

Les techniques de simulation pour l'enseignement de la chirurgie infantile sont-elles justifiées ? État des lieux et perspectives futures

Is Simulation in Pediatric Surgery Mandatory? State of the Art and Futures Outcomes

J Bréaud [1,6], I Lacreuse [2], P de Vries [3], E Essartier [4], L Fourcade [5], JP Fournier [6], L Chami [7], D Chevallier [6]

1. Hôpitaux pédiatriques de Nice - CHU-Lenval. Faculté de Médecine de Nice Sophia-Antipolis. / 2. CHU de Strasbourg. / 3. CHU de Brest. / 4. CHU d'Angers. / 5. CHU de Limoges. / 6. Centre de simulation médicale - Faculté de Médecine de Nice. Université de Nice Sophia-Antipolis. / 7. Hôpitaux pédiatriques de Nice CHU-Lenval.

Mots clés

- ◆ Simulation
- ◆ Chirurgie infantile
- ◆ Enseignement

Résumé

Introduction. Les techniques d'enseignement par simulation reposent sur l'utilisation de supports pédagogiques tels des mannequins, des simulateurs d'intervention chirurgicale ou de gestes techniques, des patients standardisés. Celles-ci permettent d'enseigner les étapes de la prise en charge médicale.

Cet apprentissage est encadré, graduel et sans risque pour le patient.

Ces techniques font l'objet d'un essor considérable sur le plan international, et depuis quelques années à l'échelle nationale. Elles répondent à des impératifs éthiques, mais aussi universitaires afin de pallier à la diminution du temps passé auprès des patients lors des études médicales et au nombre croissant d'étudiants.

La formation en chirurgie infantile doit intégrer cinq caractéristiques propres à cette spécialité :

- La grande variété des procédures chirurgicales spécifiques et justifiant d'un apprentissage particulier.
- La faible incidence de certaines pathologies malformatives congénitales rendant l'apprentissage difficile.
- L'évolution constante de cette spécialité encore jeune justifiant de mise au point de nouvelles techniques opératoires.
- L'importance de la prise en charge pluri-professionnelle (médicale et paramédicale) et multidisciplinaire des patients.
- La relation tripartite particulière médecin - patients - parents.

État des lieux. À ce jour, l'apprentissage par simulation en chirurgie infantile intègre plusieurs aspects :

Une formation initiale aux gestes techniques de base (gestuelle chirurgicale, laparoscopique et microchirurgicale) sur des supports adaptés à l'enfant, une formation sur des procédures cliniques ou chirurgicales spécifiques (examen clinique de hanche de nourrisson, réduction par taxis de hernie inguinale de l'enfant, modèle de cure chirurgicale d'atrésie de l'œsophage, d'atrésie duodénale, de syndrome de la jonction pyélo-urétérale).

Une formation clinique à des situations d'urgence en collaboration avec les programmes de simulation pédiatrique (prise en charge d'un arrêt cardiaque...).

Une approche multidisciplinaire par la réalisation de mise en situation (accueil d'un nouveau-né en salle de naissance, installation d'un nouveau-né en salle d'intervention...) autour d'un mannequin pédiatrique au travers de scénarii pédagogiques.

Une approche de la relation médecin-patient-parents en recréant et en analysant des consultations sur des thématiques spécifiques avec patients standardisés.

Conclusion. L'enseignement par simulation est amené à se systématiser dans la formation médicale. Son utilisation en chirurgie infantile semble nécessaire compte tenu des impératifs de formation de cette spécialité. L'élaboration de cursus d'enseignement intégrant une formation aux gestes techniques, à l'approche multidisciplinaire et à la pratique de la relation médecin-patient-parents, doit être encouragée afin de répondre aux impératifs actuels de formation.

Keywords

- ◆ Simulation
- ◆ Pediatric surgery
- ◆ Training

Abstract

Introduction: Educational simulation techniques rely on the use of teaching aids (models - simulators surgery or footwork - actors) to learn all stages of the management of patient.

This learning is supervised, gradual and safe.

