



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ
ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

Εφαρμογές Εικονικής και Επαυξημένης Πραγματικότητας στα Πλαίσια της ΩΡΛ Κλινικής

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Χρήστος Ιάσων Κ. Παπούλιας

Επιβλέπων: Δημήτριος – Διονύσιος Κουτσούρης
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Συνεπιβλέπουσα: Ουρανία Πετροπούλου
ΕΔΙΠ Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Φεβρουάριος 2022



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ
ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

Εφαρμογές Εικονικής και Επαυξημένης Πραγματικότητας στα Πλαίσια της ΩΡΛ Κλινικής

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Χρήστος Ιάσων Κ. Παπούλιας

Επιβλέπων: Δημήτριος – Διονύσιος Κουτσούρης
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Συνεπιβλέπουσα: Ουρανία Πετροπούλου
ΕΔΙΠ Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 8^η Φεβρουαρίου 2022.

(Υπογραφή)

.....
Δ. – Δ. Κουτσούρης
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

(Υπογραφή)

.....
Γ. Ματσόπουλος
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

(Υπογραφή)

.....
Π. Τσανάκας
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Φεβρουάριος 2022

(Υπογραφή)

.....

Χρήστος Ιάσων Κ. Παπούλιας

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Χρήστος Ιάσων Κ. Παπούλιας, 2022.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Περίληψη

Οι εμβοές και οι αιθουσαίες διαταραχές αποτελούν κοινές ωτολογικές διαταραχές που επηρεάζουν ψυχολογικά και σωματικά τον ασθενή, υποβαθμίζοντας την ποιότητα ζωής του. Στις συγκεκριμένες κατηγορίες διαταραχών δεν υπάρχει οριστική θεραπεία και σημαντικό ρόλο στη βελτίωση της ποιότητας ζωής του ασθενούς παίζει η γνωστική και συμπεριφορική θεραπευτική προσέγγιση, που στοχεύει στη συμβουλευτική του ασθενούς και στην καθοδήγησή του ως προς τη διαχείριση των συμπτωμάτων.

Με την εξέλιξη των υπολογιστών και των εφαρμογών τους, διάφορες τεχνολογίες έχουν εισαχθεί στην θεραπεία των ασθενών στον τομέα της ΩΡΛ κλινικής. Ένα ταχύτατα αναπτυσσόμενο πεδίο είναι αυτό της Εικονικής (VR) και Επαυξημένης Πραγματικότητας (AR). Η τεχνολογία αυτή έχει υιοθετηθεί σε όλους τους τομείς της ιατρικής και της νοσηλευτικής και οι εφαρμογές της αφορούν την ιατρική εκπαίδευση, την κλινική πρακτική, καθώς και τη θεραπεία και την εκπαίδευση των ασθενών.

Η Εικονική Πραγματικότητα μπορεί να χρησιμεύσει στην ΩΡΛ κλινική σαν εργαλείο για την επεξήγηση της πάθησης στον ασθενή με χειροπιαστό και διαδραστικό τρόπο, μέσα από οπτικοακουστικό υλικό που του κεντρίζει το ενδιαφέρον για την πάθηση και τον αποφορτίζει.

Το αντικείμενο της παρούσας εργασίας ήταν η δημιουργία ενός φανταστικού περιβάλλοντος VR για την προβολή παρουσιάσεων, σε ασθενείς της ΩΡΛ κλινικής, σχετικών με τις διαταραχές που βιώνουν. Έτσι, αναπτύχθηκε η δοκιμαστική εφαρμογή Εικονικής Πραγματικότητας UNITI VR. Η εφαρμογή έχει δημιουργηθεί στα πλαίσια της δομημένης συμβουλευτικής και δίνει την δυνατότητα στον ασθενή να αλληλεπιδράσει με φανταστικά περιβάλλοντα. Σε αυτά, περιέχεται μια γιγαντοοθόνη στην οποία προβάλλεται παρουσίαση που μεταδίδει στον ασθενή πληροφορίες σχετικά με την διαταραχή που βιώνει.

Αφού δοκιμαστεί η τελική εφαρμογή, πολύ σημαντική θα είναι μελλοντικά η ανάπτυξη του συστήματος για την χρήση της στη Γνωσιακή Συμπεριφορική Θεραπεία (CBT).

Λέξεις-Κλειδιά: ΩΡΛ Κλινική, Εμβοές, Αιθουσαίες Διαταραχές, Εικονική Πραγματικότητα, Επαυξημένη Πραγματικότητα

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή.

Abstract

Tinnitus and vestibular disorders are particularly common ENT disorders that affect the patient psychologically and physically, degrading his quality of life. In these categories of disorders there is no definitive treatment and the cognitive and behavioral therapeutic approach plays an important role in improving the patient's quality of life, by aiming at counseling the patient and guiding them in the management of his symptoms.

With the development of computers and their applications, various technologies have been introduced in the treatment of patients in the field of ENT clinic. A rapidly growing field is that of Virtual and Augmented Reality. This technology has been adopted in all fields of medicine and nursing and its applications include medical education, clinical practice, as well as the treatment and education of patients.

Virtual Reality can serve as a tool in the ENT clinic, that helps explaining the disease to the patient in a tangible and interactive way, through audiovisual material that stimulates the interest for the disease and calms them.

The object of the present work was to create a Virtual Reality environment for the projection of presentations, to patients of the ENT clinic, related to the disorders they experience. In this context, the UNITI VR Virtual Reality demo application was developed. The application has been created in the framework of structured counseling and enables the patient to interact with fantastic environments. These environments contain a giant screen that displays a presentation that conveys information to the patient about the disorder they are experiencing.

Importantly, in the future, the above-mentioned application has the potential to be further extended to create a system that can be utilized in Cognitive Behavioral Therapy (CBT).

Keywords: ENT Clinic, Tinnitus, Vestibular Disorders, Virtual Reality, Augmented Reality

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή.

Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Βιοϊατρικής Τεχνολογίας, του Τομέα Συστημάτων Μετάδοσης Πληροφορίας και Τεχνολογίας Υλικών, της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (ΕΜΠ).

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όσους συντέλεσαν στην υλοποίηση της εργασίας και την ολοκλήρωση της διαδρομής μου ως προπτυχιακός φοιτητής.

Πρώτα από όλα, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα, Καθηγητή ΕΜΠ, κ. Δημήτριο – Διονύσιο Κουτσούρη, καθώς μου επέτρεψε να αναλάβω ένα εξαιρετικά ενδιαφέρον κομμάτι ενός ερευνητικού έργου, ως διπλωματική εργασία.

Δεύτερον, ευχαριστώ θερμά τη Δρα Ουρανία Πετροπούλου, μέλος Ε.ΔΙ.Π. του ΕΜΠ, η οποία διατέλεσε συνεπιβλέπουσα στην παρούσα εργασία παρέχοντας κατευθυντήριες γραμμές για την εκπόνησή της.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την κα Ελευθερία Βελλίδου, ερευνήτρια, η οποία με καθοδήγησε συστηματικά καθ' όλη τη διάρκεια της εργασίας παρέχοντάς μου όλες τις απαραίτητες συμβουλές και μεταδίδοντάς μου το πλάνο, ώστε να μπορέσω να την υλοποιήσω.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια και τους φίλους μου και ιδιαίτερα τη σύζυγό μου, Ειρήνη, που με στήριξαν στην προσπάθεια αυτή.

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή.

Πίνακας περιεχομένων

Κεφάλαιο 1: Θεωρητικό Πλαίσιο.....	16
1.1 Εισαγωγή.....	16
1.2 Το Ους.....	16
1.2.1 Η Ανατομία του Ωτός.....	17
1.2.2 Η Φυσιολογία του Ωτός.....	20
1.2.2.1 Φυσιολογία της ακοής.....	20
1.2.2.2 Φυσιολογία της ισορροπίας.....	22
1.3 Αντικείμενο της ΩΡΛ κλινικής.....	22
1.3.1 Γενικές διαταραχές της ΩΡΛ κλινικής.....	22
1.3.2 Εμβοές.....	23
1.3.2.1 Διάγνωση.....	24
1.3.2.2 Παρεμβάσεις και Τρόποι Αντιμετώπισης.....	24
1.3.3 Αιθουσαίες Διαταραχές.....	25
1.3.3.1 Διάγνωση.....	26
1.3.3.2 Παρεμβάσεις και Τρόποι Αντιμετώπισης.....	26
1.4 Λόγος Επιλογής Εμβοών και Αιθουσαίων Διαταραχών.....	27
Κεφάλαιο 2: Εικονική και Επαυξημένη Πραγματικότητα.....	28
2.1 Εισαγωγή.....	28
2.2 Η Εικονική Πραγματικότητα.....	28
2.2.1 Είδη Γυαλιών Εικονικής Πραγματικότητας.....	29
2.3 Η Επαυξημένη Πραγματικότητα.....	32
2.3.1 Η Επαυξημένη Πραγματικότητα στον Τομέα της Υγείας.....	33
2.3.2 Συσκευές Επαυξημένης Πραγματικότητας.....	34
2.4 Υπάρχουσες Εφαρμογές Εικονικής και Επαυξημένης Πραγματικότητας.....	35
2.4.1 Γενικές Εφαρμογές.....	36
2.4.1.1 Εφαρμογές Ιατρικής Εκπαίδευσης.....	36
2.4.1.2 Εφαρμογές Κλινικής Πρακτικής.....	37
2.4.1.3 Εφαρμογές για Χρήση από Ασθενείς.....	39
2.4.2 Εφαρμογές στην ΩΡΛ Κλινική.....	40
2.5 Ασφάλεια Κατά την Χρήση.....	42
Κεφάλαιο 3: Σχεδιασμός Εφαρμογής Εικονικής Πραγματικότητας.....	45
3.1 Λειτουργίες και Περιγραφή.....	45
3.2 Ανάλυση Εργαλείων.....	45
3.3 Unity – Πλατφόρμα Ανάπτυξης 3D Περιεχομένου.....	45
3.4 Η Γλώσσα Προγραμματισμού C# (C Sharp).....	46

3.5	Υλοποίηση της Εφαρμογής	47
3.5.1	Ανάλυση Περιβάλλοντος και Αντικειμένων.....	49
3.5.2	Βασικά Τμήματα Κώδικα	55
3.5.3	Απαιτήσεις Συστήματος.....	66
Κεφάλαιο 4: Η Εφαρμογή UNITY VR.....		67
Κεφάλαιο 5: Συμπεράσματα		74
5.1	Συμπεράσματα	74
5.2	Εξέλιξη και Προτάσεις	74
5.3	Γνωσιακή Συμπεριφορική Θεραπεία (CBT).....	75
Κεφάλαιο 6: Βιβλιογραφία		76

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1. Η ανατομία του ωτός	17
Εικόνα 2. Το όργανο του Corti.....	19
Εικόνα 3. Το αιθουσαίο σύστημα.....	19
Εικόνα 4. Oculus Quest 2, Oculus Touch.....	30
Εικόνα 5. HTC Vive Pro 2, χειριστήρια και σταθμοί ελέγχου	30
Εικόνα 6. HTC Vive Pro Eye, χειριστήρια και σταθμοί ελέγχου	30
Εικόνα 7. HTC Cosmos και χειριστήρια	31
Εικόνα 8. HP Reverb G2 και χειριστήρια.....	31
Εικόνα 9. Valve Index VR, χειριστήρια και βάσεις ελέγχου.....	31
Εικόνα 10. Διάφορες Συσκευές Επαυξημένης Πραγματικότητας	34
Εικόνα 11. Microsoft HoloLens 2	35
Εικόνα 12. ImmersiveView Surgical Plan.....	36
Εικόνα 13. Fundamental Surgery Plan, Multiuser	37
Εικόνα 14. Εφαρμογή Proprio.....	38
Εικόνα 15. Surgical Theater, Ασθενής και Γιατρός	38
Εικόνα 16. Reh@City City Tasks	39
Εικόνα 17. VOXEL-MAN ENT surgery simulator.....	40
Εικόνα 18. Visible Ear Simulator.....	41
Εικόνα 19. Unity Hub.....	47
Εικόνα 20. Αρχικό περιβάλλον χρήστη Unity	48
Εικόνα 21. Τελικό περιβάλλον χρήστη Unity.....	49
Εικόνα 22. Α. Κουμπί Start, Β. Κουμπιά Επιλογής Σκηνής	49
Εικόνα 23. Συμπαγείς τοίχοι για οριοθέτηση της σκηνής	50
Εικόνα 24. Καμβάς οθόνης χρήστη.....	50
Εικόνα 25. Δημιουργία κόσμου, Gaia 2	51
Εικόνα 26. Ρυθμίσεις σχετικές με τον χρήστη, τον φωτισμό και τους ήχους, Gaia 2.....	52
Εικόνα 27. Δέντρα και βράχοι στο περιβάλλον	52
Εικόνα 28. Αντικείμενο χειρισμού του χρήστη.....	53
Εικόνα 29. Αντικείμενο γιγαντοοθόνης.....	54
Εικόνα 30. Scene 1: Island.....	55
Εικόνα 31. Scene 2: River.....	55
Εικόνα 32. Φάκελοι και αρχεία εφαρμογής.....	67

Εικόνα 33. Αρχικό μενού.....	67
Εικόνα 34. Μενού επιλογής σκηνής.....	68
Εικόνα 35. Scene1 - Island A.....	68
Εικόνα 36. Scene2 - River A.....	69
Εικόνα 37. Scene1 - Island B.....	70
Εικόνα 38. Scene1 - Island C.....	70
Εικόνα 39. Scene1 - Island D.....	71
Εικόνα 40. Scene2 - River B.....	71
Εικόνα 41. Scene2 - River C.....	72
Εικόνα 42. Scene2 - River D.....	72
Εικόνα 43. Scene2 - River E.....	73
Εικόνα 44. Scene1 - Island E.....	73

Ευρετήριο Κώδικα

Κώδικας 1. StartMenuScript – Κεντρικό μενού.....	56
Κώδικας 2. ChooseSceneScript - Μενού επιλογής σκηνής.....	57
Κώδικας 3. FirstPersonController A.....	58
Κώδικας 4. FirstPersonController B.....	59
Κώδικας 5. FirstPersonController C.....	60
Κώδικας 6. FirstPersonController D.....	61
Κώδικας 7. FirstPersonController E.....	62
Κώδικας 8. FirstPersonController F.....	63
Κώδικας 9. MainCanvas.....	64
Κώδικας 10. VideoController.....	65

Λίστα Ακρωνυμίων

Ακρωνύμιο	Ορισμός
2D	Two-Dimensional
3D	Three-Dimensional
3DoF	Three Degrees of Freedom
6DoF	Six Degrees of Freedom
AR	Augmented Reality
CBT	Cognitive Behavioral Therapy
CPU	Central Processing Unit
CT	Computerized Tomography
DP	DisplayPort
ENT	Ear, Nose and Throat
GPS	Global Positioning System
GPU	Graphics Processing Unit
HDM	Head-Mounted Display
IDE	Integrated Development Environment
IPS	In-Plane Switching
LCD	Liquid Crystal Display
MP	MegaPixels
MRI	Magnetic Resonance Imaging
OS	Operating System
RAM	Random Access Memory
UI	User Interface
UNITI	Unification of treatments and Interventions for Tinnitus patients
USB	Universal Serial Bus
VOR	Vestibulo-Ocular Reflex
VR	Virtual Reality
ΩΡΑ	Ωτορινολαρυγγολογία

Κεφάλαιο 1: Θεωρητικό Πλαίσιο

1.1 Εισαγωγή

Η ακοή, μία από τις πέντε βασικές αισθήσεις, βασίζεται στην φυσική του ήχου, την μετάδοσή του μέσω δονήσεων των μορίων των διαφόρων μέσων, και την φυσιολογία του ωτός, καθώς επίσης και στην ανάλυση και επεξεργασία των ηχητικών σημάτων από τον εγκέφαλο. Στις μέρες μας η μελέτη της ακοής και των διαφόρων διαταραχών που σχετίζονται με αυτή, για τον άνθρωπο, είναι το αντικείμενο της ΩΡΛ κλινικής. Οι διαταραχές αυτές ταλαιπωρούν ένα μεγάλο ποσοστό του πληθυσμού των ανθρώπων και είναι πολύ σημαντική η έρευνα και μελέτη πάνω σε αυτές, ώστε να βρεθούν λύσεις και θεραπείες.

Η τεχνολογία παίζει σημαντικό ρόλο για την ομαλή καθημερινότητα των ασθενών με διαταραχές της ΩΡΛ κλινικής, τόσο για την ενημέρωσή τους, όσο και για την υποβοήθηση των προβλημάτων τους. Είναι απαραίτητη, σε πολλές περιπτώσεις, για να μπορέσει ο ασθενής να έχει μια φυσιολογική καθημερινότητα.

Ένας ραγδαία εξελισσόμενος κλάδος της ψηφιακής τεχνολογίας είναι ο τομέας της Εικονικής Πραγματικότητας και της Επαυξημένης Πραγματικότητας. Οι τεχνολογίες αυτές μπορούν να συμμετέχουν στην ενημέρωση και την θεραπεία ασθενών στην ΩΡΛ κλινική, αλλά και στην Ιατρική γενικότερα, μέσω της αμεσότητας της πληροφορίας και της διαδραστικότητας που παρέχουν στον χειριστή/ασθενή.

Σκοπός της παρούσας εργασίας, είναι η ανάπτυξη ενός εργαλείου Εικονικής Πραγματικότητας για την ενημέρωση ασθενών, των οποίων οι διαταραχές ανήκουν στον τομέα εξειδίκευσης της ΩΡΛ κλινικής.

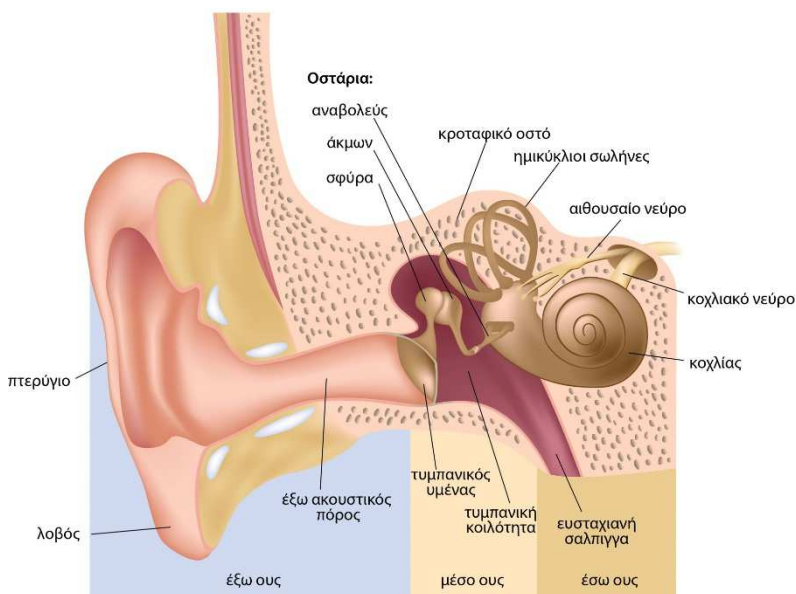
1.2 Το Ους

Το ους είναι ένα αισθητήριο όργανο του ανθρώπινου οργανισμού, το οποίο ανιχνεύει, ενισχύει και μεταδίδει τον ήχο στον εγκέφαλο, μέσω του κεντρικού νευρικού συστήματος, ώστε να επιτευχθεί η επεξεργασία της πληροφορίας του ηχητικού σήματος. Εκτός από την αίσθηση της ακοής, σημαντική λειτουργία του ωτός είναι η αντίληψη της θέσεως, της ισορροπίας και της μεταβολής της κινητικής κατάστασης του ατόμου.

1.2.1 Η Ανατομία του Ωτός

Το ους διακρίνεται σε τρεις περιοχές, το έξω, το μέσο και το έσω ους, κάθε μία από τις οποίες επιτελεί μια λειτουργία ώστε να επιτευχθεί, τελικώς, η μετάδοση της ακουστικής πληροφορίας στο κεντρικό νευρικό σύστημα (Εικόνα 1)¹.

Το Έξω ους εξωτερικά αποτελείται από το πτερύγιο, συνεχίζει με τον ακουστικό πόρο και καταλήγει στον τυμπανικό υμένα. Το πτερύγιο αποτελείται από ελαστικό και ινώδη χόνδρο και επενδύεται από λεπτή στρώση δέρματος. Ο ακουστικός πόρος είναι σωλήνας μήκους 2.5 εκατοστών που περιέχει μια προστατευτική ουσία, την κυψελίδα. Η εξωτερική πλευρά



Εικόνα 1. Η ανατομία του ωτός

των τοιχωμάτων του αποτελείται στο αρχικό τμήμα από χόνδρο, ενώ στο τμήμα πριν τον τυμπανικό υμένα βρίσκεται μέρος του κροταφικού οστού. Ο τυμπανικός υμένας ή τυμπανική μεμβράνη βρίσκεται στο τέλος του ακουστικού πόρου και αποτελείται εξωτερικά από επιδερμίδα και προς το εσωτερικό από κολλαγονούχο ινώδη ιστό και μονόστιβο κυβικό επιθήλιο.

Το Μέσο ους βρίσκεται εσωτερικά του κροταφικού οστού. Ξεκινάει από τον τυμπανικό υμένα και καταλήγει στην ωοειδή και τη στρογγύλη θυρίδα, οι οποίες είναι λεπτές ελαστικές μεμβράνες που χωρίζουν το μέσο και το έσω ους. Επίσης επικοινωνεί στο μπροστινό του μέρος με τον φάρυγγα και με την ατμόσφαιρα μέσω της ευσταχιανής σάλπιγγας. Η ευσταχιανή σάλπιγγα είναι ένα κανάλι το οποίο επενδύεται με ψευδοπολύστιβο, κυλινδρικό, βλεφαριδοφόρο επιθήλιο και είναι υπεύθυνη για την εξίσωση της πίεσης του μέσου ωτός με την ατμοσφαιρική πίεση. Η πίεση του μέσου ωτός και της ατμόσφαιρας πρέπει να είναι πάντα η ίδια, διότι, σε αντίθετη περίπτωση, επηρεάζεται η ομαλή έκταση του τυμπανικού υμένα και μπορεί να δημιουργηθεί πόνος. Η ευσταχιανή σάλπιγγα είναι συνήθως κλειστή, αλλά ανοίγει

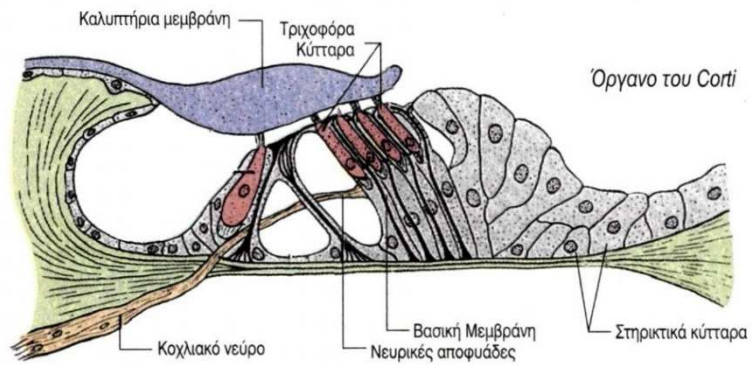
¹ Η εικόνα ανακτήθηκε από το Κεφάλαιο 6: Ηχητικό Περιβάλλον του βιβλίου *Εισαγωγή στην εργονομία*, Μαρμαράς Ν. και Ναθαναήλ Δ., Αθήνα, Εκδόσεις Κάλπιπος, 978-960-603-199-1, 2015.

κατά την κατάποση και, κατά συνέπεια, εξισώνονται οι πιέσεις εντός και εκτός του μέσου ωτός. Μέρος του μέσου ωτός είναι τρία οστάρια, η σφύρα, ο άκμωνας και ο αναβολέας, τα οποία συνδέουν τον έξω με το έσω ους. Πιο συγκεκριμένα, ο τυμπανικός υμένας συνδέεται με το ένα άκρο της σφύρας, το άλλο άκρο της οποίας συνδέεται με τον άκμωνα. Εκείνος συνδέεται με τον αναβολέα και, τελικώς, ο αναβολέας συνδέεται στην ωοειδή θυρίδα, από την οποία ξεκινάει το έσω ους.

Το Έσω ους είναι αρκετά πολύπλοκο και ονομάζεται λαβύρινθος. Διακρίνεται στον υμενώδη λαβύρινθο, εσωτερικά, και, εξωτερικά του, τον οστέινο λαβύρινθο. Ο υμενώδης λαβύρινθος περιέχει ενδολέμφο. Μεταξύ των δύο αυτών τμημάτων βρίσκεται η περιλέμφος, η οποία έχει μεγάλη συγκέντρωση σε Na^+ και μικρή συγκέντρωση σε K^+ , όπως και το εγκεφαλονωτιαίο υγρό, σε αντίθεση με την ενδολέμφο, που έχει αντίστροφες συγκεντρώσεις. Ο οστέινος λαβύρινθος μπορεί να χωριστεί στον κοχλία, την αίθουσα και τους ημικυκλικούς σωλήνες, ενώ ο υμενώδης χωρίζεται στον κοχλία, τους λήκυθους και τους ημικυκλικούς σωλήνες. Ο κοχλίας είναι ένας οστέινος σωλήνας με μήκος 3.5 εκατοστά, που σχηματίζει σπειροειδές σχήμα με 2.5 σπείρες γύρω από έναν άξονα σπογγώδους οστίτη ιστού. Επικοινωνεί με τα σπειροειδή γάγγλια και το κοχλιακό νεύρο, ώστε να μεταδοθεί το ακουστικό σήμα στον εγκέφαλο. Μέσα από τον οστέινο κοχλία διέρχεται ο υμενώδης κοχλίας και έτσι δημιουργούνται τρία τμήματα: στο άνω τμήμα η αιθουσαία κλίμακα, στο μεσαίο τμήμα η μεσαία κλίμακα ή κοχλιακός αγωγός και, προς τα κάτω, η τυμπανική κλίμακα. Η αιθουσαία κλίμακα, όπως και η τυμπανική κλίμακα, περιέχουν περιλέμφο και συνδέονται στην κορυφή του κοχλίου με το ελικότρημα. Η μεσαία κλίμακα περιέχει ενδολέμφο και χωρίζεται από την αιθουσαία με ένα δίστιβο, πλακώδες επιθήλιο, την μεμβράνη του Reissner, Γενικά, οι κλίμακες περιβάλλονται από πλακώδη ενδοθηλιακά κύτταρα. Ο κοχλιακός αγωγός, σε ένα πλευρικό κομμάτι του επιθηλίου του, που ονομάζεται αγγειώδες πέταλο, διαρρέεται από αιμοφόρα αγγεία τα οποία είναι απαραίτητα για την δημιουργία ιοντικής ισχύος της ενδολέμφου. Μεταξύ της μεσαίας και της τυμπανικής κλίμακας υπάρχει ένας σχηματισμός, ο οποίος είναι βασικός για την ακοή και ονομάζεται όργανο του Corti.

