scénario 6 passant de 2,75 (0,88) à 6,25 (1,63) ; $p=0,05$ pour l'item conscience de la situation.

Pour la conscience de la situation lors du contexte d'arrêt cardiaque, Hardeland *et al.* [131] ont proposé dans une étude prospective interventionnelle la formation par simulation avec d'autres interventions pour améliorer la reconnaissance de l'arrêt cardiaque extrahospitalier incluant 331 et 230 appels avant et après l'intervention, respectivement. La reconnaissance de l'arrêt cardiaque s'était nettement améliorée après l'intervention (89 contre 95%, $p = 0,024$). La reconnaissance différée était significativement réduite (21 contre 6%, $p < 0,001$), tout comme la mauvaise interprétation de la respiration agonique (25 contre 10%, $p < 0,001$).

R2.8. Les experts suggèrent d'utiliser la simulation afin d'améliorer la résolution de problème et

la prise de décision en soins critiques pour la formation initiale et continue médicale.
Accord fort

La prise de décision avec ses différents volets (identification des options, mesure des risques, choix des options et réévaluation) représente l'une des activités cognitives les plus importantes en réanimation, en anesthésie et en soins d'urgence, faisant l'objet d'une recherche assez rigoureuse dans le cadre de l'évaluation des compétences non techniques. Bruppacher *et al.* [129] ont rapporté dans une étude randomisée (10 apprenants par groupe, arrêt lors de l'analyse intermédiaire, 17 par groupe étaient initialement prévus) que chez les stagiaires en anesthésie pour chirurgie cardiaque, recevoir une formation par simulation haute-fidélité pour le sevrage de la circulation extracorporelle augmentait significativement le score ANTS comparativement aux séminaires classiques, en particulier la prise de décision passant de 2,55 ($\pm 0,12$) à 3,50 ($\pm 0,11$), $p < 0,01$ entre le pré et le post-test (2 semaines après). Cette différence persistait lors du test de rétention (3 semaines après) avec une moyenne (\pm DS) de 3,65 ($\pm 0,11$).

Boet *et al.* [132] ont rapporté dans une étude randomisée (sur la modalité du débriefing) chez un groupe de 50 internes d'anesthésie, une amélioration comparable des compétences non techniques mesurée par le score ANTS à travers des séances de simulation haute-fidélité suivies soit d'un auto-débriefing ou débriefing par instructeur, les scores moyens (\pm DS) de l'item prise de décision passaient de 2,91 ($\pm 0,62$) à 3,18 ($\pm 0,63$) ; $p < 0,01$ dans le bras auto-débriefing et de 3,04 ($\pm 0,74$) à 3,45 ($\pm 0,52$); $p < 0,01$ dans le bras débriefing par instructeur.

Yee *et al.* [86] ont évalué les ces mêmes compétences par le score ANTS après une simulation haute-fidélité répétée (3 séances) chez 20 internes d'anesthésie et rapportaient une amélioration significative des scores moyens concernant la prise de décision entre la première et la 2^{ème} séance passant respectivement de 2,35 à 2,95 ($p < 0,005$). De plus, l'amélioration était significative pour les 4 éléments de la prise de décision (identification des options, mesure des risques, choix des options et réévaluation ; $p < 0,05$ pour chacun). Aucune différence significative pour la prise de décision n'a été constatée entre les internes de 2^{ème} ou de 4^{ème} année. La 3^{ème} séance n'était pas associée à une amélioration supplémentaire.

Parsons *et al.* [89] ont rapporté qu'un enseignement des compétences non techniques comprenant une présentation didactique d'introduction suivie d'une série de six de scénarios différents en simulation de haute-fidélité et des débriefings structurés pourraient améliorer la performance cognitive des internes de médecine d'urgence (14 étaient inclus dans l'étude) avec une augmentation des scores CRM médians entre le pré-test du scénario 1 et le post-test du scénario 6 passant de 2,5 (2,23) à 6,25 (0,88); $p = 0,05$ pour l'item résolution des problèmes.

R2.9. Les experts suggèrent d'utiliser la simulation afin de développer les compétences relationnelles (en particulier la gestion des désaccords et des conflits) pour les médicaux et paramédicaux, en formation initiale et continue.
Accord fort

De nombreuses études (étude avant-après le plus souvent) ont démontré que l'apprentissage et l'entraînement pour les compétences relationnelles pour les médecins et les infirmier(e)s (formation initiale ou continue) en réanimation, en anesthésie et en médecine d'urgence améliorent le travail en équipe au quotidien (niveau 3 de Kirkpatrick) [97,111,133]. Les compétences le plus souvent ciblées ont été la gestion des désaccords et des conflits [134,135]. La

méthode pédagogique faisait le plus souvent appel au patient standardisé, aux jeux de rôle, en complément d'apports théoriques.

R2.10. Les experts suggèrent d'utiliser la simulation pluri-professionnelle ou inter-professionnelle pour développer les compétences non techniques en soins critiques.

Accord fort

Bien que la littérature n'évoque pas spécifiquement les conditions de pratique de simulation pour aborder les compétences non techniques, certains articles ont démontré que la simulation interprofessionnelle permettait d'améliorer significativement les compétences non techniques, notamment le travail d'équipe, la communication, le leadership [104,136,137]. Même si la plupart de ces études ont concerné la formation initiale, les experts pensent que pour optimiser les sessions de formation par simulation dont les objectifs pédagogiques sont centrés sur les compétences non techniques ceux-ci ne doivent être abordés que lorsque les compétences techniques sont acquises donc plutôt en fin de cursus pour la formation initiale.

Même si le niveau de preuve reste faible en raison d'une méthodologie « avant-après » avec un bénéfice observé correspondant le plus souvent à un niveau 2 de Kirkpatrick, cette approche pluri-professionnelle et/ou interprofessionnelle semble indispensable quand les objectifs pédagogiques sont centrés sur les compétences non techniques.

R2.11. Les experts suggèrent d'utiliser des outils d'évaluation spécifique du travail d'équipe lors des formations par simulation centrées sur les compétences non techniques, pour améliorer la performance des équipes.

Accord fort

L'analyse de la littérature a retrouvé de nombreux outils d'évaluation des compétences non techniques qui ont été validés et peuvent être utilisés par les formateurs lors des simulations centrées sur les compétences non techniques. Pour les professionnels d'urgence, on peut citer notamment l'échelle TEAM et l'outil ANTS (Tableaux 2 et 3). L'échelle TEAM est un outil validé et fiable et devrait être utilisée pour évaluer le travail d'équipe en soins d'urgence [138]. L'outil ANTS peut être utilisé pour évaluer le comportement d'un individu, apporter sa contribution au processus de formation et structurer le retour d'expérience (feedback) sur le développement des compétences [139]. Il a un niveau satisfaisant en termes de validité, reproductibilité et facilité d'utilisation [83] et il est reconnu comme une technique d'évaluation comportementale, largement utilisée en formation (training), en situation de travail, et pendant les débriefings en simulation [140].

Tableau 3 : Échelle de mesure de l'évaluation d'une équipe d'urgence (Échelle TEAM) (d'après Maignan *et al.* [138]) : Une échelle allant de 0 (jamais ou presque jamais) à 4 (toujours ou presque toujours) devra être utilisée pour chaque item.