These techniques are the subject of considerable growth internationally, and in recent years at the national level. They respond to ethical imperatives, but also educational goals to overcome the decrease in time spent with patients during medical studies and the growing number of students.

Correspondance :

Jean Bréaud, Professeur des Universités. Hôpitaux pédiatriques de Nice - CHU-Lenval
Centre de simulation médicale - Faculté de Médecine de Nice. Université de Nice Sophia-Antipolis.
57 avenue de la Californie - 06200 Nice. - E-mail : breaud.j@pediatrie-chulenval-nice.fr

Training in pediatric surgery must include five characteristics of this specialty:

- The variety of specific surgical procedures and justifying a particular learning.
- The low incidence of some congenital malformations that make learning difficult.
- The constant evolution of this still young specialty justifying development of new surgical techniques.
- The importance of pluriprofessionnal and multidisciplinary care of patients.
- The unique relationship between physician - patient - parents.

Update: To date, learning simulation pediatric surgery includes several aspects: Initial training of basic skills (surgical gestures - laparoscopic and microsurgical) on suitable media to the child, training on specific clinical or surgical topics (clinical examination of a hip - reduction of a male inguinal hernia - surgical esophageal atresia treatment - ureteropelvic junction syndrome treatment).

Clinical training to emergency situations in collaboration with the pediatric simulation programs (management of cardiac arrest ...).

A multidisciplinary approach by conducting situational scenarii.

Conclusion: Simulation training and teaching is now included in medical education. His development in pediatric surgery seems necessary due to the training requirements of this specialty. The development of education curricula incorporating training techniques gestures, the multidisciplinary approach to the practice of the relationship through patient-family and doctors should be encouraged to meet current training requirements.

L'enseignement par simulation se définit comme enseignement qui recrée une situation médicale (d'un entretien en consultation à l'identification de signes cliniques - d'une prise en charge thérapeutique à une procédure chirurgicale pluri professionnelle spécifique) sur un support autre qu'un patient, et sans risque pour le patient et les apprenants.

Ces techniques d'enseignement sont très anciennes, comme en témoigne les premiers mannequins d'accouchement datant du XVIII^{ème} siècle.

Depuis une quinzaine d'années, ces techniques ont été largement diffusées, bénéficiant d'avancées technologiques (mise en place des mannequins haute-fidélité) et dans le domaine de la pédagogie médicale.

En chirurgie, le développement de la laparoscopie et de l'ensemble des techniques mini invasives a imposé aux chirurgiens l'acquisition d'une gestuelle particulière (visualisation en deux dimensions du champ chirurgical). En corollaire, la simulation par la conception de simulateurs laparoscopiques et de cursus d'apprentissage s'est fortement développée dans ce domaine.

Les techniques d'enseignement par simulation font l'objet d'un véritable engouement, principalement outre-Atlantique où elles sont intégrées dans la plupart des écoles de médecine. Au plan national, elles connaissent un essor considérable depuis cinq ans environ, comme en témoigne le rapport de la Haute Autorité de Santé dans ce domaine et le nombre croissant de centres de simulation en France.

Particularité de la chirurgie infantile

La chirurgie infantile est une spécialité particulière par son champ d'activité et les patients à prendre en charge.

Figure 1 : Pelvi-trainers adulte et pédiatrique (1).



Elle se caractérise par une grande variété de pathologies à traiter, et une formation très générale qui distingue principalement deux orientations, l'orthopédie infantile et la chirurgie viscérale infantile. Cette dernière regroupant une formation en chirurgie viscérale, thoracique, urologique et plastique.

Ainsi, le chirurgien pédiatre doit maîtriser un grand nombre de procédures chirurgicales spécifiques, même si certaines pathologies congénitales présentent une incidence faible.

En plus de ce large champ d'activité et de pathologies à traiter, le chirurgien pédiatre doit être à même d'adapter son geste à la taille de l'enfant, et doit acquérir des compétences spécifiques pour travailler dans des espaces de travail très variable, allant d'un thorax de bébé de moins de 1 kg à un abdomen d'adolescent de morphologie adulte. Il doit aussi intégrer une approche chirurgicale « mini-invasive » dans ces procédures pour respecter la croissance de l'enfant.

