

**Σχολή Θετικών Επιστημών**



**ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**

**«ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ»**

**«Master of Science in Informatics and Telecommunications»**

**Κατεύθυνση: Ψηφιακές Δεξιότητες**

**«Συστήματα επαυξημένης και εικονικής πραγματικότητας  
στον τομέα της υγείας»**

**Κωνσταντίνος Στεφανάτος του Σπυρίδωνος**

**Επιβλέπων Καθηγητής**

**Κωνσταντίνος Κολομβάτσος**

**Επίκουρος Καθηγητής**

**Λαμία, Οκτώβριος 2023**

# **ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

**Σχολή Θετικών Επιστημών  
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ»**

**«Master of Science in Informatics and Telecommunications»**

**Κατεύθυνση: Ψηφιακές Δεξιότητες**

**«Συστήματα επαυξημένης και εικονικής πραγματικότητας  
στον τομέα της υγείας»**

**Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία**

που υποβλήθηκε στο Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών του Πανεπιστημίου  
Θεσσαλίας

ως μέρος των απαιτήσεων για την απόκτηση

Διπλώματος Μεταπτυχιακών Σπουδών στην Πληροφορική και Τηλεπικοινωνίες  
από τον

**Κωνσταντίνο Στεφανάτο του Σπυρίδωνος**

**Δήλωση Αυθεντικότητας, ζητήματα Copyright**

«Ο Μεταπτυχιακός Φοιτητής που εκπόνησε την παρούσα διπλωματική εργασία φέρει ολόκληρη την ευθύνη προσδιορισμού της δίκαιης χρήσης του υλικού, η οποία ορίζεται στη βάση των εξής παραγόντων: του σκοπού και χαρακτήρα της χρήσης (μη-εμπορικός, μη-κερδοσκοπικός, αλλά εκπαιδευτικός-ερευνητικός), της φύσης του υλικού που χρησιμοποιεί (τμήμα του κειμένου, πίνακες, σχήματα, εικόνες κ.λπ.), του ποσοστού και της σημαντικότητας του τμήματος που χρησιμοποιεί σε σχέση με το όλο κείμενο υπό Copyright, και των πιθανών συνεπειών της χρήσης αυτής στην αγορά ή τη γενικότερη αξία του υπό Copyright κειμένου».

**Ο ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΣ ΦΟΙΤΗΤΗΣ**

**Λαμία, Οκτώβριος 2023**

Η παρούσα Μ.Δ.Ε. εγκρίθηκε ομόφωνα από την τριμελή εξεταστική επιτροπή η οποία ορίστηκε από την Συνέλευση του Τμήματος Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, σύμφωνα με το νόμο και τον εγκεκριμένο Οδηγό Σπουδών του Π.Μ.Σ. «Πληροφορική και Τηλεπικοινωνίες».

Τα μέλη της Επιτροπής ήταν:

- ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΚΟΛΟΜΒΑΤΣΟΣ (Επιβλέπων)
- ΚΟΖΥΡΗ ΜΑΡΙΑ (Μέλος)
- ΤΖΙΡΙΤΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ (Μέλος)

Η έγκριση της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα.

## Περίληψη

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να παρουσιάσει τις εφαρμογές αλλά και τις προοπτικές εξέλιξης της τεχνολογίας Επαυξημένης Πραγματικότητας (Augmented Reality, AR) και Εικονικής Πραγματικότητας (Virtual Reality, VR) στον τομέα της Υγείας, τόσο όσον αφορά στην άσκηση ιατρικών πράξεων, όσο και στον τομέα της εκπαίδευσης στην ιατρική. Στο πρώτο κεφάλαιο της εργασίας παρουσιάζονται ο σκοπός και η μέθοδος που θα ακολουθηθεί κατά την εκπόνησή της.

Στο δεύτερο κεφάλαιο θα ορισθούν οι έννοιες της επαυξημένης και εικονικής πραγματικότητας και θα γίνει αναφορά στην ιστορική εξέλιξή τους. Επίσης θα παρουσιαστούν τομείς στους οποίους χρησιμοποιήθηκαν οι τεχνολογίες αυτές, και μέσω της χρήσης παραδειγμάτων θα αποσαφηνιστούν τα μεταξύ τους όρια, οι ομοιότητες και οι διαφορές τους. Θα παρουσιαστούν περιπτώσεις χρήσης AR και VR σε διάφορους τομείς, από τα πρώτα χρόνια εμφάνισής τους μέχρι σήμερα, περιπτώσεις που θα αφορούν από την απλή καθημερινότητα και ψυχαγωγία μέχρι «ευαίσθητους» τομείς και εξειδικευμένες υπηρεσίες.

Στο τρίτο κεφάλαιο θα επικεντρωθούμε σε εφαρμογές AR και VR στον τομέα της Υγείας. Θα παρακολουθήσουμε την εξέλιξη των τεχνολογιών αυτών στην Υγεία, τόσο όσον αφορά τις παρεχόμενες υπηρεσίες ιατρικής, όσο και την εκπαίδευση των ειδικευομένων αλλά και των ειδικευμένων ιατρών πάνω σε νέες τεχνικές παροχής ιατρικών υπηρεσιών και διαγνωστικών μεθόδων. Θα παρουσιαστούν συγκεκριμένες εφαρμογές που προσφέρουν δυνατότητες AR ή VR, και θα γίνουν συγκρίσεις όσον αφορά την πρακτικότητα, τα οφέλη, τα κόστη και την αποδοτικότητα, όπου αυτό είναι εφικτό.

Στο τέταρτο κεφάλαιο θα εξεταστεί η δυνατότητα της τεχνολογίας αυτής να βρει πεδίο εφαρμογής σε τομείς που αφορούν την ψυχική υγεία των ασθενών, καθώς και οι προοπτικές χρήσης της VR στον τομέα της εμπέδωσης της ενσυναίσθησης στους επαγγελματίες της Υγείας.

Τέλος η παρούσα εργασία ολοκληρώνεται με το πέμπτο κεφάλαιο, όπου παρουσιάζονται τα συμπεράσματα και γίνεται μία αποτίμηση της έως τώρα ενσωμάτωσης των συγκεκριμένων αυτών τεχνολογιών στον τομέα της Υγείας. Επιπλέον γίνονται προβλέψεις για την πορεία και τη δυνατότητα περαιτέρω εξέλιξης και εκμετάλλευσης των τεχνολογιών AR και VR στον τομέα της Υγείας.

## **Λέξεις Κλειδιά**

Επαυξημένη Πραγματικότητα, Εικονική Πραγματικότητα, Εφαρμογές, Τομέας Υγείας, Εκπαίδευση, Ιατρική

## **Abstract**

The purpose of this thesis is to present the applications and development perspectives of Augmented Reality (AR) and Virtual Reality (VR) in the field of Health, both in terms of performing medical procedures and medical education. In the first chapter of this thesis, the purpose and the adopted methodology are presented.

In the second chapter, the concepts of augmented and virtual reality will be defined, and an extensive review will be made to their historical evolution. Areas in which these technologies have been used will be also presented and through the use of examples, their boundaries, similarities and differences will be clarified. AR and VR use cases will be presented in various fields starting from the first years of their application until today, varying from simple everyday life and entertainment scenarios to «sensitive» fields and specialized services.

In the third chapter we will focus on AR and VR applications in the field of Health. We will monitor the development of these technologies, both in terms of the medical services provided, as well as the training of qualified doctors on new techniques for providing medical services and diagnostic methods. Specific applications that offer AR or VR services will be presented and compared in terms of practicality, benefits, costs, and efficiency where possible.

In the fourth chapter, the possibility of this technology to find a field of application in areas related to the mental health of patients will be examined, as well as the prospects for the use of VR in the field of strengthening empathy in health professionals.

Finally, this thesis concludes with the fifth chapter, where the conclusions are presented, and an assessment is made of the integration of these specific technologies in the Health sector so far. In addition, predictions are made for the course and the possibility of further development and exploitation of AR and VR technologies in the field of Health.

## **Key Words**

Augmented Reality, Virtual Reality, Applications, Healthcare, Medical Practice,  
Medicine

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Πληροφορική και Τηλεπικοινωνίες» του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Με το τέλος αυτού του ταξιδιού γνώσης, θα ήθελα λοιπόν να ευχαριστήσω πρώτα όλους τους καθηγητές – διδάσκοντες του προγράμματος, για τη συμβολή τους στην απόκτηση των απαραίτητων γνώσεων για την υλοποίηση της παρούσας διπλωματικής.

Να ευχαριστήσω τους συμμαθητές μου, για τις όμορφες συζητήσεις, προβληματισμούς και ιδέες που μοιραστήκαμε σε όλο αυτό το διάστημα.

Ιδιαίτερως θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Κολομβάτσο Κωνσταντίνο, επίκουρο Καθηγητή του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, τόσο ως διδάσκοντα του ΜΠΣ, όσο και ως επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής μου εργασίας. Τον ευχαριστώ πολύ για την εμπιστοσύνη του προς το πρόσωπό μου, την αμέριστη βοήθειά του, την καλή του διάθεση και την ορθή καθοδήγηση για την εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας.

Τέλος θα ήταν παράλειψη να μην ευχαριστήσω την οικογένειά μου, και ειδικά τη σύζυγό μου Μπαλή Ελένη, για την υπομονή που επέδειξε. Τους ευχαριστώ όλους για τα όποια χρονικά διαστήματα «απομόνωσης», μελέτης και απουσιών μου υπήρξαν και για όσες οικογενειακές στιγμές πιθανώς στερήθηκαν προκειμένου να πετύχω στους στόχους μου.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|                                                                                                                                    |         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| → Περίληψη                                                                                                                         | Σελ: 4  |
| → Λέξεις Κλειδιά                                                                                                                   | Σελ: 5  |
| → Abstract                                                                                                                         | Σελ: 6  |
| → Key Words                                                                                                                        | Σελ: 7  |
| → Ευχαριστίες                                                                                                                      | Σελ: 8  |
| → Κατάλογος Γραφημάτων                                                                                                             | Σελ: 11 |
| → Κατάλογος Εικόνων                                                                                                                | Σελ: 11 |
| → Κεφάλαιο 1 <sup>ο</sup> : Εισαγωγή                                                                                               | Σελ: 13 |
| 1.1 Γενικά – Σκοπός Διπλωματικής Εργασίας                                                                                          | Σελ: 13 |
| 1.2 Μεθοδολογία                                                                                                                    | Σελ: 15 |
| → Κεφάλαιο 2 <sup>ο</sup> : Επαυξημένη Πραγματικότητα και Εικονική Πραγματικότητα                                                  | Σελ: 17 |
| 2.1 AR και VR: Ορισμοί και παραδείγματα                                                                                            | Σελ: 17 |
| 2.1.1 Augmented Reality                                                                                                            | Σελ: 17 |
| 2.1.2 Virtual Reality                                                                                                              | Σελ: 23 |
| 2.1.3 Τα όρια μεταξύ των «κόσμων»: Το συνεχές του Milgram                                                                          | Σελ: 31 |
| → Κεφάλαιο 3 <sup>ο</sup> : Η Επαυξημένη και η Εικονική Πραγματικότητα στον Τομέα της Υγείας: Δυνατότητες, Συστήματα και Εφαρμογές | Σελ: 33 |
| 3.1 AR, VR και Υγεία                                                                                                               | Σελ: 33 |
| 3.1.1 DICOM DIRECTOR: Intravision XR. Η τρισδιάστατη χειρουργική μοντελοποίηση βελτιώνει τα αποτελέσματα για τους ασθενείς         | Σελ: 36 |
| 3.1.2. Τρόπος λειτουργίας Intravision XR                                                                                           | Σελ: 37 |

|                                                                                                                                       |         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 3.1.3 Σε ποιους απευθύνεται το Intravision XR                                                                                         | Σελ. 39 |
| 3.2 Stanford Medicine: The Stanford Virtual Heart, Επανάσταση στην εκπαίδευση για τις συγγενείς καρδιακές ανωμαλίες                   | Σελ: 40 |
| 3.2.1 Πως λειτουργεί η εφαρμογή «Vitrual Heart» του Πανεπιστημίου του Στάφορντ                                                        | Σελ. 42 |
| 3.3 Novartis, CAR-T Therapy VR training                                                                                               | Σελ: 44 |
| 3.4 Opensight Application. Κρανιοεγκεφαλική Νευροχειρουργική                                                                          | Σελ. 47 |
| 3.4.1 Opensight Application: Τρόπος λειτουργίας. Πλεονεκτήματα και προοπτικές βελτίωσης                                               | Σελ. 48 |
| 3.5 Osso VR: Η Εικονική Πραγματικότητα στην υπηρεσία της εκπαίδευσης στον τομέα της Υγείας                                            | Σελ. 53 |
| 3.6 NovaSight: CureSight, Digital Therapy for Amblyopia (ψηφιακή εφαρμογή για την θεραπεία της Αμβλυωπίας)                            | Σελ. 56 |
| 3.7 RelieVRx: Η τεχνολογία VR στην υπηρεσία της φυσικοθεραπείας                                                                       | Σελ. 60 |
| <b>→ Κεφάλαιο 4ο: Ο τομέας της Ψυχικής Υγείας. Διεύρυνση του πεδίου εφαρμογής των τεχνολογιών AR και VR</b>                           | Σελ: 65 |
| 4.1 AR/VR στην υπηρεσίας της Ψυχικής Υγείας                                                                                           | Σελ: 66 |
| 4.2 Η Εικονική και Επαυξημένη Πραγματικότητα ως μέσο αντιμετώπισης του πόνου και ενίσχυσης της ενσυναίσθησης των επαγγελματιών υγείας | Σελ: 69 |
| 4.3 AR/VR και εμπέδωση της ενσυναίσθησης στους επαγγελματίες παροχής υπηρεσιών Υγείας                                                 | Σελ. 71 |
| <b>→ Κεφάλαιο 5ο: Συμπεράσματα – Προτάσεις</b>                                                                                        | Σελ: 74 |
| <b>Βιβλιογραφικές Αναφορές</b>                                                                                                        | Σελ: 77 |
| <b>Παράρτημα: Πίνακας Εγκεκριμένων από τον FDA συσκευών AR/VR</b>                                                                     | Σελ: 82 |

## Κατάλογος Γραφημάτων

|                                                                                                                             |         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Γράφημα 1.1: Πρόσβαση στο Διαδίκτυο από την κατοικία, 2011 – 2021                                                           | Σελ. 13 |
| Γράφημα 1.2: Πρόσβαση στο Διαδίκτυο. Ποσοστιαία συμμετοχή πληθυσμού ηλικίας 16-74 ετών 2002 – 2021                          | Σελ. 14 |
| Γράφημα 2.1: Αριθμός ενεργών φορητών συσκευών επαυξημένης πραγματικότητας παγκοσμίως για τα έτη από το 2019 έως και το 2023 | Σελ. 20 |
| Γράφημα 2.2: Χρήστες AR και VR το 2023 στις Η.Π.Α.                                                                          | Σελ. 29 |
| Γράφημα 2.3: Παγκόσμιο μερίδιο Αγοράς VR ανά προμηθευτή                                                                     | Σελ. 30 |
| Γράφημα 2.4. AR και VR: Όχι μόνο για παιχνίδια πλέον                                                                        | Σελ. 31 |

## Κατάλογος Εικόνων

|                                                                          |         |
|--------------------------------------------------------------------------|---------|
| Εικόνα 2.1: AR σε πρόγραμμα εκπαίδευσης τεχνικών μηχανών αεροσκαφών      | Σελ. 18 |
| Εικόνα 2.2: AR σε λειτουργία πλοήγησης αεροπλάνου (Panasonic Avionics)   | Σελ. 18 |
| Εικόνα 2.3: Pokemon Go. Εφαρμογή ψυχαγωγίας τεχνολογίας AR               | Σελ. 19 |
| Εικόνα 2.4: Microsoft HoloLens, εφαρμογή σε CAD/CAM                      | Σελ. 21 |
| Εικόνα 2.5: Στρατιωτικές εφαρμογές τεχνολογίας AR                        | Σελ. 21 |
| Εικόνα 2.6: Επαυξημένη Πραγματικότητα σε πλατφόρμες FPV                  | Σελ. 22 |
| Εικόνα 2.7: AR Revolution in HealthCare Sector. AR στον Τομέα Υγείας     | Σελ. 23 |
| Εικόνα 2.8: Head And Glove Virtual Reality In The 1980s                  | Σελ. 24 |
| Εικόνα 2.9: Sega VR. Φορητή συσκευή εικονικής πραγματικότητας 1993       | Σελ. 25 |
| Εικόνα 2.10: Sony PSVR 2. A giant leap forward                           | Σελ. 26 |
| Εικόνα 2.11: Η εμπύθιση στην Εικονική Πραγματικότητα                     | Σελ. 27 |
| Εικόνα 2.12: NeverGear VR Headset – Ηθικές προεκτάσεις της VR            | Σελ. 28 |
| Εικόνα 2.13: Εξομοιωτής πτήσης της Boeing                                | Σελ. 29 |
| Εικόνα 2.14: Απεικόνιση του συνεχούς του Milgram                         | Σελ. 32 |
| Εικόνα 3.1: Ανατομία και χρήση τεχνολογιών MR                            | Σελ. 33 |
| Εικόνα 3.2: Χρήση Επαυξημένης Πραγματικότητας στη Νευροχειρουργική       | Σελ. 34 |
| Εικόνα 3.3: Intravision XR: Τρισδιάστατη απεικόνιση οργάνων VR           | Σελ. 37 |
| Εικόνα 3.4: Intravision XR με χρήση κατάλληλου Headset και Gestures      | Σελ. 38 |
| Εικόνα 3.5: The Stanford Virtual Heart: Απεικόνιση καρδιάς XR            | Σελ. 40 |
| Εικόνα 3.6: The Stanford Virtual Heart: Οπτικοποίηση λειτουργίας καρδιάς | Σελ. 42 |
| Εικόνα 3.7: VR «τηλεμεταφορά» εντός παλλόμενης καρδιάς                   | Σελ. 43 |
| Εικόνα 3.8: Εφαρμογή VR CAR-T VR Training της Novartis                   | Σελ. 45 |

|                                                                         |         |
|-------------------------------------------------------------------------|---------|
| Εικόνα 3.9: VR εκπαίδευση σε ιατρικές πράξεις και έλεγχος αντιδράσεων   | Σελ. 46 |
| Εικόνα 3.10: Χρήση συσκευής HoloLens με λογισμικό OpenSight VR          | Σελ. 48 |
| Εικόνα 3.11: Χρήση OpenSight σε εγχείρηση αφαίρεσης όγκου εγκεφάλου     | Σελ. 49 |
| Εικόνα 3.12: User-Friendly Interface εφαρμογής OpenSight                | Σελ. 50 |
| Εικόνα 3.13: Μετατροπή Προεγχειρητικών εικόνων MR σε 3D AR              | Σελ. 51 |
| Εικόνα 3.14: Osso VR. Εφαρμογή VR για την εκπαίδευση στην Υγεία         | Σελ. 54 |
| Εικόνα 3.15: Osso VR και περιβάλλον συνεκπαίδευσης – συνεργασίας        | Σελ. 55 |
| Εικόνα 3.16: CureSight: Συσκευή θεραπείας αμβλυωπίας                    | Σελ. 58 |
| Εικόνα 3.17: Συσκευή CureSight: Λειτουργία εφαρμογής και συσκευής       | Σελ. 59 |
| Εικόνα 3.18: Συνδυασμός HeadSet & Sticks VR εφαρμογής φυσιοθεραπείας    | Σελ. 61 |
| Εικόνα 3.19: Mindmotion PRO για νευροαποκατάσταση                       | Σελ. 62 |
| Εικόνα 3.20: Εφαρμογή RelieVRx. Σετ VR για φυσικοθεραπεία               | Σελ. 63 |
| Εικόνα 4.1: «Εμβυθιστική» εικόνα VR για την θεραπεία της ακροφοβίας     | Σελ. 67 |
| Εικόνα 4.2: Χρήση VR για τη θεραπεία της αραχνοφοβίας                   | Σελ. 68 |
| Εικόνα 4.3: Πειραματική θεραπευτική προσέγγιση υποφοβίας με χρήση VR    | Σελ. 69 |
| Εικόνα 4.4: Συσκευή VR Headset στην υπηρεσία της ψυχικής υγείας         | Σελ. 70 |
| Εικόνα 4.5: VR και καλλιέργεια ενσυναίσθησης στους επαγγελματίες υγείας | Σελ. 72 |

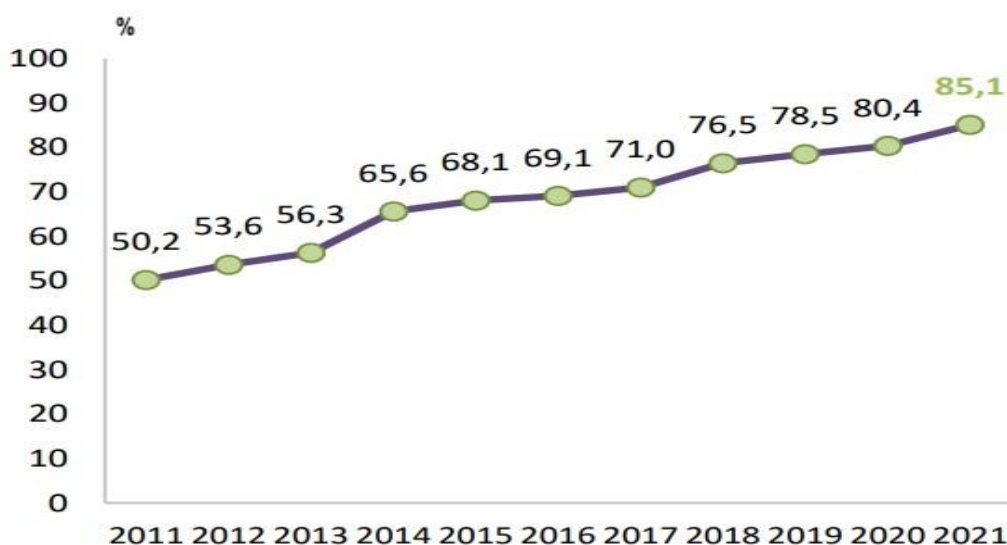
# Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>: Εισαγωγή

## 1.1 Γενικά – Σκοπός Διπλωματικής Εργασίας

Η ψηφιακή επανάσταση έχει ήδη από δεκαετίες επιφέρει τεράστιες αλλαγές σε όλους τους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας, από την επικοινωνία, την ενημέρωση και την ψυχαγωγία έως τις μεταφορές, την παραγωγή αγαθών, την επιστήμη και την εκπαίδευση. Στις μέρες μας, και δεδομένων των συνθηκών και αναγκών που δημιουργήθηκαν λόγω της πανδημίας COVID-19, κατέστη μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα σχεδόν αυτονόητη και αναγκαία η συμπλήρωση ή/και υποκατάσταση της δια ζώσης διδασκαλίας με χρήση εξ' αποστάσεως μέσων εκπαίδευσης. Ο σύγχρονος άνθρωπος είναι ήδη εξοικειωμένος με τεχνολογίες και με συσκευές (π.χ. ηλεκτρονικός υπολογιστής, κινητό, τάμπλετ κλπ.) οι οποίες προβάλλοντάς του πληροφορίες, κυρίως εικόνες και ήχους, τον βοηθούν να αντιληφθεί και να μάθει καλύτερα και γρηγορότερα από ποτέ, για πράγματα και αντικείμενα για τα οποία παλαιότερα ή υπό άλλες συνθήκες θα χρειαζόταν πάρα πολύς χρόνος, ή ακόμα θα ήταν και εντελώς ανέφικτη η κατανόησή τους (Καλτσίκη Α., 2020).

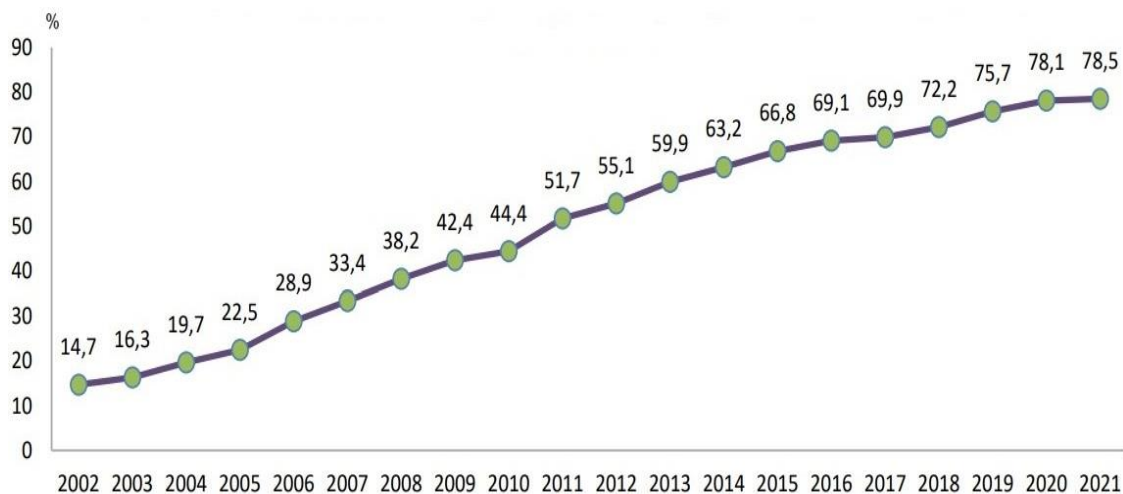
Η ευρεία διάδοση της πληροφορικής και οι Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνίας (ΤΠΕ), γνωρίζουν μεγάλη διάδοση στο μεγαλύτερο μέρος του πλανήτη αλλά και στη χώρα μας.

Γράφημα 1.1: Πρόσβαση στο Διαδίκτυο από την κατοικία, 2011 – 2021.



Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, 2021

**Γράφημα 1.2: Πρόσβαση στο Διαδίκτυο. Ποσοστιαία συμμετοχή πληθυσμού ηλικίας 16-74 ετών 2002 – 2021.**



**Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, 2021**

Η ήδη υπάρχουσα εξοικείωση της μεγάλης πλειοψηφίας του πληθυσμού με τεχνολογίες πληροφορικής και επικοινωνίας, καθιστά ευκολότερη την αφομοίωση και αποδοχή νέων μεθόδων και εφαρμογών από ευρύ φάσμα ανθρώπων, ανεξαρτήτως ηλικίας τους, φύλου τους, μορφώσεως και κοινωνικού υποβάθρου. Για παράδειγμα η «παιχνιδοποίηση» της εκπαιδευτικής διαδικασίας μπορεί να βελτιώσει την εμπειρία της μάθησης (κεντρίζοντας το ενδιαφέρον, μειώνοντας την έλλειψη προσοχής, κλπ) αλλά και να αυξήσει την ταχύτητα της μάθησης (Καλτσίκη Α., 2020). Παρομοίως όμως, η ίδια φιλοσοφία και τεχνολογία εκπαίδευσης μπορεί να βελτιώσει τη δυνατότητα μάθησης σε ένα επιστημονικό – επαγγελματικό πεδίο δράσης, μπορεί να βελτιστοποιήσει τους χρόνους, να μικρύνει τις αποστάσεις, να εξαλείψει τις μετακινήσεις, να ελαχιστοποιήσει το ρίσκο της εκπαίδευσης και να μειώσει δραστικά τα κόστη.

Προς αυτήν ακριβώς την κατεύθυνση προνομακή θέση αποκτούν τεχνολογίες όπως αυτές της Επαυξημένης Πραγματικότητας (Augmented Reality, AR) και της Εικονικής Πραγματικότητας (Virtual Reality, VR). Μελέτες έχουν δείξει ότι η αλληλεπίδραση μέσω AR και VR εμφανίζει θετικά αποτελέσματα κατά τη διαδικασία της μάθησης και της εκπαίδευσης, αλλά επίσης και στον τομέα απόκτησης δεξιοτήτων σε εργασίες οι οποίες απαιτούν ιδιαίτερες γνώσεις και ικανότητες, ή ενέχουν κίνδυνο, ή προαπαιτούν εμπειρία και εν γένει δεν προσφέρονται για «πειραματισμό». Ένας ιδιαίτερος τομέας με τέτοια χαρακτηριστικά, είναι ο τομέας

της Υγείας, όπου η διαδικασία της μάθησης και της ειδίκευσης είναι κατά κανόνα χρονοβόρα, δύσκολη, επικίνδυνη και με μεγάλα κόστη. Οι τεχνολογίες AR και VR μπορούν σε μεγάλο βαθμό να περιορίσουν όλα τα ανεπιθύμητα χαρακτηριστικά και να μεγεθύνουν τα οφέλη τόσο στον τομέα της εκπαίδευσης, όσο και στον τομέα της εφαρμογής των ιατρικών πρακτικών (π.χ. διαγνώσεις, εγχειρίσεις, θεραπείες κλπ).