Identification de l'équipe :		
Date :	Heure :	Lieu :
Chef d'équipe :		Équipe :
Leadership : partant du principe que le chef d'équipe est, soit désigné soit qu'il se soit dégagé par rapport au reste de l'équipe où qu'il soit le plus expérimenté. Si aucun chef d'équipe n'apparaît : répondez 0 aux questions 1 et 2		
Question 1 : Le chef d'équipe a informé l'équipe de ce que l'on attendait d'elle en donnant les directives et les ordres.		
Question 2 : Le chef d'équipe a maintenu une perspective globale. <i>Suggestions : contrôle des procédures cliniques et de l'environnement ? Délégation appropriée ?</i>		
Travail en équipe : Les évaluations devront inclure l'équipe en totalité, c'est-à-dire le chef d'équipe et l'équipe collectivement		
Question 3 : L'équipe a communiqué de façon efficace. <i>Suggestions : communication verbale, non verbale et écrite</i>		
Question 4 : L'équipe a travaillé ensemble pour compléter à bien les tâches requises en temps voulu.		
Question 5 : L'équipe a agi avec sang-froid et de façon contrôlée. <i>Suggestions : émotions appropriées ? Problèmes de la gestion des conflits ?</i>		
Question 6 : Le moral de l'équipe était positif. <i>Suggestions : soutien approprié, confiance, esprit, optimisme, détermination ?</i>		
Question 7 : L'équipe s'est adaptée aux changements de situation ? <i>Suggestions : Adaptation dans leur rôle professionnel ? Changement de situation : dégradation de l'état de santé du patient ? Changement dans l'équipe ?</i>		
Question 8 : L'équipe a contrôlé et réévalué la situation ?		
Question 9 : L'équipe a anticipé les actions possibles ? <i>Suggestions : préparation du défibrillateur, médicaments, équipement des voies aériennes</i>		
Gestion des tâches		
Question 10 : L'équipe a identifié ses priorités		
Question 11 : L'équipe a suivi les standards et les directives homologués <i>Suggestions : certaines dérogations peuvent être appropriées</i>		
Dans l'ensemble		
Question 12 : Sur une échelle de 1 à 10, donnez votre note globale sur les performances non techniques de l'équipe		
Commentaires :		

R2.12. Les experts suggèrent de faire un débriefing afin d'améliorer l'apprentissage par simulation des compétences non techniques des soins critiques.

Accord fort

Concernant la technique du débriefing, la littérature est assez riche même si le niveau de preuve reste faible en raison d'une méthodologie « avant-après » avec un bénéfice observé correspondant le plus souvent à un niveau 2 de Kirkpatrick. Tout d'abord, il a été clairement identifié qu'un débriefing devait avoir lieu. Le but du débriefing était d'explorer les alternatives, et de reconnaître et de discuter des principes de la gestion d'équipe tels qu'ils avaient été réalisés dans le scénario [123]. En l'absence de débriefing, les performances d'équipe des apprenants n'étaient pas améliorées, alors qu'un débriefing avec ou sans apport de vidéo permettait d'améliorer significativement les compétences non techniques (évaluées par ANTS) [141]. Il n'y avait pas d'apprentissage si la simulation n'était pas suivie d'un débriefing.

L'apport d'un débriefing avec vidéo est à ce jour moins tranché. Il a été suggéré que la formation des compétences non techniques de la gestion d'un ACR pouvait être réalisée même sans apport vidéo quand les ressources financières sont limitées. Toutefois, en raison de ses avantages théoriques, il est possible que le feedback vidéo soit un complément utile au débriefing pendant la formation par simulation, le bénéfice du retour vidéo pouvant être augmenté en cas de séances répétées [141].

Enfin, deux études ont évoqué le type de débriefing : self débriefing, débriefing guidé par un formateur expérimenté, débriefing d'équipe [110,132]. Les compétences non techniques de gestion de crise, évaluées par ANTS, augmentent avec l'entraînement par la simulation, sans différence significative entre une technique de self débriefing et un débriefing guidé par un formateur expérimenté. Cependant la variabilité inter individuelle de l'efficacité d'un débriefing auto formatif suggérait que le self débriefing devrait être associé au débriefing avec formateur durant le processus de formation.

Les compétences non techniques de gestion de crise, évaluées par TEAM, augmentaient avec l'entraînement par la simulation, sans différence significative entre une technique de débriefing en équipe et un débriefing guidé par un formateur expérimenté [110]. Cependant, il est possible que certaines équipes répondent mieux en fonction du type de débriefing. En l'absence de critères prédictifs, il peut être supposé avantageux d'inclure des débriefings avec formateur et des débriefings d'équipe dans le processus de formation des CRM par simulation.

Ainsi, tout type de débriefing semble possible pour travailler les compétences non techniques en simulation. Toutefois il est encore conseillé de favoriser le débriefing par un formateur expérimenté. Si un débriefing par les pairs est la technique choisie à la place d'un débriefing par un formateur expert, il paraît essentiel que celui-ci soit adapté à l'expérience des apprenants.

3- Rôle de la simulation dans la formation à la prise en charge de situations sanitaires exceptionnelles

R3.1. Les experts suggèrent d'utiliser la simulation pour acquérir les compétences nécessaires à la prise en charge des situations sanitaires exceptionnelles, sans qu'un outil particulier puisse être privilégié.

Accord fort

Cicero *et al.* [142] ont démontré qu'une formation basée uniquement sur la visualisation de cours théoriques non interactifs disponibles sur le web, entraînait une augmentation significative de 24,5% des performances de résidents en pédiatrie et urgence lors de la gestion de situations sanitaires exceptionnelles. Deux mois plus tard, les mêmes résidents maintenaient une partie de leurs acquis (69%) avec une augmentation significative de 18,3% par rapport à la période antérieure à la formation. Néanmoins, la plupart des résidents demandaient une formation pratique complémentaire.

Différents outils de simulation peuvent être utilisés pour la formation des personnels aux situations sanitaires exceptionnelles :

- Les cas scénarisés se déroulant autour d'une table :
 - Pour des étudiants en médecine, pour l'apprentissage du travail d'équipe et autres compétences non techniques en situations de catastrophe [143].
- Les jeux sérieux (« serious games ») :
 - pour les connaissances théoriques chez des étudiants en médecine et des résidents [144].
 - Pour la reconstitution de situations interdisciplinaires non simulables à plus grande échelle [145]
 - Pour le personnel des urgences pour l'amélioration du tri (remplissage de feuilles et évaluations) [146]
 - Pour des étudiants en 5eme et 6eme année de médecine sur l'évaluation du tri (temps, qualité et nombre), l'attribution d'un lit, l'évaluation du patient et de sa prise en charge), la mesure des compétences de commandements et de contrôle [147].
- Les patients simulés :
 - Pour l'apprentissage de la décontamination et les traitements initiaux des patients à risque NRBC (Nucléaire Radiologique Bactériologique Chimique) [148].
- L'utilisation simultanée de plusieurs modalités de simulation est aussi citée :
 - L'association de patients simulés et de mannequins en fonction de la gravité des patients [149].
 - L'association de mannequins pédiatriques de basse fidélité pour des raisons éthiques lors de prise en charge initiale de multi victimes dans un accident de bus [150].

- L'association de réalité virtuelle et de simulation haute technologie permettant un abord à la fois un abord global de la situation (gravité, orientation...), mais aussi la gestion plus spécifique d'une situation avec des compétences techniques et non techniques à l'échelle d'un patient [151].
- L'utilisation séquentielle de plusieurs modalités pédagogiques dans des programmes de formation [152].

R3.2. Les experts suggèrent d'utiliser la simulation afin d'améliorer la confiance et les connaissances des apprenants en formation initiale et d'améliorer les pratiques professionnelles pour le tri des victimes lors de situations sanitaires exceptionnelles.

Accord fort

Les outils de simulation utilisables pour la formation à la prise en charge des situations sanitaires exceptionnelles sont évalués en fonction de leur impact sur l'apprenant et/ou le patient, selon les 4 niveaux de Kirkpatrick.

