Apprentissage par simulation en pédiatrie : l'exemple de l'arrêt cardiorespiratoire de l'enfant

Simulation in Pediatric training: the Example of Cardiac Arrest in Children

D. Drummond

Reçu le 16 décembre 2018 ; accepté le 18 février 2019
© SFMU et Lavoisier SAS 2019

Résumé La simulation en santé s'est diffusée très rapidement en pédiatrie à partir des années 2000 aux États-Unis et au Canada, puis à partir des années 2010 en France. L'arrêt cardiorespiratoire (ACR) de l'enfant représente le meilleur exemple des bénéfices qui peuvent être apportés par la simulation. La simulation peut reproduire à l'infini cette situation exceptionnelle, offre un apprentissage sans risque pour le patient ni pour l'apprenant, permet de travailler ses aspects cognitifs, techniques et humains. La simulation est effectivement associée à un gain en connaissance et en compétence chez les apprenants et participe à l'amélioration du pronostic des patients. Afin de maximiser l'efficacité pédagogique de l'enseignement de la prise en charge de l'ACR de l'enfant, les responsables pédagogiques devraient sans cesse évaluer leurs programmes, privilégier des curriculums qui associent la simulation avec d'autres modalités d'apprentissage et avoir pour objectif une pédagogie de la maîtrise. Les mannequins haute fidélité, s'ils sont appréciés par les apprenants, restent pédagogiquement équivalents aux mannequins basse fidélité pour l'apprentissage de la prise en charge de l'ACR de l'enfant.

Mots clés Simulation · Pédiatrie · Réanimation cardiopulmonaire · Arrêt cardiorespiratoire · Pédagogie

Abstract Simulation-based education spread rapidly in pediatrics from the 2000s in the United States and Canada, and from the 2010s in France. Cardiopulmonary arrest

(CPA) in children represents the best example of the benefits allowed by simulation based-education. Simulation can reproduce this rare situation in an environment without any risk for the patient or the learner, and allows learners to work on cognitive, technical, and human aspects of the management of CPA. Simulation-based education is effective and associated with gains in knowledge and skills in learners, and participates in the improvement of the prognosis of children with CPA. To maximize the pedagogical effectiveness of simulation-based programs teaching the management of children with CPA, teachers should evaluate their interventions continuously, associate simulation with other learning modalities, and integrate mastery learning in their programs. High-fidelity manikins, despite being good communication products appreciated by learners, offer no pedagogical benefit compared to low-fidelity manikins when teaching the management of children with CPA.

Keywords Simulation · Pediatrics · Cardiopulmonary resuscitation · Cardiac arrest · Pedagogy

Introduction

La Haute Autorité de santé (HAS) propose comme définition de la simulation en santé celle adoptée en 2009 par la Chambre des représentants aux États-Unis [1], « *l'utilisation d'un matériel (comme un mannequin ou un simulateur procédural) de la réalité virtuelle ou d'un patient standardisé pour reproduire des situations ou des environnements de soin, dans le but d'enseigner des procédures diagnostiques et thérapeutiques et de répéter des processus, des concepts médicaux ou des prises de décision par un professionnel de santé ou une équipe de professionnels* ».

La simulation en santé a débuté dans les années 1960 par l'utilisation de mannequins en plastique dans l'apprentissage de la réanimation cardiorespiratoire [2,3]. Ce n'est que sur les dix dernières années en France que cette nouvelle

D. Drummond (✉)
Service de pneumologie et allergologie pédiatriques,
hôpital universitaire Necker-Enfants-Malades,
Assistance publique-Hôpitaux de Paris,
149, rue de Sèvres, F-75015 Paris, France
e-mail : david.drummond@aphp.fr

Université Paris-Descartes, 12, rue de l'École-de-médecine,
F-75006 Paris, France

modalité d'apprentissage a pris un essor fulgurant, particulièrement en pédiatrie. L'objectif de cet article est de proposer une grille de lecture à cet essor fulgurant, puis d'expliquer le rationnel à utiliser la simulation en pédiatrie et à déterminer les caractéristiques qui en maximisent l'efficacité pédagogique en s'appuyant sur l'exemple de la prise en charge de l'arrêt cardiorespiratoire (ACR) de l'enfant.

