



Simulation versus apprentissage théorique pour la voie transradiale : étude comparative randomisée en cardiologie interventionnelle

Simulation versus theoretical learning for the transradial approach: a randomized controlled trial in interventional cardiology

Aymen Noamen, Ahmed Ben Amara, Mokhles Lajmi, Nadhem Hajlaoui, Wafa Fehri

Hôpital militaire principal d'instruction de Tunis / Université Tunis El Manar / faculté de médecine de Tunis,

RÉSUMÉ

Introduction : L'enseignement par simulation (ES) en cardiologie interventionnelle améliore la maîtrise des gestes dont la voie radiale conventionnelle (VRC).

Objectif : Évaluer l'apport de l'ES dans la VRC par rapport à l'apprentissage théorique seul.

Méthodes : C'est une étude prospective comparative randomisée incluant les résidents en cardiologie et les patients avec pouls radial normal. Les résidents expérimentés et les patients ayant une contre-indication à la VRC, instables ou nécessitant une intervention urgente étaient non inclus. L'absence aux séances de l'enseignement induisait l'exclusion. Les résidents étaient randomisés en deux groupes : simulation versus contrôle. Ils assistaient à un cours théorique expliquant la VRC et étaient évalués. Seul le groupe simulation assistait à une séance d'ES avec mesure de la fréquence cardiaque (FC) et du stress. Une application réelle était ensuite réalisée avec mesure de la FC et du stress. Le critère de jugement principal était le succès de la ponction.

Résultats : Le succès de la ponction était similaire entre les deux groupes ($p=0,651$). Pendant l'application pratique, le stress était significativement différent avant la procédure mais semblable après la fin de la procédure. Le niveau de stress variait significativement au sein du même groupe avant et après la procédure. Le groupe-simulation était significativement moins tachycarde aussi bien avant qu'au cours de la procédure avec une différence significative entre les deux groupes ($p<10^{-3}$).

Conclusion : Cette étude a montré l'intérêt de l'ES chez des résidents novice pour la VRC en complément à l'apprentissage théorique en amont du geste en vie réelle.

Mots clés : Simulation, enseignement, apprentissage, formation, artère radiale, abord vasculaire, coronarographie, évaluation, stress

ABSTRACT

Introduction : Simulation-based education (SE) in interventional cardiology improves knowledge acquisition and mastery of procedures including the conventional radial access (CRA).

Aim: To evaluate the contribution of SE in CRA compared with theoretical learning alone.

Methods : This is a prospective randomized controlled study including cardiology residents and patients with normal radial pulses. Experienced residents as well as patients with contraindications to CRA, requiring urgent intervention, or with hemodynamic instability were not included. Missing the teaching sessions was the exclusion criteria. Residents were randomized into two groups: simulation versus control. They attended a theory lecture explaining CRA and were evaluated. Only the simulation group attended an SE session with measurement of heart rate (HR) and stress level. A real application was then performed with measurement of HR and stress level. The primary outcome was success puncture rate.

Results : The success of the puncture was similar between the two groups ($p=0.651$). In the practical application, the stress level was significantly different before the procedure but similar after the end of the procedure. The stress level varied significantly within the same group before and after the procedure. The simulation group was significantly less tachycardic both before and during the procedure with a significant difference between the two groups ($p<10^{-3}$).

Conclusion: This study demonstrated the interest of SE in novice residents for CRA as a complement to theoretical learning upstream of the real-life procedure.

Keyword : Simulation, training, learning, teaching, radial artery, vascular access, coronarography, evaluation, stress.