Pour le niveau 1 de Kirkpatrick : un environnement virtuel (« *serious games* ») était ressenti par les 43 participants comme une méthode utile d'entraînement interprofessionnel à la médecine de catastrophe (96%). À l'issue d'une formation avec patients simulés joués par des étudiants, pour l'apprentissage du travail d'équipe et de compétences non techniques en situation de catastrophe, les étudiants en médecine ont trouvé la formation par simulation intéressante (93%), engageante (94%) et que ces situations pratiques favorisent l'apprentissage [146].

Pour le niveau 2 de Kirkpatrick : grâce à une formation théorique puis pratique selon une technique de discussion de scénarios préétablis, 80 participants se sont sentis mieux préparés (41% vs 15%, $p < 0,001$), mais sans mise en évidence d'amélioration des connaissances théoriques par la pratique [153]. Il n'était pas observé non plus d'amélioration des connaissances théoriques à un mois ou à 6 mois par rapport au pre-test, en comparant une formation théorique isolée par rapport à l'utilisation d'un *serious game* informatique sur le bioterrorisme [144].

Pour le niveau 3 de Kirkpatrick : dans une étude comparant deux groupes de 22 étudiants en 5^e et 6^e année de médecine ayant bénéficié d'une formation théorique générale puis soit une simulation par *serious game* en contexte de catastrophe (n=11), soit en contexte classique (n=11), les étudiants ayant été formés avec les scénarios de médecine de catastrophe ont démontré un temps de triage plus court (différence de 43 s, 99.5% CI 12 à 75 s) ainsi qu'un indicateur de performance de commandement et de contrôle statistiquement meilleur (18/18 vs 8/18 ; $p < 0,001$) [147]. Dans une étude comparant des *serious games* et un jeu sur table avec cartes, le remplissage des feuilles de tri et l'évaluation des patients étaient meilleurs par les *serious games* sans pour autant de différence significative sur les temps de tri de toutes les victimes. Dans une étude de type avant/après, 53 résidents de pédiatrie ont développé une tendance significative et durable à une optimisation de leur performance en termes de tri des victimes après une formation par la simulation (patients simulés ou mannequins) suivie de débriefings structurés. 225 infirmiers ou étudiants infirmiers ont montré une augmentation des apprentissages théoriques et pratiques (notamment pour le triage, l'évaluation, la prise en charge, le transport, le travail d'équipe). Les évaluations ont été faites, dans une étude avant / après, par des tests en entretien, des questionnaires à choix multiples et des

mises en situation sur patients simulés et mannequins de haute technologie (Scores de 3,3 à 4,9, $p < 0,001$).

Enfin pour le niveau 4 de Kirkpatrick : à notre connaissance, aucune étude n'a été publiée dans ce domaine.

Concernant la formation continue, la littérature ne permet pas de rédiger de recommandation. Néanmoins, les experts s'accordent à encourager l'utilisation de la simulation pour entretenir des compétences en gestion de situations rares ou complexes (risque NRBC, afflux massif de victimes...). En conclusion, les outils de simulation peuvent être utilisés pour la formation à la prise en charge des situations sanitaires exceptionnelles. Toutefois, la simulation ne vient qu'en complément des autres moyens pédagogiques classiques et en l'intégrant dans le curriculum. Comme lors de toute formation par simulation même en situation plus classique, mais encore plus lors de l'entraînement aux situations sanitaires exceptionnelles en raison de la difficulté et du coût à recréer des exercices grandeur nature, l'outil de simulation sera adapté aux objectifs pédagogiques.

Références

- [1] Haute Autorité de Santé (HAS). Guide de bonnes pratiques en matière de simulation en santé. Haute Autorité en Santé 2012:97.
- [2] Kirkpatrick D. Revisiting Kirkpatrick's Four-Level Model. *Train Dev* 1996;50–54.
- [3] Fernandez GL, Page DW, Coe NP, Lee PC, Patterson LA, Skylizard L, et al. Boot camp: Educational outcomes after 4 successive years of preparatory simulation-based training at onset of internship. *J Surg Educ* 2012;69:242–248. doi:10.1016/j.jsurg.2011.08.007.
- [4] Yeh DH, Fung K, Malekzadeh S. Boot Camps: Preparing for Residency. *Otolaryngol Clin North Am* 2017;50:1003–1013. doi:10.1016/j.otc.2017.05.010.
- [5] Bréaud J, Chevallier D, Benizri E, Fournier JP, Carles M, Delotte J, et al. Intégration de la simulation dans la formation des internes en chirurgie. Programme pédagogique du centre de simulation médicale de la faculté de médecine de Nice. *J Chir Viscerale* 2012;149:55–63. doi:10.1016/j.jviscsurg.2011.12.007.
- [6] Hartman N, Wittler M, Askew K, Hiestand B, Manthey D. Validation of a performance checklist for ultrasound-guided internal jugular central lines for use in procedural instruction and assessment. *Postgrad Med J* 2017;93:67–70. doi:10.1136/postgradmedj-2015-133632.
- [7] Anzca.edu. <http://www.anzca.edu.au/documents/direct-observation-of-procedural-skills.pdf>.
- [8] Ross AJ, Kodate N, Anderson JE, Thomas L, Jaye P. Review of simulation studies in anaesthesia journals, 20012010: Mapping and content analysis. *Br J Anaesth* 2012;109:99–109. doi:10.1093/bja/aes184.
- [9] Cook DA, Blachman MJ, Price DW, West CP, Thomas BLB, Berger RA, et al. Educational Technologies for Physician Continuous Professional Development: A National Survey. *Acad Med* 2018;93:104–112. doi:10.1097/ACM.0000000000001817.
- [10] Cook DA, Hatala R, Brydges R, Zendejas B, Szostek JH, Wang AT, et al. Technology-enhanced simulation for health professions education: A systematic review and meta-analysis. *JAMA - J Am Med Assoc* 2011;306:978–988. doi:10.1001/jama.2011.1234.
- [11] Kennedy CC, Cannon EK, Warner DO, Cook DA. Advanced airway management simulation training in medical education: A systematic review and meta-analysis. *Crit Care Med* 2014;42:169–178. doi:10.1097/CCM.0b013e31829a721f.
- [12] Vanderbilt A, Pastis NJ, Mayglothling, Franzen D. A review of the literature: direct and video laryngoscopy with simulation as educational intervention. *Adv. Med. Educ. Pract.*, vol. 2014, 2014, p. 15. doi:10.2147/AMEP.S51963.
- [13] Alsaad AA, Bhide VY, Moss JL, Silvers SM, Johnson MM, Maniaci MJ. Central line proficiency test outcomes after simulation training versus traditional training to competence. *Ann Am Thorac Soc* 2017;14:550–554. doi:10.1513/AnnalsATS.201612-987OC.
- [14] Barsuk JH, Cohen ER, Williams MV, Scher J, Jones SF, Feinglass J, et al. Simulation-Based Mastery Learning for Thoracentesis Skills Improves Patient Outcomes: A Randomized Trial. *Acad Med* 2018;93:729–735. doi:10.1097/ACM.0000000000001965.
- [15] Haji FA, Cheung JJH, Woods N, Regehr G, de Ribaupierre S, Dubrowski A. Thrive or overload? The effect of task complexity on novices' simulation-based learning. *Med Educ* 2016;50:955–968. doi:10.1111/medu.13086.
- [16] Schebesta K, Hüpfel M, Rössler B, Ringl H, Müller MP, Kimberger O. Degrees of reality: Airway anatomy of high-fidelity human patient simulators and airway trainers. *Anesthesiology* 2012;116:1204–1209. doi:10.1097/ALN.0b013e318254cf41.
- [17] Szűcs Z, László CJ, Baksa G, László I, Varga M, Szuák A, et al. Suitability of a preserved human cadaver model for the simulation of facemask ventilation, direct laryngoscopy and tracheal intubation: a laboratory investigation. *Br J Anaesth* 2016;116:417–22. doi:10.1093/bja/aev546.
- [18] László CJ, Szűcs Z, Nemeskéri, Baksa G, Szuák A, Varga M, et al. Human cadavers preserved using Thiel's method for the teaching of fibreoptically-guided intubation of the trachea: a laboratory investigation. *Anaesthesia* 2018;73:65–70. doi:10.1111/anae.14104.