Simulation en santé : un succès fulgurant, particulièrement en pédiatrie

La simulation en santé est une nouvelle modalité d'apprentissage qui s'est diffusée largement aux États-Unis et au Canada à partir des années 2000, puis en France à partir des années 2010. Sa diffusion rapide répond d'abord à un objectif de réduction des risques liés aux soins. En 2000, le rapport *To Err is Human : Building a Safer Health System* [4] fait l'effet d'une bombe aux États-Unis. Le nombre estimé de décès chaque année dus à des erreurs médicales au sein des hôpitaux est estimé entre 44 000 et 98 000, comparable aux nombres de décès secondaires aux accidents de la route ou au cancer du sein. Ce rapport est corroboré en 2016 par une seconde étude parue dans le *British Medical Journal* qui estime que les erreurs médicales sont la troisième cause de mortalité aux États-Unis, derrière les maladies cardiovasculaires et les cancers [5]. La recherche de nouvelles solutions se tourne rapidement vers des secteurs qui ont en commun avec la médecine que l'erreur humaine peut être fatale, avec en premier lieu les secteurs de l'aviation et du nucléaire. Dans ces deux secteurs, la simulation fait partie intégrante de la formation des personnels depuis plusieurs dizaines d'années. La simulation en santé apparaît alors comme une solution très prometteuse.

En parallèle, la société ne tolère plus que des étudiants en médecine puissent réaliser leurs premiers gestes sur les patients. « Les patients ne sont pas du matériel docimologique » [6] ou « Jamais la première fois sur le patient » [7] sont des slogans diffusés à large échelle qui expriment bien cette nouvelle conception. La pédiatrie est probablement la spécialité où le patient est le plus protégé, avec un accès au patient plus délicat pour les jeunes professionnels de santé. La simulation en santé se présente alors comme une solution très appropriée, permettant de réaliser les premiers gestes et les premières prises en charge sans risque pour le patient.

En 2003, la simulation en santé est considérée comme un impératif éthique [8]. L'implication logique de cette annonce est que ceux qui ne pratiquent pas la simulation dans leurs centres hospitalo-universitaires ne sont pas éthiques, ce qui ne laisse alors guère le choix aux politiques même si le fond du propos est discutable.

Dès 2009, la Chambre des représentants des États-Unis recommande l'intégration de la simulation dans la formation des professionnels de santé, suivie dès 2012 par la Haute Autorité de santé (HAS) en France [9]. Le « cœur de mission de la HAS » est alors le suivant : « renforcer la sécurité du patient et la gestion des risques ».

La transformation du système éducatif vers un système centré sur les apprenants permet une intégration rapide de la simulation comme modalité d'apprentissage au sein des universités. Cette intégration est facilitée par les développements technologiques qui permettent la multiplication des mannequins haute fidélité représentant de véritables produits d'appels dans la communication des universités vis-à-vis de leurs futurs apprenants.

Au plan pédagogique, la simulation permet d'intégrer des approches pédagogiques déjà existantes mais peu ou pas utilisées jusque-là dans la formation des professionnels de santé. C'est le cas notamment de l'apprentissage actif, au cours duquel l'apprenant participe activement à l'apprentissage, par exemple en jouant son propre rôle lors d'une séance de simulation. Dans les disciplines scientifiques, l'apprentissage actif a montré qu'il était plus efficace que les traditionnels cours donnés en amphithéâtre [10]. C'est également le cas de l'apprentissage expérientiel, au cours duquel l'apprenant expérimente sur des mannequins des concepts abstraits qu'il a appris, cette expérimentation enrichissant ensuite ces mêmes concepts, qui permettent ensuite une expérimentation de meilleure qualité, etc., selon un cercle vertueux [11]. C'est encore le cas de l'apprentissage collaboratif, au cours duquel l'apprenant n'est pas en compétition avec ses pairs, mais collabore avec eux de la même manière que lors de la prise en charge d'un patient. C'est enfin le cas de l'apprentissage par l'erreur, au cours duquel l'erreur n'est pas sanctionnée, mais utilisée au contraire comme point d'appui pour la formation. L'évaluation n'est plus certificative, mais formatrice.

