



ELSEVIER

Disponible en ligne sur

ScienceDirect  
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France

EM|consulte  
www.em-consulte.com



ARTICLE ORIGINAL

# Simulation et rétention des acquisitions : application au drainage vésical



*Simulation training for urinary drainage improves skill retention*

Q. Ballouhey<sup>a,\*</sup>, J. Cros<sup>c</sup>, V. Lescure<sup>b</sup>, P. Clermidi<sup>a</sup>,  
J. Romain<sup>b</sup>, V. Guigonis<sup>a</sup>, J.-M. Bonnetblanc<sup>d</sup>,  
L. Fourcade<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Service de chirurgie pédiatrique, hôpital des enfants, 8, avenue Dominique-Larrey, 87042 Limoges cedex, France

<sup>b</sup> Service d'urologie, hôpital Dupuytren, 2, avenue Martin-Luther-King, 87042 Limoges cedex, France

<sup>c</sup> Service d'anesthésie pédiatrique, hôpital des enfants, 8, avenue Dominique-Larrey, 87042 Limoges cedex, France

<sup>d</sup> Service de pédagogie médicale et de dermatologie, hôpital Dupuytren, 2, avenue Martin-Luther-King, 87042 Limoges cedex, France

Reçu le 17 janvier 2015 ; accepté le 18 mai 2015

Disponible sur Internet le 17 juin 2015

## MOTS CLÉS

Simulation ;  
Formation ;  
Pédagogie ;  
Sondage urinaire

## Résumé

**Introduction.** – Le drainage vésical comprend le sondage urétral et la pose de cathéter sus-pubien. Son apprentissage par simulation pourrait en diminuer les risques iatrogènes. L'objectif de cette étude était d'étudier l'efficacité de la simulation pour l'acquisition de cette compétence.

**Sujets et méthodes.** – Il s'agissait d'une étude expérimentale menée auprès d'étudiants en médecine pour comparer l'apprentissage par l'observation et l'apprentissage par la pratique puis d'étudier la rémanence des acquisitions. Trois séances ont été organisées. Lors de la première séance, la randomisation était effectuée. L'apprenant réalisait une procédure (sondage ou cathéter) et observait la deuxième. Lors des deuxième (1 mois) et troisième (6 mois) séances, l'apprenant réalisait les deux procédures. Chaque procédure était réalisée sur mannequin haute fidélité de sexe masculin. La performance était évaluée par une grille de type OSATS notée sur 40 points.

\* Auteur correspondant.

Adresses e-mail : q.ballouhey@gmail.com, quentin.ballouhey@chu-limoges.fr (Q. Ballouhey).

**Résultats.** – Dix-huit apprenants ont été inclus. Le score moyen lors de la première séance était de 28,7/40 (23–34,2). Tous ont amélioré leur performance lors de la deuxième séance avec un score de 32,5 (26–36,5) pour les apprenants observateurs, statistiquement significativement inférieur ( $p < 0,01$ ) à celui des apprenants acteurs 36,1/40 (34,5–39). Lors de la troisième séance, la même différence était observée entre les acteurs et les observateurs (32,5 vs 30,4,  $p$  non significatif).

**Conclusion.** – La simulation en privilégiant le réalisme de la pratique clinique chez un apprenant acteur augmente la qualité des acquisitions ainsi que leur rétention. Il s'agit d'une étude préliminaire qui suggère d'intégrer la simulation comme une étape importante de l'apprentissage du drainage vésical.

**Niveau de preuve.** – 4.

© 2015 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

## KEYWORDS

Simulation;  
Training;  
Education;  
Bladder  
catheterization

## Summary

**Introduction.** – Urethral and suprapubic catheterizations are the two methods for urinary drainage. Systematic simulation training could improve the performance and reduce iatrogenic complications. The aim of the study was to evaluate the skills retention using simulation training.

**Materials and methods.** – It was an experimental study of the effect of urinary drainage simulation based skills on medical students in order to compare active and passive training methods. On the first session, randomization was proceeded. Then, the participant performed one of the two workshops (urethral or suprapubic catheterization) on a male mannequin. The maximal performance was 40 points on the assessment form. Both workshops were performed on the second (one month) and third sessions (six months).