Au-delà du geste technique, il faut souligner dans cette spécialité l'importance de la prise en charge pluri professionnelle (travail d'équipe intégrant infirmière, puéricultrice, médecin) et multidisciplinaire des patients et la relation particulière tripartite qu'il existe entre le patient, son médecin mais aussi ses parents.

Ainsi, un cursus d'enseignement en chirurgie infantile doit intégrer cinq aspects :

- une formation technique en chirurgie générale sur les techniques conventionnelles et laparoscopiques ;
- une formation technique spécifique en microchirurgie et en laparoscopie pour appréhender les petits espaces de travail ;
- une formation sur des modèles d'interventions chirurgicales pédiatriques, notamment des modèles de pathologies propres à la chirurgie infantile et d'incidence faible (atrésie de l'œsophage) ;

Figure 2 : Modèle de thorax néonatal (2).





Figure 3 : Modèle de pyéloplastie low-cost.

- une formation multidisciplinaire (équipes de bloc opératoire) sur les procédures (installation d'un patient en salle d'intervention) propre à la prise en charge des enfants et nourrissons ;
- une formation à des situations cliniques propres à l'enfant ou à des consultations spécifiques (entretien de diagnostic anténatal, annonce d'un geste chirurgical complexe...).

État des lieux

L'enseignement par simulation se décline selon trois objectifs pédagogiques :

- l'acquisition de gestes technique ;
- l'apprentissage clinique et procédural ;
- l'apprentissage du travail en équipe (apprentissage pluri-professionnel).

Nous allons rapporter l'état actuel de l'enseignement en chirurgie infantile dans ces trois domaines d'activité.

Acquisition de geste technique

Apprentissage à la limitation de l'espace de travail

Les principales contraintes de la laparoscopie pédiatrique sont la limitation de l'espace de travail et la manipulation d'instruments miniaturisés (instruments de 3 mm de diamètre). Ces contraintes rendent les simulateurs laparoscopiques basse et haute-fidélité utilisés en chirurgie adulte (tel le simulateur Fundamentals in Laparoscopic for Surgeons F.L.S* largement répandu) moins performants pour un apprentissage en laparoscopie pédiatrique.

Plusieurs modifications et/ou adaptations des simulateurs laparoscopiques basse fidélité ont été rapportées, que ce soit en diminuant l'espace de travail d'un simulateur « FLS* » ou en concevant de novo une « miniaturisation » du F.L.S*. Ceci est illustré par le travail d'Azzie et al. (1), qui ont développé le simulateur pédiatrique « Pediatric Laparoscopic for Surgeons ». Ce simulateur reproduit les principes et les exercices que le simulateur adulte FLS*, mais avec une échelle réduite issue de leur expérience en chirurgie néonatale (Fig 1).

D'autres travaux ont aussi été rapportés plus spécifiquement en chirurgie thoracique néo-natale, avec la modification d'un bébé synthétique pour introduire et manipuler des instruments laparoscopiques et simuler une suture œsophagienne, ou la reconstitution en silicone d'une cage thoracique néonatale (Fig 2) (2) pour s'entraîner aux différentes procédures thoraciques néonatales.

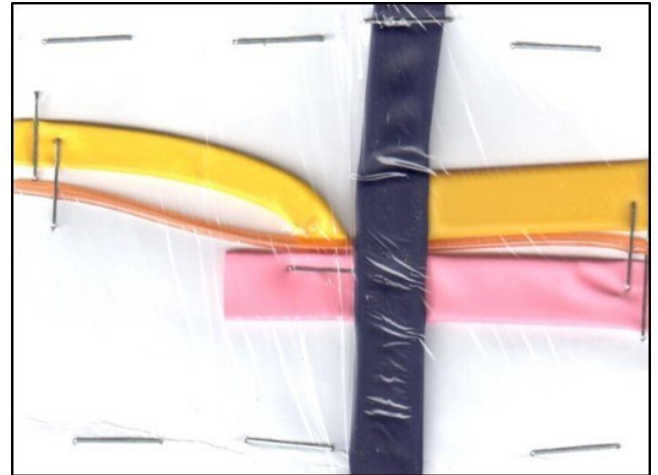


Figure 4 : Modèle d'atrésie de l'œsophage low-cost.