Το όργανο του Corti αποτελείται από αισθητικά και στηρικτικά κύτταρα. Η οργάνωση των αισθητικών κυττάρων είναι σε σειρές που διασχίζουν από την βάση έως την κορυφή του κοχλίου. Διακρίνονται σε έσω και έξω τριχοφόρα κύτταρα, τα οποία έχουν κυλινδρικό σχήμα

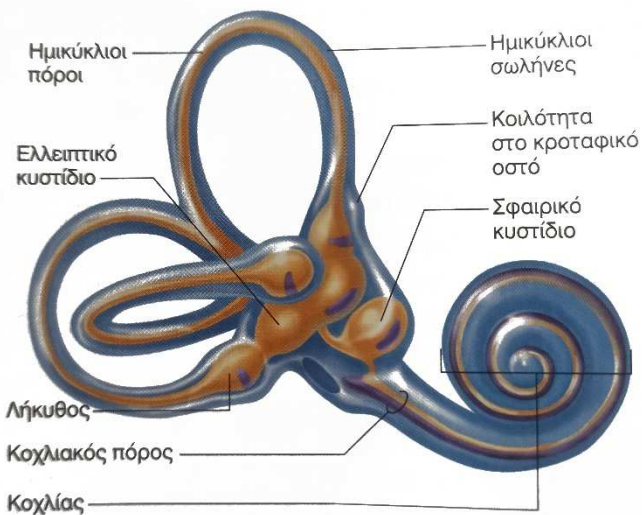
και διαθέτουν μεγάλο αριθμό στερεοβλεφαρίδων, 50-100 ανά κύτταρο. Οι στερεοβλεφαρίδες, έχουν αυξανόμενο μήκος από την μία στην άλλη πλευρά και, οι ψηλότερες από αυτές, έρχονται σε επαφή με την καλυπτήρια μεμβράνη.



Εικόνα 2. Το όργανο του Corti

Κάτω από τα τριχοφόρα κύτταρα βρίσκεται η κερατινούχος βασική μεμβράνη και, ακολούθως, υπάρχει μονόστιβο πλακάδες επιθήλιο (Εικόνα 2)².

Το έσω ους δεν αποτελεί μόνο το αισθητήριο της ακοής, αλλά περιέχει και ένα σύστημα το οποίο ελέγχει την ισορροπία και ανιχνεύει τις αλλαγές στην μετατόπιση της θέσης της κεφαλής, το αιθουσαίο σύστημα (Εικόνα 3)³. Το σύστημα αυτό περιέχει τρεις μεμβρανώδεις ημικυκλικούς πόρους που φιλοξενούνται στους ημικύκλιους σωλήνες, στη βάση των οποίων βρίσκονται σφαιρικές διογκώσεις με τριχοφόρα κύτταρα, οι λήκυθοι. Οι ημικύκλιοι σωλήνες είναι κάθετοι μεταξύ τους, περιέχουν ενδολέμφο και, μαζί με τις ληκύθους, είναι υπεύθυνοι για την ανίχνευση της γωνιακής επιτάχυνσης κατά την τρισδιάστατη κίνηση της κεφαλής στον χώρο. Επίσης, το σύστημα αποτελείται από δύο θαλάμους, το ελλειπτικό και το



Εικόνα 3. Το αιθουσαίο σύστημα

σφαιρικό κυστίδιο, τα οποία ανιχνεύουν μεταβολές της γραμμικής επιτάχυνσης, και τις μεταβολές που συμβαίνουν στην κεφαλή λόγω των δυνάμεων της βαρύτητας. Διαθέτουν και αυτά τριχοφόρα κύτταρα, τα οποία καλύπτονται από ζελατινώδη ουσία μέσα στην οποία βρίσκονται κρύσταλλοι ανθρακικού ασβεστίου, που ονομάζονται ωτόλιθοι. Οι

² Η εικόνα ανακτήθηκε από το Κεφάλαιο 10: Αισθητήρια Όργανα του βιβλίου *Βιολογία Α' Λυκείου*, Καστορίνης Α., Κωστάκη-Αποστολοπούλου Μ., Μάμαλη-Μπαρόνα Φ., Περάκη Β. και Πιαλόγλου Π., Αθήνα, Εκδόσεις ΟΕΔΒ, Υπ. Παιδείας, ΙΤΥΕ Διόφαντος, 978-960-06-2302-4, 2015.

³ Η εικόνα ανακτήθηκε από το Δεύτερο Τμήμα - Κεφάλαιο 9: Τα Συστήματα των Αισθήσεων του βιβλίου *Φυσιολογία του ανθρώπου: μηχανισμοί της λειτουργίας του οργανισμού*, Α. J. Vander, J. H. Sherman, D. S. Luciano, Ν. Γελαδάς, και Μ. Τσακόπουλος, Αθήνα, Εκδόσεις Π. Χ. Πασχαλίδης, 960-8122-92-9, 2001.

ωτόλιθοι αυξάνουν το βάρος της ζελατινώδους ουσίας και, λόγω της μεταβολής της θέσης της κεφαλής και της βαρύτητας, μετακινούνται ανάλογα και απωθούν τα τριχοφόρα κύτταρα, ώστε να διεγερθούν οι αισθητήρες του συστήματος. Το σφαιρικό κυστίδιο διεγείρεται με οριζόντιες κινήσεις, ενώ το ελλειπτικό με κατακόρυφες. [1], [2]

1.2.2 Η Φυσιολογία του Ωτός

1.2.2.1 Φυσιολογία της ακοής

Τα ηχητικά κύματα, για να δημιουργηθεί η αίσθηση της ακοής, πρέπει να εισέλθουν στον έξω ακουστικό πόρο, με την βοήθεια του σχήματος του περυγίου. Έπειτα, ο ήχος μεταδίδεται στον έξω ακουστικό πόρο και αντηχεί στα τοιχώματά του, δημιουργώντας δονήσεις. Ο ήχος φτάνει στην τυμπανική μεμβράνη και την ωθεί σε ταλάντωση. Η τυμπανική μεμβράνη ταλαντώνεται με ρυθμό αντίστοιχο του ηχητικού κύματος, οι πυκνώσεις του οποίου προκαλούν την έκταση της μεμβράνης προς το μέσο ουσ, ενώ οι αραιώσεις του την επαναφέρουν στην αρχική της θέση. Η συχνότητα του ήχου μεταφράζεται σε αντίστοιχη ταλάντωση της μεμβράνης, με γρηγορότερη ταλάντωση σε υψηλές συχνότητες.

Η κίνηση του τυμπάνου μεταδίδεται στο μέσο ουσ μέσω των τριών οσταρίων, της σφύρας, του άκμονα και του αναβολέα, ώστε να φτάσει στο έσω ουσ μέσω της μεμβράνης της ωοειδούς θυρίδας. Η ταλάντωση αυτής της μεμβράνης προκαλεί κύματα πίεσης στο υγρό της αιθουσαίας κλίμακας του κοχλίου. Τα τρία οστάρια ενισχύουν το κύμα που δέχεται ο κοχλίας, λειτουργώντας σαν μοχλός, και χάρη στην πολύ μικρότερη επιφάνεια της ωοειδούς θυρίδας η δύναμη ανά μονάδα επιφάνειας που δέχεται είναι μεγαλύτερη κατά 15 με 20 φορές σε σχέση με την τυμπανική μεμβράνη. Η ενέργεια που φτάνει στο μέσο ουσ μετριάζεται με την συστολή δύο μυών του μέσου ωτός, του τείνοντος στο τύμπανο και αυτού του αναβολέα, για την προστασία του από συνεχή έντονα ερεθίσματα και την βελτίωση της ακοής σε συγκριμένο φάσμα συχνοτήτων.

Με την άφιξη του κύματος στην αιθουσαία κλίμακα, το υγρό που βρίσκεται στο εσωτερικό της αρχίζει να πάλλεται. Έτσι το κύμα διασχίζει την αιθουσαία κλίμακα και ταυτόχρονα ταλαντώνεται η μεμβράνη που διαχωρίζει τον κοχλιακό πόρο από την τυμπανική κλίμακα. Στον κοχλία το κύμα σταδιακά εξασθενεί. Ανάλογα με την συχνότητα του ήχου, το μέγιστο εύρος του κύματος μπορεί να διαφέρει. Η βασική μεμβράνη είναι στενότερη και πιο τεταμένη στη βάση, ενώ πιο φαρδιά και εύκαμπτη στην κορυφή της και, έτσι, τα κύματα υψηλής συχνότητας δημιουργούν δονήσεις κοντά στη βάση του κοχλίου, ενώ τα χαμηλής συχνότητας

μεταδίδονται σε μεγαλύτερες αποστάσεις κατά μήκος της μεμβράνης και πιο κοντά στην κορυφή του κοχλία.

Στην βασική μεμβράνη βρίσκονται τα τριχοφόρα κύτταρα του οργάνου του Corti, που αποτελούν και τους αισθητήρες του. Τα έξω τριχοφόρα κύτταρα ελέγχονται από νευρικά σήματα του εγκεφάλου και ενισχύουν τις ηχητικές δονήσεις, όπως επίσης ευθύνονται και για την διάκριση μεταξύ των συχνοτήτων. Τα έσω τριχοφόρα κύτταρα μετατρέπουν την μηχανική δόνηση σε ηλεκτρικό σήμα και το μεταβιβάζουν στο νευρικό σύστημα. Κατά την ταλάντωση της βασικής μεμβράνης, κάμπτονται οι στερεοβλεφαρίδες των τριχοφόρων κυττάρων, αλλάζοντας την θέση τους σχετικά με την καλυπτήρια μεμβράνη. Η φορά της κάμψης αυτής αλλάζει την πόλωση του κυττάρου. Συγκεκριμένα, η κάμψη τους προς την υψηλότερες στερεοβλεφαρίδες προκαλεί εκπόλωση στο κύτταρο, με την εισαγωγή ιόντων K^+ και αλλαγή στο δυναμικό της μεμβράνης. Αντίθετα, η κάμψη τους προς τις χαμηλότερες έχουμε υπερπόλωση και εξαγωγή ιόντων K^+ . Οι διαφορές δυναμικού ανάμεσα στο περιβάλλον του κυττάρου και στο κύτταρο είναι υπεύθυνες για την εισροή και εκροή των ιόντων K^+ από το κύτταρο. Η ενδολέμφος, που βρίσκεται στο πάνω μέρος των τριχοφόρων κυττάρων, είναι γεμάτη K^+ , και έχει δυναμικό θετικότερο κατά 80mV της περιλήμφου που βρίσκεται στο κάτω μέρος τους και είναι φτωχή σε K^+ . Τα ίδια τα τριχοφόρα κύτταρα έχουν δυναμικό ηρεμίας 45mV μικρότερο της περιλήμφου, κατά το οποίο πολύ λίγοι διάλυτοι K^+ είναι ανοιχτοί, οπότε και εισρέει μικρή ποσότητα K^+ . Η εκπόλωση, που δημιουργείται με την μεγαλύτερη εισροή K^+ , λόγω της κάμψης των στερεοβλεφαρίδων, ανοίγει τους διαύλους ασβεστίου, απελευθερώνοντας ασβέστιο στο κύτταρο. Το ασβέστιο διεγείρει την έκκριση νευροδιαβιβαστή προς τις μετασυναπτικές απολήξεις των νευρικών ιών του κοχλιακού νεύρου που βρίσκονται στα τριχοφόρα κύτταρα, αλλά προκαλεί και επαναπόλωση του κυττάρου μέσω ανοίγματος των διαύλων K^+ . Δημιουργείται, έτσι, ηλεκτρική δόνηση και δυναμικό ενέργειας. Η ένταση του ήχου καθορίζει την συχνότητα των δυναμικών ενέργειας και τον αριθμό των τριχοφόρων που θα διεγερθούν, ενώ η συχνότητα του ήχου διεγείρει διαφορετικές περιοχές του κοχλία και διαφορετικά τριχοφόρα κύτταρα και νευρικές ίνες.

Η ακουστική πληροφορία, τελικώς, καταλήγει στον εγκέφαλο, μέσω των νευρικών ιών και των δύο ωτών και του ακουστικού νεύρου, όπου γίνεται η ερμηνεία και η αντίληψη του ήχου και η συσχέτισή του με άλλες πληροφορίες, όπως μνήμες και κινητικά δεδομένα. [2]

1.2.2.2 Φυσιολογία της ισορροπίας

Κατά την εξέλιξη των ειδών, όπως και του ανθρώπου, απαραίτητο ήταν να δημιουργηθεί κάποιο αισθητήριο όργανο το οποίο να βοηθάει τον οργανισμό να αντιληφθεί την θέση του στο χώρο καθώς και την μεταβολή της κινητικής του κατάστασης. Στον άνθρωπο τα όργανα τα οποία βοηθούν στην αντίληψη των γραμμικών επιταχύνσεων, της κίνησης, του προσανατολισμού, αλλά και της θέσης ισορροπίας είναι ο σάκος και ο ασκός. Όπως αναφέραμε προηγουμένως, οι μεταβολές της γραμμικής επιτάχυνσης ή της στάσης μετακινεί τους ωτόλιθους που βρίσκονται σε αυτά τα όργανα, με αποτέλεσμα την παραμόρφωση των στερεοβλεφαρίδων των τριχοφόρων κυττάρων. Αυτή η μεταβολή δημιουργεί δυναμικά δράσεως που μεταδίδονται, μέσω του αιθουσαίου κλάδου του αιθουσαιοκοχλιακού νεύρου, στο Κεντρικό Νευρικό Σύστημα.

Αντίστοιχα, οι ημικυκλικοί σωλήνες του αιθουσαίου συστήματος, ανιχνεύουν τις αλλαγές στη γωνιακή επιτάχυνση του οργανισμού σε οποιοδήποτε επίπεδο. Οι κάμψεις δημιουργούν δυναμικό δράσης στο ένα ουσ και αντίστοιχη αναστολή στο άλλο ουσ. Η πληροφορία αυτή μεταδίδεται μέσω των νευρών στον αιθουσαίο πυρήνα του εγκεφάλου, όπου συνδυάζεται με αντίστοιχες πληροφορίες από τα μάτια, τις αρθρώσεις και το δέρμα. [1]

1.3 Αντικείμενο της ΩΡΛ κλινικής

Το αντικείμενο της Ωτορινολαρυγγολογίας και, κατ' επέκταση, της ΩΡΛ κλινικής είναι η χειρουργική και ιατρική διαχείριση των παθήσεων της κεφαλής και του λαιμού. Ειδικότερα, περιλαμβάνει ασθένειες του αυτιού, της μύτης, του λάρυγγα, της βάσης του κρανίου, του κεφαλιού και του λαιμού. Συνήθως, οι ασθένειες αυτές, επηρεάζουν τις αισθήσεις και την λειτουργικότητα του οργανισμού, όπως επίσης μπορεί να έχει αντίκτυπο σε διαδικασίες όπως η κατανάλωση τροφής και νερού, η ομιλία, η αναπνοή, η κατάποση και η ακοή. Επίσης, η ΩΡΛ κλινική, περιλαμβάνει τη χειρουργική αντιμετώπιση και αναδόμηση κρανιακών και τραχηλικών κακοήθων και καλοήθων όγκων, καθώς και την πλαστική χειρουργική του προσώπου και του λαιμού. [3]

1.3.1 Γενικές διαταραχές της ΩΡΛ κλινικής

Σχετικά με τον λαιμό και τον τράχηλο, μερικές από τις διαταραχές τις οποίες διαχειρίζεται η ΩΡΛ κλινική είναι η οξεία αμυγδαλοφαρυγγίτιδα, το ροχαλητό, η απόφραξη των αεραγωγών,

η βραχνάδα, κύστες, όγκοι παρωτίδας, μάζες στον λαιμό, κακοήθειες του τραχήλου όπως επίσης και διαταραχές των αδενοειδών, της κροταφογναθικής άρθρωσης της στοματικής κοιλότητας. Αντίστοιχα, για την μύτη διαταραχές που εντοπίζονται είναι το κοινό κρυολόγημα και η γρίπη, η αλλεργική και απλή ρινίτιδα, η ιγμορίτιδα, η ρινική απόφραξη, η ρινορραγία, όγκοι και διαταραχές του διαφράγματος. Στο αυτί συναντώνται η οξεία και η χρόνια μέση ωτίτιδα, η παράλυση του προσωπικού νεύρου, η απώλεια ακοής, η σταλγία, τα κατάγματα κροταφικών οστών, οι εμβοές και οι αιθουσαίες διαταραχές. Στην παρούσα εργασία θα μελετήσουμε κυρίως τις εμβοές και τις αιθουσαίες διαταραχές. [4]

1.3.2 Εμβοές

Οι εμβοές ορίζονται ως κάθε μη φυσιολογικός θόρυβος στο αυτί, ως μια φανταστική αντίληψη ήχου, χωρίς αντίστοιχους συσχετισμούς στον κοχλία. Αποτελούν μία από τις πιο κοινές και ενοχλητικές ωτολογικές διαταραχές και προκαλούν, με την σειρά τους, σωματικές και ψυχολογικές διαταραχές στον ασθενή, οι οποίες επηρεάζουν την ποιότητα ζωής του. [4], [5] Μελέτες έχουν δείξει ότι η ηλικία εμφάνισής τους ποικίλλει και εμφανίζονται σε διάφορες κλίμακες συχνοτήτων, έντασης και διάρκειας. Με βάση μεγάλες ανεξάρτητες επιδημιολογικές μελέτες επηρεάζουν ένα ποσοστό του γενικού πληθυσμού, μεγαλύτερο του 10%, ενώ το 1% του πληθυσμού τις θεωρεί ως το κύριο πρόβλημα που επηρεάζει την υγεία τους. [6]–[8]

Οι εμβοές είναι ένα υποκειμενικό φαινόμενο που είναι δύσκολο να αξιολογηθεί αντικειμενικά, καθώς η περιγραφή του γίνεται μόνο με βάση τις απαντήσεις των ασθενών. Οι εμβοές έχουν πολλές διαφορετικές αιτίες, συνήθως οφείλονται σε άλλες ωτολογικές διαταραχές και θα μπορούσαν να θεωρηθούν σύμπτωμα παρά ασθένεια. Η πιο κοινή διαταραχή που τις εμφανίζει, πιστεύεται ότι είναι η προκαλούμενη από θόρυβο απώλεια ακοής. Οι ήχοι που αναφέρουν οι ασθενείς με εμβοές μπορεί να κυμαίνονται από έναν χαμηλής έντασης θόρυβο μέχρι θόρυβο που ακούγεται περισσότερο από δυνατούς εξωτερικούς ήχους. [5]

Γενικά, οι εμβοές χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τις αντικειμενικές και τις υποκειμενικές. Οι αντικειμενικές εμβοές μπορούν να ακουστούν και από άλλο άτομο ως ήχος που προέρχεται από τον ακουστικό πόρο, ενώ οι υποκειμενικές ακούγονται μόνο από τον ασθενή και, συνήθως, θεωρείται ότι στερούνται ακουστικής αιτιολογίας και αντίστοιχων κινήσεων του κοχλιακού τμήματος ή των κοχλιακών υγρών. [5]

1.3.2.1 Διάγνωση

Η διάγνωση των εμβοών περιλαμβάνει την λήψη του ιστορικού του ασθενούς, κλινική εξέταση, νευροψυχολογικές εκτιμήσεις και εξετάσεις ακοομετρίας και εμβοών. Οι εμβοές που εντοπίζονται είναι κυρίως υποκειμενικές και τις αντιλαμβάνεται μόνο ο ασθενής, οπότε η διάγνωσή τους βασίζεται κυρίως στην αναφορά του ασθενούς. Οι αντικειμενικές εμβοές, αντιθέτως, είναι σπάνιες και μπορούν να αναγνωριστούν πιο εύκολα, αφού μπορούν να γίνουν αντιληπτές και από τρίτους. Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι αντικειμενικές εμβοές σχετίζονται με αγγειακές ανωμαλίες, επομένως η διάγνωσή τους βασίζεται συχνά σε εξέταση απεικόνισης όπως η μαγνητική τομογραφία (MRI) και η αξονική τομογραφία (CT). [9]

Σημαντικές ερωτήσεις προς τον ασθενή περιλαμβάνουν την θέση των εμβοών και τον χαρακτήρα τους, ιδιαίτερα εάν είναι ρυθμικές ή παλμικές, και αν έχουν επίδραση στον ύπνο και την συγκέντρωση του ασθενούς. Γενικά, υπάρχουν αρκετά ερωτηματολόγια υγείας που αξιολογούν τις επιπτώσεις των εμβοών. Επίσης, επειδή πολλοί ασθενείς παραπονιούνται για αίσθηση μπλοκαρίσματος στα αυτιά, θα μπορούσε να είναι χρήσιμη η τυμπανομετρία. Οι ασθενείς με σύγχρονες εμβοές με τον παλμό της καρδιάς, χρειάζεται να ελεγχθούν πιο εκτενώς, με την χρήση υπερηχογραφήματος, αξονικής τομογραφίας, μαγνητικής τομογραφίας, αξονικής αγγειογραφίας, μαγνητικής αγγειογραφίας ή συμβατικής αγγειογραφίας. [10]

1.3.2.2 Παρεμβάσεις και Τρόποι Αντιμετώπισης

Οι θεραπείες των εμβοών μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες, σε αυτές που στοχεύουν στην άμεση μείωση των εμβοών και σε αυτές που στοχεύουν στην ανακούφιση από την ενόχληση που προκαλούν. Οι πρώτες περιλαμβάνουν φαρμακοθεραπεία και ηλεκτρική καταστολή, ενώ οι δεύτερες περιλαμβάνουν φαρμακοθεραπεία, ηχοθεραπεία, μουσικοθεραπεία, μασάζ και διατάσεις, ακουστικά βαρηκοΐας και δομημένη συμβουλευτική (Structured Counseling) που καταλήγει σε γνωσιακή και συμπεριφορική εκπαίδευση (Cognitive Behavioral Training). [5]

Η φαρμακοθεραπεία χρησιμοποιεί διαφόρων ειδών φάρμακα για την μείωση της έντασης και της συχνότητας των εμβοών. [5] Η ηχοθεραπεία χρησιμοποιεί ήχους που βρίσκονται σε φυσικά περιβάλλοντα, όπως ρυάκια, βροχή, καταρράκτες και άνεμο, για την μείωση της ισχύος της νευρωνικής δραστηριότητας, που σχετίζεται με τις εμβοές, εντός του ακουστικού συστήματος. [11] Η μουσικοθεραπεία είναι μια μέθοδος απευαισθητοποίησης, η οποία

χρησιμοποιεί μουσική που έχει τροποποιηθεί φασματικά σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά της ακοής του κάθε ασθενούς για να επιτρέψει την κάλυψη των εμβοών και να διευκολύνει τη χαλάρωση του ασθενούς σε ένα άνετο επίπεδο ακρόασης. [12] Το μασάζ και το τέντωμα του αυχένα και των μασητικών μυών έχουν συσχετιστεί με σημαντική βελτίωση των εμβοών. Οι ασθενείς με εμβοές μπορεί να έχουν συμπτώματα διαταραχών της αυχενικής μοίρας της σπονδυλικής στήλης, συμπεριλαμβανομένου πόνου στο κεφάλι, στον αυχένα και στους ώμους, καθώς και περιορισμούς στην πλάγια κάμψη και περιστροφή της κεφαλής. Η θεραπεία των διαταραχών της γνάθου και του λαιμού έχει ευεργετικά αποτελέσματα στις εμβοές. [13] Η ηλεκτρική διέγερση του κοχλίου με 5.000 παλμούς το δευτερόλεπτο μπορεί να καταστείλει επαρκώς ή πλήρως τις εμβοές είτε χωρίς είτε μόνο με παροδική αντίληψη του ερεθίσματος. Το ερέθισμα με ηλεκτρικούς παλμούς σε τόσο υψηλή συχνότητα αποκαθιστά αυθόρμητα μοτίβα δραστηριότητας ακίδας στο ακουστικό νεύρο, γεγονός που θα μπορούσε να εξηγήσει την καταστολή των εμβοών. [14]

Η γνωσιακή εκπαίδευση και θεραπεία εστιάζει στον τρόπο που σκέφτεται ο ασθενής ως προς τις εμβοές και στην αποφυγή της αρνητικής αντιμετώπισής τους, ενώ η συμπεριφορική εκπαίδευση και θεραπεία χρησιμοποιεί την προσέγγιση απευαισθητοποίησης που εφαρμόζεται σε πολλές φοβίες. [5] Ο ιατρός θα πρέπει να συμβουλεύει τον ασθενή, ενημερώνοντάς τον ότι είναι απίθανο να βελτιωθεί δραματικά η ενόχλησή τους από τις εμβοές και ότι είναι αρκετά χρήσιμες οι ομάδες αυτοβοήθειας. Επίσης, πρέπει να βοηθούν τον ασθενή να ελαχιστοποιήσει τον χρόνο που αφιερώνει σε δραστηριότητες ή καταστάσεις που αυξάνουν την ένταση των εμβοών, να αυξήσει τον χρόνο που αφιερώνει σε δραστηριότητες ή συνθήκες στις οποίες μειώνεται η ένταση των εμβοών και να αποφεύγει την έκθεση στον θόρυβο, καθώς η εμφάνιση εμβοών σχετίζεται με την απώλεια ακοής που προκαλείται από τον θόρυβο. [15]

1.3.3 Αιθουσαίες Διαταραχές

Με τον όρο Αιθουσαίες Διαταραχές αναφερόμαστε σε καταστάσεις βλάβης του αιθουσαίου συστήματος, οι οποίες προκαλούν κυρίως ίλιγγο, ζάλη, ανισορροπία και αποπροσανατολισμό του χώρου. Μερικές από αυτές τις διαταραχές είναι ο καλοήθης παροξυσμικός ίλιγγος, η νόσος του Menière, η αμφοτερόπλευρη αιθουσαία νόσος, η αιθουσαία παροξυσμία και η λειτουργική ζάλη. Ο ίλιγγος ή η ζάλη δεν είναι μια ξεχωριστή ασθένεια, αλλά μάλλον κύριο σύμπτωμα διαφόρων ασθενειών διαφορετικής αιτιολογίας. Αυτές περιλαμβάνουν

δυσλειτουργία του αιθουσαίου συστήματος, τόσο του περιφερικού (έσω αυτιού, αιθουσαίο νεύρο) όσο και του κεντρικού (εγκεφαλικό στέλεχος, παρεγκεφαλίδα), και ασθένειες άλλων αιτιών, συμπεριλαμβανομένων διαταραχών της ρύθμισης της αρτηριακής πίεσης, όπως και ανεπιθύμητες παρενέργειες φαρμάκων. [16] Ο ίλιγγος συχνά λανθασμένα αποδίδεται σε μεμονωμένη πολυνευροπάθεια ή σε κακή όραση, καθώς αυτές οι καταστάσεις μπορούν επίσης να προκαλέσουν αστάθεια στο βάδισμα. Η συχνότητά του είναι περίπου 11% ετησίως. Τα άτομα με ίλιγγο έχουν σημαντικά υψηλότερη θνησιμότητα από εκείνα χωρίς ίλιγγο ή ζάλη. [17] Η πιθανότητα εμφάνισης μέτριου έως σοβαρού ίλιγγου και ζάλης κατά τη διάρκεια της ζωής του ανθρώπου είναι περίπου 30%. [18]

1.3.3.1 Διάγνωση

Η διαγνωστική αξιολόγηση των διάφορων αιθουσαίων διαταραχών βασίζεται στο ιστορικό του ασθενούς και στην κλινική εξέταση του αιθουσαίου, του οφθαλμοκινητικού νεύρου και του παρεγκεφαλιδικού συστήματος. Όταν λαμβάνεται το ιστορικό, ο ασθενής θα πρέπει να ερωτηθεί για τη φύση και τη χρονική αλληλουχία των συμπτωμάτων. Θα πρέπει να εξακριβωθεί, αρχικά, αν άρχισαν ξαφνικά και αν είναι συνεχή ή διακριτά. Επίσης, θα πρέπει να προσδιοριστεί ποια διαταραχή εμφανίζεται, ίλιγγος, ανισορροπία στάσης, έντονη ή ήπια ζάλη. Επιπλέον, σημαντική είναι η καταγραφή των συνθηκών και δραστηριοτήτων στις οποίες συμμετείχε ο ασθενής όταν εμφανίστηκαν τα συμπτώματα όπως επίσης και αν υπάρχουν άλλα συνοδευτικά συμπτώματα, για παράδειγμα κρίσεις ημικρανίας.