**Results.** – Eighteen participants were included. Main performance was 28.7/40 (23–34.2) at the first session. All the participants improved the performance on the second session with a significant difference ( $P < 0.01$ ) between passive 32.5 (26–36.5) and active participants 36.1/40 (34.5–39). On the third session, a similar difference was observed between passive and active participants (32.5 versus 30.4,  $P$  non significant).

**Conclusion.** – Simulation training seems to improve long-term skill retention of urinary drainage for inexperienced medical students. This preliminary study suggests to incorporate urinary drainage simulation training into all medical school curricula.

**Level of evidence.** – 4.

© 2015 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

## Introduction

Le sondage et la pose de cathéter sus-pubien sont deux techniques de drainage vésical. Leur objectif est la suppléance de la vidange vésicale ou la mesure de la diurèse. Le sondage vésical est un geste de soins réalisé en pratique courante. Il s'agit d'une compétence médicale qui peut dans certaines conditions être détachée au corps infirmier. Tout médecin doit savoir le pratiquer. La pose de cathéter sus-pubien est elle réalisée en cas de contre-indication au sondage vésical et par une population médicale initiée. L'importance de l'apprentissage est capitale en raison des risques iatrogènes potentiellement évitables [1] que sont la contamination bactérienne, d'une part, et les traumatismes de l'appareil urinaire, d'autre part. Il faut également noter le risque de plaie vasculaire ou digestive pour le cathéter sus-pubien. Certaines études rapportent les avantages des apprentissages sur

patient réel [2]. Actuellement, la meilleure manière de former, d'évaluer et d'améliorer les compétences des professionnels de santé est l'apprentissage par simulation. Un rapport de l'HAS de janvier 2012 [3] fait état de sa sous-utilisation dans la formation initiale. Cette tendance semble se confirmer dans le domaine de l'urologie [4]. Par l'utilisation d'un matériel de réalité virtuelle, la simulation permet l'enseignement en groupe de procédures diagnostiques et thérapeutiques. Divers articles de pédagogie avancent l'intérêt des simulateurs pour accélérer la phase d'apprentissage et impacter directement sur la pratique clinique [5] voire chirurgicale [6]. Le transfert des compétences sur le patient des simulateurs chirurgicaux est encore discuté [7]. Il a surtout été montré pour l'acquisition des gestes de base et chez des débutants [8]. Le but de cette étude était d'évaluer l'efficacité de la simulation sur l'acquisition de la compétence à la dérivation des voies urinaires.



**Figure 1.** Photo du mannequin de simulation. Version masculine du mannequin de simulation haute fidélité.

## Sujets et méthodes

Il s'agit d'une étude prospective monocentrique réalisée de janvier à septembre 2014 dans notre centre de simulation universitaire. Les apprenants concernés étaient des étudiants en cinquième année de médecine. Deux ateliers ont été évalués : le sondage et la pose de cathéter sus-pubien. Ils étaient pratiqués sur un mannequin haute fidélité de sexe masculin (Limbs and Things Limited, Bristol, Royaume-Uni) (Fig. 1). Une grille de performance a été réalisée pour chacun d'eux (Annexe 1) selon les stations OSATS décrites par Reznick [9] et selon une grille validée pour le sondage [2]. Chaque grille évaluait la compétence des tâches avec un score maximal de 40 points. Ces grilles ont été préalablement testées sur des groupes d'étudiants, des internes en formation puis validées par des médecins experts.

Lors de la randomisation, chaque étudiant se voyait attribuer par tirage au sort un atelier (sondage ou cathéter sus-pubien) ainsi qu'un binôme de travail pour la première séance. Chaque binôme comprenait un acteur et un assistant. La performance était enregistrée sur support audiovisuel. Trois séances ont été réalisées, chacune encadrée par deux urologues experts. Lors de la première séance, chaque apprenant pratiquait l'atelier tiré au sort alors qu'il observait et notait le deuxième atelier. Il était donc acteur pour l'atelier tiré au sort et observateur du deuxième atelier. Lors de la deuxième séance un mois plus tard, l'apprenant pratiquait et notait les deux ateliers. Il était alors acteur et observateur pour les deux ateliers. La différence entre l'observation simple et la pratique était alors évaluée. Six mois plus tard (3<sup>e</sup> séance), chacun reproduisait ces mêmes ateliers afin d'étudier la rémanence des compétences. L'évaluation définitive était validée après relecture des enregistrements par

les urologues experts à l'issue des séances. Il leur était rendu compte de leur acquisition après le débriefing en groupe. Enfin, un questionnaire de satisfaction leur était distribué de manière anonyme avec un score maximal de 24 points.