Ainsi, la conjonction de trois facteurs, l'objectif du système de santé de réduire les risques liés aux soins, la transformation du système éducatif universitaire vers un système centré sur l'apprenant et le développement de mannequins haute fidélité très performants, pourrait expliquer l'extension rapide de la simulation en santé dans le monde.

La pédiatrie est une spécialité qui se prête particulièrement bien à la simulation, car l'enfant a ses propres spécificités, notamment concernant son examen clinique qui doit être réalisé de manière assurée et en temps limité chez le nourrisson dont la coopération est très limitée.

La situation pédiatrique qui révèle le mieux la plus-value offerte par la simulation en santé correspond à la prise en charge de l'ACR de l'enfant. Dans cette situation, tous les types d'apprentissage auxquels la simulation se prête sont associés : apprentissage de gestes techniques comme la ventilation ou les compressions thoraciques, apprentissage de

compétences non techniques comme la transmission de l'information au sein de l'équipe pluridisciplinaire prenant en charge le patient, apprentissage de l'application de démarches diagnostiques et de prise en charge, voire apprentissage de la communication à la famille. C'est donc à partir de cet exemple que nous proposons d'étudier l'intérêt de la simulation en pédiatrie.

Intérêt de la simulation en pédiatrie : l'exemple de l'ACR de l'enfant

L'ACR intrahospitalier de l'enfant est une situation rare. Aux États-Unis, le taux d'ACR intrahospitalier était de 0,77 pour 1 000 admissions pédiatriques tous services confondus en 2006 [12]. Tout professionnel de santé est néanmoins tenu de savoir initier la réanimation cardiopulmonaire, la qualité et la précocité de cette réanimation étant associées à un meilleur pronostic. Les recommandations de l'European Resuscitation Council (ERC), actualisées tous les cinq ans, définissent les algorithmes de prise en charge à respecter pour maximiser les chances de survie sans handicap des enfants présentant un ACR intrahospitalier [13].

L'apprentissage de la prise en charge de l'ACR de l'enfant est une indication parfaite à l'utilisation de la simulation, pour les raisons développées ci-après.

Provoquer la survenue d'une situation exceptionnelle

L'ACR de l'enfant est un événement rare. La simulation sur mannequin permet de reproduire cette situation à la demande. L'apprenant peut acquérir de l'expérience en étant exposé autant de fois que nécessaire à cet événement rare, afin de s'y préparer [14].

Travailler une situation gravissime sans risque

Même dans le cas où le professionnel de santé est exposé à une situation d'ACR, il est peu probable qu'il participe à sa prise en charge s'il est encore en formation (étudiant hospitalier par exemple) du fait de l'enjeu majeur d'une réanimation cardiopulmonaire de qualité, la survie sans handicap. Les personnels les plus aguerris auront tendance à gérer les premières minutes de la réanimation jusqu'à l'arrivée des équipes spécialisées. La simulation permet, elle, de s'entraîner à prendre en charge un arrêt cardiaque de l'enfant sans préjudice pour le pronostic du patient en cas de RCP de moindre qualité ou d'erreur dans l'application de l'algorithme. Elle diminue également le risque de traumatisme psychologique pour le professionnel de santé : l'erreur n'est ici jamais fatale et est au contraire considérée comme une opportunité d'apprentissage [15,16].

Appliquer en pratique des connaissances théoriques

Une difficulté partagée par les professionnels de santé est d'appliquer en pratique auprès de leurs patients des protocoles théoriques provenant de documents écrits. Quarante-deux internes de premier semestre de pédiatrie d'Île-de-France, confrontés à une simulation d'ACR intrahospitalier de l'enfant 15 jours avant leur prise de fonction, ont exprimé clairement à l'issue du scénario leur frustration de n'avoir pas réussi à transformer leurs connaissances acquises pour les épreuves classantes nationales (ECN) en une prise en charge pratique face au mannequin [17]. Il n'existait effectivement pas de corrélation entre leur classement aux ECN et leur performance sur le mannequin évaluée sur les enregistrements vidéo de leur passage à l'aide d'une grille de notation se fondant sur les recommandations de l'ERC [13]. La simulation représente un pont intéressant entre les connaissances théoriques et leur application pratique, avant la transposition dans la vie réelle au patient.