Κατά τη φυσική εξέταση, θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην πιθανή ύπαρξη αυθόρμητου ή τοπικά επαγόμενου νυσταγμού, δηλαδή ακούσιας κίνησης των ματιών. Το αιθουσαίο-οφθαλμικό αντανακλαστικό (Vestibulo-ocular reflex - VOR) θα πρέπει να αξιολογηθεί με τη δοκιμασία παλμών κεφαλής και με διαγνωστικούς ελιγμούς θέσης. Τέλος, θα πρέπει να εξεταστούν η στάση και το βάδισμα. Ο βασικός, αρχικός έλεγχος για προβλήματα ακοής μπορεί να πραγματοποιηθεί με ένα διαπασών. [16]

1.3.3.2 Παρεμβάσεις και Τρόποι Αντιμετώπισης

Όπως και με τις εμβοές, οι τρόποι αντιμετώπισης των αιθουσαίων διαταραχών ποικίλουν, ανάλογα και με τον τύπο και τα χαρακτηριστικά της κάθε διαταραχής. Κύριο ρόλο διαδραματίζει η επεξήγηση της αιτίας των συμπτωμάτων στον ασθενή και η προσπάθεια να αποφευχθεί η φοβία ως προς την διαταραχή. Επιπλέον, εφαρμόζεται πρωτογενής πρόληψη,

με την αποφυγή ουσιών οι οποίες δυσχεραίνουν τα συμπτώματα. Ακολούθως, είναι απαραίτητη η εφαρμογή της βέλτιστης θεραπείας της υποκείμενης νόσου, όπως για παράδειγμα της νόσου του Menière.

Η θεραπεία μπορεί να συμπεριλαμβάνει φαρμακοθεραπεία και φυσικοθεραπεία με καθημερινή προπόνηση ισορροπίας, ιδιαίτερα με στροφή της κεφαλής και στα τρία επίπεδα προκειμένου να εκπαιδευτεί το αιθουσαίο-οφθαλμικό αντανακλαστικό (εκπαίδευση VOR). Οι ηλικιωμένοι ασθενείς θα πρέπει να υποβάλλονται σε εκπαίδευση για την πρόληψη πτώσεων, υπό καθοδήγηση φυσιοθεραπευτή. Πολύ σημαντική είναι, όπως και με τις εμβοές, η χρήση της γνωσιακής και συμπεριφορικής εκπαίδευσης και θεραπείας. [16]

1.4 Λόγος Επιλογής Εμβοών και Αιθουσαίων Διαταραχών

Η παρούσα εργασία μελετάει τις εμβοές και τις αιθουσαιες διαταραχές. Στις συγκεκριμένες κατηγορίες διαταραχών δεν υπάρχει οριστική θεραπεία και σημαντικό ρόλο στη βελτίωση της ποιότητας ζωής του ασθενούς παίζει η γνωστική και συμπεριφορική θεραπευτική προσέγγιση. Αυτή, στοχεύει στη συμβουλευτική του ασθενούς και την καθοδήγησή του ώστε να διαχειρίζεται τα συμπτώματα με θετική ματιά και να κατευνάζει το άγχος και το φόβο που αυτά του προκαλούν. Ως εκ τούτου, αποτελούν ένα πεδίο στο οποίο η εικονική πραγματικότητα μπορεί να χρησιμεύσει σαν εργαλείο για την επεξήγηση της πάθησης στον ασθενή με χειροπιαστό και διαδραστικό τρόπο, μέσα από οπτικοακουστικό υλικό που του κεντρίζει το ενδιαφέρον για την πάθηση και τον αποφορτίζει.

Κεφάλαιο 2: Εικονική και Επαυξημένη Πραγματικότητα

2.1 Εισαγωγή

Με την εξέλιξη των υπολογιστών και των εφαρμογών τους, διάφορες τεχνολογίες έχουν εισαχθεί στην θεραπεία των ασθενών στον τομέα της ΩΡΛ κλινικής αλλά και στους υπόλοιπους τομείς της ιατρικής. Τα τελευταία χρόνια δραματική είναι η εξέλιξη της Εικονικής Πραγματικότητας (Virtual Reality – VR) και της Επαυξημένης Πραγματικότητας (Augmented Reality – AR) στον τομέα των υπολογιστών και της τεχνολογίας με άμεσο επακόλουθο την χρήση των τεχνολογιών αυτών και στον τομέα της υγείας. Ειδικότερα, η Εικονική Πραγματικότητα έχει υιοθετηθεί σε όλους τους τομείς της ιατρικής και της νοσηλευτικής.

2.2 Η Εικονική Πραγματικότητα

Η Εικονική Πραγματικότητα είναι η χρήση λογισμικού για τη δημιουργία ενός καθλωτικού προσομοιωμένου περιβάλλοντος. Αντίθετα με τους παραδοσιακούς τρόπους διεπαφής με τον χρήστη, λειτουργεί με χρήση οθονών τοποθετημένες στο κεφάλι (Head-mounted Display – HDM), επομένως είναι απαραίτητη η χρήση μιας συσκευής που ονομάζεται γυαλιά εικονικής πραγματικότητας (Virtual Reality Headset), η οποία τοποθετεί τον χρήστη μέσα σε μια εμπειρία, όπου μπορεί να αλληλεπιδράσει με το περιβάλλον και τους εικονικούς χαρακτήρες με αληθοφανή τρόπο. Περισσότερο από κάθε άλλη τεχνολογία που υπήρξε, η Εικονική Πραγματικότητα δημιουργεί τις συνθήκες έτσι ώστε οι χρήστες να πιστεύουν ότι βρίσκονται σε διαφορετικό περιβάλλον. Αυτή η δυνατότητα δημιουργίας εμπειριών κατά παραγγελία, είναι και η μεγαλύτερη δύναμη της Εικονικής Πραγματικότητας. [19]

Υπάρχουν δύο τύποι εφαρμογών Εικονικής Πραγματικότητας, το βίντεο 360 και το διαδραστικό VR. Το βίντεο 360 είναι μια μέθοδος λήψης 360 μοιρών για τη δημιουργία μιας ολοκληρωμένης εικόνας του περιβάλλοντος. Για την εγγραφή αυτού του είδους βίντεο, χρησιμοποιείται μια κάμερα που μπορεί να κινηματογραφήσει προς κάθε κατεύθυνση ταυτόχρονα. Τέτοιες εγγραφές μπορούν στη συνέχεια να προβληθούν χρησιμοποιώντας τα γυαλιά Εικονικής Πραγματικότητας, επιτρέποντας στον θεατή να αισθάνεται ότι βρίσκεται στη μέση της εμπειρίας που προβάλλεται.

Το βίντεο 360 είναι ένα κατάλληλο μέσο εάν ο στόχος είναι μια μη διαδραστική εμπειρία ενός περιβάλλοντος. Παραδείγματα χρήσης περιλαμβάνουν τη χρήση βίντεο 360 για να

εισαχθούν οι ασθενείς σε νέους εικονικούς κόσμους ώστε να τους αποσπάσουν την προσοχή κατά τη διάρκεια επώδυνων επεμβάσεων. Ωστόσο, το βίντεο 360 είναι σε μεγάλο βαθμό παθητική εμπειρία χωρίς ρεαλιστική αλληλεπίδραση καθώς αποτελείται από μια καθαρά γραμμική εγγραφή, χωρίς ο ασθενής να μπορεί να κινηθεί ρεαλιστικά στον χώρο, καθώς η εγγραφή του βίντεο γίνεται από σταθερή τοποθεσία. Η αποσύνδεση μεταξύ της κίνησης του χρήστη στον πραγματικό κόσμο, με αντίστοιχη έλλειψη κίνησης στον εικονικό κόσμο, μπορεί να οδηγήσει σε αίσθηση ναυτίας. [19]

Αντίθετα, το διαδραστικό VR περιλαμβάνει έναν εντελώς καθηλωτικό, δυναμικό, προσαρμόσιμο, διαδραστικό κόσμο. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει εικονικές σκηνές με αλληλεπίδραση παρόμοια με τον πραγματικό κόσμο, είτε πιο ιδιαίτερες συνθήκες στα πλαίσια κάποιου είδους φανταστικού κόσμου. Η αλληλεπίδραση αυτή με τον κόσμο της Εικονικής Πραγματικότητας μπορεί, για παράδειγμα, να ενημερώσει τον ασθενή για την κατάστασή του με διαφόρων ειδών διαδραστικά περιβάλλοντα.

2.2.1 Είδη Γυαλιών Εικονικής Πραγματικότητας

Με την ραγδαία εξέλιξη της Εικονικής Πραγματικότητας στον 21^ο αιώνα, έχουν γίνει προσπάθειες δημιουργίας γυαλιών VR από πολλές εταιρείες του χώρου της τεχνολογίας. Υπάρχουν δύο τύποι γυαλιών, τα αυτόνομα που επεξεργάζονται και λειτουργούν τις εφαρμογές χωρίς την χρήση εξωτερικού επεξεργαστή και τα μη αυτόνομα, τα οποία λειτουργούν μόνο σαν μέσο διεπαφής του χρήστη με την κεντρική μονάδα υπολογιστή, η οποία επεξεργάζεται και λειτουργεί τα προγράμματα. Επίσης, τα γυαλιά VR χωρίζονται ανάλογα με το αν έχουν τρεις βαθμούς ελευθερίας (3 degrees of freedom – 3DoF), δηλαδή κίνηση σε μία νοητή σφαίρα ή έξι βαθμούς ελευθερίας (6 degrees of freedom – 6DoF), που προσθέτει κίνηση στον χώρο. Στις αρχές του 2022 τα πιο γνωστά γυαλιά VR τα οποία είναι διαθέσιμα στο κοινό είναι τα Oculus Quest 2, το HTC Vive Pro 2, HTC Vive Pro Eye και HTC Vive Cosmos, το HP Reverb G2 και το Valve Index VR. Υπάρχουν επίσης συσκευές στις οποίες μπορεί ο χρήστης να εισάγει το smartphone του ώστε να το χρησιμοποιήσει ως γυαλιά VR, αλλά με περιορισμένη λειτουργικότητα όπως και άλλα γυαλιά VR, όπως το Playstation VR, που έχουν κυριότερο σκοπό την χρήση σε παιχνιδομηχανές και βιντεοπαιχνίδια. Εν συνεχεία θα αναλυθούν τα χαρακτηριστικά των γυαλιών που προαναφέρθηκαν. [20]



Εικόνα 4. Oculus Quest 2, Oculus Touch

Τα Oculus Quest 2, γνωστά και ως Meta Quest 2, είναι γυαλιά 6DoF και έχουν αναπτυχθεί από την εταιρεία Facebook Technologies, τμήμα της Meta Platforms. Μπορούν να λειτουργούν ως αυτόνομα γυαλιά VR με εσωτερικό λειτουργικό σύστημα που βασίζεται σε Android αλλά και ως μη αυτόνομα, συνδεδεμένα με υπολογιστή μέσω USB ή Wi-Fi και εκτελούμενου του λογισμικού Oculus. Το βάρος τους είναι 503g και στερεώνονται μέσω υφασμάτινου μάντα. Βασίζονται στον επεξεργαστή Qualcomm Snapdragon XR2 και έχουν 6GB RAM. Επίσης, η οθόνη τους είναι LCD με ανάλυση 1832x1920 ανά μάτι, 89° οπτικό πεδίο και ρυθμό ανανέωσης έως 120Hz. Το λειτουργικό σύστημα των γυαλιών βασίζεται σε Android. Συνοδεύονται από χειριστήρια Oculus Touch τρίτης γενιάς που δίνουν την δυνατότητα στον χρήστη να αλληλεπιδράσει με το περιβάλλον Εικονικής Πραγματικότητας. Υπάρχουν τρεις εκδόσεις, ανάλογα με τον αποθηκευτικό χώρο που παρέχουν, 64GB, 128GB και 256GB (Εικόνα 4)⁴. [21] Στην Ελληνική αγορά η τιμή του Oculus Quest 2 τον Ιανουάριο του 2022 ανέρχεται κατά μέσο όρο στα 430€, 429€ και 529€ αντίστοιχα για τις τρεις εκδόσεις.

Τα HTC Vive Pro 2, HTC Vive Pro Eye και HTC Vive Cosmos είναι 6DoF γυαλιά που έχουν αναπτυχθεί από την εταιρεία HTC. Και τα τρία μοντέλα είναι μη αυτόνομα και χρειάζονται σύνδεση σε υπολογιστή για την λειτουργία τους. Τα Vive Pro 2 (Εικόνα 5)⁵



Εικόνα 5. HTC Vive Pro 2, χειριστήρια και σταθμοί ελέγχου



Εικόνα 6. HTC Vive Pro Eye, χειριστήρια και σταθμοί ελέγχου

ζυγίζουν 850g διαθέτουν δύο οθόνες LCD με ανάλυση 2448x2448, 120° οπτικό πεδίο και ρυθμό ανανέωσης 120Hz και ενσωματωμένα ακουστικά. Τα Vive Pro Eye (Εικόνα 6)⁶ αποτελούν επανέκδοση των παλαιότερων Vive Pro με επιπλέον λειτουργία παρακολούθησης της θέσης και της κίνησης των

⁴ Η εικόνα ανακτήθηκε από τον ιστότοπο <https://www.amazon.com/Oculus-Quest-Advanced-All-One-Virtual/dp/B09B8DQ26F>

⁵ Η εικόνα ανακτήθηκε από τον ιστότοπο https://www.amazon.com/HTC-VIVE-Virtual-Reality-System-PC/dp/B09FPCT3H8/ref=sr_1_2?crid=325EB3OGPY3Q1&keywords=htc+vive+pro+2&qid=1641401882&prefix=htc+vive+pro+2%2Caps%2C189&sr=8-2

⁶ Η εικόνα ανακτήθηκε από τον ιστότοπο <https://business.vive.com/eu/product/vive-pro-eye-office/>

ματιών. Το βάρος τους είναι 555g, έχουν δύο οθόνες LCD με ανάλυση 1440x1600, 110° οπτικό πεδίο και ρυθμό ανανέωσης 90Hz και ενσωματωμένα ακουστικά. Η σύνδεσή και των δύο μοντέλων με τον υπολογιστή γίνεται μέσω USB 3.0, DP 1.2 και Bluetooth και για τον έλεγχο της κίνησης και της θέσης τους είναι απαραίτητη



Εικόνα 7. HTC Cosmos και χειριστήρια

η χρήση εξωτερικών σταθμών ελέγχου και εξωτερικών χειριστηρίων. Τα Vive Cosmos (Εικόνα 7)⁷ διαφέρουν από τα άλλα δύο μοντέλα κυρίως στο ότι δεν χρειάζονται σταθμούς ελέγχου για τον εντοπισμό τους και τα χειριστήριά τους εντοπίζονται από έξι κάμερες που βρίσκονται πάνω στα γυαλιά. Το βάρος τους είναι 470g, έχουν δύο οθόνες LCD με ανάλυση 1440x1700, 110° οπτικό πεδίο και ρυθμό ανανέωσης 90Hz και ενσωματωμένα ακουστικά. Η σύνδεσή τους με τον υπολογιστή γίνεται μέσω USB 3.0 και DP 1.2. [22] Στην Ελληνική αγορά τον Ιανουάριο του 2022 η τιμή, μαζί με τους σταθμούς ελέγχου και τα χειριστήρια, των HTC Vive Pro 2 ανέρχεται κατά μέσο όρο στα 1630€, των HTC Vive Pro Eye στα 1380€ και των HTC Vive Cosmos στα 870€.



Εικόνα 8. HP Reverb G2 και χειριστήρια

Τα γυαλιά HP Reverb G2 (Εικόνα 8)⁸ έχουν αναπτυχθεί από την εταιρεία HP και είναι 6DoF. Το βάρος τους είναι 550g, έχουν δύο οθόνες LCD με ανάλυση 2160x2160, 114° οπτικό πεδίο και ρυθμό ανανέωσης 90Hz και ενσωματωμένα ακουστικά. Ο εντοπισμός των χειριστηρίων τους, όπως και της θέσης των γυαλιών γίνεται από τα ίδια τα γυαλιά και

όχι από εξωτερικούς σταθμούς ελέγχου. Η σύνδεσή τους με τον υπολογιστή γίνεται μέσω USB 3.0 και DP 1.3. [23] Η τιμή τους στην Ελληνική αγορά τον Ιανουάριο του 2022 ανέρχεται κατά μέσο όρο σε 660€.

Τέλος, τα γυαλιά Valve Index VR (Εικόνα 9)⁹ είναι 6DoF γυαλιά που έχουν αναπτυχθεί από την εταιρεία Valve. Το βάρος τους είναι 809g, έχουν δύο οθόνες IPS-LCD με ανάλυση 1440x1600, 130° οπτικό πεδίο και ρυθμό



Εικόνα 9. Valve Index VR, χειριστήρια και βάσεις ελέγχου

⁷ Η εικόνα ανακτήθηκε από τον ιστότοπο <https://blog.vive.com/us/2019/10/02/vive-cosmos-vive-wireless-adapter/>

⁸ Η εικόνα ανακτήθηκε από τον ιστότοπο <https://www.microsoft.com/en-us/d/hp-reverb-g2-vr-headset/93qb262d0514?activetab=pivot:overviewtab>

⁹ Η εικόνα ανακτήθηκε από τον ιστότοπο <https://www.amazon.com/Valve-Index-VR-Full-Kit-PC/dp/B07VPRVBFF>

ανανέωσης έως 144Hz και ενσωματωμένα ακουστικά. Τόσο τα χειριστήρια, όσο και τα γυαλιά, εντοπίζονται από εξωτερικούς σταθμούς ελέγχου. Η σύνδεσή τους με τον υπολογιστή γίνεται μέσω USB 3.0 και DP 1.2. [24] Στην Ελλάδα μπορούν να αποσταλούν μόνο από την επίσημη ιστοσελίδα της Valve και η τιμή τους ανέρχεται στα 1079€.

Για την χρήση των γυαλιών, για τα οποία είναι απαραίτητη η χρήση κεντρικού υπολογιστή, τα ελάχιστα χαρακτηριστικά του σταθερού υπολογιστή για την ορθή χρήση τους είναι: Επεξεργαστής (CPU) Intel Core i5-4590 / AMD Ryzen 5 1500X, AMD FX 8350 ή αντίστοιχος, Κάρτα Γραφικών (GPU) Nvidia GTX 1070 / AMD Radeon Vega 56 ή αντίστοιχη, Μνήμη RAM 8GB, θύρα εξόδου βίντεο DisplayPort 1.2 ή 1.3, ανάλογα τα γυαλιά, θύρα εξόδου USB 3.0 και λειτουργικό σύστημα Windows 10 κατά κύριο λόγο, με εξαίρεση τα Valve Index VR που υποστηρίζουν επιπλέον SteamOS και Linux.

2.3 Η Επαυξημένη Πραγματικότητα

Η Επαυξημένη Πραγματικότητα είναι ένας τομέας της τεχνολογίας που περιλαμβάνει την απρόσκοπτη επικάλυψη ψηφιακών απεικονίσεων στον πραγματικό κόσμο, δημιουργημένων από υπολογιστή με τέτοιο τρόπο ώστε το εικονικό περιεχόμενο να συνδέεται με αντικείμενα του πραγματικού κόσμου. Μπορεί, επίσης, να οριστεί ως ένα σύστημα που ενσωματώνει τρία βασικά χαρακτηριστικά: έναν συνδυασμό πραγματικού και εικονικού κόσμου, αλληλεπίδραση σε πραγματικό χρόνο και ακριβή τρισδιάστατη καταγραφή εικονικών και πραγματικών αντικειμένων. Οι επικαλυπτόμενες πληροφορίες μπορεί να είναι εποικοδομητικές (δηλαδή προσθετικές στο φυσικό περιβάλλον) ή καταστροφικές (δηλαδή απόκρυψη του φυσικού περιβάλλοντος). Η έρευνα και η ανάπτυξη της Επαυξημένης Πραγματικότητας έχει σημειώσει ταχεία πρόοδο τις τελευταίες δεκαετίες, σε βαθμό που είναι ευρέως διαθέσιμη στο κοινό. Η Επαυξημένη Πραγματικότητα εφαρμόζεται στις μέρες μας σε ένα ευρύ φάσμα τομέων, συμπεριλαμβανομένων της υγείας, της εκπαίδευσης, της μηχανικής και της διασκέδασης. [25], [26]

Σε αντίθεση με την Εικονική Πραγματικότητα, στην οποία η αντίληψη των χρηστών για την πραγματικότητα βασίζεται πλήρως σε εικονικές πληροφορίες, στην Επαυξημένη Πραγματικότητα οι πληροφορίες δημιουργούνται από υπολογιστή και μαζί με τις πληροφορίες που έχουν συλλεχθεί από την πραγματική ζωή, ενισχύουν την αντίληψη του χρήστη για την πραγματικότητα. Για παράδειγμα, στην αρχιτεκτονική, η Εικονική Πραγματικότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ώστε να δημιουργηθεί μια προσομοίωση

περιήγησης του εσωτερικού ενός νέου κτηρίου, ενώ η Επαυξημένη Πραγματικότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να δείξει τις δομές και τα συστήματα ενός κτηρίου επικαλυπτόμενα σε μία πραγματική εικόνα του. Άλλο παράδειγμα Επαυξημένης Πραγματικότητας είναι η χρήση εφαρμογής που να επιτρέπει στους χρήστες να εφαρμόζουν ψηφιακά αντικείμενα σε πραγματικά περιβάλλοντα, ως προεπισκόπηση της επερχόμενης πραγματικότητας. Η Επαυξημένη Πραγματικότητα, λοιπόν, διαφέρει από την Εικονική Πραγματικότητα με την έννοια ότι το περιβάλλον είναι πραγματικό και απλώς προστίθενται στρώματα εικονικών αντικειμένων σε αυτό. [26]

Το hardware που χρειάζεται για την Επαυξημένη Πραγματικότητα είναι: επεξεργαστής, οθόνη, αισθητήρες και συσκευές εισόδου. Γενικά, υπάρχουν πολλοί τρόποι και συσκευές με τις οποίες μπορεί να επιτευχθεί η Επαυξημένη Πραγματικότητα, οι οποίες κυμαίνονται από φορητές υπολογιστικές συσκευές, προβολείς έως και συσκευές τις οποίες τοποθετεί ο χρήστης σε μέρος του σώματός του, όπως το κεφάλι και τα μάτια (γυαλιά Επαυξημένης Πραγματικότητας αλλά και φακοί επαφής). Απαραίτητος είναι, επίσης, ένας επεξεργαστής των δεδομένων που παρέχονται, αλλά και συσκευές διεπαφής, όπως ασύρματα χειριστήρια, όταν η διεπαφή δεν μπορεί να γίνει από την συσκευή Επαυξημένης Πραγματικότητας. Σύγχρονες φορητές συσκευές όπως τα smartphones και οι υπολογιστές tablet περιέχουν τα απαραίτητα εξαρτήματα, πιο συγκεκριμένα κάμερα, διάφορους αισθητήρες όπως επιταχυνσιόμετρο, GPS και πυξίδα, αλλά και οθόνη αφής για την διεπαφή του χρήστη, με αποτέλεσμα να είναι κατάλληλες πλατφόρμες για την Επαυξημένη Πραγματικότητα. [26]

2.3.1 Η Επαυξημένη Πραγματικότητα στον Τομέα της Υγείας

Στον τομέα της υγείας, η Επαυξημένη Πραγματικότητα εφαρμόζεται κυρίως στον σχεδιασμό, στην πρακτική και στην εκπαίδευση της υγειονομικής περίθαλψης, ιδιαίτερα για τις χειρουργικές επεμβάσεις. Η Επαυξημένη Πραγματικότητα παρέχει στους χειρουργούς δεδομένα παρακολούθησης των ασθενών με την χρήση μιας οθόνης που επιτρέπει την επικάλυψη πληροφοριών σχετικών με τον εκάστοτε ασθενή, όπως αρχεία απεικόνισης και λειτουργικά βίντεο. Παραδείγματα αυτής της εφαρμογής, περιλαμβάνουν εικονικές προβολές ακτινών X, σχετικών με τομογραφίες, ή εικόνες από ανιχνευτές υπερήχων και συνεστιακής μικροσκοπίας, αλλά και οπτικοποίηση ενός όγκου στο βίντεο ενός ενδοσκοπίου. Επίσης, μπορεί να βελτιώσει την προβολή ενός εμβρύου μέσα στην μήτρα μιας μητέρας. Γενικότερα,

είναι πολύ χρήσιμη η παροχή κρίσιμων πληροφοριών σε έναν γιατρό ή χειρουργό, χωρίς να χρειάζεται να πάρουν τα μάτια τους από τον ασθενή. [26]

Στην υγειονομική περίθαλψη, η Επαυξημένη Πραγματικότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παροχή καθοδήγησης κατά την διάρκεια διαγνωστικών και θεραπευτικών παρεμβάσεων, για παράδειγμα κατά τη διάρκεια χειρουργικής επέμβασης. Πιο συγκεκριμένα, μπορεί να βοηθήσει στην προσομοίωση τοποθέτησης βελόνας με καθοδήγηση από υπερήχους. [27] Πρόσφατη μελέτη, επίσης, έχει αποκαλύψει ότι η τεχνολογία αυτή βελτιώνει τις εργαστηριακές δεξιότητες των φοιτητών και τους βοηθά να έχουν σωστές βάσεις στην πρακτική άσκησή τους. [28] Πρόσφατα η Επαυξημένη Πραγματικότητα, άρχισε να εφαρμόζεται και στην νευροχειρουργική, τομέα που απαιτεί εκτενή απεικόνιση των πληροφοριών πριν από τις επεμβάσεις. [29]

Η Επαυξημένη Πραγματικότητα μπορεί να έχει εφαρμογές και στην θεραπεία των ασθενών. Έχει χρησιμοποιηθεί βοηθητικά στην θεραπεία διαφόρων φοβιών, όπως για την μείωση της φοβία των κατσαρίδων και των αραχνών. Ασθενείς που φορούν γυαλιά Επαυξημένης Πραγματικότητας μπορούν, επίσης, να λάβουν υπενθυμίσεις για την λήψη των φαρμάκων τους. [26]

2.3.2 Συσκευές Επαυξημένης Πραγματικότητας

Όπως προαναφέρθηκε, μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορων ειδών συσκευές για την λειτουργία της Επαυξημένης Πραγματικότητας, τόσο smartphones και tablets, όσο και προβολείς, αλλά και γυαλιά και συσκευές τοποθετημένες στο κεφάλι του χρήστη (Εικόνα 10)¹⁰. Στον τομέα της υγείας, αξιόλογο επίτευγμα αποτελούν τα γυαλιά Microsoft HoloLens.