Les scores ont été comparés de manière intra- et inter-individuelle, puis analysés en utilisant des *t* tests avec un logiciel de type Prism 5<sup>®</sup> Mac<sup>®</sup> (GraphPad software; San Diego, California, États-Unis). Les résultats étaient considérés comme statistiquement significatifs lorsque *p* était inférieur à 0,05.

## Résultats

Dix-huit étudiants ont été inclus lors de la première séance. Douze d'entre eux avaient une expérience hospitalière du sondage vésical, aucun celle du cathéter sus-pubien. Leurs caractéristiques et leur performance sont reportées dans le Tableau 1. Lors de la première séance, le score moyen de l'atelier sondage était de 28,2/40 (23–34,2) alors que le score moyen pour le cathéter sus-pubien était de 29,2/40 (25–32,8). Le score global des 18 était de 28,7/40 (23–34,2). Il n'existait pas de différence statistiquement significative au niveau du score entre ces deux ateliers (29,2 vs 28,2, *p* = 0,5). Les scores des expérimentés (réalisation préalable de sondages dans le cursus) étaient supérieurs aux non-expérimentés sans relation statistiquement significative (29,1 vs 27,9, *p* = 0,5).

Lors de la deuxième séance, 9 apprenants sur les 18 étaient présents. Ils ont reproduit le même atelier que lors de la première séance, soit le sondage pour 5 avec un score moyen de 35,3/40 (35–38) et le cathéter sus-pubien pour 4 avec un score moyen de 33,0/40 (30,7–39). Ce score évaluait l'apprentissage actif. Pour ces 9 apprenants acteurs, le score moyen était de 36,1/40 (34,5–39). Les mêmes étudiants ont réalisé l'atelier qu'ils n'avaient fait qu'observer et évaluer lors de la première séance. Il s'agissait d'évaluer l'apprentissage par l'observation. Le score moyen de ces apprenants observateurs était de 32,5 (26–36,5). La moyenne des scores des apprenants acteurs était statistiquement supérieure à celle des scores des apprenants observateurs (36,1 vs 32,5, *p* < 0,01) qui elle-même était statistiquement supérieure à celle des apprenants novices (32,5 vs 28,7, *p* < 0,05) (Fig. 2).

Lors de la troisième séance, 7 apprenants étaient présents. Les scores pour le sondage et le cathéter étaient respectivement de 31,4 (26,5–36,6) et de 30,8/40 (22–36,6), soit supérieurs à la première séance et inférieurs à la deuxième séance. Le score des apprenants acteurs était meilleur que celui des apprenants observateurs comme pendant la séance 2 (32,5 vs 30,4, *p* non significatif). Quel que soit le groupe, la comparaison entre les trois séances a montré une amélioration du score moyen entre la première et la deuxième, puis une diminution lors de la troisième (Fig. 3), résultats non significatifs par ailleurs.

Tous les étudiants ont rempli les questionnaires de satisfaction, la moyenne des scores de la deuxième journée était supérieure à celles de la troisième et première journées (21,8 vs 19,4 et 19,3 respectivement, *p* non significatif).