Correspondance

Aymen Noamen

Hôpital militaire principal d'instruction de Tunis / Université Tunis El Manar / faculté de médecine de Tunis

E-mail : no.aymen@gmail.com

INTRODUCTION

L'enseignement par simulation (ES), grâce à ses multiples facettes d'apprentissage, permet une immersion dans le milieu professionnel et implique l'interaction de connaissances sociales et personnelles adaptées de manière appropriée à l'environnement (1,2). Enseigner reste un double défi pour l'enseignant et l'apprenant car il engage leurs responsabilités médico-légales et éthiques. Parmi les domaines où l'ES suscite l'intérêt, la cardiologie interventionnelle se distingue par la nécessité d'une habileté technique affinée pour respecter les recommandations de bonne pratique qui sont en perpétuelle évolution (3,4). De ce fait, l'accès vasculaire de référence est actuellement la voie radiale conventionnelle (VRC) qui a remplacé la voie fémorale (5). Cette transition est appuyée par le taux moindre des complications hémorragiques et le confort du patient, au prix d'une courbe d'apprentissage relativement plus longue que la voie fémorale (6).

En Tunisie, l'enseignement théorique et le compagnonnage en cardiologie restent les méthodes les plus répandues par manque des laboratoires d'ES (7,8). Deux études ont évalué l'ES en cardiologie mais n'ont pas abordé l'aspect procédural et n'ont pas inclus des résidents en cardiologie (9,10). À notre connaissance, aucune étude Tunisienne n'a évalué l'ES en cardiologie interventionnelle.

L'objectif de cette étude était d'évaluer l'apport de l'ES dans la VRC par rapport à l'apprentissage théorique seul.

MÉTHODES

Caractéristiques de l'étude

Type et cadre de l'étude

Il s'agit d'une étude prospective comparative randomisée à deux bras parallèles de résidents en cardiologie exerçant à l'hôpital militaire de Tunis. Elle était menée entre décembre 2021 et janvier 2022 et s'intégrait dans la phase de préparation d'un essai évaluant la voie radiale distale lors des interventions coronaires percutanées (ICPs) (TunDRA: evaluation of the Distal Radial Approach in percutaneous coronary interventions) (11).

Définition des sujets éligibles

Les critères d'inclusion étaient :

Pour les résidents :

- Consentement éclairé.
- Inscrits en deuxième année ou plus de résidanat en cardiologie.

Pour les patients participants.

- Consentement éclairé.
- En pré-procédural : test d'Allen positif, pouls radial normal ou bondissant et un test de Barbeau type A ou B.

N'étaient pas inclus les résidents expérimentés dans la VRC et les patients ayant une contre-indication à la VRC, nécessitant une ICP en urgence ou présentant une instabilité hémodynamique. L'absence aux séances de l'enseignement était le critère d'exclusion.

Protocole de l'intervention

Il a été demandé à tous les étudiants d'éviter l'exercice et les substances caféinées avant la collecte des données.

Phase d'apprentissage

Tous les résidents ont reçu une fiche technique expliquant la ponction par VRC et ont assisté à un cours académique enseigné avec un support vidéo détaillant les précautions à prendre et les étapes à suivre lors de la ponction. Ils ont répondu à une évaluation cognitive avant et après l'enseignement (Prétest et post-test).

Dans le groupe-simulation, un sénior-enseignant assurait des séances d'ES de la ponction de la VRC en vue d'une ICP pour deux à trois apprenants en se basant sur une fiche de simulation. D'abord le matériel nécessaire était présenté aux apprenants. Le sénior démontrait la réalisation de la ponction en expliquant les étapes suivies. Les apprenants réalisaient ensuite la ponction sous la supervision du sénior. Un débriefing était enfin réalisé pour rectifier les fautes des résidents et recueillir leur satisfaction. La simulation était réalisée sur un simulateur procédural (Bras d'abord vasculaire artériel Laerdal Médical 375-8001) au laboratoire de simulation. Avant le début de la séance de simulation, le niveau du stress et la fréquence cardiaque (FC) de chaque résident étaient mesurés. Pendant la séance, la FC et sa variabilité ont été enregistrées. Immédiatement après la fin de la séance de simulation le niveau de stress a été évalué.

Phase d'application pratique

Une application en pratique réelle de la ponction était

réalisée les jours suivant l'enseignement théorique pour le groupe-contrôle ou le lendemain de la séance de simulation pour le groupe-simulation. Le déroulement de cette phase était identique à tous les résidents inclus quel que soit leur groupe d'apprentissage.