Modèles d'interventions spécifiques

Peu de procédures propres à l'enfant ont fait l'objet de ce type de travaux et à ce jour il n'est pas rapporté d'utilisation systématique de ces modèles dans la formation chirurgicale. Sont rapportés des modèles de sténose du pylore (3), de ligature du canal péritonéo-vaginal (4), de pyéloplastie (Fig 3), d'atrésie de l'œsophage et de hernie diaphragmatique (5).

Le principe de ces modèles peut se décliner de deux manières :

- Soit le modèle vise à obtenir une reconstitution anatomique et tissulaire (tissus synthétiques ou animaux) la plus fidèle possible à l'anatomie, avec pour corollaire des modèles complexes à reproduire et le plus souvent onéreux, voir commercialisés (modèle de pyéloplastie Simulab*).
- Soit le modèle vise à identifier une étape spécifique de la procédure chirurgicale et dans ce cas il est le plus souvent simple, facilement reproductible et de faible coût de revient.

Cette dicotomie est illustrée par les travaux rapportés sur l'atrésie de l'œsophage (AO), où sont rapportés des modèles à très faible coût pour apprendre les temps principaux de l'intervention (Fig 4), ou beaucoup plus complexes synthétiques ou hybrides (introduction de tissus biologiques dans un modèle synthétique), intégrant une cage thoracique synthétique et une trachée et œsophage en tissus biologiques afin d'augmenter le réalisme du geste technique (Fig 5) (6). En neurochirurgie pédiatrique un modèle de pathologie spinale congénitale a été décrit (7).

Figure 5 : Modèle d'atrésie de l'œsophage (6).



Enfin, il faut dans ce domaine rapporter les travaux de Roca et al. (8) sur la postthectomie. Afin d'augmenter le réalisme de l'apprentissage du geste technique de postthectomie, ils ont placé le modèle conçu de verge à circoncire sur un mannequin néonatal de type « haute-fidélité » (pouvant émettre des cris, modifier sa fréquence cardiaque...). Ceci permet l'apprentissage du geste technique mais aussi la maîtrise de l'environnement important dans ce type de procédure si elle est réalisée sous anesthésie locale.

Mise au point de nouvelles techniques chirurgicales

Les expériences rapportées dans ce domaine sont rares. Elles s'appuient principalement sur les avancées en technique d'imagerie et en reconstruction numérique. Ces techniques ont été rapportées en transplantation hépatique pédiatrique (9). Elles reposent sur l'obtention en réalité virtuelle d'une cartographie vasculaire permettant d'analyser les conséquences des différentes options chirurgicales.

Apprentissage clinique et procédural

Apprentissage clinique

Contrairement à la pathologie adulte, les modèles cliniques en pédiatrie sont peu développés et ciblés sur la sémiologie respiratoire (mannequin haute-fidélité pédiatrique SimBaby*). En chirurgie infantile, deux exemples sont rapportés. En orthopédie un modèle de bassin qui se compose d'un hémicorps inférieur de bébé, dont les hanches sont mobiles pour réaliser les manœuvres de dépistage de luxation congénitale de hanche, est commercialisé. En chirurgie viscérale, un modèle de hernie inguinale chez le nourrisson garçon a été décrit (4). Il est constitué à partir d'un nourrisson (bébé Corolle*) modifié, qui présente une hernie inguinale réductible ou irréductible. L'objectif de ce modèle est d'apprendre la manœuvre de réduction herniaire chez l'enfant.

Apprentissage procédural

L'apprentissage procédural repose sur l'identification d'une situation clinique, qui impose la mise en route d'une procédure systématique et de gestes techniques.

En pédiatrie médicale, ces techniques sont répandues et pour certaines équipes intégrées dans la formation des internes, sur des scénarii précis (arrêt cardio-circulatoire, réanimation avec mise en place d'un cathéter intra-osseux, accueil en salle de naissance d'un bébé en détresse respiratoire...).