Travailler des gestes techniques

La prise en charge de l'arrêt cardiaque nécessite de maîtriser de nombreux gestes techniques : libération des voies aériennes, ventilation au masque (Fig. 1), rythme, profondeur et réexpansion thoracique des compressions thoraciques, pose de voie intraosseuse. La simulation permet de travailler chacun de ces gestes dans des conditions réalistes et de répéter ces gestes jusqu'à ce qu'ils soient acquis. Le rythme et la profondeur des compressions thoraciques représentent deux paramètres techniques associés au pronostic de l'ACR extrêmement difficiles à maîtriser [18]. Certains mannequins d'entraînement tels que le mannequin Resusci-Anne QCPR de Laerdal Medical permettent de donner à l'apprenant un retour d'information sur la qualité de ses compressions soit en temps réel, soit après la réanimation, avec par exemple la fréquence et la profondeur moyennes des compressions délivrées et les pourcentages de temps pendant lesquels la

Fig. 1 Réanimation d'un arrêt cardiorespiratoire simulé sur mannequin haute fidélité pédiatrique par quatre internes de pédiatrie

fréquence, la profondeur ou l'association fréquence et profondeur des compressions étaient adéquates.

Travailler les compétences non techniques

Les facteurs humains influencent la réussite d'une réanimation cardiopulmonaire. Une étude sur simulateur a montré que les équipes qui échouaient à réanimer un patient en arrêt cardiaque n'avaient souvent pas de leader désigné ni de distribution officielle des tâches, en comparaison avec les équipes qui réanimaient avec succès [19]. Une autre étude montre que la qualité d'une réanimation cardiopulmonaire est augmentée lorsque les membres de l'équipe ont l'habitude de travailler ensemble par rapport à une équipe qui se forme dans l'urgence [20]. Être « coopérateur, membre d'une équipe soignante pluriprofessionnelle » est une compétence à acquérir dès le deuxième cycle des études médicales [21]. L'apprentissage sur simulateur permet à l'étudiant d'appréhender les facteurs humains intervenant lors d'une prise en charge en équipe.

Pour toutes ces raisons, la simulation en santé est la modalité d'apprentissage la plus appropriée pour former les professionnels de santé à la prise en charge de l'ACR intrahospitalier de l'enfant.

Maximiser l'effet de la simulation : l'exemple de l'ACR de l'enfant

La plupart des études qui ont évalué l'utilité de la simulation comme modalité d'apprentissage de la réanimation cardiopulmonaire concernaient l'ACR de l'adulte. La revue systématique de la littérature avec méta-analyse de Mundell et al. publiée en 2013 a montré que la simulation permettait dans ce domaine d'améliorer les connaissances et les compétences des apprenants et pouvait même avoir un effet sur la prise en charge des patients [22]. Il est néanmoins difficile de montrer que l'utilisation de la simulation permet d'améliorer le pronostic des enfants victimes d'ACR intrahospitaliers, dans la mesure où les déterminants du pronostic dépendent en large partie des caractéristiques du patient, et que le nombre d'ACR reste très limité. Chez l'enfant, une seule étude a montré que l'introduction de simulation d'ACR in situ au sein d'un hôpital entre 2004 et 2009, à fréquence croissante sur 48 mois, permettait d'augmenter la survie des enfants qui avaient réellement présenté un arrêt cardiaque [23]. La limite principale de cette étude est son design pré-/postintervention sans groupe témoin, alors qu'il a été montré que le pronostic des enfants victimes d'ACR intrahospitalier s'était amélioré dans les pays industrialisés sur la même période [24].

Pour les responsables pédagogiques qui souhaitent instaurer des formations à l'ACR de l'enfant, une question plus importante est celle des caractéristiques de la formation qui

permettent de maximiser leur efficacité pédagogique. Les plus importantes sont revues ci-après.

