

Ατομική Διπλωματική Εργασία

**Εικονική Πραγματικότητα για Φυσικοθεραπεία Λεμφοιδήματος
Καρκίνου του Μαστού.**

Κωνσταντίνος Νικολάου

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ



ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Μάιος 2020

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Εικονική Πραγματικότητα για Φυσικοθεραπεία Λεμφοιδήματος Καρκίνου του Μαστού.

Κωνσταντίνος Νικολάου

Επιβλέπων Καθηγητής
Καθηγητής Κωνσταντίνος Σ. Παττίχης

Η Ατομική Διπλωματική Εργασία υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων απόκτησης του πτυχίου Πληροφορικής του Τμήματος Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Κύπρου

Μάιος 2020

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέπων καθηγητή μου Κωνσταντίνο Σ. Παττίχη που μου έδωσε την ευκαιρία να ασχοληθώ με αυτό το θέμα και για την άψογη μας συνεργασία.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την καθηγήτρια Άννα Φιλίππου που με συμβούλεψε για τις επιλογές μαθημάτων όταν της το ζητούσα, και έτσι τήρησα ένα καλό ακαδημαϊκό χρονοδιάγραμμα.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την Δρ. Μαρία Ματσαγγίδου που σε κάθε βήμα ήταν πάντα στην διάθεση μου για να με βοηθήσει έμπρακτα, και για την άψογη μας συνεργασία.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την συμφοιτήτρια μου κ. Γεωργία Αναστάση για την συνεχή επικοινωνία και άψογη συνεργασία μας.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την Οικογένειά μου και τους Φίλους μου.

Περίληψη

Ο καρκίνος του μαστού αποτελεί ένα από τα σοβαρότερα προβλήματα υγείας της σημερινής κοινωνίας και αφορά ομάδα νοσημάτων που προκαλούν αλλαγές στη φυσιολογική λειτουργία του σώματος. Μία από τις σημαντικότερες παρενέργειες του καρκίνου του μαστού είναι το λεμφοίδημα το οποίο δημιουργείται όταν οι λεμφαδένες υποστούν βλάβη.

Η ίαση του λεμφοιδήματος στηρίζεται στην συστηματική και συγκεκριμένη φυσικοθεραπεία. Αν και η φυσικοθεραπεία θεωρείται απαραίτητη για την πρόληψη και την θεραπεία του λεμφοιδήματος, παρόλα αυτά οι ασθενείς με καρκίνο του μαστού πολλές φορές δεν συμμετέχουν στις προγραμματισμένες συνεδρίες φυσικοθεραπείας λόγω της εξάντλησης και του πόνου που αισθάνεται το άκρο. Η γενικότερη βιβλιογραφία εξετάζει την ενσωμάτωση τεχνολογιών για την παροχή καλύτερης άσκησης και φυσικοθεραπείας σε ασθενείς που αντιμετωπίζουν κάποια μορφή κινητικών δυσκολιών. Μία τέτοια μορφή τεχνολογίας είναι η εικονική πραγματικότητα.

Η παρούσα διπλωματική εργασία φιλοδοξεί στην ανάπτυξη μιας εφαρμογής εικονικής πραγματικότητας για φυσικοθεραπεία η οποία θα στηρίζεται στην προσομοίωση παραδοσιακών ασκήσεων για την αποκατάσταση και αποφυγή του λεμφοιδήματος.

Ο σκοπός της μελέτης είναι να παρουσιάσει τις ασκήσεις της φυσικοθεραπείας μέσα από παιχνίδι, σε ένα ευχάριστο περιβάλλον.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1	Εισαγωγή.....	1
	1.1 Γενική Εισαγωγή.....	1
	1.2 Διατύπωση Προβλήματος.....	3
	1.3 Στόχος Διπλωματικής Εργασίας.....	4
	1.4.Συνεισφορά στην βιβλιογραφία.....	4
	1.5 Δομή Διπλωματικής Εργασίας.....	5
Κεφάλαιο 2	Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας.....	7
	2.1 Καρκίνος του μαστού και λεμφοίδημα.....	7
	2.1.1 Ασκήσεις για το λεμφοίδημα.....	10
	2.2 Εικονική πραγματικότητα.....	11
	2.3 Εικονική πραγματικότητα στο Σύστημα Υγείας.....	15
	2.3.1 Εικονική πραγματικότητα και κινητική αποκατάσταση.....	17
	2.3.2 Εικονική πραγματικότητα και καρκίνος.....	18
Κεφάλαιο 3	Εξοπλισμός, Εικονικά περιβάλλοντα, όργανα και ανάπτυξη συστήματος.....	21
	3.1 Σύστημα εικονικής πραγματικότητας.....	20
	3.2 Πρωτόκολλο Ασκήσεων.....	21
	3.3 Εικονικά περιβάλλοντα.....	23
	3.4 Συσκευές συστήματος.....	27
Κεφάλαιο 4	Συζήτηση.....	31
	4.1 Συμπεράσματα.....	31
	4.2 Μελλοντική Εργασία.....	32
	Βι β λ ι ο γ ρ α φ ί α	33