Avant le début de la procédure, le niveau du stress et la FC de chaque résident étaient mesurés. Pendant la procédure, la FC et sa variabilité, le succès ou l'échec de la ponction, sa durée et le nombre des tentatives ont été enregistrés. Immédiatement après la fin de la procédure, le niveau de stress a été évalué. Après l'ablation des dispositifs de l'hémostase, les complications locales tel que les hématomes locaux ainsi que la douleur locale ont été notées.

Randomisation

La randomisation a été faite via le logiciel Random allocation software 2.0. Une séquence d'allocation aléatoire était générée en groupes parallèle de 1 à 30 entre les deux groupes : simulation versus contrôle.

Le rang de recrutement correspond au numéro dans la séquence d'allocation. L'attribution de chaque résident dans le groupe correspondant a été révélée après l'enseignement théorique.

Les critères de jugement

Critère de jugement principal

Le succès de la ponction était défini par le reflux de sang artériel dans la canule. L'échec de ponction était défini si le temps de ponction de l'artère radiale conventionnelle dépasse cinq minutes.

Les critères de jugement secondaires

- Temps de la ponction, nombre de tentative.
- FC et variabilité de la FC lors de la simulation et lors de la procédure.
- Niveau de stress lors de la simulation et lors de la procédure.
- Présence d'hématome local et douleur locale selon l'échelle verbale numérique de 0 à 10.

Définitions

Les connaissances sur la ponction par VRC étaient évaluées par des tests réalisés par les apprenants en début et à la fin de l'enseignement théorique. Ces tests se composaient des mêmes questions et se présentaient sous la forme de 10 questions. A la fin de la

l'enseignement théorique, les apprenants n'avaient **plus** accès au questionnaire pré-test et devaient répondre au questionnaire post-test.

La variabilité de la FC était calculée en utilisant les écarts-types des intervalles R-R sur une durée de cinq minutes. Elle était mesurée à l'aide d'une montre connectée (Apple Watch version du matériel 3,4 version du logiciel 8.7) lors de l'ES et lors de la ponction.

Le niveau de stress était mesuré à l'aide d'un outil validé de mesure de l'anxiété :

State - Trait - Anxiety - Inventory - form - Y (STAI-Y) - version « état » (12) . Il comprend 20 items évaluant la situation en cours. Les résidents étaient invités à remplir le questionnaire 10 minutes avant le début puis immédiatement après la fin de la séance de la simulation et de la procédure. Les scores varient entre 20(degré d'anxiété le plus faible) et 80 (degré d'anxiété le plus élevé).

Étude statistique

Les données étaient saisies et analysées à l'aide du logiciel SPSS version 26.

La normalité était vérifiée par le test de Kolmogorov-Smirnov. Les variables qualitatives sont exprimées en fréquences et les variables quantitatives en moyenne \pm écart type ou en médianes et intervalles interquartiles.

Dans l'étude analytique, la liaison entre deux variables qualitatives était faite par le test Khi-deux ou par le test exact de Fisher, la comparaison des moyennes par le test-T de Student et la variabilité inter et intra-groupes par le test ANOVA. La signification statistique était supposée à 5%.

Considérations éthiques et conflits d'intérêts

Comme cette étude s'intégrait dans la phase de préparation de l'étude TunDRA, l'avis favorable du comité local de protection de personne a été accordé sous le numéro 21/2021. Le consentement des résidents et des patients était recueilli. Pour garantir l'équité entre les résidents, le groupe-contrôle a bénéficié d'une séance d'ES après la fin de l'étude.

RÉSULTATS

Caractéristiques générales

Les deux groupes étaient comparables concernant l'âge le genre et le statut académique comme le montre le tableau 1. Ils avaient

un niveau de connaissance semblable. Les notes attribuées avant et après l'enseignement étaient significativement différentes aussi bien pour l'ensemble des résidents que dans chaque groupe avec $p < 10^{-3}$.