Évaluer les interventions mises en place

Afin de pouvoir déterminer les facteurs associés à une meilleure efficacité pédagogique, il faut savoir et pouvoir les évaluer. L'éducation connaît en cela une petite révolution. De la même manière que dans les années 1990 la médecine fondée sur les preuves (*evidence-based medicine*) est devenue la référence dans le domaine médical, l'éducation est à son tour le siège de cette transformation, avec une approche de plus en plus expérimentale des interventions implémentées. De la même manière que la médecine fondée sur les preuves conjugue les meilleures données issues de la recherche, la prise en compte des préférences et des droits du patient et l'expertise du clinicien, pour arriver à une décision [25], l'éducation fondée sur les preuves devra conjuguer les meilleures données issues de la recherche, la prise en compte des préférences des apprenants et l'expertise des pédagogues, pour construire les meilleures interventions. Ensuite, c'est l'évaluation objective de ces interventions qui permettra d'apporter les améliorations nécessaires, qui mériteront à leur tour d'être évaluées.

Ainsi, l'évaluation d'un programme d'enseignement de l'ACR de l'enfant destiné aux étudiants hospitaliers de deuxième cycle à la faculté de médecine Sorbonne-Université a montré qu'une évaluation individuelle des étudiants en fin d'enseignement était nécessaire. En effet, au cours de cette étude, il était montré que certains étudiants ne maîtrisaient toujours pas la réanimation cardiopulmonaire de base à l'issue de l'enseignement lorsqu'ils étaient évalués sur leurs compétences à l'aide d'une grille de notation fondée sur les recommandations de l'ERC [13] lors d'une mise en situation d'ACR [26]. L'implémentation de cette évaluation individuelle systématique dès l'année suivante a conduit plusieurs étudiants en difficulté à participer à une nouvelle demi-journée de formation pour mettre leurs compétences à niveau.

L'évaluation des interventions peut s'effectuer à différents niveaux qui ont été formalisés par Kirkpatrick [27] : le premier niveau correspond à la satisfaction des apprenants, le deuxième à l'acquisition de connaissances et de compétences, le troisième à la modification des comportements en vie réelle et le quatrième au bénéfice pour le patient. Plus le niveau est élevé, plus la démonstration de l'intérêt de l'intervention pédagogique est forte. Malheureusement, plus le niveau d'évaluation est élevé, puis il est difficile de montrer un effet de l'intervention.

Associer différents types d'enseignement

Une méta-analyse des caractéristiques associées à l'efficacité pédagogique de la simulation a montré que celle-ci était

renforcée lorsque les sessions de simulation s'intégraient dans un cursus faisant intervenir d'autres méthodes pédagogiques [28]. L'utilisation de stratégies différentes pourrait renforcer l'apprentissage en augmentant sa difficulté, demandant à l'apprenant de réutiliser les connaissances et compétences acquises par une première méthode pédagogique au cours d'une seconde session d'apprentissage de nature différente [29]. Ces stratégies peuvent être aussi diverses qu'un cours classique en amphithéâtre, l'utilisation de vidéo pédagogique ou de simulateur virtuel.

La faculté de médecine Sorbonne-Université a créé une vidéo pédagogique disponible gratuitement sur YouTube mettant en scène un ACR intrahospitalier simulé et sa prise en charge étape par étape (<https://www.youtube.com/watch?v=22W5HDqCB6A>). Cette vidéo a déjà été visionnée plus de 470 000 fois au 1^{er} janvier 2019. Une étude impliquant des étudiants hospitaliers en cinquième année a montré que le visionnage de cette vidéo permettait une nette amélioration de leurs connaissances de la prise en charge d'un ACR de l'enfant [26]. En revanche, l'utilisation de la vidéo n'améliorait pas leurs compétences lorsqu'ils devaient prendre en charge un ACR de l'enfant simulé. La demi-journée de simulation (une heure d'apprentissage de la ventilation, une heure d'apprentissage de la réanimation cardiopulmonaire de base, une heure de scénarios sur mannequin haute fidélité par groupes de huit ou neuf) permettait une nette amélioration des compétences, mais qui restait moindre que lorsque la vidéo et la session de simulation étaient associées. C'est donc bien l'association de plusieurs supports qui permet les meilleurs résultats.