Εικόνα 10. Διάφορες Συσκευές Επαυξημένης Πραγματικότητας

Η εταιρεία Microsoft, έχει δημιουργήσει τα γυαλιά Επαυξημένης Πραγματικότητας Microsoft HoloLens, τα οποία είναι ικανά να προβάλλουν ακριβή ολογράμματα κατά την διάρκεια χειρουργικών επεμβάσεων για την καθοδήγηση του χειρουργού, αλλά και την παροχή πληροφοριών απαραίτητων για την επέμβαση. Τα Microsoft HoloLens 2, το πιο

¹⁰ Η εικόνα ανακτήθηκε από τον ιστότοπο <https://www.augmented-minds.com/en/augmented-reality/ar-hardware-devices/>



Εικόνα 11. Microsoft HoloLens 2

πρόσφατο μοντέλο (Εικόνα 11)¹¹, είναι 6DoF γυαλιά, ζυγίζουν 566g και διαθέτουν επεξεργαστή (CPU) Qualcomm Snapdragon 850, εξατομικευμένη μονάδα ολογραφικής επεξεργασίας δεύτερης γενιάς για την δημιουργία των ολογραμμάτων, μνήμη 4GB LPDDR4x DRAM, αποθηκευτικό χώρο 64GB UFS 2.1 και σύνδεση μέσω Wi-Fi, Bluetooth 5.0 και USB-C. Το λειτουργικό τους σύστημα είναι το Windows Holographic Operating System. Η οθόνη τους αποτελείται από διαφανείς ολογραφικούς φακούς με ανάλυση 1440x936 και διαθέτουν ενσωματωμένα ακουστικά και μικρόφωνο. Περιέχουν, επίσης, αισθητήρες θέσης του κεφαλιού μέσω τεσσάρων καμερών, των ματιών μέσω δύο υπέρυθρων καμερών, κάμερα ελέγχου του βάθους, αλλά και μία επιπλέον κάμερα 8MP, επιταχυνσιόμετρο, γυροσκόπιο και μαγνητόμετρο. Τέλος, περιλαμβάνουν αισθητήρες ελέγχου της θέσης και της κίνησης των χεριών, αλλά και της φωνής του χρήστη. Η τιμή τους ξεκινάει από 3300€ και μπορεί να ξεπεράσει τα 5000€, ανάλογα την έκδοση. [30], [31]

2.4 Υπάρχουσες Εφαρμογές Εικονικής και Επαυξημένης Πραγματικότητας

Η Εικονική και η Επαυξημένη Πραγματικότητα, έχουν την δυνατότητα εφαρμογής σε διάφορους τομείς. Κάποιοι από αυτούς τους τομείς είναι η αρχαιολογία, η αρχιτεκτονική, ο πολεοδομικός σχεδιασμός, η εκπαίδευση, η βιομηχανική κατασκευή, το εμπόριο, η λογοτεχνία, τα εικαστικά, η γυμναστική και η αλληλεπίδραση ανθρώπου – υπολογιστή. Επίσης εφαρμογές έχουν δημιουργηθεί ήδη και σε άλλους τομείς, όπως η διαχείριση έκτακτης ανάγκης και διάσωσης, η κοινωνική αλληλεπίδραση, τα βιντεοπαιχνίδια, ο βιομηχανικός σχεδιασμός, ο σχεδιασμός, η πρακτική και η εκπαίδευση της υγειονομικής περίθαλψης, η προσομοίωση διαφόρων χώρων και αλληλεπίδρασης με αυτούς, η εκπαίδευση πτήσης, η στρατιωτική εκπαίδευση, η πλοήγηση, ο χώρος εργασίας, ο καιρός και οι ζωντανές τηλεοπτικές μεταδόσεις, ο τουρισμός και η περιήγηση στα αξιοθέατα, η μετάφραση και η μουσική.

¹¹ Η εικόνα ανακτήθηκε από τον ιστότοπο <https://www.amazon.com/Microsoft-HoloLens2-64GB-Headset-Device/dp/B08GP98FG7>

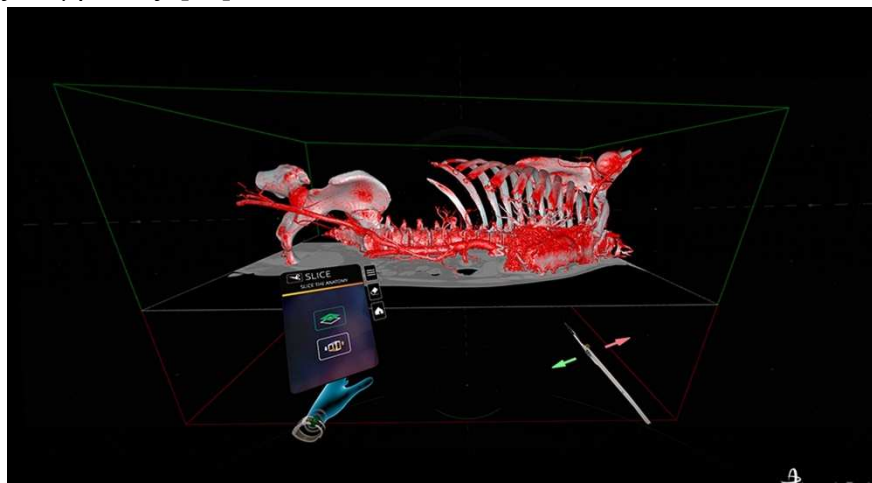
2.4.1 Γενικές Εφαρμογές

Οι εφαρμογές Εικονικής και Επαυξημένης Πραγματικότητας, στον τομέα της υγείας, μπορούν να χωριστούν σε τρεις βασικές κατηγορίες, τις εφαρμογές ιατρικής εκπαίδευσης, τις εφαρμογές κλινικής πρακτικής και τις εφαρμογές που απευθύνονται στην θεραπεία και την εκπαίδευση των ασθενών.

2.4.1.1 Εφαρμογές Ιατρικής Εκπαίδευσης

Οι εφαρμογές ιατρικής εκπαίδευσης, οι οποίες απευθύνονται κυρίως στους ιατρούς και τους φοιτητές και έχουν ως στόχο την εκπαίδευσή τους σε διάφορους τύπους ιατρικών θεμάτων και καταστάσεων. Ακολουθούν παραδείγματα εφαρμογών.

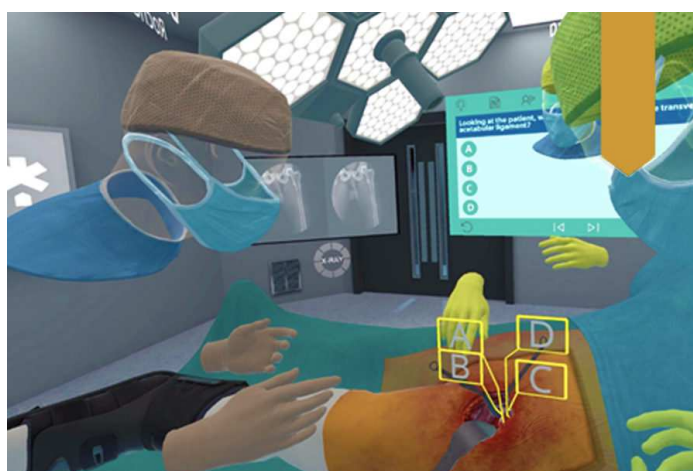
Οι εφαρμογές **ImmersiveView VR**, **ImmersiveView Surgical Plan** και **ImmersiveSim Training** της εταιρείας **ImmersiveTouch** στο Σικάγο, Ιλινόι. Η εταιρεία ImmersiveTouch δημιουργεί λύσεις Εικονικής Πραγματικότητας για χειρουργικό σχεδιασμό, εκπαίδευση και διδασκαλία. Η πλατφόρμα ImmersiveView Surgical Plan (Εικόνα 12)¹², για παράδειγμα, δημιουργεί τρισδιάστατα αντίγραφα από σαρώσεις ασθενών, επιτρέποντας στους χειρουργούς να μελετούν και να συνεργάζονται με την ομάδα τους σε χειρουργικές τακτικές. Χρησιμοποιώντας τα γυαλιά Εικονικής Πραγματικότητας Oculus Rift, οι χειρουργοί μπορούν να χρησιμοποιήσουν μια σειρά εργαλείων, όπως εργαλεία κοπής, σχεδίασης και μέτρησης, που μιμούνται μια πραγματική διαδικασία. Το νοσοκομείο Johns Hopkins, και τα νοσοκομεία του University of Chicago και του University of Texas χρησιμοποιούν τις πλατφόρμες της ImmersiveTouch για να βοηθήσουν τους χειρουργούς τους να μελετούν και να σχεδιάζουν χειρουργικές επεμβάσεις. [32]



Εικόνα 12. ImmersiveView Surgical Plan

¹² Η εικόνα ανακτήθηκε από τον ιστότοπο <https://www.immersivetouch.com/immersiveview-surgical-plan>

Η εφαρμογή **Fundamental Surgery** (Εικόνα 13)¹³ της εταιρείας **FundamentalVR** στο Λονδίνο, Ηνωμένο Βασίλειο. Η εταιρεία παρέχει απτικούς προσομοιωτές που επιτρέπουν στους χειρουργούς να εξασκηθούν και να βελτιώσουν τις δεξιότητές τους. Χρησιμοποιώντας ρεαλιστικά μοτίβα δόνησης, η απτική τεχνολογία δίνει στους γιατρούς την αίσθηση ότι κρατούν πραγματικά εργαλεία. Σε συνδυασμό με την Εικονική Πραγματικότητα, η εφαρμογή και το οικοσύστημά της παρέχει στους γιατρούς μια ρεαλιστική πλατφόρμα για να μελετούν και να εξασκούν χειρουργικές επεμβάσεις. Η εταιρεία FundamentalVR έχει συνεργαστεί με γνωστές πρωτοπόρες εταιρείες στους κλάδους της υγείας και της τεχνολογίας, συμπεριλαμβανομένων των Amazon, Oculus, Bayer και του University College London Hospital. [33]



Εικόνα 13. Fundamental Surgery Plan, Multiuser

2.4.1.2 Εφαρμογές Κλινικής Πρακτικής

Οι εφαρμογές κλινικής πρακτικής αναφέρονται σε εφαρμογές οι οποίες χρησιμοποιούνται από τους ιατρούς σε κλινικές εφαρμογές, αλλά και σε συνεργασία με τους ασθενείς. Ακολουθούν παραδείγματα εφαρμογών.

Η εφαρμογή **Proprio** της εταιρείας **Proprio Inc** στο Σιάτλ, Ουάσινγκτον. Το Proprio συνδυάζει την μηχανική μάθηση και την Επαυξημένη Πραγματικότητα για να δημιουργήσει τρισδιάστατες ιατρικές εικόνες εξαιρετικής ακριβείας. Τα εργαλεία απεικόνισης βοηθούν τους χειρουργούς να βλέπουν τα εμπόδια σε χειρουργικά σχέδια και να συνεργάζονται με τους συναδέλφους τους. Η ενσωματωμένη πλατφόρμα τεχνητής νοημοσύνης αναλύει επίσης τις τρισδιάστατες απεικονίσεις και αποθηκεύει και μοιράζεται χειρουργικά δεδομένα σε πραγματικό χρόνο. Η Proprio εκτελεί πιλοτικά προγράμματα σε νευροχειρουργικές και

¹³ Η εικόνα ανακτήθηκε από τον ιστότοπο <https://www.fundamentalvr.com/>

ορθοπεδικές χειρουργικές επεμβάσεις σε νοσοκομεία όπως το Seattle Children's Hospital και το University of Washington Medicine (Εικόνα 14)¹⁴. [34]



Εικόνα 14. Εφαρμογή Proprio

Η εφαρμογή Εικονικής Πραγματικότητας **Surgical Theater** (Εικόνα 15)¹⁵ της εταιρείας **Surgical Theater Inc** στο Λος Άντζελες, Καλιφόρνια. Η εταιρεία Surgical Theatre δημιούργησε μια Πλατφόρμα Χειρουργικής Πρόβας (Surgical Rehearsal Platform - SRP) βασισμένης σε Εικονική Πραγματικότητα για νευροχειρουργικό προεγχειρητικό σχεδιασμό και πρόβα της επέμβασης. Η πλατφόρμα της εταιρείας σαρώνει δισδιάστατες εικόνες εγκεφάλου και ειδικοί στην Εικονική Πραγματικότητα δημιουργούν εξατομικευμένα τρισδιάστατα μοντέλα. Τα μοντέλα εγκεφάλου χρησιμοποιούνται στη συνέχεια για να βοηθήσουν τον ασθενή να αντιληφθεί τις λεπτομέρειες της χειρουργικής επέμβασης, αλλά και ως εργαλείο προγραμματισμού για τη χειρουργική ομάδα. Το New York University, η Mayo Clinic και το University of California έχουν χρησιμοποιήσει όλα τα μοντέλα Εικονικής



Εικόνα 15. Surgical Theater, Ασθενής και Γιατρός

¹⁴ Η εικόνα ανακτήθηκε από τον ιστότοπο <https://www.proprioision.com/>

¹⁵ Η εικόνα ανακτήθηκε από την εταιρεία Surgical Theater, <https://surgicaltheater.com/>

Πραγματικότητας του εγκεφάλου της Surgical Theatre για να σχεδιάσουν χειρουργικές επεμβάσεις και να εξηγήσουν διεξοδικά τις διαδικασίες στους ασθενείς. [35]

2.4.1.3 Εφαρμογές για Χρήση από Ασθενείς

Τέλος υπάρχουν εφαρμογές οι οποίες απευθύνονται σε χρήση κυρίως από τους ασθενείς, είτε για την ενημέρωσή τους σχετικά με την κατάστασή τους, είτε για την θεραπεία τους.

Παράδειγμα τέτοιου είδους εφαρμογής, αποτελεί η εφαρμογή **Reh@City** (Εικόνα 16)¹⁶ του **NeuroRehabLab**, μιας διεπιστημονικής ερευνητικής ομάδας του University of Madeira στην Πορτογαλία. Το Reh@City είναι εφαρμογή βασισμένη στην Εικονική Πραγματικότητα η οποία χρησιμοποιείται για γνωστική αποκατάσταση των ασθενών. Αποτελείται από προσομοίωση Εικονικής Πραγματικότητας μιας πόλης όπου οι ασθενείς μπορούν να εξασκήσουν μια ποικιλία γνωστικών δεξιοτήτων τους, ενώ εκτελούν προσομοιωμένες δραστηριότητες της καθημερινής ζωής. Ένα αρχικό πρωτότυπο αυτής της πόλης με τέσσερα περιβάλλοντα επικυρώθηκε κλινικά σε ασθενή με εγκεφαλικό επεισόδιο και τα ενθαρρυντικά αποτελέσματα παρακίνησαν περαιτέρω αναβαθμίσεις και βελτιώσεις στην εφαρμογή. Η εφαρμογή στην έκδοση 2.0 παρουσιάζει διαφορετικές γνωστικές εκπαιδευτικές εργασίες που πραγματοποιούνται σε 8 ρεαλιστικά μοντελοποιημένα τρισδιάστατα περιβάλλοντα, εξατομικευμένα στο κλινικό προφίλ του ασθενούς, με αυτόματη προσαρμογή δυσκολίας. [36], [37]



Εικόνα 16. Reh@City City Tasks

¹⁶ Η εικόνα ανακτήθηκε από το άρθρο “A comparison of two personalization and adaptive cognitive rehabilitation approaches: a randomized controlled trial with chronic stroke patients”, Faria et al. 2020 Jun 16, J Neuroeng Rehabil, doi: 10.1186/s12984-020-00691-5

2.4.2 Εφαρμογές στην ΩΡΛ Κλινική

Όπως και στους υπόλοιπους τομείς της ιατρικής, έτσι και στην ΩΡΛ Κλινική υπάρχουν διαφόρων ειδών εφαρμογές Εικονικής και Επαυξημένης Πραγματικότητας. Παραδείγματα τέτοιων εφαρμογών ακολουθούν παρακάτω.

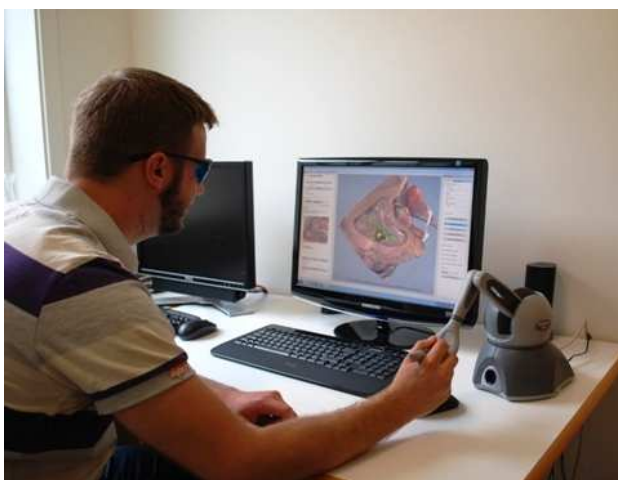
Η εφαρμογή **VOXEL-MAN ENT** (Εικόνα 17)¹⁷ που έχει δημιουργηθεί από το **University Medical Center Hamburg-Eppendorf** στην Γερμανία. Το **VOXEL-MAN ENT** είναι ένας προσομοιωτής για χειρουργική εκπαίδευση στην ωτορινολαρυγγολογία. Βασισμένο στην Εικονική Πραγματικότητα και τη ρομποτική, παρέχει προσομοιώσεις οι οποίες είναι αρκετά ακριβείς και συγκρίνονται με την πραγματική επέμβαση. Το **VOXEL-MAN ENT** είναι ιδανικό για την πλήρη κατανόηση της χειρουργικής ανατομίας και των προσεγγίσεων σε ένα ασφαλές περιβάλλον. Οι διαδικασίες μπορούν να μελετηθούν και να δοκιμαστούν όσες φορές χρειάζεται, ελαττώνοντας αντίστοιχα και το κόστος ενός εργαστηρίου χειρουργικής εκπαίδευσης. Ο προσομοιωτής διαθέτει δυνατότητα λειτουργίας των οργάνων με ένα ή δύο χέρια, προκαθορισμένες εργασίες, αυτόματη αξιολόγηση δεξιοτήτων, λήψη βίντεο, αυτόματες ενημερώσεις μέσω διαδικτύου και πολλές επιπλέον δυνατότητες. [38]



Εικόνα 17. *VOXEL-MAN ENT surgery simulator*

¹⁷ Η εικόνα ανακτήθηκε από τον ιστότοπο <https://www.voxel-man.com/simulators/ent/>

Η εφαρμογή **Visible Ear Simulator (VES)** (Εικόνα 18)¹⁸ έχει δημιουργηθεί μετά από συνεργασία του **Alexandra Institute** και του **Rigshospitalet (Danish National Hospital)** στη Δανία. Η εφαρμογή VES είναι ένας πλήρως λειτουργικός τρισδιάστατος προσομοιωτής για την διάτρηση του κροταφικού οστού με αίσθηση αντίδρασης στην δύναμη που ασκείται και φωτορεαλιστικά γραφικά. Αποτελεί ένα σύστημα χειρουργικής εκπαίδευσης που βασίζεται στην πιο εξελιγμένη τεχνολογία και είναι επικυρωμένο και βασισμένο σε αντίστοιχη έρευνα. Οι προσομοιώσεις που περιέχει βασίζονται στην πραγματική ανατομία από βιοψίες κατεψυγμένων τμημάτων και όλες οι σχετικές ανατομικές δομές έχουν τμηματοποιηθεί προσεκτικά. Η εφαρμογή επιτρέπει στον χρήστη να βλέπει και να αισθάνεται το εσωτερικό αυτί με φυσικά χρώματα και εξαιρετικά υψηλή ανάλυση. [39], [40]



Εικόνα 18. Visible Ear Simulator

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να δημιουργηθεί μια δοκιμαστική μορφή μιας καινούριας εφαρμογής Εικονικής Πραγματικότητας, η **UNITI VR**, στα πλαίσια της ερευνητικής προσπάθειας και πρότασης “**UNITI - Unification of treatments and Interventions for Tinnitus patients**” που υλοποιείται σε συνεργασία των **Klinikum Der Universitaet Regensburg** της Γερμανίας, **Servicio Andaluz De Salud** της Ισπανίας, **Charite – Universitaetsmedizin Berlin** της Γερμανίας, **Otto-Von-Guericke-Universitaet Magdeburg** της Γερμανίας, **Universitaet ULM** της Γερμανίας, **Institute of Communication and Computer Systems** της Ελλάδας, **Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών** της Ελλάδας, **Vilabs (CY) LTD** της Κύπρου, **Instituto Di Ricerche Farmacologiche Mario Negri** της Ιταλίας, **Sphynx Technology Solutions AG** της Ελβετίας,

¹⁸ Η εικόνα ανακτήθηκε από τον ιστότοπο <https://www.rigshospitalet.dk/english/departments/centre-of-head-and-orthopaedics/department-of-otorhinolaryngology-head-and-neck-surgery-and-audiology/research/ear-diseases/Pages/virtual-ear-surgery.aspx>

Karolinska Institutet της Σουηδίας, **Zeincro Egészségügyi Szolgáltató Kft.** της Ουγγαρίας και **Universiteit Maastricht** της Ολλανδίας. Αποτελεί πραγματική ανάγκη, η δημιουργία μίας εφαρμογής Εικονικής Πραγματικότητας που να απευθύνεται στους ασθενείς που πάσχουν από εμβοές ή αιθουσαίες διαταραχές, διότι δεν έχει δημιουργηθεί κάποια εφαρμογή που να απευθύνεται στις διαταραχές αυτές, αλλά και στην φυσιολογία του αυτιού, ενώ γενικά βλέπουμε ότι δίνουν καλά αποτελέσματα όπου έχουν χρησιμοποιηθεί.

2.5 Ασφάλεια Κατά την Χρήση

Υπάρχουν αρκετά ζητήματα υγείας και ασφάλειας της Εικονικής Πραγματικότητας. Ένας αριθμός ανεπιθύμητων συμπτωμάτων έχουν προκληθεί από την παρατεταμένη χρήση και αυτά έχουν επιβραδύνει την εξέλιξη της τεχνολογίας. Τα περισσότερα συστήματα Εικονικής Πραγματικότητας συνοδεύονται από προειδοποιήσεις καταναλωτών, συμπεριλαμβανομένων: επιληπτικών κρίσεων. αναπτυξιακά ζητήματα στα παιδιά, προειδοποιήσεις για ζάλη και πτώση, δυσφορία, στρες και παρεμβολές με ιατροτεχνολογικές συσκευές. Ορισμένοι χρήστες μπορεί να εμφανίσουν συσπάσεις, επιληπτικές κρίσεις ή λιποθυμία κατά τη χρήση των γυαλιών, ακόμα κι αν δεν έχουν ήδη υπάρχον ιστορικό. Επίσης, προβλήματα μπορεί να προκύψουν στην φυσική αλληλεπίδραση με το περιβάλλον, διότι, ενώ φορούν γυαλιά Εικονικής Πραγματικότητας, οι χρήστες χάνουν γρήγορα την επίγνωση του πραγματικού τους περιβάλλοντος και μπορεί να τραυματιστούν σκοντάφτοντας ή ερχόμενοι σε σύγκρουση με αντικείμενα του πραγματικού κόσμου. Τα γυαλιά Εικονικής Πραγματικότητας μπορεί να προκαλούν τακτικά κόπωση των ματιών, όπως και όλες οι τεχνολογίες με οθόνες, επειδή οι άνθρωποι τείνουν να βλεφαρίζουν λιγότερο, με αποτέλεσμα τα μάτια τους να στεγνώνουν περισσότερο. Υπήρξαν, επίσης, ορισμένες ανησυχίες για συμβολή τους στην αύξηση της μυωπίας. [20]

Η ασθένεια της Εικονικής Πραγματικότητας (Virtual Reality Sickness, γνωστή και ως Cybersickness) εμφανίζεται όταν η έκθεση ενός ατόμου σε ένα εικονικό περιβάλλον προκαλεί συμπτώματα παρόμοια με τα συμπτώματα της ναυτίας. Οι γυναίκες επηρεάζονται σημαντικά περισσότερο από τους άνδρες από τα συμπτώματα που προκαλούνται, σε ποσοστά περίπου 77% και 33% αντίστοιχα. [41], [42] Τα πιο κοινά συμπτώματα είναι γενική δυσφορία, πονοκέφαλος, ενοχλήσεις στο στομάχι, ναυτία, έμετος, ωχρότητα, εφίδρωση, κόπωση, υπνηλία, αποπροσανατολισμός και απάθεια. Τα συμπτώματα της ναυτίας προκαλούνται από μια αποσύνδεση μεταξύ αυτού που εμφανίζεται στα γυαλιά και αυτού που

αντιλαμβάνεται το υπόλοιπο σώμα. Όταν το αισουσαίο σύστημα δεν βιώνει την κίνηση που περιμένει από την οπτική είσοδο μέσω των ματιών, ο χρήστης μπορεί να εμφανίσει την ασθένεια της Εικονικής Πραγματικότητας. Αυτό μπορεί επίσης να συμβεί εάν το σύστημα δεν έχει αρκετά υψηλό ρυθμό ανανέωσης ή εάν υπάρχει καθυστέρηση μεταξύ της κίνησης του σώματος και της αντίστοιχης αντίδρασης στην οθόνη. Επειδή περίπου το 25–40% των ανθρώπων βιώνουν κάποια είδος της ασθένειας της Εικονικής Πραγματικότητας, οι εταιρείες αναζητούν ενεργά τρόπους μείωσης της εμφάνισής της. [20]

Σχετικά με τη χρήση της Εικονικής Πραγματικότητας από παιδιά, μελέτες δείχνουν ότι, σε σύγκριση με τους ενήλικες, μπορεί να ανταποκρίνονται στην τεχνολογία αυτή με τρόπους που διαφέρουν. Οι χρήστες στην Εικονική Πραγματικότητα τοποθετούνται απευθείας σε έναν εικονικό κόσμο, το οποίο καθιστά δυνατά την εμπειρία πολύ ζωντανή και πραγματική για τα παιδιά. Για παράδειγμα, παιδιά ηλικίας 6-18 ετών ανέφεραν ότι ένιωθαν πιο πραγματική την εμπειρία, σε σύγκριση με τους ενήλικες ηλικίας 19-65 ετών. [43] Η εμπειρία της Εικονικής Πραγματικότητας από τα παιδιά μπορεί περαιτέρω να περιλαμβάνει την ταυτόχρονη διατήρηση της ιδέας του εικονικού κόσμου στο μυαλό ενώ βιώνουν τον φυσικό κόσμο. Η υπερβολική χρήση τεχνολογίας με πολύ σημαντικά αισθητηριακά χαρακτηριστικά μπορεί να θέσει σε κίνδυνο την ικανότητα των παιδιών να διατηρούν τους κανόνες του φυσικού κόσμου, ιδιαίτερα όταν φορούν γυαλιά Εικονικής Πραγματικότητας τα οποία αποκρύπτουν τη θέση των αντικειμένων στον φυσικό κόσμο. Παρατήρηση παιδιών που βίωσαν την τεχνολογία για πρώτη φορά έδειξε ότι τα παιδιά ηλικίας 8-12 ετών είχαν μεγαλύτερη αυτοπεποίθηση να εξερευνήσουν την εμπειρία όταν βρίσκονταν σε ένα οικείο εικονικό περιβάλλον και επίσης απόλαυσαν να παραβιάζουν τους κανόνες, συμμετέχοντας σε δραστηριότητες που δεν επιτρέπεται να κάνουν στην πραγματικότητα. [20]

Ανησυχίες υπάρχουν, επίσης, για την Εικονική και Επαυξημένη Πραγματικότητα σχετικά με τις απόρρητες πληροφορίες του χρήστη και την πολιτική απορρήτου. Η επίμονη παρακολούθηση που απαιτείται από όλα τα συστήματα Εικονικής Πραγματικότητας, καθιστά την τεχνολογία ιδιαίτερα ευάλωτη στη μαζική επιτήρηση. Η ραγδαία εξέλιξή της, θα αυξήσει τις δυνατότητες και θα μειώσει το κόστος της συλλογής πληροφοριών των προσωπικών ενεργειών, κινήσεων και αντιδράσεων του χρήστη. [20] Τα δεδομένα από τους αισθητήρες παρακολούθησης των ματιών, οι οποίοι αναμένεται να γίνουν τυπικό χαρακτηριστικό στα γυαλιά Εικονικής Πραγματικότητας, ενδέχεται να αποκαλύπτουν έμμεσα πληροφορίες σχετικά με την εθνικότητα, τα χαρακτηριστικά προσωπικότητας, τους φόβους, τα

συναισθήματα, τα ενδιαφέροντα, τις δεξιότητες και τη σωματική και ψυχική υγεία του χρήστη. [44]

Όσον αφορά την σύγχρονη Επαυξημένη Πραγματικότητα, η έννοιά της εξαρτάται από την ικανότητα της συσκευής να καταγράφει και να αναλύει το περιβάλλον σε πραγματικό χρόνο. Εξαιτίας αυτής της δυνατότητας, ενδέχεται να υπάρξουν νομικές επιπλοκές σε περιοχές όπου υπάρχουν θέματα ιδιωτικότητας ή όπου εμφανίζονται μέσα τα οποία προστατεύονται από πνευματικά δικαιώματα. Όσον αφορά το απόρρητο του χρήστη, υπάρχει ευκολία πρόσβασης σε πληροφορίες που δεν θα έπρεπε κανείς να διαθέτει εύκολα για ένα συγκεκριμένο άτομο, όπως για παράδειγμα οι πληροφορίες που συλλέγονται από την τεχνολογία αναγνώρισης προσώπου. Υποθέτοντας ότι τα γυαλιά Επαυξημένης Πραγματικότητας μεταβιβάζουν αυτόματα πληροφορίες για τα άτομα που βλέπει ο χρήστης, θα μπορούσαν να διαβιβαστούν προσωπικές πληροφορίες, όπως τα μέσα κοινωνικής δικτύωσης, το ποινικό μητρώο και η οικογενειακή κατάσταση. [45]

Κεφάλαιο 3: Σχεδιασμός Εφαρμογής Εικονικής Πραγματικότητας

3.1 Λειτουργίες και Περιγραφή

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, αναπτύχθηκε η δοκιμαστική εφαρμογή Εικονικής Πραγματικότητας **UNITI VR**. Η εφαρμογή έχει δημιουργηθεί με την λογική της δομημένης συμβουλευτικής (Structured Counseling) και δίνει την δυνατότητα στον ασθενή να αλληλεπιδράσει με δύο επιλογές φανταστικού περιβάλλοντος, ένα περιβάλλον νησιού και ένα περιβάλλον ποταμιού. Και στα δύο περιβάλλοντα περιέχεται μια γιγαντοσθόνη στην οποία προβάλλεται μία παρουσίαση που μεταδίδει στον ασθενή τις πληροφορίες σχετικά με την διαταραχή που βιώνει. Επίσης, η εφαρμογή επιτρέπει τον χειρισμό της αναπαραγωγής της παρουσίασης, δίνοντας την δυνατότητα στον ασθενή να επαναλάβει την προβολή πληροφοριών που έχουν ήδη προβληθεί αλλά και να αλλάξει περιβάλλον όποτε το θελήσει.