- [19] Chandra DB, Savoldelli GL, Joo HS, Weiss ID, Naik VN. Fiberoptic oral intubation: The effect of model fidelity on training for transfer to patient care. *Anesthesiology* 2008;109:1007–1013. doi:10.1097/ALN.0b013e31818d6c3c.
- [20] Diederich E, Mahnken JD, Rigler SK, Williamson TL, Tarver S, Sharpe MR. The effect of model fidelity on learning outcomes of a simulation-based education program for central venous catheter insertion. *Simul Healthc* 2015;10:360–367. doi:10.1097/SIH.0000000000000117.
- [21] Rudolph JW, Simon R, Raemer DB. Which reality matters? Questions on the path to high engagement in healthcare simulation. vol. 2. *Simul Healthc*; 2007. doi:10.1097/SIH.0b013e31813d1035.
- [22] Sørensen JL, Østergaard D, LeBlanc V, Ottesen B, Konge L, Dieckmann P, et al. Design of simulation-based medical education and advantages and disadvantages of in situ simulation versus off-site simulation. *BMC Med Educ* 2017;17:1–9. doi:10.1186/s12909-016-0838-3.
- [23] Sørensen JL, Van Der Vleuten C, Rosthøj S, Østergaard D, LeBlanc V, Johansen M, et al. Simulation-based multiprofessional obstetric anaesthesia training conducted in situ versus off-site leads to similar individual and team outcomes: A randomised educational trial. *BMJ Open* 2015;5:8344. doi:10.1136/bmjopen-2015-008344.
- [24] Ilgen JS, Ma IWY, Hatala R, Cook DA. A systematic review of validity evidence for checklists versus global rating scales in simulation-based assessment. *Med Educ* 2015;49:161–173. doi:10.1111/medu.12621.
- [25] Crabtree NA, Chandra DB, Weiss ID, Joo HS, Naik VN. Fiberoptic airway training: Correlation of simulator performance and clinical skill. *Can J Anesth* 2008;55:100–104. doi:10.1007/BF03016321.
- [26] Soffler MI, Hayes MM, Smith CC. Central venous catheterization training: current perspectives on the role of simulation. *Adv. Med. Educ. Pract.*, vol. 9, *Simul Healthc*; 2018, p. 395–403. doi:10.2147/AMEP.S142605.
- [27] Zendejas B, Brydges R, Wang AT, Cook DA. Patient outcomes in simulation-based medical education: A systematic review. *J Gen Intern Med* 2013;28:1078–1089. doi:10.1007/s11606-012-2264-5.
- [28] Ilgen JS, Sherbino J, Cook DA. Technology-enhanced simulation in emergency medicine: A systematic review and meta-analysis. *Acad Emerg Med*. 2013;20(2):117-27. doi:10.1111/acem.12076.
- [29] Association of American Medical Colleges. Core entrustable professional activities for entering residency. *Acad Med* 2015; 90(4):431-6. doi:10.1097/ACM.0000000000000586.
- [30] Davis CR, Toll EC, Bates AS, Cole MD, Smith FCT. Surgical and procedural skills training at medical school - a national review. *Int J Surg* 2014;12:877–882. doi:10.1016/j.ijsu.2014.05.069.
- [31] <https://acgme.org/Portals/0/PDFs/Milestones/AnesthesiologyMilestones.pdf?ver=2015-11-06-120534-217>.
- [32] Jonker G, Manders LA, Marty AP, Kalkman CJ, Ten Cate TJ, Van Gessel EF, et al. Variations in assessment and certification in postgraduate anaesthesia training: A European survey. *Br. J. Anaesth* 2017;119:1009–1014. doi:10.1093/bja/aex196.
- [33] Wisman-Zwarter N, Van Der Schaaf M, Ten Cate O, Jonker G, Van Klei WA, Hoff RG. Transforming the learning outcomes of anaesthesiology training into entrustable professional activities. *Eur J Anaesthesiol* 2016;33:559–567. doi:10.1097/EJA.0000000000000474.
- [34] Duwat A, Hubert V, Deransy R, Dupont H. Intubation difficile : Évaluation des connaissances et de l'expérience des internes en anesthésie-réanimation. *Ann Fr Anesth Reanim* 2013;32:231–234. doi:10.1016/j.annfar.2012.12.011.
- [35] Arrêté du 21 Avril 2017 relatif aux connaissances, aux compétences et aux maquettes des diplômes d'études spécialisées et fixant la liste des ces diplômes et des options spécialisées transversales du troisième cycle des études de médecine. *JORF n°0100 du 28 avril 2017*. <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2017/4/21/MENS1712264A/jo/texte/fr>.

- [36] D'Hollander A, Debaene B, Ecoffey C, Remerand F. Establishing the catalogue of basic procedural skills (BPS) practiced in anesthesiology-intensive care departments- a regional French Survey. ESA Meeting 2014.
- [37] Ma IWY, Brindle ME, Ronksley PE, Lorenzetti DL, Sauve RS, Ghali WA. Use of simulation-based education to improve outcomes of central venous catheterization: A systematic review and meta-analysis. *Acad Med* 2011;86:1137–1147. doi:10.1097/ACM.0b013e318226a204.
- [38] Madenci AL, Solis CV, De Moya MA. Central venous access by trainees: A systematic review and meta-analysis of the use of simulation to improve success rate on patients. *Simul Healthc* 2014;9:7–14. doi:10.1097/SIH.0b013e3182a3df26.
- [39] Cartier V, Inan C, Zingg W, Delhumeau C, Walder B, Savoldelli GL. Simulation-based medical education training improves short and long-term competency in, and knowledge of central venous catheter insertion. *Eur J Anaesthesiol* 2016;33:568–574. doi:10.1097/EJA.0000000000000423.
- [40] Werner HC, Vieira RL, Rempell RG, Levy JA. An educational intervention to improve ultrasound competency in ultrasound-guided central venous access. *Pediatr Emerg Care* 2016. doi:10.1097/PEC.0000000000000664.
- [41] Steiner M, Langgartner M, Cardona F, Waldhör T, Schwindt J, Haiden N, et al. Significant reduction of catheter-associated blood stream infections in preterm neonates after implementation of a care bundle focusing on simulation training of central line insertion. *Pediatr Infect Dis J* 2015;34:1193–1196. doi:10.1097/INF.0000000000000841.
- [42] Allen GB, Miller V, Nicholas C, Hess S, Cordes MK, Fortune JB, et al. A multitiered strategy of simulation training, kit consolidation, and electronic documentation is associated with a reduction in central line-associated bloodstream infections. *Am J Infect Control* 2014;42:643–648. doi:10.1016/j.ajic.2014.02.014.
- [43] Page J, Tremblay M, Nicholas C, James TA. Reducing Oncology Unit Central Line–Associated Bloodstream Infections: Initial Results of a Simulation-Based Educational Intervention. *J Oncol Pract* 2016;12:e83–e87. doi:10.1200/JOP.2015.005751.
- [44] Peltan ID, Shiga T, Gordon JA, Currier PF. Simulation improves procedural protocol adherence during central venous catheter placement: A randomized controlled trial. *Simul Healthc* 2015;10:270–276. doi:10.1097/SIH.0000000000000096.
- [45] Bayci AWL, Mangla J, Jenkins CS, Ivascu FA, Robbins JM. Novel Educational Module for Subclavian Central Venous Catheter Insertion Using Real-Time Ultrasound Guidance. *J Surg Educ* 2015;72:1217–1223. doi:10.1016/j.jsurg.2015.07.010.
- [46] Hoskote SS, Khouli H, Lanoix R, Rose K, Aqeel A, Clark M, et al. Simulation-based training for emergency medicine residents in sterile technique during central venous catheterization: Impact on performance, policy, and outcomes. *Acad Emerg Med* 2015;22:81–87. doi:10.1111/acem.12551.
- [47] Scheer B, Perel A, Pfeiffer UJ. Clinical review: complications and risk factors of peripheral arterial catheters used for haemodynamic monitoring in anaesthesia and intensive care medicine. *Crit Care* 2002;6:199–204. doi:10.1186/cc1489.
- [48] Nesbitt C, McCaslin J, Macdonald S, Ashour H, Stansby G. The fresh frozen pulsatile human cadaver model. A novel technique for training endovascular practitioners. A trial of face validity. *Int J Surg* 2012;10:S103. doi:10.1016/j.ijsu.2012.06.548.
- [49] See KWM, Chui KH, Chan WH, Wong KC, Chan YC. Evidence for Endovascular Simulation Training: A Systematic Review. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2016;51:441–451. doi:10.1016/j.ejvs.2015.10.011.
- [50] Miller SF, Sanz-Guerrero J, Dodde RE, Johnson DD, Bhawuk A, Gurm HS, et al. A pulsatile blood vessel system for a femoral arterial access clinical simulation model. *Med Eng Phys* 2013;35:1518–24. doi:10.1016/j.medengphy.2013.04.010.
- [51] Collins KP, Russian CJ, Gonzales JF. Teaching health care students the radial arterial puncture procedure. *J Allied Health* 2016;45:283–288.

