



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΗΣ**

**Ενσωμάτωση της εικονικής πραγματικότητας και της
επαυξημένης πραγματικότητας στις χειρουργικές
επεμβάσεις**

**ΚΡΕΜΜΥΔΑΣ ΒΑΣΙΛΗΣ
Αριθμός Μητρώου: 48015055**

**Επιβλέπων Καθηγητής,
ΑΣΒΕΣΤΑΣ ΠΑΝΤΕΛΕΗΜΩΝ
Καθηγητής**

Αθήνα 03/10/2024

Η Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Ο Επιβλέπων Καθηγητής

ΑΣΒΕΣΤΑΣ ΠΑΝΤΕΛΕΗΜΩΝ

ΓΚΛΩΤΣΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΚΩΣΤΟΠΟΥΛΟΣ ΣΠΥΡΙΔΩΝ

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο υπογράφων Κρεμμύδας Βασίλειος του Σπυρίδωνος, με Α.Μ. 15055 φοιτητής του Τμήματος ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΙΑΤΡΙΚΗΣ της Σχολής ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

« Εγώ είμαι ο συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας, και κάθε βοήθεια που έλαβα κατά την προετοιμασία της έχει αναγνωρισθεί πλήρως και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, όλες οι πηγές από τις οποίες άντλησα δεδομένα, ιδέες ή εκφράσεις, είτε ακριβώς είτε σε παραφρασμένη μορφή, έχουν καταγραφεί με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τους εκδότες ή τα περιοδικά, συμπεριλαμβανομένων και των διαδικτυακών πηγών. Επιπλέον, δηλώνω ότι η εργασία αυτή είναι αποκλειστικά δικό μου έργο και αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία τόσο δική μου όσο και του Ιδρύματος.

Η παραβίαση αυτής της ακαδημαϊκής ευθύνης αποτελεί σημαντικό λόγο για την ανάκληση του διπλώματός μου.».

Ημερομηνία
03/10/2024

Ο Δηλών
Κρεμμύδας Βασίλειος



Ευχαριστίες:

Πίσω από κάθε προσπάθεια, υπάρχουν πάντα άτομα που με υποστήριξαν, είτε πνευματικά είτε πρακτικά. Γι' τον λόγο αυτό, θα εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα καθηγητή, τον διευθυντή, καθώς και στους υπεύθυνους για την υπομονή τους. Το αφοσιωμένο ενδιαφέρον τους με βοήθησε να πετύχω τον στόχο μου, ενώ οι καθοδηγητικές συμβουλές τους ήταν καθοριστικές για την ολοκλήρωση αυτής της εργασίας. Τέλος, δεν γίνεται να παραλείψω την αναφορά στην οικογένειά μου, στους φίλους μου και σε όλους τους διδασκάλους κατά τη διάρκεια των χρόνων, καθώς η συμβολή τους ήταν εξαιρετικά σημαντική τόσο για την πορεία μου όσο και για την ολοκλήρωση αυτού του έργου.

Ευχαριστώ από καρδιάς.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τεχνολογίες όπως η Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) και η Εικονική Πραγματικότητα (VR) μεταμορφώνουν πολλούς κλάδους, συμπεριλαμβανομένων των ιατρικών. Η ενσωμάτωση αυτών των εργαλείων στις χειρουργικές διαδικασίες παρουσιάζει ευκαιρίες για ενίσχυση της ακρίβειας, της ασφάλειας και της διδασκαλίας. Με μια ενδελεχή εξέταση των επιπτώσεών τους στις σύγχρονες ιατρικές πρακτικές, αυτή η διπλωματική επιδιώκει να διερευνήσει τις χρήσεις, τα πλεονεκτήματα και τις δυσκολίες της χρήσης VR και AR σε χειρουργικές επεμβάσεις. Χρησιμοποιήθηκε μια μικτή μέθοδος προσέγγισης, που περιελάμβανε συνεντεύξεις από ειδικούς, ανάλυση περιπτωσιολογικής μελέτης και ολοκληρωμένη εξέταση της βιβλιογραφίας. Οι περιπτωσιολογικές μελέτες προσέφεραν πληροφορίες για εφαρμογές και αποτελέσματα του πραγματικού κόσμου, ενώ η βιβλιογραφική ανάλυση επικεντρώθηκε στις πρόσφατες εξελίξεις στις τεχνολογίες VR και AR. Η μελέτη ανακάλυψε ότι παρέχοντας ακριβείς προσομοιώσεις χειρουργικών περιβαλλόντων, η εικονική πραγματικότητα βελτιώνει τον προεγχειρητικό σχεδιασμό και τη χειρουργική εκπαίδευση. Το AR, από την άλλη πλευρά, αυξάνει την ακρίβεια και μειώνει τα λάθη στην διεγχειρητική καθοδήγηση υπερθέτοντας κρίσιμες πληροφορίες στο χειρουργικό πεδίο. Ωστόσο, παρατηρήθηκαν εμπόδια, μεταξύ των οποίων τα υπέρογκα έξοδα, η απαίτηση για εξειδικευμένη εκπαίδευση και η ενσωμάτωση της τεχνολογίας στις τρέχουσες διαδικασίες. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι αν και οι τεχνολογίες VR και AR έχουν μεγάλες δυνατότητες να βελτιώσουν τα χειρουργικά αποτελέσματα, ορισμένα εμπόδια εμποδίζουν την ευρεία εφαρμογή τους. Θα χρειαστούν περισσότερη έρευνα και ανάπτυξη, καθώς και συνεργατικές προσπάθειες από τεχνολόγους και ειδικούς στον τομέα της υγείας για να ξεπεραστούν αυτές οι προκλήσεις. Αν και η χρήση του VR και του AR στη χειρουργική είναι ακόμα στα σπάργανα, έχει τεράστιες υποσχέσεις για τη βελτίωση τόσο στην ποιότητα της φροντίδας των ασθενών όσο και στην ακρίβεια των χειρουργικών επεμβάσεων. Για την πλήρη αξιοποίηση των πλεονεκτημάτων των σύγχρονων τεχνολογιών στο ιατρικό επάγγελμα, απαιτείται περισσότερη καινοτομία και ομαδική εργασία.

Λέξεις κλειδιά: Διεγχειρητική καθοδήγηση, εικονική πραγματικότητα, επαυξημένη πραγματικότητα, χειρουργική, ιατρική τεχνολογία, χειρουργική εκπαίδευση

ABSTRACT

Technologies such as Augmented Reality (AR) and Virtual Reality (VR) are revolutionizing various industries, including the medical field. The integration of these tools into surgical processes presents opportunities for enhancing precision, security, and instruction.

With a thorough examination of their effects on contemporary medical practices, this thesis seeks to investigate the uses, advantages, and difficulties of using VR and AR into surgical procedures. A mixed method approach was employed, comprising expert interviews, case study analysis, and a comprehensive examination of the literature. The case studies offered insights into real-world applications and results, while the literature analysis concentrated on recent advancements in VR and AR technologies. The study discovered that by providing accurate simulations of surgical environments, virtual reality improves preoperative planning and surgical training. AR, on the other hand, increases accuracy and decreases errors in intraoperative guidance by superimposing crucial information on the surgical field. Nevertheless, obstacles were noted, including exorbitant expenses, the requirement for specialized training, and the incorporation of technology into current processes. The results indicate that although VR and AR technologies have great potential to enhance surgical outcomes, a number of obstacles prevent their broad implementation. It will take more research and development as well as cooperative efforts by technologists and healthcare experts to overcome these challenges. Although the use of VR and AR in surgery is still in its infancy, it has enormous promise to enhance both patient care and surgical accuracy. To fully utilize the benefits of modern technologies in the medical profession, more innovation and teamwork are required.

Keywords: Intraoperative Guidance, Virtual Reality, Augmented Reality, Surgery, Medical Technology, Surgical Education

Περιεχόμενα

| | |
|---|----|
| ΕΙΣΑΓΩΓΗ | 8 |
| 1. Η ΕΙΚΟΝΙΚΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ | 11 |
| 1.1 Τα Είδη της Εικονικής Πραγματικότητας..... | 12 |
| 1.2 Τα Μέσα της Εικονικής Πραγματικότητας..... | 13 |
| 1.3 Οι Εφαρμογές της Εικονικής Πραγματικότητας..... | 14 |
| 1.4. Τα Πλεονεκτήματα και τα Μειονεκτήματα της Εικονικής Πραγματικότητας | 16 |
| 2. Η ΕΠΑΥΞΗΜΕΝΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ..... | 18 |
| 2.1 Τα Είδη της Επαυξημένης Πραγματικότητας | 19 |
| 2.2 Τα Μέσα της Επαυξημένης Πραγματικότητας | 21 |
| 2.3 Οι Εφαρμογές της Επαυξημένης Πραγματικότητας | 21 |
| 2.4 Τα Πλεονεκτήματα και τα Μειονεκτήματα της Επαυξημένης Πραγματικότητας..... | 22 |
| 3. ΟΙ ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ | 23 |
| 3.1 Οι Εφαρμογές της Εικονικής Πραγματικότητας στις Χειρουργικές Επεμβάσεις..... | 27 |
| 3.2 Οι Εφαρμογές της Επαυξημένης Πραγματικότητας στις Χειρουργικές Επεμβάσεις | 32 |
| ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ..... | 39 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ..... | 41 |

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Γενικές πληροφορίες

Τεχνολογίες όπως η επαυξημένη πραγματικότητα (AR) και η εικονική πραγματικότητα (VR) έχουν φέρει επανάσταση σε διάφορους τομείς, όπως της υγειονομικής περίθαλψης, της εκπαίδευσης και της ψυχαγωγίας. Το AR τροποποιεί τον φυσικό κόσμο υπερθέτοντας ψηφιακά δεδομένα σε αυτόν, δίνοντας στους χρήστες μια πιο βελτιωμένη αίσθηση της πραγματικότητας από το VR, το οποίο βυθίζει τους χρήστες σε ένα εντελώς εικονικό περιβάλλον. Οι πρώτες προσπάθειες κατασκευής εικονικών περιβαλλόντων χρονολογούνται από τη δεκαετία του 1960 και στη δεκαετία του 1990 άρχισαν να εμφανίζονται εφαρμογές για VR και AR σε διάφορους τομείς. Τα διαδραστικά παιχνίδια, τα βοηθήματα διδασκαλίας και οι στρατιωτικές προσομοιώσεις ήταν από τις πρώτες χρήσεις. Σήμερα, αυτές οι τεχνολογίες χρησιμοποιούνται σε πολλούς διαφορετικούς κλάδους, συμπεριλαμβανομένης της χειρουργικής.

Σχέση με τη Χειρουργική

Μια επιτυχημένη χειρουργική επέμβαση εξαρτάται από την ακρίβεια, την καλή εκπαίδευση και την διεγχειρητική καθοδήγηση. Οι συμβατικές χειρουργικές τεχνικές έχουν μειονεκτήματα όπως κακή ορατότητα, ισχυρή εξάρτηση από την ικανότητα του χειρουργού και πιθανότητα ανθρώπινου λάθους. Αυτά τα προβλήματα ενδέχεται να επιλυθούν με τεχνολογίες VR και AR, οι οποίες προσφέρουν βελτιωμένη οπτικοποίηση, ρεαλιστικές προσομοιώσεις εκπαίδευσης και ενοποίηση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο κατά τη διάρκεια των διαδικασιών.

Η κατάσταση της χειρουργικής τεχνολογίας αυτή τη στιγμή

Το VR χρησιμοποιείται τώρα για χειρουργική εκπαίδευση και προεγχειρητικό σχεδιασμό, δίνοντας τη δυνατότητα στους γιατρούς να ασκούν περίπλοκες διαδικασίες σε περιβάλλον χωρίς κινδύνους. Αντίθετα, η επαυξημένη πραγματικότητα (AR) έχει χρησιμοποιηθεί για να προσθέσει κρίσιμες πληροφορίες στο οπτικό πεδίο ενός χειρουργού κατά τη διάρκεια μιας διαδικασίας, όπως δείκτες πλοήγησης και ανατομικά χαρακτηριστικά. Η μείωση του χειρουργικού χρόνου και η αυξημένη χειρουργική ακρίβεια είναι αξιοσημείωτα επιτεύγματα.

Θέμα/Κενή Θέση στην Έρευνα

Ακόμη και με αυτές τις εξελίξεις, οι τεχνολογίες VR και AR εξακολουθούν να μην έχουν ενσωματωθεί πλήρως στην τυπική χειρουργική πρακτική. Η ευρεία υιοθέτηση παρεμποδίζεται από ζητήματα όπως το υψηλό κόστος, οι τεχνολογικοί περιορισμοί και η απαίτηση για εντατική εκπαίδευση. Στόχος αυτής της διπλωματικής είναι να διερευνήσει αυτά τα κενά και να εξετάσει τρόπους βελτίωσης της ενσωμάτωσης των VR και AR στις χειρουργικές επεμβάσεις.

Στόχοι της Ερευνητικής Εργασίας

Οι ακόλουθοι είναι οι κύριοι στόχοι αυτού του διπλώματος:

1. Να αξιολογήσει την αποτελεσματικότητα και τις υπάρχουσες χρήσεις των VR και AR στη χειρουργική.
2. Να προσδιοριστούν τα πλεονεκτήματα και οι δυσκολίες της ένταξής τους.
3. Να προτείνει μεθόδους για την επίλυση αυτών των προβλημάτων προκειμένου να βελτιωθούν τα αποτελέσματα των ασθενών και η χειρουργική ακρίβεια.

Σημασία της Έρευνας

Τα ευρήματα της έρευνας ενδέχεται να έχουν σημαντική επίδραση στις χειρουργικές επεμβάσεις στο μέλλον, προσφέροντας πολύτιμες προοπτικές για την ενσωμάτωση της εικονικής πραγματικότητας και της τεχνολογίας επαυξημένης πραγματικότητας στον πραγματικό κόσμο. Η φροντίδα και τα αποτελέσματα των ασθενών θα μπορούσαν να βελτιωθούν με χαμηλότερα ποσοστά σφάλματος, μεγαλύτερη χειρουργική ακρίβεια και καλύτερες τεχνικές εκπαίδευσης, για να αναφέρουμε μερικά πιθανά πλεονεκτήματα.

Εμβέλεια και περιορισμοί

Μέσω ανασκόπησης της βιβλιογραφίας και εξέτασης περιπτωσιολογικών μελετών, αυτή η μελέτη θα επικεντρωθεί κυρίως στην ενσωμάτωση της VR και της AR σε χειρουργικές επεμβάσεις. Οι πιθανές προκαταλήψεις σε συγκεκριμένες μελέτες και η γρήγορη εξέλιξη της τεχνολογίας, η οποία μπορεί να ξεπεράσει γρήγορα τα ερευνητικά ευρήματα, είναι μεταξύ των περιορισμών.

Οργάνωση διπλωματικής

Η τρέχουσα έρευνα επικεντρώνεται στην ενσωμάτωση επαυξημένης και εικονικής πραγματικότητας κατά τη διάρκεια της χειρουργικής επέμβασης. Ενώ το τρίτο κεφάλαιο παρέχει μια γρήγορη επισκόπηση των διαφόρων χειρουργικών επεμβάσεων, το πρώτο και το δεύτερο κεφάλαιο παρέχουν μια σύντομη εισαγωγή στους τύπους, τις μεθόδους και τις χρήσεις της εικονικής και της επαυξημένης πραγματικότητας. Στη συνέχεια, η ενοποίηση της εικονικής και της επαυξημένης πραγματικότητας εξετάζεται λεπτομερέστερα στο τέταρτο κεφάλαιο, αντλώντας από τη σωζόμενη βιβλιογραφία. Τέλος, παρέχεται μια περίληψη των συμπερασμάτων της εργασίας για το θέμα.

1. Η ΕΙΚΟΝΙΚΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ

Αδιαμφισβήτητα, ο άνθρωπος και ο υπολογιστής έγιναν τον τελευταίο αιώνα τόσο συνυφασμένοι μεταξύ τους, που αναπτύχθηκαν περισσότερα ηλεκτρονικά συστήματα και πιο φιλικά προς τους χρήστες. Σε αυτή, λοιπόν, τη βάση, οι επιστήμονες που έχουν αντικείμενο την επικοινωνία ανθρώπου και υπολογιστή, στρέφονται όχι τόσο στο πως θα αντιλαμβάνεται ο άνθρωπος τον τρόπο λειτουργίας του υπολογιστή, αλλά στο να αντιλαμβάνεται ο υπολογιστής τον τρόπο δράσης του ανθρώπου –με άλλα λόγια στο να ανταποκρίνεται ο υπολογιστής στις ανάγκες του ανθρώπου.

