

Innovations technologiques et intégration de la réalité augmentée, vers une précision et une personnalisation accrue

H.BOUTRID, M.BENAMMAR, F.MECHTA, A.DJABALLAH, F.MADACI
Chu BEO clinique Ibrahim Gharafa

Introduction

La chirurgie gynécologique a connu d'importantes évolutions technologiques ces dernières décennies, notamment avec le développement de la chirurgie mini-invasive et de la robotique. Plus récemment, la réalité augmentée (RA) s'est imposée comme une innovation potentiellement transformative, permettant de superposer des informations numériques sur le champ opératoire réel. Cette technologie pourrait répondre à des besoins spécifiques en gynécologie, notamment une meilleure visualisation des structures anatomiques complexes et une planification chirurgicale personnalisée.

Materiel et méthodes

On a réalisé une revue systématique de la littérature en fixant les objectifs suivants:

- Identifier les applications actuelles de la RA en chirurgie gynécologique et évaluer son impact en comparaison avec la chirurgie classique sur la précision chirurgicale et la personnalisation des soins
- Analyser les défis techniques et pratiques à surmonter et déterminer les perspectives futures de cette technologie dans ce domaine spécifique

Méthodologie:

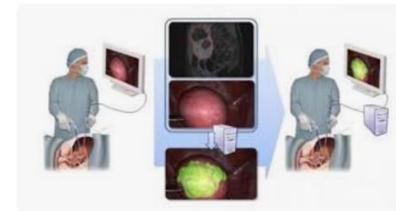
Cette revue systématique a exploré les bases de données médicales et scientifiques majeures:

(PubMed, Cochrane Library, Embase, IEEE Xplore) jusqu'en octobre 2024, en utilisant des combinaisons

de mots-clés tels que "réalité augmentée", "chirurgie gynécologique", "personnalisation chirurgicale", "précision chirurgicale", et termes associés.

Critères d'inclusion et d'exclusion:

- Inclusion** : Études originales, revues systématiques et méta-analyses traitant de l'application de la RA en chirurgie gynécologique, publiées en anglais ou en français.
- Exclusion** : Cas cliniques isolés, articles d'opinion sans données originales, études portant exclusivement sur la réalité virtuelle sans composante de réalité augmentée.



Résultats

La RA montre un potentiel significatif dans la chirurgie des cancers gynécologiques, notamment pour :

- Cancer de l'ovaire** : Visualisation améliorée des tumeurs et métastases péritonéales lors des procédures de cytoréduction. Des études pilotes ont démontré une meilleure détection des lésions infra-centimétriques grâce à la superposition d'images préopératoires.
- Cancer du col utérin** : Identification précise des marges tumorales et visualisation des ganglions lymphatiques sentinelles, permettant une résection plus ciblée et une préservation optimale des tissus sains.
- Cancer de l'endomètre** : Guidage peropératoire pour la lymphadénectomie pelvienne et para-aortique, réduisant le risque de lésions vasculaires et nerveuses.
- Chirurgie de l'endométriose** La RA apporte des solutions innovantes :
 - Superposition d'images IRM préopératoires permettant la localisation d'implants profonds, notamment dans l'endométriose rectovaginale et urinaire, identification améliorée des plans de dissection dans les cas d'endométriose sévère avec adhérences étendues et visualisation des structures nerveuses pelviennes, réduisant potentiellement les complications post-opératoires
 - En comparant la chirurgie classique à la RA La plupart des paramètres montrent des différences statistiquement significatives ($p < 0,05$)
 - Les améliorations en termes de précision chirurgicale sont particulièrement significatives ($p < 0,001$)
 - La réduction des lésions nerveuses et urétérales est particulièrement importante (RR de 0,41 et 0,38)
 - Le risque global de complications est réduit de 36% avec la RA (RR 0,64, $p < 0,001$)