Utiliser la pratique délibérée et la pédagogie de la maîtrise

La simulation se prête à un mode d'entraînement décrit par le professeur de psychologie Ericsson en 1993, la pratique délibérée [30]. Pour Ericsson, l'acquisition d'une expertise dans un domaine, et notamment chez le sportif de haut niveau, dépend moins du talent inné que de la pratique, et moins du nombre d'heures de pratique que de la manière dont ces heures sont utilisées. Ainsi, l'important pour un sportif de haut niveau n'est pas de multiplier à l'infini les entraînements, ce qui risque de mener à la blessure, mais d'avoir un retour pertinent de la part de son entraîneur à l'issue de chaque entraînement pour que les progrès soient constants. Ce mode d'entraînement est réalisé en simulation lorsque l'apprenant a des objectifs clairement définis, une pratique ciblée et répétée, un retour d'information pertinent pour améliorer ses compétences et que le niveau de difficulté augmente à chaque fois que l'objectif précédent est atteint [7].

La pédagogie de la maîtrise partage avec la pratique délibérée l'idée d'objectifs prédéfinis à atteindre et donc une approche par compétence. Le principe de la pédagogie de

la maîtrise est d'offrir une pratique répétée jusqu'à ce que l'apprenant atteigne un niveau minimal de compétence requis, qu'il « maîtrise » [31–33]. À l'issue d'un enseignement fondé sur la pédagogie de la maîtrise, tous les apprenants ont atteint le même niveau, mais certains apprenants ont dû s'entraîner plus longtemps que d'autres. Cette pédagogie est à l'opposé de l'enseignement traditionnel, car il obtient des résultats homogènes pour des durées d'apprentissage hétérogènes, alors que l'enseignement traditionnel obtient des résultats hétérogènes pour des durées d'apprentissage homogènes. Il permet d'obtenir de meilleurs résultats en matière d'apprentissage que l'enseignement traditionnel, mais au prix d'un temps de formation plus long [33]. Cette approche par compétence est particulièrement intéressante pour l'apprentissage des prises en charge des situations médicales. En effet, dans ces situations, il importe que le soignant ait acquis un niveau adéquat de compétence, quelle qu'ait été la durée de son apprentissage pour atteindre ce niveau de compétence.

Dans la prise en charge de l'ACR de l'enfant, l'efficacité de la pratique délibérée et de la pédagogie de la maîtrise a été montrée chez des internes de pédiatrie, capables à l'issue de cet entraînement intensif de prodiguer une réanimation cardiopulmonaire de qualité [14]. Ce résultat est important quand on sait que les internes de pédiatrie débutant leur internat réalisent une réanimation cardiopulmonaire de piètre qualité [17].

Réalisme de la simulation

Le réalisme de la simulation peut se décliner en trois dimensions [34,35]. Le réalisme physique correspond à la ressemblance de l'environnement simulé avec l'environnement réel. Le réalisme cognitif correspond à la ressemblance du scénario de simulation avec la réalité, c'est-à-dire à la correspondance entre les actions réalisables et attendues dans le scénario avec les actions réalisables et attendues dans le monde réel. Enfin, le réalisme émotionnel correspond à la capacité de la session de simulation à mettre l'utilisateur dans le même registre émotionnel que lors de la vie réelle. Par exemple, la capacité de la simulation à induire un stress chez l'utilisateur si la même situation rencontrée dans la vie réelle était génératrice de stress.

Concernant le réalisme physique, l'utilisation de mannequins haute fidélité (capables de respirer, cyanoser, convulser, parler, etc.) a été comparée à l'utilisation de mannequins basse fidélité (modèles en plastique inertes). Le diagnostic d'ACR reposant sur des signes négatifs (absence de conscience, absence de respiration), le mannequin haute fidélité n'apporte pas de plus-value dans cette situation par rapport à un mannequin basse fidélité. Cela est confirmé par deux méta-analyses confirmant l'absence de différence entre mannequins haute et basse fidélité pour la rétention des

connaissances et compétences [36,37]. Les mannequins haute fidélité sont enfin bien plus onéreux, de l'ordre de 100 fois le prix des mannequins basse fidélité.

Le réalisme cognitif et le réalisme émotionnels ont été très peu étudiés. La dimension qui semble la plus importante pour l'apprentissage correspond au réalisme cognitif. En effet, un réalisme cognitif élevé, faisant appel aux mêmes circuits cérébraux en simulation que ceux qui seraient utilisés en vie réelle, devrait permettre un meilleur transfert des apprentissages de la salle de simulation au lit du malade.