Οι απαρχές της εικονικής πραγματικότητας χρονολογούνται στα μισά του 20ου αιώνα, όταν το 1960 ο Sutherland περιέγραψε όπως ένα παράθυρο όπου ο άνθρωπος - χρήστης αντιλαμβάνεται τον εικονικό κόσμο σαν να μοιάζει, να αισθάνεται, να ακούγεται ρεαλιστικός και σε αυτό το παράθυρο ο άνθρωπος - χρήστης θα ήταν ικανός να λειτουργήσει ρεαλιστικά. Έκτοτε, πολλοί επιστήμονες έχουν οδηγηθεί σε μια ποικιλία ορισμών για την εικονική πραγματικότητα, όπως «γραφικά σε ρεαλιστικό χρόνο με τρισδιάστατα μοντέλα, συνδυαστικά με μια τεχνική απεικόνισης που προσφέρει στον χρήστη την αίσθηση βύθισης στον κόσμο των μοντέλων και τη δυνατότητα άμεσου χειρισμού τους.», ή «Η εντύπωση της ενεργούς συμμετοχής σε ένα πολύπλοκο περιβάλλον, αντί της απλής εξωτερικής παρατήρησης του.». Ακόμη, έχει προταθεί πως η εικονική πραγματικότητα βασίζεται σε τρισδιάστατες, στερεοσκοπικές οθόνες παρακολούθησης κεφαλής, παρακολούθηση χεριού/σώματος και διφωνικό ήχο, και μάλιστα είναι μια καθηλωτική, πολυαισθητηριακή εμπειρία». Επίσης, η εικονική πραγματικότητα περιγράφει «απορροφητικά, διαδραστικά, πολυαισθητηριακά, με επίκεντρο τον θεατή, τρισδιάστατα περιβάλλοντα που δημιουργούνται από υπολογιστή και τον συνδυασμό τεχνολογιών που απαιτούνται κτιριακά περιβάλλοντα» (Cipresso et al., 2018).

Αυτό που μπορεί κάποιος να παρατηρήσει στους παραπάνω ορισμούς, είναι το γεγονός πως παρ' όλο που είναι διαφορετικοί, τονίζονται τρία κοινά χαρακτηριστικά της εικονικής πραγματικότητας, τα οποία είναι η καθήλωση, η αίσθηση της παρουσίας σε ένα περιβάλλον, καθώς και η αλληλεπίδραση με αυτό το περιβάλλον. Η καθήλωση περιγράφει το πλήθος των διεγερόμενων αισθήσεων, τις αλληλεπιδράσεις και την ομοιότητα του πραγματικού κόσμου με τα χρησιμοποιούμενα ερεθίσματα για την περιβαλλοντική προσομοίωση, δυνατότητα που μπορεί να επηρεάζεται από τις χαρακτηριστικές ιδιότητες του τεχνολογικού συστήματος που χρησιμοποιείται για την απομόνωση του χρήστη από το

πραγματικό περιβάλλον (Cipresso et al., 2018). Σε αυτό το κεφάλαιο αναλύονται η έννοια της εικονικής πραγματικότητας, τα χαρακτηριστικά της, τα μέσα, οι εφαρμογές, καθώς και τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα αυτής.

1.1 Τα Είδη της Εικονικής Πραγματικότητας

Μια ευρέως γνωστή διάκριση της εικονικής πραγματικότητας μπορεί να γίνει βάσει της καθήλωσης. Έτσι, υπάρχει η πλήρως καθηλωτική, η ημικαθλητική και η μη καθηλωτική εικονική πραγματικότητα. Συχνά, η καθηλωτική εικονική πραγματικότητα λαμβάνει χώρο μέσω προγραμμάτων προβολής της, τα οποία διαθέτουν μια οθόνη που τοποθετείται στην κεφαλή, και έτσι ο άνθρωπος βλέπει μια πανοραμική πραγματικότητα που μοιάζει να τον τοποθετεί εντός του περιβάλλοντος. Καθώς η κεφαλή κάμπτεται, η εικονική πραγματικότητα προσαρμόζεται στην καινούρια θέση μετά την κάμψη, ούτως ώστε να δημιουργηθεί μια ισχυρή ψευδαίσθηση της παρουσίας, και μάλιστα, η καθήλωση μπορεί να γιγαντωθεί περισσότερο καθώς δημιουργείται ένα στερεοσκοπικό τρισδιάστατο εφέ, το οποίο εμφανίζει ελαφρώς διαφορετικές εικόνες στα δύο μάτια πάνω από την οθόνη που βρίσκεται τοποθετημένη στην κεφαλή, ειδάλως μια προσομοιωμένη σκηνή εικονικής πραγματικότητας μπορεί να αναπαραχθεί χωρίς να υπάρξει καθήλωση σε μια κλασική οθόνη (Omlor et al., 2022).

Σε αντίθεση, η μη καθηλωτική εικονική πραγματικότητα τοποθετεί τον άνθρωπο – χρήστη σε ένα τρισδιάστατο περιβάλλον, το οποίο είναι σε θέση να χειριστεί άμεσα μέσω ενός συμβατικού σταθμού εργασίας γραφικών μέσω μιας οθόνης, ενός πληκτρολογίου και ενός ποντικιού, και τα ίδια τρισδιάστατα σημεία βάθους της σκηνής χρησιμοποιούνται και στην καθηλωτική εικονική πραγματικότητα. Και στις δύο περιπτώσεις, η προσομοίωση και η κίνηση ελέγχονται ως απάντηση στον άμεσο χειρισμό από τον άνθρωπο - χρήστη με διαδραστικό τρόπο, ενώ το περισσότερο τεχνολογικό μέρος για την υποστήριξη και των δυο είναι η ίδια, αφού χρησιμοποιούν την ίδια τρισδιάστατη μοντελοποίηση, την απόδοση και πολλές άλλες τεχνικές αλληλεπίδρασης (Robertson et al., 1993). Τα συστήματα της μη καθηλωτικής εικονικής πραγματικότητας είναι φθηνότερα, ενώ εξακολουθούν να είναι αποτελεσματικά και ικανά να μεταβάλλουν όλες τις διαστάσεις της συναισθηματικής απόκρισης (Rosa et al., 2020).

Ένα άλλο είδος εικονικής πραγματικότητας είναι η συνεργατική εικονική πραγματικότητα, η

οποία έχει σχεδιαστεί για να υποστηρίζει συνεργατικές δραστηριότητες τόσο σε άτομα που βρίσκονται στον ίδιο χώρο όσο και σε ανθρώπους που είναι γεωγραφικά αποστασιοποιημένοι, και παρέχει ένα δυναμικά άπειρο, γραφικά υλοποιημένο ψηφιακό τοπίο όπου αρκετοί άνθρωποι - χρήστες αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και με απλές ή σύνθετες αναπαραστάσεις δεδομένων. Ουσιαστικά, τέτοια συστήματα συνδέουν πολλούς χρήστες που αλληλεπιδρούν σε ρεαλιστικό χρόνο σε έναν εικονικό χώρο μέσω σύνδεσης στο διαδίκτυο. Τα μέσα της συνεργατικής εικονικής πραγματικότητας διαφέρουν ανάλογα με την πολυπλοκότητα των στοιχείων και των χρησιμοποιούμενων αναπαραστάσεων ενσωμάτωσης, καθώς επίσης και στο υποστηριζόμενο επίπεδο διαδραστικότητας (Churchill & Snowdon, 1993; Conesa et al., 2023).

Ένα ακόμη είδος είναι και η εικονική πραγματικότητα του κυβερνοχώρου. Ο κυβερνοχώρος -εκ του ελληνικού όρου «κυβερνήτης»- προσπελαύνεται μέσω της ηλεκτρονικής τεχνολογίας και αξιοποιείται προς την επίτευξη ενός ευρέος φάσματος δυνατοτήτων του συστήματος επικοινωνίας και ελέγχου. Ο κυβερνοχώρος συνδυάζει πολλές δυνατότητες και δημιουργεί ένα προσβάσιμο από οπουδήποτε εικονικό διαδραστικό περιβάλλον για επικοινωνία και έλεγχο, και είναι πλέον κοινότυπος για τον χαρακτηρισμό από οτιδήποτε έχει να κάνει με υπολογιστές, με τεχνολογία των πληροφοριών, με το διαδίκτυο και με διάφορες διαδικτυακές κοινότητες (Adam, 2012).

1.2 Τα Μέσα της Εικονικής Πραγματικότητας

Μια κλασική συσκευή εικονικής πραγματικότητας είναι μια οθόνη που τοποθετείται στην κεφαλή του χρήστη, και έχει στερεοσκοπικές οθόνες καθώς και συστήματα παρακολούθησης, με αποτέλεσμα να μπορεί να δει τρισδιάστατες εικόνες μέσα από ένα μεγάλο οπτικό πεδίο και να κινείται η εικονική κάμερα με τη θέση της κεφαλής του. Υπάρχει μία οθόνη για κάθε μάτι, και έτσι οι στερεοσκοπικές εικόνες δημιουργούνται απλώς αφού συμπεριληφθούν στο λογισμικό δύο εικονικές κάμερες (Caserman et al., 2021).

Το αυτοματισμένο σπήλαιο εικονικής πραγματικότητας είναι ένα δωμάτιο όπου υπάρχουν προτζέκτορες που καλύπτουν τους τοίχους του με στερεοσκοπικές εικόνες, και ο χρήστης πρέπει να φορέσει ειδικά γυαλιά που συγχρονίζονται με τις εναλλαγές των εικόνων των προβολέων -όπως οι τρισδιάστατες εικόνες- και οι ομιλητές τοποθετούνται περιμετρικά στο

δωμάτιο ώστε να περιβάλλεται από ήχους και ομιλίες (Lebiedz & Mazikowski, 2021).

Υπάρχουν αρκετές συσκευές εικονικής πραγματικότητας. Αρχικά, υπάρχουν τα ενσύρματα γάντια, τα οποία είναι ικανά να μετρούν τις γωνίες των αρθρώσεων, την πίεση, την παρακολούθηση και την απτική ανάδραση, και κατηγοριοποιούνται βάσει τριών βασικών τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται στα ενσύρματα γάντια, αυτές της χρήσης φωτός μέσω οπτικών ινών, της χρήσης αγωγίμου μελανιού για τη μέτρηση της ηλεκτρικής αντίστασης, και της χρήσης μηχανικών αισθητήρων. Άλλα γάντια βασίζονται σε ηλεκτρικό σήμα βάσει των κινήσεων του ατόμου, οι οποίες μεταβάλλουν την αντίσταση και ο επεξεργαστής αναγνωρίζει τις κινήσεις, και αυτή η τεχνολογία είναι σχετικά φθηνότερη. Μια ακριβή συσκευή είναι η μηχανή επέκτασης του χεριού που μοιάζει με εξωσκελετό και χρησιμοποιεί μηχανικούς αισθητήρες. Μία άλλη συσκευή είναι το τηλεκοντρόλ με το οποίο ο χρήστης χειρίζεται την τηλεόραση, και ουσιαστικά μέσω αυτού υπολογίζεται η θέση του χρήστη, και έχει ενσωματωμένο μέτρο για την επιτάχυνση, καθώς και ενσωματωμένη ομιλία (Demolder et al., 2021).

Ένα άλλο μέσο εικονικής πραγματικότητας είναι η κάμερα που αναγνωρίζει σιλουέτες και ελέγχει την κίνηση, αναγνωρίζει και το πρόσωπο εις βάθος, καθώς και τα γύρω περιβάλλοντα, ενώ εμπεριέχει και ενσωματωμένο μικρόφωνο έτσι ώστε να εντοπίζει τον ήχο, καθώς επίσης και μικροσίπ για να ελέγχει και να αναγνωρίζει τις πάσης φύσεως κινήσεις εντός του χώρου (Demolder et al., 2021; Kim et al., 2021).

1.3 Οι Εφαρμογές της Εικονικής Πραγματικότητας

Τα τελευταία χρόνια, η εικονική πραγματικότητα έχει γίνει το επίκεντρο πολλών τομέων, αφού είναι ουσιαστικά ένας καινούριος τρόπος διεπαφής του ανθρώπου - χρήστη και προσφέρει τεράστια οφέλη σε πολλές εφαρμογές, μέσω μιας εξαιρετικής αλληλεπίδρασης του ανθρώπου με τον υπολογιστή. Ο χρήστης είναι σε θέση να παρατηρεί και να χειρίζεται το προσομοιωμένο περιβάλλον όπως στην πραγματικότητα δίχως να πρέπει να καταλάβει τον τρόπο λειτουργίας πολύπλοκων διεπαφών του χρήστη. Βρίσκει εφαρμογή στην ανάπτυξη προσομοιωτών πτήσης, ασκήσεων κατασκευής ή συστημάτων οπτικοποίησης δεδομένων, και χρησιμοποιείται ευρέως ως λειτουργία εξ' αποστάσεως και μέσω συνενεργασίας, καθώς και στον χώρο της ψυχαγωγίας.

Η εικονική πραγματικότητα βρίσκει εφαρμογή σε πολλούς τομείς, όπως στην αρχιτεκτονική

οπτικοποίηση των δεδομένων, όπου έχουν αναπτυχθεί τεχνικές της με στόχο τη δημιουργία δεδομένων που ο άνθρωπος είναι ικανός να χειριστεί, κυρίως μέσω ενός υπολογιστή. Χρησιμοποιείται επίσης στον σχεδιασμό και την παρουσίαση ενός αντικειμένου σε πραγματικό χρόνο και χώρο, όπως παραδείγματος χάριν, ένα εικονικό κρεβάτι ή μια εικονική κουζίνα, με ποικίλες διαστάσεις, θέσεις και χρώματα. Η εικονική πραγματικότητα βρίσκει εφαρμογή και στην εκπαίδευση και την μάθηση, μέσω προσομοιωτών που αρχικά είχαν σχεδιαστεί για στρατιωτικούς σκοπούς, ωστόσο, πια, τους χρησιμοποιούν αμέτρητες επιχειρήσεις. Επιπροσθέτως, η τηλεπαρουσία είναι ένα ακόμη αποτέλεσμα της εικονικής πραγματικότητας, καθώς επίσης και ο τηλεχειρισμός (Fakahani et al., 2022).

Μια άλλη εφαρμογή της εικονικής πραγματικότητας είναι στην συνεργατική εργασία, όπου όλα τα διαμοιραζόμενα εικονικά περιβάλλοντα και όσα βασίζονται στο διαδίκτυο απλοποιούν σε μεγάλο βαθμό τη σχέση μεταξύ των απομονωμένων χρηστών, ενώ άλλες χρήσεις της έχουν να κάνουν με συστήματα που επιτρέπουν σε περιπλανώμενους να εντοπίσουν περιοχές δυνητικά επικίνδυνες ή σε αστροναύτες να επιτύχουν δύσκολους στόχους στο διάστημα. Βεβαίως, ένας μεγάλος χώρος όπου βρίσκεται εφαρμογή η εικονική πραγματικότητα είναι αυτός της ψυχαγωγίας, μέσω λογισμικών και σύνθετων δικτύων παιχνιδιών που κυκλοφορούν στην αγορά και διευρύνουν κατά πολύ τη διασκέδαση των ανθρώπων (Fakahani et al., 2022).

Η εικονική πραγματικότητα εφαρμόζεται και στον κλάδο του τουρισμού, μέσω της δημιουργίας ενδιαφέροντος και της πρόκλησης θετικών συναισθημάτων για αρκετά τουριστικά προϊόντα (Yung et al., 2021). Έπειτα, στον χώρο της μηχανικής, η εικονική πραγματικότητα βοηθά στις διάφορες φάσεις σχεδιασμού διάφορων αντικειμένων και μηχανημάτων καθώς επίσης και στη διάχυση των σχεδίων και άλλων πληροφοριών (Berni & Borgianni, 2020).

Ένας άλλος χώρος όπου η εικονική πραγματικότητα βρίσκει εφαρμογή είναι η γεωργία, η κτηνοτροφία και η ιχθυοτροφία, μέσω της τεχνολογίας κινούμενων σχεδίων, της τεχνολογίας τρισδιάστατης απεικόνισης και του ψηφιακού μοτίβου ψυχαγωγίας, τα οποία συνδυάζονται με τη σύγχρονη γνώση της τεχνολογίας της γεωργικής και της κτηνοτροφικής επιστήμης, καθώς επίσης και τη διαδικασία παραγωγής (Yu et al., 2010; Anderson et al., 2023). Ο χώρος της ιατρικής είναι ένας χώρος όπου δεν θα μπορούσε να εκλείπει η εικονική πραγματικότητα, τόσο στην πρόληψη και τη διάγνωση, όσο και στην αποτελεσματική θεραπεία διάφορων ασθενειών και στην αποκατάσταση των ασθενών (Javaid & Haleem,

2020).