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να παρουσιάσει τις εξελίξεις στο τομέα των AR και VR, να καταδείξει τους τρόπους με τους οποίους αυτές μπορούν να ωφελήσουν διάφορες δραστηριότητες και επιστημονικά πεδία, και κατόπιν επικεντρώνοντας στον ευαίσθητο τομέα της Υγείας, να παρουσιάσει εφαρμογές AR και VR οι οποίες χρησιμοποιούνται ή προτείνονται να χρησιμοποιηθούν, τόσο προς την κατεύθυνση της διάγνωσης και άσκησης της ιατρικής πρακτικής, όσο και προς την κατεύθυνση της εκπαίδευσης ειδικευομένων αλλά και ειδικευμένων ιατρών σε ιατρικές πράξεις και τεχνικές.

## **1.2 Μεθοδολογία**

Η μεθοδολογία που θα χρησιμοποιηθεί στην παρούσα εργασία για την εκπόνησή της, έχει ως αναφορά την ήδη μεγάλη εγκατεστημένη βάση εφαρμογών AR και VR. Μέσω βιβλιογραφικής ανασκόπησης ερευνητικών εργασιών - μελετών περιπτώσεων, θα προσδιοριστεί η διείσδυση των τεχνολογιών AR και VR στον τομέα της Υγείας. Θα προσεγγίσουμε τις AR και VR στην Υγεία, τόσο από την πλευρά του παρόχου (π.χ. προμηθευτές λογισμικού και μηχανημάτων, ιδρυμάτων και παρόχων υπηρεσιών υγείας), όσο και από την πλευρά των ληπτών αυτών των υπηρεσιών (π.χ. ασθενείς, εκπαιδευόμενοι, κλπ). Εντοπίζοντας κίνητρα αλλά και εμπόδια για την υιοθέτηση αυτών των τεχνολογιών, θα προσπαθήσουμε να προβλέψουμε τη μελλοντική εξέλιξη και ανάπτυξη της επαυξημένης και της εικονικής πραγματικότητας στον τομέα της Υγείας.

Θα δούμε απόψεις ληπτών υπηρεσιών υγείας AR και VR, και θα προσπαθήσουμε να αποτυπώσουμε την εμπειρία τους σε σχέση με αυτές. Θα εντοπίσουμε τους τομείς πάνω στους οποίους η εμπειρία AR, VR μπορεί να βοηθήσει τους ασθενείς να ανταπεξέλθουν σε στρεσογόνες καταστάσεις, όπως π.χ. ο φόβος, η αγωνία, ο πόνος κλπ, και θα αποτυπώσουμε από την οπτική των χρηστών την

εμπειρία τους πάνω σε διαφορετικού τύπου περιπτώσεις AR και VR, όπως π.χ. στην ανάρρωση και επανάκτηση κινητικότητας μετά από ένα εγκεφαλικό και τα αποτελέσματα της χρήσης τους στην θεραπεία κάποιας ψυχικής νόσου. Αντιστοίχως θα αποτυπώσουμε τις απόψεις και τις εμπειρίες των παρόχων υπηρεσιών υγείας, κυρίως ιατρών, τόσο όσον αφορά την επίδραση των τεχνολογιών αυτών στην προετοιμασία και τη διαχείριση του άγχους από τους ασθενείς, αλλά και όσον αφορά τη βελτιστοποίηση των αποτελεσμάτων στην εκπαίδευση σε συγκεκριμένους τομείς, όπως π.χ. ο χειρουργικός και στη γενικότερη ιατρική περίθαλψη.

Τέλος, θα γίνει αναλυτική παρουσίαση υπαρχουσών εφαρμογών AR και VR που αφορούν στον τομέα της υγείας. Θα αναλυθούν οι δυνατότητές τους, τα πεδία όπου η κάθε τεχνολογία υπερέχει και τα πλεονεκτήματα ή/και πιθανά μειονεκτήματα της χρήσης τους. Θα αναζητηθεί υλικό και παρουσιάσεις από εταιρείες που δραστηριοποιούνται στο χώρο και θα παρουσιαστούν οι λειτουργίες και τα συγκριτικά οφέλη της κάθε εφαρμογής στην προαγωγή της Υγείας.

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>: Επαυξημένη Πραγματικότητα και Εικονική Πραγματικότητα

### 2.1 AR και VR: Ορισμοί και παραδείγματα

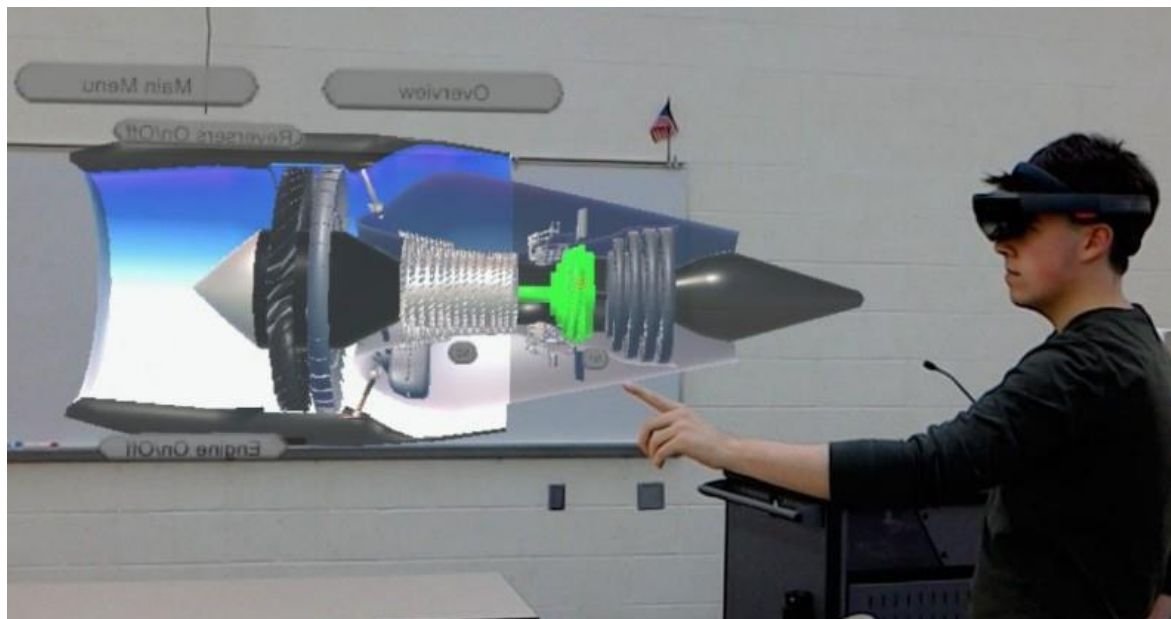
#### 2.1.1 Augmented Reality

Το 1992, οι Thomas Caudell και David Mizell, εργάζονταν πάνω σε ένα project το οποίο σκοπό είχε να αυξήσει τον βαθμό αντίληψης και εποπτείας των μηχανικών και των εργατών στον αεροναυπηγικό τομέα σε θέματα κατασκευής εξαρτημάτων και συναρμολόγησης, μέσω της προβολής ψηφιακών εικόνων-αντικειμένων πάνω σε πραγματικές εικόνες (Caudell T., και Mizell D., 1992). Αναφέρονται για πρώτη φορά σε αυτήν την τεχνική ως Augmented Reality, θέλοντας να επισημάνουν τη δυνατότητα επαύξησης της πληροφορίας που παρέχεται στο χρήστη, η οποία πληροφορία δεν είναι εξολοκλήρου «τεχνητή» ή «εικονική» αλλά είναι ένας συνδυασμός και των δύο κόσμων, πραγματικού και εικονικού. Η AR δύναται να θεωρηθεί ως η ενσωμάτωση τεχνητών ερεθισμάτων σε πραγματικά με τη χρήση πολυαισθητηριακής τεχνολογίας. Με άλλα λόγια, περιλαμβάνει εικονικές πληροφορίες για τις ανθρώπινες αισθήσεις, με τρόπο που να βελτιώνει τη σχέση ανθρώπου-περιβάλλοντος. Έτσι η AR μπορούμε να πούμε ότι είναι «η ενσωμάτωση των ψηφιακών πληροφοριών (ήχος, γραφικά, βίντεο, δεδομένα τοποθεσίας κ.α.) στο φυσικό περιβάλλον του χρήστη σε πραγματικό χρόνο, με σκοπό να δημιουργήσουν μια βελτιωμένη εμπειρία χρήστη» (Σταυρινόπουλος Β., 2020).

Μπορούμε να αναγνωρίσουμε την τεχνολογία AR από τρία βασικά χαρακτηριστικά της:

- Παρουσία εικονικών στοιχείων σε πραγματικό πλαίσιο
- Διαδραστικότητα με την πραγματικότητα
- Εμφάνιση και τοποθέτηση εικονικών αντικειμένων σε συμφωνία με την περιβάλλουσα πραγματικότητα και σε συνδυασμό με κυριαρχία επί των αισθήσεων.

Δηλαδή, αυτό που κάνει η τεχνολογία AR είναι να δημιουργεί μια «εθελοντική ψευδαίσθηση» που χρησιμοποιούμε για να βελτιώσουμε την αίσθηση της όρασης κ.α. (MobileAppDaily, 2020).



**Εικόνα 2.1:** AR σε πρόγραμμα εκπαίδευσης τεχνικών μηχανών αεροσκαφών. Η Επαυξημένη Πραγματικότητα μπορεί να αλλάξει τον τρόπο εκπαίδευσης και τη διαδικασία συντήρησης των αεροσκαφών. Western Michigan University.

Η εργασία των Caudell και Mizell ήταν μια πρώιμη αλλά σημαντική εξερεύνηση των πιθανών χρήσεων της AR στη βιομηχανία και έκτοτε καταλαμβάνει σταθερά πλεονεκτική θέση ως αναφορά σε μεταγενέστερες ερευνητικές εργασίες και άρθρα που σχετίζονται με το θέμα.



**Εικόνα 2.2:** Χαρακτηριστική απεικόνιση του πώς η επαυξημένη πραγματικότητα αλλάζει δραματικά την παρεχόμενη πληροφορία σε πραγματικό χρόνο και βοηθά ουσιαστικά στην πλοήγηση ενός αεροπλάνου. Panasonic Avionics.

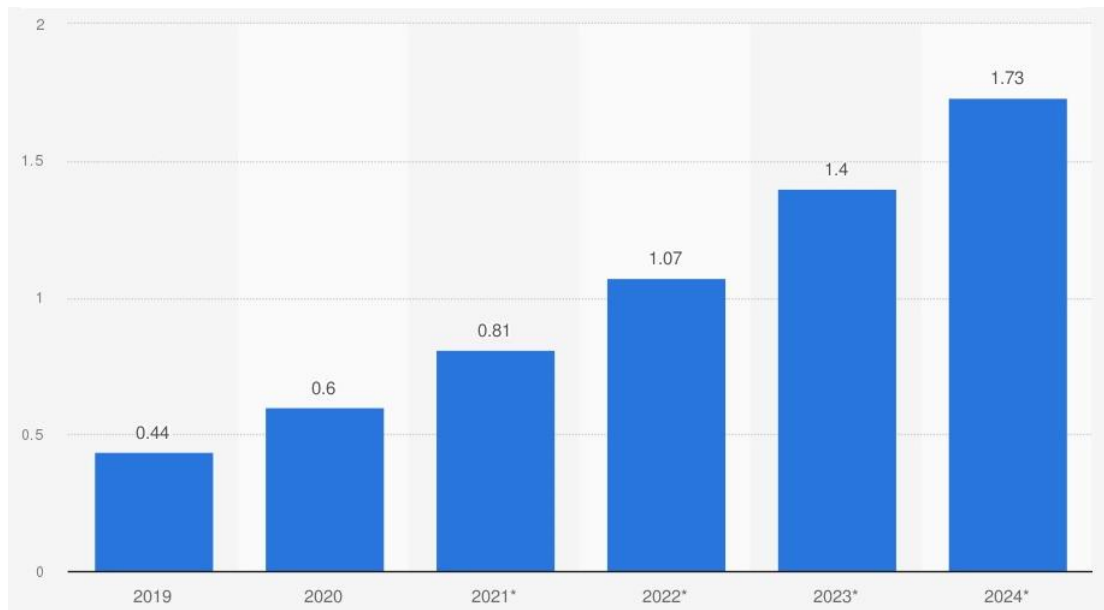
Φυσικά οι τομείς εφαρμογής της AR δεν περιορίζονται σε αυστηρώς επιστημονικά ή εκπαιδευτικά πεδία, αλλά επεκτείνονται σε πλήθος άλλων πτυχών της ανθρώπινης δραστηριότητας, ακόμα και στον (ήδη αναπτυγμένο), τομέα της ψυχαγωγίας και των παιχνιδιών.



Εικόνα 2.3: PokemonGo. Εφαρμογή ψυχαγωγίας που χρησιμοποιεί τεχνολογία AR. Στο αριστερό τμήμα οι εικόνες που προβάλλονται είναι αμιγώς αποτελούμενες από γραφικά υπολογιστή (η ένδειξη AR είναι στο off). Αντιθέτως στις εικόνες δεξιά, (όπου η ένδειξη AR είναι στο on), η εμπειρία του χρήστη εμπλουτίζεται με πληροφορίες τόσο από το φυσικό (πραγματικό) περιβάλλον (όπως π.χ. τοποθεσία, καιρικές συνθήκες, ημέρα ή νύχτα, κλπ.), όσο και με ψηφιακές εικόνες και πληροφορίες. Niantic, 2016.

Αν και η ευρεία διάδοση του Ίντερνετ δεν είναι εντελώς απαραίτητο στοιχείο για την ανάπτυξη εφαρμογών AR (αφού αυτές μπορούν να εγκατασταθούν και να τρέχουν τοπικά), εντούτοις η διάχυση της πληροφορίας μέσω Ίντερνετ, η αμεσότητα και η πρόσβαση σε πλήθος εφαρμογών που αυτό προσφέρει, και η μεγάλη εξοικείωση των καταναλωτών με πληθώρα προϊόντων που ενσωματώνουν στοιχεία AR, σε συνδυασμό φυσικά με τα πραγματικά πλεονεκτήματα που παρέχει η τεχνολογία AR, έχουν συντελέσει σε μια εξαιρετικά μεγάλη αυξητική τάση χρήσης αυτής της τεχνολογίας.

**Γράφημα 2.1: Αριθμός ενεργών φορητών συσκευών επανξιμένης πραγματικότητας παγκοσμίως για τα έτη από το 2019 έως και το 2023 (σε δις συσκευές).**



**Πηγή: Statista 2022 (2023 και 2024 εκτίμηση).**

Χάρη στις ευρύτερες βιομηχανικές εφαρμογές της AR, θεωρείται πιο πιθανό να είναι το μέσο που θα ξαναγράψει το ψηφιακό μέλλον μας. Σύμφωνα με τις τελευταίες εκτιμήσεις, η αγορά της τεχνολογίας AR ξεπέρασε τα 90 δισεκατομμύρια δολάρια το 2020 — μερίδιο τριπλάσιο από αυτό της εικονικής πραγματικότητας (Panasonic Avionics, 2021).

Στην αγορά κυκλοφορούν πληθώρα συσκευών που μπορούν να κάνουν χρήση τεχνολογίας AR ή είναι ειδικά σχεδιασμένες εξ' αρχής για εφαρμογές AR. Τέτοιες συσκευές μπορεί να είναι τα κινητά τηλέφωνα, συσκευές τύπου Headset (π.χ. Google Glasses), ή συσκευές σαν το Microsoft HoloLens με προσανατολισμό στη σχεδίαση CAD/CAM (Computer-Aided Design / Computer-Aided Manufacturing).



**Εικόνα 2.4: Microsoft HoloLens, ειδική εφαρμογή AR η οποία χρησιμοποιείται για εφαρμογές CAD/CAM. Η αύξηση της υπολογιστικής ισχύος, η μεγαλύτερη γωνία προβολής, καθώς και η ολόενα και καλύτερη ανάλυση της εικόνας, αποτελούν καθοριστικούς παράγοντες της αυξητικής τάσης χρήσης τεχνολογίας AR σε αυτούς τους τομείς. eternity.gr, 2019.**



**Εικόνα 2.5: Ο στρατός είναι μια από τις πρώτες βιομηχανίες που εκμεταλλεύτηκε τις δυνατότητες χρήσης AR. army-technology.com, 2022.**

Στις στρατιωτικές εφαρμογές, η AR χρησιμοποιείται κυρίως στην κατασκευή και τη μηχανική (CAD/CAM), δίνοντας τη δυνατότητα στους εργαζομένους να λειτουργούν με μεγαλύτερη ακρίβεια. Επιπλέον η AR βοηθά τη συνεργασία εξ' αποστάσεως και μπορεί να αντικαταστήσει τα χάρτινα εγχειρίδια παρέχοντας οδηγίες

βήμα προς βήμα με σύγχρονο, σαφή, και διαρκώς ενημερωμένο τρόπο. Τα πλεονεκτήματα της εξ αποστάσεως βοήθειας και εκπαίδευσης υιοθετούνται και από τους στρατιωτικούς γιατρούς (army-technology.com, 2022).

Ο τρόπος με τον οποίο η AR παρέχει ένα επιπλέον «στρώμα» πληροφοριών πάνω στην πραγματικότητα, χωρίς όμως να αποσπά και να απομονώνει τον χρήστη από το πραγματικό περιβάλλον, γίνεται ιδιαιτέρως κατανοητός στις περιπτώσεις των HUD (Head-Up Display). Τα HUDs είναι πολύ διαδεδομένα τις τελευταίες δεκαετίες σε αρκετούς τομείς, όπως π.χ. σε στρατιωτικές εφαρμογές και οπλικά συστήματα, στη πλοήγηση αεροσκαφών (πολιτικών ή η στρατιωτικών), drones, κλπ.



**Εικόνα 2.6: Monocle FPV (First Person View).** Ο χρήστης είναι διαρκώς ενήμερος για πλήθος πληροφοριών που αφορούν τη δραστηριότητα, όπως στιγμιαία κατανάλωση ρεύματος, χρόνος πτήσης, απόθεμα ενέργειας, ποιότητα σήματος, κλπ. Αποτελεί μία περίπτωση AR HUD, όπου οι πληροφορίες προβάλλονται στο ένα μάτι του χρήστη, επιτρέποντάς του να έχει πλήρη επίγνωση του περιβάλλοντός του και της πραγματικότητας, ταυτοχρόνως με την βελτιωμένη εμπειρία που του εξασφαλίζει η AR. YouTube, 2021.



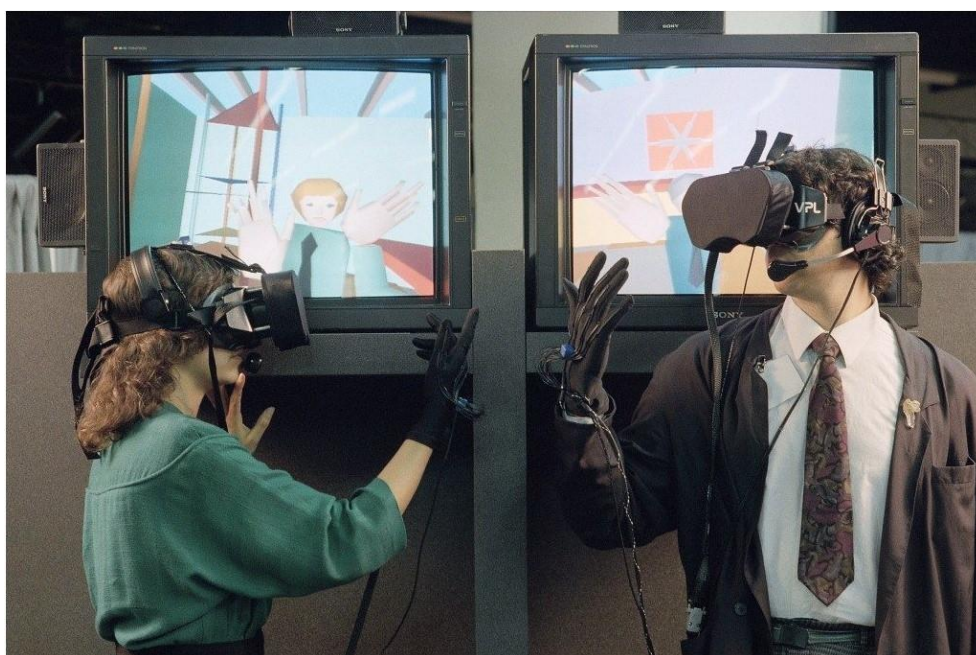
**Εικόνα 2.7: AR Revolution in HealthCare Sector. Η Επαυξημένη Πραγματικότητα υπόσχεται νέες πρακτικές και μεθόδους στον τομέα της Υγείας, για αυτό και οι προσδοκίες από τη χρήση της AR στην Υγεία είναι μεγάλες. LinkedIn 2022.**

### 2.1.2 Virtual Reality

Στο κόσμο της Εικονικής Πραγματικότητας, ο χρήστης «βυθίζεται» σε ένα εξολοκλήρου ψηφιακό περιβάλλον με τη χρήση κατάλληλου εξοπλισμού και χάνει την επαφή του με το πραγματικό περιβάλλον (Κλεφτοδήμος Α., 2021). Αυτές οι δύο σημαντικές διαφορές με την Επαυξημένη Πραγματικότητα (δηλαδή το πλήρως ψηφιακό περιβάλλον και η αποκοπή από την πραγματικότητα), αποτελούν το διαχωριστικό σύνορο ανάμεσα στην AR και VR, αν και αρκετοί θεωρούν την AR απλώς ως ένα «υποσύνολο» της VR.

Ο Άλαν Μπ. Κρεγκ, ερευνητής και συγγραφέας, και ο Γουίλιαμ Ρ. Σέρμαν, συγγραφέας, προσδιόρισαν την VR το 2003 ως «ένα μέσο το οποίο αποτελείται από αλληλεπιδραστικές εξομοιώσεις με υπολογιστή, οι οποίες «αισθάνονται» τη θέση και τις ενέργειες του χρήστη, και αντικαθιστούν ή επαυξάνουν την ανάδραση σε μία ή παραπάνω αισθήσεις, δίνοντας το αίσθημα της ολοκληρωτικής «εμβύθισης» ή παρουσίας στην εξομοίωση (μέσα σε έναν εικονικό κόσμο)» (el.wikipedia.org, 2017). Η χρήση του όρου ωστόσο είναι αρκετά παλαιότερη της ανωτέρω αναφοράς, αφού ο Αντενέν Αρτώ, επίσης συγγραφέας, ήδη από το 1932 χρησιμοποίησε την έκφραση «la réalite virtuelle» για να αποδώσει την αίσθηση της μεταφοράς σε έναν κόσμο «ψεύτικο» τον οποίο προσφέρει μια θεατρική παράσταση. Δηλαδή η έννοια «εικονικό» παραπέμπει στην αίσθηση ή την επίδραση, και όχι στην πραγματικότητα ή

σε ένα γεγονός. Ένας άλλος συγγραφέας και πρωτοπόρος της εικονικής πραγματικότητας, ο Τζάρον Λέινιερ (για πολλούς ο πατέρας της VR), ο οποίος ανέπτυξε συστήματα εικονικής πραγματικότητας ήδη από τη δεκαετία του 1980, όρισε την VR ως «ένα αλληλεπιδραστικό, τρισδιάστατο περιβάλλον, φτιαγμένο από υπολογιστή, στο οποίο μπορεί κάποιος να εμβυθιστεί», ορισμός που είναι μάλλον πιο περιεκτικός και επεξηγηματικός από όλους όσους έχουν κατά καιρούς προταθεί (Lanier, J. και Minsky, M., και Conn, C., et al, 1989).



**Εικόνα 2.8: Jaron Lanier's EyePhone: Head And Glove Virtual Reality In The 1980s.** Φωτογραφία του 1989, όπου δύο άτομα επιδεικνύουν το σύστημα EyePhone το οποίο χρησιμοποιεί ειδικά γυαλιά και ένα DataGlove. Με τα γυαλιά μπορούν να βλέπουν και με το γάντι μπορούν να μετακινούν αντικείμενα που έχουν δημιουργηθεί από Η/Υ. Ο Jaron Lanier θεωρείται από πολλούς πατέρας της VR. [flashback.com](http://flashback.com) 2014.

Ο εξειδικευμένος εξοπλισμός που χρησιμοποιείται μπορεί να περιλαμβάνει εκτός από οθόνες και γάντια και άλλα συστήματα υποστήριξης της διαδραστικότητας, όπως χειριστήρια-sticks, ακουστικά, στολές με αισθητήρες κ.α. με αποτέλεσμα τη δημιουργία μιας καθηλωτικής εμπειρίας με αποδέκτη το χρήστη. Η VR, ομοίως με την AR, έχει ευρύ φάσμα εφαρμογών, όπως π.χ. στους τομείς της εκπαίδευσης, της ιατρικής, της ψυχαγωγίας-διασκέδασης, στον στρατιωτικό τομέα, κλπ. Η «εμβύθιση» στον εικονικό-ψηφιακό κόσμο παγιδεύει τις αισθήσεις σε αυτόν, σε σημείο που οι αλληλεπιδράσεις με τα αντικείμενα, τις συνθήκες και το περιβάλλον της απεικόνισης

να είναι εξαιρετικά αληθοφανείς και να προσφέρει στο χρήστη μια «ζωντανή» και άκρως καθηλωτική εμπειρία.



**Εικόνα 2.9: Sega VR. Φορητή συσκευή εικονικής πραγματικότητας. Εκτός από τις οθόνες προβολής και τα ακουστικά, η συσκευή διαθέτε και ανιχνευτές κίνησης της κεφαλής. Sega, 1993.**

Οι Manetta και Blade υποστηρίζουν πως η εμπύθιση από μόνη της, δεν είναι ικανό χαρακτηριστικό επίτευξης εικονικού περιβάλλοντος. Χρειάζεται να επιτυγχάνεται και σύνδεση με τη δομή του ψηφιακού κόσμου, αλλά και ικανότητα πλοήγησης σε αυτόν (Γκουρομπίνου Α., 2018). Δηλαδή ο χρήστης πρέπει να πιστεύει ότι ζει μέσα σε αυτόν τον εικονικό κόσμο, ότι μπορεί να κινηθεί μέσα σε αυτόν και μπορεί να χειριστεί τα αντικείμενά του. Με άλλα λόγια, πρέπει να δημιουργείται αίσθηση παρουσίας του χρήστη εντός του «εικονικού» κόσμου. Δηλαδή ένα τρισδιάστατο ψηφιακό περιβάλλον ψευδαίσθησης με δυνατότητα κίνησης σε κάθε διεύθυνση (Γκουρομπίνου Α., 2018).

Ωστόσο, πόσο εφικτή είναι στην πραγματικότητα η επίτευξη ενός τόσο υψηλού βαθμού διαδραστικότητας; Πόσο πιστευτό και ρεαλιστικό μπορεί να είναι ένα ψηφιακό περιβάλλον και πόσο εξελιγμένος πρέπει να είναι ο απαραίτητος ηλεκτρονικός εξοπλισμός; Είναι αλήθεια ότι μια – δυο δεκαετίες πίσω, η τεχνολογία δεν βρισκόταν στο ίδιο επίπεδο με το σημερινό. Οι προοπτικές και ο ενθουσιασμός από την χρήση της VR έπαιζαν σημαντικό (ίσως τον σημαντικότερο) ρόλο στην «εθελοντική» εμπύθιση σε ένα κόσμο που με δυσκολία μπορούσαν οι αισθήσεις να εκλάβουν ως «αληθινό». Περιβάλλοντα «χοντροκομμένων» γραφικών Η/Υ,

δύσχρηστες ή βαριές συσκευές (όπως π.χ. το Sega VR που είδαμε πιο πάνω), κ.α., δεν συνέδραμαν το μέγιστο στην επίτευξη της εμβύθισης. Ωστόσο με την πάροδο των ετών, και ειδικά κατά την τελευταία δεκαετία, οι συσκευές VR έχουν φτάσει σε πολύ υψηλότερα επίπεδα λειτουργικότητας, ευχρηστίας, ευκολίας, απεικόνισης, αναπαραγωγής ήχου, κλπ.