Conclusion

La simulation en pédiatrie s'est largement diffusée ces dernières années. Après l'enthousiasme des nouveaux matériels et de la mise en place des premières formations, après les premières désillusions sur son coût important à la fois financier et humain, la simulation progresse en maturité. Seule une recherche de qualité en pédagogie médicale sera de nature à justifier ou non la poursuite des interventions faisant intervenir la simulation selon les principes d'une discipline émergente depuis une dizaine d'années, l'*evidence-based education* (éducation fondée sur les preuves). La réanimation cardiopulmonaire de l'ACR de l'enfant reste le meilleur exemple de l'efficacité pédagogique de cette nouvelle modalité d'apprentissage désormais recommandée par l'ERC dans cette indication.

Liens d'intérêts : l'auteur déclare ne pas avoir de liens d'intérêts.

Références

- House of Representatives (2009) Enhancing safety in medicine utilizing leading advanced simulation technologies to improve outcomes now act of 2009, HR 155, 111th Congress, 1st Session. <https://www.govtrack.us/congress/bills/111/hr855/text> (Dernier accès le 15 décembre 2018)
- Grenvik A, Schaefer J (2004) From Resusci-Anne to Sim-Man: the evolution of simulators in medicine. *Crit Care Med* 32:S56–S7
- Cooper JB, Taqueti VR (2008) A brief history of the development of mannequin simulators for clinical education and training. *Postgrad Med J* 84:563–70
- Institute of Medicine (US) Committee on Quality of Health Care in America (2000) To Err is Human: Building a Safer Health System. National Academies Press, Washington, DC
- Makary MA, Daniel M (2016) Medical error — the third leading cause of death in the US. *BMJ* 353:i2139
- Oriot D, Boureau-Voultour A, Ghazali A, et al (2013) Intérêt de la simulation en pédiatrie. *Arch Ped* 20:667–72
- Granry JC, Moll MC (2012) État de l'art (national et international) en matière de pratiques de simulation dans le domaine de la santé dans le cadre du développement professionnel continu (DPC) et de la prévention des risques associés aux soins. Rapport de mission de la Haute Autorité de santé du 10 janvier 2012. https://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2012-01/simulation_en_sante_-_rapport.pdf (Dernier accès le 8 mars 2018)
- Ziv A, Wolpe PR, Small SD, Glick S (2003) Simulation-based medical education: an ethical imperative. *Acad Med* 78:783–8
- Haute Autorité de santé (2012) Guide de bonnes pratiques en matière de simulation en santé. https://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2013-01/guide_bonnes_pratiques_simulation_sante_guide.pdf (Dernier accès le 15 décembre 2018)
- Freeman S, Eddy SL, McDonough M, et al (2014) Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proc Natl Acad Sci* 111:8410–5
- Kolb DA (1984) *Experiential learning: experience as the source of learning and development*. PrenticeHall, Englewood Cliffs, NJ
- Knudson JD, Neish SR, Cabrera AG, et al (2012) Prevalence and outcomes of pediatric in-hospital cardiopulmonary resuscitation in the United States: an analysis of the Kids' Inpatient Database. *Crit Care Med* 40:2940–4
- Maconochie IK, Bingham R, Eich C, et al (2015) European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 6. Paediatric life support. *Resuscitation* 95:223–48
- Hunt EA, Duval-Arnould JM, Nelson-McMillan KL, et al (2014) Pediatric resident resuscitation skills improve after "rapid cycle deliberate practice" training. *Resuscitation* 85:945–51
- Wu AW (2000) Medical error: the second victim. *BMJ* 320:726–7
- Ziv A, Ben-David S, Ziv M (2005) Simulation based medical education: an opportunity to learn from errors. *Med Teach* 27:193–9
- Drummond D, Arnaud C, Thouvenin G, et al (2016) Le deuxième cycle des études médicales prépare-t-il les étudiants hospitaliers à leurs fonctions d'internes ? Exemple de l'arrêt cardiaque de l'enfant. *Arch Ped* 23:150–8
- Drummond D, Delval P, Abdenouri S, et al (2017) Serious game versus online course for pretraining medical students before a simulation-based mastery learning course on cardiopulmonary resuscitation: a randomised controlled study. *Eur J Anaesthesiol* 34:836–44
- Marsch SCU, Müller C, Marquardt K, et al (2004) Human factors affect the quality of cardiopulmonary resuscitation in simulated cardiac arrests. *Resuscitation* 60:51–6
- Hunziker S, Tschann F, Semmer NK, et al (2009) Hands-on time during cardiopulmonary resuscitation is affected by the process of teambuilding: a prospective randomised simulator-based trial. *BMC Emerg Med* 9:3
- Ministères des Affaires sociales et de la Santé, de la Défense et de l'Enseignement supérieur et de la Recherche. Arrêté du 8 avril 2013 relatif au régime des études en vue du premier et du deuxième cycle des études médicales. <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000027343762&categorieLien=id> (Dernier accès le 15 décembre 2018)
- Mundell WC, Kennedy CC, Szostek JH, Cook DA (2013) Simulation technology for resuscitation training: a systematic review and meta-analysis. *Resuscitation* 84:1174–83
- Andreatta P, Saxton E, Thompson M, Annich G (2011) Simulation-based mock codes significantly correlate with improved pediatric patient cardiopulmonary arrest survival rates. *Pediatr Crit Care Med* 12:33–8
- Drummond D (2014) Évaluation d'un programme d'enseignement innovant associant film pédagogique et ateliers de simulation pour la formation à l'arrêt cardiaque de l'enfant des étudiants hospitaliers (thèse pour le diplôme d'État de docteur en médecine). Médecine humaine et pathologie. <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01190204/document> (Dernier accès le 15 décembre 2018)
- Sackett DL, Rosenberg WM, Gray JA, et al (1996) Evidence based medicine: what it is and what it isn't. *BMJ* 312:71–2