1.4. Τα Πλεονεκτήματα και τα Μειονεκτήματα της Εικονικής Πραγματικότητας

Στις μέρες μας, η εικονική πραγματικότητα είναι μια δημοφιλής, συναρπαστική και επαναστατική τεχνολογία, με μια τόσο καθηλωτική όσο και διαδραστική φύση, ικανή να μεταμορφώσει διάφορες βιομηχανίες και να επαναπροσδιορίσει τον τρόπο αντίληψης του γύρω κόσμου. Στην εκπαίδευση, οι εκπαιδευόμενοι μπορούν να μεταφέρονται σε ιστορικά γεγονότα, να επισκέπτονται εμβληματικά ορόσημα ή να εξερευνούν τα βάθη του διαστήματος χωρίς να εγκαταλείψουν την αίθουσα, αφού μέσω της προσομοίωσης ενισχύεται η ικανότητα μάθησης των ενδιαφερόμενων, και προσφέρει αρκετές δυνατότητες ιδίως στους χώρους της ιατρικής, της μηχανικής και της αεροπορίας. Στον χώρο της ιατρικής επιστήμης, είναι αρκετά εφαρμόσιμη τόσο για τους ασθενείς όσο και για τους ιατρούς, και μάλιστα, στους τελευταίους δεν καλύπτει μονάχα την διαχείριση των ασθενών αλλά και την ιατρική εκπαίδευση –κυρίως μέσω της προσομοίωσης. Στην ψυχαγωγία, η εικονική πραγματικότητα είναι ιδιαίτερα επαναστατική, αφού προσφέρει ένα απaráμιλλο επίπεδο καθήλωσης και διαδραστικότητας, και μέσω αυτού μεταφέρει τους παίκτες σε εικονικούς κόσμους όπου μπορούν να κινούνται φυσικά, να αλληλεπιδρούν με αντικείμενα και να εμπλέκονται με ποικίλους χαρακτήρες (Talespin Team, 2023).

Ακόμη, η εικονική πραγματικότητα παρέχει ένα ακίνδυνο περιβάλλον χωρίς κινδύνους στους εκπαιδευόμενους για να εξασκηθούν σε πιθανές επικίνδυνες καταστάσεις, τα λάθη τους δεν έχουν συνέπειες στον πραγματικό κόσμο και μπορούν να μάθουν από αυτά, βελτιώνοντας στο τέλος την εμπιστοσύνη και την ικανότητά τους, ενώ ενισχύει τη συμμετοχή και τα κίνητρά τους μέσω διαδραστικών ελκυστικών εμπειριών, που εγείρουν αισθήσεις περιπέτειας και ενθουσιασμού. Η ευελιξία και η προσβασιμότητα μέσω εικονικής πραγματικότητας, η μείωση των κοστών και του περιβαλλοντικού αντικτύπου που ίσως έχει ένα ασφαλές εικονικό περιβάλλον, καθώς επίσης και η συνεργασία και η επικοινωνία, δρουν όλα μαζί καταλυτικά για την διάχυση της εικονικής πραγματικότητας σε πολλαπλούς κλάδους (Simbott, 2024).

Ωστόσο, οι εφαρμογές της εικονικής πραγματικότητας έχει και ορισμένα μειονεκτήματα. Αρχικά, παρά τα μειωμένα κόστη συγκριτικά με ορισμένα άλλα μέσα σε ορισμένους κλάδους, το κύριο μειονέκτημά της είναι τα υψηλά κόστη και η ακρίβεια για την απόκτηση και την παροχή της. Κάποιες τεχνικές δυσκολίες προκύπτουν εξαιτίας της σύνθετης αυτής

τεχνολογίας που είναι επιρρεπής σ' αυτές, ενώ η πιθανότητα απόσπασης των χρηστών από τον τελικό στόχο της δεν αποκλείεται. Ένα άλλο αρνητικό της τεχνολογίας αυτής είναι πως υπάρχει περιορισμός στα περιεχόμενά της, αφού είναι εξαιρετικά δύσκολο να σχεδιαστεί, να υλοποιηθεί, και να διανεμηθεί στην αγορά. Ακόμη, η κοινωνική αλληλεπίδραση δεν υπάρχει, η πιθανότητα εθισμού δεν αποκλείεται, και μάλιστα, ορισμένοι επιστήμονες και ειδικοί κρούουν τον κώδωνα του κινδύνου για την υγεία των χρηστών της -όπως για παράδειγμα τα διάφορα προβλήματα που μπορούν να προκύψουν πρωτίστως στα μάτια, οι πονοκέφαλοι και οι ζαλάδες. Άλλα ζητήματα ασφαλείας των χρηστών έχουν επίσης υπογραμμιστεί -όπως αναφορικά με την ασφάλεια των προσωπικών δεδομένων-, αρκετοί ενδιαφερόμενοι δεν είναι σε θέση να την χρησιμοποιήσουν λόγω απουσίας γνώσης χειρισμού των τεχνολογιών της, και τέλος, θα πρέπει να επισημανθεί πως εγείρονται ηθικές ανησυχίες και ζητήματα απομόνωσης και κοινωνικής αποστασιοποίησης των ανθρώπων που την χρησιμοποιούν (Simbott, 2024).

2. Η ΕΠΑΥΞΗΜΕΝΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ

Τις τελευταίες δεκαετίες, η εικονική και η επαυξημένη πραγματικότητα έχουν εισδύσει σε αρκετές πτυχές της μοντέρνας κοινωνίας. Από πολλούς, η επαυξημένη πραγματικότητα θεωρείται η εξέλιξη της εικονικής πραγματικότητας που λαμβάνει υπόψη το πραγματικό περιβάλλον, την επαυξημένη πραγματικότητα, την επαυξημένη εικονικότητα, καθώς επίσης και το εικονικό περιβάλλον (Cipresso et al., 2018).

Η επαυξημένη πραγματικότητα εμφανίστηκε στα μέσα του 20ου αιώνα με αφορμή τον κινηματογράφο, και το πρώτο παιχνίδι κινητής επαυξημένης πραγματικότητας δημιουργήθηκε το 2005, ενώ την ίδια χρονιά εμφανίστηκαν συστήματα κάμερας που αναλύουν φυσικά περιβάλλοντα σε ρεαλιστικό χρόνο και συνδέουν τον χώρο μεταξύ αντικειμένων – περιβάλλοντος. Σε αυτό το σύστημα κάμερας βασίστηκε η ενσωμάτωση εικονικών αντικειμένων με την πραγματικότητα σε συστήματα επαυξημένης πραγματικότητας (Carmigniani & Furht, 2011).

Για ορισμένους επιστήμονες, η επαυξημένη πραγματικότητα δεν είναι τεχνολογία αλλά μέσον, για την μεταφορά ιδεών από και σε ανθρώπους, σε ανθρώπους και υπολογιστές και το αντίστροφο, και το να εφαρμόζεται ως μέσο προϋποθέτει πολλές τεχνολογίες και ποικίλες μεθοδολογίες. Άλλοι ορίζουν την επαυξημένη πραγματικότητα ως άμεση ή έμμεση προβολή ενός φυσικού περιβάλλοντος του πραγματικού κόσμου σε πραγματικό χρόνο, το οποίο είναι βελτιωμένο ή/και επαυξημένο με διάφορες εικονικές πληροφορίες ή/και δεδομένα που δημιουργεί ένας υπολογιστής για αυτό. Η έννοια της συνέχειας πραγματικότητας - εικονικότητας του Milgram περιγράφει μια κλίμακα που συνδέει το πραγματικό με το εικονικό περιβάλλον. Σε αυτήν τη συνέχεια, η επαυξημένη πραγματικότητα πλησιάζει περισσότερο τον πραγματικό κόσμο, ενώ η επαυξημένη εικονικότητα προσεγγίζει πιο κοντά σε ένα καθαρά εικονικό περιβάλλον (Carmigniani & Furht, 2011; Craig, 2013).

Υπάρχουν αρκετοί ορισμοί για την επαυξημένη πραγματικότητα, όπως (i) παραλλαγή εικονικών περιβαλλόντων/ εικονικής πραγματικότητας, που αφήνει τον χρήστη να εντοπίσει τον αληθινό κόσμο γύρω του μαζί με τα άτονα αντικείμενα, θεωρείται μέσος χώρος μεταξύ του απολύτως συνθετικού και της απόλυτης πραγματικότητας/ τηλεπαρουσίασης, και συνδυάζει αληθινό – εικονικό περιβάλλον, αλληλοεπιδρά σε πραγματικό χρόνο και ενσωματώνεται σε τρισδιάστατο περιβάλλον, (ii) τύπος εικονικής πραγματικότητας με στόχο την αναπαραγωγή του κόσμου σε υπολογιστή, παράγοντας μια εικονική όψη με

στόχο την ενίσχυση των αισθήσεων του χρήστη γι αυτήν, (iii) ερευνητικός χώρος επάνω στον συνδυασμό του ρεαλιστικού κόσμου και με δεδομένα παραγόμενα από υπολογιστές, (iv) τεχνολογία που προσφέρει παραλλαγμένη/ εμπλουτισμένη άποψη του άμεσου περιβάλλοντος με δεδομένα υπολογιστή για να εμπλουτίσει πολλαπλά επίπεδα άλλων πληροφοριών με δύσκολη οπτικοποίηση (v) σχετική με την εικονική πραγματικότητα αφού προκαλεί διαλογική εμπειρία, αλλά συμπληρώνει τον πραγματικό κόσμο χωρίς να δημιουργεί ένα εξ' ολοκλήρου τεχνητό περιβάλλον, με τα φυσικά αντικείμενα να γίνονται σκηνικά στοιχεία και στόχοι των υπολογιστικών σχολιασμών, και (vi) μέρος του γενικού πεδίου μικτής πραγματικότητας που προσφέρει τοπική εικονικότητα, συνδυάζει πραγματικά και εικονικά αντικείμενα σε ρεαλιστικό περιβάλλον, ενώνει τα εικονικά με τα πραγματικά αντικείμενα και δρα σε πραγματικό χρόνο, τρισδιάστατα και αμφίδρομα (Παπαδοπούλου, 2015).

Σκοπό της επαυξημένης πραγματικότητας αποτελεί η απλοποίηση του βίου του ανθρώπου – χρήστη με τη βοήθεια εικονικών πληροφοριών από το άμεσο και το έμμεσο πραγματικό περιβάλλον του, και βελτιώνει την αντίληψη και την αλληλεπίδρασή του με τον αληθινό κόσμο. Επίσης, προωθεί την αίσθηση της πραγματικότητας μέσα από την τοποθέτηση εικονικών αντικειμένων και συναισθημάτων σε πραγματικό χρόνο και χώρο, και τα αντικείμενα αυτά φανερώνουν δεδομένα στον χρήστη που δεν είναι από μόνος του σε θέση να εντοπίσει άμεσα μονάχα με τις αισθήσεις του, και τον βοηθούν να εκτελέσει εργασίες της καθημερινότητας (Carmigniani & Furht, 2011). Σε αυτό το κεφάλαιο αναλύονται η έννοια της επαυξημένης πραγματικότητας, τα χαρακτηριστικά της, τα μέσα, οι εφαρμογές, καθώς και τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα αυτής.

2.1 Τα Είδη της Επαυξημένης Πραγματικότητας

Εκ πρώτης όψεως, η επαυξημένη πραγματικότητα διαχωρίζεται βάσει της ύπαρξης ή μη δεικτών. Η επαυξημένη πραγματικότητα βάσει δεικτών βασίζεται σε έναν οπτικό δείκτη - όπως οι δείκτες ευρέως πια γνωστοί κωδικοί γρήγορης απόκρισης (Quick Response codes; QR codes)- για να ενεργοποιήσει την τροποποιημένη διαδραστική εμπειρία, και η κάμερα μιας συσκευής βρίσκει και αναγνωρίζει τον γραμμωτό κώδικα και ανταποκρίνεται μέσα από την κατασκευή οπτικών εφέ. Αν και αυτός ο τύπος επαυξημένης πραγματικότητας ήταν κάποτε καινοτόμος, στους περιορισμούς του συγκαταλέγονται η χρήση της τεχνολογίας μόνο με κινητές συσκευές, και επιπλέον, οι χρήστες οφείλουν να έχουν την εφαρμογή ή το

λογισμικό για να βιώσουν το περιεχόμενο, συνεπώς χάνει τη συνήθη σημερινή στιγμιαία γοητεία της ψηφιακής εποχής (Ruban et al., 2020).

Αντιθέτως, στην επαυξημένη πραγματικότητα δίχως την ύπαρξη δεικτών δεν είναι αναγκαία η αναγνώριση εικόνας για τη δημιουργία οπτικών εφέ, αλλά χρησιμοποιείται κάμερα μιας συσκευής, λογισμικό τοποθεσίας καθώς και επιταχυνσιόμετρο για τον εντοπισμό πληροφοριών θέσης.

Ένα από τα συστήματα επαυξημένης πραγματικότητας βάσει αναγνώρισης εικόνας για κινητά στοχεύει στην ανάπτυξη συστημάτων επαυξημένης πραγματικότητας πολλών πλατφόρμων για κινητές συσκευές, όπου απαιτείται η χρήση φορητών συσκευών με κάμερες για τους περισσότερους σκοπούς του. Στην αναγνώριση της εικόνας περιλαμβάνονται ζωντανές οντότητες, ποικίλα αντικείμενα και τοίχοι. Η επικάλυψη των περιεχομένων στο περιβάλλον του μέσου συμβαίνει όπου περιορίζει ο τοίχος ή μέσω τις αρθρώσεων του ανθρωπίνου σώματος μαζί με τον ρουχισμό που προσδίδει περιεχόμενο στους ανθρώπους, ή το τρίχωμα στα ζώα (Rodrigues et al., 2019).

Στην βάση αναγνώρισης τοποθεσίας ή/και γεωγραφικής θέσης επαυξημένη πραγματικότητα, το περιεχόμενο καθορίζεται σε δεδομένο φυσικό χώρο, το περιβάλλον γύρω χαρτογραφείται και χαράσσονται οπτικές θέσεις στο ενδιαφερόμενο περιβάλλον, και όταν η συσκευή βρει μια αντίστοιχη με την αντιστοιχισμένη θέση, τότε τοποθετεί ανάλογες ψηφιακές εικόνες. Η συγκεκριμένη πραγματικότητα συμβαίνει σε κινητή συσκευή μέσω των αισθητηριακών δυνατοτήτων της για υπηρεσίες αύξησης και εντοπισμού θέσης, είναι συνεργάσιμη και λαμβάνει χώρα σε αληθινό χρόνο (Ramtohol & Khedo, 2022).

Η βάση προβολής επαυξημένη πραγματικότητα προβάλλει καθηλωτικό φως σε μια επίπεδη επιφάνεια για τη δημιουργία τρισδιάστατων εικόνων, και μετά κάνει χρήση ταυτόχρονης εύρεσης και χαρτογράφηση για να εντοπίσει την ανθρώπινη αλληλεπίδραση με την αύξηση (Chen et al., 2018). Κάποιοι πιστεύουν πως ίσως πρόκειται για ένα είδος της προαναφερθείσας υποκατηγορίας.

Η επικάλυψη επαυξημένης πραγματικότητας σχετίζεται με τα ψηφιακά δεδομένα που επικαλύπτουν το πραγματικό περιβάλλον που εμφανίζει η κάμερα του τηλεφώνου, και οτιδήποτε υπάρχει στον πραγματικό κόσμο μπορεί να έχει ένα εικονικό στοιχείο σχεδιασμένο να αλληλοεπιδρά με αυτό.

2.2 Τα Μέσα της Επαυξημένης Πραγματικότητας

Η επαυξημένη πραγματικότητα διακρίνεται σε κινητές συσκευές όπου περιλαμβάνονται ακουστικά, κράνη και φακοί επαφής μιας ημέρας, σε μη κινητές (σταθερές) συσκευές, όπως κινητές ή/και σταθερές συσκευές ((έξυπνα) κινητά, τάμπλετ, σημειωματάρια, τηλεοράσεις, υπολογιστές, παιχνίδια κ.α.) και οθόνες που φοριούνται ψηλά στο κεφάλι (ενσωματωμένες ή εκ των υστέρων) (Peddie, 2017).

Η ταξινόμηση μπορεί να γίνει και βάσει του χρησιμοποιούμενου υλικού, καθώς επίσης και βάσει της ίδιας της συσκευής, επειδή η επαυξημένη πραγματικότητα ενδέχεται να εμφανιστεί μέσα σε ή σε αποκλειστικές συσκευές της ή μη αποκλειστικές συσκευές, συμπεριλαμβανομένων των τηλεοράσεων, των κινητών τηλεφώνων και των υπολογιστών. Εντός συγκεκριμένων συστημάτων οπτικής διαφάνειας επαυξημένης πραγματικότητας συμπεριλαμβάνονται οι φακοί επαφής μιας ημέρας, το κράνος, η απεικόνιση ψηλά στο κεφάλι, τα έξυπνα γυαλιά (ενσωματωμένα εντός ή εκτός περιβάλλοντος), οι προβολείς και άλλες συσκευές όπως όπλα, οθόνες κεφαλής κ.α.. Εκτιμάται πως η επαυξημένη πραγματικότητα πρέπει να είναι ορθοτονική, ορθοχρονική και ορθοχωρική (Peddie, 2017).