**Εικόνα 2.10: Sony PSVR 2. A giant leap forward. Στα σύγχρονα συστήματα VR, η σχεδίαση, η εργονομία, το βάρος, η ποιότητα απεικόνισης καθώς και τα επιπλέον modules που συνεργάζονται αρμονικά, συμβάλλουν τα μέγιστα στην εμβύθιση του χρήστη στον εικονικό – ψηφιακό κόσμο. Independent, 2023.**

Η εμπειρία VR έχει βελτιωθεί σε τέτοιο βαθμό ώστε η εμβύθιση στο ψηφιακό περιβάλλον όχι μόνον να συνεπάγεται την αποκοπή από το πραγματικό, αλλά επιπλέον να προκαλεί και συναισθήματα, όπως φόβο, αγωνία, υπερένταση κ.α. που πολλές φορές οδηγούν σε φυσικές αντιδράσεις από το χρήστη όπως φωνές, πανικό, ανισορροπία, κ.λ.π. Δεν είναι λίγες οι φορές που οι χρήστες VR έχουν προκαλέσει βλάβες στο σύστημα, ζημιές στο περιβάλλον τους, ή ακόμα και έχουν τραυματιστεί εξ' αιτίας της πλήρους απορρόφησής τους από τον ψηφιακό κόσμο. «Μια ολόκληρη ποικιλία τραυματισμών μπορεί να προκληθεί. Μπορεί να σκοντάψετε πάνω σε αντικείμενα του σπιτιού που ξέρετε πού βρίσκονται, αλλά αν τα μάτια σας είναι σε μια διαφορετική πραγματικότητα και δεν βλέπετε τι υπάρχει εκεί, είναι σαν να μην είναι» (WPLG Local10.com, 2023). Ωστόσο, ακόμα και τώρα, υπάρχουν φυσικά πολλά περιθώρια ολοκλήρωσης και διασύνδεσης ψηφιακού – πραγματικού κόσμου.



**Εικόνα 2.11: Η εμβύθιση στην VR. Στα αριστερά, ο χρήστης στον ψηφιακό κόσμο «πέφτει» από ένα ψηλό κτήριο και την ίδια στιγμή στον πραγματικό κόσμο χάνει την ισορροπία του χτυπώντας στον τοίχο μπροστά του και στην οθόνη. Στα δεξιά ο χρήστης παρακολουθεί μία σκηνή τρόμου, και ακριβώς αυτό το συναίσθημα αποτυπώνεται στην έκφραση του προσώπου και τη στάση του σώματος. YouTube.com 2023.**

Τα έργα επιστημονικής φαντασίας κάποιες φορές «προβλέπουν» το μέλλον. Στη σειρά ταινιών Matrix, η οποία πραγματεύεται ένα δυστοπικό μέλλον, η διασύνδεση της VR με την πραγματικότητα είναι τόσο ολοκληρωμένη, ώστε όχι μόνον ο ψηφιακός κόσμος, ο οποίος υποβάλλεται-προβάλλεται από τις μηχανές στις ανθρώπινες συνειδήσεις, εκλαμβάνεται ως η πραγματικότητα, αλλά επιπλέον ακόμα και ο virtual θάνατος εντός του ψηφιακού αυτού κόσμου συνεπάγεται τον φυσικό θάνατο του υποκειμένου αφού «το σώμα δεν μπορεί να ζήσει χωρίς το πνεύμα» «the body cannot live without the mind». Σε μια «διαστροφική» εφαρμογή αυτής της κεντρικής ιδέας, ο Pulmer Luckey, ιδρυτής της Oculus, υποστηρίζει ότι βρίσκεται στα μισά του δρόμου ανάπτυξης ενός συστήματος VR το οποίο θα επιφέρει τον βίαιο θάνατο του χρήστη σε περίπτωση που «πεθάνει» το avatar του εντός του ψηφιακού κόσμου (Melnick K., 2022).



**Εικόνα 2.12: NeverGear VR Headset. Στο Matrix ο θάνατος του υποκειμένου επέρχεται μέσω μιας σχεδόν «μεταφυσικής» εξάρτησης της σάρκας από τη νόηση η οποία «ζει» στον εικονικό κόσμο. Στην συσκευή του Pulmer Luckey, ο φυσικός θάνατος επέρχεται ως λογικό αποτέλεσμα των τριών εμβόλων που υπάρχουν στο πάνω μέρος του Headset και ενεργοποιούνται με τον εικονικό θάνατο του avatar του χρήστη. Αν και προφανώς η συσκευή περισσότερο ως υπόθεση εργασίας μπορεί να εκληφθεί, εντούτοις η υλοποίηση και μόνον μιας τέτοιας ιδέας, εύλογα οδηγεί σε ηθικούς και άλλου είδους προβληματισμούς. (unboxhilics.com, 2022).**

Προς το παρόν είναι απλώς «ένα έργο τέχνης γραφείου, μια υπενθύμιση ανεξερεύνητων οδών στο σχεδιασμό παιχνιδιών», είπε ο Luckey. «Είναι επίσης, από όσο γνωρίζω, το πρώτο μη φανταστικό παράδειγμα συσκευής VR που μπορεί πραγματικά να σκοτώσει το χρήστη. Δεν θα είναι το τελευταίο» (Melnick K., 2022).

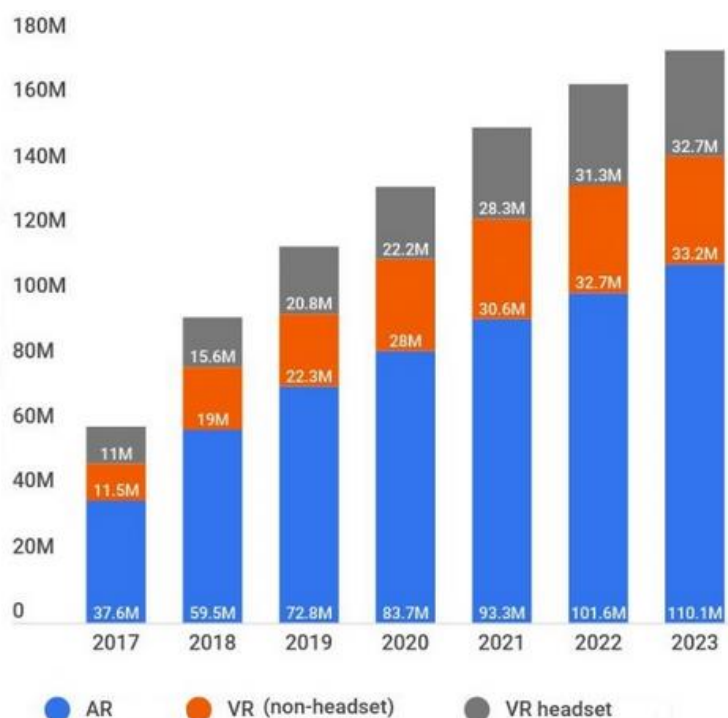
Επιπλέον, η πλήρης εμπειρία VR θα μπορούσε να περιλαμβάνει και τις 5 αισθήσεις του ανθρώπου (κατά άλλους περισσότερες), και όχι μόνον την όραση και την ακοή. Προς την κατεύθυνση αυτή έχουν ήδη γίνει προσπάθειες για τη δημιουργία συσκευών που θα μιμούνται το άγγιγμα (π.χ. μέσω της μεταφοράς θερμοκρασίας, άσκησης πίεσης, κλπ), ή συσκευών που θα «κατασκευάζουν» on demand την οσμή που χρειάζεται για κάθε περίπτωση. Ωστόσο αυτές οι τεχνολογίες δεν έχουν φτάσει ακόμα σε ικανοποιητικά επίπεδα, ενώ επιπλέον επανέρχονται συνεχώς θέματα πολιτικής και ηθικής τα οποία δεν ερευνώνται στην παρούσα εργασία.



**Εικόνα 2.13:** Εξομοιωτής πτήσης της Boeing. Ο θάλαμος διακυβέρνησης εκτός από οθόνες προβολής του εικονικού περιβάλλοντος, διαθέτει πλήθος μοχλών και διακοπών που συμβάλλουν στον ρεαλισμό, υψηλού επιπέδου ήχους, ανατροφοδότηση στα χειριστήρια, αλλά και έμβολα στη βάση του, τα οποία προκαλούν κλίσεις στον θάλαμο οι οποίες είναι σε αντιστοιχία με τις εντολές του εκπαιδευόμενου. Έτσι ο εκπαιδευόμενος, μέσα στον εικονικό του κόσμο, πέρα από τους ήχους και τις εικόνες, αισθάνεται και τις επιταχύνσεις σε τρεις άξονες (Boeing, 2019).

Οι Η.Π.Α. και η Κίνα αποτελούν τις μεγαλύτερες αγορές συσκευών VR και AR και η τάση είναι συνεχώς αυξητική χωρίς σημάδια κάμψης.

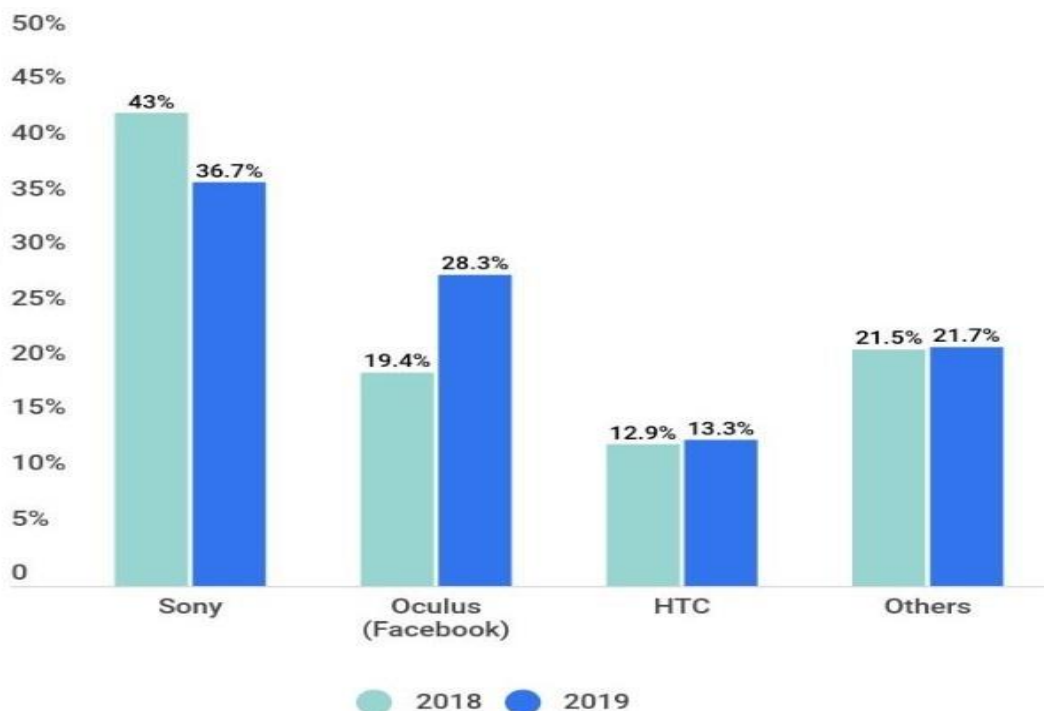
**Γράφημα 2.2:** Εκτιμάται πως το 2023 στις Η.Π.Α. θα υπάρχουν 65,9 εκ. χρήστες VR και 110.1 χρήστες AR συσκευών.



Πηγή: Zippia.com, 2023

Το 47% των Αμερικανών δηλώνει εξοικειωμένο με τις τεχνολογίες AR και VR. Παγκοσμίως οι χρήστες VR ξεπερνούν τα 170 εκατομμύρια. Το 57% των χρηστών είναι άνδρες και 43% είναι γυναίκες. Ειδικά για την VR η πλειοψηφία σε ποσοστό 69% δηλώνει ως μοναδικό ανασταλτικό παράγοντα την σχετικά υψηλή τιμή των συσκευών VR. Αν και οι τεχνολογίες αυτές βρίσκουν εφαρμογή σε πολλούς βασικούς οικονομικούς τομείς, όπως οι μεταφορές, η βιομηχανία ορυκτών καυσίμων, η εκπαίδευση, η υγεία, κλπ, εντούτοις είναι η βιομηχανία του gaming που ηγείται στην αγορά λόγω μεγέθους και ευρύτητας του κοινού στο οποίο απευθύνεται, με μερίδιο πάνω από 12 δις δολάρια. Οι εταιρείες που δραστηριοποιούνται στο χώρο βρίσκονται σε έντονο ανταγωνισμό προσφέροντας συνεχώς νέα και βελτιωμένα προϊόντα, προσδοκώντας σε κατάκτηση μεγαλύτερου μεριδίου. Η Sony κατέχει αυτή τη στιγμή το μεγαλύτερο μερίδιο με 36.7% (zippia.com, 2023).

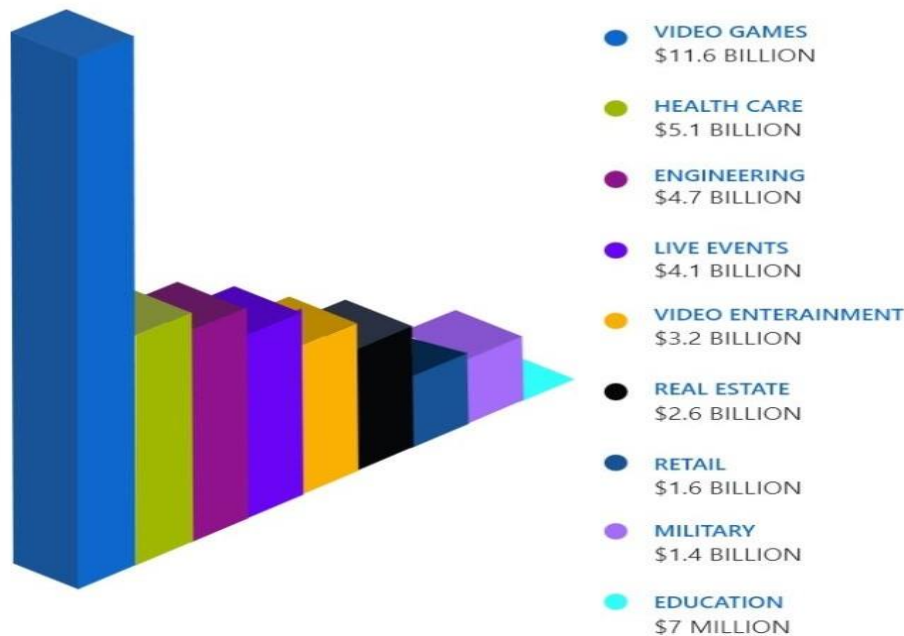
**Γράφημα 2.3: Παγκόσμιο μερίδιο Αγοράς VR ανά προμηθευτή**



Πηγή: Zippia.com, 2023

Ωστόσο η πρωτοκαθεδρία της βιομηχανίας gaming στους τομείς της AR και της VR, μπορεί να κλονιστεί, όσο άλλες εφαρμογές AR και VR σε τομείς βασικούς για τη βελτίωση του βιοτικού επιπέδου του ανθρώπου θα εξελίσσονται. Και ένας από τους σημαντικότερους τέτοιους τομείς με ευοίωνες προοπτικές είναι ο αυτός της Υγείας.

**Γράφημα 2.4: AR και VR: Όχι μόνο για παιχνίδια πλέον. Οι μεγαλύτερες βιομηχανίες Επαυξημένης και Εικονικής Πραγματικότητας: Τα οικονομικά μεγέθη δείχνουν ήδη τον τομέα της Υγείας στη δεύτερη θέση από απόψεως οικονομικών μεγεθών.**



Πηγή: asgatche, 2023

### 2.1.3 Τα όρια μεταξύ των «κόσμων»: Το συνεχές του Milgram

Εύλογα γεννάται πολλές φορές το ερώτημα για το που τελειώνει η πραγματικότητα, που ξεκινά η VR και πότε ένα περιβάλλον AR αρχίζει να μετασχηματίζεται με την προσθήκη όλο και περισσότερων γραφικών – εικονικών στοιχείων σε VR. Δηλαδή, αν θα μπορούσαμε να το θέσουμε αλλιώς, υπάρχουν αδιαπέραστα στεγανά σε αυτούς τους κόσμους; Το ερώτημα απασχόλησε από την αρχή τους Caudell και Mizzel. Μήπως η διαδρομή από την πραγματικότητα στην VR είναι ένα συνεχές «φάσμα», παρόμοιο με το γνωστό μας φάσμα του ορατού φωτός, στο οποίο αν και μπορούμε να εντοπίσουμε και να ξεχωρίσουμε διαφορετικές συχνότητες – χρώματα, εντούτοις το πέρασμα από το κάτω άκρο του φάσματος (ερυθρό) στο άνω άκρο (ιώδες) συντελείται με τρόπο συνεχή, αδιάλειπτο και αδιαχώριστο.

Οι Milgram και Kishino, αντιμετωπίζοντας αυτό το πρόβλημα το 1994, κατέληξαν ακριβώς σε αυτό το συμπέρασμα, δηλαδή στο συνεχές πραγματικότητας – εικονικότητας (Πασχαλίδου X., 2019). Για τη διατύπωση της θεωρίας τους,

χρησιμοποίησαν έναν συνδετικό κρίκο, μια περιοχή ανάμεσα στην AR και την VR την οποία ονόμασαν Επαυξημένη Εικονικότητα δημιουργώντας έτσι ένα συνεχές πλέγμα πληροφορίας που εκτείνεται από το εντελώς πραγματικό μέχρι το εντελώς εικονικό. Η μετάβαση από την Επαυξημένη Πραγματικότητα στην Επαυξημένη Εικονικότητα είναι συνάρτηση του βαθμού αύξησης της εικονικότητας της πληροφορίας σε σχέση με το πραγματικό περιβάλλον. Έτσι όταν μεγάλο μέρος της πληροφορίας προέρχεται από τον πραγματικό κόσμο μιλάμε για Επαυξημένη Πραγματικότητα, ενώ όταν μεγάλο μέρος της πληροφορίας προέρχεται από τον εικονικό κόσμο μιλάμε για Επαυξημένη Εικονικότητα (Καλτσίκη Α., 2020).

Σημαντικό αποτέλεσμα αυτής της προσέγγισης, είναι ο ορισμός μιας συνεχούς περιοχής ανάμεσα στην πραγματικότητα και την εικονικότητα, την οποία ο Milgram όρισε ως Μικτή Πραγματικότητα – (Mixed Reality, MR) (Milgram et al., 1994).



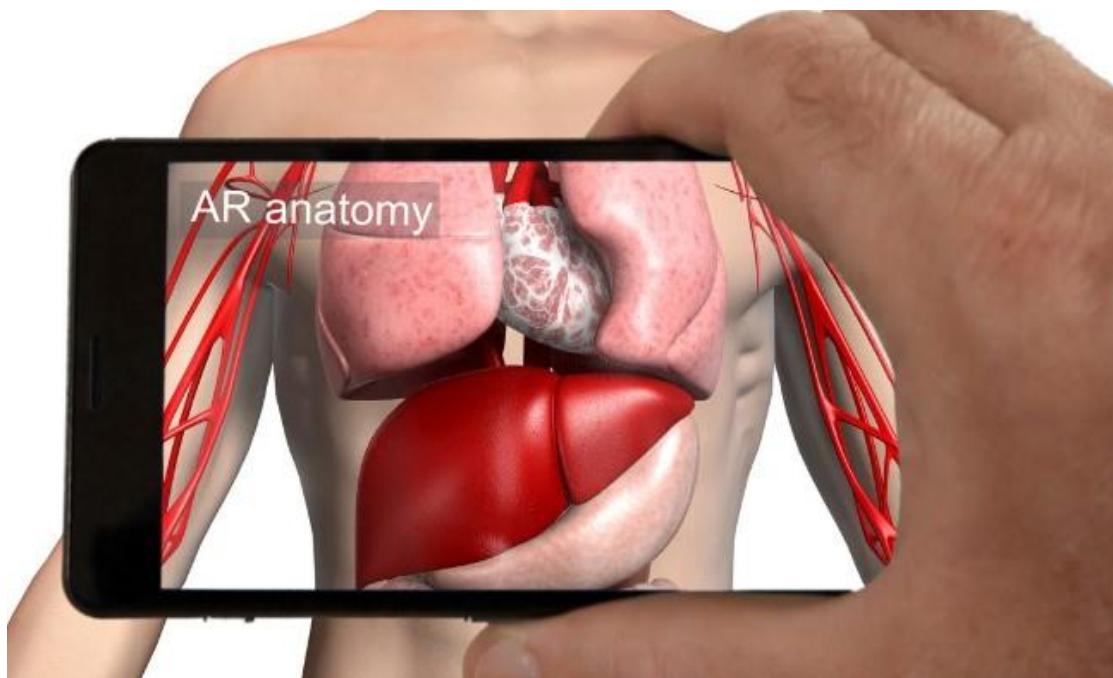
**Εικόνα 2.14: Απεικόνιση του συνεχούς του Milgram. Milgram et. al., 1994, ίδια επεξεργασία.**

Η σημασία κατανόησης της MR έγκειται στο γεγονός πως πολλά συστήματα και εφαρμογές AR κινούνται ολοένα και περισσότερο από τον χώρο της Επαυξημένης Εικονικότητας προς την Εικονική Πραγματικότητα. Για αυτόν τον λόγο γίνεται όλο και συχνότερα η χρήση του όρου MR αντί για τον όρο AR στις εφαρμογές αυτές. Άλλοι πάλι, θέλοντας να αποφύγουν εντελώς τις ορολογίες που αντιστοιχούν σε διαφορετικά «ποσοστά» πραγματικότητας – εικονικότητας, χρησιμοποιούν απλώς τον όρο Extended Reality, XR ο οποίος περιλαμβάνει όλο το φάσμα.

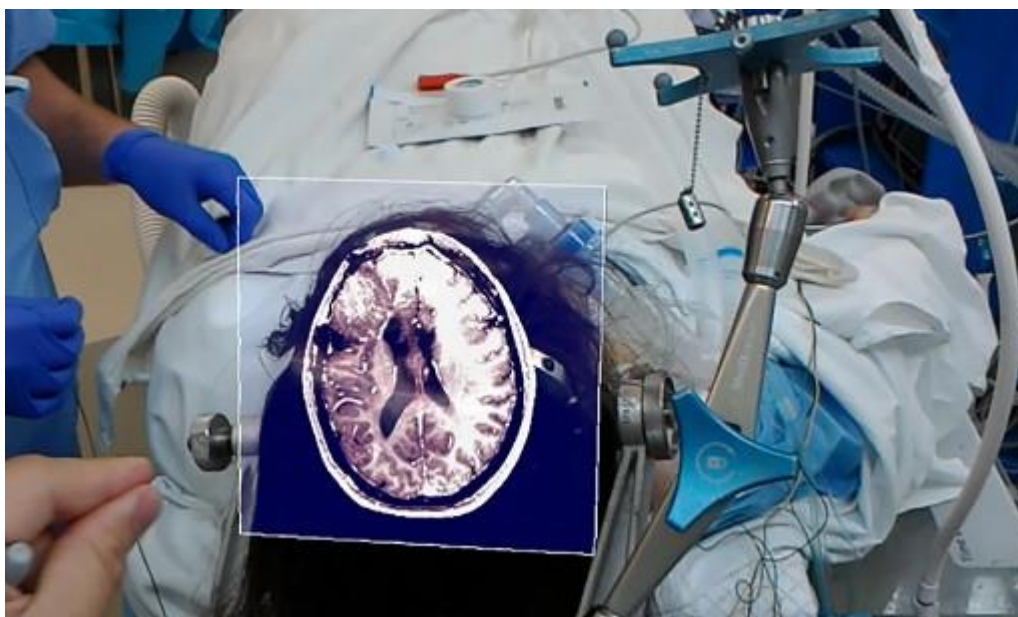
## Κεφάλαιο 3ο: Η Επαυξημένη και η Εικονική Πραγματικότητα στον Τομέα της Υγείας: Δυνατότητες, Συστήματα και Εφαρμογές

### 3.1. AR, VR και Υγεία

Οι τομείς της ιατρικής που ωφελούνται από την τεχνολογία AR - MR , είναι πολλοί. Κατ' αρχήν οι εκπαιδευόμενοι και οι φοιτητές της ιατρικής έχουν πλέον τη δυνατότητα να πραγματοποιούν χειρουργικές επεμβάσεις σε ένα περιβάλλον ελεγχόμενο, επιτηρούμενο και πολύ πιο ασφαλές για τους ίδιους αλλά κυρίως για τους ασθενείς, αφού η AR επιτρέπει βελτιωμένη αντίληψη τόσο του προβλήματος, όσο και της εικόνας του ασθενούς. Έτσι είτε μιλάμε για εκπαίδευση πάνω σε τομείς όπως π.χ. η ανατομία, είτε μιλάμε για τη λειτουργία και τον εξοπλισμό ενός μαγνητικού τομογράφου, είτε για την πραγματοποίηση μιας πολύπλοκης χειρουργικής επέμβασης, η AR μπορεί να ενισχύσει σημαντικά τα αποτελέσματα τόσο της εκπαίδευσης, όσο και της διάγνωσης αλλά και της θεραπείας.



Εικόνα 3.1: Η ανατομία είναι ένας από τους τομείς της ιατρικής που ωφελείται τα μέγιστα από τη χρήση. (MR. DICOM Director, 2021).



**Εικόνα 3.2:** Η νευροχειρουργική είναι ένας τομέας παροχής υπηρεσιών υγείας ο οποίος χρησιμοποίησε από νωρίς και συνεχίζει να χρησιμοποιεί την τεχνολογία επανυξημένης πραγματικότητας. (Arnaldi et al., 2018).

Συνοψίζοντας τις δυνατότητες της AR στον τομέα της Υγείας, μπορούμε να αναφέρουμε τα εξής:

- Οι γιατροί μπορούν να χρησιμοποιούν την AR για να προετοιμαστούν για χειρουργική επέμβαση και να ενισχύσουν την εμπιστοσύνη με τους ασθενείς. Και αυτό συμβαίνει διότι η επανυξημένη πραγματικότητα μπορεί να βοηθήσει τους ασθενείς να οπτικοποιήσουν το πρόβλημα και τη θεραπεία, γεγονός που καθιστά τη διαδικασία της ενημέρωσης πληρέστερη και την συναίνεση του ασθενούς ισχυρότερη, ταχύτερη και βασισμένη στη γνώση. Οι γιατροί μπορούν να χρησιμοποιήσουν εργαλεία όπως το Microsoft HoloLens Headset για να μεταφέρουν πληροφορίες σχετικές με την θεραπεία στους ασθενείς καθιστώντας σαφή τα οφέλη αλλά και τους κινδύνους που συνδέονται με την θεραπεία.
- Οι εκπαιδευόμενοι, ειδικευόμενοι και οι φοιτητές ιατρικής μπορούν να αξιοποιούν την AR για να εξασκήσουν ιατρικές διαδικασίες σε τρισδιάστατα μοντέλα και όχι σε πραγματικούς ασθενείς, γεγονός που μειώνει τον κίνδυνο για τους ασθενείς και βοηθά τους μαθητές να βελτιώσουν τις δεξιότητές τους με αυτοπεποίθηση και ασφάλεια. Επειδή η AR μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αναδημιουργία του ανθρώπινου σώματος, επιτρέπει στους εκπαιδευόμενους να αλληλεπιδρούν ψηφιακά με τα όργανα του σώματος,

καθώς η AR παράγει κινούμενα ή τρισδιάστατα μοντέλα μεμονωμένων ανθρώπινων δομών ή συστημάτων. Δεν πρέπει να υποτιμάται και η δυνατότητα παράθεσης πλαισίων κειμένων εντός του περιβάλλοντος της AR που μπορούν να περιλαμβάνουν ονόματα οστών, χαρακτηριστικά, λειτουργίες και άλλα εκπαιδευτικά και επεξηγηματικά δεδομένα και πληροφορίες.