26. Drummond D, Arnaud C, Thouvenin G, et al (2016) An innovative pedagogic course combining video and simulation to teach medical students about pediatric cardiopulmonary arrest: a prospective controlled study. *Eur J Pediatr* 175:767–74
27. Kirkpatrick DL (1994) Evaluating training programs: the four levels. Berrett-Koehler, San Francisco, Emeryville, CA
28. Cook DA, Hamstra SJ, Brydges R, et al (2013) Comparative effectiveness of instructional design features in simulation-based education: systematic review and meta-analysis. *Med Teach* 35: e867–e98
29. Bjork EL, Bjork RA (2011) Making things hard on yourself, but in a good way: creating desirable difficulties to enhance learning. *Psychol Real World Essays Illus Fundam Contrib Soc* 2:59–68
30. Ericsson KA (2004) Deliberate practice and the acquisition and maintenance of expert performance in medicine and related domains. *Acad Med* 79:S70–S81
31. McGaghie WC, Issenberg SB, Barsuk JH, Wayne DB (2014) A critical review of simulation-based mastery learning with translational outcomes. *Med Educ* 48:375–85
32. Wayne DB, Butter J, Siddall VJ, et al (2006) Mastery learning of advanced cardiac life support skills by internal medicine residents using simulation technology and deliberate practice. *J Gen Intern Med* 21:251–6
33. Cook DA, Brydges R, Zendejas B, et al (2013) Mastery learning for health professionals using technology-enhanced simulation: a systematic review and meta-analysis. *Acad Med* 88:1178–86
34. Hamstra SJ, Brydges R, Hatala R, et al (2014) Reconsidering fidelity in simulation-based training. *Acad Med* 89:387–92
35. Choi W, Dyens O, Chan T, et al (2017) Engagement and learning in simulation: recommendations of the Simnovate Engaged Learning Domain Group. *BMJ Simul Technol Enhanc Learn* 3: S23–S32
36. Cheng A, Lockey A, Bhanji F, et al (2015) The use of high-fidelity manikins for advanced life support training — a systematic review and meta-analysis. *Resuscitation* 93:142–9
37. Lo BM, Devine AS, Evans DP, et al (2011) Comparison of traditional versus high-fidelity simulation in the retention of ACLS knowledge. *Resuscitation* 82:1440–3