2.3 Οι Εφαρμογές της Επαυξημένης Πραγματικότητας

Ο σχεδιασμός είναι το αρχικό και πιο σημαντικό βήμα σε κάθε διαδικασία. Στην περίπτωση μιας απειλής που περιλαμβάνει ΧΒΡΠ, είναι απαραίτητο να υπάρχουν καλά καθορισμένες στρατηγικές προτού εμφανιστεί κάποιο συμβάν. Με βάση το υπάρχον σύστημα υγείας, κάθε νοσοκομείο οφείλει να έχει θεσπίσει μέτρα για την αντιμετώπιση τέτοιων απειλών, είτε αυτόνομα είτε ενταγμένα σε μια ευρύτερη, συνήθως εθνική, στρατηγική που αφορά τη δημόσια υγεία (Σταματόπουλος, 2021). Όλοι οι εμπλεκόμενοι φορείς πρέπει να γνωρίζουν και να κατανοούν τα σχέδια αυτά, τα οποία θα πρέπει να είναι σαφή, ευέλικτα και προσαρμοσμένα στις ιδιαιτερότητες των διαφόρων κινδύνων. Επίσης, τα σχέδια θα πρέπει να είναι ρεαλιστικά, λαμβάνοντας υπόψη τις δυνατότητες του συστήματος υγείας, τις εγκαταστάσεις, το προσωπικό και τους πόρους που απαιτούνται για την άμεση ανταπόκριση σε ένα τέτοιο περιστατικό. Σε περίπτωση ενός συμβάντος ΧΒΡΠ, είναι αναμενόμενο ότι κάποιοι επαγγελματίες υγείας αλλά και πολίτες – είτε επηρεασμένοι είτε όχι – πιθανόν να αντιδράσουν με πανικό, άγχος και έλλειψη ψυχραιμίας. Επομένως, αυτοί οι παράγοντες πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψη κατά τον σχεδιασμό, ώστε να δημιουργηθούν διαδικασίες που θα είναι εφαρμόσιμες και ρεαλιστικές, λαμβάνοντας

υπόψη τις αναμενόμενες αντιδράσεις και όχι κάποια ιδανική εκδοχή τους (Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας, 2023). Τέλος, η συνεχής αξιολόγηση και ενημέρωση των σχεδίων, μέσω της εκπαίδευσης του προσωπικού, είναι κρίσιμη. Αυτό επιτρέπει την συνεχή προσαρμογή και βελτίωση των σχεδίων, ενσωματώνοντας τα μαθήματα που προκύπτουν από τις εκπαιδευτικές ασκήσεις, με στόχο να ανταποκρίνονται όσο το δυνατόν περισσότερο στις πραγματικές συνθήκες που ενδέχεται να αντιμετωπίσει ένα νοσοκομείο σε περίπτωση εκδήλωσης ΧΒΡΠ.

2.4 Τα Πλεονεκτήματα και τα Μειονεκτήματα της Επαυξημένης Πραγματικότητας

Η επαυξημένη πραγματικότητα και η εικονική πραγματικότητα έχουν μερικά κοινά πλεονεκτήματα καθώς και μειονεκτήματα. Αρχικά, η επαυξημένη πραγματικότητα, εάν χρησιμοποιηθεί σωστά, μπορεί να παρέχει πολύτιμα και χρήσιμα δεδομένα σε μια σκηνή πραγματικού κόσμου, και μάλιστα, οι βασικές εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας που χρησιμοποιούν έξυπνα κινητά τηλέφωνα είναι ευρέως κοινές. Μερικά τέτοια κινητά τηλέφωνα τελευταίας τεχνολογίας έχουν κάποιες πολύ σημαντικές ικανότητες και αυξημένη λειτουργικότητα -όσον αφορά την επαυξημένη πραγματικότητα-, και οι χρήστες τους είναι σε θέση να επιτύχουν αρκετά πράγματα, όπως το να δουν έπιπλα στο ίδιο τους το σπίτι χωρίς καν να τα έχουν αγοράσει, να εντοπίσουν μια αεροπορική πορεία, να παίξουν παιχνίδια, να μετρήσουν αποστάσεις με μεγάλη ακρίβεια και να έχουν μπροστά τους μια ποικιλία ευκαιριών για ανακαλύψεις και γεγονότα. Έπειτα, νέα εργαλεία έχουν σχεδιαστεί για να βοηθούν τους ιατρούς κατά τις χειρουργικές επεμβάσεις και τους επιτρέπουν να είναι διαρκώς σε θέση να έχουν και να αξιολογούν τα στοιχεία των ασθενών κατά τη διάρκεια ενός χειρουργείου (Negrão, 2020).

Όπως και με την εικονική πραγματικότητα, και η επαυξημένη πραγματικότητα στηρίζεται σε εξαιρετικά ακριβό εξοπλισμό, που ωστόσο έχει ορισμένους περιορισμούς στις νέες μορφές του, και φυσικά και εδώ υπάρχει περιορισμός στο εύρος που καλύπτει, αλλά και είναι δύσκολο για τους χρήστες να καταλάβουν και να χειριστούν ακριβώς την τεχνολογία αυτή. Έπειτα, οι συσκευές της είναι πολύπλοκες και χρησιμοποιούνται μονάχα σε συγκεκριμένες περιπτώσεις για την ώρα, αλλά ο στόχος των ειδικών είναι να χρησιμοποιούνται σε καθημερινή βάση και σε περισσότερες περιπτώσεις στο άμεσο μέλλον (Negrão, 2020).

3. ΟΙ ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ

Σε σχέση με τους προϊστορικούς χρόνους και το παρελθόν, οι χειρουργικές επεμβάσεις έχουν εξελιχθεί σε τέτοιο βαθμό, όπου κάθε είδος χειρουργικής επέμβασης απαιτεί και τον δικό της ειδικό χειρουργό.

Η αρθροσκόπηση είναι μια πολύ κοινή αλλά και ελάχιστα επεμβατική χειρουργική επέμβαση σε μια άρθρωση όπου πραγματοποιείται εξέταση και συχνά θεραπεία της όποιας βλάβης μέσω ενός αρθροσκοπίου, που είναι ουσιαστικά ένα ενδοσκόπιο που εισέρχεται εντός της άρθρωσης μέσω μιας πολύ μικρής τομής (Kyin et al., 2021).

Μια επίσης κοινή χειρουργική επέμβαση -και μάλιστα η πιο κοινή για τους κτηνιάτρους- είναι και η κυστεοσκόπηση, και μάλιστα πολύ κοινή ιδίως για τους καρκίνους, τόσο για τη διάγνωση, όσο για την παρακολούθηση και τη θεραπεία τους, όμως η όλη διαδικασία απαιτεί αρκετή ευαισθησία που χρειάζεται αρκετές βελτιώσεις. Η τεχνητή νοημοσύνη έχει δείξει να έχει οφέλη ως προς την ενδοσκόπηση, αλλά για την ώρα η εφαρμογή της είναι αρκετά περιορισμένη (Wu et al., 2022).

Για πολλά χρόνια, η απεικόνιση μαστού ήταν το μοντέλο στην ακτινολογία για την επικοινωνία με τους ασθενείς, και πιο πρόσφατα, στάθηκε ηγέτης στην αυξανόμενη προσέγγιση του ασθενούς και της οικογένειας ως επίκεντρο της φροντίδας. Για την διατήρηση υψηλών επιπέδων ικανοποίησης των ασθενών κατά τη διάρκεια βιοψιών μαστού μέσω μίας βελόνας καθοδηγούμενης από την εικόνα, ο ακτινολόγος οφείλει να είναι σε θέση να αντιληφθεί τις προοπτικές του ασθενούς, για να μπορούν να σχεδιαστούν παρεμβάσεις για τη διαχείριση του άγχους των ασθενών (Soo et al., 2019).

Η κολονοσκόπηση είναι μια επίσης κοινή στρατηγική που ακολουθείται για τον έλεγχο του παχέος εντέρου και του τελικού τμήματος του ειλεού και πραγματοποιείται με το κολονοσκόπιο, ωστόσο εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον ιατρό - χειριστή. Το περιθώριο καλύτερευσης στην ποιότητα της κολονοσκόπησης αποτελεί το κίνητρο για την ανάπτυξη και την μέτρηση δεικτών ποιότητας κολονοσκόπησης, καθώς επίσης και ο στόχος πολλών προσπαθειών για τη βελτίωση της πρόληψης και του ελέγχου των δεικτών ποιότητας της κολονοσκόπησης στις πρακτικές παρόχων και στα συστήματα υγείας, και μάλιστα υπάρχουν αρκετά διαθέσιμα εργαλεία για να σταθούν αρωγοί στη βελτίωση των δεικτών ποιότητας που κυμαίνονται από συσκευές απομακρυσμένης προσάρτησης έως και εκπαίδευση και ανατροφοδότηση (May & Shaukat, 2020).

Η ενδοκρινική χειρουργική, που στις μέρες μας είναι κοινή, αναφέρεται στη χειρουργική

αντιμετώπιση των διαταραχών του θυρεοειδούς, του παραθυρεοειδούς, των επινεφριδίων και των νευροενδοκρινών όγκων του παγκρέατος αλλά και του γαστρεντερικού σωλήνα. Η διαχείριση ασθενών με νόσο που απαιτεί ένα τέτοιο χειρουργείο είναι διανοητικά διεγερτική και συχνά πολύπλοκη, αφού απαιτεί διεπιστημονική ομάδα, και μάλιστα, τα τελευταία χρόνια, όπου η συχνότητα των χειρουργικών ενδοκρινικών διαταραχών είναι αυξημένη, η ενδοκρινική χειρουργική είναι μια αναγνωρισμένη ειδικότητα της γενικής χειρουργικής (Wang, 2011).

Η σκωληκοειδεκτομή είναι μια χειρουργική επέμβαση για την αφαίρεση της σκωληκοειδίτιδας και συνήθως εκτελείται ως επείγουσα διαδικασία για τη θεραπεία της επιλεγμένης οξείας σκωληκοειδίτιδας, και γίνεται είτε λαπαροσκοπικά -τρόπος που γίνεται σε μικρότερα ποσοστά- είτε ως ανοιχτή επέμβαση. Είναι μια από τις πιο κοινές χειρουργικές επεμβάσεις λόγω της συχνότητάς της σε 8,6% για τους άνδρες και 6,7% για τις γυναίκες παγκοσμίως, με αρκετές επιπλοκές μετά το χειρουργείο (Catal et al., 2021).

Η χειρουργική επέμβαση στον καταρράκτη είναι μια επίσης συχνή χειρουργική επέμβαση, και μια από τις ασφαλέστερες χειρουργικές επεμβάσεις, στην οποία ουσιαστικά γίνεται αντικατάσταση του θολού φυσικού φακού του ματιού ή του καταρράκτη, με έναν καινούριο τεχνητό φακό. Ο καταρράκτης εικάζεται να είναι η πιο κοινή αλλά αναστρέψιμη αιτία τύφλωσης παγκοσμίως, και η ομώνυμη χειρουργική καταρράκτη σε πρωτόγονη μορφή υπάρχει εδώ και χιλιετίες, ωστόσο τον τελευταίο μισό αιώνα έχει γίνει μια τόσο κοινότυπη και μάλιστα επιτυχημένη χειρουργική επέμβαση. Οι σημαντικές πρόοδοι σχετίζονται με την πρόοδο σε επίπεδο τεχνολογίας αλλά και με μια καλύτερη κατανόηση των πλεονεκτημάτων και των κινδύνων για τους ασθενείς (McGhee et al., 2020).

Η ωτορινολαρυγγολογική χειρουργική λαμβάνει χώρο στην κεφαλή ή στον λαιμό για την αντιμετώπιση προβλημάτων των αυτιών, της μύτης ή του λαιμού. Οι παθήσεις της ωτορινολαρυγγολογίας κεφαλής και τραχήλου οδηγούν σε μια εξαιρετικά σημαντική και λιγότερης προτεραιότητας χειρουργική επέμβαση που επηρεάζει δυσανάλογα τις χώρες με χαμηλό και μεσαίο εισόδημα (Petrucci et al., 2023).

Η αύξηση του δικτυωτού ιστού υπό του δέρματος για την αποκατάσταση όλων των κηλών του κοιλιακού τοιχώματος είναι πια παγκοσμίως πολύ κοινότυπη και αποδεκτή ως ανώτερη από την πρωτογενή αποκατάσταση ραμμάτων, ιδίως συγκριτικά με την υποτροπή της κήλης, ωστόσο πρόκειται για ένα πλέγμα εμφύτευμα μαζί με τους όποιους κινδύνους του. Η αποκατάσταση μιας τέτοιας κήλης γίνεται είτε με τον παραδοσιακό (ανοικτό) τρόπο, όπου ο

χειρουργός ανοίγει το δέρμα και κατ' αυτόν τον τρόπο διορθώνει την κήλη μέσω ενός ανοίγματος σχετικά μεγάλου μήκους, είτε λαπαροσκοπικά, όπου ο χειρουργός κάνει αρκετές μικρές τρύπες στο δέρμα και είναι μια λιγότερο επεμβατική μέθοδος (Pawlak et al., 2020).

Η υστεροσκόπηση είναι μια διαδικασία κατά την οποία εισάγεται ένα υστεροσκόπιο μέσω του κόλπου στη μήτρα με σκοπό την πλήρη απεικόνιση της ενδομήτριας κοιλότητας. Είναι μια ελάχιστα επεμβατική διάγνωση και χειρουργική αντιμετώπιση της ενδοτραχηλικής και ενδομήτριας παθολογίας. Θεωρείται η τεχνική χρυσού προτύπου για την αξιολόγηση και τη διαχείριση της ενδομήτριας παθολογίας, όπου τα μέλη μιας διεπιστημονικής ομάδας έχουν σπουδαίο ρόλο για τη διαχείριση ασθενών που υποβάλλονται σε αυτή την διαδικασία (Moore & Carugno, 2024).

Η καισαρική τομή είναι ένας μη φυσιολογικός τρόπος γέννησης ενός μωρού, όταν η γυναίκα δεν επιθυμεί ή δεν δύναται να γεννήσει με φυσιολογικό κοιλικό τοκετό, και γίνεται συχνά όταν είτε η μητέρα είτε το έμβρυο διατρέχουν κίνδυνο υπό τον ενδεχόμενο κοιλικό τοκετό. Αυτός ο τρόπος γέννησης εξελίσσεται και αυξάνεται ραγδαία ιδιαίτερα σε χώρες υψηλού και μετρίου εισοδήματος, και εκτιμάται να αυξηθεί και σε χώρες χαμηλού εισοδήματος στο άμεσο μέλλον. Γενικότερα, σε παγκόσμιο επίπεδο η χρήση της αυξάνεται σταθερά και θα συνεχίσει να αυξάνεται κατά την τρέχουσα δεκαετία όπου πιστεύεται πως θα συνυπάρχουν τόσο η ανεκπλήρωτη ανάγκη όσο και η υπερβολική χρήση αυτής. Ελλείψει παγκόσμιων αποτελεσματικών παρεμβάσεων για την αναστροφή της τάσης, η Νότια Ασία και η Αφρική ίσως δουν ένα περίπλοκο σενάριο με νοσηρότητα και θνησιμότητα αναφορικά με την ανικανοποίητη ανάγκη, με την μη ασφαλή παροχή καισαρικής τομής, καθώς επίσης και με την παράλληλη κατάχρησή της που αποστραγγίζει πόρους και προσθέτει νοσηρότητα και θνησιμότητα που θα μπορούσαν να έχουν αποτραπεί (Betran et al., 2021).

Στην μερική ή ολική προστατεκτομή αφαιρείται ένα μέρος ή ολόκληρος ο αδένας του προστάτη, αντίστοιχα, και είναι κι αυτή μια πολύ κοινή χειρουργική επέμβαση. Από την εμφάνιση της προστατεκτομής έως και σήμερα έχουν προταθεί αρκετές σπουδαίες και δευτερεύουσες τροποποιήσεις για την διατήρηση της περιπροστατικής ανατομίας κατά την ριζική προστατεκτομή (Martini et al., 2020).