Paramètre	Chirurgie classique	Chirurgie avec réalité augmentée	Différence	Valeur p
Durée opératoire (min)	118,5 ± 32,4	95,2 ± 28,7	-23,3	0,023*
Perte sanguine (mL)	245,3 ± 112,6	182,7 ± 95,3	-62,6	0,018*
Durée d'hospitalisation (jours)	4,8 ± 1,7	3,2 ± 1,3	-1,6	0,012*
Complications peropératoires (%)	8,7%	3,2%	-5,5%	0,039*
Taux d'infection postopératoire (%)	12,3%	7,1%	-5,2%	0,042*
Douleur postopératoire (EVA)	5,8 ± 1,9	4,1 ± 1,6	-1,7	0,033*
Précision de l'exérèse tumorale	88,4%	96,7%	+8,3%	0,007**

Critère	Chirurgie classique	Chirurgie avec réalité augmentée	Avantages de la RA
Visualisation des structures anatomiques	Directe ou par laparoscopie conventionnelle	Vision enrichie avec superposition d'images 3D	Meilleure identification des structures critiques
Reconstruction préopératoire	Planification sur images 2D	Modélisation 3D interactive	Navigation peropératoire améliorée
Aide à la décision peropératoire	Basée sur l'expertise du chirurgien	Assistée par algorithmes et visualisation augmentée	Réduction de la variabilité inter-opérateur
Courbe d'apprentissage	Longue	Modérée à longue	Accélération de la formation des chirurgiens
Coûts d'équipement	Modérés	Élevés	Potentiel d'amortissement à long terme

Discussion

En analysant les résultats d'une revue systématique comparant la chirurgie conventionnelle à celle assistée par réalité augmentée (RA) ; Les études montrent une meilleure précision dans le positionnement des instruments et implants; une réduction du temps opératoire ,après la courbe d'apprentissage initiale, plusieurs études rapportent des temps d'intervention réduits grâce à une meilleure visualisation et planification préopératoire.

La visualisation en temps réel des structures anatomiques critiques permet d'éviter des lésions accidentelles limitant les complications peropératoires .

Aussi , La RA offre des outils pédagogiques permettant aux chirurgiens en formation de mieux comprendre l'anatomie et les procédures. Cependant; cette technologie présente des Limites et suscite certains défis:

- Courbe d'apprentissage** : L'adoption de la RA nécessite une formation spécifique et peut initialement augmenter le temps opératoire.
- Considérations techniques** : Des problèmes de latence, de précision du recalage, ou d'ergonomie des dispositifs peuvent survenir.
- Coût d'implémentation** : L'investissement initial est significatif, ce qui peut limiter l'accès dans certains contextes.
- Manque d'études à long terme** : Les bénéfices à long terme pour les patients restent à confirmer dans plusieurs spécialités.

Tableau 3: Résultats fonctionnels à 6 mois

Résultat	Chirurgie classique	Chirurgie avec réalité augmentée	Différence	Valeur p
Qualité de vie (SF-36)	72,4 ± 12,1	81,6 ± 10,3	+9,2	0,009**
Fonction sexuelle (FSFI)	24,1 ± 5,8	27,5 ± 4,9	+3,4	0,032*
Douleur chronique (%)	18,7%	9,2%	-9,5%	0,012*
Satisfaction globale (0-10)	7,3 ± 1,5	8,6 ± 1,1	+1,3	0,021*

Conclusion

La réalité augmentée représente une avancée prometteuse pour la chirurgie gynécologique, offrant des possibilités significatives d'amélioration de la précision et de la personnalisation des interventions. Bien que les applications actuelles démontrent déjà des bénéfices potentiels, plusieurs défis techniques et pratiques restent à surmonter.

Les preuves actuelles suggèrent que la RA pourrait transformer certains aspects de la pratique chirurgicale gynécologique, particulièrement dans les domaines de l'oncologie, de l'endométriose et de la chirurgie reconstructive. Cependant, des études cliniques robustes sont nécessaires pour confirmer ces bénéfices présumés et établir des protocoles standardisés.

L'avenir de cette technologie dépendra de sa capacité à s'intégrer harmonieusement dans le flux de travail chirurgical tout en démontrant un rapport coût-efficacité favorable et des bénéfices cliniques mesurables pour les patientes.

Références bibliographiques