- [52] Gurm HS, Sanz-Guerrero J, Johnson DD, Jensen A, Seth M, Chetcuti SJ, et al. Using simulation for teaching femoral arterial access: A multicentric collaboration. *Catheter Cardiovasc Interv* 2016;87:376–380. doi:10.1002/ccd.26256.
- [53] Berg KT, Riesenber LA, Berg D, Schaeffer A, Davis J, Justice EM, et al. The Development of a Validated Checklist for Radial Arterial Line Placement: Preliminary Results. *Am J Med Qual* 2014; 29:242–6. doi:10.1177/1062860613492189.
- [54] Zetlaoui PJ, Bouaziz H, Jochum D, Desruennes E, Fritsch N, Lapostolle F, et al. lu Recommandations sur l'utilisation de l'échographie lors de la mise en place des accès vasculaires. *An Fr Anesth Rea* 2015;1:183–189. doi:10.1016/j.anrea.2014.12.008.
- [55] Davis JS, Garcia GD, Jouria JM, Wyckoff MM, Alsafran S, Graygo JM, et al. Identifying pitfalls in chest tube insertion: Improving teaching and performance. *J Surg Educ* 2013;70:334–339. doi:10.1016/j.jsurg.2012.12.005.
- [56] Wayne DB, Barsuk JH, O'Leary KJ, Fudala MJ, McGaghie WC. Mastery learning of thoracentesis skills by internal medicine residents using simulation technology and deliberate practice. *J Hosp Med* 2008;3:48–54. doi:10.1007/s10342-010-0476-y.
- [57] Davis JS, Garcia GD, Wyckoff MM, Alsafran S, Graygo JM, Withum KF, et al. Use of mobile learning module improves skills in chest tube insertion. *J Surg Res* 2012;177:21–26. doi:10.1016/j.jss.2012.03.022.
- [58] Saun TJ, Odorizzi S, Yeung C, Johnson M, Bandiera G, Dev SP. A Peer-Reviewed Instructional Video is as Effective as a Standard Recorded Didactic Lecture in Medical Trainees Performing Chest Tube Insertion: A Randomized Control Trial. *J Surg Educ* 2017;74:437–442. doi:10.1016/j.jsurg.2016.10.017.
- [59] Homan CS, Viccellio P, Thode HC, Fisher W. Evaluation of an Emergency-procedure Teaching Laboratory for the Development of Proficiency in Tube Thoracostomy. *Acad Emerg Med* 1994;1:382–7. doi:10.1111/j.1553-2712.1994.tb02649.x.
- [60] Ballard HO, Shook LA, Iocono J, Turner MD, Marino S, Bernard PA. Novel animal model for teaching chest tube placement. *J Ky Med Assoc* 2009;107:219–221.
- [61] Proano L, Jagminas L, Homan CS, Reinert S. Evaluation of a teaching laboratory using a cadaver model for tube thoracostomy. *J Emerg Med* 2002;23:89–95. doi:10.1016/S0736-4679(02)00468-7.
- [62] Ching JA, Wachtel TL. A simple device to teach tube thoracostomy. *J Trauma - Inj Infect Crit Care* 2011;70:1564–1567. doi:10.1097/TA.0b013e318213f5bc.
- [63] Hutton IA, Kenealy H, Wong C. Using simulation models to teach junior doctors how to insert chest tubes: A brief and effective teaching module. *Intern Med J* 2008;38:887–891. doi:10.1111/j.1445-5994.2007.01586.x.
- [64] Al-Qadhi SA, Pirie JR, Constan N, Corrin MSC, Ali M. An innovative pediatric chest tube insertion task trainer simulation: A technical report and pilot study. *Simul Healthc* 2014;9:319–324. doi:10.1097/SIH.0000000000000033.
- [65] Tatli O, Turkmen S, Imamoglu M, Karaca Y, Cicek M, Yedigarglu M, et al. A novel method for improving chest tube insertion skills among medical interns: Using biomaterial-covered mannequin. *Saudi Med J* 2017;38:1007–1012. doi:10.15537/smj.2017.10.21021.
- [66] Ghazali A, Breque C, Léger A, Scépi M, Oriot D. Testing of a complete training model for chest tube insertion in traumatic Pneumothorax. *Simul Healthc* 2015;10:239–244. doi:10.1097/SIH.0000000000000071.
- [67] Gupta AO, Ramasethu J. An Innovative Nonanimal Simulation Trainer for Chest Tube Insertion in Neonates. *Pediatrics* 2014;134:e798–e805. doi:10.1542/peds.2014-0753.
- [68] Hall AB. Randomized objective comparison of live tissue training versus simulators for emergency procedures. *Am Surg* 2011. doi:10.1111/j.1553-2712.2012.01436.x.
- [69] Takayesu JK, Peak D, Stearns D. Cadaver-based training is superior to simulation training for cricothyrotomy and tube thoracostomy. *Intern Emerg Med* 2017;12:99–102. doi:10.1007/s11739-016-1439-1.