Tableau 1. Caractéristiques des résidents

Paramètre	Groupe simulation (n = 15)	Groupe contrôle (n = 15)	P
Genre masculin ¹	6 (40,0%)	8 (53,3%)	0,536
Age ²	28 (28 ; 29)	28 (28; 29)	0,902
Année de résidanat ¹			
deuxième	4 (26,7%)	6 (40,0%)	0,602
troisième	5 (33,3%)	4 (26,7%)	
quatrième	6 (40,0%)	5 (33,3%)	
Pré test ³	12,25 ± 0,76	12,41±0,81	0,565*
Post tes ³	15,65±1,72	15,28±1,48	0,537*

1.n (%) 2. Médiane (Q1, Q3), 3. Moyenne ± écart type, *ANOVA

Etat lors de la simulation

Une différence significative était observée entre les deux temps de mesures de la FC et le niveau de stress (tableau 2). La variabilité de la FC allait de 86 ms à 122 ms avec une moyenne à $96,18 \pm 11,21$.

Tableau 2. Etat lors de la simulation

Paramètre (Moyenne ± écart-type)	Avant la simulation	Après la simulation	P
Fréquence cardiaque	78,00 ± 11,071	87,33 ± 10,742 *	$< 10^{-3}$
Niveau de stress	50,00 ± 10,433	40,93 ± 10,613	$< 10^{-3}$

*pendant la simulation

Etat lors de la procédure

La FC était significativement différente ($p < 10^{-3}$) entre les deux temps de mesures aussi bien pour l'ensemble des résidents que dans chaque groupe. La FC et sa variabilité étaient significativement différentes entre les deux groupes comme le montre le tableau 4.

Une différence significative du niveau de stress était mise en évidence entre les deux temps de mesures aussi bien pour l'ensemble des résidents ($p < 10^{-3}$) que dans chaque groupe comme le montre le tableau 4 avec $p < 10^{-3}$ dans le groupe-simulation et $p = 0,013$ dans le groupe-contrôle.

Le Tableau 3 montre les niveaux de stress entre la séance de simulation et l'application.

Tableau 3. Etat lors de la simulation

Niveau de stress	Simulation	Procédure	P
Avant le début	50,00 10,433	49,87 9,731	0,884
Après la fin	40,93 10,613	69,20 5,348	$< 10^{-3}$

Données de la procédure

Au total, le succès de la ponction était observé chez 24 résidents (80,0%) semblablement entre les groupes comme le résume le tableau 4. Les complications locales n'étaient également pas différentes entre les deux groupes (Figure 1).

Tableau 4. Réponse psychosomatique et données procédurales

Paramètre	Groupe simulation (n = 15)	Groupe contrôle (n = 15)	P
Fréquence cardiaque avant la procédure ³	77,20 ± 7,627	88,47 ± 3,758	$< 10^{-3}$
Fréquence cardiaque pendant la procédure ³	84,13 ± 7,180	101,13 ± 5,462	$< 10^{-3}$
Variabilité de la fréquence cardiaque ³	74,24 ± 10,84	62,91 ± 7,41	0,031
Niveau de stress avant la procédure ³	49,87 ± 9,731	66,47 ± 8,305	$< 10^{-3}$
Niveau de stress après la procédure ³	69,20 ± 5,348	72,53 ± 3,399	0,051
Succès de la ponction ¹	13 (86,7%)	11 (73,3%)	0,651
Nombre de tentatives de la ponction ²	1 (3 ; 4)	4 (3 ; 4)	0,486
Temps de la ponction en secondes ³	96,23±70,566	132,18± 73,468	0,235
Hématome ¹	2 (13,3%)	3 (20,0%)	1,00
Douleurs locales ²	2 (1 ; 3)	2 (1 ; 3)	0,775