Η λαπαροσκόπηση σηματοδότησε μια θεμελιώδη αλλαγή στην εξέλιξη της ιατρικής, με την διαδικασία να εξελίσσεται σταθερά μετά την πρωταρχική φορά που εφαρμόστηκε σε άνθρωπο πριν από περίπου έναν αιώνα. Πρόκειται για μια χειρουργική επέμβαση για την

εξέταση των οργάνων στην κοιλιακή χώρα καθώς επίσης και στα γυναικεία πυελικά όργανα. Χρησιμοποιείται ένας λεπτός φωτιζόμενος σωλήνας που διαθέτει βιντεοκάμερα, το λαπαροσκόπιο, που τοποθετείται σε μια μικροσκοπική τομή στην κοιλιακή χώρα. Η ταχύτητα της προόδου της λαπαροσκόπησης είχε σημαντικό αντίκτυπο ιδίως στη γυναικολογία, και η εν λόγω διαδικασία παγιώθηκε σταθερά και σε άλλες ειδικότητες, όπως στη χειρουργική και στην ουρολογία (Alkatout et al., 2021).

Η χολοκυστεκτομή είναι μια χειρουργική επέμβαση για την αφαίρεση της χοληδόχου κύστης, και στις μέρες μας είναι μία από τις πιο κοινές χειρουργικές επεμβάσεις, με την πιο συνήθη ένδειξη να είναι η ύπαρξη χολόλιθων που οδηγούν στην εμφάνιση συμπτωματολογίας και συχνά χολοκυστίτιδα. Μερικοί χειρουργοί προτιμούν την λαπαροσκόπηση για την μερική χολοκυστεκτομή, ενώ άλλοι την ανοιχτή χειρουργική επέμβαση, και οι ενδείξεις για την επιλογή της μεθόδου είναι εγγενώς ανοιχτές σε επιπλοκές, ανεξαρτήτως από τη χρησιμοποιούμενη χειρουργική τεχνική, ωστόσο, η λαπαροσκοπική επέμβαση δείχνει να πλεονεκτεί. Στην εν λόγω επέμβαση η μερική χολοκυστεκτομή είναι συχνή όταν η ανατομική εξερεύνηση δεν αρκεί για την πρόληψη των επιπλοκών (Kurtulus et al., 2022).

Στις επεμβάσεις βariatρικής χειρουργικής ανήκουν η γαστρική παράκαμψη, η γαστρεκτομή μανίκι, ο γαστρικός δακτύλιος και ο δωδεκαδακτυλικός διακόπτης, και είναι επεμβάσεις με αποδεδειγμένα θεραπευτικά αποτελέσματα που χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση της παχυσαρκίας και των σχετικών καταστάσεων. Οι σύγχρονες βariatρικές επεμβάσεις είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικές και ασφαλείς. Όλοι οι ασθενείς με σοβαρή παχυσαρκία -κυρίως αυτοί με διαβήτη τύπου 2- θα πρέπει να ενημερώνονται για τους κινδύνους και τα οφέλη της χειρουργικής επέμβασης συγκριτικά με την κοινή ιατρική θεραπεία και τον τρόπο ζωής (Arterburn, 2020).

Η αντιμετώπιση των αιμορροΐδων γίνεται με κλασικές μικροεπεμβάσεις καθώς και χειρουργική επέμβαση. Με εξαίρεση την αιμορροΐδεκτομή, υπάρχουν και λιγότερο επιθετικές χειρουργικές επεμβάσεις όπως η αιμορροΐδοπηξία με συρραπτικό. Κατά την συρραπτική αιμορροΐδοπηξία κόπτεται και αφαιρείται το πρωκτικό αιμορροϊδικό αγγειακό μαξιλάρι -το οποίο βοηθά στη σφράγιση των κοπράνων και στην εγκράτεια, και επίσης αφαιρείται ο διευρυμένος αιμορροϊδικός ιστός, μέσω της επανατοποθέτησης του εναπομείναντος αιμορροϊδικού ιστού πίσω στην κανονική θέση του, ενώ συνήθως σοβαρές περιπτώσεις αιμορροϊδικής πρόπτωσης χρειάζονται χειρουργείο (Puia et al., 2021).

Η επέμβαση αορτοστεφανιαίας παράκαμψης ή κοινώς εγχείρηση ανοιχτής καρδιάς ή και μπαϊπάς, είναι μια χειρουργική επέμβαση για την αποκατάσταση της φυσιολογικής ροής του αίματος στην καρδιά, και γίνεται όταν οι στεφανιαίες αρτηρίες της καρδιάς έχουν φράξει ή είναι στενωμένες. Η χειρουργική επέμβαση στεφανιαίας παράκαμψης με τη βοήθεια ρομπότ είναι μία εναλλακτική για τη συμβατική στεφανιαία παράκαμψη για τη διαχείριση της στεφανιαίας νόσου, όμως η απόδοσή της συγκριτικά με άλλες θεραπείες πιθανότατα να έχει ορισμένα οφέλη σε συγκεκριμένες μόνο περιπτώσεις (Hammal et al., 2020).

Η αγγειοχειρουργική εφαρμόζει στην αποκατάσταση όλων των αγγειακών συστημάτων, εκτός των αγγείων της καρδιάς, των πνευμόνων, και του εγκεφάλου, και επεκτείνεται από τα άκρα των ποδιών μέχρι και τις καρωτίδες. Η δημιουργία ψηφιακών τεχνολογιών υγείας για τη διαχείριση ασθενών με καρδιαγγειακά νοσήματα αναφέρεται σε μεγάλο βαθμό, ενώ η τηλεϊατρική παρέχει καινούριες προοπτικές για την καλύτερευση της πρόσβασης στην περίθαλψη σε απομακρυσμένες τοποθεσίες και τη βελτίωση της φροντίδας των ασθενών (Lareyre et al., 2022).

Η νευροχειρουργική ή κοινώς χειρουργική εγκεφάλου ασχολείται με τη χειρουργική θεραπεία διαταραχών οποιοδήποτε τμήματος του νευρικού συστήματος, συμπεριλαμβανομένου του εγκεφάλου, του νωτιαίου μυελού και του περιφερικού νευρικού συστήματος. Στη σύγχρονη νευροχειρουργική είναι κοινές οι εναλλακτικές θεραπευτικές επιλογές, και έχουν διάφορα οφέλη αλλά και κινδύνους, ενώ η κοινή λήψη αποφάσεων είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα την τελευταία δεκαετία (Corell et al., 2021).

Μια ακόμη κοινή χειρουργική επέμβαση είναι η ανακατασκευή πρόσθιου χιαστού συνδέσμου, η οποία είναι μια χειρουργική αντικατάσταση ιστού με μόσχευμα του πρόσθιου χιαστού συνδέσμου του γονάτου για την αποκατάστασή του μετά από τραυματισμό και πληγή. Στις μέρες μας ο τραυματισμός του γονάτου έχει αυξηθεί κατά περίπου 40%, γεγονός που δείχνει και το πόσο κοινή είναι πια αυτή η ορθοπεδική χειρουργική επέμβαση (Liukkonen et al., 2022).

3.1 Οι Εφαρμογές της Εικονικής Πραγματικότητας στις Χειρουργικές Επεμβάσεις

Τα χειρουργικά συστήματα εικονικής πραγματικότητας που υπάρχουν σήμερα υπάρχουν εξαιτίας των πρωτοποριακών εξελίξεων που συνέβησαν το 1980 (McCloy & Stone, 2001).

Η εικονική πραγματικότητα εφαρμόζεται από χειρουργούς σε προεγχειρητικό επίπεδο για

να ενημερωθούν λεπτομερώς ως προς την ανατομία του ασθενούς προς τον σχεδιασμό ελάχιστα επεμβατικής παράκαμψης στεφανιαίας αρτηρίας ακόμη και με αρτηριακά μοσχεύματα, όπου, πράγματι, η προσομοίωση εικονικής πραγματικότητας επιτρέπει την άριστη κατανόηση της ανατομίας καθώς επίσης και τον αποτελεσματικότερο σχεδιασμό του μοσχεύματος που θα έχει ικανοποιητικά αποτελέσματα μετά το χειρουργείο (Tachibana et al., 2022). Ακόμη, η προσομοίωση μέσω εικονικής πραγματικότητας είναι αποτελεσματική και ως προς την χειρουργική των αγγείων, αφού χειρουργοί με ελάχιστη εμπειρία είναι έτσι σε θέση να βελτιώσουν τον χρόνο που διαθέτουν για σύντομες επεμβάσεις (Aggarwal et al., 2006).

Η εικονική πραγματικότητα είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική ως προς την ακριβή μαγνητική απεικόνιση, την αποτελεσματική διαχείριση και την αποκατάσταση σε όλα τα διαφορετικά στάδια των ασθενών με καρκίνο του μαστού, ωστόσο ο ιατρός θα πρέπει να είναι σε θέση να ζυγίσει τα οφέλη και τις προκλήσεις της. Μέσω της τεχνολογίας αυτής μπορεί να μειωθεί το άγχος, η κατάθλιψη, ο πόνος, η κόπωση και η δυσφορία λόγω χημειοθεραπείας, και να βελτιωθεί η κίνηση, η δύναμη και η λειτουργία, όμως στις προκλήσεις περιλαμβάνονται το βάρος των ακουστικών και των κρανών, η ποιότητα της οπτικής εικόνας και το κόστος των μηχανημάτων (Yazdirour et al., 2023).

Οι λαπαροσκοπικοί προσομοιωτές (βλ. Εικόνα 1) εικονικής πραγματικότητας εμφανίστηκαν λόγω της ζήτησης για ασφαλή, αποτελεσματικά μέσα λαπαροσκοπικής εκπαίδευσης, ενώ παράλληλα αξιολογούνται και για την απόδοση της διαδικασίας. Μέσω του κατάλληλου προσομοιωτή, των εργασιών και των μετρήσεων, οι εκπαιδευόμενοι και οι ειδικοί έχουν συγκρίσιμες λαπαροσκοπικές ικανότητες. Ωστόσο, δεν γίνεται ακόμη να προβλεφθούν τα επίπεδα των ρεαλιστικών χειρουργικών δεξιοτήτων μέσω αυτών των προσομοιωτών εικονικής πραγματικότητας (Thijssen & Schijven, 2010). Επίσης, έχει δειχτεί πως βελτιωμένα επίπεδα μάθησης έχουν συσχετιστεί με καλύτερη ικανότητα προσομοίωσης λαπαροσκοπικής σκωληκοειδεκτομής συγκριτικά με τους ειδικούς συμβούλους (Brown et al., 2019). Επιπροσθέτως, η εικονική πραγματικότητα φαίνεται να ελαττώνει τον πόνο κατά την κολονοσκόπηση, ενώ είναι μια σχετικά ευκόλως διαθέσιμη τεχνολογία καθώς επίσης και μια μη παρεμβατική μέθοδος, και μπορεί να εφαρμοστεί ακόμη και από νοσηλεύτες για την διαχείριση του πόνου κατά την διαδικασία (Karaveli Çakır & Evirgen, 2021).



Εικόνα 1. Ρύθμιση προσαρμοσμένων οθονών εικονικής πραγματικότητας που τοποθετούνται στο κεφάλι με τον προσομοιωτή LapSim με τα τετραδιάστατα χειριστήρια για λαπαροσκόπηση (Huber et al., 2018).

Η εικονική πραγματικότητα βρίσκει εφαρμογή και στη βariatρική, και όχι μόνο στο κομμάτι της εκπαίδευσης, αλλά έχει τη δυνατότητα να εκτιμηθεί και ως ένα εικονικό οικοσύστημα για τη βελτίωση της εμπειρίας και της διαχείρισης τέτοιων ασθενών κατά τη διάρκεια του χειρουργείου και της παρακολούθησής τους μετά από αυτό (Gendia et al., 2022).

Όσον αφορά την περίπτωση της καισαρικής τομής για τον τοκετό, τα σχετικά βίντεο εικονικής πραγματικότητας βοηθούν όχι μόνο τους ειδικούς να εκπαιδευτούν και να νιώσουν έτοιμοι, αλλά και τις ενδιαφερόμενες γυναίκες να νιώσουν περισσότερο έτοιμες και προετοιμασμένες για την διαδικασία, ενώ συμβάλλουν στην μείωση του προεγχειρητικού άγχους, ωστόσο ορισμένες υποομάδες όπως οι γυναίκες με ιστορικό έκτακτης ανάγκης για καισαρική τομή δεν μπορούν να επωφεληθούν άμεσα από την τεχνολογία αυτή και σε τέτοιο βαθμό (Noben et al., 2019).

Μια έρευνα κατέληξε στο συμπέρασμα πως τα προγράμματα ρομποτικής χειρουργικής εκπαίδευσης είναι ιδιαίτερα χρήσιμα και ωφέλιμα και για την περίπτωση της

προστατεκτομής κατά την κρίση των συμμετεχόντων χειρουργών –κάτι που αξιολογήθηκε μέσα από τη σύγκριση αρχάριων και έμπειρων χειρουργών για την απόκτηση τεχνικών δεξιοτήτων (Harrison et al., 2018).

Αρκετή μελέτη και αξιολόγηση πολλαπλών πηγών δεδομένων απαιτούνται για την χρήση και την σύγκριση των προσομοιωτών χειρουργικής επέμβασης καταρράκτη (βλ. Εικόνα 2), ωστόσο και αυτού του είδους η προσομοίωση είναι συγκρίσιμη με το πραγματικό χειρουργείο (Thomsen et al., 2017).

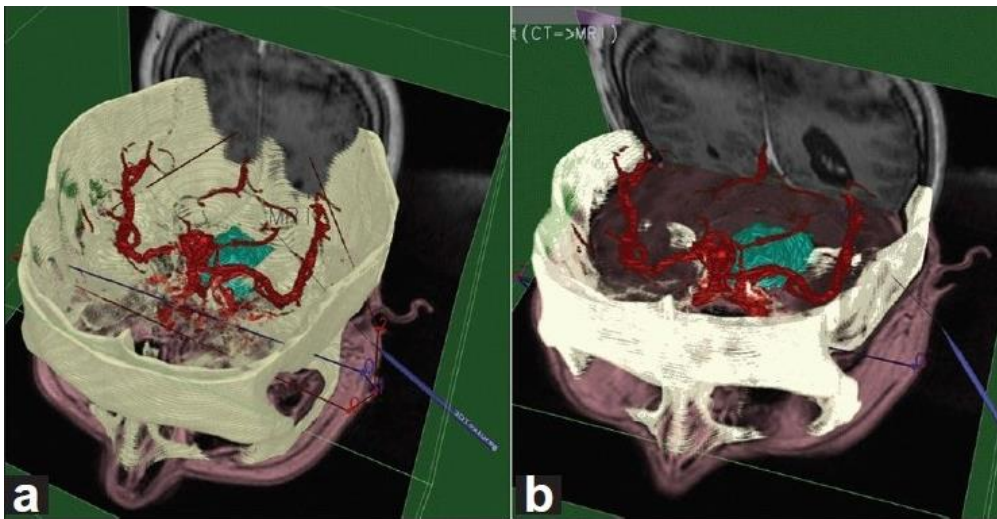


Εικόνα 2. Προσομοίωση χειρουργικής επέμβασης καταρράκτη (Shen et al., 2008).

Η πλήρως καθηλωτική τεχνολογία εφαρμόζεται και στην πρακτική της νευροχειρουργικής (βλ. Εικόνα 3 και 4), και στο εγγύς μέλλον, εικονικά προσομοιωμένα περιβάλλοντα με μεγαλύτερη λεπτομέρεια θα δημιουργηθούν, έτσι ώστε να είναι το ουσιαστικό μέρος του προγράμματος σπουδών της εκπαίδευσης των αρχάριων νευροχειρουργών (Alaraj et al. 2011).