- Το προσωπικό των επειγόντων περιστατικών (μεταφορείς, νοσηλευτές, ιατροί διακομιδών κλπ) μπορεί με τη χρήση Headsets AR να συνεργαστούν εξ' αποστάσεως άμεσα με τους γιατρούς και να λάβουν γνώσεις και οδηγίες από ειδικούς σχετικά με τον τρόπο παροχής των κατάλληλων πρώτων βοηθειών και φροντίδας σε θύματα ατυχημάτων. Το Headset μπορεί να προβάλλει πληροφορίες του ασθενούς σε μια απομακρυσμένη οθόνη γιατρού. Στη συνέχεια, ο γιατρός μπορεί να μοιραστεί προφορικές ή γραφικές οδηγίες για να βοηθήσει το προσωπικό που αντιμετωπίζει το περιστατικό να σταθεροποιήσει τον ασθενή.
- Το προσωπικό των Πρώτων Βοηθειών μπορεί να αξιοποιήσει την AR στην εξάσκηση τεχνικών CPR (Cardiopulmonary Resuscitation, Καρδιοπνευμονική Αναζωογόνηση, ή Ανάνηψη, ΚΑΡΠΑ) και άλλων μεθόδων (αντιμετώπιση πνιγμού ή πνιγμονής) προκειμένου να προετοιμαστούν για έκτακτες ανάγκες σε πραγματικές συνθήκες. Έτσι ένας εκπαιδευόμενος μπορεί να εκτελεί ΚΑΡΠΑ σε ένα φυσικό αντικείμενο (Dummy, ανδρείκελο - κούκλα) ενώ ταυτόχρονα να βλέπει τα αποτελέσματα της δράσης του στον εικονικό ασθενή προσομοιώνοντας έτσι διαφορετικές αντιδράσεις σε διαφορετικά ερεθίσματα και τεχνικές. (dicomdirector.com, 2021).

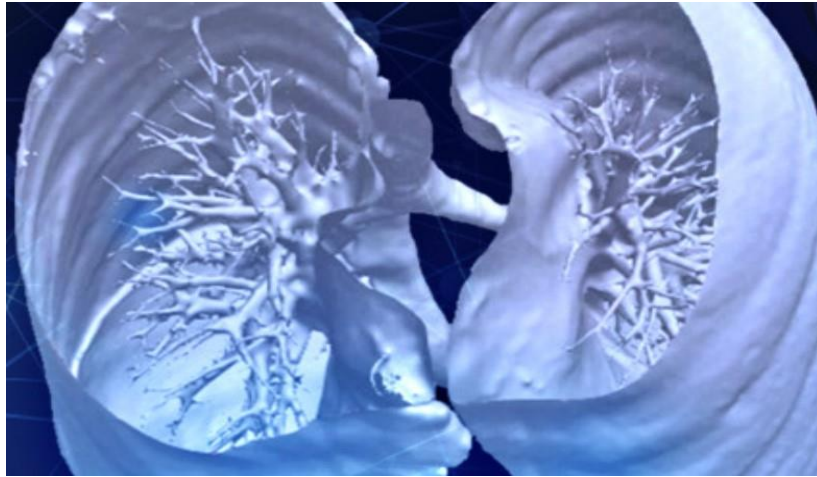
Επιπλέον, στα οφέλη της χρήσης AR στην υγειονομική περίθαλψη, πέρα από τη ρεαλιστική εξάσκηση και εκπαίδευση, πρέπει να προσθέσουμε και την οικονομία και την υψηλή αποδοτικότητα. Είναι σε όλους γνωστή η πρακτική διενέργειας τομών και εξάσκησης πάνω σε πτώματα, διαδικασία η οποία συνήθως είναι και δαπανηρή καθώς προϋποθέτει το κατάλληλο φυσικό περιβάλλον (νεκροτομείο, εργαστήριο, μηχανήματα, χώρους για τους εκπαιδευόμενους, προσωπικό, κλπ). Από την άλλη, η τεχνολογία AR είναι άμεσα διαθέσιμη με ένα κλάσμα αυτού του κόστους και μπορεί εύκολα να ενσωματωθεί σε εγκαταστάσεις υγειονομικής περίθαλψης ή σε αίθουσες διδασκαλίας μιας ιατρικής σχολής. Επιπλέον εκλείπει και το πρόβλημα διάθεσης

αποβλήτων (σωματικών, ή υλικών – υγρών – αντιδραστηρίων – αναλωσίμων – καθαριστικών, κλπ). Κατ' αυτόν το τρόπο επιτυγχάνεται μέγιστη οικονομία και αποδοτικότητα (dicomdirector.com, 2021). Συνεκτιμώντας λοιπόν όλα τα παραπάνω θετικά στοιχεία και οφέλη της χρήσης MR στον τομέα της Υγείας, είναι λογικό επακόλουθο η ανάπτυξη εξειδικευμένων εφαρμογών από διάφορες εταιρείες που δραστηριοποιούνται στον χώρο της παροχής υπηρεσιών Υγείας.

### **3.1.1 Dicom Director: Intravision XR. Η τρισδιάστατη χειρουργική μοντελοποίηση βελτιώνει τα αποτελέσματα για τους ασθενείς**

Το Intravision XR είναι ένα εργαλείο ιατρικού λογισμικού, τρισδιάστατου μοντέλου απεικόνισης το οποίο τρέχει στο cloud. Αυτοματοποιεί τη διαδικασία δημιουργίας τρισδιάστατων μοντέλων και επιτρέπει την οπτικοποίησή τους. Τα πλήρως διαμορφωμένα τρισδιάστατα μοντέλα μπορούν να δημιουργηθούν χρησιμοποιώντας ως πληροφορίες εισαγωγής ένα σύνολο δεδομένων, όπως π.χ. αξονικές τομογραφίες και μαγνητικές τομογραφίες. Τα μοντέλα περιέχουν πλήρεις ανατομικές λεπτομέρειες, συμπεριλαμβανομένων των χωρικών σχέσεων μεταξύ των οργάνων και της εσωτερικής τους δομής. Έτσι καθίσταται δυνατό να απεικονιστούν σωστά χωροταξικά τα διάφορα όργανα, αλλά και λεπτομερώς. Ο χρήστης - ιατρός - διαγνώστης, μπορεί να δει τα αγγεία των οργάνων, τα νεοπλάσματα και τις ανωμαλίες in situ (επί τόπου) εντός συγκεκριμένων δομών.

Τα μοντέλα προβάλλονται με απaráμιλλη οπτική λεπτομέρεια χρησιμοποιώντας συσκευές AR, (αλλά και VR) ή ακόμα και απλές-τυπικές οθόνες (τηλέφωνο, tablet, υπολογιστή). Ωστόσο, όπως είναι λογικό, η βελτιωμένη προβολή των μοντέλων-εικόνων σε ειδικές συσκευές επαυξημένης ή εικονικής πραγματικότητας είναι αναμφισβήτητα πιο ρεαλιστικός και αποδοτικός τρόπος προβολής των ανατομικών δομών. Από τη στιγμή που οι σαρώσεις είναι 3D (τρειςδιάστατες), θα ήταν άλλωστε παράλογο να μη γίνει εκμετάλλευση των δυνατοτήτων που παρέχει η τεχνολογία MR.



**Εικόνα 3.3:** Τρισδιάστατη απεικόνιση οργάνων στην οποία εμφανίζονται με λεπτομέρειες η δομή των οργάνων, αλλά και η θέση των διαφόρων αγγείων μέσα σε αυτά. (Dicomdirector.com, 2023).

Σύμφωνα με τον Νευροχειρουργό Julio Samraio, τα αποτελέσματα είναι εξόχως ενθαρρυντικά και θετικά, τόσο για τους επαγγελματίες της Υγείας οι οποίοι μπορούν να κάνουν καλύτερα τη δουλειά τους, όσο και για τους ίδιους τους ασθενείς. Σχετικά με συγκεκριμένη περίπτωση χρήσης της εφαρμογής Intravision XR, αναφέρεται χαρακτηριστικά ότι: «Ο ασθενής πήρε εξιτήριο 48 ώρες μετά το χειρουργείο με βελτιωμένα νευρολογικά χαρακτηριστικά (ομιλία και μνήμη εργασίας) και χωρίς νέα προβλήματα. Καταφέραμε να αφαιρέσουμε το 90% του όγκου. Η εφαρμογή Intravision XR μας έδωσε βασικές πληροφορίες σχετικά με το σημείο εισόδου και τις διαδρομές που έπρεπε να ακολουθήσουμε, καθώς και μια εκπληκτική τρισδιάστατη προβολή που δείχνει τα σημαντικά σημεία του όγκου και της πλάγιας κοιλίας» (Dicomdirector.com, 2023).

### **3.1.2 Τρόπος λειτουργίας Intravision XR**

Η χρήση του συστήματος γίνεται σε τρία βήματα:

1. Μια σάρωση (μαγνητική τομογραφία, αξονική τομογραφία), φορτώνεται στο πρόγραμμα.
2. Μετά το πρόγραμμα δημιουργεί ένα τρισδιάστατο μοντέλο με δυνατότητα απεικόνισης από κάθε πλευρά.
3. Κατόπιν το τρισδιάστατο αυτό μοντέλο χρησιμοποιείται για:
  - a. Διεγχειρτική καθοδήγηση
  - b. Εν επιγνώσει συναίνεση του ασθενούς
  - c. Προεγχειρητικό σχεδιασμό

#### d. Μετεγχειρητική ανάλυση

Σύμφωνα με τα στοιχεία που παρέχει ο κατασκευαστής, το Intravision XR διαφέρει από άλλες παρόμοιες εφαρμογές τρισδιάστατης απεικόνισης μοντέλων, καθώς η διαδικασία μοντελοποίησης είναι αυτοματοποιημένη. Επιπλέον τα μοντέλα είναι ανατομικά σωστά τόσο εξωτερικά όσο και εσωτερικά, ενώ παράλληλα μπορούν να είναι διαθέσιμα και σε άλλες πλατφόρμες. Δεν υπάρχει αναμονή για μετα-επεξεργασία και τα αποτελέσματα εμφανίζονται άμεσα. Αυτό έχει ως πλεονέκτημα ότι στην περίπτωση που το αποτέλεσμα δεν είναι ακριβώς το επιθυμητό, μπορεί να εξαχθεί γρήγορα νέο μοντέλο, προσαρμόζοντας αναλόγως τις παραμέτρους της μεθόδου δημιουργίας, και έτσι να ληφθούν απεικονιστικά οι επιθυμητές λεπτομέρειες. Στη συνέχεια, οι 3D εικόνες μπορούν να προβληθούν σε οποιαδήποτε συσκευή.



Εικόνα 3.4: Με τη χρήση κατάλληλου Headset ο χειριστής μπορεί να επεξεργαστεί το παραγόμενο 3D μοντέλο, να το περιστρέψει, να δει στο εσωτερικό του, να επισημάνει με συγκεκριμένο χρώμα περιοχές, κλπ. Με αυτόν τον τρόπο μπορεί να έχει μια άριστη εικόνα της περιοχής της εγχείρησης, αποφεύγοντας απρόοπτα και εκπλήξεις κατά τη διάρκεια της επέμβασης (DicomDirector.com, 2023).

Το σύστημα Intravision XR ξεχωρίζει διότι παρέχει:

##### 1. Πλήρη Ανατομική Οπτικοποίηση, δηλαδή:

- a. Τα μοντέλα αντιστοιχούν σε ανατομική αναπαράσταση όλων των διαστάσεων (χώρος) και όχι απλά της επιφανείας ή του όγκου του απεικονιζόμενου - εξεταζόμενου οργάνου.

- b.** Δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να δει εσωτερικές ιστολογικές δομές εντός των οργάνων.
- c.** Το όργανο, ή το επίμαχο σημείο αυτού, δύναται να ιδωθεί από οποιαδήποτε γωνία ή και μεγέθυνση.
- d.** Παρέχεται η δυνατότητα αλλαγής κλίμακας του μοντέλου, περιστροφής ή εστίασης κλπ και από άλλες συσκευές.

## **2. Ταχύτητα**

- a.** Η γρήγορη παραγωγή αποτελεσμάτων επιτρέπουν τον επανασχεδιασμό και τη διεξαγωγή διαφορετικών σεναρίων σε σύντομο χρονικό διάστημα, με αποτέλεσμα την ταχύτερη επίτευξη του επιθυμητού στόχου.
- b.** Στιγμιαία μεταφόρτωση των μοντέλων σε διακομιστή στο cloud
- c.** Δημιουργία μοντέλου μέσα σε 2 έως 15 λεπτά ανάλογα με την πολυπλοκότητα των κριτηρίων επιλογής.
- d.** Γρήγορη τμηματοποίηση, χρωματισμός και σκίαση περιοχών που ορίζονται από το χρήστη.

## **3. Ευκολία χρήσης**

- a.** Τα αποτελέσματα είναι άμεσα αξιοποιήσιμα από τον χρήστη, χωρίς την ανάγκη παρέμβασης άλλου εξειδικευμένου προσωπικού.
- b.** Cloud-based εφαρμογή η οποία δεν απαιτεί εγκατάσταση τοπικά.
- c.** Λεπτομερείς οδηγίες χρήσης και εκμάθησης της εφαρμογής μέσω video.
- d.** Φιλική προς το χρήστη διεπαφή (user friendly interface).
- e.** Εξειδικευμένο προσωπικό υποστήριξης πελατών.

### **3.1.3 Σε ποιους απευθύνεται το Intravision XR**

Το σύστημα Intravision XR απευθύνεται σε μια μεγάλη γκάμα χρηστών – παρόχων υπηρεσιών υγείας, κυρίως ιατρικού προσωπικού και προσωπικού ακτινοδιαγνωστικών κέντρων. Οι ωφελούμενες ιατρικές και άλλες ειδικότητες είναι δεκάδες, ενδεικτικά αναφέρονται: Χειρουργοί, Γενικοί Χειρουργοί, Ογκολόγοι, Τραυματοχειρουργοί, Αγγειοχειρουργοί, Καρδιοθωρακοχειρουργοί, Παιδοχειρουργοί, Πλαστικοί & Επανορθωτικοί Χειρουργοί, Ουρολόγοι, Γυναικολόγοι, Νευροχειρουργοί, Ορθοπαιδικοί Χειρουργοί κ.α.

Πέρα από τους ιατρούς της επεμβατικής ιατρικής, χρήση των δυνατοτήτων του Intravision XR μπορούν να κάνουν και άλλες ειδικότητες, όπως Ακτινοδιαγνώστες και Ακτινολόγοι, Πνευμονολόγοι, Καρδιολόγοι, αλλά και Παιδαγωγοί, Φοιτητές Ιατρικής – Νοσηλευτικής – Φυσικοθεραπείας, κλπ.

Αν και η τεχνολογία Intravision XR δεν είναι προς το παρόν εγκεκριμένη από τον FDA για κλινική χρήση, ωστόσο συνιστάται η χρήση της για ερευνητικούς και ενημερωτικούς σκοπούς. Η υπηρεσία είναι συνδρομητική και οι τιμές ξεκινούν από 1.500 δολάρια/μήνα για ένα χρήστη, και κλιμακώνονται αναλόγως.

### **3.2 Stanford Medicine: The Stanford Virtual Heart, Επανάσταση στην εκπαίδευση για τις συγγενείς καρδιακές ανωμαλίες**

Οι παιδοκαρδιολόγοι στο Παιδιατρικό Νοσοκομείο Lucile Packard του Στάνφορντ χρησιμοποιούν τεχνολογία «εμβύθισης» - εικονικής πραγματικότητας (VR) για να εξηγήσουν περίπλοκες συγγενείς καρδιακές ανωμαλίες, οι οποίες συνιστούν μερικές από τις πλέον δύσκολες ιατρικές καταστάσεις τόσο για διδασκαλία όσο και κατανόηση. Η εφαρμογή «Virtual Heart» του Stanford βοηθά τις οικογένειες να κατανοήσουν την καρδιακή πάθηση του παιδιού τους χρησιμοποιώντας ένα νέο είδος διαδραστικής απεικόνισης που ξεπερνά κατά πολύ τα διαγράμματα, τα πλαστικά μοντέλα και τα χειροποίητα σκίτσα (stanfordchildrens.org, 2023).



**Εικόνα 3.5: The Stanford Virtual Heart. Μέθοδοι απεικόνισης με πλαστικά μοντέλα, σχεδιαγράμματα και σκαριφήματα θεωρούνται παρωχημένες και δίνουν τη θέση τους στις νέες τεχνολογίες απεικόνισης XR (stanfordchildrens.org, 2023).**

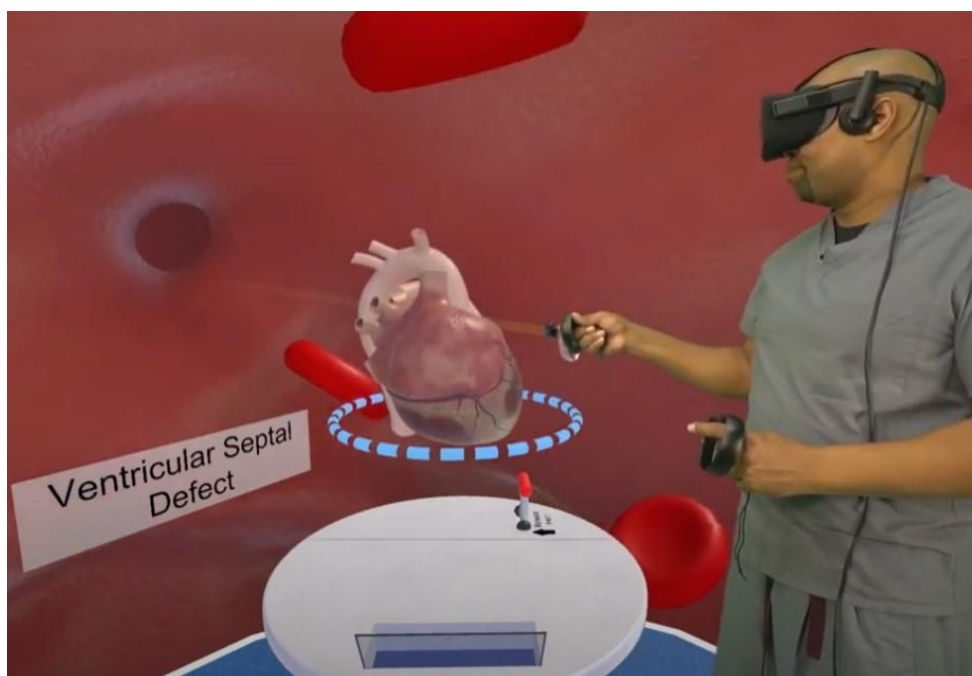
Για τους εκπαιδευόμενους ιατρικής, η εφαρμογή «Virtual Health» παρέχει έναν καθηλωτικό και ταυτοχρόνως συναρπαστικό νέο τρόπο για να μάθουν σχετικά με περισσότερες από 20 από τις πιο κοινές και πολύπλοκες συγγενείς ανωμαλίες της καρδιάς, επιτρέποντάς τους να εξετάσουν - επιθεωρήσουν αλλά και να χειριστούν την προσβεβλημένη καρδιά και να «περπατήσουν» μέσα της για να δουν πώς ρέει το αίμα. Πολύ σημαντικότερο είναι όμως ότι οι εκπαιδευόμενοι έχουν τη δυνατότητα να παρακολουθήσουν και να μελετήσουν τους τρόπους με τους οποίους ένα συγκεκριμένο συγγενές ελάττωμα παρεμβαίνει στη φυσιολογική λειτουργία της καρδιάς. «Η καρδιά είναι ένα περίπλοκο τρισδιάστατο όργανο και είναι πραγματικά δύσκολο να περιγράψει κανείς τι συμβαίνει μέσα της - ειδικά όταν κάτι δεν πάει καλά», δήλωσε ο David M. Axelrod, MD, κλινικός επίκουρος καθηγητής παιδοκαρδιολογίας στο Πανεπιστήμιο του Στάνφορντ. Επιπλέον όχι μόνον οι επαγγελματίες της υγείας, αλλά και οι ίδιοι οι ασθενείς έχουν την δυνατότητα να δουν οπτικοποιημένο το πρόβλημα της υγείας τους, κατανοώντας το πολύ καλύτερα, χωρίς δύσκολους τεχνικούς όρους και χωρίς εξειδικευμένες γνώσεις ιατρικής ορολογίας. Το γνωστό ρητό «μία εικόνα ισούται με χίλιες λέξεις», βρίσκει πλήρη εφαρμογή καθώς «η εικονική πραγματικότητα εξαλείφει μεγάλο μέρος της πολυπλοκότητας αφήνοντας τους ανθρώπους να μπουν μέσα στην καρδιά και να δουν οι ίδιοι τι συμβαίνει. Αξίζει πολύ περισσότερο από χίλιες λέξεις» (stanfordchildrens.org, 2023).

Οι φοιτητές της Ιατρικής Σχολής του Πανεπιστημίου του Στάνφορντ χρησιμοποιούν ήδη την εφαρμογή «Virtual Heart» για να μάθουν για τις συγγενείς καρδιακές ανωμαλίες αλλά και για να οπτικοποιήσουν τις διαδικασίες που χρησιμοποιούν οι παιδοκαρδιοχειρουργοί για να διορθώσουν αυτές τις ανωμαλίες. Οι φοιτητές της ιατρικής αναφέρουν ότι η XR είναι ο πιο συναρπαστικός τρόπος για να μάθει κάποιος ανατομία, ξεπερνώντας κατά πολύ τα σχολικά βιβλία, τα μοντέλα – ανδρείκελα, τα διαδικτυακά βίντεο, αλλά και τις παραδοσιακές μεθόδους με τα μαθήματα πάνω σε πτώματα. Για τους παραπάνω λόγους, η εφαρμογή εγκαθίσταται πιλοτικά και σε 20 παιδοκαρδιολογικά κέντρα και εκπαιδευτικά ιδρύματα σε όλο τον κόσμο. Σκοπός του πιλοτικού αυτού προγράμματος είναι να μελετήσει μια σειρά παραγόντων, συμπεριλαμβανομένου του τρόπου χρήσης της τεχνολογίας και του τρόπου με τον οποίο μπορεί να βελτιωθεί η εμπειρία του χρήστη. Πολύ σημαντικό, πέρα από τους εκπαιδευτικούς σκοπούς, είναι να ερευνηθεί και κατά πόσο είναι αποτελεσματική η χρήση VR στο να βοηθηθούν οι ασθενείς και οι οικογένειές τους

να κατανοήσουν τις συγγενείς καρδιακές παθήσεις τους, σε σύγκριση με τις υπάρχουσες μεθόδους εξήγησης (stanfordchildrens.org, 2023).

### 3.2.1 Πως λειτουργεί η εφαρμογή «Virtual Heart» του Πανεπιστημίου του Στάφορντ

Για τη χρήση της εφαρμογής «Virtual Heart» του Stanford, οι χρήστες φορούν ένα VR Headset και χρησιμοποιούν τηλεχειριστήρια για να αλληλεπιδρούν με το πρόγραμμα και την εικονική καρδιά. Μπορούν να περιστρέψουν την καρδιά, να την ανοίξουν και να εξετάσουν τα διάφορα τμήματά της, συμπεριλαμβανομένων των διαφόρων καρδιακών ελαττωμάτων. Στη συνέχεια, μπορούν να «τηλεμεταφερθούν» μέσα στην καρδιά για να δουν το εσωτερικό των κόλπων και των κοιλιών, αλλά και των αγγείων της καρδιάς και να παρακολουθήσουν την κυκλοφορία του αίματος μέσα σε αυτά και σε όλη την καρδιά. Μόλις μπουν μέσα, οι χρήστες μπορούν να δουν ακριβώς πού υπάρχει το ελάττωμα, όπως για παράδειγμα μια οπή στο διάφραγμα ή μια ακατάλληλα συνδεδεμένη βαλβίδα (και τα δύο κοινά συγγενή ελαττώματα της καρδιάς). Με την επίβλεψη και καθοδήγηση ενός γιατρού, ο ασθενής μπορεί πιο εύκολα να καταλάβει πώς τα ράμματα μπορούν να κλείσουν μια οπή ή πώς θα επισκευαστεί μια βαλβίδα στο χειρουργικό τραπέζι.



**Εικόνα 3.6: The Stanford Virtual Heart.** VR αναπαράσταση που απεικονίζει τρύπα στο διάφραγμα (τοιχώμα) που χωρίζει τους δύο κατώτερους θαλάμους (κοιλίες) της καρδιάς. Η εφαρμογή «Virtual Heart» μπορεί να αναπαραστήσει τόσο το πρόβλημα αυτό καθ' αυτό, όσο και τα βήματα που θα ακολουθηθούν για την εξάλειψή του (stanfordchildrens.org, 2023).



**Εικόνα 3.7: The Stanford Virtual Heart. Ο χρήστης (Ιατρός – Εκπαιδευόμενος ή ακόμα και ο ίδιος ο ασθενής), «τηλεμεταφέρεται» εντός της παλλόμενης καρδιάς, όπου μπορεί να δει τις κινήσεις των αιμοσφαιρίων του αίματος, τυχόν «διαρροές» λόγω ελαττωμάτων των τοιχωμάτων της καρδιάς, τη λειτουργία των βαλβίδων, κλπ (stanfordchildrens.org, 2023).**

Το πρόγραμμα Stanford «Virtual Heart» σχεδιάστηκε από καρδιολόγους και ειδικούς καρδιοθωρακικής χειρουργικής του Stanford, μαζί με παραγωγούς εκπαιδευτικού περιεχομένου VR της Lighthouse Inc. Το πρόγραμμα είναι διαθέσιμο για παιδιά ηλικίας 13 ετών και άνω και στους γονείς και τους φροντιστές τους, καθώς και σε φοιτητές ιατρικής. Οι γιατροί λένε ότι η νέα τεχνολογία καθιστά πολύ πιο εύκολο για όλους να κατανοήσουν τα συγγενή καρδιακά προβλήματα καθώς οι εικονικές εμπειρίες αποτελούν ένα ορόσημο στην ιατρική εκπαίδευση που θα επιτρέψει στους μαθητές να απορροφήσουν ανατομικές και φυσιολογικές έννοιες γρηγορότερα και πιο αποτελεσματικά. Καρδιολόγοι από όλο τον κόσμο που δοκίμασαν το πρόγραμμα συμφώνησαν στη δυνατότητα της VR να αναδιαμορφώσει την ιατρική εκπαίδευση, συμπεριλαμβανομένης της καρδιολογίας. Πιστεύεται ότι η τεχνολογία VR θα είναι σπάνταρ σε νοσοκομεία και ιατρικές σχολές μέσα στα επόμενα λίγα χρόνια. «Είναι πολύ πιο εύκολο να αντιληφθεί και να κατανοήσει κανείς την ανατομία ενός οργάνου, όταν μπορεί να δει και να αλληλεπιδράσει με ένα ζωντανό εικονικό σώμα» (stanfordchildrens.org, 2023).

Η εφαρμογή Stanford «Virtual Heart» έχει ήδη χαρακτηριστεί ως μία από τις πιο συναρπαστικές εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας από τον ιδρυτή και διευθύνοντα σύμβουλο του Facebook Mark Zuckerberg κατά τη διάρκεια της κεντρικής ομιλίας του στο συνέδριο Oculus Connect, τον Οκτώβριο του 2017. Άλλωστε η εφαρμογή σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε με την υποστήριξη της Oculus, θυγατρικής της Facebook. Το project βρίσκεται συνεχώς σε κατάσταση ανανέωσης και εμπλουτισμού με όλο και περισσότερα προβλήματα που αφορούν την καρδιά, με τελικό στόχο να καλυφθούν συνολικά 25 διαφορετικές καρδιοπάθειες. Οι σκοποί του είναι κυρίως εκπαιδευτικοί και δεν στοχεύει στη χειρουργική εκπαίδευση υποψήφιων καρδιοχειρουργών. Το κόστος για μια οικογένεια ή ένα εργαστήριο που θα ήθελε να συμμετέχει στο project ανέρχεται στο ποσό του απαραίτητου VR εξοπλισμού, δηλαδή περίπου στα 1.500 ευρώ (linkedin, 2017).