3.2 Ανάλυση Εργαλείων

Για την ανάπτυξη της εφαρμογής, η οποία υλοποιήθηκε σε **Windows 10**, χρησιμοποιήθηκε, κυρίως, η πλατφόρμα ανάπτυξης 3D περιεχομένου **Unity** της εταιρείας **Unity Technologies**, σε συνδυασμό με την γλώσσα προγραμματισμού **C# (C Sharp)** στο περιβάλλον **Microsoft Visual Studio** της εταιρείας **Microsoft**. Χρησιμοποιήθηκαν, επίσης, το **Adobe Photoshop** της εταιρείας **Adobe** για την επεξεργασία των εικόνων της εφαρμογής, και το **Microsoft PowerPoint** της εταιρείας **Microsoft** για την δημιουργία και επεξεργασία της παρουσίασης που εμφανίζεται στην εφαρμογή. Σημαντικό είναι να αναφερθεί και το εργαλείο **Gaia 2 - Terrain & Scene Generator** της εταιρείας **Procedural Worlds** το οποίο είναι το κύριο εργαλείο του Unity που χρησιμοποιήθηκε για την δημιουργία των σκηνών της εφαρμογής.

3.3 Unity – Πλατφόρμα Ανάπτυξης 3D Περιεχομένου

Το Unity είναι μια μηχανή παιχνιδιών για πολλαπλές πλατφόρμες, αλλά και, γενικά, πλατφόρμα ανάπτυξης τρισδιάστατου (3D) και δισδιάστατου (2D) περιεχομένου, που αναπτύχθηκε από την εταιρεία Unity Technologies, η οποία ανακοινώθηκε και κυκλοφόρησε για πρώτη φορά τον Ιούνιο του 2005 στο Παγκόσμιο Συνέδριο προγραμματιστών της εταιρείας Apple Inc ως αποκλειστική μηχανή παιχνιδιών για το λειτουργικό Mac OS X.

Έκτοτε, η μηχανή γραφικών επεκτάθηκε σταδιακά για να υποστηρίζει μια ποικιλία από πλατφόρμες για επιτραπέζιους υπολογιστές, κινητά, κονσόλες αλλά και Εικονική και Επαυξημένη Πραγματικότητα. Είναι από τις πιο δημοφιλείς μηχανές γραφικών, μαζί με την Unreal Engine της εταιρείας Epic Games. Θεωρείται εύκολη στη χρήση για αρχάριους προγραμματιστές, ενώ διαθέτει όλα τα απαραίτητα εργαλεία για την χρήση και από έμπειρους προγραμματιστές. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία τρισδιάστατων και δισδιάστατων παιχνιδιών, καθώς επίσης και διαδραστικών προσομοιώσεων αλλά και άλλων εμπειριών. Το Unity έχει υιοθετηθεί από βιομηχανίες εκτός των βιντεοπαιχνιδιών, όπως ο κινηματογράφος, η αυτοκινητοβιομηχανία, η αρχιτεκτονική, η μηχανική, οι κατασκευές και οι Ένοπλες Δυνάμεις των Ηνωμένων Πολιτειών. [46], [47]

Η επιλογή του Unity για την παρούσα εργασία έγινε λόγω της ευκολίας στη χρήση του αλλά και στην πληρότητα των εργαλείων που χρειάζονται για την υλοποίηση της εφαρμογής. Η έκδοση του Unity που χρησιμοποιήθηκε είναι η version 2021.1.12f1.

3.4 Η Γλώσσα Προγραμματισμού C# (C Sharp)

Η C# (C sharp) είναι μια γλώσσα προγραμματισμού H/Y γενικής χρήσης, η οποία δημιουργήθηκε από την εταιρεία Microsoft, η οποία την εισήγαγε μέσα από την πλατφόρμα .NET (dotNet) και το Visual Studio το 2003. Το όνομά της είναι εμπνευσμένο από την μουσική σημειογραφία, όπου το σύμβολο # (Sharp) ορίζει όξυνση του τόνου κατά ένα ημιτόνιο. Η C# είναι απλή και λειτουργική αντικειμενοστραφής γλώσσα προγραμματισμού, με ορισμένο συντακτικό και δίνει την δυνατότητα χρήσης μεταβλητών, συναρτήσεων και βιβλιοθηκών. Η πιο πρόσφατη έκδοση της γλώσσας είναι η C# 10.0, η οποία κυκλοφόρησε το 2021 στο .NET 6.0. [48]

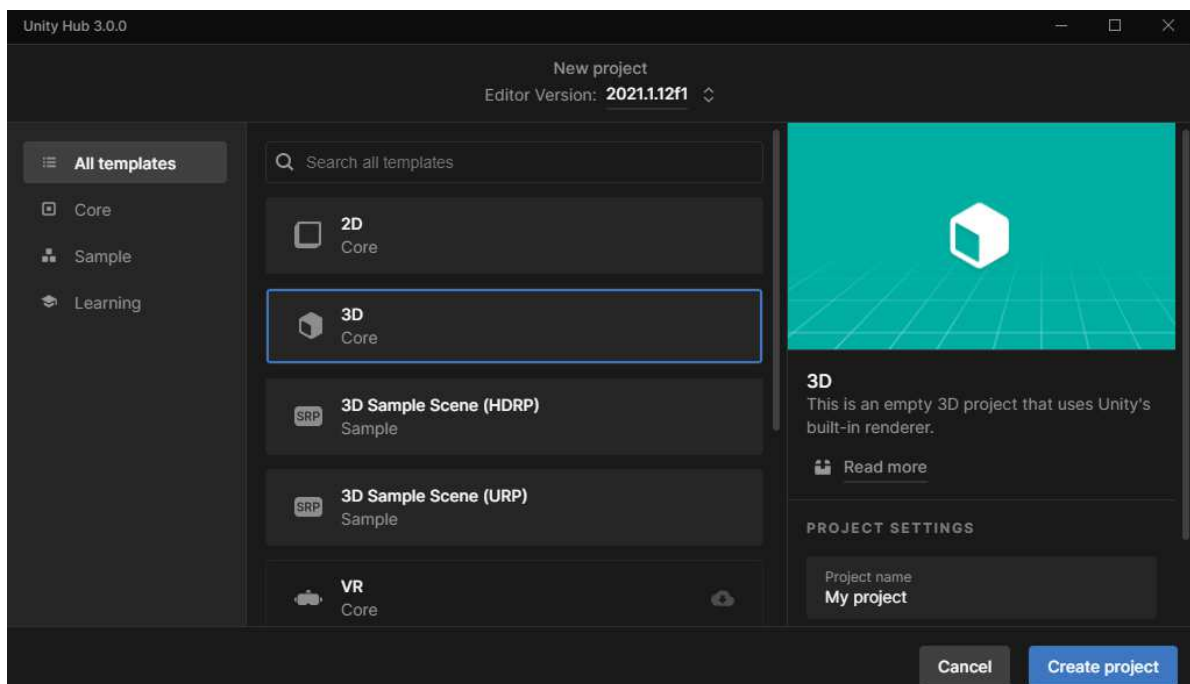
Η C# είναι η κύρια γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιείται στο Unity, και για αυτό τον λόγο χρησιμοποιείται και στην εφαρμογή της παρούσας εργασίας. Η χρήση της C# και η δημιουργία των προγραμματιστικών σεναρίων (Scripts) έχει γίνει με την βοήθεια του Microsoft Visual Studio 2019. Το Visual Studio είναι ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (Integrated Development Environment - IDE) το οποίο χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη προγραμμάτων υπολογιστών, καθώς και ιστοσελίδων, εφαρμογών ιστού, υπηρεσιών ιστού και εφαρμογών για κινητά. Περιλαμβάνει ένα πρόγραμμα επεξεργασίας κώδικα που υποστηρίζει το IntelliSense, το οποίο είναι στοιχείο συμπλήρωσης κώδικα, όπως και ενσωματωμένο εντοπισμό σφαλμάτων σε επίπεδο πηγής αλλά και σε επίπεδο μηχανής.

Δέχεται, επίσης, πρόσθετα που επεκτείνουν την λειτουργικότητά του, σχεδόν σε κάθε επίπεδο. [47], [49]

3.5 Υλοποίηση της Εφαρμογής

Η υλοποίηση μιας εφαρμογής στο Unity, ακολουθεί κάποιους βασικούς κανόνες. Απαραίτητο για την δημιουργία μιας λειτουργικής εφαρμογής είναι η δημιουργία σκηνών, οι οποίες θα εναλλάσσονται κατά την λειτουργία. Οι σκηνές αυτές κυμαίνονται από ένα απλό κεντρικό μενού επιλογών έως και πολύπλοκα περιβάλλοντα όπου μπορεί να κινηθεί ο χρήστης. Επίσης, απαραίτητη είναι η χρήση καμερών που προβάλλουν στην οθόνη του χρήστη τις αντίστοιχες σκηνές, οι οποίες μπορούν να είναι ανεξάρτητες ή και να συνδέονται με έναν χαρακτήρα του χρήστη ο οποίος μπορεί να κινείται στην σκηνή. Τέλος, απαραίτητη είναι η δημιουργία διαφόρων προγραμματιστικών σεναρίων, τα οποία μεταφράζουν τις εντολές του χρήστη, αλλά και του επιτρέπουν να κινηθεί στην εκάστοτε σκηνή.

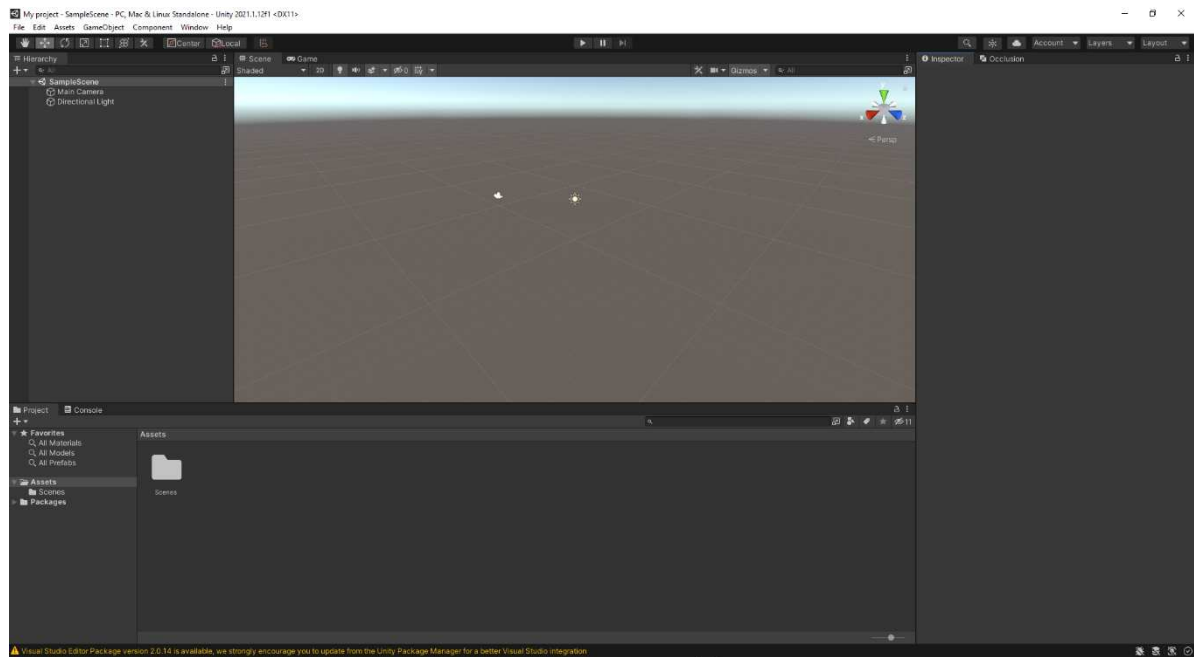
Αρχίζοντας την δημιουργία της εφαρμογής από το Unity Hub (Εικόνα 19), το οποίο διαχειρίζεται τις εφαρμογές που έχουν δημιουργηθεί και τις εκδόσεις του Unity, επιλέγουμε τι είδους εφαρμογή θέλουμε να δημιουργήσουμε, το όνομά της και τον κατάλογο αποθήκευσης. Στην δική μας περίπτωση, η εφαρμογή είναι 3D. Η εφαρμογή έχει επιλεγεί να δημιουργηθεί με κάμερα πρώτου προσώπου, αντί για χρήστη Εικονικής Πραγματικότητας, ώστε να μπορεί να γίνει η αναπαράσταση της χρήσης της εφαρμογής σε ηλεκτρονικό



Εικόνα 19. Unity Hub

υπολογιστή με τη χρήση συμβατικής οθόνης, διότι τα γυαλιά Εικονικής Πραγματικότητας είναι δυσκολότερα προσβάσιμα τόσο για την δημιουργία της εφαρμογής, όσο και για την δοκιμή της σε αρχικό στάδιο. Η αλλαγή από κάμερα πρώτου προσώπου σε κάμερα VR μπορεί να γίνει με παραμετροποίηση του εργαλείου Gaia 2 που έχει χρησιμοποιηθεί για την δημιουργία των σκηνών.

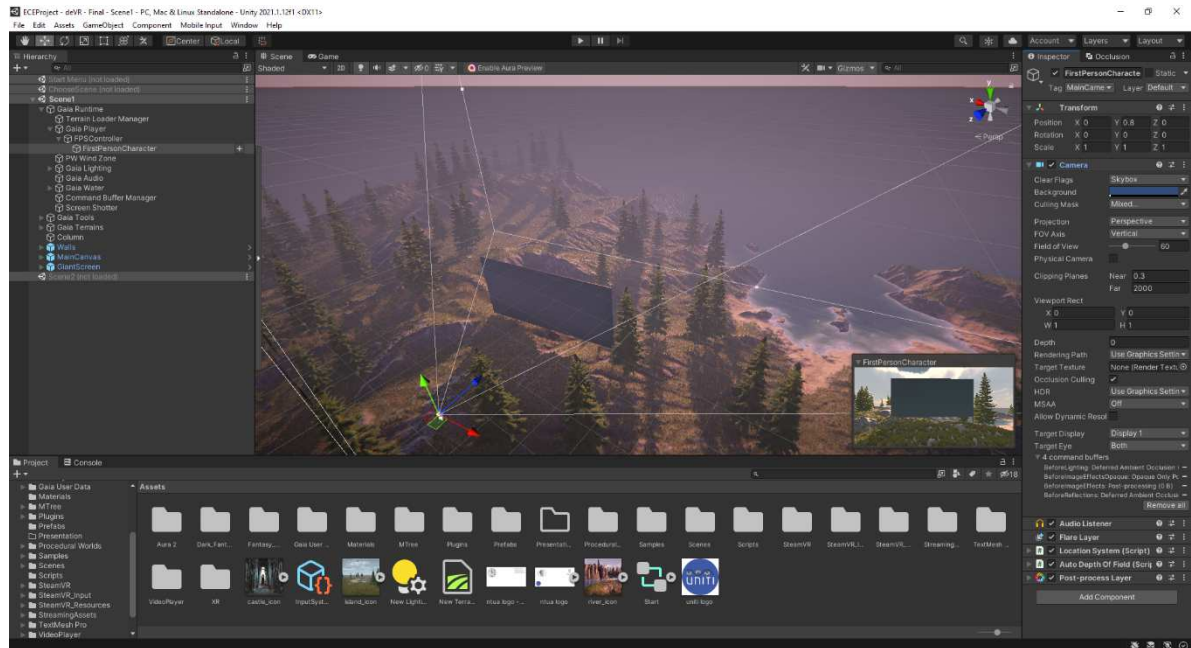
Μετά το άνοιγμα του νέου project βλέπουμε το περιβάλλον χρήστη (User Interface – UI) του Unity (Εικόνα 20), όπου μπορούμε να δούμε τα διάφορα τμήματα τα οποία διαχειριζόμαστε.



Εικόνα 20. Αρχικό περιβάλλον χρήστη Unity

Όπως φαίνεται στην εικόνα, πάνω δεξιά υπάρχει το παράθυρο “Hierarchy” το οποίο περιέχει όλες τις σκηνές που έχουμε δημιουργήσει, και όπου μπορούμε να επιλέξουμε αν θέλουμε να αποκρύψουμε ή να εμφανίσουμε μια σκηνή ή ένα αντικείμενο της σκηνής, αλλά και να προσθέσουμε νέες σκηνές και αντικείμενα. Κεντρικά, βλέπουμε το περιβάλλον εργασίας των σκηνών (Scene), όπου μπορούμε να μετακινήσουμε αντικείμενα και να δούμε πως εμφανίζονται στην κάθε σκηνή, αλλά και την καρτέλα “Game” όπου μπορούμε να δούμε πως λειτουργεί μέχρι στιγμής η εφαρμογή αφού την ξεκινήσουμε με το δεξί βελάκι στο πάνω μέρος της οθόνης. Στην κάτω αριστερή πλευρά του περιβάλλοντος υπάρχει το παράθυρο “Project” όπου εμφανίζονται όλοι οι φάκελοι της εφαρμογής, οι οποίοι φαίνονται μαζί με τα περιεχόμενά τους στο κέντρο του παραθύρου. Υπάρχει, επίσης η καρτέλα “Console” που εμφανίζει τυχόν λάθη και ειδοποιήσεις που εμφανίζονται κατά την υλοποίηση της εφαρμογής και των δοκιμών της. Τέλος, δεξιά εμφανίζεται το παράθυρο “Inspector” στο οποίο εμφανίζονται οι πληροφορίες αλλά γίνεται και η παραμετροποίηση των διαφόρων στοιχείων

της εφαρμογής. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται το περιβάλλον χρήστη κατά την τελική μορφή της εφαρμογής (Εικόνα 21).

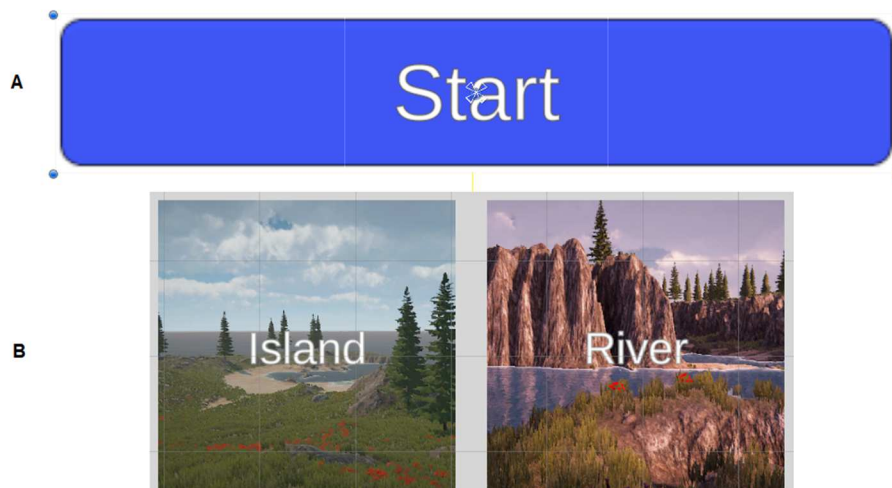


Εικόνα 21. Τελικό περιβάλλον χρήστη Unity

Η εφαρμογή αποτελείται από τέσσερις σκηνές. Πρώτη εμφανίζεται η σκηνή “Start Menu”, η οποία αποτελεί το αρχικό μενού της εφαρμογής και ακολουθείται από την σκηνή “ChooseScene” από την οποία γίνεται η επιλογή μίας εκ των δύο σκηνών που αποτελούν τα περιβάλλοντα στα οποία γίνεται η παρουσίαση στον ασθενή, ενός νησιού με τίτλο “Scene1” και ενός ποταμού με τίτλο “Scene2”.

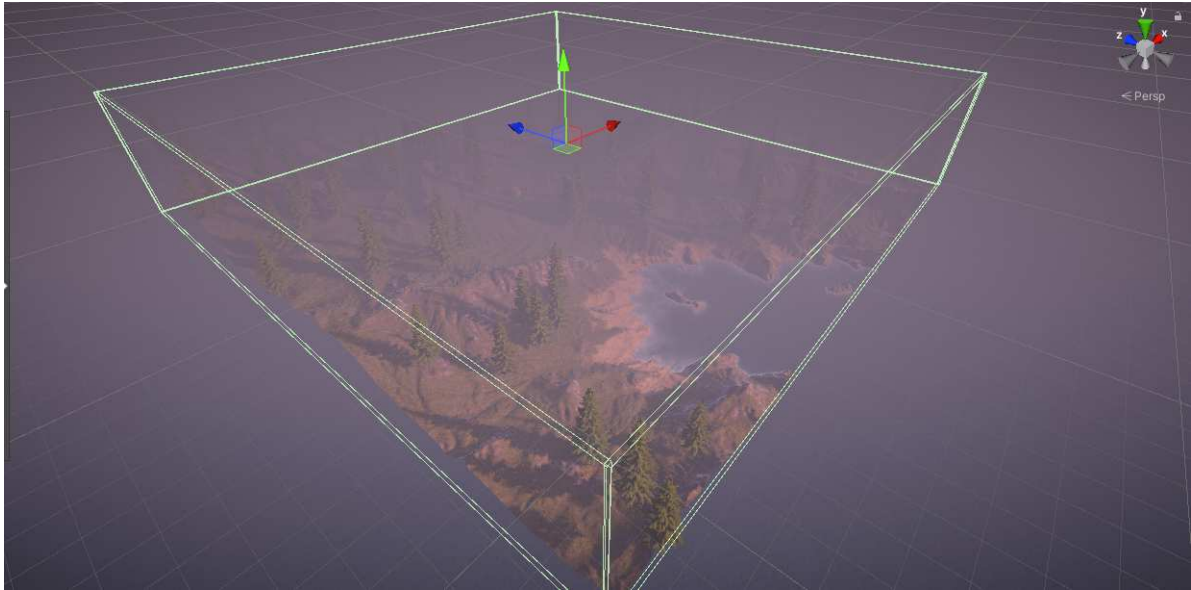
3.5.1 Ανάλυση Περιβάλλοντος και Αντικειμένων

Η εφαρμογή περιέχει βασικά αλλά και σύνθετα αντικείμενα. Βασικά αντικείμενα αποτελούν τα κουμπιά της αρχικής οθόνης αλλά και της επιλογής σκηνών (Εικόνα 22) αλλά και οι τοίχοι

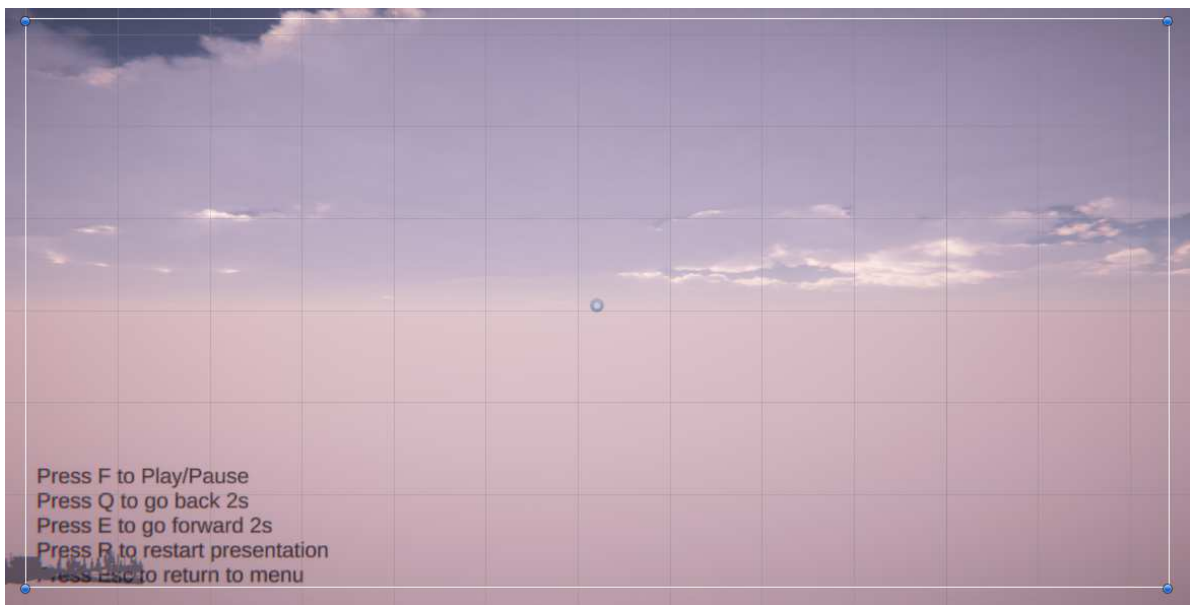


Εικόνα 22. Α. Κουμπί Start, Β. Κουμπιά Επιλογής Σκηνής

που αποτρέπουν τον χρήστη να εξέλθει του περιβάλλοντος της σκηνής (Εικόνα 23) και ο καμβάς που εμφανίζει τις διαθέσιμες εντολές κατά την χρήση της εφαρμογής (Εικόνα 24).