**Tableau 1** Résumé des données des apprenants.

Apprenant	ExpérienceS/C	S1Atelier/Score	Score S2S/C	Score S3S/C
1	Oui/non	S/28,0	35,5/34,0	33,0/28,0
2	Oui/non	S/30,0	36,0/31,3	29,0/35,0
3	Oui/non	S/31,7	37,0/33,0	Nc
4	Oui/non	S/25,5	Nc	Nc
5	Oui/non	S/23,5	35,0/30,7	26,5/31,0
6	Oui/non	C/32,8	34,6/39,0	36,6/36,6
7	Oui/non	C/31,8	36,5/34,5	33,0/33,0.
8	Oui/non	C/31,2	35,0/34,0	Nc
9	Oui/non	C/32,4	Nc	Nc
10	Non/non	C/30,7	Nc	Nc
11	Non/non	C/25,0	32,0/36,0	30,0/34,6
12	Oui/non	C/25,7	Nc	Nc
13	Non/non	C/26,0	Nc	Nc
14	Non/non	C/28,0	Nc	Nc
15	Non/non	S/26,0	Nc	Nc
16	Oui/non	S/23,0	38,0/26,0	27,0/22,0
17	Non/non	S/32,0	Nc	Nc
18	Oui/non	S/34,2	Nc	Nc
Moyennes	12/0	9C-9S/28,7	35,3/33,0	33,4/31,8

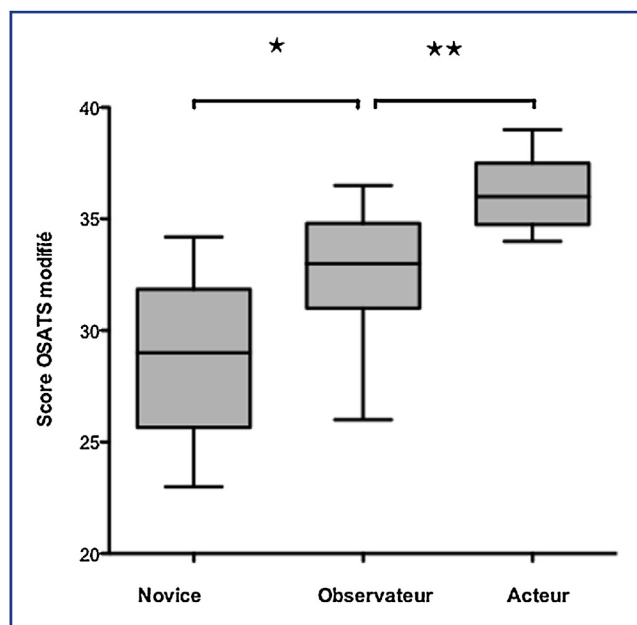
S1 : séance 1 ; S2 : séance 2 ; S3 : séance 3 ; C : cathéter sus-pubien ; S : sondage ; nc : non connu. Pour les séances S2 et S3, le score apprenant acteur est en police normale, celui de l'apprenant observateur en italique.

## Discussion

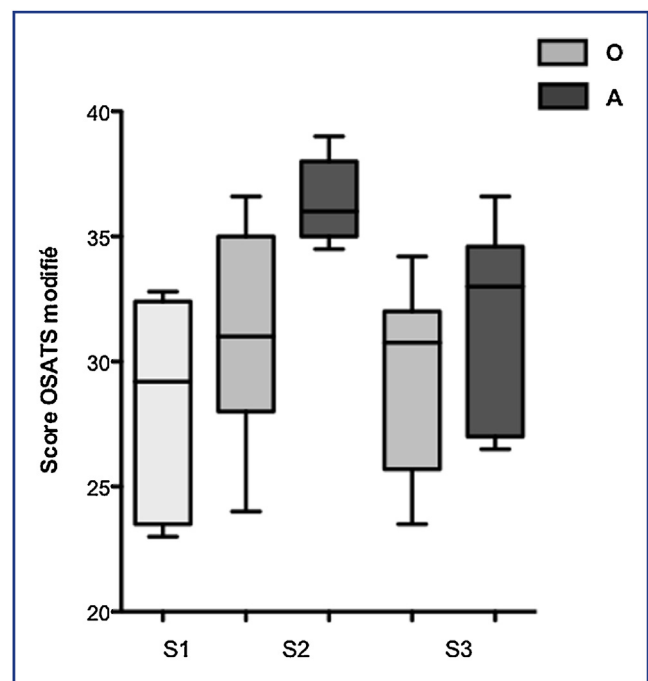
Ce travail était une évaluation de la simulation appliquée à la dérivation des voies urinaires pour des médecins en formation. Il a mis en évidence une supériorité de l'acquisition par la gestuelle en comparaison avec l'observation seule. Il a

aussi été montré un bénéfice de l'observation seule et de la pratique gestuelle pour la rémanence de ces apprentissages.