Κεφάλαιο 1

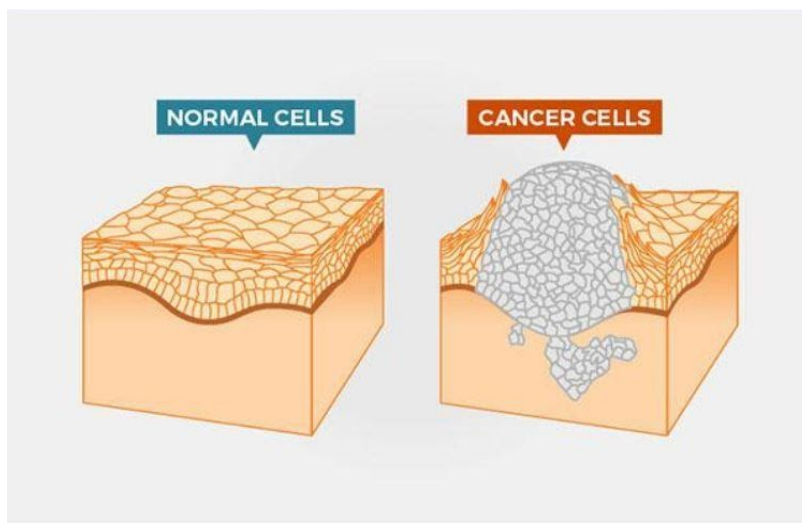
Εισαγωγή

1.1 Γενική Εισαγωγή	1
1.2 Διατύπωση Προβλήματος	3
1.3 Στόχος Διπλωματικής Εργασίας	4
1.4 Συνεισφορά στην βιβλιογραφία	4
1.5 Δομή Διπλωματικής Εργασίας	5

1.1 Γενική Εισαγωγή

Ο Καρκίνος είναι το όνομα που δόθηκε σε ένα σύνολο από σχετιζόμενες ασθένειες [2] και αφορά τον ανεξέλεγκτο πολλαπλασιασμό των κυττάρων [1]. Καρκίνος μπορεί να εμφανιστεί σχεδόν σε οποιοδήποτε σημείο του σώματος. Σε ένα υγιές σώμα τα κύτταρα αναπλάθονται, γερνούν και πεθαίνουν. Σε ένα σώμα που νοσεί από καρκίνο όμως αποτυγχάνουν διάφορες γενετικές “δικλείδες ασφαλείας” και κύτταρα οποία δεν έπρεπε να συνεχίζουν να υπάρχουν, συνεχίζουν και πολλαπλασιάζονται με μη φυσιολογικούς ρυθμούς (βλέπε Σχήμα 1.1).

Πολλά είδη καρκίνου σχηματίζουν στερεούς όγκους, που είναι μάζα ιστού [2]. Συνήθως καρκίνοι του αίματος δεν σχηματίζουν στερεούς όγκους. Καρκινικοί όγκοι μπορεί να είναι κακοήθης δηλαδή να επεκτείνονται σε γειτονικούς ιστούς ή καλοήθης. Οι καλοήθεις όγκοι στο σώμα δεν απειλούν την ζωή άμεσα εφόσον δεν βρίσκονται στον εγκέφαλο.



Σχήμα 1.1: Αριστερά απεικονίζεται μια μάζα υγιών κυττάρων. Δεξιά απεικονίζεται μια αναπτυσσόμενη καρκινική μάζα κυττάρων [2].

Το Υπουργείο Υγείας της Κυπριακής Δημοκρατίας αναφέρει ότι στην Κύπρο για την περίοδο 1998-2015 τα κρούσματα του καρκίνου είχαν ανοδική πορεία καταγράφοντας συνολικό αριθμό κρουσμάτων 47.308 [3].

Ο καρκίνος του μαστού είναι καρκίνος που σχηματίζεται στα κύτταρα του μαστού και είναι ο συχνότερος όγκος στις γυναίκες, αν και πολύ πιο σπάνια και οι άντρες μπορούν να αναπτύξουν καρκίνο του μαστού [7] . Περισσότερα για τον καρκίνο του μαστού βρίσκονται στο κεφάλαιο 2.1.