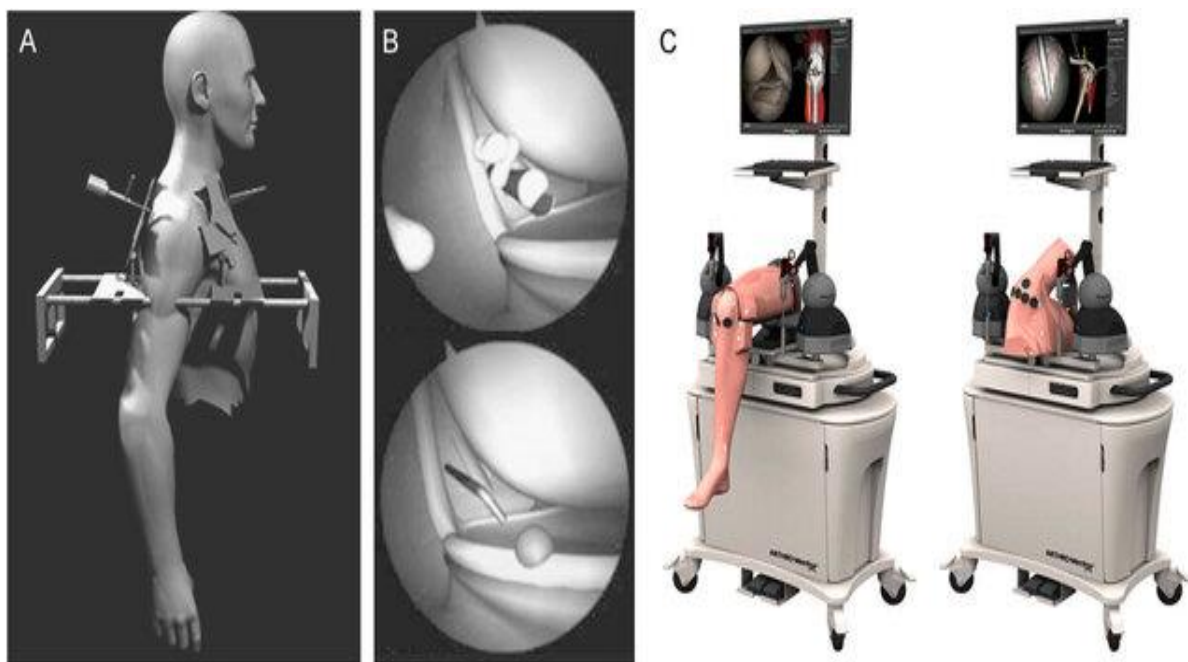


Εικόνα 3. Ένας χρήστης επέλεξε ένα επίπεδο κοπής κεφαλής μοντέλου με τη διεπαφή των στηρίξεων που δείχνει την αντίστοιχη εικόνα μαγνητικής τομογραφίας η οποία τέμνει μέρος του προεγχειρητικού σχεδιασμού (Alaraj et al. 2011).



Εικόνα 4. Τομή υπολογιστικής τομογραφίας/ μαγνητικής τομογραφίας/ μαγνητικής αγγειογραφίας πριν και μετά από την εγγραφή για τον εικονικό πάγκο εργασίας (Alaraj et al. 2011).

Η εικονική πραγματικότητα βρίσκει εφαρμογή και στην ορθοπεδική χειρουργική (βλ. Εικόνα 5). Πράγματι, αρκετές μελέτες υπογραμμίζουν τη διευκόλυνση η οποία παρέχεται μέσα από τον προσομοιωτή αρθροσκόπησης για τη διάκριση των διαφορετικών αρθροσκοπικών δεξιοτήτων, και η τεχνολογία προσομοίωσης σύμφωνα με τον υπολογιστή είναι μια πολύ σπουδαία ευκαιρία για ανάπτυξη χειρουργικών ικανοτήτων χωρίς σοβαρή νοσηρότητα και με ελάττωση της όποιας αναποτελεσματικότητας του κανονικού χειρουργείου (Pedowitz et al., 2002).



Εικόνα 5. Προσομοιωτές εικονικής πραγματικότητας για αρθροσκόπηση (Li et al., 2017).

Αξίζει να αναφερθεί και το γεγονός πως η εικονική πραγματικότητα έχει σπουδαίο ρόλο και για την εκπαίδευση των πλαστικών χειρουργών και έχει αρκετά πλεονεκτήματα, όπως η εκπαίδευση ασφαλείας, μέσω αλληλεπίδρασης χειρουργών και λήψης αποφάσεων, ωστόσο απαιτούνται αρκετές προσπάθειες ώστε να γίνει η προσομοίωση μέσω εικονικής πραγματικότητας ένα μέρος των προγραμμάτων σπουδών των χειρουργών (Bielsa et al., 2021).

3.2 Οι Εφαρμογές της Επαυξημένης Πραγματικότητας στις Χειρουργικές Επεμβάσεις

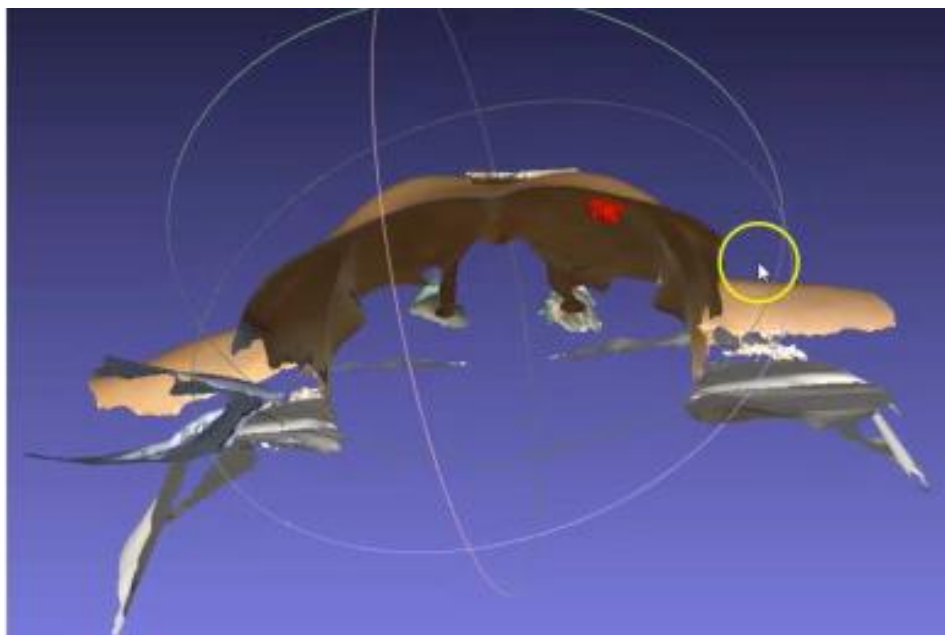
Η επαυξημένη πραγματικότητα εφαρμόζει και στον κλάδο της χειρουργικής, και μάλιστα σε αρκετούς τύπους της. Σε γενικές γραμμές, η επαυξημένη πραγματικότητα εφαρμόζει μέσω

των προεγχειρητικών συστημάτων για τον χειρουργικό σχεδιασμό και την πρόβα του ειδικού ασθενούς, των διεγχειρητικών συστημάτων για την πλοήγηση σε πολύπλοκες διαδικασίες ή/και της διευκόλυνσης της οπτικοποίησης των προεγχειρητικών/περιεγχειρητικών δεδομένων των ασθενών και των συστημάτων προσομοίωσης για την εκπαίδευση των χειρουργών (Cabriló et al., 2015).

Τα συστήματα βάσει επαυξημένης πραγματικότητας είναι σε θέση να βελτιστοποιήσουν την ροή της εργασίας των διαδικασιών εξωκράνιας προς ενδοκρανιακής παράκαμψης προσφέροντας ουσιαστικά ανατομικά δεδομένα, τα οποία είναι πλήρως ενσωματωμένα στην χειρουργική και βοηθούν στην εκτέλεση επεμβάσεων με ελάχιστες επεμβάσεις (Cabriló et al., 2015).

Ο χώρος της αγγειοχειρουργικής έχει γνωρίσει τεράστια πρόοδο τα τελευταία χρόνια χάρη στην επαυξημένη πραγματικότητα. Η χειρουργική μέσω ρομπότ στην αγγειοχειρουργική έχει αξιοποιηθεί για την βελτίωση των λαπαροσκοπικών αγγειακών και ενδοαγγειακών χειρουργικών επεμβάσεων, ιδίως για τον σχετικά δύσκολο χειρισμό των οργάνων και τους μεγάλους χρόνους συρραφής των αγγειακών αναστομώνσεων και της σύσφιξης της αορτής ή των αρτηριών της πυέλου. Στην αγγειοχειρουργική, η επαυξημένη πραγματικότητα έχει διερευνηθεί κατά πολύ ως προς την ανάπτυξη καινούριων διεγχειρητικών πλατφόρμων που βοηθούν τον χειρουργό κατά την πλοήγηση των ενδοαγγειακών εργαλείων ή/και να παράσχει ένα εργονομικό εργαλείο οπτικοποίησης των πληροφοριών των ασθενών κατά τη διάρκεια του χειρουργείου (Cabriló et al., 2015).

Οι καινοτομίες της επαυξημένης πραγματικότητας έχουν επιταχύνει την πειραματική πρόοδο στην απεικόνιση του καρκίνου του μαστού, καθώς επίσης και στον σχεδιασμό ιατρικών διαδικασιών που έχουν στόχο να ελαττώσουν την επεμβατικότητα. Είναι πια γεγονός, πως, η επαυξημένη πραγματικότητα μέσω της ψηφιακής μη επεμβατικής μεθόδου για τον εντοπισμό της κακοήθειας κατά την χειρουργική παρέμβαση (βλ. Εικόνα 6) μπορεί να συμβάλλει έτσι ώστε να βελτιωθεί η συντηρητική κατευθυνόμενη χειρουργική επέμβαση (Gouveia et al., 2021).



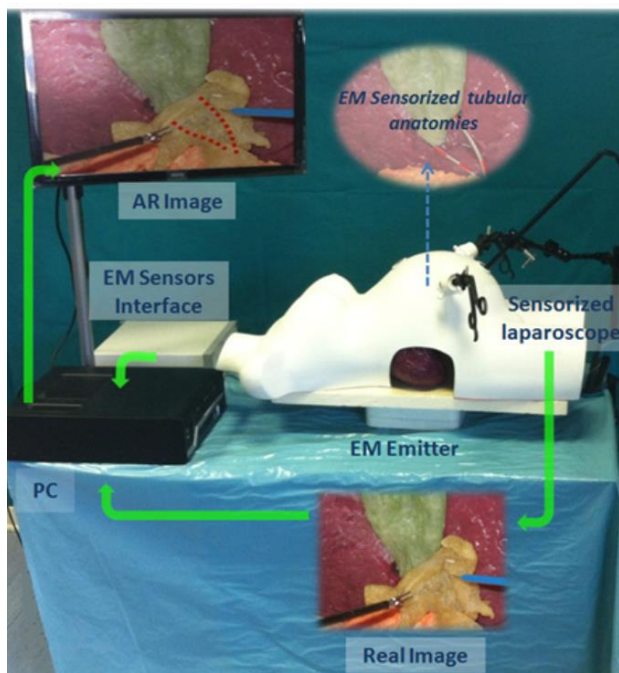
Εικόνα 6. Τρισδιάστατο ψηφιακό μοντέλο στήθους δεδομένου ασθενούς μετά από σύντηξη εικόνων μαγνητικής τομογραφίας μαστού σε τρισδιάστατη επιφάνεια σάρωσης με κακοήθεια τονισμένη με κόκκινο στον δεξιό μαστό (Gouveia et al., 2021).

Η επαυξημένη πραγματικότητα εφαρμόζει πολύ και στην λαπαροσκόπηση (βλ. Εικόνα 7), παρ' όλο που στις μέρες μας υπάρχει ταλαιπωρία και κόπωση από τον χειρουργό εξαιτίας της εξέτασης από μια οθόνη έξω από το οπτικό πεδίο του χειρουργού, αισθήσεις που χειροτερεύουν κατά τη διαδικασία, αλλά η επαυξημένη πραγματικότητα μπορεί να δώσει λύσεις (Zorzal et al., 2020).



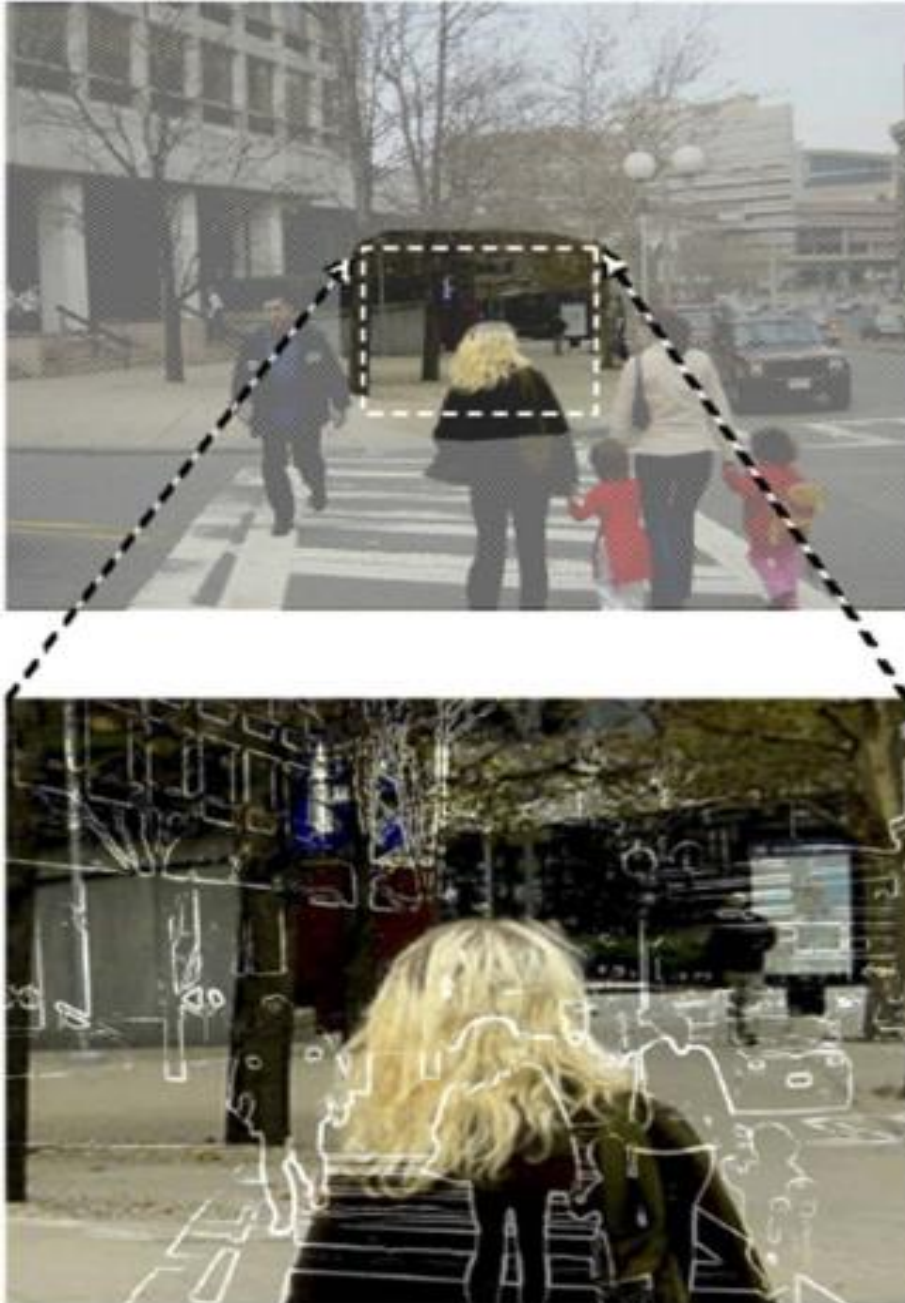
Εικόνα 7. Επαυξημένη πραγματικότητα και λαπαροσκόπηση (Zorzal et al., 2020).

Η επαυξημένη πραγματικότητα συνδυάζει τα πλεονεκτήματα της εικονικής και της φυσικής πραγματικότητας και είναι το επόμενο βήμα της χειρουργικής εκπαίδευσης. Ειδικοί λαπαροσκοπικοί προσομοιωτές (βλ. Εικόνα 8) επιτρέπουν μέσω επαυξημένης πραγματικότητας την αναγνώριση και την μεθεπόμενη απεικόνιση των ευαίσθητων μικροδομών εντός της χολής -οι οποίες είναι δύσκολο να αναγνωριστούν-, καθώς επίσης και μια ακουστική ανατροφοδότηση η οποία δρα ως συναγεργμός για τον ειδικό - χρήστη αν υπάρχουν πιθανά χειρουργικά σφάλματα (Vigliatoro et al., 2014).



Εικόνα 8. Η ρύθμιση της προσομοίωσης (Vigliatoro et al., 2014).