1.n (%) 2. Médiane (Q1, Q3), 3. Moyenne ± écart type

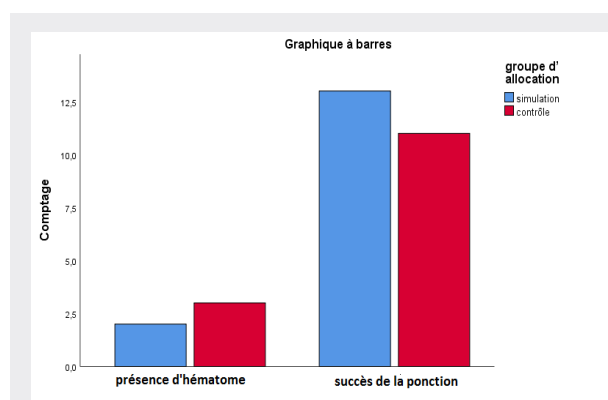


Figure 1. Succès de la ponction et présence d'hématome selon les groupes

DISCUSSION

Dans notre étude, la FC était significativement différente en comparant les mesures avant le début de l'ES par rapport à celles retrouvées au cours de l'ES ($p < 10^{-3}$). De même, le niveau de stress était significativement différent en comparant les mesures avant et après la séance de la simulation ($p < 10^{-3}$). Les notes attribuées après l'enseignement théorique étaient significativement supérieures à celles attribuées avant l'enseignement avec $p < 10^{-3}$.

Certes l'enseignement théorique permettrait de transmettre le savoir académique, il est actuellement admis que la simulation favorise l'acquisition des connaissances et permet de les renforcer grâce au débriefing (13,14).

Parallèlement aux avantages éducatifs, l'ES génère une réponse psychosomatique chez les apprenants. Nos résultats concordent avec la littérature. Une étude danoise multicentrique menée sur 46 participants pour la réalisation d'une ponction lombaire a montré que les résidents novices avaient un niveau de stress significativement plus élevé que les expérimentés ($p < 10^{-3}$) ainsi qu'un tonus sympathique significativement plus intense avec un ratio LF/HF avant ($p = 0,004$) et après la ponction lombaire ($p = 0,056$). Une FC élevée chez l'opérateur pendant la procédure était significativement liée à une incidence plus élevée des complications (odds ratio = 1,17)(15). Bauer et al ont rapporté un score moyen STAI-Y-1 après l'ES à $40,2 \pm 9,9$ et ont souligné la présence de différence selon le genre avec un trait d'anxiété plus marqué chez les femmes (16).

Concernant les marqueurs de performance, l'efficacité lors de l'application pratique était proche dans les deux groupes. L'ES des résidents vise à maîtriser les performances et les gestes dont l'accès vasculaire, étape initiale en cardiologie interventionnelle. Ainsi, Gurm et al ont montré une réduction du temps nécessaire pour réussir cinq procédures d'accès à l'artère fémorale sans assistance dans le groupe-simulation(17).

L'évaluation de l'ES dans la ponction de l'artère radiale en vue d'une ICP est rarement rapportée dans la littérature. La plupart des auteurs s'intéressaient aux accès vasculaires de façon globale tel que les cathéters artériels pour le monitoring de la pression artérielle invasive, la gazométrie du sang ou encore les voies d'abord veineuses centrales. Dans une revue systématique analysant l'ES pour les

accès vasculaires, Okano et al ont conclu que le taux de succès après ES était multiplié par 66 fois par rapport à l'enseignement théorique, le taux de succès dès la première tentative était également en faveur de l'ES avec un risque ratio à 1.34 (0.93 à 1.94)(18). Pareillement, dans l'étude comparative de Oh et al évaluant l'ES dans le cathétérisme échoguidé de l'artère radiale par 21 résidents novices en anesthésie, le taux de succès dès la première tentative lors de l'application réelle était significativement supérieur dans le groupe-simulation (81.8% versus 50% ; $p = 0.002$)(19).

Plus globalement, l'ES en cardiologie interventionnelle améliore les compétences des opérateurs et leurs capacités procédurales comme décrit par multiples études(20–22). L'ES devrait être intégré dans le cursus de l'opérateur car il permet la transférabilité des compétences acquises en l'environnement virtuel au milieu réel.