L'outil de simulation, malgré ses contraintes, s'est avéré le meilleur disponible pour cet apprentissage. Son efficacité



**Figure 2.** Comparaison entre la pratique et l'observation lors de la deuxième séance. La moyenne des scores de la deuxième séance est supérieure pour les apprenants observateurs ( $\star p < 0,05$ ), elle-même inférieure à celle des apprenants acteurs ( $\star\star p < 0,01$ ).



**Figure 3.** Rémanence des acquisitions. Progression des scores entre les trois séances (S1, S2 et S3) respectivement pour les acteurs et les observateurs. Bonne acquisition à 1 mois (S1) avec rétention à 6 mois. S1 : séance 1 ; S2 : séance 2 ; S3 : séance 3 ; A : acteurs ; O : observateurs.

pour l'enseignement des habiletés techniques est reconnue [10]. Un modèle idéal de simulation est peu dispendieux, reproductible, utilise du matériel facile à trouver et consomme peu de ressources humaines [9]. Le facteur limitant est souvent le coût. Dans le cas présent, le plateau technique était accessible dans tout laboratoire de simulation, l'investissement financier principal était le mannequin. Tout le matériel consommable a été recyclé plusieurs fois, car il s'agissait de systèmes dédiés mimant les emballages stériles. Le deuxième ou plutôt le principal investissement était humain avec réquisition de deux médecins (un encadrant le binôme de travail, l'autre les observateurs) et d'un technicien de laboratoire pour chaque séance.

L'élaboration des grilles d'évaluation a demandé une période d'essai préalable avec adaptation graduelle aux capacités des apprenants. Dans le modèle d'acquisition des compétences gestuelles selon Fitts et Posner [11], la première étape est cognitive et consiste à comprendre le geste, la performance est mauvaise alors que l'ensemble de l'attention est requis. La deuxième étape permet de passer de la connaissance des étapes à un comportement moteur adapté. La troisième étape est une automatisation de la séquence des étapes élémentaires du geste. Les stations OSATS ont été construites en application de ces principes. Dans notre cas une première grille avait été établie en décomposant les étapes gestuelles du sondage et selon le modèle déjà publié [2]. Elle a ensuite été graduellement modifiée au contact de groupes de travail successifs puis confrontée a posteriori avec la performance enregistrée sur support audiovisuel. Les questionnaires de satisfaction ont également permis d'affiner l'outil final de formation.

Une bonne formation par simulation nécessite l'intégration dans un processus de formation avec un encadrement, des objectifs pédagogiques identifiés, une pratique répétée avec des exercices de difficulté croissante [12]. Une étude publiée en 2009 [13] rapportait le programme structuré autour d'ateliers de suture, de sondage et d'examen respiratoire incluant 204 étudiants. Les résultats étaient une amélioration des performances et de l'auto évaluation dans plus de 90% des cas. Cette expérience comme d'autres [1,2] suggèrent d'inclure dans le curriculum de formation médicale des séances de simulation comme proposé ici. Afin qu'elle fasse partie intégrante de la formation, ce type de séance pourrait intégrer le cursus des études médicales. Concernant la formation chirurgicale, il a été montré qu'une participation obligatoire mais organisée dans le temps améliore la présence donc la compétence acquise [14,15].

Afin d'augmenter la rétention des habiletés techniques dans un curriculum donné, il est recommandé des séances intensives espacées par des intervalles de temps importants [16]. Pour cela nous avons choisi un intervalle relativement long entre les 3 séances. Une troisième séance a ainsi été planifiée avec les mêmes acteurs-apprenants afin d'accroître cette rétention et de contrôler la tendance des résultats. Elle a montré un phénomène de rémanence avec des scores supérieurs aux scores initiaux mais inférieurs aux scores intermédiaires. Cela suggère de renforcer les acquisitions par d'autres séances intermédiaires rapprochées. Un biais de cette étude pourrait être la réalisation préalable de sondage vésical par certains étudiants dits expérimentés. Cependant, leur répartition

était équivalente dans les groupes de départ. Les principales limites sont le faible effectif avec une perte au cours des séances, diminuant ainsi la puissance statistique. Ces données demandent d'être confirmées avec un plus grand nombre d'apprenants. Une prochaine étape pourrait étudier le transfert de l'expérience acquise en simulation vers la pratique clinique.