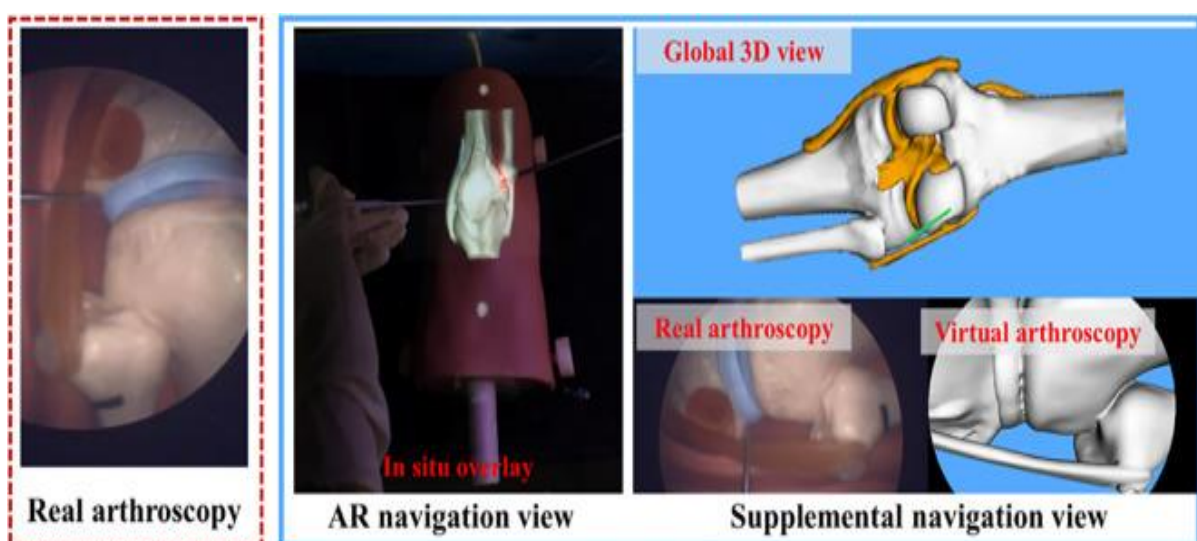
Η επαυξημένη πραγματικότητα είναι ιδιαίτερα ωφέλιμη στην περίπτωση του καταρράκτη και άλλες οφθαλμολογικές διαταραχές (βλ. Εικόνα 9), όπου ένας προσομοιωτής μπορεί να εισάγει επιπρόσθετες οπτικές πληροφορίες στον οφθαλμό μέσω ειδικών γυαλιών (Aydınođan et al., 2021).



Εικόνα 9. Προσομοίωση σκηνής διάβασης δρόμου σε έναν ασθενή με όραση σήραγγας μέσω επαυξημένης όρασης επέκτασης, όπου η ξεθωριασμένη περιοχή επάνω δείχνει το περιφερειακό πεδίο που συχνά δεν βλέπουν τέτοιοι ασθενείς (Aydınođan et al., 2021).

Η επαυξημένη πραγματικότητα έχει εφαρμογή και στην νευροχειρουργική, όπου μια σημαντική πρόοδο έχει επιδείξει η νευροπλοήγηση μέσω επαυξημένης πραγματικότητας, η οποία και παρέχει ένα ενημερωμένο τρισδιάστατο εικονικό μοντέλο ανατομικών λεπτομερειών σε ρεαλιστικό χρόνο, το οποίο επικαλύπτεται στο πραγματικό πεδίο του χειρουργείου. Επιβεβαιώνεται από την τρέχουσα βιβλιογραφία ότι η εν λόγω τεχνολογία είναι ένα αρκετά αξιόπιστο και ευέλικτο μέσο ιδίως κατά την εκτέλεση ελάχιστα επεμβατικών παρεμβάσεων και σε ένα μεγάλο φάσμα νευροχειρουργικών καταστάσεων - αρκετά είδη εστιών μπορούν να διορθωθούν μέσω της επαυξημένης πραγματικότητας-, αν και προοπτικές τυχαιοποιημένες μελέτες δεν προσφέρονται ακόμη, ενώ επίσης χρειάζονται αρκετές τεχνικές βελτιώσεις (Meola et al., 2017).

Κατόπιν, μικροπεριβάλλοντα επαυξημένης πραγματικότητας βασισμένα σε μικροσκόπιο εφαρμόζουν άρτια και στην χειρουργική σπονδυλικής στήλης, εξασφαλίζοντας υψηλή ακρίβεια πλοήγησης. Φαίνεται πως και σε αυτό τον χώρο η επαυξημένη πραγματικότητα στέκεται ως ένας αρκετά καλός αρωγός για τον χειρουργό ως προς την αντίληψη της τρισδιάστατης ανατομίας –κάτι που διευκολύνει κατά πολύ τη χειρουργική επέμβαση (Carl et al., 2019). Επιπροσθέτως, η πλοήγηση εντός της άρθρωσης (βλ. Εικόνα 10) μέσω μικροσκοπίου με μικροπεριβάλλοντα επαυξημένης πραγματικότητας φαίνεται να μπορεί να παρέχει τα καθολικά απαραίτητα επιτόπια δεδομένα, καθώς επίσης και λεπτομερείς ανατομικές πληροφορίες (Chen et al., 2021).



Εικόνα 10. Πραγματική αρθροσκόπηση και εικόνες επαυξημένης πραγματικότητας (Chen et

al., 2021).

Τέλος, σχετικά με την ρομποτική χειρουργική, η επαυξημένη πραγματικότητα και η μέσω ρομποτικής χειρουργική συνδυάζονται άρτια, με τα προκαταρκτικά ενθαρρυντικά αποτελέσματα να αφορούν μια ελαττωμένη εκτροπή της όρασης και μια ολοένα και καλύτερη επίγνωση της κατάστασης. Ειδικές τεχνικές, όπως η κατ' απαίτηση ενεργοποίηση, συνεκτιμώνται για την αντιμετώπιση της κακής όρασης μέσω της επαυξημένης πραγματικότητας και τη διασφάλιση της ασφάλειας του συστήματος έναντι αστοχιών (Quian et al., 2020).

Ακόμη, η διαστοματική ρομποτική χειρουργική είναι μια καλή εναλλακτική απέναντι στις κλασικές ανοιχτές επεμβάσεις, καθώς η οριακά επεμβατική προσέγγισή της προσφέρει υπογραμμισμένα οφέλη για τον ασθενή, όπως γρηγορότερους χρόνους αποκατάστασης αλλά και καλύτερα αποτελέσματα λειτουργικότητας, λιγότερο πόνο μετά το χειρουργείο και νοσηρότητα λόγω της ανοιχτής επέμβασης, συντομότερους χρόνους για το χειρουργείο και ελάττωση της πιθανότητας λοίμωξης. Παρ' όλ' αυτά, οι λιγοστοί χώροι για εργασία και το έλλειμμα των αισθήσεων από την έλλειψη απτικής αίσθησης και της εγγύτητας με τα κρίσιμα αγγεία και άλλες κρίσιμες ανατομικές δομές παραμένουν ως προκλήσεις (Pratt & Arora, 2018).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τον περασμένο αιώνα, η σχέση μεταξύ ανθρώπων και υπολογιστών έχει αυξηθεί σε τέτοιο βαθμό που έχουν δημιουργηθεί πιο τεχνολογικά και φιλικά προς τον χρήστη συστήματα. Η εικονική πραγματικότητα ξεκίνησε περίπου στα μέσα του 20ου αιώνα και όλοι οι ορισμοί που αναπτύχθηκαν από τότε έδωσαν μεγάλη έμφαση στη σταθεροποίηση, την αίσθηση της παρουσίας σε ένα περιβάλλον και την αλληλεπίδραση με αυτό το περιβάλλον. Η εικονική πραγματικότητα περιλαμβάνει μια σειρά μέσων, συμπεριλαμβανομένων συσκευών που τοποθετούνται στο κεφάλι, αυτοματοποιημένων σπηλαίων, ενσύρματων γαντιών, ελεγκτών και καμερών. Μπορεί να είναι συνεργατικό, μη εμβυθιστικό, εμβυθιστικό ή ημιεμβυθιστικό και βρίσκει εφαρμογές σε πολλά επιστημονικά και πρακτικά πεδία. Ωστόσο, έχει επίσης μειονεκτήματα που σχετίζονται με κενά γνώσης και πιθανούς κινδύνους. Η εικονική πραγματικότητα οδήγησε στην επαυξημένη πραγματικότητα, η οποία εισήχθη για πρώτη φορά στα μέσα του 20ου αιώνα. Η απουσία ή η παρουσία δεικτών, όπως εικόνες και γεωγραφικές τοποθεσίες, διακρίνει την επαυξημένη πραγματικότητα πραγματικότητα από την εικονική πραγματικότητα. Μοιράζεται επίσης πολλές μεθόδους, εφαρμογές και πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που φαίνεται να είναι συγκρίσιμα. Σε σύγκριση με τους προϊστορικούς και ιστορικούς χρόνους, οι χειρουργικές επεμβάσεις έχουν προχωρήσει σε σημείο που κάθε είδους χειρουργική επέμβαση απαιτεί πλέον εξειδικευμένο χειρουργό. Ως αποτέλεσμα, υπάρχουν πολλές κοινές χειρουργικές επεμβάσεις που εκτελούνται σήμερα με βάση τον τύπο τους, όπως αρθροσκόπηση, απεικόνιση μαστού, κολονοσκόπηση, λαπαροσκόπηση, γαστροσκόπηση, καισαρική τομή, ωτορινολαρυγγολογία και ορθοπεδική χειρουργική, πλαστική χειρουργική και ρομποτική χειρουργική. Η εικονική και η επαυξημένη πραγματικότητα ενσωματώνονται σε διαφορετικές χειρουργικές επεμβάσεις, όχι μόνο για την εκπαίδευση ασθενών και χειρουργών, αλλά και για την έγκαιρη ανίχνευση ασθενειών, την αποτελεσματική θεραπεία και την ανάρρωση και, το πιο σημαντικό, για την αύξηση του επιπέδου των παραδοσιακών χειρουργικών επεμβάσεων.

Οι περιορισμοί της τεχνολογίας

τεχνολογικοί περιορισμοί Η έρευνα αμφισβητείται από την ταχύτητα με την οποία αναπτύσσονται οι τεχνολογίες VR και AR, επειδή τα αποτελέσματα μπορεί να απαρχαιωθούν πολύ γρήγορα. Επιπλέον, η ανάλυση, ο λανθάνοντας χρόνος και ο σχεδιασμός διεπαφής χρήστη των υπαρχόντων συστημάτων VR και AR είναι περιορισμένες, γεγονός που μπορεί να θέσει σε κίνδυνο τη χρησιμότητά τους και την εμπειρία χρήστη.

Οικονομικοί Περιορισμοί

Σε πολλά ιατρικά ιδρύματα, το ακριβό κόστος του εξοπλισμού και του λογισμικού VR και AR μπορεί να είναι σημαντικός αποτρεπτικός παράγοντας για τη χρήση τους. Το εύρος της έρευνας και η ικανότητα διεξαγωγής εκτεταμένων δοκιμών περιορίζονται από αυτόν τον περιορισμό κόστους.

Διδασκαλία και αφομοίωση

Το ιατρικό προσωπικό χρειάζεται εξειδικευμένη εκπαίδευση προκειμένου να χρησιμοποιήσει με επιτυχία τις τεχνολογίες VR και AR στη χειρουργική. Οι διαδικασίες υιοθεσίας μπορεί να παρεμποδιστούν από την απροθυμία για αλλαγές και τον χρόνο που απαιτείται για να συνηθίσετε τις νέες τεχνολογίες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Παπαδοπούλου, Μ. (2015). Τεχνολογίες επαυξημένης πραγματικότητας και εφαρμογές της. Διαδίκτυο. Ανακτήθηκε στις 28 Απριλίου 2024, από <http://repository.library.teiwest.gr/xmlui/handle/123456789/3187>

Adam, O. (2012). Cyber space and virtual reality. *Online Journal of Communication and Media Technologies*, 2(2). <https://doi.org/10.29333/ojcm/2377>

Aggarwal, R., Black, S. A., Hance, J. R., Darzi, A., & Cheshire, N. J. W. (2006). Virtual reality simulation training can improve inexperienced surgeons' endovascular skills. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, 31(6), 588–593. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2005.11.009>

Alaraj, A., Lemole, M. G., Finkle, J. H., Yudkowsky, R., Wallace, A., Luciano, C., Banerjee, P. P., Rizzi, S. H., & Charbel, F. T. (2011). Virtual reality training in neurosurgery: Review of current status and future applications. *Surgical Neurology International*, 2. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2005.11.009>

Alkatout, I., Mechler, U., Mettler, L., Pape, J., Maass, N., Biebl, M., Gitas, G., Laganà, A. S., & Freytag, D. (2021). The development of laparoscopy—A historical overview. *Frontiers in Surgery*, 8. <https://doi.org/10.3389/fsurg.2021.799442>

Anastasiou, E., Balafoutis, A. T., & Fountas, S. (2023). Applications of extended reality (Xr) in agriculture, livestock farming, and aquaculture: A review. *Smart Agricultural Technology*, 3, 100105. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2022.100105>

Arterburn, D. E., Telem, D. A., Kushner, R. F., & Courcoulas, A. P. (2020). Benefits and risks of bariatric surgery in adults: A review. *JAMA*, 324(9), 879–887. <https://doi.org/10.1001/jama.2020.12567>

Aydınođan, G., Kavaklı, K., Şahin, A., Artal, P., & Ürey, H. (2021). Applications of augmented reality in ophthalmology. *Biomedical Optics Express*, 12(1), 511. <https://doi.org/10.1364/BOE.405026>

Berni, A., & Borgianni, Y. (2020). Applications of virtual reality in engineering and product design: Why, what, how, when and where. *Electronics*, 9(7), 1064. <https://doi.org/10.3390/electronics9071064>

Betran, A. P., Ye, J., Moller, A.-B., Souza, J. P., & Zhang, J. (2021). Trends and projections of caesarean section rates: Global and regional estimates. *BMJ Global Health*, 6(6), e005671. <https://doi.org/10.1136/bmjgh-2021-005671>

Bielsa, V. F. (2021). Virtual reality simulation in plastic surgery training. Literature review. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*, 74(9), 2372–2378. <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2021.03.066>

Brown, C., Robinson, D., Egan, R., Hopkins, L., Abdelrahman, T., Powell, A., Pollitt, M. J., & Lewis, W. G. (2019). Prospective cohort study of haptic virtual reality laparoscopic appendectomy learning curve trajectory. *Journal of Laparoendoscopic & Advanced Surgical Techniques*, 29(9), 1128–1134. <https://doi.org/10.1089/lap.2019.0332>

Cabrilo, I., Schaller, K., & Bijlenga, P. (2015). Augmented reality-assisted bypass surgery: Embracing minimal invasiveness. *World Neurosurgery*, 83(4), 596–602. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2014.12.020>

Carl, B., Bopp, M., Saß, B., Voellger, B., & Nimsky, C. (2019). Implementation of augmented reality support in spine surgery. *European Spine Journal*, 28(7), 1697–1711. <https://doi.org/10.1007/s00586-019-05969-4>

Carmigniani, J., & Furht, B. (2011). Augmented reality: An overview. In B. Furht, *Handbook of Augmented Reality* (pp. 3–46). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-0064-6_1

Caserman, P., Garcia-Agundez, A., Gámez Zerban, A., & Göbel, S. (2021). Cybersickness in current-generation virtual reality head-mounted displays: Systematic review and outlook. *Virtual Reality*, 25(4), 1153–1170. <https://doi.org/10.1007/s10055-021-00513-6>

Catal, O., Ozer, B., Sit, M., Erkol, H., Catal, O., Ozer, B., Sit, M., & Erkol, H. (2021). Is appendectomy a simple surgical procedure? *Cirugía y Cirujanos*, 89(3), 303–308. <https://doi.org/10.24875/ciru.20001277>

Chen, F., Cui, X., Han, B., Liu, J., Zhang, X., & Liao, H. (2021). Augmented reality navigation for minimally invasive knee surgery using enhanced arthroscopy. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 201, 105952. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2021.105952>

Chen, L., Tang, W., John, N. W., Wan, T. R., & Zhang, J. J. (2018). SLAM-based dense surface reconstruction in monocular Minimally Invasive Surgery and its application to Augmented Reality. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 158, 135–146. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2018.02.006>

Churchill, E. F., & Snowdon, D. (1998). Collaborative virtual environments: An introductory review of issues and systems. *Virtual Reality*, 3(1), 3–15. <https://doi.org/10.1007/BF01409793>

Cipresso, P., Giglioli, I. A. C., Raya, M. A., & Riva, G. (2018). The past, present, and future of virtual and augmented reality research: A network and cluster analysis of the literature. *Frontiers in Psychology*, 9, 2086. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02086>

Conesa, J., Mula, F. J., Bartlett, K. A., Naya, F., & Contero, M. (2023). The influence of immersive and collaborative virtual environments in improving spatial skills. *Applied Sciences*, 13(14), 8426. <https://doi.org/10.3390/app13148426>

Corell, A., Guo, A., Vecchio, T. G., Ozanne, A., & Jakola, A. S. (2021). Shared decision-making