Au-delà de son intérêt en tant qu'outil pédagogique efficace, la simulation des procédures interventionnelles vise à réduire les complications iatrogènes. L'efficacité est conjointe à la sécurité par une diminution du risque procédural pour les patients. Dans notre étude les complications post procédurales tel que les hématomes locaux et les douleurs du site de la ponction n'étaient pas différentes entre les deux groupes (respectivement $p = 1,00$ et $p = 0,775$).

La réduction des effets indésirables et des complications par l'ES, quatrième niveau du modèle de Kirkpatrick, n'est pas démontrée dans la littérature. Ainsi dans la revue systématique de Okano sur les accès vasculaires, le risque ratio pour les complications était 1.00 (0.63 à 1.58)(18). Gurm et al rapportent une réduction des complications dans le groupe-simulation lors de ponction de l'artère fémorale(17). En plus des complications

mécaniques locales, l'ES permet d'agir sur les autres paramètres de sécurité. Par exemple, l'incidence des complications était similaire entre les deux groupes dans l'étude de yang et al évaluant l'effet de l'ES dans les intervention endovasculaires percutanées chez 95 résidents, cependant le temps de fluoroscopie et la dose d'irradiation était abaissé après l'ES(23).

Enfin, l'ES permet de former les opérateurs à gérer des complications interventionnelles pour assurer un entraînement régulier des opérateurs en cours de formation ou ceux plus expérimentés. En effet, entretenir ses compétences afin de réagir à une situation d'urgence, notamment en cas de

complications exceptionnelles mais sévères est crucial(24).

C'est la première étude comparative évaluant l'apport de l'ES en cardiologie interventionnelle en Tunisie. Le caractère monocentrique était la limite principale de notre étude. Ceci s'explique par le nombre limité des salles dédiées à l'ES en cardiologie interventionnelle en Tunisie et a induit un nombre limité de participants. Par ailleurs, malgré que notre méthodologie fournisse des résultats mesurables et comparables, certains éducateurs disposent de multiples outils pour évaluer plus précisément les interventions éducatives comme les réflexions autodéclarées des apprenants après la formation et leur confiance (25). Le dogme « enseigner, c'est répéter » reste valable lors de l'ES. Notre étude n'a pas évalué l'impact des répétitions mais fournit un argument pour généraliser les centres de simulation en cardiologie interventionnelle.

L'ES est une méthode à promouvoir et à généraliser en Tunisie sous l'égide d'une commission dédiée à l'instar de la Commission d'Enseignement par Simulation de la Société Française de Cardiologie (26,27). Le développement de partenariats avec les industriels de santé et l'utilisation des simulateurs de faible technicité pourraient aider à surmonter le manque des moyens et le coût d'investissement élevé avec de bons résultats pédagogiques et ainsi à garantir la sécurité des patients (28). D'autre part, le développement et la validation des indicateurs spécifiques pour chaque type d'intervention sont nécessaires pour permettre une évaluation objective avec un seuil de performance défini avant d'appliquer ces nouvelles compétences dans la vie réelle. Également le progrès technologique produisant des mannequins de plus en plus adaptés améliore l'efficacité de l'ES et ainsi la performance des apprenants (29).

CONCLUSION

Cette étude a montré l'intérêt de l'ES en complément à l'apprentissage théorique en amont du geste en vie réelle. Cette méthode dont l'apport a été prouvé reste peu utilisée en cardiologie interventionnelle dans notre pays. Il est primordial d'étendre cette méthode non seulement pour la formation des résidents mais aussi en vue d'une formation continue des opérateurs expérimentés sous la supervision d'une commission dédiée après validation des indicateurs spécifiques.