Στατιστικά από το Υπουργείο Υγείας [3] για τον καρκίνο του μαστού δείχνουν πως ο καρκίνος του μαστού αποτελεί την συχνότερη αιτία θανάτου (20%), ακολουθείται από καρκίνου του ορθοκολικού (10%), καρκίνο που εκδηλώνεται σε αναπνευστικές οδούς (9%), καρκίνο στις ωοθήκες (6%), το πάγκρεας (6%), και του αίματος (λευχαιμία) (6%) και άλλα νεοπλάσματα (43%) [3].

Το λεμφοίδημα είναι μια παθολογική κατάσταση του λεμφικού συστήματος όπου υπάρχει συσσώρευση πρωτεϊνούχου υγρού και μετέπειτα φλεγμονή [4]. Σε μια μελέτη [5], σε 10ετή παρακολούθηση μετά από χειρουργική επέμβαση για καρκίνο του μαστού παρουσιάστηκε

λεμφοίδημα στο 41.1% των ατόμων. Περισσότερα για το λεμφοίδημα και για την σχέση του με τον καρκίνο του μαστού βρίσκονται στο κεφάλαιο 2.1.

Για την αντιμετώπιση του λεμφοιδήματος εκτός από άλλα γίνεται προσπάθεια για κινητοποίηση του λεμφικού υγρού μέσω ασκήσεων φυσικοθεραπείας. Η τεχνολογία της εικονικής πραγματικότητας ενδέχεται να βοηθήσει την φυσικοθεραπεία των πασχόντων από λεμφοίδημα.

1.2 Διατύπωση Προβλήματος

Ο καρκίνος του μαστού είναι ένα πρόβλημα το οποίο δεν είναι σπάνιο στην κοινωνία [3]. Οι θεραπείες στις οποίες εμπλέκονται οι γυναίκες με καρκίνο του μαστού (χειρουργική αφαίρεση όγκου, Μαστεκτομή, ακτινοθεραπεία και χημειοθεραπεία [7]) έχουν συχνά ως συνέπεια το λεμφοίδημα [8].

Το λεμφοίδημα είναι μια χρόνια και εξουθενωτική πάθηση [4]. Η βλάβη σε γειτνιάζων λεμφαδένες στην περιοχή της καρκινικής εστίας αποτρέπει την φυσιολογική κίνηση του λεμφικού υγρού από την περιοχή και το άκρο που πάσχει από λεμφοίδημα είναι πρησμένο και βαρετό.

Η φυσικοθεραπεία εμπίπτει στους τρόπους πρόληψης του καθώς και στην αντιμετώπιση των συμπτωμάτων του. Σε γυναίκες που έχουν ήδη λεμφοίδημα η φυσικοθεραπεία θα δράσει ως αναλγητικό των συμπτωμάτων και δεν μπορεί να θεραπεύσει την αιτία, δηλαδή την λεμφική δυσλειτουργία που προκαλεί τα συμπτώματα [4]. Αυτό σημαίνει ότι το πιο πιθανό για να έχουν καλά αποτελέσματα αντιμετώπισης του λεμφοιδήματος οι γυναίκες θα πρέπει να ασκούνται επ' αόριστον στην ζωή τους.

Λόγω του προαναφερθέν συμπτώματος του πρηξίματος αυτό ίσως προκαλεί αμηχανία σε κάποιες γυναίκες από άποψη αισθητικής και να την εμποδίσει στο να συμμετάσχει σε μια ομαδική θεραπεία. Επίσης ο πόνος κατά την άσκηση του άκρου είναι ένας κύριος παράγοντας που αποτρέπει τον ασθενή στην σωστή και συστηματική εκτέλεση της άσκησης.

Το πρόβλημα που υπάρχει είναι η έλλειψη ενός προσιτού τρόπου φυσικοθεραπείας που θα παραμείνει τους ασθενείς λόγω της φύσης του τρόπου, στην εκπλήρωση της άσκησης μειώνοντας την ταλαιπωρία και τα βάσανα του ασθενή.

1.2 Στόχος Διπλωματικής εργασίας

Ο στόχος της μελέτης είναι η δημιουργία μιας κινητής εφαρμογής εικονικής πραγματικότητας για άτομα που πάσχουν από λεμφοίδημα λόγω καρκίνου του μαστού. Η συγκεκριμένη εφαρμογή πρέπει να είναι χαμηλού κόστους για να μην αποτελεί η τιμή εμπόδιο πρόσβασης στην τεχνολογία από τους ασθενείς που πιθανόν να είναι ήδη οικονομικά επιβαρυνμένοι.