Εικόνα 23. Συμπαγείς τοίχοι για οριοθέτηση της σκηνής

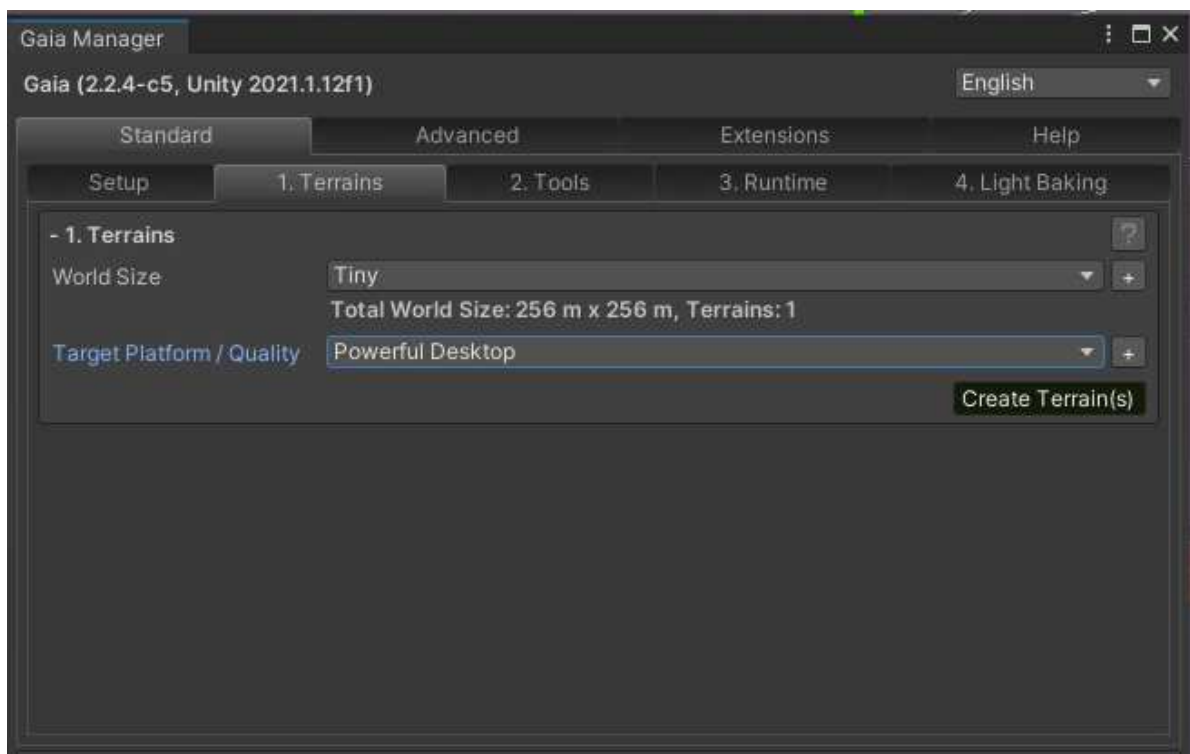


Εικόνα 24. Καμβάς οθόνης χρήση

Τόσο τα περιβάλλοντα της εφαρμογής, το νησί (Island) και το ποτάμι (River), όσο και τα περισσότερα σύνθετα αντικείμενα, έχουν δημιουργηθεί με την βοήθεια του εργαλείου Gaia 2 της εταιρείας Procedural Worlds. Το εργαλείο αυτό αποτελεί μία γεννήτρια εδάφους και σκηνών, που βοηθάει στην απλοποίηση της διαδικασίας δημιουργίας του περιβάλλοντος της σκηνής, του σχηματισμού του εδάφους, της επιλογής βλάστησης, του υγρού στοιχείου και

διαφόρων κτισμάτων, την επιλογή φόντου ουρανού και διαφόρων ήχων, αλλά και την δημιουργία του αντικειμένου που χειρίζεται ο χρήστης.

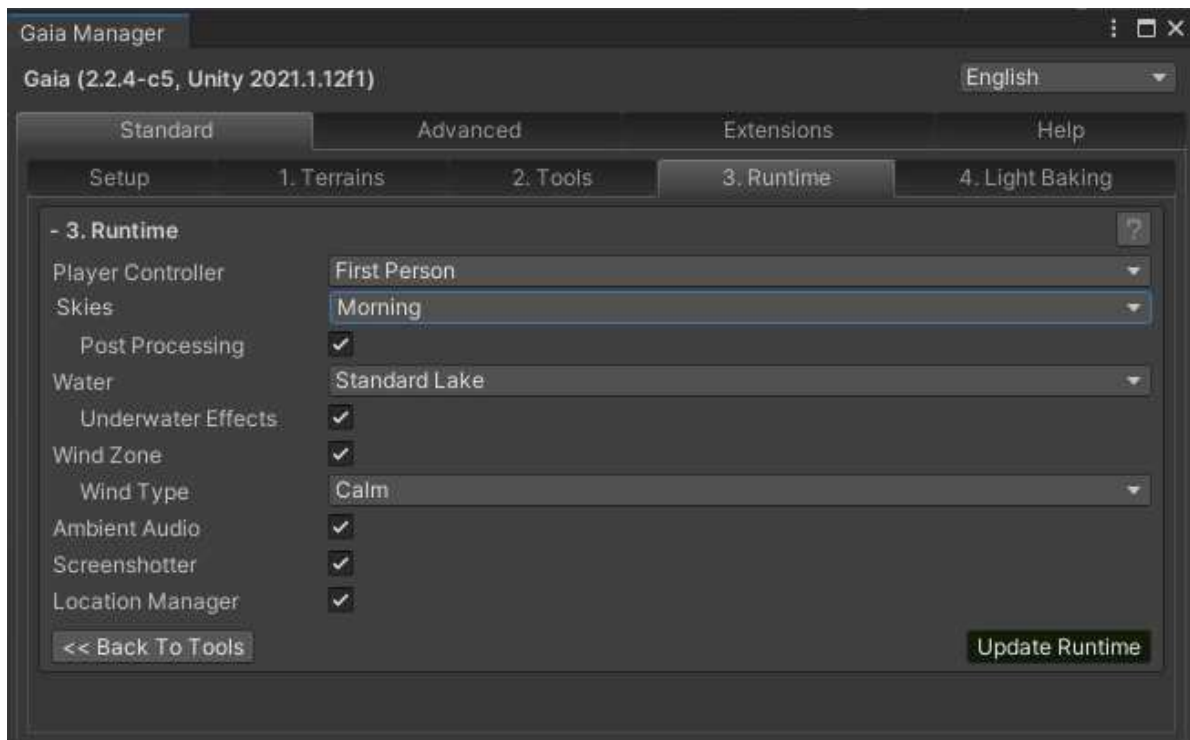
Πιο συγκεκριμένα, αρχικά, το εργαλείο παρέχει την επιλογή του μεγέθους του κόσμου που θέλουμε να δημιουργήσουμε, αλλά και την επιλογή πλατφόρμας για την οποία θα δημιουργηθεί η εφαρμογή (Εικόνα 25). Το μέγεθος του κόσμου κυμαίνεται από μικροσκοπικός (Tiny) ο οποίος αντιστοιχεί σε 256m x 256m έως μεγάλος (Large) ο οποίος αντιστοιχεί σε 2,05km x 2,05km. Οι πλατφόρμες που υποστηρίζονται είναι σταθεροί ηλεκτρονικοί υπολογιστές, κινητά και πλατφόρμες Εικονικής Πραγματικότητας. Επίσης, στα εργαλεία μπορεί να επιλεγούν οι ρυθμίσεις του βιοτόπου, από τις οποίες ορίζεται και η βλάστηση, αλλά και οι χρωματικοί συνδυασμοί του εδάφους.



Εικόνα 25. Δημιουργία κόσμου, Gaia 2

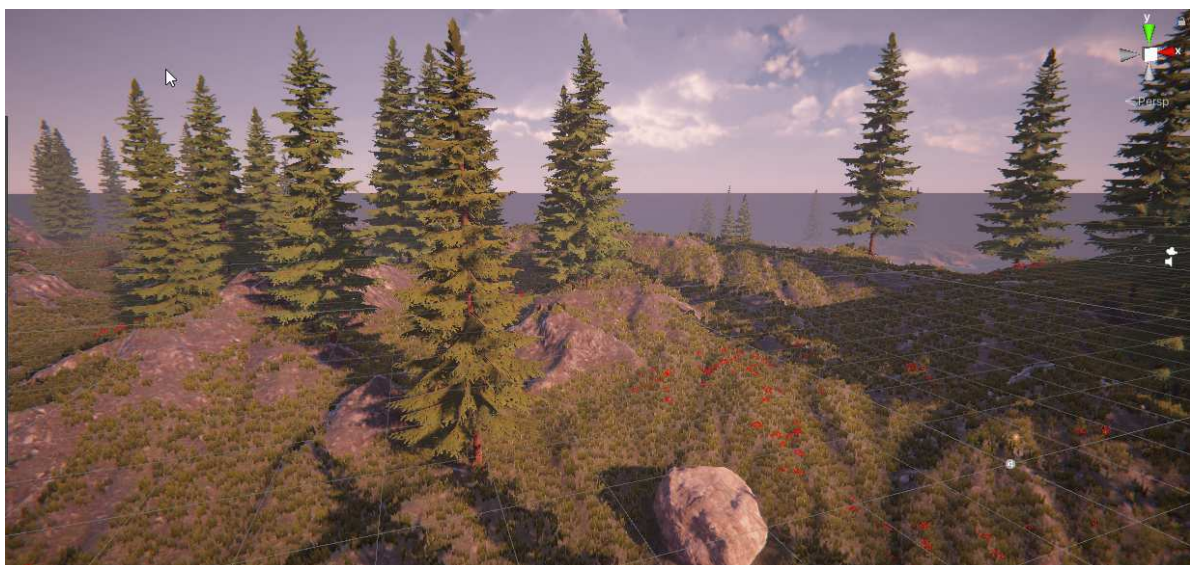
Πολύ σημαντικές είναι οι ρυθμίσεις που σχετίζονται με τον χρήστη (Εικόνα 26). Μέσα από τις ρυθμίσεις αυτές μπορεί να επιλεγεί ο τύπος κάμερας και χειρισμού που θα έχει ο χρήστης, με δυνατότητες κάμερας πρώτου και τρίτου προσώπου, ιπτάμενης κάμερας που μπορεί να κινείται οπουδήποτε στον χώρο, αλλά και κάμερας Εικονικής Πραγματικότητας. Επιπλέον, ορίζεται ο ουρανός της σκηνής, είτε αυτός είναι σταθερού χρόνου, για παράδειγμα πρωινός και βραδινός, είτε είναι μεταβαλλόμενου χρόνου. Σε αυτή την καρτέλα βρίσκονται και οι ρυθμίσεις τύπου του νερού και του ανέμου, αλλά και των περιβαλλοντικών ήχων που ακούγονται στην σκηνή. Η τελική επιλογή του εργαλείου είναι η δημιουργία του φωτισμού

της σκηνής, με βάση όλες τις προηγούμενες επιλογές, ώστε να δημιουργηθούν και οι σκιές και οι αντανακλάσεις του φωτός στο περιβάλλον.



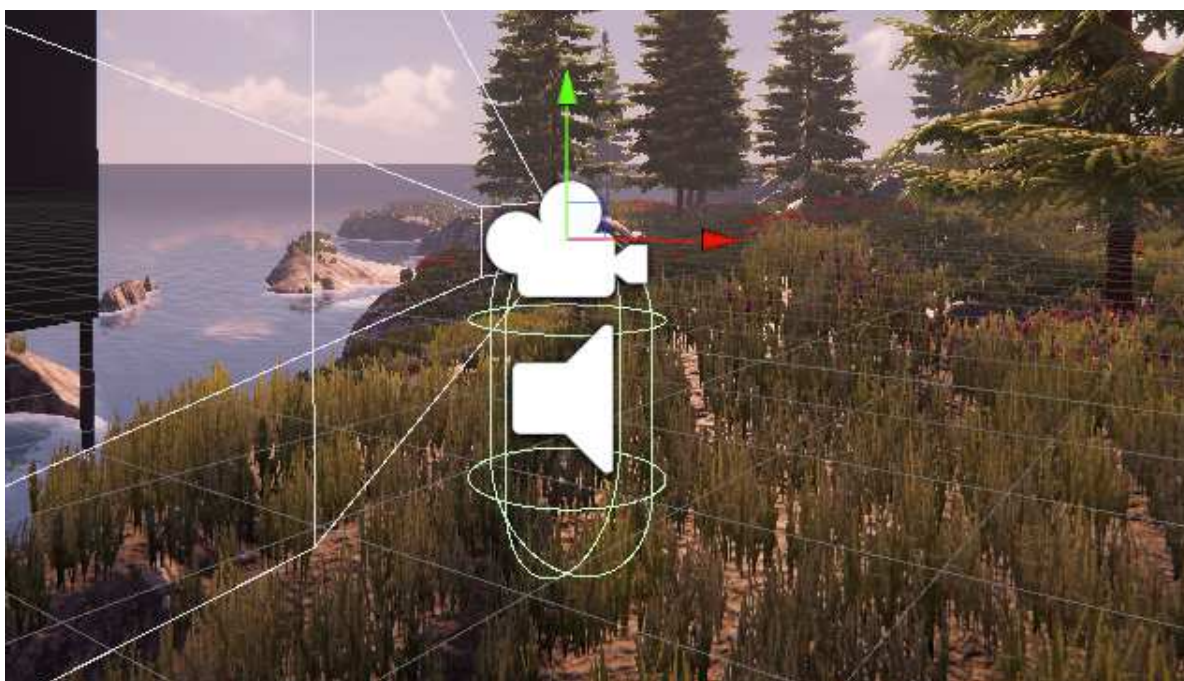
Εικόνα 26. Ρυθμίσεις σχετικές με τον χρήστη, τον φωτισμό και τους ήχους, Gaia 2

Μετά από την επιλογή των κατάλληλων ρυθμίσεων, το εργαλείο Gaia 2 δημιουργεί την σκηνή, την οποία μπορούμε να διαχειριστούμε πιο αναλυτικά στην συνέχεια, με μεταφορά και δημιουργία νέων αντικειμένων, διαχείριση του αντικειμένου χειρισμού του χρήστη, αλλά και κάθε άλλη παραμετροποίηση που μπορεί να χρειαστεί. Στην παρούσα εφαρμογή, έχουμε επιλέξει την δημιουργία απλού περιβάλλοντος με δέντρα και βράχους, τα οποία είναι συμπαγή αντικείμενα και δεν μπορεί ο χρήστης να τα διαπεράσει (Εικόνα 27).



Εικόνα 27. Δέντρα και βράχοι στο περιβάλλον

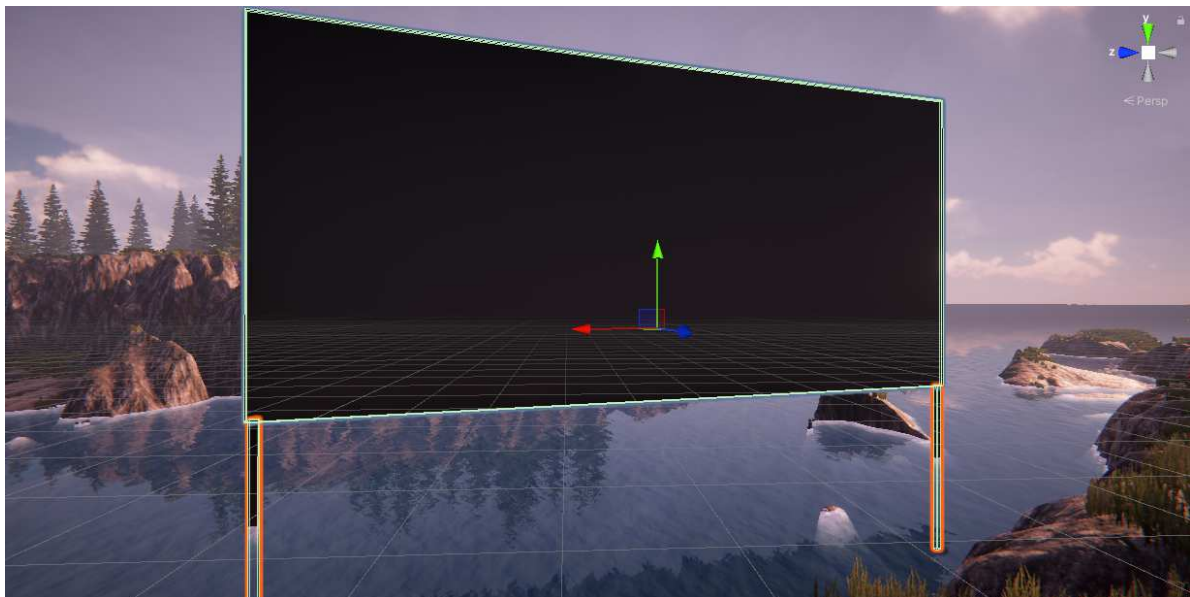
Το αντικείμενο χειρισμού του χρήστη στην συγκεκριμένη εφαρμογή, αποτελείται από μία κάμερα με χειρισμό πρώτου προσώπου, δηλαδή ο χρήστης βλέπει και χειρίζεται την σκηνή μέσα από τα μάτια του «χαρακτήρα» του (Εικόνα 28). Το αντικείμενο αυτό αποτελείται από δύο επιμέρους αντικείμενα, το σώμα και την κάμερα. Το σώμα του αντικειμένου ορίζει την αλληλεπίδραση του χρήστη με το περιβάλλον και τα γύρω αντικείμενα και περιέχει μεταβλητές όγκου, βαρύτητας, ταχύτητας της κίνησης, έλεγχο σύγκρουσης με άλλα αντικείμενα και σύνδεση με κώδικα που ορίζει τον τρόπο και των πλήκτρων κίνησης. Η κάμερα του αντικειμένου ορίζει τι εμφανίζεται στην οθόνη και διαχειρίζεται τους ήχους που ακούει ο χρήστης είτε λόγω των κινήσεών του, είτε από το περιβάλλον του. Τα δύο αυτά επιμέρους αντικείμενα είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους, έτσι ώστε η κάμερα να ακολουθεί το σώμα, όπου αυτό κινείται.



Εικόνα 28. Αντικείμενο χειρισμού του χρήστη

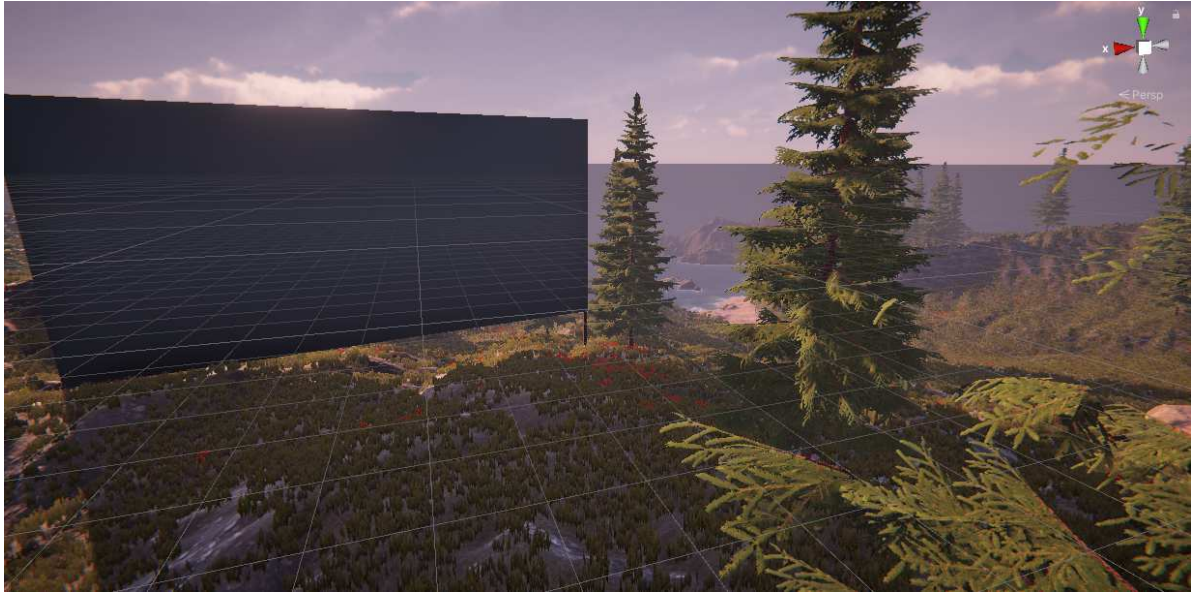
Το τελευταίο σύνθετο αντικείμενο που έχει δημιουργηθεί και προστεθεί στις σκηνές είναι η γιγαντοοθόνη για την προβολή της παρουσίασης (Εικόνα 29). Το συγκεκριμένο αντικείμενο αποτελείται από πέντε επιμέρους αντικείμενα, δύο απλές στήλες για την στήριξη της οθόνης, δύο ορθογώνια παραλληλεπίπεδα για την δημιουργία της οθόνης και ένα αντικείμενο αναπαραγωγής βίντεο (Video Player). Οι στήλες είναι απλά παραλληλεπίπεδα τα οποία περιέχουν έναν ελεγκτή σύγκρουσης, ώστε να έχουν υπόσταση στην σκηνή, εάν ο χρήστης προσπαθήσει να περάσει από μέσα τους και έχουν ως χαρακτηριστικό υλικό το ξύλο ώστε να φαίνονται φυσικά. Το ένα από τα δύο ορθογώνια παραλληλεπίπεδα που συνθέτουν την οθόνη, είναι συνδεδεμένο με το αντικείμενο αναπαραγωγής βίντεο, για την αναπαραγωγή της

παρουσίασης. Ο χειριστής βίντεο προβάλλει την παρουσίαση τόσο στην μπροστά, όσο και στην πίσω πλευρά του αντικειμένου στο οποίο έχει συνδεθεί, οπότε επιλέχθηκε άλλο ένα ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο ώστε να καλύψει την πίσω πλευρά της οθόνης. Το αντικείμενο αναπαραγωγής βίντεο περιέχει δυνατότητα επιλογής αναπαραγωγής βίντεο από αρχείο αλλά και από διεύθυνση URL τοπικής ή διαδικτυακής. Στην εφαρμογή, έχει επιλεγεί η λειτουργία με τοπική διεύθυνση URL ώστε να δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη να αλλάξει το αρχείο που αναπαράγεται στην γιγαντοοθόνη. Πιο συγκεκριμένα, για την αλλαγή του βίντεο, αρκεί να αντικατασταθεί το αρχείο **Presentation.mp4** το οποίο βρίσκεται στην διαδρομή **UNITY Demo Project\UNITY Demo Project_Data\StreamingAssets** όπου UNITY Demo Project είναι ο αρχικός φάκελος της εφαρμογής, με ίδιου ονόματος αρχείο. Τέλος, το αντικείμενο αναπαραγωγής βίντεο περιέχει και ένα συνδεδεμένο κομμάτι κώδικα για τον χειρισμό της αναπαραγωγής (Video Controller) σε συνδυασμό με τον κώδικα του καμβά (Main Canvas).

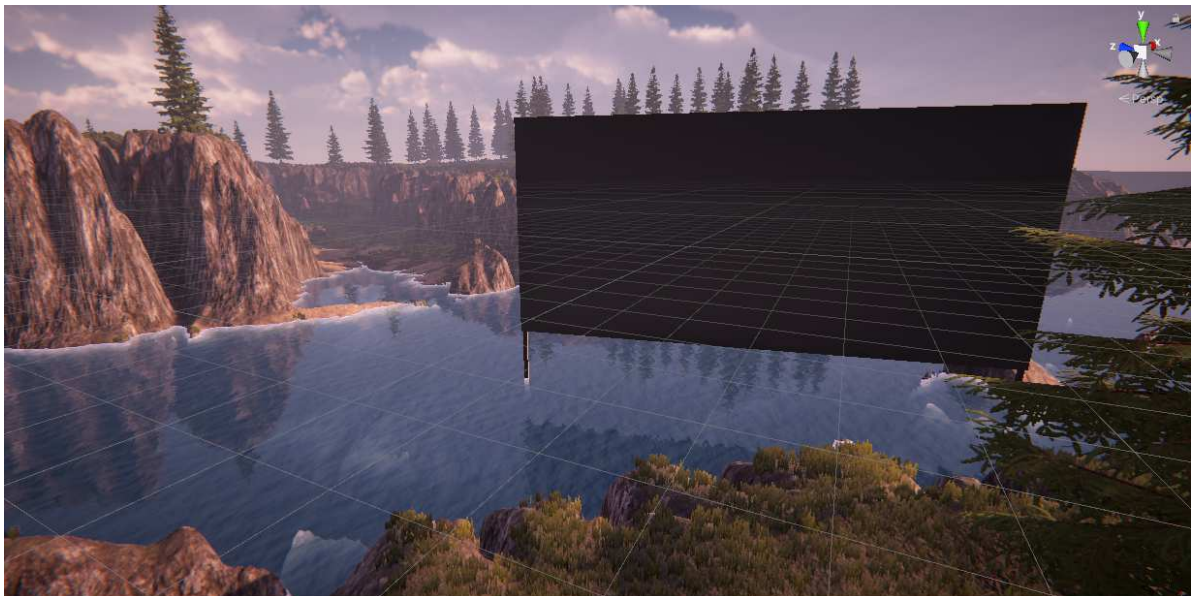


Εικόνα 29. Αντικείμενο γιγαντοοθόνης

Έτσι, δημιουργήθηκαν δύο περιβάλλοντα, ένα νησί (Εικόνα 30) και ένα ποτάμι (Εικόνα 31) για την επιλογή των συνθηκών προβολής της παρουσίασης από τον χρήστη.



Εικόνα 30. Scene 1: Island



Εικόνα 31. Scene 2: River

3.5.2 Βασικά Τμήματα Κώδικα

Βασικά στην ανάπτυξη της εφαρμογής είναι τα τμήματα κώδικα τα οποία ελέγχουν το κεντρικό μενού και το μενού επιλογών, τον χειρισμό του βίντεο σε συνδυασμό με τον κεντρικό καμβά, αλλά και της κίνησης του αντικειμένου του χρήστη και της κάμερας. Γενικά, όλα τα τμήματα κώδικα περιέχουν στην αρχή κάποιες βιβλιοθήκες που συμπεριλαμβάνουν την μετάφραση διαφόρων εντολών της γλώσσας C#, μεταβλητές, αλλά και συναρτήσεις οι οποίες καλούνται από την εφαρμογή για διάφορες λειτουργίες.