### **3.3 Novartis, CAR-T Therapy VR training**

Η Novartis AG είναι μία ελβετική πολυεθνική φαρμακευτική εταιρεία με έδρα τη Βασιλεία της Ελβετίας. Είναι μία από τις μεγαλύτερες φαρμακευτικές εταιρείες τόσο ως προς την κεφαλαιοποίηση αγοράς όσο και ως προς τις πωλήσεις. Σε συνεργασία με την Cassette και τους ειδικούς ιατρικών επικοινωνιών της Synergy ανέπτυξε ένα εκπαιδευτικό εργαλείο εικονικής πραγματικότητας, με σκοπό την εκπαίδευση των επαγγελματιών υγείας σχετικά με την αποθεραπεία ασθενών μετά τη θεραπεία CAR-T (Chimeric Antigen Receptor, θεραπεία με χμαιορικό αντιγονικό υποδοχέα T-κυττάρων) . Πρόκειται για μία θεραπεία η οποία χρησιμοποιείται για την καταπολέμηση ορισμένων καρκίνων του αίματος, ενώ μελετάται η επίδρασή της και στη θεραπεία άλλων τύπων καρκίνου. Ουσιαστικώς είναι μία νέα μέθοδος ανοσοθεραπείας για τον καρκίνο η οποία χρησιμοποιεί κύτταρα του ανοσοποιητικού συστήματος που ονομάζονται T κύτταρα. Αυτά εξάγονται από τον οργανισμό του καρκινοπαθούς και κατόπιν τροποποιούνται γενετικά σε ένα εργαστήριο με τρόπο που να τους δίνει την δυνατότητα, αφού επανεισαχθούν στον οργανισμό του ασθενούς, να εντοπίζουν και να καταστρέφουν τα καρκινικά κύτταρα πιο αποτελεσματικά (pennmedicine.org, 2023). Πολλές φορές η ανοσοθεραπεία αποτελεί την τελευταία γραμμή άμυνας απέναντι στον καρκίνο. Ωστόσο οι ανεπιθύμητες παρενέργειες μπορεί να περιλαμβάνουν πυρετό και ρίγη, ζάλη ή πονοκέφαλο, κόπωση και πόνους στους μύες ή στις αρθρώσεις, ναυτία, έμετο ή διάρροια, ταχυκαρδίες, χαμηλή αρτηριακή πίεση, δυσκολία στην αναπνοή, διαταραχές στην

ισορροπία κ.α. Συνεπώς η σωστή εκπαίδευση των επαγγελματιών υγείας, τόσο όσον αφορά την εφαρμογή της μεθόδου όσο και τις ανεπιθύμητες παρενέργειες κατά την αποθεραπεία, αποτελεί βασικό στόχο κάθε εκπαιδευτικού προγράμματος.

«Δημιουργήσαμε μια εμπειρία εκπαίδευσης VR για πρωτοποριακή θεραπεία του καρκίνου» (tro.com, Novartis, 2022).



**Εικόνα 3.8:** Με την εφαρμογή CAR-T VR Training της Novartis, οι επαγγελματίες υγείας μπορούν να εκπαιδευτούν στην αντιμετώπιση πλήθους ανεπιθύμητων παρενεργειών της μεθόδου CAR-T μεταμόσχευσης κυττάρων (tro.com, Novartis, 2022).

Το σύστημα VR της Novartis προσφέρει μια προσομοίωση για την εκπαίδευση των επαγγελματιών υγείας σχετικά με τις διαδικασίες θεραπείας για τους ασθενείς που παρουσιάζουν παρενέργειες όπως CRS (χρόνια ρινοκολπίτιδα) και νευροτοξικότητα, μετά την έγχυση CAR-T (δηλαδή μετά την επανεισαγωγή των τροποποιημένων T-λεμφοκυττάρων στον οργανισμό του ασθενούς), καθώς και την ευαισθητοποίηση των ιατρών σχετικά με τα ισχύοντα πρωτόκολλα διαχείρισης, αλλά και τη βελτίωση της εμπιστοσύνης προς τους γιατρούς εκ μέρους των ασθενών για την αντιμετώπιση αυτών των παρενεργειών (tro.com, 2022). Πρόκειται ουσιαστικώς για ένα εκπαιδευτικό εργαλείο εικονικής πραγματικότητας που επιτρέπει στο χρήστη να αναλάβει το ρόλο ενός επαγγελματία υγείας που λαμβάνει αποφάσεις, αναθέτοντάς του να θεραπεύσει ασθενείς που παρουσιάζουν διάφορες παρενέργειες και συμπτώματα μετά τη θεραπεία CAR-T. Η πρόκληση που αντιμετωπίζει η εφαρμογή είναι τριπλή:

- α) φροντίδα του ασθενούς,
- β) ανακούφιση από τα συμπτώματα και τις παρενέργειες, και
- γ) βοήθεια για τη λήψη των κατάλληλων αποφάσεων για την περαιτέρω μεταχείριση του περιστατικού αναλόγως της εξέλιξης (π.χ. εξιτήριο ή αντιθέτως μετακίνηση σε ΜΑΦ (Μονάδα Αυξημένης Φροντίδας) ή ΜΕΘ (Μονάδα Εντατικής Θεραπείας) κλπ.



**Εικόνα 3.9:** Ο επαγγελματίας υγείας έχει τη δυνατότητα να εκτελέσει (εικονικές) ιατρικές πράξεις, να αλληλεπιδράσει με τον ασθενή, να εξετάσει φακέλους και να κρατήσει σημειώσεις, αλλά και να δει «ζωντανά» τα αποτελέσματα των ιατρικών πράξεών του από τα εικονικά όργανα παρακολούθησης της πορείας του ασθενούς (tro.com, Novartis, 2022).

Οι επαγγελματίες υγείας - χρήστες της εφαρμογής έχουν τη δυνατότητα να προχωρούν σε χορήγηση φαρμάκων, να βλέπουν αντιδράσεις και ανταπόκριση των (εικονικών) ασθενών, ακόμα και να κρατούν ιατρικές σημειώσεις, ή να απαντούν σε ερωτήσεις των ληπτών υπηρεσιών υγείας. Η εκπαιδευτική πλατφόρμα VR της Novartis χρησιμοποιεί τεχνολογίες Cloud, για την διασφάλιση της μέγιστης απόδοσης επένδυσης, αφού με αυτόν τον τρόπο μειώνεται ο απαιτούμενος εξοπλισμός του τελικού χρήστη, αλλά και είναι ευκολότερες οι αναβαθμίσεις και προσθήκη νέων δυνατοτήτων στην εφαρμογή. Ταυτόχρονα τα δεδομένα είναι διαθέσιμα τόσο τοπικά, όσο και διαδικτυακά, πράγμα που συνεπάγεται τη γρήγορη και εύκολη κοινή χρήση τους σε συνεργασία με άλλους εκπαιδευόμενους ή εκπαιδευτές που μπορούν να επιβλέπουν τις διαδικασίες, τις θεραπείες και την ικανότητα των εκπαιδευομένων να ανταπεξέλθουν επαρκώς στις προκλήσεις. Συνολικά το 92% των χρηστών αξιολόγησε τη δυνατότητα άσκησης μέσω των εικονικών σεναρίων της εφαρμογής CAR-T VR

Training της Novartis, ως εξαιρετικά χρήσιμη, ενώ ένα αντιστοίχως μεγάλο ποσοστό επέδειξε ενδιαφέρον για την απόκτηση ακόμα μεγαλύτερου εκπαιδευτικού περιεχομένου σε αυτήν τη μορφή. Επίσης σημαντικό, ειδικά για καινοτόμες εφαρμογές, είναι το ποσοστό του 86% το οποίο βρήκε την εφαρμογή κατανοητή και εύκολη στο χειρισμό. Τέλος σε μελέτη που έγινε σε δείγμα 150 επαγγελματιών υγείας οι οποίοι χρησιμοποίησαν την εφαρμογή, διαπιστώθηκε ότι βίωσαν σε πραγματικό περιστατικό τουλάχιστον ένα από τα τέσσερα πιθανά εκπαιδευτικά προγράμματα της εφαρμογής, γεγονός που αποδεικνύει ακόμα περισσότερο την χρησιμότητά της (wearecassette.com, Novartis, 2022).

### **3.4 Opensight Application. Κρανιοεγκεφαλική Νευροχειρουργική**

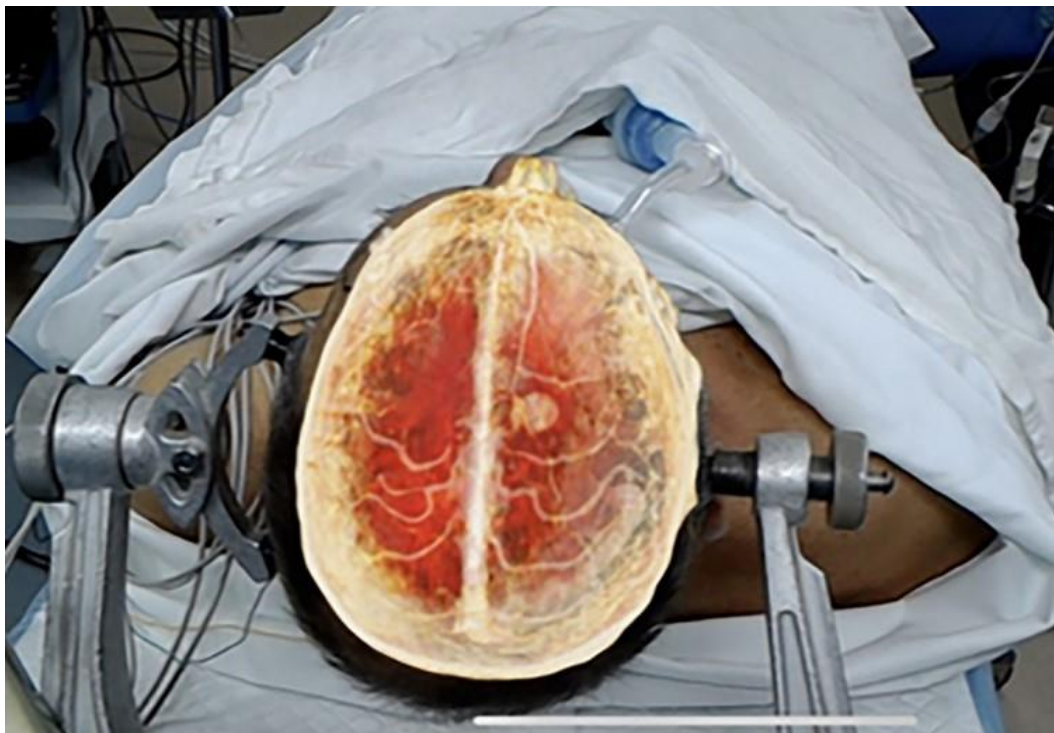
Η κρανιοεγκεφαλική νευροχειρουργική είναι από τους πλέον απαιτητικούς τομείς της χειρουργικής. Απαιτεί υψηλό επίπεδο γνώσεων και εκπαίδευσης, ενώ ταυτόχρονα οι κρανιοεγκεφαλικές επεμβάσεις έχουν συνήθως υψηλό βαθμό δυσκολίας και παράλληλα μακρούς χρόνους αποθεραπείας για τους ασθενείς. Είναι λοιπόν λογικό ότι η νευροχειρουργική αποτέλεσε ένα από τα πρώτα πεδία εφαρμογής της AR στην ιατρική, με πλήθος εφαρμογών που στοχεύουν τόσο στην εκπαίδευση – πρακτική άσκηση των επαγγελματιών υγείας, όσο και στην πρακτική ενίσχυση των ικανοτήτων των νευροχειρουργών κατά τη διάρκεια των επεμβάσεων. Στη νευροχειρουργική χρησιμοποιούνται ευρέως συστήματα τύπου MWBNS (**M**onitor and **W**and—**B**ased Neuronavigation Station, σε ελεύθερη μετάφραση: Σταθμός νευροπλοήγησης που βασίζεται σε οθόνη και stick-ραβδί, δηλαδή σύστημα συσκευής που περιλαμβάνει οθόνη προβολής, και χειριστήριο σε μορφή stick για τον έλεγχο και την πραγματοποίηση της επέμβασης).

Τα συστήματα MWBNS αποτελούν την τρέχουσα τεχνολογία αιχμής στις κρανιοεγκεφαλικές επεμβάσεις. Ωστόσο, έχουν και ορισμένα εγγενή προβλήματα στη χρήση τους, καθώς είναι χωροταξικά απαιτητικά και δυσκίνητα. Το OR (Operating Room, χειρουργική αίθουσα) πρέπει να είναι τακτοποιημένο - στημένο γύρω από το MWBNS. Επιπλέον σε πρακτικό επίπεδο, τουλάχιστον ένα χέρι του χειρουργού πρέπει να χρησιμοποιείται ανά πάσα στιγμή για το χειρισμό του stick του MWBNS και η ροή της χειρουργικής εργασίας χρειάζεται συχνά να διακόπτεται καθώς ο χειρουργός σταματά προσωρινά για να ελέγξει στο μόνιτορ την πορεία της επέμβασης, χάνοντας όμως έτσι τη συγκέντρωσή του και την εστίασή του στην

περιοχή της επέμβασης. Επομένως, υπάρχει ανάγκη για συνεχή – αδιάλειπτη εργασία πάνω στην περιοχή της επέμβασης, σε συνδυασμό με «hands free» ανατροφοδότηση και προβολή εικόνας σε πραγματικό χρόνο σε σχέση με την πορεία της επέμβασης και τη «νευροπλοήγηση» εντός του εγκεφάλου (Michael E., και Daniel G., et al., 2021). Επιπλέον η κατανόηση της λειτουργίας και η εξοικείωση με τη χρήση των συστημάτων MWBNS αποτελεί μια απότομη καμπύλη μάθησης και δεν είναι ελκυστική ή ευχάριστη διαδικασία για τους εκπαιδευόμενους. Συνεπώς πρέπει να αναζητηθούν καινοτομίες στην νευροχειρουργική που να είναι λιγότερο «απωθητικές», να είναι ελκυστικότερες και να παρέχουν συνεχείς ανατομικές πληροφορίες χωρίς παρέμβαση του χρήστη που να είναι και ανατομικά πλήρεις και αναλυτικές. Σε αυτά ακριβώς το πρόβλημα έρχεται να δώσει λύση η εφαρμογή Opensight με τη χρήση επαυξημένης πραγματικότητας.

#### **3.4.1 Opensight Appication: Τρόπος λειτουργίας. Πλεονεκτήματα και προοπτικές βελτίωσης**

Η εφαρμογή κάνει χρήση ενός Headset AR με το οποίο γίνεται πιο εύκολα η «χαρτογράφηση» των ορίων των όγκων σε ασθενείς που υποβάλλονται σε εκλεκτική κρανιοτομή για εκτομή όγκου.



**Εικόνα 3.10:** Η διαδικασία ξεκινά με τη χειροκίνητη υπέρθεση και ευθυγράμμιση του δημιουργημένου τρισδιάστατου ολογράμματος στο κεφάλι του ασθενούς. Μέσω του Headset

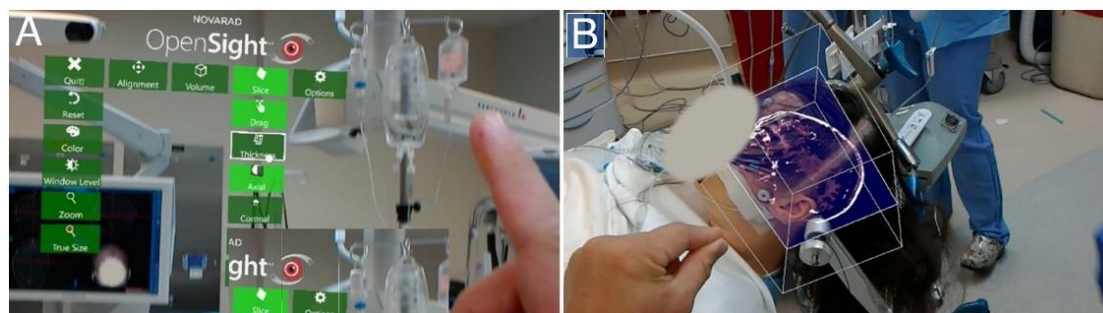
HoloLens, οι χειρισμοί του νευροχειρουργού ανιχνεύονται από το λογισμικό OpenSight, το οποίο μετακινεί το ολόγραμμα έως ότου ευθυγραμμιστεί πλήρως με την ανατομία του προσώπου του ασθενούς. Στην εικόνα, το ολόγραμμα είναι σχεδόν ευθυγραμμισμένο με το κεφάλι του ασθενούς και χρειάζεται μικρή ακόμα μετακίνηση προς τα αριστερά προκειμένου να ταιριάζει η ολογραφική και η πραγματική μύτη (JNS, 2021).



**Εικόνα 3.11:** Σε αυτήν την εικόνα η διαδικασία υπέρθεσης και ευθυγράμμισης έχει ολοκληρωθεί. Ο ασθενής μετά από την τελική ευθυγράμμιση των ολογραφικών στοιχείων και της πραγματικότητας είναι έτοιμος για τα επόμενα στάδια της επέμβασης (JNS, 2021).

Στην πράξη η εφαρμογή χρησιμοποιεί τουλάχιστον 5 επιφανειακά σημεία συμπεριλαμβανομένων των ματιών, των αυτιών και της μύτης για την επαλήθευση της ακρίβειας απεικόνισης πριν από την ανίχνευση-εντοπισμό του όγκου. Σαν μεθοδολογία, ένας χειρουργός χρησιμοποιεί ένα Headset HoloLens που είναι συνδεδεμένο με την εφαρμογή OpenSight, και καταχωρεί τις προεγχειρητικές απεικονιστικές εξετάσεις (μαγνητική, αξονική) του ασθενούς στην εφαρμογή. Κατόπιν εντοπίζει και επισημαίνει με διαφορετικά χρώματα το σημείο του όγκου και το περίγραμμα αυτού. Στις ευκολίες της εφαρμογής συγκαταλέγεται και το interface επικοινωνίας με το χρήστη, αφού για τον ορισμό των ορίων του όγκου και άλλες επιλογές, το μενού εφαρμογής OpenSight χρησιμοποιεί figure gestures (χειρισμός με κίνηση των δακτύλων). Παράλληλα δίνεται η δυνατότητα για εύκολη μετάβαση από

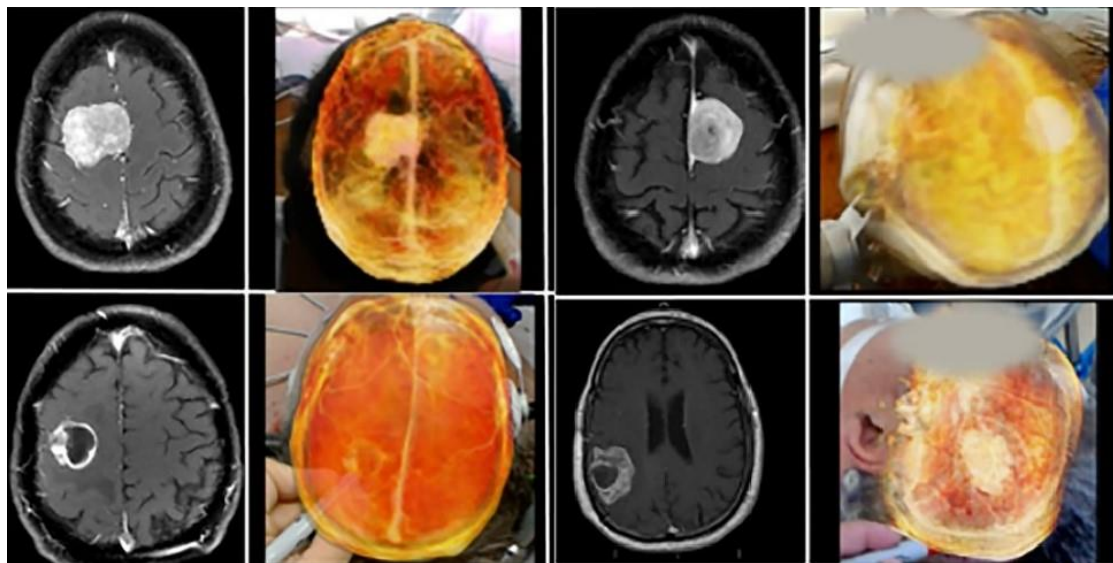
3D απεικόνιση σε 2D και αντιστρόφως, αλλά και δυνατότητα εναλλαγής και συνδυασμού πηγής εισόδου της πληροφορίας από μαγνητική σε αξονική ή ακόμα και στεφανιογράφημα (Michael E., και Daniel G., et al., 2021).



**Εικόνα 3.12: A: Το Drop Down Menu της εφαρμογής είναι εύχρηστο και λειτουργεί με figure gestures διευκολύνοντας τον επαγγελματία υγείας και σε θέματα επιλογών πλοήγησης. B: Με τον ίδιο τρόπο επιλογής (figure gestures) ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να αλλάξει την πηγή εισαγωγής δεδομένων (π.χ. από αξονική σε μαγνητική), να αλλάξει τη γωνία θέασης, να περιστρέψει την εικόνα, να μεγεθύνει ή να εστιάσει σε συγκεκριμένα σημεία κλπ (JNS, 2021).**

Ήδη από τον Οκτώβριο του 2018, η χρήση του Headset HoloLens έχει εγκριθεί από τον FDA για προεγχειρητικό σχεδιασμό. Ωστόσο, το συνολικό βάρος για ένα τέτοιο Headset εξακολουθεί να θεωρείται μεγάλο για τέτοιου είδους εφαρμογές και πολύωρη χρήση, και η βελτίωση στο μέλλον σε αυτόν τον τομέα, αναμένεται να αυξήσει περισσότερο την ευχρηστία και την «ευκινησία» της συσκευής. Η φόρτωση του αρχείου εικόνας και η προετοιμασία του συστήματος OpenSight για κάθε ασθενή στο HoloLens απαιτεί σχετικά λίγο χρόνο και είναι εύκολη διαδικασία από πλευράς χρήστη. Η μετατροπή των στοιχείων εισόδου (αξονική, μαγνητική κλπ), σε αρχείο PACS (Picture Archiving and Communication System, τεχνολογία ιατρικής απεικόνισης που χρησιμοποιείται κυρίως σε οργανισμούς υγειονομικής περίθαλψης για την ασφαλή αποθήκευση και ψηφιακή μετάδοση ηλεκτρονικών εικόνων και κλινικών αναφορών) διαρκεί 10 έως 20 λεπτά. Κατόπιν το λογισμικό OpenSight χρειάζεται άλλα 5 έως 10 λεπτά για τη λήψη του αρχείου PACS. Επειδή το τρισδιάστατο ολόγραμμα δημιουργείται αυτόματα από το λογισμικό, απαιτείται μικρή εμπειρία από το χρήστη όσον αφορά την επεξεργασία εικόνας. Τέλος πρέπει να υπολογίσουμε ότι η χειροκίνητη προσαρμογή της παραγόμενης 3D εικόνα (ολόγραμμα) στο κεφάλι του ασθενούς διαρκεί ακόμα άλλα 3 έως 5 λεπτά.

Έχουν αναπτυχθεί και άλλες παρόμοιες εφαρμογές AR οι οποίες στοχεύουν στο πεδίο της νευροχειρουργικής. Ο Van Doormaal, χρησιμοποίησε την εφαρμογή Unity, η οποία λειτουργεί και αυτή με Headset HoloLens για να μετρήσει το σφάλμα απεικόνισης χρησιμοποιώντας dummy κεφαλές, ενώ ο Incekara, χρησιμοποίησε μια αντίστοιχη εφαρμογή, την Verto Studio σε νευροχειρουργικούς ασθενείς, για να συγκρίνει την οριοθέτηση των όγκων για προεγχειρητικό σχεδιασμό στο Operating Room σε σχέση με την κλασική μέθοδο. Ωστόσο η εφαρμογή Unity απαιτεί manual (χειροκίνητη – μη αυτόματη) δημιουργία ολογράμματος, αλλά και το Verto Studio έχει μια ημιαυτόματη διαδικασία δημιουργίας ολογράμματος. Αντιθέτως, στα πλεονεκτήματα της εφαρμογής OpenSight συγκαταλέγεται το γεγονός ότι είναι user friendly (φιλική προς το χρήστη), και ειδικά προς εκείνους τους επαγγελματίες υγείας που δεν έχουν μεγάλη εμπειρία στη δημιουργία ολογραμμάτων, καθώς το λογισμικό δημιουργεί αυτόματα το τρισδιάστατο αντικείμενο (Michael E., και Daniel G., et al., 2021).



**Εικόνα 3.13:** Προεγχειρητικές εικόνες MR (μαγνητικές - αποχρώσεις του γκρι) και αντίστοιχη εικόνα 3D AR ασθενών όπως εμφανίζονται στα γυαλιά HoloLens που εκτελούν το OpenSight στο Operating Room. Οι εικόνες AR επιτρέπουν μια διαισθητική κατανόηση της θέσης του όγκου στον εγκέφαλο του ασθενούς. Η διαφορά είναι κάτι παραπάνω από εμφανής (JNS, 2021).

Ωστόσο στατιστικές μελέτες δεν έδειξαν σημαντική διαφοροποίηση στα αποτελέσματα της πλοήγησης με τη χρήση OpenSight ARHMD (Augmented Reality Head-Mounted Display) σε σχέση με την παραδοσιακή πλοήγηση MWBNS, σε σημείο τέτοιο που να μπορούμε να πούμε ότι το σύστημα OpenSight είναι σαφώς

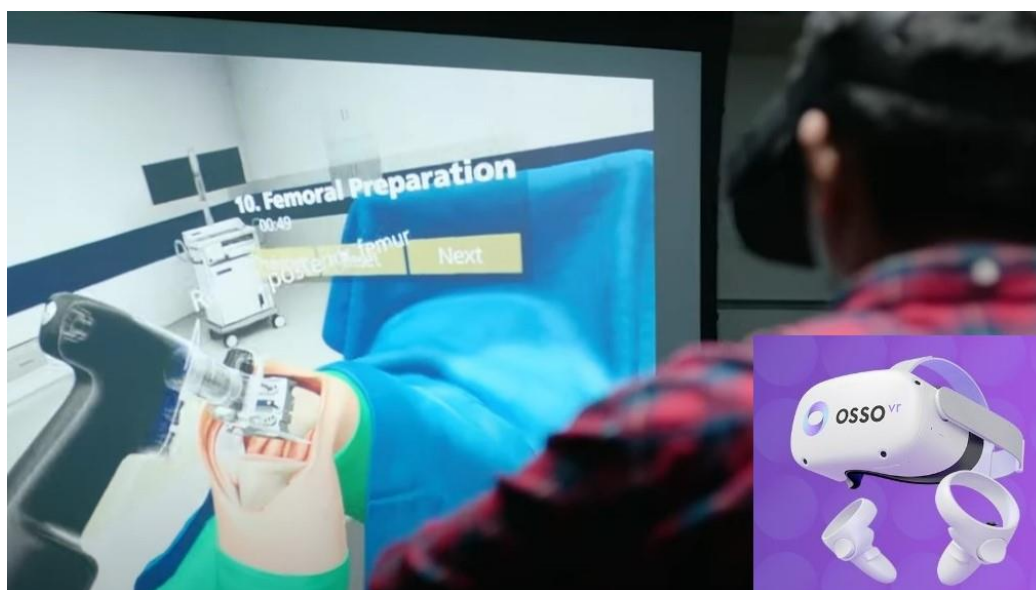
καλύτερο από την καθιερωμένη μέθοδο MWBNS από απόψεως ακρίβειας χειρισμού. Η υποκειμενική ανθρώπινη αντίληψη ωστόσο, αντιλαμβάνεται ότι η χρήση AR είναι πιο «αποδοτική» στη κατανόηση της τρισδιάστατης θέσης και της ανατομίας του όγκου, ιδιαίτερα για επαγγελματίες υγείας - χειρουργούς που είναι νέοι στην κρανιακή νευροχειρουργική. Ένα ζήτημα που περιπλέκει περαιτέρω την ακριβή οριοθέτηση του όγκου, είναι η επίδραση της οπτικής γωνίας υπό την οποία ο χειρουργός βλέπει τον όγκο στην AR. Όπως θα περίμενε κανείς, τα περιγράμματα του σχήματος του τρισδιάστατου όγκου όταν μεταφέρονται σε ένα 2D επίπεδο ποικίλλουν ανάλογα με το αν ο χειρουργός βλέπει τον όγκο από μια όψη παράλληλη προς τον προγραμματισμένο χειρουργικό «διάδρομο» προς τον όγκο, ή εφαπτομενική σε αυτόν το χειρουργικό διάδρομο. Έτσι μια γωνία θέασης ελαφρώς εφαπτομενική στον προγραμματισμένο χειρουργικό διάδρομο, μπορεί να αλλάξει αρκετά τα περιγράμματα του προκύπτοντος ίχνους όγκου και να επηρεάσει σε μεγάλο βαθμό τη διαδρομή προσέγγισής του. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με τον κλασικό σταθμό νευροπλοήγησης που βασίζεται σε οθόνη και stick-ραβδί, με τον οποίο ο χρήστης βλέπει πάντα τον όγκο από μια προοπτική κατά μέτωπο. Με άλλα λόγια, η γωνία θέασης AR θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν παράλληλη με την προγραμματισμένη χειρουργική τομή ώστε να διασφαλιστεί η καλύτερη ακρίβεια για το χειρουργικό σχεδιασμό και τον εντοπισμό του όγκου (Michael E., και Daniel G., et al., 2021).