## Conclusion

Cette étude sur la simulation du drainage vésical semble montrer une bonne efficacité de l'apprentissage actif avec une bonne rémanence des acquisitions. Bien que manquent les données sur le transfert vers la pratique clinique, ce travail préliminaire suggère d'intégrer la simulation comme modalité d'enseignement dans des cursus de formation pratique en urologie. Un entraînement appuyé par des objectifs et des évaluations régulières, le tout dans une synergie d'immersion hospitalière pourrait étayer la formation initiale des médecins. Compléter la formation dite classique par la simulation appartient aux responsables académiques.

## Remerciements

Remerciements aux étudiants Ali Moussaoui, Isaure Fraux, Sita Fau, Nadia Dzoma Kambou, Chen Fang Wei, Marc Samir Guillot, Clémence Massay, Manon Arnal, Margaux Lebraud, Maximilien Pfeiffer, Christopher Fantini, Alexandre Gitto, Rémi Foussat, Antoine Merckx, Laura Matesanz, Nicolas Oustric, Adèle Mabreil et Marie Sophie Mozziconaci.

## Déclaration d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de conflits d'intérêts en relation avec cet article.

## Annexe 1. Grilles d'évaluation

### A.1. Grille pour l'évaluation du sondage vésical

#### ADAPTATION SCORE OSATS SONDRAGE VESICAL

– Centre de simulation Médicale –

**Score : chaque item de 1 à 5**

**A. Qualité de la désinfection cutanée :**

1 : Désinfection hasardeuse, pas de décalottage

3 : Désinfection avec décalottage, un seul passage d'antiseptiques

5 : Désinfection avec décalottage et deux passages d'antiseptiques

**B. Lavage de mains et gantage**

1 : beaucoup de gestes inutiles ou pas de lavage préalable des mains

3 : gestuelle lente sans fautes d'asepsie

5 : gestuelle efficace sans fautes d'asepsie

#### C. Manipulation du matériel

1 : préhension maladroite et imprécise, pas de connaissance des besoins

3 : utilisation adaptée du matériel

5 : mouvements fluides et besoins anticipés

#### D. Introduction de la sonde

1 : maladroite et indécise

3 : précise et lente, présence d'hésitations ou de manœuvres forcées

5 : réalisation parfaitement contrôlée avec orientation modulée de la verge

#### E. Gonflage du ballonnet

1 : gonflage avant que la sonde ne soit à la garde

3 : gonflage hésitant avec quantité d'eau insuffisante

5 : gonflage parfaitement planifié et adapté.

#### F. Connexion de la sonde et de la poche

1 : connexion en milieu non stérile

3 : connexion stérile mais après sondage

5 : sondage en montage clos et stérile/ensemble des étapes de la procédure respectée

#### H. Explications données au patient :

1 : pas d'explications

3 : laconique

5 : parfaite, rassurante

#### H. Performance globale :

1 : très mauvaise, pas de recalottage

3 : compétence acquise

5 : compétence clairement supérieure

Nom et prénom de l'étudiant évalué :

Date :

Expérience préalable de sondage :

#### C. Manipulation du matériel

1 : préhension maladroite et imprécise, pas de test préalable du calibre du trocart

3 : utilisation adaptée du matériel, retour d'urines obtenues

5 : mouvements fluides, gestes maîtrisés et besoins anticipés

#### D. Repérage cutané et introduction du trocart

1 : maladroite et indécise, mauvais positionnement

3 : précise et lente, présence d'hésitations ou de manœuvres forcées

5 : réalisation parfaitement contrôlée avec orientation verticale

#### E. Introduction du cathéter

1 : introduction maladroite ou excessive

3 : longueur excessive ou insuffisante de cathéter

5 : introduction planifiée et adaptée

#### F. Connexion du cathéter et de la poche

1 : connexion en milieu non stérile

3 : connexion stérile mais pas de retrait du mandrin

5 : sondage avec montage stérile/ensemble des étapes de la procédure respecté

#### H. Explications données au patient :

1 : pas d'explications

3 : laconique

5 : parfaite et rassurante

#### H. Performance globale :

1 : très mauvaise

3 : compétence acquise

5 : compétence clairement supérieure

Nom et prénom de l'étudiant évalué :