- [70] Tan TX, Buchanan P, Quattromani E. Teaching Residents Chest Tubes: Simulation Task Trainer or Cadaver Model? *Emerg Med Int*. 2018;9179042. doi:10.1155/2018/9179042.
- [71] Léger A, Ghazali A, Petitpas F, Guéchi Y, Boureau-Voultoury A, Oriot D. Impact of simulation-based training in surgical chest tube insertion on a model of traumatic pneumothorax. vol. 1. 2016. doi:10.1186/s41077-016-0021-2.
- [72] Chung TN, Kim SW, You JS, Chung HS. Tube thoracostomy training with a medical simulator is associated with faster, more successful performance of the procedure. *Clin Exp Emerg Med*. 2016;3:16-19. doi:10.15441/ceem.15.097.
- [73] Hishikawa S, Kawano M, Tanaka H, Konno K, Yasuda Y, Kawano R, et al. Mannequin simulation improves the confidence of medical students performing tube thoracostomy: A prospective, controlled trial. *Am Surg* 2010;76:73–78.
- [74] Garrood T, Iyer A, Gray K, Prentice H, Bamford R, Jenkin R, et al. A structured course teaching junior doctors invasive medical procedures results in sustained improvements in self-reported confidence. *Clin Med* 2010; 10: 464-7. doi:10.7861/clinmedicine.10-5-464.
- [75] Vetrugno L, Volpicelli G, Barbariol F, Toretti I, Pompei L, Forfori F, et al. Phantom model and scoring system to assess ability in ultrasound-guided chest drain positioning. *Crit Ultrasound J* 2016;8:1–7. doi:10.1186/s13089-016-0038-8.
- [76] Schubert CC, Denmark TK, Crandall B, Grome A, Pappas J. Characterizing novice-expert differences in macrocognition: An exploratory study of cognitive work in the emergency department. *Ann Emerg Med* 2013;61:96–109. doi:10.1016/j.annemergmed.2012.08.034.
- [77] Singer BD, Corbridge TC, Schroedel CJ, Wilcox JE, Cohen ER, McGaghie WC, et al. First-year residents outperform third-year residents after simulation-based education in critical care medicine. *Simul Healthc* 2013;8:67–71. doi:10.1097/SIH.0b013e31827744f2.
- [78] Maneval R, Fowler KA, Kays JA, Boyd TM, Shuey J, Harne-Britner S, et al. The Effect of High-Fidelity Patient Simulation on the Critical Thinking and Clinical Decision-Making Skills of New Graduate Nurses. *J Contin Educ Nurs* 2012;43:125–134. doi:10.3928/00220124-20111101-02.
- [79] Hoffmann RL, O'Donnell JM, Kim Y. The effects of human patient simulators on basic knowledge in critical care nursing with undergraduate senior baccalaureate nursing students. *Simul Healthc* 2007;2:110–114. doi:10.1097/SIH.0b013e318033abb5.
- [80] Ohtake PJ, Lazarus M, Schillo R, Rosen M. Simulation Experience Enhances Physical Therapist Student Confidence in Managing a Patient in the Critical Care Environment. *Phys Ther* 2013;93:216–228. doi:10.2522/ptj.20110463.
- [81] Flin R, Maran N. Identifying and training non-technical skills for teams in acute medicine. vol. 13. 2004. doi:10.1136/qshc.2004.009993.
- [82] Paas F, Tuovinen JE, Tabbers H, Van Gerven PWM. Cognitive load measurement as a means to advance cognitive load theory. *Educ Psychol* 2003;38:63–71. doi:10.3109/14756366.2012.710848.
- [83] Fletcher G, Flin R, McGeorge M, Glavin R, Maran N, Patey R. Anaesthetists' non-technical skills (ANTS): Evaluation of a behavioural marker system. *Br J Anaesth* 2003;90:580–588. doi:10.1093/bja/aeg112.
- [84] Fernandez R, Shah S, Rosenman ED, Kozlowski SWJ, Parker SH, Grand JA. Developing team cognition. *Simul Healthc* 2017;12:96–103. doi:10.1097/SIH.000000000000200.
- [85] Gjeraa K, Møller TP, Østergaard D. Efficacy of simulation-based trauma team training of non-technical skills. A systematic review. *Acta Anaesthesiol Scand* 2014;58:775–787. doi:10.1111/aas.12336.
- [86] Yee B, Naik VN, Joo HS, Savoldelli GL, Chung DY, Houston PL, et al. Nontechnical skills in anesthesia crisis management with repeated exposure to simulation-based education. *Anesthesiology* 2005;103:241–248. doi:10.1097/0000542-200508000-00006.
- [87] Shapiro MJ, Morey JC, Small SD, Langford V, Kaylor CJ, Jagminas L, et al. Simulation based teamwork training for emergency department staff: Does it improve clinical team performance when added to an existing didactic teamwork curriculum? *Qual Saf Health Care* 2004;13:417–421. doi:10.1136/qshc.2003.005447.

- [88] Reznek M, Smith-Coggins R, Howard S, Kiran K, Harter P, Sowb Y, et al. Emergency Medicine Crisis Resource Management (EMCRM): Pilot study of a simulation-based crisis management course for emergency medicine. *Acad Emerg Med* 2003;10:386–389. doi:10.1197/aemj.10.4.386.
- [89] Parsons J, Crichlow A, Ponnuru S, Shewokis P, Goswami V, Griswold S. Filling the Gap: Simulation-based Crisis Resource Management Training for Emergency Medicine Residents. *West J Emerg Med* 2018;205–210. doi:10.5811/westjem.2017.10.35284.
- [90] Gilfoyle E, Koot DA, Annear JC, Bhanji F, Cheng A, Duff JP, et al. Improved Clinical Performance and Teamwork of Pediatric Interprofessional Resuscitation Teams with a Simulation-Based Educational Intervention*. *Pediatr Crit Care Med* 2017;18:e62–e69. doi:10.1097/PCC.0000000000001025.
- [91] Yeung JHY, Ong GJ, Davies RP, Gao F, Perkins GD. Factors affecting team leadership skills and their relationship with quality of cardiopulmonary resuscitation. *Crit Care Med* 2012;40:2617–2621. doi:10.1097/CCM.0b013e3182591fda.
- [92] Morey JC, Simon R, Jay GD, Wears RL, Salisbury M, Dukes KA, et al. Error reduction and performance improvement in the emergency department through formal teamwork training: Evaluation results of the medteams project. *Health Serv Res* 2002;37:1553–1581. doi:10.1111/1475-6773.01104.
- [93] Miller D, Crandall C, Washington C, McLaughlin S. Improving teamwork and communication in trauma care through in situ simulations. *Acad Emerg Med* 2012;19:608-12. doi:10.1111/j.1553-2712.2012.01354.x.
- [94] Klipfel JM, Gettman MT, Johnson KM, Olson ME, Derscheid DJ, Maxson PM, et al. Using High-Fidelity Simulation to Develop Nurse-Physician Teams. *J Contin Educ Nurs* 2011;42:347–357. doi:10.3928/00220124-20110722-27.
- [95] Falcone RA, Daugherty M, Schweer L, Patterson M, Brown RL, Garcia VF. Multidisciplinary pediatric trauma team training using high-fidelity trauma simulation. *J Pediatr Surg* 2008 ;43:1065-71. doi:10.1016/j.jpedsurg.2008.02.033.
- [96] Capella J, Smith S, Philp A, Putnam T, Gilbert C, Fry W, et al. Teamwork training improves the clinical care of trauma patients. *J Surg Educ* 2010;67:439–443. doi:10.1016/j.jsurg.2010.06.006.
- [97] Figueroa MI, Sepanski R, Goldberg SP, Shah S. Improving teamwork, confidence, and collaboration among members of a pediatric cardiovascular intensive care unit multidisciplinary team using simulation-based team training. *Pediatr Cardiol* 2013;34:612–619. doi:10.1007/s00246-012-0506-2.
- [98] Ziesmann MT, Widder S, Park J, Kortbeek JB, Brindley P, Hameed M, et al. S.T.A.R.T.T.: Development of a national, multidisciplinary trauma crisis resource management curriculum—Results from the pilot course. *J Trauma Acute Care Surg* 2013;75:753–758. doi:10.1097/TA.0b013e3182a925df.
- [99] Undre S, Koutantji M, Sevdalis N, Gautama S, Selvapatt N, Williams S, et al. Multidisciplinary crisis simulations: The way forward for training surgical teams. *World J Surg* 2007;31:1843–1853. doi:10.1007/s12124-016-9345-7.
- [100] Weller JM, Janssen AL, Merry AF, Robinson B. Interdisciplinary team interactions: A qualitative study of perceptions of team function in simulated anaesthesia crises. *Med Educ* 2008;42:382–388. doi:10.1111/j.1365-2923.2007.02971.x.
- [101] France DJ, Stiles R, Gaffney FA, Seddon MR, Grogan EL, Nixon WR, et al. Crew resource management training—Clinicians’ reactions and attitudes. *AORN J* 2005;82:213–224. doi:10.1016/S0001-2092(06)60313-X.
- [102] Phipps MG, Lindquist DG, McConaughy E, O’Brien JA, Raker CA, Paglia MJ. Outcomes from a labor and delivery team training program with simulation component. *Am J Obstet Gynecol* 2012;206:3–9. doi:10.1016/j.ajog.2011.06.046.
- [103] Kumar A, Sturrock S, Wallace EM, Nestel D, Lucey D, Stoyles S, et al. Evaluation of learning from Practical Obstetric Multi-Professional Training and its impact on patient outcomes in