Εν κατακλείδι, οι μελέτες έδειξαν ότι ο συνδυασμός χρήσης ARHMD με την εφαρμογή OpenSight είναι εφικτός σε μια κρανιακή νευροχειρουργική επέμβαση, καθιστώντας δυνατή τη χωρίς διακοπή ροής επέμβαση-εργασία. Η χρήση AR προσδίδει κάποια πλεονεκτήματα, ωστόσο χρειάζεται περαιτέρω ανάπτυξη και εξέλιξη της τεχνολογίας με σκοπό την καλύτερη προεγχειρητική αναγνώριση – εντοπισμό των ορίων του όγκου και τον σχεδιασμό της τομής για την αφαίρεσή του. Άλλωστε η νευροχειρουργική είναι από μόνη της ένας από τους πλέον δύσκολους και απαιτητικούς κλάδους της χειρουργικής. Στους μελλοντικούς στόχους είναι η ανάπτυξη τεχνικών για τη βελτίωση της ακρίβειας της AR, τόσο ως προς την αναγνώριση των διαστάσεων και της δομής του όγκου, όσο και των γειτονικών σε αυτόν ιστών και αγγείων του εγκεφάλου.

### **3.5 Osso VR: Η Εικονική Πραγματικότητα στην υπηρεσία της εκπαίδευσης στον τομέα της Υγείας**

Έχει ήδη επισημανθεί, αλλά και έχει γίνει φανερό από την έως τώρα παρουσίαση συστημάτων, πως πέρα από οποιαδήποτε άλλη ιατρική πράξη η οποία μπορεί να υποβοηθηθεί από τη χρήση MR, ένας από τους τομείς που επωφελούνται τα μέγιστα από τη χρήση της μικτής πραγματικότητας στην Υγεία, είναι αυτός της εκπαίδευσης. Και αυτό, γιατί σε αντίθεση με τις «παραδοσιακές» μεθόδους, όπου η εκπαίδευση βασίζεται συνήθως σε βιβλία ή σε μία οθόνη υπολογιστή, με τη χρήση MR δίνεται η δυνατότητα στον εκπαιδευόμενο να βλέπει τρισδιάστατα τα αντικείμενα, να τα βλέπει από οποιαδήποτε γωνία, και επίσης πολύ σημαντικό, να κινείται φυσικά και να αλληλεπιδρά με το υποκείμενο και με το περιβάλλον, έχοντας κατ' αυτόν τον τρόπο τον έλεγχο της κατάστασης και της εμπειρίας. Δεν πρόκειται δηλαδή για μια παθητική διαδικασία μεταφοράς γνώσης, αλλά για μια ενεργή διαδικασία όπου ο εκπαιδευόμενος έχει ενεργό ρόλο. Η εικονική πραγματικότητα (VR) έχει τη δυνατότητα να το κάνει αυτό, πρόκειται για ένα νέο κύμα καινοτομίας στην υγειονομική περίθαλψη. Από τις σημαντικότερες ειδικότητες που δύνανται να επωφεληθούν από την καινοτομία αυτή, είναι η χειρουργική (Ossovr.com, 2021).

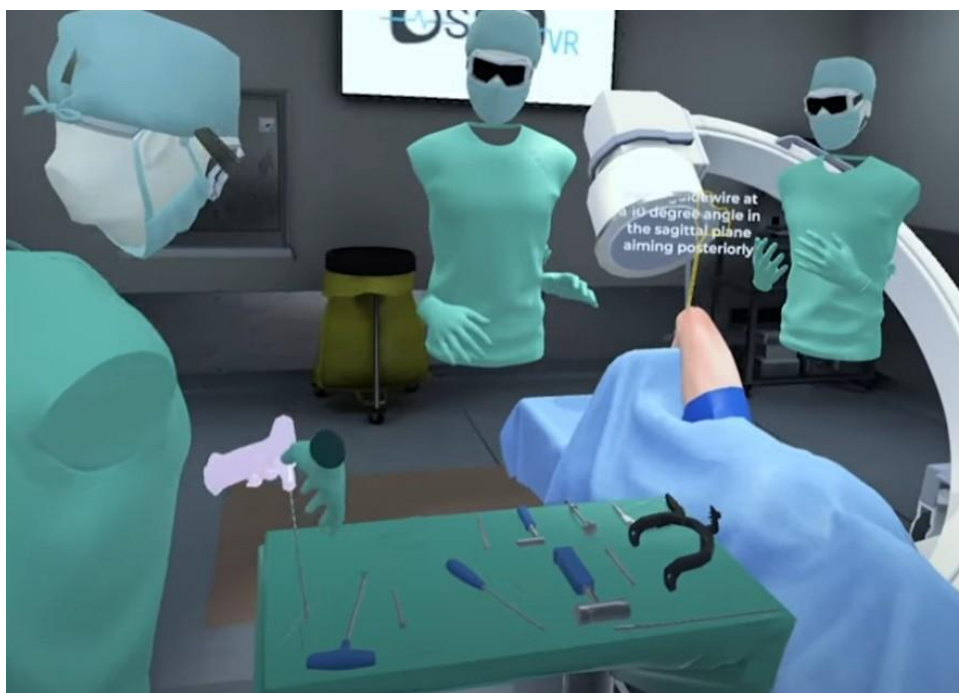
Μία ειδική εφαρμογή με εγγενή προσανατολισμό στην εκπαίδευση είναι η Osso VR, η οποία επιτρέπει στους χειρουργούς και τους επαγγελματίες χειριστές ιατρικών συσκευών να χρησιμοποιούν το Headset και τα χειριστήρια της συσκευής VR Oculus Quest προκειμένου να διενεργούν εικονικές εγχειρήσεις σε ένα εικονικό OR (Operating Room). Σήμερα, οι συσκευές εικονικής πραγματικότητας είναι πολύ πιο προηγμένες και εξελιγμένες σε σχέση με προηγούμενα χρόνια, πραγματικά φορητές, προσιτές οικονομικά και εύχρηστες. Τα ακουστικά, οι οθόνες και τα χειριστήρια είναι ασύρματα, ενσωματώνοντας ένα πλήθος τεχνολογιών (π.χ. ανάδραση - ανατροφοδότηση) και δίνουν μεγάλο βαθμό ελευθερίας στις κινήσεις, ενώ επιπλέον (και δεν είμαι αμελητέο και αυτό), είναι και κομψά σχεδιαστικά και συνεπώς ελκυστικά στη χρήση. Όλα αυτά τα χαρακτηριστικά εκμεταλλεύεται η εφαρμογή Osso VR, με απώτερο σκοπό κάποια στιγμή στο εγγύς μέλλον, κάθε σχολή ιατρικής και κάθε νοσοκομείο να διαθέτει σταθμούς εκπαίδευσης επαγγελματιών υγείας VR (Ossovr.com, 2021).



**Εικόνα 3.14: Osso VR.** Η εμπύθιση στο περιβάλλον της εικονικής πραγματικότητας συντελείται με το συνδυασμό του εξειδικευμένου λογισμικού της Osso VR, και της συσκευής VR της Oculus. Ο εκπαιδευόμενος «τηλεμεταφέρεται» σε ένα εικονικό χειρουργείο, εντός του οποίου μπορεί να κινηθεί, να κάνει χρήση των χειρουργικών εργαλείων και να δει τα αποτελέσματα των ιατρικών του πράξεων. (Ossovr.com, 2021).

Ειδικά κατά τα χρόνια έξαρσης της πανδημίας του ιού SARS-CoV-2, η αυτοπρόσωπη εκπαίδευση σε φυσικό περιβάλλον (εργαστήριο, αίθουσα διδασκαλίας, νεκροτομείο, κλπ), προσέκρουε στους περιορισμούς για την αποφυγή μετάδοσης της νόσου. Παράλληλα, η παραδοσιακή εκπαίδευση βασίζεται συνήθως σε ακριβά εργαστήρια και μηχανήματα, πράγμα που την καθιστά ακόμα λιγότερο ελκυστική σήμερα. Επιπροσθέτως, οι ιατρικές εξελίξεις και η επιτάχυνση της ιατρικής καινοτομίας οδήγησε σε μια έκρηξη επιλογών θεραπείας που όχι μόνο απαιτούν επιπλέον εξειδίκευση, αλλά είναι και συχνά πιο δύσκολες στην εφαρμογή τους και την εκμάθηση. Το σύστημα Osso VR, έχει την ικανότητα να αντιμετωπίζει πολλές από αυτές τις προκλήσεις. Η VR προσομοίωση σύνθετων και ακριβών ρομποτικών ή άλλων ιατρικών συσκευών μειώνει δραματικά τα κόστη, τα αναλώσιμα αλλά και τους κινδύνους, και επιτρέπει την ταχεία εκπαίδευση πλήθους επαγγελματιών υγείας ταυτόχρονα. Παράλληλα, εκλείπει η ανάγκη για αυτοπρόσωπη παρουσία σε συγκεκριμένο χώρο, χωρίς όμως να στερούνται οι εκπαιδευόμενοι την δυνατότητα της συνεννόησης και συνεργασίας για τη σωστή διεκπεραίωση της εγχείρησης – εργασίας, καθώς η εφαρμογή έχει τη δυνατότητα της απομακρυσμένης διασύνδεσης για πολλούς εκπαιδευόμενους οι οποίοι μπορούν να έχουν προκαθορισμένους ρόλους. Έτσι η εκπαίδευση είναι σαφώς πιο ρεαλιστική και δεν αποτελεί απλώς μια μεταφορά

ή συσσώρευση γνώσεων. Δεν είναι τυχαίο ότι μετά την ψυχαγωγία (κυρίως gaming) ο τομέας της εκπαίδευσης στην Υγεία αποτέλεσε το γρηγορότερο σε ανάπτυξη τομέα MR κατά τα χρόνια της πανδημίας (Ossovr.com, 2021).



**Εικόνα 3.15: Osso VR. Η εφαρμογή δεν αποβλέπει απλώς στην οικονομική εκπαίδευση και εξάσκηση των επαγγελματιών υγείας, αλλά επιπλέον εμπεριέχει στοιχεία συνεργασίας και αλληλεπίδρασης με άλλους απομακρυσμένους χρήστες – εκπαιδευόμενους. Δημιουργείται έτσι ένα εικονικό περιβάλλον συνεργασίας, παρόμοιο με αυτό που θα υπήρχε σε ένα πραγματικό Operating Room (Ossovr.com, 2021).**

Η πλατφόρμα Osso VR ειδικεύεται στη δημιουργία κλινικά ακριβών προσομοιώσεων με υψηλό επίπεδο οπτικής πιστότητας. Το πρόγραμμα έχει δυνατότητα συλλογής στοιχείων ώστε να επιτρέπει στους χειρουργούς - εκπαιδευόμενους να μετρούν την πρόοδό τους μέσα από την επισκόπηση αναλυτικών δεδομένων. Η αποτελεσματικότητα του Osso VR έχει αποδειχθεί μέσα από αρκετές δημοσιευμένες κλινικές μελέτες με εκτενείς κριτικές. Μια πρόσφατη μελέτη από τον David Geffen της Ιατρικής Σχολής του UCLA ανέφερε ότι η εκπαίδευση με VR στην πλατφόρμα Osso VR βελτίωσε τη συνολική χειρουργική απόδοση των συμμετεχόντων κατά 230% σε σύγκριση με τις παραδοσιακές μεθόδους εκπαίδευσης - ένα στατιστικό αποτέλεσμα που δεν αφήνει περιθώρια αμφισβήτησης της αποτελεσματικότητας της εφαρμογής Osso VR για προγράμματα ειδικότητας, καθώς και για νοσοκομεία και εταιρείες ιατρικών συσκευών που αναζητούν μια βελτιωμένη, οικονομική και αποδοτική εκπαιδευτική στρατηγική. Το Osso VR είναι μια

πλατφόρμα χειρουργικής εκπαίδευσης και αξιολόγησης που παρέχει σε εταιρείες ιατρικών συσκευών και σε επαγγελματίες υγείας ριζικά καλύτερους τρόπους να μοιράζονται, να εξασκούνται και να μαθαίνουν νέες δεξιότητες και διαδικασίες. Περιλαμβάνει σενάρια από τις πλέον σπάνιες περιπτώσεις μέχρι εγχειρίσεις «ρουτίνας», και από τα πιο απλά προβλήματα μέχρι τα πιο περίπλοκα, ενώ παράλληλα εμπλουτίζεται συνεχώς με νέα ιατρικά δεδομένα και τεχνικές (Ossovr.com, 2021).

### **3.6 NovaSight: CureSight, Digital Therapy for Amblyopia (ψηφιακή εφαρμογή για την θεραπεία της Αμβλυωπίας)**

Η αμβλυωπία είναι μια συχνή οφθαλμική πάθηση της παιδικής ηλικίας η οποία είναι περισσότερο γνωστή ως «τεμπέλικο μάτι – lazy eye». Οφείλεται στην ανάπτυξη της λειτουργίας της όρασης με μη φυσιολογική τρόπο. Αν και στις περισσότερες περιπτώσεις αφορά τα οπτικά ερεθίσματα τους ενός οφθαλμού, εντούτοις είναι δυνατόν να επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό και τη λειτουργία της διόφθαλμης όρασης, δηλαδή το αποτέλεσμα της συνδυαστικής όρασης των δύο οφθαλμών (ophthalmica.gr, 2023). Η όραση αναπτύσσεται φυσιολογικά έως περίπου την ηλικία των 6 ετών. Προϋπόθεση για την σωστή ανάπτυξη είναι όχι μόνο τα όργανα του οπτικού συστήματος (δηλαδή οι οφθαλμοί) να είναι φυσιολογικά δομημένα, αλλά και τα οπτικά ερεθίσματα να μεταφέρονται και να ερμηνεύονται σωστά, διότι κοιτάζουμε με τα μάτια, αλλά ουσιαστικά βλέπουμε με τον εγκέφαλο. Με άλλα λόγια, τα μάτια στέλνουν οπτικά μηνύματα στον εγκέφαλο τα οποία μηνύματα εκπαιδεύουν τα οπτικά κέντρα του εγκεφάλου. Τα μη ορθά οπτικά μηνύματα που καταφτάνουν στον εγκέφαλο δεν εκπαιδεύουν τον εγκέφαλο να βλέπει καθαρά και έτσι η όραση παραμένει θολή. Αν κατά τα πρώτα κρίσιμα παιδικά χρόνια ο εγκέφαλος δεν λαμβάνει καθαρές οπτικές εικόνες από το ένα μάτι, ώστε να μάθει να τις αποκρυπτογραφεί και να τις μεταφράζει σε «καθαρή» οπτική πληροφορία, τότε αργότερα δεν θα μπορέσει ποτέ να βελτιώσει την ποιότητα της όρασης από τον συγκεκριμένο οφθαλμό. Αν η αμβλυωπία δεν ανακαλυφθεί κατά την παιδική ηλικία, δυστυχώς δεν μπορεί να θεραπευτεί (ophthalmica.gr, 2023).

Ωστόσο, εφόσον η αμβλυωπία διαγνωστεί έγκαιρα, ανατάσσεται και η όραση βελτιώνεται σε μεγάλο βαθμό. Η «παραδοσιακή» μέθοδος για την αποκατάσταση της όρασης στο τεμπέλικο μάτι, περιλαμβάνει την διαδικασία επικάλυψης του δυνατού

οφθαλμού (αυτού δηλαδή στον οποίο οφείλεται η καθαρή εικόνα που αποκωδικοποιεί ο εγκέφαλος), με σκοπό την εκγύμναση του άλλου οφθαλμού (του τεμπέλικου). Συνήθως δύο ώρες επικάλυψης την ημέρα επαρκούν για καλά αποτελέσματα εάν η αμβλυωπία δεν είναι πολύ μεγάλη και η ηλικία του ασθενούς είναι μεταξύ 3 και 7 ετών το πολύ. Απαιτείται όμως συχνή παρακολούθηση γιατί ελλοχεύει το κίνδυνος για ανάπτυξη αμβλυωπίας στον επικρατή (ισχυρό) φυσιολογικό οφθαλμό λόγω της επικάλυψής του. Πέρα από αυτό, δημιουργείται πολλές φορές ένα αίσθημα μειονεξίας σε κάποια παιδιά, αλλά και σαν διαδικασία δεν είναι πάντα ευπρόσδεκτη από ένα παιδί, ενώ άλλες φορές υπάρχει άρνηση χρήσης των ειδικών τσιρότων επικάλυψης (ophthalmica.gr, 2023).

Τη λύση σε μεγάλο μέρος των πρακτικών αυτών προβλημάτων έρχεται να δώσει η εφαρμογή AR CureSight της NovaSight. Πρόκειται για μια συσκευή ψηφιακής θεραπείας της αμβλυωπίας, ένα σύστημα που βασίζεται στην παρακολούθηση των ματιών και στοχεύει στη βελτίωση της οπτικής οξύτητας και της στερεοσκοπικής οξύτητας εκπαιδεύοντας το οπτικό σύστημα να χρησιμοποιεί και τα δύο μάτια ταυτόχρονα. Ο FDA ενέκρινε την χρήση της πρωτοποριακής αυτής συσκευής απεικόνισης, μετά τα αποτελέσματα μιας εμπεριστατωμένης μελέτης σε τυχαίο δείγμα παιδιών που έπασχαν από αμβλυωπία, ηλικιών μεταξύ 4 ετών και 9 ετών. Η μελέτη κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η ψηφιακή συσκευή που χρησιμοποιήθηκε για την αντιμετώπιση της αμβλυωπίας σε καμία περίπτωση δεν πέτυχε αποτελέσματα κατώτερα από το «κλασικό» τσιρότο επικάλυψης που χρησιμοποιείται ως κυρίαρχη μέθοδος για θεραπεία της αμβλυωπίας σε παιδιά αυτή τη στιγμή. Η μελέτη διεξήχθη σε έξι ιατρικά κέντρα στο Ισραήλ (eyewire.news, 2023).

Η εφαρμογή CureSight χρησιμοποιεί μια ειδική συσκευή με την οποία εκπαιδεύει το οπτικό σύστημα να χρησιμοποιεί και τα δύο μάτια ταυτόχρονα, ενώ ο χρήστης παρακολουθεί οποιοδήποτε περιεχόμενο ροής βίντεο της επιλογής του μέσω κόκκινων-μπλε γυαλιών. Χρησιμοποιώντας εξελιγμένους αλγόριθμους και τεχνολογία παρακολούθησης των ματιών, το CureSight θολώνει το κέντρο όρασης της εικόνας που εμφανίζεται στο δυνατό μάτι χρησιμοποιώντας επεξεργασία εικόνας real time (σε πραγματικό χρόνο) σύμφωνα με το στιγμιαίο βλέμμα των ματιών. Αυτό ενθαρρύνει τον εγκέφαλο να ολοκληρώσει τις λεπτές λεπτομέρειες της εικόνας από την

αμβλυοπική εικόνα των ματιών (δηλαδή από την εικόνα που προέρχεται από το τεμπέλικο μάτι) και εκπαιδεύει έτσι τα δύο μάτια να εργάζονται ως ομάδα.



**Εικόνα 3.16: Συσκευή CureSight.** Μιλώντας για θεραπείες οι οποίες απευθύνονται σε παιδιά, πρέπει να λαμβάνεται πάντα υπόψη η παιδική ψυχосύνθεση και ο βαθμός αποδοχής της θεραπείας από το παιδί. Προφανώς μια σύγχρονη hi-tech συσκευή είναι πολύ πιο εύκολα αποδεκτή εμφανισιακά και ψυχολογικά από ότι ένα τσιρότο που σφραγίζει τον ισχυρό οφθαλμό για κάποιες ώρες την ημέρα (eyewire.news, 2023).

Αν και πρωτεύων στόχος ήταν να καταδειχτεί κατ' αρχήν ότι η εφαρμογή CureSight δεν υστερεί σε αποτέλεσμα από την παραδοσιακή μέθοδο, εντούτοις τα αποτελέσματα έδειξαν ότι όχι μόνον δεν υστερεί, αλλά πέτυχε και μεγαλύτερα ποσοστά βελτίωσης. Συγκεκριμένα η μελέτη έδειξε ότι η καλύτερη διορθωμένη βελτίωση οπτικής οξύτητας (Best Corrected Visual Acuity, BCVA) μετά από 16 εβδομάδες θεραπείας ήταν μεγαλύτερη στην ομάδα που χρησιμοποίησε την εφαρμογή με τη συσκευή CureSight σε σύγκριση με την ομάδα που χρησιμοποίησε τα patches (επιθέματα – τσιρότα). Συγκεκριμένα κατά την 16<sup>η</sup> εβδομάδα, το 79% της ασθενών που ακολούθησαν την θεραπευτική μέθοδο CureSight είχε βελτίωση BCVA μεγαλύτερη από 2 γραμμές στον αμβλυοπικό τους οφθαλμό έναντι ποσοστού μόλις 61% των ασθενών στην ομάδα που χρησιμοποίησαν επιθέματα κάλυψης του ισχυρού οφθαλμού. Πιστεύεται ότι αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι με τη διόφθαλμη θεραπεία CureSight, τα παιδιά αναπτύσσουν στερεοσκοπική όραση, η οποία είναι αδύνατον να επιτευχθεί με τη μονόφθαλμη φύση της παραδοσιακής θεραπείας με επιθέματα - τσιρότα, αφού σε αυτή τη περίπτωση το ένα μάτι παραμένει εντελώς κλειστό (novasight.com, 2022).



Εικόνα 3.17: Συσκευή CureSight. Η εφαρμογή επεξεργάζεται την εικόνα και θολώνει το κέντρο ενδιαφέροντος της εικόνας που προβάλλεται στο ισχυρό μάτι. Με αυτόν τον τρόπο, το οπτικό σύστημα αναγκάζεται σταδιακά να αναζητήσει καθαρότητα στην εικόνα βασισμένο στο τεμπέλικο μάτι, υποχρεώνοντάς το να αυξήσει την οξύτητα της μεταφερόμενης στο εγκέφαλο πληροφορίας, ενώ ταυτόχρονα τα δύο μάτια εκπαιδεύονται να λειτουργούν μαζί και συμπληρωματικά (nova-sight.com, 2022).

Αξιολογήθηκε επίσης η συμμόρφωση των ασθενών στην μέθοδο αλλά και η ικανοποίηση των ασθενών. Η μέση συμμόρφωση στη χρήση CureSight κατά τη διάρκεια της μελέτης μεταξύ των ατόμων που αξιολογήθηκαν στην επίσκεψη της 16ης εβδομάδας ήταν 93%, ποσοστό πολύ υψηλό, πράγμα που οφείλεται τόσο στην ευκολία χρήσης της συσκευής, όσο και στον υψηλό βαθμό ελκυστικότητας της μεθόδου. Επιπλέον, το 95% των γονέων ανέφερε ότι είναι πιθανό ή πολύ πιθανό να επιλέξουν τη θεραπεία ψηφιακής διόρθωσης της αμβλυωπίας CureSight αντί για την παραδοσιακή μέθοδο με τα patches (επιθέματα). Επίσης δεν παρατηρήθηκαν σοβαρές ανεπιθύμητες παρενέργειες σε κανένα σκέλος της θεραπείας CureSight, αλλά ακόμα και κάποιες μη σοβαρές ανεπιθύμητες παρενέργειες ήταν παροδικές και αυτοιόσμιμες (eyewire.news, 2023). Το σύστημα CureSight βελτιώνει τόσο την οπτική οξύτητα όσο και τη διόφθαλμη όραση μέσα από την άνεση του σπιτιού του ασθενούς-παιδιού, με ότι αυτό συνεπάγεται για το ίδιο το παιδί, αλλά και την διευκόλυνση των γονέων. Το CureSight είναι μια τεχνολογία που αλλάζει τα πρότυπα φροντίδας και οι προοπτικές

του έχουν αυξηθεί εκθετικά μετά την αδειοδότηση από τον FDA», δήλωσε ο Ran Yam, συνιδρυτής και Διευθύνων Σύμβουλος της NovaSight (eyewire.news, 2023). «Ο παραδοσιακός τρόπος θεραπείας με τα επιθέματα, που αποτελεί το τρέχον πρότυπο θεραπείας εδώ και πάρα πολλά χρόνια, μπορεί να είναι και αυτός αποτελεσματικός, εφόσον όμως το παιδί είναι δεκτικό ως προς αυτόν τον τρόπο θεραπείας. Ωστόσο, σίγουρα τα επιθέματα δημιουργούν προβλήματα αυτοεκτίμησης και η συνεπαγόμενη δυσφορία μπορεί να περιορίσει τη συμμόρφωση στη θεραπεία κάτω από 50%, με αποτέλεσμα οι ασθενείς να υποφέρουν από μειωμένη όραση στο ένα μάτι, περιορισμένες δεξιότητες συντονισμού και μειωμένη αντίληψη βάθους στην ενήλικη ζωή τους» (eyewire.news, 2023). Αντιθέτως η χρήση της εφαρμογής CureSight αίρει το σύνολο των ανασχετικών αυτών παραγόντων, έχοντας επιπλέον και καλύτερα αποτελέσματα. Πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό του συστήματος είναι η διασύνδεση της εφαρμογής με το cloud. Η εφαρμογή ανεβάζει δεδομένα σχετικά με την πορεία της υγείας του ασθενούς, τα οποία δεδομένα είναι άμεσα διαθέσιμα στους ειδικούς παροχής οφθαλμολογικής φροντίδας, ώστε να υπάρχει ολοκληρωμένη και συνεχής παρακολούθηση της όρασης του ασθενούς, χωρίς να είναι απαραίτητη η συχνή μετάβαση στο οφθαλμιατρικό κέντρο για εκτίμηση.

### **3.7 RelieVRx: Η τεχνολογία VR στην υπηρεσία της φυσικοθεραπείας**

Το ποσοστό των ανθρώπων που πάσχουν από διάφορα μυοσκελετικά και κινητικά προβλήματα είναι πολύ μεγάλο, είναι δε ο τύπος των προβλημάτων τέτοιος που σχεδόν όλοι οι άνθρωποι μεγαλύτερης ηλικίας αργά ή γρήγορα έρχονται αντιμέτωποι με τέτοια προβλήματα, τα οποία πέρα από την όποια φαρμακευτική αντιμετώπιση, χρήζουν πολλές φορές και αντιμετώπισης με φυσικοθεραπευτικές μεθόδους. Μάλιστα με βάση τα καθιερωμένα επίπεδα ποιότητας μιας θεραπείας αυτού του είδους των προβλημάτων, οι ασθενείς με χρόνιο πόνο στη μέση λαμβάνουν συνήθως περισσότερα φάρμακα από το μέσο ασθενή. Τα φάρμακα αυτά μπορεί να περιλαμβάνουν οπιοειδή για περιορισμό του πόνου. Ωστόσο τα οπιοειδή μπορούν να προκαλέσουν επιπλοκές ή παρενέργειες, αλλά επιπλέον δεν μπορούν να αποτελέσουν και μακροχρόνια θεραπεία για το χρόνιο πόνο στη μέση. Γενικώς η αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων είναι σχετικά δύσκολη και απαιτείται μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για τη βελτίωση της ζωής των ασθενών (relievrx.com, 2023).