En chirurgie infantile, ce type d'enseignement utilisant la simulation est rapporté en chirurgie cardiaque néonatale (10,11) et sur la prise en charge d'un nouveau-né porteur d'un laparoschisis en salle de naissance (12).

En marge de cet apprentissage procédural, les techniques de simulations, qui utilisent des patients standardisés (acteurs ayant été formés à un diagnostic et « jouant » le patient) permettent de recréer des situations particulières de consultation (annonce d'une pathologie grave), sont décrites mais aucune expérience en pédiatrie n'a été rapportée à ce jour.

Apprentissage pluri-professionnel

Les techniques de simulation médicale (utilisation d'un mannequin pour recréer une situation clinique, mise en situation auprès du mannequin, analyse immédiate de la séance avec retour d'expérience et mise au point) sont particulièrement bénéfiques dans ce domaine.

Ces techniques ont pour intérêt de faire agir, dans le déroulement d'un scénario clinique, l'ensemble des intervenants en charge du patient (médical et paramédical) et de souligner la coordination et la communication interprofessionnelle au sein d'une équipe (13).

Les équipes de bloc opératoire par le nombre d'intervenants sont particulièrement concernées par ce type d'apprentissage.

Les exemples d'utilisation de la simulation dans ce type d'environnement sont nombreux même si aucune expérience spécifique en chirurgie infantile n'a été rapportée.

En pédiatrie médicale, ces techniques ont été utilisées notamment pour la formation à la prise en charge d'un patient polytraumatisé pédiatrique (14,15).

Discussion et perspectives d'avenir

L'enseignement par simulation occupe une place grandissante dans la formation chirurgicale au niveau national et international.

Il permet d'acquérir une gestuelle technique, de base et sur des techniques spécifiques, d'améliorer la connaissance clinique et de souligner l'importance du travail pluri-professionnel.

Il répond à des impératifs pédagogiques, techniques et éthiques et ne peut plus être négligé dans la formation des chirurgiens.

Son développement résulte de plusieurs facteurs : les progrès technologiques en imagerie et en reconstruction (modélisations et reconstructions d'objets en 3 dimensions via la technologie des imprimantes en 3 dimensions) qui permettent de modéliser et de reproduire facilement des zones anatomiques, et sur le plan pédagogique par une meilleure connaissance de l'utilisation de ces supports pédagogiques et de leurs résultats à court et long terme.

La chirurgie infantile est particulièrement adaptée à ce type d'enseignement (16) par son large champ d'activité, ses contraintes techniques et l'importance de la prise en charge pluri-professionnelle et relationnelle.

Toutefois, la simulation dans ce domaine est encore peu structurée et peu développée à grande échelle, en dehors de l'apprentissage laparoscopique pédiatrique initial (apport du simulateur PLS*).

Les modèles d'interventions sont rares, mal diffusés et focalisés sur quelques interventions, et l'apprentissage procédural et pluri-professionnel s'appuie principalement sur des expériences communes avec la formation pédiatrique ou chirurgicale.

Dans l'avenir, l'enseignement par simulation en chirurgie infantile devrait se développer selon plusieurs axes :

Une systématisation de l'apprentissage technique par le développement de *curriculum* précis et unique pour l'enseignement chirurgical de base en tenant compte des contraintes de taille. Cette formation pouvant être réalisée dans les différents services ou Faculté de Médecine dotées d'un centre de simulation ou via des formations diplômantes (Diplôme Inter-Universitaire de Cœlioscopie Infantile).

Une augmentation du nombre de modèles d'interventions propre à la chirurgie infantile. Chacun de ces modèles, une fois développés, pourraient bénéficier d'une validation à l'échelle nationale, puis d'une diffusion dans les centres en charge de la formation des futurs chirurgiens pédiatres.

L'apport technologique des imprimantes en 3 dimensions devrait permettre d'obtenir une large diffusion de ce type de modèles.

Un développement de programmes d'enseignements spécifiques sur des situations propres à la chirurgie infantile (installation d'un patient pédiatrique en salle d'intervention...)