- Australia using Kirkpatrick's framework: A mixed methods study. *BMJ Open* 2018;8:17451. doi:10.1136/bmjopen-2017-017451.
- [104] Steinemann S, Berg B, Skinner A, Ditulio A, Anzelon K, Terada K, et al. In situ, multidisciplinary, simulation-based teamwork training improves early trauma care. *J Surg Educ* 2011;68:472–477. doi:10.1016/j.jsurg.2011.05.009.
- [105] Riley W, Davis S, Miller K, Hansen H, Sainfort F, Sweet R. Didactic and simulation nontechnical skills team training to improve perinatal patient outcomes in a community hospital. *Jt Comm J Qual Patient Saf* 2011;37:357–364. doi:10.1016/S1553-7250(11)37046-8.
- [106] Mundell WC, Kennedy CC, Szostek JH, Cook DA. Simulation technology for resuscitation training: A systematic review and meta-analysis. *Resuscitation* 2013;84:1174–1183. doi:10.1016/j.resuscitation.2013.04.016.
- [107] Blum RH, Boulet JR, Cooper JB, Muret-Wagstaff SL. Simulation-based assessment to identify critical gaps in safe anesthesia resident performance. *Anesthesiology* 2014;120:129–141. doi:10.1097/ALN.000000000000055.
- [108] Russo SG, Eich C, Barwing J, Nickel EA, Braun U, Graf BM, et al. Self-reported changes in attitude and behavior after attending a simulation-aided airway management course. *J Clin Anesth* 2007;19:517–522. doi:10.1016/j.jclinane.2007.04.007.
- [109] Weller J, Wilson L, Robinson B. Survey of change in practice following simulation-based training in crisis management. *Anaesthesia* 2003;58:471–473. doi:10.1046/j.1365-2044.2003.03078_1.x.
- [110] Boet S, Dylan Bould M, Sharma B, Revees S, Naik VN, Tribby E, et al. Within-team debriefing versus instructor-led debriefing for simulation-based education: A randomized controlled trial. *Ann Surg* 2013;258:53–58. doi:10.1097/SLA.0b013e31829659e4.
- [111] Pittman J, Turner B, Gabbott DA. Communication between members of the cardiac arrest team - A postal survey. *Resuscitation* 2001;49:175–177. doi:10.1016/S0300-9572(00)00347-6.
- [112] Aspegren K, Lønberg-Madsen P. Which basic communication skills in medicine are learnt spontaneously and which need to be taught and trained? *Med Teach* 2005;27:539–543. doi:10.1080/01421590500136501.
- [113] Blum RH, Raemer DB, Carroll JS, Dufresne RL, Cooper JB. A method for measuring the effectiveness of simulation-based team training for improving communication skills. *Anesth Analg* 2005;100:1375–1380. doi:10.1213/01.ANE.0000148058.64834.80.
- [114] Calhoun AW, Rider EA, Meyer EC, Lamiani G, Truog RD. Assessment of communication skills and self-appraisal in the simulated environment: Feasibility of multirater feedback with gap analysis. *Simul Healthc* 2009;4:22–29. doi:10.1097/SIH.0b013e318184377a.
- [115] Curtis JR, Back AL, Ford DW, Downey L, Shannon SE, Doorenbos AZ, et al. Effect of communication skills training for residents and nurse practitioners on quality of communication with patients with serious illness: A randomized trial. *JAMA - J Am Med Assoc* 2013;310:2271–2281. doi:10.1001/jama.2013.282081.
- [116] Fang JL, Carey WA, Lang TR, Lohse CM, Colby CE. Real-time video communication improves provider performance in a simulated neonatal resuscitation. *Resuscitation* 2014;85:1518–1522. doi:10.1016/j.resuscitation.2014.07.019.
- [117] Hope AA, Hsieh SJ, Howes JM, Keene AB, Fausto JA, Pinto PA, et al. Let's talk critical: Development and evaluation of a communication skills training program for critical care fellows. *Ann Am Thorac Soc* 2015;12:505–511. doi:10.1513/AnnalsATS.201501-0400C.
- [118] Levin TT, Coyle N. A communication training perspective on and versus DNR directives. *Palliat Support Care* 2015;13:385–387. doi:10.1017/S147895151400039X.
- [119] Markin A, Cabrera-Fernandez DF, Bajoka RM, Noll SM, Drake SM, Awdish RL, et al. Impact of a Simulation-Based Communication Workshop on Resident Preparedness for End-of-Life Communication in the Intensive Care Unit. *Crit Care Res Pract* 2015;2015. doi:10.1155/2015/534879.