Η φυσικοθεραπευτική προσέγγιση μέσω VR, προσαρμόζει τη θεραπεία βάσει του προφίλ του εκάστοτε ασθενούς. Το πρόγραμμα ενθαρρύνει τον ασθενή να θέτει νέους στόχους σε κάθε συνεδρία, πράγμα που αφενός βοηθά στη σταδιακή βελτίωση της κινητικής κατάστασης του ασθενούς και αφετέρου εξασφαλίζει μεγάλο βαθμό συμμόρφωσης στο πρόγραμμα αποκατάστασης - θεραπείας. Τα συστήματα VR μπορούν να «ενσωματώνουν πολυαισθητηριακή διέγερση οπτικών, ακουστικών, απτικών και σωματο-αισθητηριακών συστημάτων για να παρέχουν ένα ρεαλιστικό περιβάλλον» (Κατσιμάρη P. M., 2022). Ακόμα και σε πολύ δύσκολες περιπτώσεις οι μελέτες έδειξαν ότι μπορεί να είναι αποτελεσματικά στη βελτίωση του δυναμικού ελέγχου ισορροπίας και στην πρόληψη πτώσεων σε ασθενείς με υποξία και χρόνια εγκεφαλικά επεισόδια σε σύγκριση με τη συμβατική θεραπεία.



**Εικόνα 3.18: Συνδυασμός HeadSet και Sticks (χειριστηρίων) VR εφαρμογής φυσιοθεραπείας. Πέρα από τα πλεονεκτήματα του οικείου περιβάλλοντος, της αποφυγής μετακίνησης και της επιλογής του χρόνου της συνεδρίας, σημαντικός είναι επίσης και ο παράγοντας της ασφάλειας, αφού δεν εμπλέκονται πολύπλοκα ή δυνητικά επικίνδυνα μηχανήματα που απαιτούν την επίβλεψη ειδικού για τη χρήση τους (truemed.gr, 2022)**



**Εικόνα 3.19: Mindmotion PRO για νευροαποκατάσταση. Εφαρμογή VR εγκεκριμένη από τον FDA και με σήμανση CE, ειδικά σχεδιασμένη για νευροαποκατάσταση, ιδανική για την παροχή θεραπείας σε ασθενείς που αναρρώνουν από ημιπάρεση των άνω άκρων. Με τη χρήση ειδικής συσκευής ο ασθενής καλείται να χειριστεί εικονικά αντικείμενα, οξύνοντας έτσι τις κινητικές του ικανότητες (mindmaze.com, 2023).**

Μέσω της εικονικής πραγματικότητας, η ανατροφοδότηση που δίνεται στον ασθενή και στο θεραπευτή είναι άμεση, καθώς οι αισθήσεις που βιώνει ο δέκτης της υπηρεσίας υγείας κατά τη διάρκεια της συνεδρίας συνεχώς αλλάζουν (Κατσιμάρη P. M., 2022). Ένα σύνολο συνδυασμών νευρολογικών και κινητικών παθήσεων όπως π.χ. το εγκεφαλικό επεισόδιο, η σκλήρυνση κατά πλάκας, οι ακρωτηριασμοί, κλπ., προκαλούν σοβαρά προβλήματα ισορροπίας και κινητικότητας, που επηρεάζουν την ποιότητα ζωής των ασθενών. Τα προγράμματα φυσικοθεραπείας και αποκατάστασης, με τη βοήθεια εικονικής πραγματικότητας, αποτελούν μια αποτελεσματική και συνάμα διασκεδαστική διαδικασία, μέσα από την οποία οι ασθενείς σταδιακά γίνονται πιο ενεργοί σε καθημερινές δραστηριότητες και αποκτούν το κίνητρο να συνεχίζουν την προσπάθειά τους για τη βελτίωση της ποιότητας ζωής τους (Κατσιμάρη P. M., 2022).

Και στον τομέα της φυσικοθεραπείας λοιπόν η VR έχει να προσφέρει λύσεις οικονομικές, αποδοτικές, ήπιες και φιλικές προς τον ασθενή. Η εφαρμογή RelieVRx

είναι η πρώτη εγκεκριμένη από την FDA θεραπεία εικονικής πραγματικότητας που έχει κλινικά αποδειχθεί ότι μειώνει σημαντικά το CLBP (Chronic Lower Back Pain – πρόβλημα χρόνιου πόνου χαμηλά στη μέση) (relievrx.com, 2023).



**Εικόνα 3.20: Εφαρμογή RelieVRx.** Με το σετ εικονικής πραγματικότητας RelieVRx, ο ασθενής μπορεί χωρίς έξοδα μετάβασης, σε δικό του χρόνο και από το οικείο περιβάλλον του σπιτιού του να ακολουθήσει ένα πρόγραμμα ανακούφισης από τους χρόνιους πόνους χαμηλά στη μέση. Το σετ προτρέπει τον ασθενή σταδιακά σε κινήσεις οι οποίες βοηθάνε στην αντιμετώπιση του προβλήματος με έναν τρόπο ευχάριστο, διαδραστικό και διασκεδαστικό (relievrx.com, 2023).

Το πρόγραμμα αποκατάστασης περιλαμβάνει καθημερινές συνεδρίες με χρήση της εφαρμογής RelieVRx που αποτελούνται από τεχνικές διαχείρισης του πόνου, όπως η επίγνωση του σώματος, η απόσπαση της προσοχής από τον πόνο, αλλά και η τροποποίηση της συμπεριφοράς. Κάθε νέα συνεδρία βασίζεται στην τελευταία, κλιμακώνοντας σταδιακά τα ερεθίσματα και προκαλώντας νευροπλαστικότητα – δηλαδή την ικανότητα του εγκεφάλου να τροποποιεί, να αλλάζει και να προσαρμόζεται ως απόκριση στην εμπειρία. Στα πλεονεκτήματα του συστήματος, πέρα από την εξοικονόμηση χρόνου και χρήματος πρέπει να συμπεριληφθεί η έλλειψη αντενδείξεων και η ευκολία στη χρήση, πράγμα που έχει και ως αποτέλεσμα

υψηλά ποσοστά αποδοχής και συμμόρφωσης από τους ασθενείς, τα οποία οδηγούν συνεπακόλουθα σε θετικά αποτελέσματα και στην ικανοποίηση του χρήστη (relievrx.com, 2023).

Η αποτελεσματικότητα και η ασφάλεια του RelieVRx αξιολογήθηκαν σε κλινική δοκιμή διάρκειας 8 εβδομάδων, σε 188 ασθενείς με πρόβλημα CLBP, οι οποίοι συμμετείχαν σε 56 καθημερινές συνεδρίες VR. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι σχεδόν 2 στους 3 ασθενείς (ποσοστό 65%) στην ομάδα θεραπείας είχαν κλινικά σημαντική μείωση στην ένταση του πόνου. Τα ποσοστά των ανεπιθύμητων παρενεργειών ήταν χαμηλά και παροδικά (περιστατικά ναυτίας), το ποσοστό ολοκλήρωσης του προγράμματος κυμάνθηκε σε υψηλά επίπεδα (77%) ενώ υψηλή βαθμολογία απέσπασε το σύστημα στο κριτήριο ευκολίας χρήσης. Συγκεκριμένα οι ασθενείς κατέταξαν την ευκολία χρήσης του συστήματος υψηλότερα από την ευκολία χρήση ενός ATM τραπεζής (relievrx.com, 2023).

## **Κεφάλαιο 4ο: Ο τομέας της Ψυχικής Υγείας. Διεύρυνση του πεδίου εφαρμογής των τεχνολογιών AR και VR**

### **4.1 AR/VR στην υπηρεσία της Ψυχικής Υγείας**

Σε παγκόσμιο επίπεδο, υπάρχουν αυτήν την στιγμή περίπου 450 εκατομμύρια άνθρωποι που πάσχουν από κάποια ψυχική ασθένεια ή από νευρολογικές διαταραχές. Έχει υπολογιστεί ότι ένας στους τέσσερις ανθρώπους θα αντιμετωπίσει προβλήματα ψυχικής υγείας κάποια στιγμή στη ζωή του. Σύμφωνα με μια έκθεση που δημοσιεύθηκε προσφάτως από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (Π.Ο.Υ.), οι τυπικές διαδικασίες για τη θεραπεία ασθενών με παθήσεις ψυχικής υγείας είναι ανεπαρκείς. Είναι λοιπόν λογικό ότι εκμεταλλεζόμενοι τόσο τις νέες τεχνολογικές εξελίξεις όσο και την πραγματικότητα της «εισβολής» της MR στην καθημερινότητα των ανθρώπων, οι θεραπευτές διερευνούν τη δυνατότητα χρήσης της εικονικής πραγματικότητας και της επαυξημένης πραγματικότητας ως εναλλακτική ή παράλληλη θεραπεία στις ψυχικές νόσους (sbanimation.com, 2023). Η εικονική πραγματικότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη θεραπεία ασθενών με ένα ευρύ φάσμα ψυχικών διαταραχών, όπως άγχος, ΔΕΠΥ (Διαταραχή Ελλειμματικής Προσοχής και Υπερκινητικότητας – Attention Deficit Hyperactivity Disorder ADHD), ψύχωση, συμπεριφορικές διαταραχές και διαταραχές μετατραυματικού στρες. Τα έως τώρα αποτελέσματα δείχνουν ότι πράγματι οι εικονικοί κόσμοι μπορούν να έχουν σημαντικό και θετικό αντίκτυπο στη θεραπεία της ψυχικής υγείας. Οι ίδιοι οι ασθενείς αναφέρουν υψηλά ποσοστά ικανοποίησης από θεραπείες που βασίζονται σε VR ενώ και ο βαθμός αποδοχής είναι μεγαλύτερος σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους. Μάλιστα το USC Institute for Creative Technologies έχει ήδη κερδίσει βραβείο για προσομοίωση VR που χρησιμοποιείται για τη θεραπεία πρώην στρατιωτών με PTSD (Post-Traumatic Stress Disorder, μετατραυματικό στρες το οποίο αντιμετωπίζουν πολλοί βετεράνοι των πρόσφατων πολέμων). Το βραβείο απονεμήθηκε από την Αμερικανική Ψυχολογική Εταιρεία για την εξαιρετική συνεισφορά στη θεραπεία των ψυχικών τραυμάτων (sbanimation.com, 2023).

Η πλειοψηφία των θεραπεύσιμων ψυχικών ασθενειών προκαλούνται από παράλογους (ανυπόστατους) φόβους. Αν και πολλές από αυτές τις φοβίες προκαλούνται αρχικά από μια φυσική - πραγματική εμπειρία, εντούτοις το μυαλό αναδημιουργεί, αναπαράγει και μεγεθύνει την εμπειρία ακόμα και όταν δεν υπάρχει

πλέον η απειλή. Πολλές φορές ψυχικές ασθένειες ή φοβίες μπορεί να είναι ακατανόητες ή παράλογες για τους περισσότερους ανθρώπους, όμως οι ασθενείς υποφέρουν πραγματικά από αυτές. Για παράδειγμα η φοβία των μικρών εντόμων (ακρίδες, αράχνες, κατσαρίδες, κλπ), είναι μια γνωστή περίπτωση. Ο Juan M., αναφέρει ότι η επαυξημένη πραγματικότητα μπορεί να βοηθήσει στην καταπολέμηση του άγχους και της φοβίας σε κατσαρίδες (Juan M., et al, 2004). Στη μέθοδο χρησιμοποιούνται HMDs (Head-Mounted Displays) και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η θεραπεία μέσω του συστήματος AR μείωσε το άγχος που βίωνε ο ασθενής όταν ερχόταν σε επαφή με το αντικείμενο της φοβίας του (Ντάγκρα Ε., 2016).

Μια άλλη περίπτωση που μπορεί να αντιμετωπιστεί με χρήση AR/VR είναι η ακροφοβία και ο φόβος για τα ύψη (αν και σαν ασθένειες δεν είναι ταυτόσημες). Μέσω Headsets που προβάλλουν κατάλληλες εικόνες ή βίντεο, διαπιστώθηκε ότι η τεχνολογία MR μπορεί να βοηθήσει αυτούς τους ασθενείς να αντιμετωπίσουν σταδιακά τη φοβία τους. Στην κλασική μέθοδο θεραπείας περιλαμβάνεται η σταδιακή και ελεγχόμενη έκθεση του ασθενή σε μια ιεραρχία ερεθισμάτων, η οποία μετά από καιρό καταλήγει να γίνεται συνήθεια και ο φόβος σταδιακά εξαφανίζεται. Η μέθοδος AR/VR εκμεταλλεύεται την «εμβύθιση» μέσω εικόνων ή βίντεο, που προβάλλουν εικόνες-τοποθεσίες επιλεγμένες για κάθε περίπτωση φοβίας από εξειδικευμένους ψυχολόγους (Ντάγκρα Ε., 2016). Για παράδειγμα τέτοιες φωτογραφίες θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν το παράθυρο ενός κτηρίου (σταδιακά από τους μικρότερους προς τους μεγαλύτερους ορόφους), τη θέα από ένα φράγμα, τη θέα από την οροφή ενός ουρανοξύστη, κλπ.



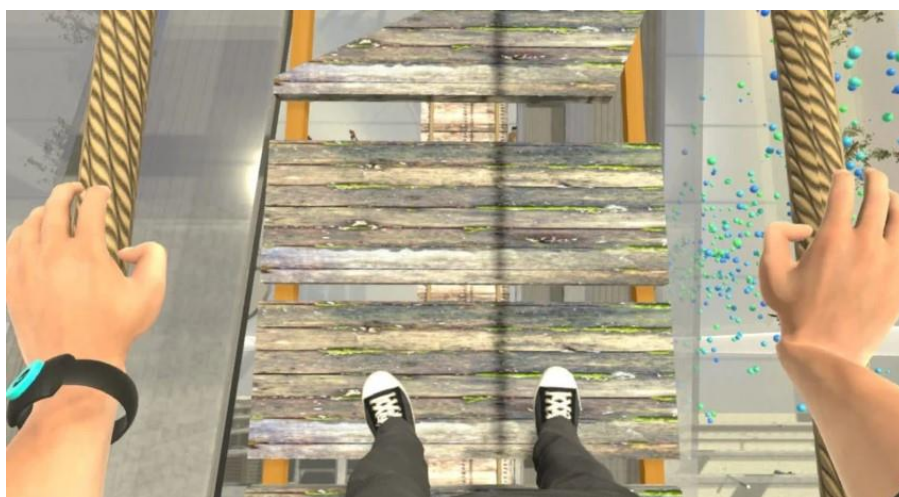
**Εικόνα 4.1: «Εμβυθιστική» εικόνα VR για την θεραπεία της ακροφοβίας. Ο ασθενής χρησιμοποιεί ένα HMD στο οποίο προβάλλονται εικόνες οι οποίες προσομοιώνουν τις καταστάσεις που προκαλούν το αίσθημα φόβου στον ασθενή. Ο ασθενής έρχεται σταδιακά αντιμέτωπος με μεγαλύτερου βαθμού στρεσογόνες καταστάσεις, έως ότου συνηθίσει στην έκθεση στον παράγοντα που του προκαλεί τη φοβία. Η διαδικασία της εμβύθισης ενισχύεται με σχετική προεργασία εκ μέρους του θεραπευτή, η οποία περιλαμβάνει ιστορικό της τοποθεσίας και σενάρια ενεργειών προς εκτέλεση εκ μέρους του ασθενούς (Ντάγκρα Ε., 2016).**

Σε πραγματικές συνθήκες, οι θεραπευτές θα έπρεπε να πηγαίνουν τους ασθενείς σε τέτοιες ειδικές τοποθεσίες και να εκτελούν μία επιτόπια θεραπευτική συνεδρία, πράγμα που όπως εύκολα γίνεται αντιληπτό, είναι χρονοβόρο, κοστοβόρο, επικίνδυνο και τελικώς πρακτικά μάλλον ανέφικτο. Αντιθέτως η ικανότητα των AR/VR να αναδημιουργούν έναν εικονικό κόσμο σε ένα ασφαλές περιβάλλον εξαλείφει τις τρέχουσες προκλήσεις της θεραπείας έκθεσης. Οι θεραπευτές μπορούν να δημιουργήσουν μια ισχυρή προσομοίωση που αντιμετωπίζει τα ψυχολογικά ζητήματα τους ασθενούς χωρίς να χρειάζεται να φύγουν από το γραφείο τους, και αντιστοίχως ο ασθενής δεν χρειάζεται να ταξιδεύει σε διαφορετικές τοποθεσίες και πραγματοποιεί τις συνεδρίες του εντός ασφαλούς και ελεγχόμενου χώρου, χωρίς κανέναν πραγματικό κίνδυνο. Η MR ενεργοποιεί τα κινητικά και τα αισθητήρια μέρη

του εγκεφάλου του σε τέτοιο βαθμό που η παράλληλη πραγματικότητα μεταφράζεται ως πραγματική εμπειρία στο μυαλό του, παράγοντας τελικά το επιθυμητό αποτέλεσμα. Η αίσθηση της παρουσίας στον εικονικό αυτό «θεραπευτικό» κόσμο μπορεί να διευκολύνεται και με κατάλληλους ήχους, ενώ επιπλέον ερεθίσματα όπως η αφή που ενεργοποιούν περισσότερες αισθήσεις μπορούν να συμβάλλουν τα μέγιστα στη βελτιστοποίηση της εμπειρίας (sbanimation.com, 2023).



**Εικόνα 4.2: Χρήση VR για την αντιμετώπιση της αραχνοφοβίας:** Η αραχνοφοβία εντάσσεται στο γενικότερο πλαίσιο των φοβιών που αφορούν μικρά έντομα, (αν και οι αράχνες δεν είναι έντομα, ανήκουν στα αρθρόποδα). Ένα από τα σενάρια περιλαμβάνει το περπάτημα της αράχνης πάνω στο (εικονικό) χέρι του ασθενούς. Μετά σε κάποια χρονική στιγμή, η αράχνη εκτινάσσεται προς το πρόσωπο του ασθενούς. Στόχος είναι η εξοικείωση του υποκειμένου με το αντικείμενο του φόβου. Σε επόμενο επίπεδο, η χρήση ειδικών γαντιών προσομοίωσης αφής μπορεί να κάνει την εμπειρία ακόμα πιο ρεαλιστική (sprectrum.ieee.org, 2019).



**Εικόνα 4.3: Πειραματική θεραπευτική προσέγγιση υψοφοβίας με χρήση VR.** Ο ασθενής φορώντας Headset εμβυθίζεται σε ένα εικονικό περιβάλλον στο οποίο καλείται να περπατήσει σε μια γέφυρα με σχοινιά η οποία αιωρείται αρκετά μέτρα πάνω από το έδαφος. «Τα αποτελέσματα είναι λαμπρά. Είναι καλύτερα από ό,τι περίμενα», δήλωσε ο Daniel Freeman, κλινικός ψυχολόγος Πανεπιστημίου Οξφόρδης (nbcnews.com, 2018).

Παράλληλα διερευνώνται θεραπείες AR/VR για νευρολογικές παθήσεις όπως ο αυτισμός. Να σημειωθεί εδώ ότι ειδικά σε περιπτώσεις αυτιστικών παιδιών, έχει παρατηρηθεί βελτίωση της κοινωνικοποίησής τους και της επικοινωνίας τους ακόμα και μέσω παιχνιδιών AR/VR όπως π.χ. το PokemonGO. Σε τεστ που έχουν διενεργηθεί, παιδιά που πάσχουν από αυτισμό αλληλεπιδρούσαν με έναν προσομοιωμένο (εικονικό) χαρακτήρα, και χρησιμοποιήθηκε μια εφαρμογή αναγνώρισης προσώπου για να μεταδώσει – αποδώσει συναισθήματα με λεκτικές ενδείξεις, ώστε τα παιδιά να καταλάβουν πώς μια έκφραση προσώπου αντιστοιχεί - αποκαλύπτει και κάποιο συναίσθημα. Καθώς οι επιστήμονες συνεχίζουν να κατανοούν περισσότερα για το πως λειτουργεί ο εγκέφαλος, αλλά και πως μπορεί να συνδυαστεί η ανθρώπινη διάνοια με την τεχνολογία σε ιατρικά περιβάλλοντα, η AR/VR έχουν την προοπτική να αλλάξουν σε μεγάλο βαθμό τα σημερινά δεδομένα στον τομέα παροχής υπηρεσιών ψυχικής υγείας (sbanimation.com, 2023).

#### **4.2 Η Εικονική και Επαυξημένη Πραγματικότητα ως μέσο αντιμετώπισης του πόνου και ενίσχυσης της ενσυναίσθησης των επαγγελματιών υγείας**

Μελέτες έχουν δείξει ότι η AR/VR μπορούν να έχουν θετική επίδραση όχι μόνο στην καταπολέμηση των φοβιών και του μετατραυματικού στρες, αλλά και στο προεγχειρητικό – διεγχειρητικό - μετεγχειρητικό άγχος και τον πόνο. Το γενικότερο πλαίσιο στο οποίο βασίζεται αυτή η προσέγγιση έχει να κάνει με την ικανότητα της τεχνολογίας αυτής να στρέφει την κατεύθυνση της προσοχής (συγκέντρωσης) του ανθρώπινου εγκεφάλου μακριά από ανεπιθύμητες αισθήσεις (Κατσιμάρη P. M., 2022).



**Εικόνα 4.4:** Συσκευή VR HeadSet στην υπηρεσία της ψυχικής υγείας. Η εμβύθιση στο εικονικό περιβάλλον μπορεί να αποστρέψει τη συγκέντρωση του εγκεφάλου σε ανεπιθύμητες σκέψεις, συναισθήματα ή ερεθίσματα (truemed.gr, 2022).

Με την απόσπαση της προσοχής και την εμβύθιση στην εικονική πραγματικότητα, η οπτική και ακουστική αντίληψη του χρήστη αλλά και άλλες αισθήσεις (π.χ. απτικά ερεθίσματα) του πραγματικού (έξω) κόσμου μπλοκάρονται σε μεγάλο βαθμό, καθώς περιορίζονται από το εικονικό περιβάλλον που δημιουργείται από τον υπολογιστή και προβάλλεται στον ασθενή μέσω του Headset, το οποίο μπορεί να είναι και ειδικά σχεδιασμένο ώστε να αποκλείει σχεδόν εντελώς τις οπτικές και ακουστικές εισροές από το περιβάλλον της υγειονομικής περίθαλψης. Αυτή ακριβώς η δυνατότητα απομόνωσης και εικονικής αλλαγής περιβάλλοντος είναι που διαφοροποιεί την AR/AR από άλλες παραδοσιακές τεχνικές ψυχολογικής ανακούφισης και απάλυνσης του πόνου του ασθενούς, όπως π.χ. η παρακολούθηση τηλεόρασης ή βίντεο ή ακόμα και η ενασχόληση με διαδραστικά βιντεοπαιχνίδια (Κατσιμάρη P. M., 2022).

Σε έρευνα που έγινε σχετικά με τη γνώμη των ίδιων των ασθενών σχετικά με τη χρήση εικονικής πραγματικότητας στην Υγεία και κατά πόσο αυτή τους βοήθησε να ξεπεράσουν το στρες, τον πόνο και τις ανησυχίες τους, το 74,16% των απόψεων ήταν θετικές, το 15,56% των απόψεων είχαν αρνητική χροιά ή εξέφραζαν σοβαρές επιφυλάξεις, ενώ ένα μικρότερο ποσοστό είχε μια μάλλον ουδέτερη στάση (National Library of Medicine, 2017). Η έρευνα εστίασε σε 20 διαφορετικές περιπτώσεις

χρήσης VR στην υγειονομική περίθαλψη, ενώ σημαντικό είναι ότι στις περιπτώσεις αυτές συμπεριλήφθηκαν και εφαρμογές VR για μείωση του πόνου και τους στρες σε άτομα κλινήρη ή ακόμα και δεμένα (π.χ. γυναίκες κατά τη διάρκεια τοκετού) και σε ασθενείς που υποβάλλονταν σε επίπονες διαδικασίες χημειοθεραπείας, ακτινοβολίας ή αιμοκάθαρσης κλπ (National Library of Medicine, 2017). Τα περισσότερα αρνητικά σχόλια αφορούσαν ανησυχίες για την ίδια την τεχνολογία VR αυτή καθ' αυτή (π.χ. τους κινδύνους από πιθανή ακτινοβολία, παρενέργειες, αλλά και γενικότερους προβληματισμούς για την εξάρτηση του ανθρώπου από την τεχνολογία). Αν και οι περισσότερες από αυτές τις ανησυχίες δεν φαίνεται να έχουν πραγματική βάση, ή άπτονται θεμάτων περισσότερο ηθικής και λιγότερο επιβλαβών επιδράσεων και παρενεργειών, εντούτοις πρέπει και αυτές να αναγνωριστούν ως υπάρχουσες και πραγματικές και να αντιμετωπιστούν, καθώς η εικονική πραγματικότητα για την υγειονομική περίθαλψη συνεχίζει να εξελίσσεται, συνεπώς είναι δυνατό με τέτοιες έρευνες η κοινή γνώμη να συμμετέχει ενεργά στη διαμόρφωση της ατζέντας της χρήσης VR στον τομέα της Υγείας.

#### **4.3 AR/VR και εμπέδωση της ενσυναίσθησης στους επαγγελματίες παροχής υπηρεσιών Υγείας**

Κατά τις τελευταίες δεκαετίες γίνεται όλο και περισσότερο λόγος για την ενσυναίσθηση, και την επίδραση που αυτή έχει στην ποιοτική παροχή υπηρεσιών υγείας, πράγμα το οποίο αντανakλά και στο βαθμό ικανοποίησης των ασθενών. Ένας σύντομος και πλήρης ορισμός της ενσυναίσθησης μάλλον είναι δύσκολος, ειδικά σε ότι αφορά τη χρήση του όρου στην Υγεία, εντούτοις με μια «απλοϊκή» προσέγγιση σημαίνει την ικανότητα κάποιου ανθρώπου να μπορεί να αισθάνεται και να βιώνει το πως αισθάνεται ένας άλλος άνθρωπος. (Mercer και Reynolds, 2002). Η δυνατότητα λοιπόν εκ μέρους του ιατρού να αντιληφθεί τη συναισθηματική και ψυχική κατάσταση του ασθενούς και να κατανοήσει τις συμπεριφορές και τα κίνητρά του, δύναται να έχει θετική επίδραση στη φροντίδα και τη θεραπεία του ασθενούς. Πολύ σημαντικό είναι το γεγονός πως μελέτες έχουν αποδείξει ότι η ενσυναίσθηση μπορεί να οδηγήσει σε δημιουργία καλού κλίματος διαπροσωπικών σχέσεων ασθενούς - ιατρού. Αυτό έχει σαν παράπλευρο θετικό αποτέλεσμα την αναστολή πιθανής αμυντικής στάσης του ασθενούς, καθώς αυτός μπορεί να εκφράσει ανοιχτά τις ανησυχίες του αλλά και τις προσδοκίες του από τη θεραπεία. Όλα αυτά μαζί κατατείνουν τελικώς στη μεγαλύτερη δυνατή συμμόρφωση στη θεραπεία και σε

καλύτερα αποτελέσματα (Mercer και Reynolds, 2002). Ασφαλώς η ενσυναίσθηση δεν είναι μια αυτοματοποιημένη διαδικασία, επιτυγχάνεται μέσα από συγκεκριμένα βήματα, διότι περιλαμβάνει μια διαδικασία «βίωσης» της εμπειρίας του άλλου ατόμου, δηλαδή την επίγνωση της πραγματικής κατάστασης του άλλου ατόμου (Mercer και Reynolds, 2002).

Η εικονική πραγματικότητα μπορεί να συμβάλλει σημαντικά στην ανάπτυξη της ενσυναίσθησης των επαγγελματιών υγείας, επειδή τους δίνει τη δυνατότητα μέσω της προσομοίωσης να βιώσουν την κατάσταση, τις ανάγκες και τις ανησυχίες των ασθενών τους και κατ' επέκταση να αντιληφθούν τις συμπεριφορές τους και τις αντιδράσεις τους. Έρευνες που διενεργήθηκαν από τα πανεπιστήμια New England και Michigan, επιβεβαιώνουν ότι οι προσομοιώσεις μέσω VR καταστάσεων ασθενών βοηθούν τους φοιτητές ιατρικής και τους εκπαιδευόμενους γιατρούς να αναπτύξουν ενσυναίσθηση απέναντι στους ασθενείς τους, καθώς τους δίνεται η δυνατότητα να αντιληφθούν και να «ζήσουν» οι ίδιοι πώς είναι π.χ. να χάνει κάποιος ένα άκρο του, πώς αισθάνεται και τι δυσκολίες βιώνει κάποιος που είναι καθηλωμένος σε αναπηρικό αμαξίδιο, πώς αισθάνεται κάποιος που αναρρώνει από καρδιακή προσβολή κ.α. (truemed.gr, 2022).