Une intégration de l'apprentissage clinique en simulation par le développement de nouveaux simulateurs cliniques, de scénarii de pathologies typiques (douleur abdominale, fracture...).

Une intégration de scénarii avec patients et famille standardisées, pour former les chirurgiens pédiatres aux entretiens

d'annonce à une prise en charge chirurgicale complexe, ou une consultation de diagnostic prénatal.

Une systématisation de l'apprentissage pluri professionnel dans le contexte de l'urgence pédiatrique médico-chirurgicale et du bloc opératoire, en développant des scénarii spécifiques.

Conclusion

Les techniques d'apprentissage par simulation font l'objet d'un essor considérable ces dernières années et sont actuellement reconnues comme nécessaires et efficaces dans l'apprentissage médical. La chirurgie infantile, par ses caractéristiques, est une spécialité particulièrement adaptée à ce type d'enseignement, que ce soit par le vaste champ d'activité, les contraintes spécifiques et l'importance de la prise en charge pluri professionnelle.

À ce jour, la place de la simulation en chirurgie infantile, même si elle a prouvé son efficacité, est encore très modérée.

Elle devrait pouvoir bénéficier d'un développement majeur dans les années à venir afin d'améliorer la formation médicale et la qualité des soins en chirurgie infantile.

Discussion en séance

Question de D Jaeck

Comment évaluer l'effet de la simulation en chirurgie infantile ?

Réponse

Dans le domaine de l'enseignement par simulation de nombreux supports pour évaluer les résultats de l'apprentissage existent. Ils reposent soit sur des observations d'enregistrements vidéo, soit sur des scores techniques (valeurs métriques à la réalisation d'un exercice) ou plus globaux (scores OSATS par exemple) permettant une évaluation précise de la maîtrise de la procédure dans son ensemble.

Question d'H Bismuth

Je vous remercie de la qualité de votre présentation. Vous avez insisté sur la difficulté de mettre tous les scénarios possibles et particulièrement l'urgence. En complément de la simulation et dans un domaine différent, je voudrais attirer votre attention sur la possibilité d'utiliser des moyens qui sont en train d'être mis au point, dont l'un apparemment très intéressant qui sont les Google Glass, que vous connaissez sans doute. Cela permet avec ses propres lunettes ou avec des lunettes différentes d'avoir une caméra et un véritable Smartphone intégré à la lunette. Par exemple, pour l'interne de garde, il pourrait appeler un senior directement en opérant et présenter l'opération. Le senior lui donnera les conseils et pourrait même guider sa main en suivant les gestes. Il suffira de dire le nom d'un expert pour qu'immédiatement il soit appelé et que l'image lui soit transmise. Il pourrait alors dire : « abaissez cet organe, déplacez le ». Il se mettra à votre place car il voit exactement ce que vous faites. Certes aujourd'hui on peut filmer avec un Smartphone banal le champ opératoire et transmettre l'image. L'avantage avec Google Glass c'est qu'il est placé à la meilleure place (votre œil) et en plus il libère vos mains. On peut également utiliser ce procédé pour diffuser une opération : pas de caméra dans la salle d'opération, même pas d'écran dans une salle de conférence. Comme Facebook on pourra transmettre l'image à un groupe entier, partout dans le monde. Les chirurgiens qui verraient votre intervention la commenteraient.

Je pense que cette méthode d'enseignement viendra en complément de la simulation. Des moyens modernes s'ouvrent à nous avec le monde digital et c'est extraordinaire.

Réponse

Les nouvelles technologies qui permettent de retransmettre en temps réel la vision chirurgicale vont sans doute s'imposer comme des outils d'enseignement majeur, soit pour montrer soit pour corriger ou commenter une gestuelle chirurgicale. Ces technologies vont probablement s'intercaler dans l'apprentissage entre un apprentissage sur simulateur pur (procédural ou technique) et un apprentissage auprès du patient. Leur place devra toutefois être cernée.

Question de J Phillipon

Quelle est la place de la simulation par rapport à la chirurgie classique ?