- in neurosurgery: A scoping review. *Acta Neurochirurgica*, 163(9), 2371–2382. <https://doi.org/10.1007/s00701-021-04867-3>
- Craig, A. B. (2013). Chapter 1—What is augmented reality? In A. B. Craig, *Understanding Augmented Reality* (pp. 1–37). Morgan Kaufmann. <https://doi.org/10.1016/B978-0-240-82408-6.00001-1>
- Demolder, C., Molina, A., Hammond, F. L., & Yeo, W.-H. (2021). Recent advances in wearable biosensing gloves and sensory feedback biosystems for enhancing rehabilitation, prostheses, healthcare, and virtual reality. *Biosensors and Bioelectronics*, 190, 113443. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2021.113443>
- Fakahani, L., Aljehani, S., Baghdadi, R., & El-Shorbagy, A.-M. (2022). The use and challenges of virtual reality in architecture. *Civil Engineering and Architecture*, 10(6), 2754–2763. <https://doi.org/10.13189/cea.2022.100638>
- Filippou, D., Tsoucalas, G., Panagouli, E., Thomaidis, V., & Fiska, A. (2020). Machaon, son of Asclepius, the father of surgery. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.7038>
- Gendia, A., Zyada, A., Nasir, M. T., Elfar, M., Sakr, M., Rehman, M. U., Cota, A., & Clark, J. (2022). Virtual reality as a surgical care package for patients undergoing weight loss surgery: A narrative review of the impact of an emerging technology. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.29608>
- Gouveia, P. F., Costa, J., Morgado, P., Kates, R., Pinto, D., Mavioso, C., Anacleto, J., Martinho, M., Lopes, D. S., Ferreira, A. R., Vavourakis, V., Hadjicharalambous, M., Silva, M. A., Papanikolaou, N., Alves, C., Cardoso, F., & Cardoso, M. J. (2021). Breast cancer surgery with augmented reality. *The Breast*, 56, 14–17. <https://doi.org/10.1016/j.breast.2021.01.004>
- Hammal, F., Nagase, F., Menon, D., Ali, I., Nagendran, J., & Stafinski, T. (2020). Robot-assisted coronary artery bypass surgery: A systematic review and meta-analysis of comparative studies. *Canadian Journal of Surgery*, 63(6), E491–E508. <https://doi.org/10.1503/cjs.013318>
- Harrison, P., Raison, N., Abe, T., Watkinson, W., Dar, F., Challacombe, B., Van Der Poel, H., Khan, M. S., Dasgupta, P., & Ahmed, K. (2018). The validation of a novel robot-assisted radical prostatectomy virtual reality module. *Journal of Surgical Education*, 75(3), 758–766. <https://doi.org/10.1016/j.jsurg.2017.09.005>
- Huber, T., Wunderling, T., Paschold, M., Lang, H., Kneist, W., & Hansen, C. (2018). Highly immersive virtual reality laparoscopy simulation: Development and future aspects. *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, 13(2), 281–290. <https://doi.org/10.1007/s11548-017-1686-2>
- Javaid, M., & Haleem, A. (2020). Virtual reality applications toward medical field. *Clinical Epidemiology and Global Health*, 8(2), 600–605. <https://doi.org/10.1016/j.cegh.2019.12.010>

Karaveli Çakır, S., & Evirgen, S. (2021). The effect of virtual reality on pain and anxiety during colonoscopy: A randomized controlled trial. *The Turkish Journal of Gastroenterology*, 32(5), 451–457. <https://doi.org/10.5152/tjg.2021.191081>

Khor, W. S., Baker, B., Amin, K., Chan, A., Patel, K., & Wong, J. (2016). Augmented and virtual reality in surgery—the digital surgical environment: Applications, limitations and legal pitfalls. *Annals of Translational Medicine*, 4(23), 454. <https://doi.org/10.21037/atm.2016.12.23>

Kim, H., Kwon, Y., Lim, H., Kim, J., Kim, Y., & Yeo, W. (2021). Recent advances in wearable sensors and integrated functional devices for virtual and augmented reality applications. *Advanced Functional Materials*, 31(39), 2005692. <https://doi.org/10.1002/adfm.202005692>

Kurtulus, I., Culcu, O. D., & Degerli, M. S. (2022). Which is more effective: Laparoscopic or open partial cholecystectomy? *Journal of Laparoendoscopic & Advanced Surgical Techniques*, 32(5), 476–484. <https://doi.org/10.1089/lap.2021.0300>

Kyin, C., Maldonado, D. R., Go, C. C., Shapira, J., Lall, A. C., & Domb, B. G. (2021). Mid- to long-term outcomes of hip arthroscopy: A systematic review. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 37(3), 1011–1025. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2020.10.001>

Lareyre, F., Chaptoukaev, H., Kiang, S. C., Chaudhuri, A., Behrendt, C.-A., Zuluaga, M. A., & Raffort, J. (2022). Telemedicine and digital health applications in vascular surgery. *Journal of Clinical Medicine*, 11(20), 6047. <https://doi.org/10.3390/jcm11206047>

Lebiedź, J., & Mazikowski, A. (2021). Multiuser stereoscopic projection techniques for cave-type virtual reality systems. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, 51(5), 535–543. <https://doi.org/10.1109/THMS.2021.3102520>

Li, L., Yu, F., Shi, D., Shi, J., Tian, Z., Yang, J., Wang, X., & Jiang, Q. (2017). Application of virtual reality technology in clinical medicine. *American Journal of Translational Research*, 9(9), 3867–3880. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5622235/>

Liukkonen, R. J., Ponkilainen, V. T., & Reito, A. (2022). Revision rates after primary acl reconstruction performed between 1969 and 2018: A systematic review and metaregression analysis. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 10(8), 232596712211101. <https://doi.org/10.1177/23259671221110191>

Löhr, P., Winterhalter, C., & Billingham, M. (2019). Augmented Reality in Architecture, Engineering, and Construction: A Review. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 33(2), 04019001.

Martini, A., Falagario, U. G., Villers, A., Dell'Oglio, P., Mazzone, E., Autorino, R., Moschovas, M. C., Buscarini, M., Bravi, C. A., Briganti, A., Sawczyn, G., Kaouk, J., Menon, M., Secco, S., Bocciardi, A. M., Wang, G., Zhou, X., Porpiglia, F., Mottrie, A., ... Hemal, A. K. (2020). Contemporary techniques of prostate dissection for robot-assisted prostatectomy. *European Urology*, 78(4), 583–591. <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2020.07.017>

Matsumoto, Y., Miyajima, Y., & Kiyokawa, K. (2020). Applications of Augmented Reality in Medicine: A Review. *Journal of Medical Systems*, 44(2), 1-14.

May, F. P., & Shaukat, A. (2020). State of the science on quality indicators for colonoscopy and how to achieve them. *Official Journal of the American College of Gastroenterology | ACG*, 115(8), 1183. <https://doi.org/10.14309/ajg.0000000000000622>

McCloy, R., & Stone, R. (2001). Virtual reality in surgery. *BMJ*, 323(7318), 912–915. <https://doi.org/10.1136/bmj.323.7318.912>

McGhee, C. N. J., Zhang, J., & Patel, D. V. (2020). A perspective of contemporary cataract surgery: The most common surgical procedure in the world. *Journal of the Royal Society of New Zealand*, 50(2), 245–262. <https://doi.org/10.1080/03036758.2020.1714673>

Meola, A., Cutolo, F., Carbone, M., Cagnazzo, F., Ferrari, M., & Ferrari, V. (2017). Augmented reality in neurosurgery: A systematic review. *Neurosurgical Review*, 40(4), 537–548. <https://doi.org/10.1007/s10143-016-0732-9>

Minovic, M., Starcevic, D., & Martinovic, D. (2021). Augmented Reality for Education: A Systematic Review of Empirical Studies. *Computers & Education*, 169, 104155.

Moore, J. F., & Carugno, J. (2024). Hysteroscopy. Στο *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK564345/>

Negrão, F. (2020). Pros and cons of virtual reality (VR) and augmented reality (AR). *Encora Online*. Ανακτήθηκε 28 Απριλίου 2024, από <https://www.encora.com/insights/virtual-and-augmented-reality-pros-and-cons>

Noben, L., Goossens, S. M. T. A., Truijens, S. E. M., Van Berckel, M. M. G., Perquin, C. W., Slooter, G. D., & Van Rooijen, S. J. (2019). A virtual reality video to improve information provision and reduce anxiety before cesarean delivery: Randomized controlled trial. *JMIR Mental Health*, 6(12), e15872. <https://doi.org/10.2196/15872>

Omlor, A. J., Schwärzel, L. S., Bewarder, M., Casper, M., Damm, E., Danziger, G., Mahfoud, F., Rentz, K., Sester, U., Bals, R., & Lepper, P. M. (2022). Comparison of immersive and non-immersive virtual reality videos as substitute for in-hospital teaching during coronavirus lockdown: A survey with graduate medical students in Germany. *Medical Education Online*, 27(1), 2101417. <https://doi.org/10.1080/10872981.2022.2101417>

Pawlak, M., Tulloh, B., & De Beaux, A. (2020). Current trends in hernia surgery in NHS England. *The Annals of The Royal College of Surgeons of England*, 102(1), 25–27. <https://doi.org/10.1308/rcsann.2019.0118>

Peddie, J. (2017). Types of augmented reality. In J. Peddie, *Augmented Reality* (pp. 29–46). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-54502-8_2

Pedowitz, R. A., Esch, J., & Snyder, S. (2002). Evaluation of a virtual reality simulator for

arthroscopy skills development. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 18(6), 1–6. <https://doi.org/10.1053/jars.2002.33791>

Petrucci, B., Okerosi, S., Patterson, R. H., Hobday, S. B., Salano, V., Waterworth, C. J., Brody, R. M., Sprow, H., Alkire, B. C., Fagan, J. J., Tamir, S. O., Der, C., Bhutta, M. F., Maina, I. W., Pang, J. C., Daudu, D., Mukuzi, A. G., Srinivasan, T., Pietrobon, C. A., ... Xu, M. J. (2023). The global otolaryngology–head and neck surgery workforce. *JAMA Otolaryngology–Head & Neck Surgery*, 149(10), 904–911. <https://doi.org/10.1001/jamaoto.2023.2339>

Pratt, P., & Arora, A. (2018). Transoral robotic surgery: Image guidance and augmented reality. *ORL*, 80(3–4), 204–212. <https://doi.org/10.1159/000489467>

Puia, I. C., Puia, A., Florea, M.-L., Cristea, P. G., Stanca, M., Fetti, A., & Moiş, E. (2021). Stapled hemorrhoidopexy: Technique and long term results. *Chirurgia*, 116(1), 102. <https://doi.org/10.21614/chirurgia.116.1.102>

Qian, L., Wu, J. Y., DiMaio, S. P., Navab, N., & Kazanzides, P. (2020). A review of augmented reality in robotic-assisted surgery. *IEEE Transactions on Medical Robotics and Bionics*, 2(1), 1–16. <https://doi.org/10.1109/TMRB.2019.2957061>

Ramtohil, A., & Khedo, K. K. (2022). Location-based mobile augmented reality systems: A systematic review. In S. Aurelia & S. Paiva, *Immersive Technology in Smart Cities: Augmented and Virtual Reality in IoT* (pp. 41–65). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-66607-1_3

Robertson, G. G., Card, S. K., & Mackinlay, J. D. (1993). Three views of virtual reality: Nonimmersive virtual reality. *Computer*, 26(2), 81-. <https://doi.org/10.1109/2.192002>

Rodrigues, J. M. F., Veiga, R. J. M., Bajireanu, R., Lam, R., Cardoso, P. J. S., & Bica, P. (2019). AR contents superimposition on walls and persons. In M. Antona & C. Stephanidis, *Universal Access in Human-Computer Interaction. Theory, Methods and Tools* (pp. 628–645). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-23560-4_46

Rosa, P. J., Luz, F., Júnior, R., Oliveira, J., Morais, D., & Gamito, P. (2020). Adaptive non-immersive VR environment for eliciting fear of cockroaches: A physiology-driven approach combined with 3D-TV exposure. *International Journal of Psychological Research*, 13(2), 99–108. <https://www.redalyc.org/journal/2990/299064979011/html/>

Ruban, I., Khudov, H., Makoveychuk, O., Khizhnyak, I., Khudov, V., & Lishchenko, V. (2020). The model and the method for forming a mosaic sustainable marker of augmented reality. 2020 IEEE 15th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET), 402–406. <https://doi.org/10.1109/TCSET49122.2020.235463>

Schönauer, C., & Günzel, S. (2018). Industrial Augmented Reality: A Systematic Literature Review. *Computers in Industry*, 101, 124-145.

Shahrbanian, S., & Sander, T. (2022). Exploring the Use of Augmented Reality in Education: A Systematic Review. *Interactive Learning Environments*, 1-23.

Shen, X., Zhou, J., Hamam, A., Nourian, S., El-Far, N. R., Malric, F., & Georganas, N. D. (2008). Haptic-enabled telementoring surgery simulation. *IEEE MultiMedia*, 15(1), 64–76. <https://doi.org/10.1109/MMUL.2008.9>

Simbott. (2024). 11 virtual reality advantages and disadvantages(2024). Online. Ανακτήθηκε στις 28 Απριλίου 2024, από <https://simbott.com/virtual-reality-advantages-and-disadvantages/>

Soo, M. S., Shelby, R. A., & Johnson, K. S. (2019). Optimizing the patient experience during breast biopsy. *Journal of Breast Imaging*, 1(2), 131–138. <https://doi.org/10.1093/jbi/wbz001>
Tachibana, K., Kikuchi, K., Sugimoto, M., Osuda, K., Iwashiro, Y., Arihara, A., & Okawa, A. (2022). Virtual reality simulation for minimally invasive coronary artery bypass grafting with aortic no-touch total arterial grafting technique. *Innovations: Technology and Techniques in Cardiothoracic and Vascular Surgery*, 17(5), 430–437. <https://doi.org/10.1177/15569845221129212>

Talespin Team. (2023). Why virtual reality is important: Exploring the benefits of VR. Online. Ανακτήθηκε στις 28 Απριλίου 2024, από <https://www.talespin.com/reading/why-virtual-reality-is-important-exploring-the-benefits-of-vr>

Thijssen, A. S., & Schijven, M. P. (2010). Contemporary virtual reality laparoscopy simulators: Quicksand or solid grounds for assessing surgical trainees? *The American Journal of Surgery*, 199(4), 529–541. <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2009.04.015>

Thomsen, A. S. S., Smith, P., Subhi, Y., Cour, M. L., Tang, L., Saleh, G. M., & Konge, L. (2017). High correlation between performance on a virtual-reality simulator and real-life cataract surgery. *Acta Ophthalmologica*, 95(3), 307–311. <https://doi.org/10.1111/aos.13275>

Viglaloro, R. M., Condino, S., Gesi, M., Ferrari, M., & Ferrari, V. (2014). Augmented reality simulator for laparoscopic cholecystectomy training. In L. T. De Paolis & A. Mongelli, *Augmented and Virtual Reality* (σσ. 428–433). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-13969-2_33

Wang, T. S. (2011). Endocrine surgery. *The American Journal of Surgery*, 202(3), 369–371. <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2011.06.004>

Wu, S., Chen, X., Pan, J., Dong, W., Diao, X., Zhang, R., Zhang, Y., Zhang, Y., Qian, G., Chen, H., Lin, H., Xu, S., Chen, Z., Zhou, X., Mei, H., Wu, C., Lv, Q., Yuan, B., Chen, Z., ... Lin, T. (2022). An artificial intelligence system for the detection of bladder cancer via cystoscopy: A multicenter diagnostic study. *JNCI: Journal of the National Cancer Institute*, 114(2), 220–227. <https://doi.org/10.1093/jnci/djab179>

Yazdipour, A. B., Saeedi, S., Bostan, H., Masoorian, H., Sajjadi, H., & Ghazisaeeedi, M. (2023). Opportunities and challenges of virtual reality-based interventions for patients with breast cancer: A systematic review. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 23(1), 17. <https://doi.org/10.1186/s12911-023-02108-4>

Yu, F., Zhang, J., Zhao, Y., Zhao, J., Tan, C., & Luan, R. (2010). The research and application of Virtual Reality (VR) technology in agriculture science. In D. Li & C. Zhao, *Computer and Computing Technologies in Agriculture III* (pp. 546–550). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-12220-0_79

Yung, R., Khoo-Lattimore, C., & Potter, L. E. (2021). Virtual reality and tourism marketing: Conceptualizing a framework on presence, emotion, and intention. *Current Issues in Tourism*, 24(11), 1505–1525. <https://doi.org/10.1080/13683500.2020.1820454>

Zorzal, E. R., Campos Gomes, J. M., Sousa, M., Belchior, P., da Silva, P. G., Figueiredo, N., Lopes, D. S., & Jorge, J. (2020). Laparoscopy with augmented reality adaptations. *Journal of Biomedical Informatics*, 107, 103463. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2020.103463>