RÉFÉRENCES

1. Pezel T, Coisne A, Picard F, Gueret P, French Commission of Simulation Teaching of the French Society of Cardiology. How simulation teaching is revolutionizing our relationship with cardiology. *Arch Cardiovasc Dis.* 2020;113(5):297-302. DOI: 10.1016/j.acvd.2020.03.010
2. Okuda Y, Bryson EO, DeMaria S, et al. The utility of simulation in medical education: what is the evidence? *Mt Sinai J Med N Y.* 2009;76(4):330-43. DOI:10.1002/msj.20127
3. Pezel T, Coisne A, Bonnet G, et al. Simulation-based training in cardiology: State-of-the-art review from the French Commission of Simulation Teaching (Commission d'enseignement par simulation-COMSI) of the French Society of Cardiology. *Arch Cardiovasc Dis.* 2021;114(1):73-84. DOI:10.1016/j.acvd.2020.10.004
4. Gosai J, Purva M, Gunn J. Simulation in cardiology: state of the art. *Eur Heart J.* 2015;36(13):777-83. DOI: 10.1093/eurheartj/ehu527 5.
5. Jp C, HT, EB, et al. 2020 ESC Guidelines for the management of acute coronary syndromes in patients presenting without persistent ST-segment elevation. *Eur Heart J.* *Eur Heart J;* 2021;42(14). DOI:10.1093/eurheartj/ehaa575
6. Kolkailah AA, Alreshq RS, Muhammed AM, Zahran ME, El-Wegoud MA, Nabhan AF. Transradial versus transfemoral approach for diagnostic coronary angiography and percutaneous coronary intervention in people with coronary artery disease. *Cochrane Database Syst Rev.* John Wiley & Sons, Ltd; 2018;(4). DOI: 10.1002/14651858.CD012318.pub2
7. Mahmoudi A, Noomen F, Nasr M, Zouari K, Hamdi A. [Evaluation of residency training in general and digestive surgery in Tunisia]. *Pan Afr Med J.* 2015;21:328. DOI: 10.11604/pamj.2015.21.328.6604
8. Naouar S, Binous MY, Braiek S, El Kamel R. Training of Tunisian future urologists: how to improve it ? *Tunis Med.* 2018;96(7):401-4.
9. Zairi I, Mzoughi K, Mrad IB, et al. Intérêt de la simulation dans l'apprentissage du raisonnement clinique The value of simulation in learning clinical reasoning. *Tunis Med.* 2020; 98 (06) : 466-9.
10. Ahmed HB, Ouanes I, Allouche E, Chetoui A, Ouechtati W, Bazdeh L. Évaluation du stress généré par un exercice de simulation haute-fidélité chez des étudiants en médecine Assessment of stress induced by high-fidelity simulation sessions among medical students. *Tunis Med.* 2020;98(05) :363-7.
11. Ben Amara A, Noamen A, Anouar Y, Chenik S, Hajlaoui N, Fehri W. Evaluation of the Distal Radial Approach in percutaneous coronary interventions. Controlled, randomized non-inferiority trial. *Tunis Med.* 2022;100(3):192-202.
12. Gauthier J, Bouchard S. Adaptation canadienne-française de la forme révisée du State-Trait Anxiety Inventory de Spielberger. *Can J Behav Sci Rev Can Sci Comport.* 1993;25(4):559-78. DOI: 10.1037/h0078881
13. Yuan HB, Williams BA, Fang JB, Ye QH. A systematic review of selected evidence on improving knowledge and skills through high-fidelity simulation. *Nurse Educ Today.* 2012;32(3):294-8. DOI: 10.1016/j.nedt.2011.07.010