Réponse

La simulation n'a pas vocation à prendre la place de la chirurgie classique dans l'apprentissage. Toutefois elle permet de « gagner des étapes » dans la formation notamment sur les gestes techniques et permet lors de la confrontation avec le patient d'avoir acquis les bases nécessaires, et de pouvoir s'affranchir de celles-ci pour un meilleur apprentissage.

Question d'O Reinberg

Valeur pédagogique des différents simulateurs ?

Réponse

À ce jour les simulateurs chirurgicaux basse fidélité présentent dans notre expérience une valeur pédagogique très forte par rapport aux simulateurs haute-fidélité qui dans le domaine de la chirurgie infantile ne font pas l'objet de développements spécifiques. L'importance de l'enseignement étant, plus que l'analyse (importante) des différentes données et des mouvements réalisés lors d'un exercice, la correction par un enseignant en temps réel des gestuelles.

Conflit d'intérêt

Aucun conflit d'intérêt.

Références

1. Azzie G, Gerstle JT, Nasr A et al. Development and validation of a pediatric laparoscopic surgery simulator. *J. Pediatr. Surg.* 2011;46:897-903.
2. Barsness KA, Rooney DM, Davis LM. Collaboration in simulation: the development and initial validation of a novel thoracoscopic neonatal simulator. *J. Pediatr. Surg.* 2013;48:1232-8.
3. Plymale M, Ruzic A, Hoskins J et al. A middle fidelity model is effective in teaching and retaining skill set needed to perform a laparoscopic pyloromyotomy. *J. Laparoendosc. Adv. Surg. Tech. A.* 2010;20:569-73.
4. Breaud J, Haag J, Chevallier D et al. Pediatric inguinal hernia tutorial using simulation. Development and validation of clinical and surgical models. 7th Annual meeting of the consortium of ACS -Accredited Educational Institutes. Chicago USA 2014.
5. Barsness KA, Rooney DM, Davis LM. The development and evaluation of a novel thoracoscopic diaphragmatic hernia repair simulator. *J. Laparoendosc. Adv. Surg. Tech. A.* 2013;23:714-8.
6. Barsness KA, Rooney DM, Davis LM et al. Validation of measures from a thoracoscopic esophageal atresia/tracheoesophageal fistula repair simulator. *J. Pediatr. Surg.* 2014;49:29-32.
7. Mattei TA, Frank C, Bailey J et al. Design of a synthetic simulator for pediatric lumbar spine pathologies. *J. Neurosurg. Pediatr.* 2013;12:192-201.
8. Roca P, Alvarado C, Stausmire JM, Farooq S et al. Effectiveness of a simulated training model for procedural skill demonstration in neonatal circumcision. *Simul. Healthc.* 2012;7:362-73.
9. Hwang S, Kim DY, Ahn CS et al. Computational simulation-based vessel interposition reconstruction technique for portal vein hypoplasia in pediatric liver transplantation. *Transplant. Proc.* 2013;45:255-8.
10. Marsden AL. Simulation based planning of surgical interventions in pediatric cardiology. *Phys. Fluids* (1994). 2013;25:101303.
11. Allan CK, Pigula F, Bacha EA et al. An extracorporeal membrane oxygenation cannulation curriculum featuring a novel integrated skills trainer leads to improved performance among pediatric

- cardiac surgery trainees. *Simul. Healthc.* 2013;8:221-8.
12. Bacarese-Hamilton J, Pena V, Haddad M et al. Simulation in the early management of gastroschisis. *Simul. Healthc.* 2013;8:376-81.
 13. Engum SA, Jeffries PR. Interdisciplinary collisions: bringing healthcare professionals together. *Collegian.* 2012;19:145-51.
 14. Parsons SE, Carter EA, Waterhouse LJ et al. Improving ATLS performance in simulated pediatric trauma resuscitation using a checklist. *Ann. Surg.* 2014;259:807-13.
 15. Popp J, Yochum L, Spinella PC et al. Simulation training for surgical residents in pediatric trauma scenarios. *Conn. Med.* 2012;76:159-62.
 16. Becmeur F, Lacreuse I, Soler L. Simulation in pediatric surgery. *Bull Acad Natl Med.* 2011;195:1913-20.