Date :

Expérience préalable de sondage ou de cathéter vésical :

## A.2. Grille pour l'évaluation du cathéter sus-pubien

### ADAPTATION SCORE OSATS CATHETER SUS PUBIEN

— Centre de simulation Médicale —

**Score : chaque item de 1 à 5**

#### A. Qualité de désinfection :

1 : Désinfection hasardeuse

3 : Désinfection, un seul passage d'antiseptiques

5 : Désinfection avec deux passages d'antiseptiques

#### B. Lavage de mains et gantage

1 : beaucoup de gestes inutiles ou pas de lavage préalable des mains

3 : gestuelle lente sans fautes d'asepsie

5 : gestuelle efficace sans fautes d'asepsie

## Références

- [1] Manalo M, Lapitan MC, Buckley BS. Medical interns' knowledge and training regarding urethral catheter insertion and insertion-related urethral injury in male patients. *BMC Med Educ* 2011;11:73.
- [2] Todsén T, Henriksen MV, Kromann CB, Konge L, Eldrup J, Ringsted C. Short- and long-term transfer of urethral catheterization skills from simulation training to performance on patients. *BMC Med Educ* 2013;13:29.
- [3] Haute Autorité de santé. État de l'art (national et international) en matière de pratiques de simulation dans le domaine de la santé. HAS; 2012.
- [4] Fiard G, Capon G, Rizk J, Maurin C, Dariane C, Audeinet F, et al. Évaluation de la simulation dans la formation des jeunes urologues français : une enquête de l'Association française des jeunes urologues en formation (AFUF). *Prog Urol* 2014;24:390–6.

- [5] Lacreuse I. Évaluation clinique de l'efficacité de l'entraînement sur simulateur à la réalisation de nœuds intracorporels par les internes de chirurgie : un programme mis en place dans un service de chirurgie pédiatrique. *Pedagog Med* 2011;12:213–21.
- [6] Breaud J, Chevallier D, Benizri E, Fournier JP, Carles M, Delotte J, et al. The place of simulation in the surgical resident curriculum. The pedagogic program of the Nice Medical School Simulation Center. *J Visc Surg* 2012;149:e52–60.
- [7] Abboudi H, Khan MS, Aboumarzouk O, Guru KA, Challacombe B, Dasgupta P, et al. Current status of validation for robotic surgery simulators—a systematic review. *BJU Int* 2013;111:194–205.
- [8] Grober ED, Hamstra SJ, Wanzel KR, Reznick RK, Matsumoto ED, Sidhu RS, et al. The educational impact of bench model fidelity on the acquisition of technical skill: the use of clinically relevant outcome measures. *Ann Surg* 2004;240:374–81.
- [9] Collins ABJS, Newman SE. Cognitive apprenticeship: teaching the crafts of reading, writing, and mathematics. In: Resnick LB, editor. *Knowing, learning, and instruction: essays in honor of Robert Glaser*. Hillsdale (NJ): Lawrence Erlbaum; 1990. p. 453–94.
- [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* 2011;306:978–88.
- [11] Fitts PM. *Human performance*. Belmont: Brooks/Cole; 1967.
- [12] Issenberg SB, McGaghie WC, Petrusa ER, Lee Gordon D, Scalesse RJ. Features and uses of high-fidelity medical simulations that lead to effective learning: a BEME systematic review. *Med Teach* 2005;27:10–28.
- [13] Naylor RA, Hollett LA, Valentine RJ, Mitchell IC, Bowling MW, Ma AM, et al. Can medical students achieve skills proficiency through simulation training? *Am J Surg* 2009;198:277–82.
- [14] Chang L, Petros J, Hess DT, Rotondi C, Babineau TJ. Integrating simulation into a surgical residency program: is voluntary participation effective? *Surg Endosc* 2007;21:418–21.
- [15] van Dongen KW, van der Wal WA, Rinkes IH, Schijven MP, Broeders IA, et al. Virtual reality training for endoscopic surgery: voluntary or obligatory? *Surg Endosc* 2008;22:664–7.
- [16] Faurie C, Khadra M. Technical competence in surgeons. *ANZ J Surg* 2012;82:682–90.