14. Fischer Q, Sbissa Y, Nhan P, et al. Use of Simulator-Based Teaching to Improve Medical Students' Knowledge and Competencies: Randomized Controlled Trial. *J Med Internet Res*. 2018;20(9):e261. DOI: 10.2196/jmir.9634
15. Henriksen MJV, Wienecke T, Kristiansen J, Park YS, Ringsted C, Konge L. Opinion and Special Articles: Stress when performing the first lumbar puncture may compromise patient safety. *Neurology*. 2018;90(21):981-7. DOI: 10.1212/WNL.0000000000005556
16. Bauer C, Rimmelé T, Duclos A, et al. Anxiety and stress among anaesthesiology and critical care residents during high-fidelity simulation sessions. *Anaesth Crit Care Pain Med*. 2016;35(6):407-16. DOI:10.1016/j.accpm.2016.01.004
17. Gurm HS, Sanz-Guerrero J, Johnson DD, et al. Using simulation for teaching femoral arterial access: A multicentric collaboration Catheter Cardiovasc Interv Off J Soc Card Angiogr Interv. 2016;87(3):376-80. DOI: 10.1002/ccd.26256
18. Okano H, Mayumi T, Kataoka Y, et al. Outcomes of Simulation-Based Education for Vascular Access: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cureus*. 2021;13(8):e17188. DOI: 10.7759/cureus.17188
19. Oh EJ, Lee J-H, Kwon EJ, Min JJ. Simulation-based training using a vessel phantom effectively improved first attempt success and dynamic needle-tip positioning ability for ultrasound-guided radial artery cannulation in real patients: An assessor-blinded randomized controlled study. *PLoS One*. 2020;15(6):e0234567. DOI: 10.1371/journal.pone.0234567
20. Harrison CM, Gosai JN. Simulation-based training for cardiology procedures: Are we any further forward in evidencing real-world benefits? *Trends Cardiovasc Med*. 2017;27(3):163-70. DOI: 10.1016/j.tcm.2016.08.009
21. Popovic B, Pinelli S, Albuissou E, et al. The Simulation Training in Coronary Angiography and Its Impact on Real Life Conduct in the Catheterization Laboratory. *Am J Cardiol*. 2019;123(8):1208-13. DOI: 10.1016/j.amjcard.2019.01.032
22. Prenner SB, Wayne DB, Sweis RN, Cohen ER, Feinglass JM, Schimmel DR. Simulation-based education leads to decreased use of fluoroscopy in diagnostic coronary angiography. *Catheter Cardiovasc Interv Off J Soc Card Angiogr Interv*. 2018;91(6):1054-9. DOI: 10.1002/ccd.27203
23. Yang L, Li Y, Liu J, Liu Y. Effect of vascular simulation training on practice performance in residents: a retrospective cohort study. *BMJ Open*. 2020;10(9):e037338. DOI: 10.1136/bmjopen-2020-037338
24. Hale C, Crocker J, Vanka A, Ricotta DN, McSparron JI, Huang GC. Cohort study of hospitalists' procedural skills: baseline competence and durability after simulation-based training. *BMJ Open*. 2021;11(8):e045600. DOI: 10.1136/bmjopen-2020-045600
25. Joshi A, Wragg A. Simulator Training in Interventional Cardiology. *Interv Cardiol Lond Engl*. 2016;11(1):70-3. DOI: 10.15420/icr.2016.11.1.70
26. Weber U, Zapletal B, Base E, Hambrusch M, Ristl R, Mora B. Resident performance in basic perioperative transesophageal echocardiography: Comparing 3 teaching methods in a randomized controlled trial. *Medicine (Baltimore)*. 2019;98(36):e17072. DOI: 10.1097/MD.00000000000017072
27. Ferrero NA, Bortsov AV, Arora H, et al. Simulator training enhances resident performance in transesophageal echocardiography. *Anesthesiology*. 2014;120(1):149-59. DOI: 10.1097/ALN.0000000000000063
28. Hernández-Padilla JM, Granero-Molina J, Márquez-Hernández VV, Cortés-Rodríguez AE, Fernández-Sola C. Efeitos de um workshop de simulação sobre a competência em punção arterial de estudantes de enfermagem. *Acta Paul Enferm. Escola Paulista de Enfermagem, Universidade Federal de São Paulo*; 2016;29:678-85. DOI: 10.1590/1982-0194201600095
29. Kikuchi M, Asao T, Tokumine J, et al. A novel system for teaching the in-plane vascular access technique: A simulation study. *Medicine (Baltimore)*. 2021;100(37):e27201. DOI: 10.1097/MD.00000000000027201.