- [120] Bateman LB, Tofil NM, White ML, Dure LS, Clair JM, Needham BL. Physician Communication in Pediatric End-of-Life Care: A Simulation Study. *Am J Hosp Palliat Med* 2016;33:935–941. doi:10.1177/1049909115595022.
- [121] Awdish RL, Buick D, Kokas M, Berlin H, Jackman C, Williamson C, et al. A Communications Bundle to Improve Satisfaction for Critically Ill Patients and Their Families: A Prospective, Cohort Pilot Study. *J Pain Symptom Manage* 2017;53:644–649. doi:10.1016/j.jpainsymman.2016.08.024.
- [122] Potter JE, Herkes RG, Perry L, Elliott RM, Aneman A, Brieva JL, et al. COMMunication with Families regarding ORgan and Tissue donation after death in intensive care (COMFORT): Protocol for an intervention study. *BMC Health Serv Res* 2017;17:1–10. doi:10.1186/s12913-016-1964-7.
- [123] Gaba DM, Howard SK, Fish KJ, Smith BE, Sowb YA. Simulation-based training in anesthesia crisis resource management (ACRM): A decade of experience. *Simul Gaming* 2001;32:175–193. doi:10.1177/104687810103200206.
- [124] Kim J, Neilipovitz D, Cardinal P, Chiu M, Clinch J. A pilot study using high-fidelity simulation to formally evaluate performance in the resuscitation \ldots. *Crit. Care Med.*, 2006, p. 34–2167.
- [125] Sidi A, Gravenstein N, Lampotang S. Construct Validity and Generalizability of Simulation-Based Objective Structured Clinical Examination Scenarios. *J Grad Med Educ* 2014;6:489–494. doi:10.4300/JGME-D-13-00356.1.
- [126] Prakash S, Bihari S, Need P, Sprick C, Schuwirth L. Immersive high fidelity simulation of critically ill patients to study cognitive errors: a pilot study. *BMC Med Educ* 2017;17:1–12. doi:10.1186/s12909-017-0871-x.
- [127] Ottestad E, Boulet JR, Lighthall GK. Evaluating the management of septic shock using patient simulation. *Crit Care Med* 2007;35:769–775. doi:10.1097/01.CCM.0000256849.75799.20.
- [128] Myers JA, Powell DMC, Psirides A, Hathaway K, Aldington S, Haney MF. Non-technical skills evaluation in the critical care air ambulance environment: Introduction of an adapted rating instrument - an observational study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2016;24:1–11. doi:10.1186/s13049-016-0216-5.
- [129] Bruppacher HR, Alam SK, Leblanc VR, Latter D, Naik VN, Savoldelli GL, et al. Simulation-based training improves physicians performance in patient care in high-stakes clinical setting of cardiac surgery. *Anesthesiology* 2010;112:985–992. doi:10.1097/ALN.0b013e3181d3e31c.
- [130] Boet S, Borges BCR, Naik VN, Siu LW, Riem N, Chandra D, et al. Complex procedural skills are retained for a minimum of 1 yr after a single high-fidelity simulation training session. *Br J Anaesth* 2011;107:533–539. doi:10.1093/bja/aer160.
- [131] Hardeland C, Skåre C, Kramer-Johansen J, Birkenes TS, Myklebust H, Hansen AE, et al. Targeted simulation and education to improve cardiac arrest recognition and telephone assisted CPR in an emergency medical communication centre. *Resuscitation* 2017;114:21–26. doi:10.1016/j.resuscitation.2017.02.013.
- [132] Boet S, Bould MD, Bruppacher HR, Desjardins F, Chandra DB, Naik VN. Looking in the mirror: Self-debriefing versus instructor debriefing for simulated crises. *Crit Care Med* 2011;39:1377–1381. doi:10.1097/CCM.0b013e31820eb8be.
- [133] Blackhall LJ, Erickson J, Brashers V, Owen J, Thomas S. Development and Validation of a Collaborative Behaviors Objective Assessment Tool for End-of-Life Communication. *J Palliat Med* 2014;17:68–74. doi:10.1089/jpm.2013.0262.
- [134] Chiarchiaro J, White DB, Ernecoff NC, Buddadhumaruk P, Schuster RA, Arnold RM. Conflict management strategies in the ICU differ between palliative care specialists and intensivists. *Crit Care Med* 2016;44:934–942. doi:10.1097/CCM.0000000000001583.
- [135] Chiarchiaro J, Schuster RA, Ernecoff NC, Barnato AE, Arnold RM, White DB. Developing a simulation to study conflict in intensive care units. *Ann Am Thorac Soc* 2015;12:526–532. doi:10.1513/AnnalsATS.201411-495OC.

- [136] Jakobsen F, Mørcke AM, Hansen TB ek. The interprofessional learning experience: Findings from a qualitative study based in an outpatient setting. *J Interprof Care* 2017;31:613–619. doi:10.1080/13561820.2017.1322560.
- [137] Gordon M, Fell CWR, Box H, Farrell M, Stewart A. Learning health “safety” within non-technical skills interprofessional simulation education: A qualitative study. *Med Educ Online* 2017;22:1272838. doi:10.1080/10872981.2017.1272838.
- [138] Maignan M, Koch FX, Chaix J, Phellouzat P, Binauld G, Collomb Muret R, et al. Team Emergency Assessment Measure (TEAM) for the assessment of non-technical skills during resuscitation: Validation of the french version. *Resuscitation* 2016;101:115–120. doi:10.1016/j.resuscitation.2015.11.024.
- [139] Handbook ANTS. <https://www.Rcoa.Ac.Uk/Document-Store/Aae-Ants-Handbook/>
- [140] Flin R, Patey R, Glavin R, Maran N. Anaesthetists’ non-technical skills. *Br J Anaesth* 2010;105:38–44. doi:10.1093/bja/aeq134.
- [141] Savoldelli GL, Naik VN, Park J, Joo HS, Chow R, Hamstra SJ. Value of debriefing during simulated crisis management: Oral versus video-assisted oral feedback. *Anesthesiology* 2006;105:279–85. doi:10.1097/00000542-200608000-00010.
- [142] Cicero MX, Blake E, Gallant N, Chen L, Esposito L, Guerrero M, et al. Impact of an educational intervention on residents’ knowledge of pediatric disaster medicine. *Pediatr Emerg Care* 2009;25:447–451. doi:10.1097/PEC.0b013e3181ab78af.
- [143] Jorm C, Roberts C, Lim R, Roper J, Skinner C, Robertson J, et al. A large-scale mass casualty simulation to develop the non-technical skills medical students require for collaborative teamwork. *BMC Med Educ* 2016;16:1–10. doi:10.1186/s12909-016-0588-2.
- [144] Chung S, Mandl KD, Shannon M, Fleisher GR. Efficacy of an Educational Web Site for Educating Physicians about Bioterrorism. *Acad Emerg Med* 2004;11:143–148. doi:10.1197/j.aem.2003.09.012.
- [145] Cohen D, Sevdalis N, Taylor D, Kerr K, Heys M, Willett K, et al. Emergency preparedness in the 21st century: Training and preparation modules in virtual environments. *Resuscitation* 2013;84:78–84. doi:10.1016/j.resuscitation.2012.05.014.
- [146] Knight JF, Carley S, Tregunna B, Jarvis S, Smithies R, de Freitas S, et al. Serious gaming technology in major incident triage training: A pragmatic controlled trial. *Resuscitation* 2010;81:1175–1179. doi:10.1016/j.resuscitation.2010.03.042.
- [147] Franc-Law JM, Ingrassia PL, Ragazzoni L, Corte FD. The effectiveness of training with an emergency department simulator on medical student performance in a simulated disaster. *Can J Emerg Med* 2010;12:27–32. doi:10.1017/S1481803500011982.
- [148] Edwards NA, Caldicott DGE, Eliseo T, Pearce A. Truth hurts - Hard lessons from Australia’s largest mass casualty exercise with contaminated patients. *EMA - Emerg Med Australas* 2006;18:185–195. doi:10.1111/j.1742-6723.2006.00827.x.
- [149] Cicero MX, Auerbach MA, Zigmont J, Riera A, Ching K, Baum CR. Simulation training with structured debriefing improves Residents’ pediatric disaster triage performance. *Prehospital Disaster Med* 2012;27:239–244. doi:10.1017/S1049023X12000775.
- [150] Rehn M, Andersen JE, Vigerust T, Krüger AJ, Lossius HM. A concept for major incident triage: Full-scaled simulation feasibility study. *BMC Emerg Med* 2010;10: 10:17. doi:10.1186/1471-227X-10-17.
- [151] Wilkerson W, Avstreich D, Gruppen L, Beier KP, Woolliscroft J. Using immersive simulation for training first responders for mass casualty incidents. *Acad Emerg Med* 2008;15:1152–1159. doi:10.1111/j.1553-2712.2008.00223.x.
- [152] Ngo J, Schertzer K, Harter P, Smith-Coggins R. Disaster Medicine: A Multi-Modality Curriculum Designed and Implemented for Emergency Medicine Residents. *Disaster Med Public Health Prep* 2016;10:611–614. doi:10.1017/dmp.2016.8.
- [153] Parra Cotanda C, Rebordosa Martínez M, Trenchs Sainz de la Maza V, Luaces Cubells C. Impact of a disaster preparedness training programme on health staff. *An Pediatría Engl Ed* 2016;85:149–154. doi:10.1016/j.anpede.2015.07.040.