Το κεντρικό μενού **Start Menu** συμπεριλαμβάνει το τμήμα κώδικα **StartMenuScript** για τον έλεγχο των κουμπιών που περιέχει. Περιέχει τρεις συναρτήσεις, την συνάρτηση **Start**, η οποία καλείται μόλις αρχίσει η σκηνή του κεντρικού μενού και εμφανίζει τον κέρσορα του ποντικιού, την συνάρτηση **OnPlayButton**, η οποία λειτουργεί με το πάτημα του κουμπιού **Start** και ανοίγει την σκηνή **ChooseScene**, και την συνάρτηση **OnQuitButton**, η οποία λειτουργεί με το πάτημα του κουμπιού **Quit** και κλείνει την εφαρμογή.

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using UnityEngine.SceneManagement;

public class StartMenuScript : MonoBehaviour
{
    void Start()
    {
        Cursor.visible = true;
        Cursor.lockState = CursorLockMode.None;
    }
    public void OnPlayButton()
    {
        SceneManager.LoadScene("ChooseScene");
    }

    public void OnQuitButton()
    {
        Application.Quit();
    }
}
```

Κώδικας 1. StartMenuScript – Κεντρικό μενού

Το μενού επιλογής σκηνής **ChooseScene** συμπεριλαμβάνει το τμήμα κώδικα **ChooseSceneScript** το οποίο είναι υπεύθυνο για την επιλογή των σκηνών νησιού ή ποταμού της εφαρμογής. Περιέχει τέσσερις συναρτήσεις, την συνάρτηση **Start**, η οποία καλείται μόλις αρχίσει η σκηνή του μενού και εμφανίζει τον κέρσορα του ποντικιού, την συνάρτηση **OnSceneButton1**, η οποία λειτουργεί με το πάτημα του κουμπιού **Island** και ανοίγει την **Scene1**, την συνάρτηση **OnSceneButton2**, η οποία λειτουργεί με το πάτημα του κουμπιού **River** και ανοίγει την **Scene2**, και την συνάρτηση **OnBackButton**, η οποία λειτουργεί με το πάτημα του κουμπιού **Back** και επαναφέρει τον χρήστη στο κεντρικό μενού **Start Menu**.


```

using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using UnityEngine.SceneManagement;

public class ChooseSceneScript : MonoBehaviour
{
    void Start()
    {
        Cursor.visible = true;
        Cursor.lockState = CursorLockMode.None;
    }
    public void OnSceneButton1()
    {
        SceneManager.LoadScene("Scene1");
    }
    public void OnSceneButton2()
    {
        SceneManager.LoadScene("Scene2");
    }
    public void OnBackButton()
    {
        SceneManager.LoadScene("Start Menu");
    }
}

```

Κώδικας 2. ChooseSceneScript - Μενού επιλογής σκηνής

Οι δύο σκηνές περιβάλλοντος, **Scene1** και **Scene2**, περιλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος των τμημάτων κώδικα, εφόσον είναι και αρκετά πιο περίπλοκες σκηνές από τις προηγούμενες. Το κυριότερο τμήμα κώδικα για αυτές τις σκηνές είναι το **FirstPersonController**, το οποίο ελέγχει το αντικείμενο χειρισμού και την κάμερα του χρήστη. Περιλαμβάνει πληθώρα μεταβλητών και συναρτήσεων, οι οποίες ελέγχουν τόσο τις εντολές του χρήστη όσο και τις αλληλεπιδράσεις με το περιβάλλον του. Πιο συγκεκριμένα, αρχικά έχουμε την συνάρτηση **Start**, η οποία καλείται στην αρχή της σκηνής για να ελέγξει την αρχικοποίηση των μεταβλητών. Έπειτα, έχουμε τις συναρτήσεις **Update** και **FixedUpdate**, οι οποίες καλούνται σε κάθε νέο καρέ και σε κάθε ορισμένο χρονικό καρέ, αντίστοιχα, για να ελέγξουν αν ο χρήστης πατάει το κουμπί άλματος και την επαναφορά στο έδαφος, αλλά και την κάμερα και τους ήχους του άλματος σε συνδυασμό με τις συναρτήσεις **PlayJumpSound** και **PlayLandingSound**. Επίσης υπάρχουν οι συναρτήσεις **ProgressStepCycle** και **PlayFootStepAudio**, οι οποίες ελέγχουν αν ο χρήστης κινείται και ενεργοποιούν τους ήχους βημάτων. Ακολουθεί η συνάρτηση **UpdateCameraPosition**, η οποία προσομοιώνει την κίνηση του κεφαλιού κατά την κίνηση. Οι σημαντικότερες συναρτήσεις είναι η **GetInput** μαζί με την **RotateView**, οι οποίες ελέγχουν τις εντολές του χρήστη και μετακινούν το σώμα και την κάμερα του αντικειμένου στον χώρο. Τέλος, έχουμε την συνάρτηση

OnControllerColliderHit, η οποία ελέγχει αν το σώμα του αντικειμένου συγκρούεται με άλλα αντικείμενα του περιβάλλοντος.

```
using System;
using UnityEngine;
using UnityEngine.StandardAssets.CrossPlatformInput;
using UnityEngine.StandardAssets.Utility;
using Random = UnityEngine.Random;

namespace UnityEngine.StandardAssets.Characters.FirstPerson
{
    [RequireComponent(typeof(CharacterController))]
    [RequireComponent(typeof(AudioSource))]
    public class FirstPersonController : MonoBehaviour
    {
        [SerializeField] private bool m_IsWalking = true;
        [SerializeField] private float m_WalkSpeed = 0f;
        [SerializeField] private float m_RunSpeed = 0f;
        [SerializeField] [Range(0f, 1f)] private float m_RunstepLenghten = 0f;
        [SerializeField] private float m_JumpSpeed = 0f;
        [SerializeField] private float m_StickToGroundForce = 0f;
        [SerializeField] private float m_GravityMultiplier = 0f;
        [SerializeField] private MouseLook m_MouseLook = new MouseLook();
        [SerializeField] private bool m_UseFovKick = true;
        [SerializeField] private FOVKick m_FovKick = new FOVKick();
        [SerializeField] private bool m_UseHeadBob = true;
        [SerializeField] private CurveControlledBob m_HeadBob = new
CurveControlledBob();
        [SerializeField] private LerpControlledBob m_JumpBob = new
LerpControlledBob();
        [SerializeField] private float m_StepInterval = 0f;
        [SerializeField] private AudioClip[] m_FootstepSounds = new AudioClip[0];
// an array of footstep sounds that will be randomly selected from.
        [SerializeField] private AudioClip m_JumpSound = null; // the
sound played when character leaves the ground.
        [SerializeField] private AudioClip m_LandSound = null; // the
sound played when character touches back on ground.

        private Camera m_Camera;
        private bool m_Jump = true;
        private float m_YRotation;
        private Vector2 m_Input = new Vector2();
        private Vector3 m_MoveDir = Vector3.zero;
        private CharacterController m_CharacterController = new
CharacterController();
        private CollisionFlags m_CollisionFlags = CollisionFlags.None;
        private bool m_PreviouslyGrounded = false;
        private Vector3 m_OriginalCameraPosition = Vector3.zero;
        private float m_StepCycle = 0f;
        private float m_NextStep = 0f;
        private bool m_Jumping = false;
        private AudioSource m_AudioSource = new AudioSource();
    }
}
```

Κώδικας 3. *FirstPersonController A*

```

// Use this for initialization
private void Start()
{
    m_CharacterController = GetComponent<CharacterController>();
    m_Camera = Camera.main;
    m_OriginalCameraPosition = m_Camera.transform.localPosition;
    m_FovKick.Setup(m_Camera);
    m_HeadBob.Setup(m_Camera, m_StepInterval);
    m_StepCycle = 0f;
    m_NextStep = m_StepCycle/2f;
    m_Jumping = false;
    m_AudioSource = GetComponent<AudioSource>();
    m_MouseLook.Init(transform , m_Camera.transform);
}

// Update is called once per frame
private void Update()
{
    RotateView();
    // the jump state needs to read here to make sure it is not missed
    if (!m_Jump)
    {
        m_Jump = CrossPlatformInputManager.GetButtonDown("Jump");
    }

    if (!m_PreviouslyGrounded && m_CharacterController.isGrounded)
    {
        StartCoroutine(m_JumpBob.DoBobCycle());
        PlayLandingSound();
        m_MoveDir.y = 0f;
        m_Jumping = false;
    }
    if (!m_CharacterController.isGrounded && !m_Jumping &&
m_PreviouslyGrounded)
    {
        m_MoveDir.y = 0f;
    }

    m_PreviouslyGrounded = m_CharacterController.isGrounded;
}

private void PlayLandingSound()
{
    m_AudioSource.clip = m_LandSound;
    m_AudioSource.Play();
    m_NextStep = m_StepCycle + .5f;
}

```

Κώδικας 4. FirstPersonController B

```

private void FixedUpdate()
{
    float speed;
    GetInput(out speed);
    // always move along the camera forward as it is the direction that
it being aimed at
    Vector3 desiredMove = transform.forward*m_Input.y +
transform.right*m_Input.x;

    // get a normal for the surface that is being touched to move along
it
    RaycastHit hitInfo;
    Physics.SphereCast(transform.position,
m_CharacterController.radius, Vector3.down, out hitInfo,
m_CharacterController.height/2f,
Physics.AllLayers, QueryTriggerInteraction.Ignore);
    desiredMove = Vector3.ProjectOnPlane(desiredMove,
hitInfo.normal).normalized;

    m_MoveDir.x = desiredMove.x*speed;
    m_MoveDir.z = desiredMove.z*speed;

    if (m_CharacterController.isGrounded)
    {
        m_MoveDir.y = -m_StickToGroundForce;

        if (m_Jump)
        {
            m_MoveDir.y = m_JumpSpeed;
            PlayJumpSound();
            m_Jump = false;
            m_Jumping = true;
        }
    }
    else
    {
        m_MoveDir +=
Physics.gravity*m_GravityMultiplier*Time.fixedDeltaTime;
    }
    m_CollisionFlags =
m_CharacterController.Move(m_MoveDir*Time.fixedDeltaTime);

    ProgressStepCycle(speed);
    UpdateCameraPosition(speed);

    m_MouseLook.UpdateCursorLock();
}

private void PlayJumpSound()
{
    m_AudioSource.clip = m_JumpSound;
    m_AudioSource.Play();
}

```

Κώδικας 5. FirstPersonController C

```

private void ProgressStepCycle(float speed)
{
    if (m_CharacterController.velocity.sqrMagnitude > 0 && (m_Input.x
!= 0 || m_Input.y != 0))
    {
        m_StepCycle += (m_CharacterController.velocity.magnitude +
(speed*(m_IsWalking ? 1f : m_RunstepLenghten)))*
Time.fixedDeltaTime;
    }

    if (!(m_StepCycle > m_NextStep))
    {
        return;
    }

    m_NextStep = m_StepCycle + m_StepInterval;

    PlayFootStepAudio();
}

private void PlayFootStepAudio()
{
    if (!m_CharacterController.isGrounded)
    {
        return;
    }
    // pick & play a random footstep sound from the array,
    // excluding sound at index 0
    int n = Random.Range(1, m_FootstepSounds.Length);
    m_AudioSource.clip = m_FootstepSounds[n];
    m_AudioSource.PlayOneShot(m_AudioSource.clip);
    // move picked sound to index 0 so it's not picked next time
    m_FootstepSounds[n] = m_FootstepSounds[0];
    m_FootstepSounds[0] = m_AudioSource.clip;
}

```

Κώδικας 6. FirstPersonController D

```

private void UpdateCameraPosition(float speed)
{
    Vector3 newCameraPosition;
    if (!m_UseHeadBob)
    {
        return;
    }
    if (m_CharacterController.velocity.magnitude > 0 &&
m_CharacterController.isGrounded)
    {
        m_Camera.transform.localPosition =
m_HeadBob.DoHeadBob(m_CharacterController.velocity.magnitude +
(speed*(m_IsWalking ? 1f :
m_RunstepLenghten)));
        newCameraPosition = m_Camera.transform.localPosition;
        newCameraPosition.y = m_Camera.transform.localPosition.y -
m_JumpBob.Offset();
    }
    else
    {
        newCameraPosition = m_Camera.transform.localPosition;
        newCameraPosition.y = m_OriginalCameraPosition.y -
m_JumpBob.Offset();
    }
    m_Camera.transform.localPosition = newCameraPosition;
}

private void GetInput(out float speed)
{
    // Read input
    float horizontal = CrossPlatformInputManager.GetAxis("Horizontal");
    float vertical = CrossPlatformInputManager.GetAxis("Vertical");

    bool waswalking = m_IsWalking;

#if !MOBILE_INPUT
    // On standalone builds, walk/run speed is modified by a key press.
    // keep track of whether or not the character is walking or running
    m_IsWalking = !Input.GetKey(KeyCode.LeftShift);
#endif

    // set the desired speed to be walking or running
    speed = m_IsWalking ? m_WalkSpeed : m_RunSpeed;
    m_Input = new Vector2(horizontal, vertical);

    // normalize input if it exceeds 1 in combined length:
    if (m_Input.sqrMagnitude > 1)
    {
        m_Input.Normalize();
    }
    // handle speed change to give an fov kick
    // only if the player is going to a run, is running and the fovkick
is to be used
    if (m_IsWalking != waswalking && m_UseFovKick &&
m_CharacterController.velocity.sqrMagnitude > 0)
    {
        StopAllCoroutines();
        StartCoroutine(!m_IsWalking ? m_FovKick.FOVKickUp() :
m_FovKick.FOVKickDown());
    }
}

```

```

private void RotateView()
{
    m_MouseLook.LookRotation (transform, m_Camera.transform);
}

private void OnControllerColliderHit(ColliderHit hit)
{
    Rigidbody body = hit.collider.attachedRigidbody;
    //dont move the rigidbody if the character is on top of it
    if (m_CollisionFlags == CollisionFlags.Below)
    {
        return;
    }

    if (body == null || body.isKinematic)
    {
        return;
    }
    body.AddForceAtPosition(m_CharacterController.velocity*0.1f,
hit.point, ForceMode.Impulse);
}
}
}

```

Κώδικας 8. FirstPersonController F

Τέλος, έχουμε τα τμήματα κώδικα, οι οποίοι σχετίζονται με την αναπαραγωγή και τον έλεγχο του βίντεο προβολής της παρουσίασης, το **MainCanvas** και το **VideoController**. Ο κώδικας **MainCanvas** περιλαμβάνει την συνάρτηση **OnGUI**, η οποία ελέγχει τις εντολές του χρήστη και τις μεταφέρει στον κώδικα του **VideoController**. Οι συναρτήσεις που περιλαμβάνονται σε αυτό το τμήμα κώδικα είναι η συνάρτηση **Start**, η οποία καλείται στην αρχή της σκηνής και φορτώνει το βίντεο που βρίσκεται στο τοπικό URL **UNITI Demo Project\UNITI Demo Project_Data\StreamingAssets** μέσα στον κεντρικό φάκελο της εφαρμογής και με όνομα **Presentation.mp4**, την συνάρτηση **Awake**, η οποία καλείται μόλις ενεργοποιηθεί ο συγκεκριμένος κώδικας και ξεκινάει την παρουσίαση, και τις συναρτήσεις **Startover**, **Backward** και **Forward**, οι οποίες επαναφέρουν την παρουσίαση στην αρχή και την γυρίζουν πίσω και μπροστά ορισμένα από την εφαρμογή δευτερόλεπτα, αντίστοιχα.

```

using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using UnityEngine.SceneManagement;

public class MainCanvas : MonoBehaviour
{
    public VideoController videoController;
    void OnGUI()
    {
        if
(Event.current.Equals(Event.KeyboardEvent(KeyCode.Escape.ToString())))
        {
            SceneManager.LoadScene("ChooseScene");
            //Application.Quit();
        }

        if (Event.current.Equals(Event.KeyboardEvent(KeyCode.F.ToString())))
        {
            videoController.PlayPause();
            //Application.Quit();
        }

        if (Event.current.Equals(Event.KeyboardEvent(KeyCode.Q.ToString())))
        {
            videoController.Backward(1);
            //Application.Quit();
        }

        if (Event.current.Equals(Event.KeyboardEvent(KeyCode.E.ToString())))
        {
            videoController.Forward(1);
            //Application.Quit();
        }

        if (Event.current.Equals(Event.KeyboardEvent(KeyCode.R.ToString())))
        {
            videoController.StartOver();
            //Application.Quit();
        }
    }
}

```

Κώδικας 9. MainCanvas


```

using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using UnityEngine.Video;

public class VideoController : MonoBehaviour
{
    private VideoPlayer videoPlayer;

    public Renderer screenRenderer;

    private float Speed = 3;

    void Start()
    {
        videoPlayer.source = VideoSource.Url;
        videoPlayer.url = Application.streamingAssetsPath + "/Presentation.mp4";
    }

    void Awake()
    {
        videoPlayer = GetComponent<VideoPlayer> ();
    }

    public void PlayPause()
    {
        if(videoPlayer.isPlaying)
        {
            videoPlayer.Pause();
        }
        else
        {
            videoPlayer.Play();
        }
    }

    public void StartOver()
    {
        videoPlayer.time = 0;
    }

    public void Backward(float deltaTime)
    {
        if (!videoPlayer.isPlaying) return;
        videoPlayer.time = videoPlayer.time - deltaTime * Speed;
    }