**Εικόνα 4.5: VR και καλλιέργεια ενσυναίσθησης στους επαγγελματίες υγείας. Οι επαγγελματίες υγείας μπορούν να επωφεληθούν από τη δυνατότητα προσομοίωσης μειονεκτικών καταστάσεων (π.χ. αναπηρίας, δυσκινησίας, δυσκολίας στην ισορροπία κλπ), και να βιώσουν οι**

ίδιοι με όσο το δυνατόν πιο αληθοφανή τρόπο τα αντικειμενικά προβλήματα αλλά και τα συναισθήματα και τη ψυχολογική κατάσταση των ασθενών τους. Αυτό συμβάλει τα μέγιστα στην καλλιέργεια της ενσυναίσθησης, η οποία είναι ένα από τα ζητούμενα για τους επαγγελματίες υγείας στις μέρες μας (truemed.gr, 2022).

## Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup>: Συμπεράσματα – Προτάσεις

Η Επαυξημένη και η Εικονική Πραγματικότητα χρησιμοποιήθηκαν αρχικώς σε διάφορους απαιτητικούς τομείς υψηλής τεχνολογίας, όπως ο τομέας της μηχανολογίας, ή ο στρατιωτικός τομέας, πράγμα απολύτως λογικό αν σκεφτούμε την δυσκολία πρόσβασης στις κατάλληλες συσκευές και υποδομές κατά τα πρώτα χρόνια, αλλά και τα κόστη ανάπτυξης, συντήρησης και λειτουργίας τέτοιων πολύπλοκων συστημάτων. Ωστόσο, σταδιακά με την ανάπτυξη όλο και περισσότερων προσιτών, ποιοτικών φορητών συσκευών, η AR/VR τεχνολογία εισχώρησε στον τομέα της ψυχαγωγίας, κυρίως μέσω βιντεοπαιχνιδιών. Ο τομέας της ψυχαγωγίας, σε συνδυασμό με την αλματώδη ανάπτυξη του Internet, βοήθησε τα μέγιστα στη διάδοση της νέας αυτής τεχνολογίας, και το σημαντικότερο, κατέστησε σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα την MR μέρος της καθημερινότητας εκατομμυρίων ανθρώπων παγκοσμίως, σε σημείο που οι περισσότεροι άνθρωποι, τουλάχιστον στο Δυτικό κόσμο και τις αναπτυσσόμενες τεχνολογικά χώρες να θεωρούν τον εαυτό τους ήδη εξοικειωμένο με αυτήν την τεχνολογία, ενώ κάποιοι μάλιστα αναφέρονται στην «παράλληλη» ζωή που βιώνουν και σαν χαρακτήρες (avatar) στο metaverse.

Πέρα από την ψυχαγωγία, ο μοναδικός άλλος τομέας της ανθρώπινης ζωής που παρουσιάζει ίσο ή και μεγαλύτερο βαθμό ενδιαφέροντος για το σύνολο του πληθυσμού, είναι φυσικά ο τομέας της Υγείας. Είναι λοιπόν λογικό ότι από τη στιγμή που η MR άρχισε σε χρησιμοποιείται στην Υγεία, σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα κάλυψε την τεράστια διαφορά που υπήρχε στο μερίδιο της αγοράς σε σχέση με την βιομηχανία παιχνιδιών και αναμένεται μέσα στα επόμενα λίγα χρόνια να υπερκεράσει την ψυχαγωγία. Όπως είδαμε, τα πλεονεκτήματα από τη χρήση της επαυξημένης και εικονικής πραγματικότητας στον τομέα της Υγείας είναι πάρα πολλά και σημαντικά. Στην εκπαίδευση των επαγγελματιών υγείας, η MR επιτρέπει την με ελκυστικό τρόπο εκμάθηση νέων μεθόδων και τεχνικών, ενισχύοντας την αυτοπεποίθηση των εκπαιδευομένων πριν την αντιμετώπιση του προβλήματος σε πραγματικές συνθήκες. Μειώνει σημαντικά τα κόστη, αφού περιορίζει την ανάγκη για διαθεσιμότητα μεγάλων χώρων (αμφιθέατρα, εργαστήρια, νεκροτομία, κλπ) καθώς και την ανάγκη για αναλώσιμα υλικά (φάρμακα, εργαλεία ή καθαριστικά) αλλά ακόμα και αυτήν ίδια την ανάγκη για δωρητές σώματος. Ταυτόχρονα επιτρέπει την εξ' αποστάσεως εκπαίδευση πολλών επαγγελματιών υγείας, και ενθαρρύνει τη συνεργασία ομάδων

(π.χ. ομάδων χειρουργείου) μέσω προσομοιώσεων επεμβάσεων κλπ. Παράλληλα, οι επαγγελματίες του χώρου έχουν τη δυνατότητα να μελετήσουν καλύτερα και να δουν προκαταβολικά τα στάδια μιας σχεδιαζόμενης επέμβασης ή μιας φαρμακευτικής ή άλλης αγωγής καθώς και τα αποτελέσματα που αναμένονται, και όλο αυτό χωρίς να τίθεται σε κίνδυνο η υγεία του ασθενούς. Τα οφέλη όμως για τους ασθενείς δεν περιορίζονται μόνο σε αυτό. Μέσω της τεχνολογίας AR/VR μπορούν να ακολουθήσουν θεραπευτική αγωγή χωρίς την ανάγκη συχνών μετακινήσεων από και προς θεραπευτικά κέντρα ή ιατρεία. Με τη χρήση κατάλληλων συσκευών VR οι λήπτες υπηρεσιών υγείας μπορούν να εμβυθιστούν σε κόσμους που αποσπούν την προσοχή του εγκεφάλου από σωματικούς πόνους και να μειώσουν το άγχος. Παράλληλα μπορούν να ενημερωθούν σε βάθος και να διαπιστώσουν οι ίδιοι την υφή του προβλήματος που έχουν, πράγμα που βοηθάει τόσο στην κατανόηση της πραγματικής κατάστασής τους, όσο και στην κατανόηση και ευκολότερη αποδοχή των προτεινόμενων λύσεων από τους επαγγελματίες υγείας. Έχει αποδειχθεί ότι αυτή η αλληλεπίδραση ασθενούς – ιατρού, βοηθάει στην ανάπτυξη αισθήματος εμπιστοσύνης, πράγμα που οδηγεί σε πιστότερη εφαρμογή της θεραπευτικής αγωγής και κατά συνέπεια σε μεγαλύτερα ποσοστά βελτίωσης της υγείας των ασθενών. Από την άλλη, οι επαγγελματίες υγείας μπορούν να επωφεληθούν από τις δυνατότητες ρεαλιστικής προσομοίωσης που παρέχει η MR και να «ζήσουν» την εμπειρία του προβλήματος του ασθενούς, ώστε να αναπτύξουν την ενσυναίσθηση, την ικανότητά τους δηλαδή να βιώσουν πραγματικά το σωματικό και ψυχικό πρόβλημα του ασθενούς, με τελικό σκοπό την καλύτερη δυνατή μέθοδο προσέγγισης τόσο όσον αφορά το κομμάτι της θεραπείας αυτής καθ' αυτής, όσο και το κομμάτι της ψυχολογικής υποστήριξης του ασθενούς, τομέας στον οποίο ολοένα και περισσότερο δίνει βαρύτητα η ιατρική κοινότητα τα τελευταία χρόνια.

Ασφαλώς υπάρχουν και αρκετά ζητήματα που πρέπει να επιλυθούν. Κάποια από αυτά, όπως η βελτιστοποίηση της εμπειρίας, τα πιο ρεαλιστικά εμβυθιστικά περιβάλλοντα, πιο εύχρηστες, πιο προσιτές και πιο εργονομικές συσκευές, η ενσωμάτωση περισσότερων αισθήσεων στο εμβυθιστικό περιβάλλον, κ.α., αφορούν κυρίως ζητήματα ανάπτυξης και εξέλιξης της τεχνολογίας και αναμένεται να υπάρξει πρόοδος σε όλους αυτούς τους τομείς στο εγγύς μέλλον. Ωστόσο, γεννώνται και ζητήματα πολιτικής και ηθικής, τα οποία έχουν μεγάλες προεκτάσεις και αναμένεται να συζητηθούν και να τεθούν με περισσότερη έμφαση στα επόμενα χρόνια. Ήδη

πολλοί άνθρωποι εκφράζουν ανοιχτά τις ανησυχίες τους για τον βαθμό εξάρτησης της ανθρώπινης συνείδησης αυτής καθ' αυτής από την αλληλεπίδραση με τα εικονικά περιβάλλοντα. Παράλληλα η MR από τη μια ενθαρρύνει τη συνεργασία και την κοινωνικοποίηση, από την άλλη όμως μπορεί επίσης να ενισχύσει την απομόνωση και την αποστασιοποίηση.

Πρέπει να υπάρξει περισσότερη προσπάθεια τόσο προς την κατεύθυνση της συγκεκριμενοποίησης των αναμενόμενων αποτελεσμάτων της χρήσης MR στο τομέα της Υγείας, όσο και προς την κατεύθυνση της θέσης ορίων και περιορισμών. Η ολοσχερής απεμπόληση της πραγματικότητας, προφανώς δεν είναι ούτε εφικτός αλλά ούτε και επιθυμητός στόχος, ενώ με τη μη κατάλληλη χρήση (ή ακόμα και κατάχρηση) της τεχνολογίας αυτής, υπάρχει κίνδυνος για ανεπαρκή ή ακόμα και μη κατάλληλη εκπαίδευση των επαγγελματιών υγείας. Η παροχή υπηρεσιών VR πρέπει να έχει ως επίκεντρο τον ασθενή και άρα πρέπει να υπάρξει δυνατότητα προσαρμογής στις ανάγκες του κάθε ασθενούς χωριστά. Από την άλλη όμως, ως προς τις εφαρμογές αυτές καθ' αυτές, τη λειτουργία και την διασυνδεσιμότητά τους, πρέπει να αυξηθεί η τυποποίηση και να θεσπιστούν πρότυπα, ειδικά τώρα που ακόμα η τεχνολογία αυτή είναι σε φάση ανάπτυξης. Η υψηλή τυποποίηση θα επιτρέψει την κοινή χρήση πληροφοριών που αφορούν τον ασθενή ανάμεσα σε διαφορετικά συστήματα, με ταυτόχρονη όμως πρόβλεψη για εξασφάλιση και σεβασμό των προσωπικών δεδομένων του ασθενούς και την προστασία της προσωπικότητάς του. Ζητούμενο αποτελεί και το εύρος χρήσης των AR/VR στην Υγεία. Προς το παρόν οι ειδικότητες που επωφελοούνται είναι λίγες, και τα πεδία εφαρμογής περιορισμένα. Προς αυτήν την κατεύθυνση, διεύρυνσης δηλαδή του πεδίου εφαρμογής της AR/VR, μπορεί να συμβάλει η συνεργασία των παρόχων υπηρεσιών υγείας, των εταιρειών και των ερευνητών που εμπλέκονται στην ανάπτυξη της τεχνολογίας αυτής, για αυτόν τον λόγο άλλωστε και είναι σημαντική η μεγαλύτερη δυνατή τυποποίηση. Εν κατακλείδι, είναι σίγουρο ότι η Επαυξημένη και Εικονική Πραγματικότητα θα διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στην Υγεία στα χρόνια που έρχονται, ωστόσο πρέπει να διασφαλιστεί ότι η ραγδαία αποδοχή τους, τόσο από τους επαγγελματίες υγείας όσο και από τους ασθενείς, δεν θα δημιουργήσει σημαντικά παράπλευρα ζητήματα.

## Βιβλιογραφικές Αναφορές

### → *Ελληνική Βιβλιογραφία*

1. Γκουρομπίνου Α., (2018), «*Εικονική vs Επαυξημένη Πραγματικότητα*», ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας, Τμήμα Πληροφορικής και ΜΜΕ, Πύργος.
2. Ντάγκρα Ε., (2016), «*Η επαυξημένη πραγματικότητα και τομείς εφαρμογής της με έμφαση στην ψυχολογική διάσταση της χρήσης συστημάτων Ε.Π.*», Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.
3. Καλτσίκη Α., (2020), «*Αξιολόγηση της χρήσης εφαρμογών Επαυξημένης Πραγματικότητας στην εκπαίδευση*», Παν. Αιγαίου, Σχολή Ανθρωπιστικών Επιστημών, Ρόδος
4. Πασαλίδου Χ., (2019), «*Σχεδίαση, ανάπτυξη εκπαιδευτικής δραστηριότητας με αξιοποίηση της Επαυξημένης Πραγματικότητας και διερεύνηση των στάσεων των εκπαιδευτικών*», Σχολή Κοινωνικών, Ανθρωπιστικών Επιστημών και Τεχνών, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας.
5. Σταυρινόπουλος Β., (2020), «*Επαυξημένη Πραγματικότητα και Τομείς Εφαρμογής*», Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας και Ανάπτυξης, Πολυτεχνική Σχολή Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.

### → *Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία*

6. Arnaldi B., et al., (2018), «*Virtual Reality and Augmented Reality myths and realities*», Newark John Wiley & Sons Ann Arbor, Michigan Proquest, pp. 1-60.
7. Caundell T., και Mizell D., (1992), «*Augmented Reality: An Application of Heads-Up Display Technology to Manual Manufacturing Processes*», Boeing Computer Services, Research and Technology, Seattle.
8. Juan, M. et al., (2004), «*An augmented reality system for treating psychological disorders: application to phobia to cockroaches*», Arlington, 2004.
9. Lanier, J., Minsky, M., Conn, C., Fisher, S., Druin, A., (1989) «*Virtual Environments and Interactivity: Windows to the Future*», N.Y, USA.

10. Mercer S. και Reynolds W., (2002), «*Empathy and quality of care, Think About Quality, British Journal of General Practice*», 52, S9-S13.
11. Michael E., και Daniel G., et al., (2021), «*Augmented reality head-mounted display-based incision planning in cranial neurosurgery: a prospective pilot study*», *Neurosurgical Focus* 51 (2): E3, 2021.
12. Milgram P., & Kishino F., (1994), «*A taxonomy of mixed reality visual displays*», *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, 77(12), 1321-1329.

→ **Διαδικτυακές Πηγές**

13. ΕΛΣΤΑΤ, (2021), «*Ερευνα χρήσης τεχνολογιών Πληροφόρησης και Επικοινωνίας από νοικοκυριά και άτομα – Χρήση Ηλεκτρονικού Εμπορίου – Απόρρητο και Προστασία της Ιδιωτικής Ζωής και των Προσωπικών Δεδομένων*», <https://www.statistics.gr/documents/20181/bfeda5cf-6bce-2b1d-5027-8983222da4d6> , προσπελάσιμο στις 11/03/2023.
14. Κατσιμάρη Ρ. Μ., (2022), «*Οι εφαρμογές της εικονικής πραγματικότητας στην Υγεία*», <https://www.truemed.gr/epistimi/efarmoges-vitruual-reality-stin-ygeia/> , προσπελάσιμο στις 3/5/2023.
15. Κλεφτοδήμος Α., (2021), «*Virtual and Augmented Reality 2020-2021*», <https://eclass.uowm.gr/modules/document/file.php/CDM103/ΘΕΩΡΙΑ-Διδάσκων%20Δρ.%20Αλέξανδρος%20Κλεφτοδήμος/2020-2021/3.%20Virtual%20and%20Augmented%20Reality-2020-2021.pdf> , προσπελάσιμο στις 21/03/2023.
16. army-technology.com (2022), «*Defence is the first sector to fully realise benefits of Augmented Reality (AR)*», <https://www.army-technology.com/comment/defence-realise-augmented-reality/> , προσπελάσιμο στις 25/03/2023.
17. dicomdirector.com (2021), «*What Augmented Reality Is Adding to Healthcare*», <https://www.dicomdirector.com/what-ar-is-adding-to-healthcare/> , προσπελάσιμο στις 06/04/2023.

18. el.wikipedia.org, (2017), «*Εικονική Πραγματικότητα*», [https://el.wikipedia.org/wiki/Εικονική\\_Πραγματικότητα](https://el.wikipedia.org/wiki/Εικονική_Πραγματικότητα) , προσπελάσιμο στις 23/03/2023
19. eternity.gr, (2019), «*Η Microsoft αποκαλύπτει τη νέα AR συσκευή της, το HoloLens 2*», <https://www.eternity.gr/Article/Gadgets/News/H-Microsoft-αποκαλύπτει-τη-νέα-AR-συσκευή-της-το-HoloLens-2/55171.html> , προσπελάσιμο στις 20/03/2023.
20. eyewire.news, (2023), «*NovaSight Announces FDA 510(K) Clearance of CureSight Digital Therapy for Amblyopia*», <https://eyewire.news/news/novasight-announces-fda-510k-clearance-of-curesight-digital-therapy-for-amblyopia?c4src=article:infinite-scroll> , προσπελάσιμο στις 30/04/2023.
21. fda.gov, (2023), «*Augmented Reality and Virtual Reality in Medical Devices*», <https://www.fda.gov/medical-devices/digital-health-center-excellence/augmented-reality-and-virtual-reality-medical-devices> , προσπελάσιμο στις 10/05/2023.
22. JNS Journal Of NeuroSurgery, (2021), «*Virtual and Augmented Reality*», [https://thejns.org/focus/view/journals/neurosurg-focus/51/2/article-pE3.xml?tab\\_body=fulltext](https://thejns.org/focus/view/journals/neurosurg-focus/51/2/article-pE3.xml?tab_body=fulltext) , προσπελάσιμο στις 19/04/2023.
23. LinkedIn, (2017), «*The Stanford Virtual Heart: Educating Healthcare Professionals in the 21st Century*», <https://www.linkedin.com/pulse/stanford-virtual-heart-educating-healthcare-21st-david-m-axelrod-md/> , προσπελάσιμο στις 15/04/2023.
24. Melnick K., (2022), «*This VR Headset Is Designed To Kill You*», <https://vrscout.com/news/this-vr-headset-is-designed-to-actually-kill-you/> , προσπελάσιμο στις 25/3/2023.
25. MobileAppDaily, (2020), «*Augmented Reality in Education: A Way to Future*», <https://www.mobileappdaily.com/2018/08/1/augmented-reality-in-education> , προσπελάσιμο στις 18/03/2023.
26. National Library of Medicine, (2017), «*Public Perceptions Regarding Use of Virtual Reality in Health Care: A Social Media Content Analysis Using*

- Facebook», <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5750416/> ,  
προσπελάσιμο στις 6-5-2023.
27. nbcnews.com, (2018), «*Virtual reality helps cure real-life fear of heights, study finds*», προσπελάσιμο την 1/5/2023.
28. nova-sight.com, (2022), «*FDA Cleared Eye Tracking Based Amblyopia Treatment*», <https://nova-sight.com/curesight-amblyopia-treatment/> ,  
προσπελάσιμο στις 30/04/2023.
29. ophthamlica.gr, (2023), «*Αμβλυωπία: Τι ακριβώς είναι η Αμβλυωπία;*»  
<https://www.ophthamlica.gr/pathiseis/amvilopia/> , προσπελάσιμο στις 30/04/2023
30. ossovr.com, (2021), «*Virtual reality for surgical training 101: The ultimate guide to VR in healthcare*», <https://www.ossovr.com/post/virtual-reality-for-surgical-training-101-the-ultimate-guide-to-vr-in-healthcare> ,  
προσπελάσιμο στις 23/04/2023.
31. Panasonic Avionics, (2021), «*How Augmented Reality Can Change Airplane Maintenance and Piloting Forever*», <https://www.panasonic.aero/blog-post/how-augmented-reality-can-change-airplane-maintenance-and-piloting-forever/> ,  
προσπελάσιμο στις 20/03/2023.
32. penmedicine.org, (2023), «*CAR T Cell Therapy*»,  
<https://www.pennmedicine.org/cancer/navigating-cancer-care/treatment-types/immunotherapy/what-is-car-t-therapy#:~:text=CAR> , προσπελάσιμο στις 15/04/2023.
33. relievr.com. (2023), «*Take control of your chronic lower back pain*»,  
<https://relievr.com/> , προσπελάσιμο στις 3/5/2023.
34. sbanimation.com, (2023), «*Can VR/AR help therapists and their patients?*»,  
<https://sbanimation.com/can-vr-ar-help-therapists-and-their-patients/> ,  
προσπελάσιμο την 1/5/2023.
35. spectrum.ieee.org, (2019), «*VR Therapy Makes Arachnophobes Braver Around Real Spiders. Immersive 3D video exposure helps people overcome arachnophobia*»,

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0887618518300161>,  
προσπελάσιμο την 1/5/2023.

36. stanfordchildrens.org, (2023), «*The Stanford Virtual Heart – Revolutionizing Education on Congenital Heart Defects*»,  
<https://www.stanfordchildrens.org/en/innovation/virtual-reality/stanford-virtual-heart> , προσπελάσιμο στις 15/04/2023.
37. Statista, (2023), <https://www.statista.com/> προσπελάσιμο στις 20/03/2023.
38. trot.com, (2022) «*Project CAR-T Therapy VR Training*»,  
<https://www.tro.com/novartis-car-t-therapy-vr-training/> , προσπελάσιμο στις 15/04/2023.
39. wearecassette.com, (2022), «*Virtual Reality Training For Health Care Professionals*», <https://www.wearecassette.com/novartis> , προσπελάσιμο στις 15/04/2023.
40. WPLG Local10.com, (2023) «*Virtual Reality leads to real injuries*»,  
<https://www.local10.com/health/2022/02/17/virtual-reality-leads-to-real-injuries/> , προσπελάσιμο στις 25/03/2023.
41. zippia.com (2023), «*25+ Amazing Virtual Reality Statistics: The Future of VR + AR*», <https://www.zippia.com/advice/virtual-reality-statistics/> , προσπελάσιμο στις 25/03/2023.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

### ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΓΚΕΚΡΙΜΕΝΩΝ ΑΠΟ ΤΟΝ FDA ΣΥΣΚΕΥΩΝ AR/VR

| Ημερομηνία Έγκρισης | Αριθμός Υποβολής          | Συσκευή                         | Εταιρεία                           | Τομέας            |
|---------------------|---------------------------|---------------------------------|------------------------------------|-------------------|
| 09/29/2022          | <a href="#">K213034</a>   | SpineAR SNAP                    | Surgical Theater, Inc.             | Orthopedic        |
| 09/29/2022          | <a href="#">K221375</a>   | CureSight-CS100                 | NovaSight Ltd.                     | Ophthalmic        |
| 09/01/2022          | <a href="#">K220104</a>   | Knee+                           | Pixee Medical                      | Orthopedic        |
| 07/29/2022          | <a href="#">K220733</a>   | OptiVu ROSA MxR                 | Orthosoft, Inc. (d/b/a Zimmer CAS) | Orthopedic        |
| 06/15/2022          | <a href="#">K213684</a>   | SurgiCase Viewer                | Materialise NV                     | Radiology         |
| 05/27/2022          | <a href="#">K220146</a>   | VisAR                           | Novarad Corporation                | Orthopedic        |
| 03/10/2022          | <a href="#">K213751</a>   | NextAR TKA Platform My Knee PPS | Medacta International S.A.         | Orthopedic        |
| 01/14/2022          | <a href="#">K211254</a>   | ARAI Surgical Navigation System | Surgalign Spine Technologies       | Orthopedic        |
| 11/16/2021          | <a href="#">DEN210014</a> | EaseVRx                         | AppliedVR, Inc.                    | Physical Medicine |
| 11/10/2021          | <a href="#">K210344</a>   | inVisionOS                      | PrecisionOS Technology Inc.        | Radiology         |
| 11/05/2021          | <a href="#">K210859</a>   | NextAR Spine Platform           | Medacta International, SA          | Orthopedic        |

| Ημερομηνία Έγκρισης | Αριθμός Υποβολής          | Συσκευή                                       | Εταιρεία                          | Τομέας         |
|---------------------|---------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------|----------------|
| 10/20/2021          | <a href="#">DEN210005</a> | Luminopia One                                 | Luminopia, Inc.                   | Ophthalmic     |
| 10/02/2021          | <a href="#">K202927</a>   | EYE-SYNC                                      | SyncThink, Inc.                   | Neurology      |
| 09/29/2021          | <a href="#">K210726</a>   | ImmersiveTouch                                | ImmersiveTouch, Inc.              | Radiology      |
| 07/19/2021          | <a href="#">K211188</a>   | xvision Spine system (XVS)                    | Augmedics Ltd                     | Orthopedic     |
| 07/14/2021          | <a href="#">K203115</a>   | ARVIS Surgical Navigation System              | Insight Medical Systems Inc.      | Orthopedic     |
| 05/14/2021          | <a href="#">K210072</a>   | HOLOSCOPE-i                                   | Real View Imaging Ltd.            | Radiology      |
| 05/12/2021          | <a href="#">K210153</a>   | NextAR RSA Platform                           | Medacta International SA          | Orthopedic     |
| 04/21/2021          | <a href="#">K202750</a>   | Knee+                                         | Pixee Medical                     | Orthopedic     |
| 01/28/2021          | <a href="#">K200384</a>   | HipXpert 3D Display and Anchoring Application | Surgical Planning Associates, Inc | Orthopedic     |
| 10/27/2020          | <a href="#">K202152</a>   | NextAR TKA Platform                           | Medacta International SA          | Orthopedic     |
| 09/18/2020          | <a href="#">K192890</a>   | SentEP                                        | SentiAR, Inc                      | Cardiovascular |
| 07/17/2020          | <a href="#">K201465</a>   | SuRgical Planner (SRP) BrainStorm             | Surgical Theater, Inc.            | Radiology      |
| 07/10/2020          | <a href="#">K193559</a>   | NextAR TKA Platform                           | Medacta International SA          | Orthopedic     |
| 01/23/2020          | <a href="#">K191014</a>   | Elements Viewer                               | Brainlab AG                       | Radiology      |

| Ημερομηνία Έγκρισης | Αριθμός Υποβολής        | Συσκευή                                                                                                                        | Εταιρεία              | Τομέας              |
|---------------------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------|
| 12/20/2019          | <a href="#">K190929</a> | xvision Spine system (XVS)                                                                                                     | Augmedics Ltd.        | Orthopedic          |
| 11/29/2019          | <a href="#">K192186</a> | I-Portal Neuro Otologic Test Center, I-Portal Video Nystagmography System, I-Portal Portable Assessment System - Nysragmograph | Neurolign USA, LLC    | Ear, Nose, & Throat |
| 08/29/2019          | <a href="#">K183489</a> | D2P                                                                                                                            | 3D Systems, Inc.      | Radiology           |
| 05/13/2019          | <a href="#">K190764</a> | SurgicalAR                                                                                                                     | MEDIVIS, Inc.         | Radiology           |
| 03/18/2019          | <a href="#">K183296</a> | REAL Immersive System                                                                                                          | Penumbra, Inc.        | Physical Medicine   |
| 02/22/2019          | <a href="#">K182643</a> | IRIS 1.0 System                                                                                                                | Intuitive Surgical    | Radiology           |
| 09/21/2018          | <a href="#">K172418</a> | OpenSight                                                                                                                      | Novarad Corporation   | Radiology           |
| 02/12/2018          | <a href="#">K170793</a> | SuRgical Planner (SRP)                                                                                                         | Surgical Theater, LLC | Radiology           |
| 04/24/2017          | <a href="#">K162748</a> | MindMotionPRO                                                                                                                  | MindMaze SA           | Physical Medicine   |
| 06/28/2016          | <a href="#">K160584</a> | Surgical Navigation Advanced Platform (SNAP)                                                                                   | SURGICAL THEATER, LLC | Radiology           |
| 02/12/2016          | <a href="#">K153004</a> | Clear Guide SCENERGY                                                                                                           | CLEAR GUIDE MEDICAL   | Radiology           |
| 02/05/2016          | <a href="#">K151955</a> | YuGo System                                                                                                                    | BIOGAMING LTD.        | Physical Medicine   |

| Ημερομηνία Έγκρισης | Αριθμός Υποβολής        | Συσκευή             | Εταιρεία        | Τομέας    |
|---------------------|-------------------------|---------------------|-----------------|-----------|
| 01/29/2016          | <a href="#">K152915</a> | EYE-SYNC            | SyncThink, Inc. | Neurology |
| 01/21/2015          | <a href="#">K142107</a> | ECHO TRUE 3D VIEWER | ECHO PIXEL INC. | Radiology |

**Πηγή: fda.gov, 2023.**