    public void Forward(float deltaTime)
    {
        if (!videoPlayer.isPlaying) return;
        videoPlayer.time = videoPlayer.time + deltaTime * Speed;
    }
}

```

Κώδικας 10. VideoController

3.5.3 Απαιτήσεις Συστήματος

Η εφαρμογή έχει δοκιμαστεί σε σταθερό υπολογιστή υψηλών δυνατοτήτων, αλλά και σε φορητό υπολογιστή χαμηλότερων δυνατοτήτων με επιτυχία. Ως ελάχιστες απαιτήσεις συστήματος ορίζονται οι εξής:

- **Λειτουργικό Σύστημα:** Windows 10 64bit OS.
- **Επεξεργαστής:** AMD Ryzen 3 3200U 2.60GHz ή αντίστοιχος.
- **Μνήμη RAM:** 16GB.
- **Κάρτα Γραφικών:** Κάρτα με συμβατότητα DirectX 9 ή νεότερη.
- **Ελεύθερος Αποθηκευτικός Χώρος:** 500MB.
- **Ανάλυση Οθόνης:** 1920 x 1080 pixels.

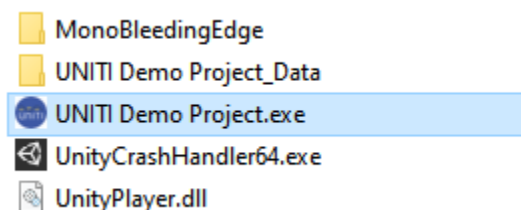
Κεφάλαιο 4: Η Εφαρμογή UNITY VR

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα αναλυθεί η λειτουργία της εφαρμογής UNITY VR την οποία δημιουργήσαμε με βάση τα δεδομένα του κεφαλαίου 3.

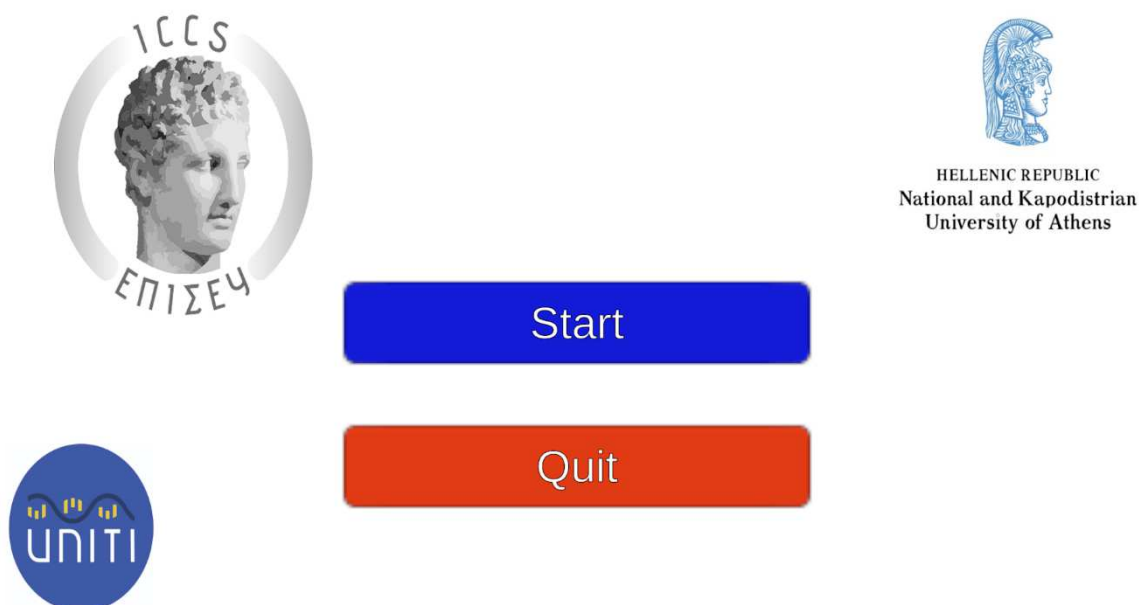
Αρχικά, η εφαρμογή ανοίγει μέσω του αρχείου **UNITY Demo Project.exe**, το οποίο βρίσκεται στον αρχικό κατάλογο της εφαρμογής (Εικόνα 32).

Με το ξεκίνημα της εφαρμογής, η πρώτη σκηνή που εμφανίζεται στον χρήστη είναι το αρχικό μενού (Εικόνα 33), μέσω του οποίου θα επιλέξει

το ξεκίνημα (**Start**) ή τον τερματισμό της (**Quit**). Το αρχικό μενού περιέχει, εκτός των κουμπιών πλοήγησης, τα λογότυπα του **Ερευνητικού Πανεπιστημιακού Ινστιτούτου Συστημάτων Επικοινωνιών και Υπολογιστών (ΕΠΙΣΕΥ – ICCS)**, του **Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου της Αθήνας (ΕΚΠΑ – ΝΚΥΑ)** και του ερευνητικού προγράμματος **UNITY (Unification of treatments and Interventions for Tinnitus patients)** στα πλαίσια του οποίου έχει βασιστεί η ανάπτυξη της εφαρμογής. Η πλοήγηση στα κουμπιά ελέγχου, τόσο στο κεντρικό μενού, όσο και στο μενού επιλογών σκηνής, μπορεί να γίνει είτε με το ποντίκι είτε με τα βελάκια του πληκτρολογίου.

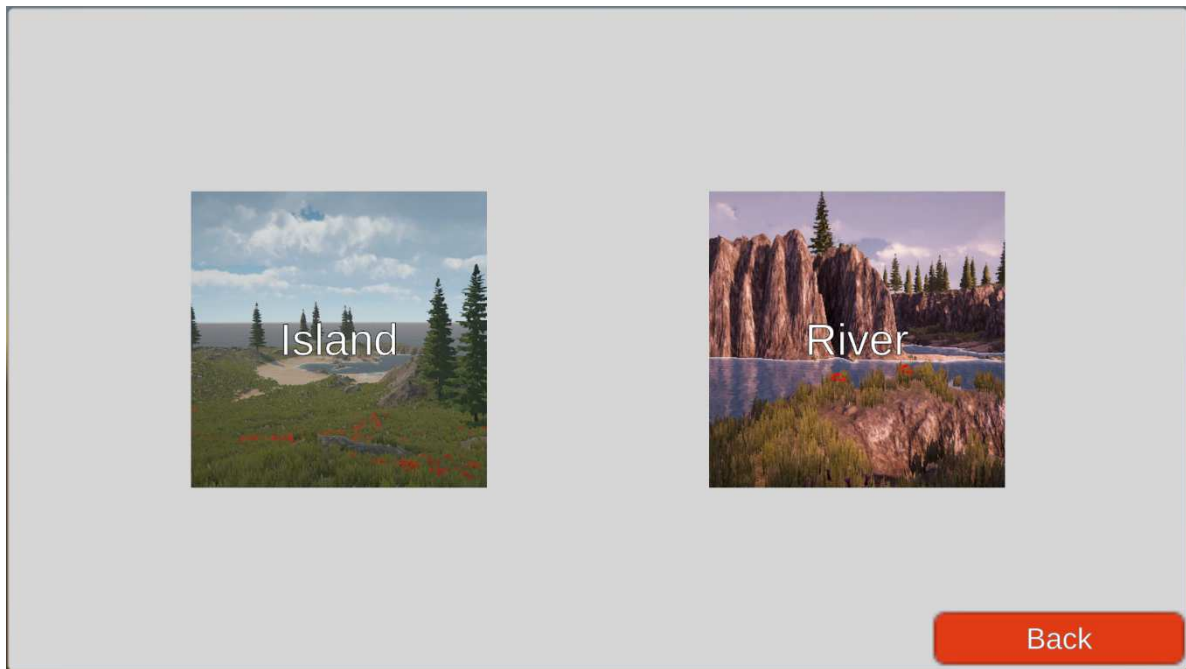


Εικόνα 32. Φάκελοι και αρχεία εφαρμογής



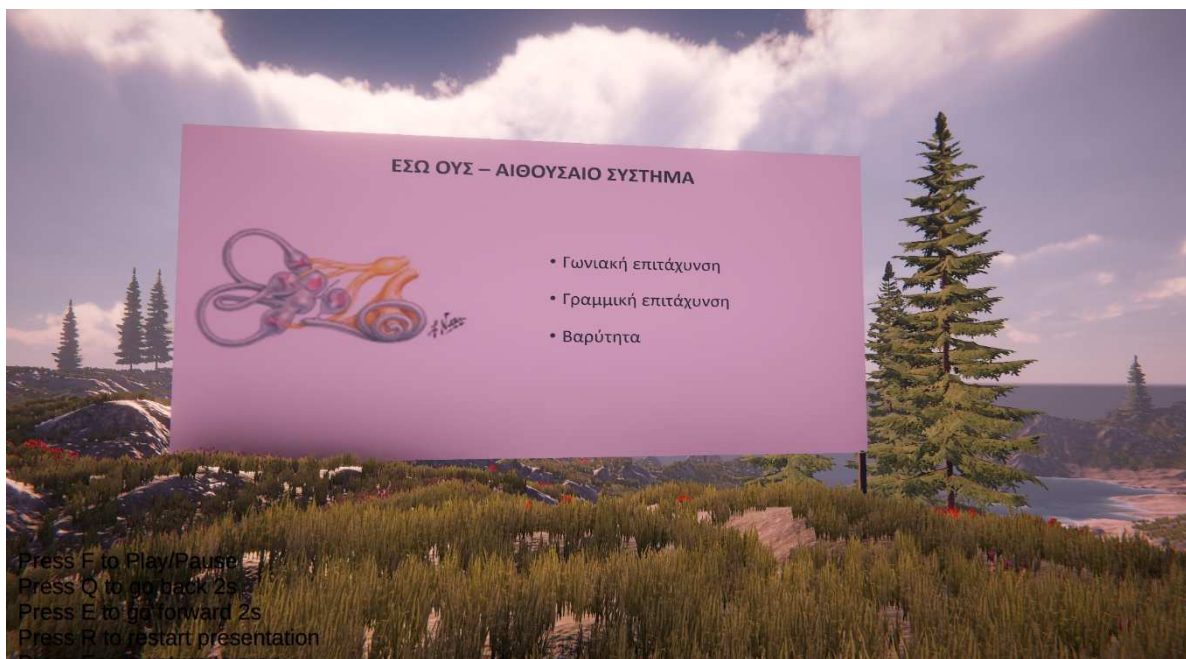
Εικόνα 33. Αρχικό μενού

Επιλέγοντας το κουμπί **Start** μεταβαίνουμε στην δεύτερη σκηνή της εφαρμογής, η οποία είναι το μενού επιλογής σκηνής περιβάλλοντος (Εικόνα 34). Σε αυτό το μενού συμπεριλαμβάνονται δύο κουμπιά που επιλέγουν τα δύο ξεχωριστά περιβάλλοντα, **Island** και **River**, της εφαρμογής και το κουμπί **Back**, με το οποίο ο χρήστης μπορεί να επιστρέψει στο κεντρικό μενού.



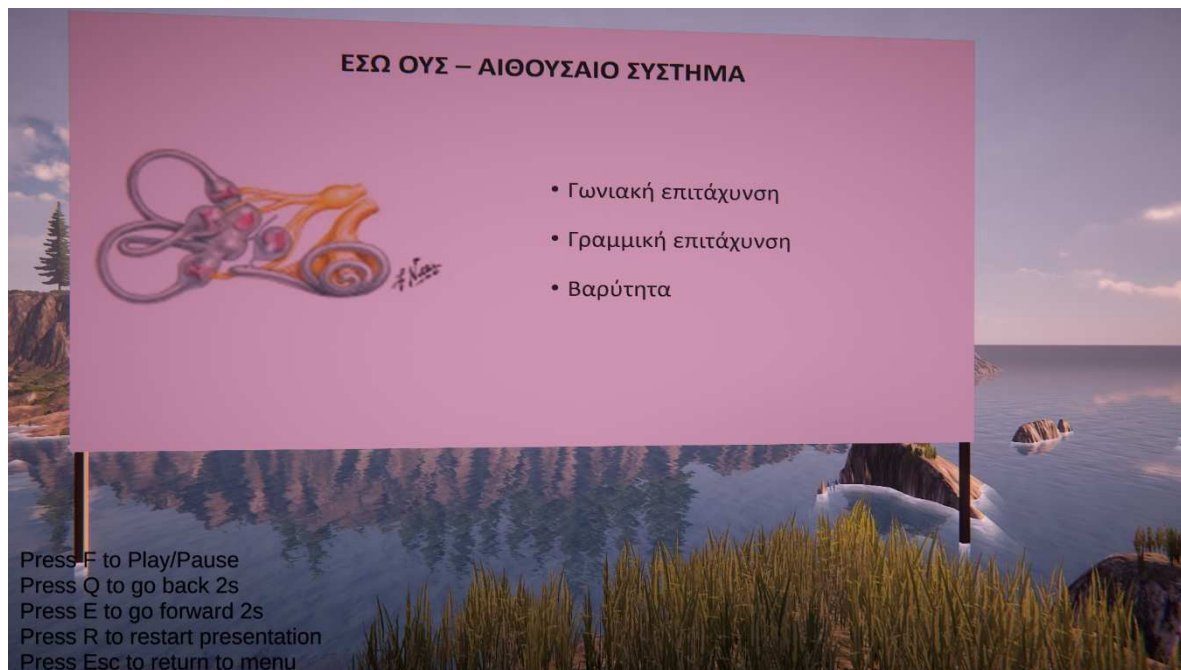
Εικόνα 34. Μενού επιλογής σκηνής

Με την επιλογή του κουμπιού **Island**, ο χρήστης ξεκινάει την σκηνή **Scene1**, η οποία περιέχει ένα περιβάλλον νησιού, με δέντρα, βράχους και θαλάσσιο περιβάλλον (Εικόνα 35).



Εικόνα 35. Scene1 - Island A

Αντίστοιχα, με την επιλογή του κουμπιού **River**, ο χρήστης ξεκινάει την σκηνή **Scene2**, η οποία περιέχει ένα περιβάλλον ποταμού, το οποίο περιλαμβάνει επίσης δένδρα, βράχους και, κεντρικά, ένα τμήμα ποταμού (Εικόνα 36). Και οι δύο σκηνές τοποθετούν τον χρήστη μπροστά από την γιγαντοοθόνη στην οποία γίνεται η προβολή της παρουσίασης.



Εικόνα 36. Scene2 - River A

Ο χρήστης μετά την έναρξη της σκηνής μπορεί να μετακινηθεί ελεύθερα στον περιβάλλοντα χώρο με την χρήση του πληκτρολογίου και του ποντικιού. Πιο συγκεκριμένα, το πλήκτρο **W** κινεί τον χρήστη εμπρός, το πλήκτρο **S** κινεί τον χρήστη πίσω, το πλήκτρο **A** κινεί τον χρήστη αριστερά και το πλήκτρο **D** κινεί τον χρήστη δεξιά, ενώ η κίνηση του ποντικιού αλλάζει την κατεύθυνση της κάμερας μέσω της οποίας βλέπει ο χρήστης τον χώρο. Επίσης δίνεται η δυνατότητα επιτάχυνσης της κίνησης του χρήστη, με το αριστερό πλήκτρο **Shift**, αλλά και η δυνατότητα άλματος μέσω του πλήκτρου **Space**. Επιπροσθέτως, στο κάτω μέρος της οθόνης εμφανίζονται τα πλήκτρα χειρισμού της προβολής της παρουσίασης, το **F** για έναρξη και παύση, το **Q** και το **E** για χρονική μεταβολή της προβολής κατά 2 δευτερόλεπτα εμπρός και πίσω, αντίστοιχα, και το **R** για επανεκκίνηση της προβολής. Τέλος, με το πλήκτρο **Esc** ο χρήστης μπορεί να επιστρέψει στο μενού επιλογής σκηνής, από το οποίο μπορεί να αλλάξει σκηνή, εφόσον το επιλέξει, ή να γυρίσει στο αρχικό μενού για τον τερματισμό της εφαρμογής. Κατά την αλληλεπίδραση του χρήστη με τον χώρο, ακούγονται, επίσης, ήχοι του περιβάλλοντος, όπως πουλιά και αέρας, αλλά και τα βήματα της κίνησής του, αλλά και ο ήχος του νερού, αν βυθιστεί σε αυτό. Οι αόρατοι τοίχοι που υπάρχουν στις άκρες των δύο σκηνών,

αποτρέπουν τον χρήστη από το να εξέλθει από τον διαθέσιμο χώρο. Ακολουθούν εικόνες από διάφορα σημεία των δύο σκηνών της εφαρμογής.



Εικόνα 37. Scene1 - Island B



Εικόνα 38. Scene1 - Island C



Εικόνα 39. Scene1 - Island D



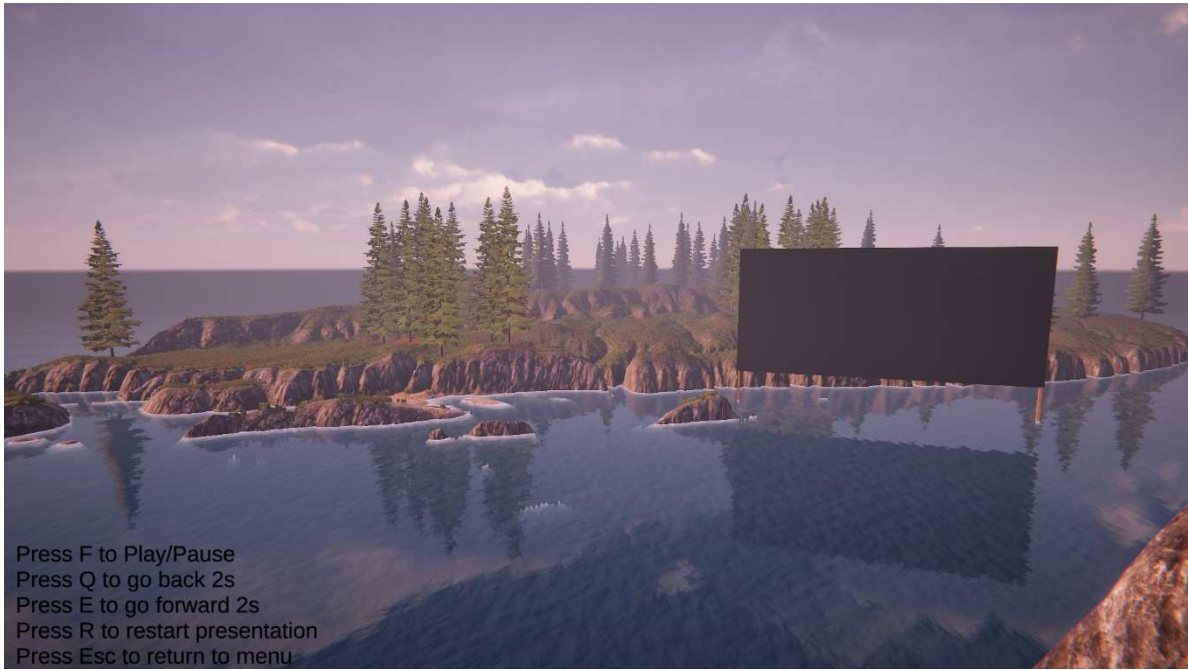
Εικόνα 40. Scene2 - River B



Εικόνα 41. Scene2 - River C



Εικόνα 42. Scene2 - River D



Εικόνα 43. Scene2 - River E



Εικόνα 44. Scene1 - Island E

Κεφάλαιο 5: Συμπεράσματα

5.1 Συμπεράσματα

Το αντικείμενο της παρούσας εργασίας ήταν η δημιουργία ενός φανταστικού περιβάλλοντος Εικονικής Πραγματικότητας για την προβολή παρουσιάσεων, σε ασθενείς της ΩΡΛ κλινικής, σχετικών με τις διαταραχές που βιώνουν. Η δημιουργία της εφαρμογής ήταν εφικτή έπειτα από μελέτη και επεξεργασία του τρόπου ανάπτυξης της πλατφόρμας Unity και των εργαλείων που παρέχει. Η υλοποίηση, τελικώς, των δύο ξεχωριστών σκηνών περιβάλλοντος έγινε ως παράδειγμα των δυνατοτήτων της πλατφόρμας στην δημιουργία διαφόρων σκηνών, για την επιλογή τους από τον ασθενή, αλλά και το υπεύθυνο ιατρό. Ανάλογα τις ανάγκες και τις προτιμήσεις των χρηστών, μπορούν να δημιουργηθούν ποικίλα ξεχωριστά περιβάλλοντα.

Στόχος της εφαρμογής είναι η ευχάριστη και ήρεμη διάθεση, που μπορούν να δημιουργήσουν τα επιλεγμένα περιβάλλοντα, ώστε ο ασθενής να νιώσει πιο ασφαλής. Επίσης, η δυνατότητα ελέγχου της παρουσίας που προβάλλεται, βοηθάει τον ασθενή να ενημερωθεί με το δικό του ρυθμό. Η δυνατότητα κίνησής του στο φανταστικό περιβάλλον μπορεί να ενισχύσει το ενδιαφέρον στην ενημέρωση σχετικά με τη διαταραχή του.

5.2 Εξέλιξη και Προτάσεις

Η εφαρμογή αναπτύχθηκε με χρήση κάμερας και χειρισμού πρώτου προσώπου, για την ευκολία της επίδειξης σε συμβατική οθόνη ηλεκτρονικού υπολογιστή. Το επόμενο στάδιο ανάπτυξης, συμπεριλαμβάνει την χρήση ελεγκτή χειρισμού και κάμερας Εικονικής Πραγματικότητας μέσω της πλατφόρμας Unity, για την λειτουργία της εφαρμογής μέσω γυαλιών Εικονικής Πραγματικότητας και την δοκιμή της από ιατρούς και ασθενείς. Η συγκεκριμένη δυνατότητα είναι και ένα από τα ζητούμενα της ερευνητικής πρότασης UNITI, στα πλαίσια της οποίας βασίστηκε το θέμα της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Αφού δοκιμαστεί η τελική εφαρμογή, πολύ σημαντική θα είναι η ανάπτυξη του συστήματος για την χρήση της στην Γνωσιακή Συμπεριφορική Θεραπεία (CBT).

Η χρήση της Εικονικής και Επαυξημένης Πραγματικότητας στο χώρο της υγείας έχει αρχίσει να μελετάται και να έχει σημαντικά αποτελέσματα σε διάφορους τομείς, όπως αναλύθηκε και στο δεύτερο κεφάλαιο. Στο μέλλον αναμένεται ραγδαία εξέλιξη της Εικονικής Πραγματικότητας, καθώς η πανδημία του COVID-19 έχει οδηγήσει σε ταχεία άνοδο του κλάδου. Μελέτες έχουν δείξει ότι οι χρήστες υιοθετούν την εικονική πραγματικότητα, εν

μέσω της πανδημίας, για διάφορους λόγους, γεγονός το οποίο με την σειρά του έχει ωθήσει εταιρείες του χώρου να επενδύσουν στην συγκεκριμένη τεχνολογία. [50]

5.3 Γνωσιακή Συμπεριφορική Θεραπεία (CBT)

Άμεσο επακόλουθο της επιτυχούς λειτουργίας μιας εφαρμογής Εικονικής Πραγματικότητας για απλή ενημέρωση, είναι η εξέλιξή της ώστε να χρησιμοποιηθεί σε γνωσιακή συμπεριφορική θεραπεία του ασθενούς. Η θεραπεία αυτή στοχεύει να βοηθήσει τον ασθενή να αποφύγει τις γνωστές συσχετίσεις μεταξύ των εμβοών και των αιθουσαίων διαταραχών με εξωτερικά ερεθίσματα και εστιάζει στη σχέση μεταξύ των διαταραχών και των σκέψεων ή συναισθημάτων που αναπτύσσονται. Έτσι ο ασθενής μαθαίνει να αντιμετωπίζει την εκάστοτε διαταραχή τόσο πρακτικά, όσο και μέσω της ψυχολογίας του και της αντίληψής του απέναντί της. [51]

Η χρήση της συγκεκριμένης εφαρμογής Εικονικής Πραγματικότητας σε αυτόν τον τομέα, θα μπορούσε να αναπτυχθεί περαιτέρω παρέχοντας πιο ενεργή αλληλεπίδραση με τον ασθενή. Για παράδειγμα, θα μπορούσε να παράγει ερωτήσεις και να δέχεται απαντήσεις, σε συνδυασμό με ηχητικές ενδείξεις και οπτικές προβολές, ώστε να αντιληφθεί πιο αποτελεσματικά ο ασθενής τους τύπους ερεθισμάτων που τον επηρεάζουν και τον τρόπο με τον οποίο αυτό συμβαίνει. Οι απαντήσεις και οι αντιδράσεις των ασθενών στις ερωτήσεις και στα ερεθίσματα μπορούν να παράγουν αρχεία αποτελεσμάτων τα οποία, εν συνεχεία, μπορούν να αξιοποιηθούν τόσο από τον ασθενή, όσο και από τον υπεύθυνο ιατρό, με στόχο την επιτυχή αντιμετώπιση της διαταραχής.

Κεφάλαιο 6: Βιβλιογραφία

- [1] Σ. Λ. Κουσουλάκος, ‘Ενότητα 3: Μικροσκοπική Ανατομία - Κεφάλαιο 7: Αισθητήρια’, in *Εισαγωγή στην αναπτυξιακή βιολογία και ιστολογία*, Αθήνα: Επιστημονικές Εκδόσεις ΠΑΡΙΣΙΑΝΟΥ Α.Ε., 2007.
- [2] A. J. Vander, J. H. Sherman, D. S. Luciano, N. Γελαδάς, and M. Τσακόπουλος, ‘Δεύτερο Τμήμα - Κεφάλαιο 9: Τα Συστήματα των Αισθήσεων’, in *Φυσιολογία του ανθρώπου: μηχανισμοί της λειτουργίας του οργανισμού*, Αθήνα: Εκδόσεις Π. Χ. Πασχαλίδης, 2001.
- [3] ‘Otorhinolaryngology’, *Wikipedia*. Nov. 22, 2021. Accessed: Dec. 09, 2021. [Online]. Available:
<https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Otorhinolaryngology&oldid=1056611300>
- [4] M. Önerci, *Diagnosis in otorhinolaryngology*. Berlin ; New York: Springer, 2009.
- [5] B. I. Han, H. W. Lee, T. Y. Kim, J. S. Lim, and K. S. Shin, ‘Tinnitus: Characteristics, Causes, Mechanisms, and Treatments’, *J Clin Neurol*, vol. 5, no. 1, Art. no. 1, Mar. 2009, doi: 10.3988/jcn.2009.5.1.11.
- [6] D. Hasson, T. Theorell, H. Westerlund, and B. Canlon, ‘Prevalence and characteristics of hearing problems in a working and non-working Swedish population’, *J Epidemiol Community Health*, vol. 64, no. 5, Art. no. 5, May 2010, doi: 10.1136/jech.2009.095430.
- [7] D. M. Nondahl *et al.*, ‘Generational Differences in the Reporting of Tinnitus’, *Ear Hear*, vol. 33, no. 5, Art. no. 5, Sep. 2012, doi: 10.1097/AUD.0b013e31825069e8.
- [8] S. Gallus *et al.*, ‘Prevalence and Determinants of Tinnitus in the Italian Adult Population’, *Neuroepidemiology*, vol. 45, no. 1, Art. no. 1, 2015, doi: 10.1159/000431376.
- [9] D. Tang, H. Li, and L. Chen, ‘Advances in Understanding, Diagnosis, and Treatment of Tinnitus’, *Adv Exp Med Biol*, vol. 1130, pp. 109–128, 2019, doi: 10.1007/978-981-13-6123-4_7.
- [10] D. Baguley, D. McFerran, and D. Hall, ‘Tinnitus’, *Lancet*, vol. 382, no. 9904, Art. no. 9904, Nov. 2013, doi: 10.1016/S0140-6736(13)60142-7.

- [11] R. L. Folmer, ‘Factors that contribute to the efficacy of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) for tinnitus treatment’, *Brain Stimul*, vol. 10, no. 6, Art. no. 6, Dec. 2017, doi: 10.1016/j.brs.2017.09.012.
- [12] P. B. Davis, ‘Music and the acoustic desensitization protocol for tinnitus’, *Tinnitus treatment: Clinical protocols*, 2006, Accessed: Dec. 21, 2021. [Online]. Available: https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=eo9ukTUA AAAJ&citation_for_view=eo9ukTUA AAAJ:9yKSN-GCB0IC
- [13] R. A. Dobie, ‘A review of randomized clinical trials in tinnitus’, *Laryngoscope*, vol. 109, no. 8, Art. no. 8, Aug. 1999, doi: 10.1097/00005537-199908000-00004.
- [14] J. T. Rubinstein, R. S. Tyler, A. Johnson, and C. J. Brown, ‘Electrical suppression of tinnitus with high-rate pulse trains’, *Otol Neurotol*, vol. 24, no. 3, Art. no. 3, May 2003, doi: 10.1097/00129492-200305000-00021.
- [15] J. L. Stouffer, R. S. Tyler, P. R. Kileny, and L. E. Dalzell, ‘Tinnitus as a function of duration and etiology: counselling implications’, *Am J Otol*, vol. 12, no. 3, Art. no. 3, May 1991.
- [16] M. Strupp, J. Długaiczny, B. B. Ertl-Wagner, D. Rujescu, M. Westhofen, and M. Dieterich, ‘Vestibular Disorders’, *Dtsch Arztebl Int*, vol. 117, no. 17, Art. no. 17, Apr. 2020, doi: 10.3238/arztebl.2020.0300.
- [17] C. E. Corrales and N. Bhattacharyya, ‘Dizziness and death: An imbalance in mortality’, *Laryngoscope*, vol. 126, no. 9, Art. no. 9, Sep. 2016, doi: 10.1002/lary.25902.
- [18] R. Hülse *et al.*, ‘Peripheral Vestibular Disorders: An Epidemiologic Survey in 70 Million Individuals’, *Otol Neurotol*, vol. 40, no. 1, Art. no. 1, Jan. 2019, doi: 10.1097/MAO.0000000000002013.
- [19] J. Pottle, ‘Virtual reality and the transformation of medical education’, *Future Healthc J*, vol. 6, no. 3, pp. 181–185, Oct. 2019, doi: 10.7861/fhj.2019-0036.
- [20] ‘Virtual reality’, *Wikipedia*. Jan. 04, 2022. Accessed: Jan. 05, 2022. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Virtual_reality&oldid=1063655192
- [21] ‘Oculus Quest 2’, *Wikipedia*. Dec. 29, 2021. Accessed: Jan. 05, 2022. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Oculus_Quest_2&oldid=1062576241

- [22] ‘HTC Vive’, *Wikipedia*. Jan. 01, 2022. Accessed: Jan. 05, 2022. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=HTC_Vive&oldid=1063074464
- [23] ‘HP Reverb G2 VR Headset’. <https://www.hp.com/us-en/vr/reverb-g2-vr-headset.html> (accessed Jan. 05, 2022).
- [24] ‘Valve Index’, *Wikipedia*. Nov. 27, 2021. Accessed: Jan. 05, 2022. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Valve_Index&oldid=1057351293
- [25] A. Dey, M. Billingham, R. W. Lindeman, and J. E. Swan, ‘A Systematic Review of 10 Years of Augmented Reality Usability Studies: 2005 to 2014’, *Front Robot AI*, vol. 5, p. 37, Apr. 2018, doi: 10.3389/frobt.2018.00037.
- [26] ‘Augmented reality’, *Wikipedia*. Jan. 04, 2022. Accessed: Jan. 05, 2022. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Augmented_reality&oldid=1063741206
- [27] D. Magee, Y. Zhu, R. Ratnalingam, P. Gardner, and D. Kessel, ‘An augmented reality simulator for ultrasound guided needle placement training’, *Med Biol Eng Comput*, vol. 45, no. 10, pp. 957–967, Oct. 2007, doi: 10.1007/s11517-007-0231-9.
- [28] M. Akçayır and G. Akçayır, ‘Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature’, *Educational Research Review*, vol. 20, pp. 1–11, Feb. 2017, doi: 10.1016/j.edurev.2016.11.002.
- [29] R. Tagaytayan, A. Kelemen, and C. Sik-Lanyi, ‘Augmented reality in neurosurgery’, *Arch Med Sci*, vol. 14, no. 3, pp. 572–578, Apr. 2018, doi: 10.5114/aoms.2016.58690.
- [30] ‘HoloLens 2—Overview, Features, and Specs | Microsoft HoloLens’. <https://www.microsoft.com/en-us/hololens/hardware> (accessed Jan. 07, 2022).
- [31] ‘HoloLens 2’, *Wikipedia*. Dec. 30, 2021. Accessed: Jan. 07, 2022. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=HoloLens_2&oldid=1062717961
- [32] ‘ImmersiveTouch® — Medical VR Solutions’, *ImmersiveTouch®*. <https://www.immersivetouch.com> (accessed Jan. 11, 2022).
- [33] ‘FundamentalVR: Working at the Intersection of Immersive Technology, haptics and machine learning.’, *Fundamental VR*. <https://www.fundamentalvr.com/> (accessed Jan. 12, 2022).

- [34] ‘Proprio - Vision for the future of medicine’. <https://www.propiovision.com/> (accessed Jan. 11, 2022).
- [35] ‘Virtual Reality for Surgery | Precision XR’, *Surgical Theater*. <https://surgicaltheater.com/> (accessed Jan. 12, 2022).
- [36] A. L. Faria, A. Andrade, L. Soares, and S. B. i Badia, ‘Benefits of virtual reality based cognitive rehabilitation through simulated activities of daily living: a randomized controlled trial with stroke patients’, *J Neuroeng Rehabil*, vol. 13, p. 96, Nov. 2016, doi: 10.1186/s12984-016-0204-z.
- [37] T. Paulino, A. L. Faria, and S. Bermúdez i Badia, ‘Reh@City v2.0: a comprehensive virtual reality cognitive training system based on personalized and adaptive simulations of activities of daily living’, Jun. 2019. doi: 10.1109/EXPAT.2019.8876539.
- [38] ‘VOXEL-MAN ENT’. <https://www.voxel-man.com/simulators/ent/> (accessed Jan. 12, 2022).
- [39] M. S. Sorensen, J. Mosegaard, and P. Trier, ‘The visible ear simulator: a public PC application for GPU-accelerated haptic 3D simulation of ear surgery based on the visible ear data’, *Otol Neurotol*, vol. 30, no. 4, pp. 484–487, Jun. 2009, doi: 10.1097/MAO.0b013e3181a5299b.
- [40] ‘The Visible Ear Simulator’. <https://ves.alexandra.dk/> (accessed Jan. 12, 2022).
- [41] J. Munafo, M. Diedrick, and T. A. Stoffregen, ‘The virtual reality head-mounted display Oculus Rift induces motion sickness and is sexist in its effects’, *Exp Brain Res*, vol. 235, no. 3, pp. 889–901, Mar. 2017, doi: 10.1007/s00221-016-4846-7.
- [42] G. D. Park, R. W. Allen, D. Fiorentino, T. J. Rosenthal, and M. L. Cook, ‘Simulator Sickness Scores According to Symptom Susceptibility, Age, and Gender for an Older Driver Assessment Study’, *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, vol. 50, no. 26, pp. 2702–2706, Oct. 2006, doi: 10.1177/154193120605002607.
- [43] J. O. Bailey and J. N. Bailenson, ‘Chapter 9 - Immersive Virtual Reality and the Developing Child’, in *Cognitive Development in Digital Contexts*, F. C. Blumberg and P. J. Brooks, Eds. San Diego: Academic Press, 2017, pp. 181–200. doi: 10.1016/B978-0-12-809481-5.00009-2.

- [44] J. L. Kröger, O. H.-M. Lutz, and F. Müller, ‘What Does Your Gaze Reveal About You? On the Privacy Implications of Eye Tracking’, in *Privacy and Identity Management. Data for Better Living: AI and Privacy: 14th IFIP WG 9.2, 9.6/11.7, 11.6/SIG 9.2.2 International Summer School, Windisch, Switzerland, August 19–23, 2019, Revised Selected Papers*, M. Friedewald, M. Önen, E. Lievens, S. Krenn, and S. Fricker, Eds. Cham: Springer International Publishing, 2020, pp. 226–241. doi: 10.1007/978-3-030-42504-3_15.
- [45] F. Roesner, T. Denning, B. Newell, T. Kohno, and R. Calo, ‘Augmented Reality: Hard Problems of Law and Policy’, Sep. 2014, pp. 1283–1288. doi: 10.1145/2638728.2641709.
- [46] ‘Unity (game engine)’, *Wikipedia*. Dec. 19, 2021. Accessed: Jan. 23, 2022. [Online]. Available:
[https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Unity_\(game_engine\)&oldid=1061097760](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Unity_(game_engine)&oldid=1061097760)
- [47] U. Technologies, ‘Unity Real-Time Development Platform | 3D, 2D VR & AR Engine’. <https://unity.com/> (accessed Jan. 23, 2022).
- [48] ‘C Sharp (programming language)’, *Wikipedia*. Jan. 15, 2022. Accessed: Jan. 23, 2022. [Online]. Available:
[https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=C_Sharp_\(programming_language\)&oldid=1065804128](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=C_Sharp_(programming_language)&oldid=1065804128)
- [49] ‘Microsoft Visual Studio’, *Wikipedia*. Jan. 17, 2022. Accessed: Jan. 23, 2022. [Online]. Available:
https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Microsoft_Visual_Studio&oldid=1066273561
- [50] C. Ball, K.-T. Huang, and J. Francis, ‘Virtual reality adoption during the COVID-19 pandemic: A uses and gratifications perspective’, *Telematics and Informatics*, vol. 65, p. 101728, Dec. 2021, doi: 10.1016/j.tele.2021.101728.
- [51] T. Fuller *et al.*, ‘Cognitive behavioural therapy for tinnitus’, *Cochrane Database Syst Rev*, vol. 2017, no. 4, p. CD012614, Apr. 2017, doi: 10.1002/14651858.CD012614.