Η διατριβή αυτή φιλοδοξεί να δημιουργήσει ένα σύστημα εικονικής πραγματικότητας το οποίο θα βελτιώσει την απόδοση των ασθενών κατά την εκγύμναση του πληγμένου άκρου για πρόληψη και θεραπεία του λεμφοιδήματος.

Στόχος είναι η δημιουργία Εικονικών Περιβαλλόντων που θα προσφέρουν θετική εμπειρία κατά την διάρκεια της άσκησης εκτελώντας την άσκηση σαν παιχνίδι και αυτό να βοηθήσει τους ασθενείς στο να μην αποφεύγουν την άσκηση.

Επίσης στόχος είναι η εφαρμογή να είναι αυτόνομη στην συσκευή επιτρέποντας στον ασθενή να εκτελεί καθημερινά την άσκηση σε ένα ήρεμο και φυσικό εικονικό περιβάλλον ενώ βρίσκεται στο προσωπικό του χώρο (π.χ. Σπίτι).

Μετάπειτα στόχος είναι η ανατροφοδότηση από τους ασθενείς για προσαρμογή της εφαρμογής που αναπτύσσεται στην παρούσα εργασία.

1.4 Συνεισφορά στην Βιβλιογραφία

Η συνεισφορά στην βιβλιογραφία βρίσκεται στην αξιολόγηση των αποτελεσμάτων βάση των συγκεκριμένων χαρακτηριστικών της υπό ανάπτυξη μεθόδου φυσικοθεραπείας.

Θα αξιολογήσει μια μέθοδο εικονικής πραγματικότητας η οποία είναι χαμηλού κόστους και άρα εύκολα προσβάσιμη και η οποία μπορεί να προγραμματιστεί σε δωρεάν λογισμικό το οποίο είναι υψηλής ποιότητας.

Θα παρουσιάσει αποτελέσματα του κατά πόσο μια τέτοια εφαρμογή αποδίδει καλύτερα αποτελέσματα λόγω του ότι είναι σαν παιχνίδι η άσκηση σε σχέση με τον παραδοσιακό τρόπο φυσικής αποκατάστασης.

Στην βιβλιογραφία αν και υπάρχουν αρκετές μελέτες για την χρήση εικονικής πραγματικότητας για σκοπούς φυσικής αποκατάστασης, δεν υπάρχουν αρκετές μελέτες που συγκεκριμένα εξετάζουν μια τέτοια μέθοδο σε φυσικοθεραπείας λεμφοιδήματος καρκίνου του μαστού.

1.5 Δομή Διπλωματικής Εργασίας

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

Το κεφάλαιο αυτό, εισάγει τον αναγνώστη στα βασικά στοιχεία της μελέτης και απαντά τα ακόλουθα ερωτήματα: Τι είναι ο καρκίνος; , Τι είναι ο καρκίνος του μαστού; , Τι είναι το λεμφοίδημα; Παρουσιάζει επίσης στατιστικά στοιχεία σχετικά με τον καρκίνο και αναφέρετε στον συσχετισμό της εικονικής πραγματικότητας με τον καρκίνο. Επιγραμματικά αναπτύσσεται ο στόχος της Διπλωματικής εργασίας.

Κεφάλαιο 2: Ανασκόπηση βιβλιογραφίας

Το κεφάλαιο αυτό παρουσιάζει στον αναγνώστη μια ανασκόπηση της βιβλιογραφίας των θεμάτων που σχετίζονται με το στόχο αυτής της διπλωματικής εργασίας. Παραθέτονται πληροφορίες που αφορούν τον καρκίνο του μαστού και το λεμφοίδημα, την άσκηση για την αντιμετώπιση του, την εικονική πραγματικότητα και πως αυτή χρησιμοποιείται στο σύστημα υγείας και στην κινητική αποκατάσταση.

Κεφάλαιο 3: Εξοπλισμός, Εικονικά περιβάλλοντα και όργανα

Το κεφάλαιο αυτό παρουσιάζει στον αναγνώστη το σύστημα εικονικής πραγματικότητας που αυτή η διπλωματική εργασία φιλοδοξεί να αναπτύξει, τις ασκήσεις φυσικοθεραπείας τις οποίες έγινε προσπάθεια να μεταφερθούν σε εικονικά περιβάλλοντα και επίσης παρουσιάζονται και εξηγούνται τα εικονικά περιβάλλοντα και οι συσκευές συστήματος.

Κεφάλαιο 4: Συζήτηση

Το κεφάλαιο αυτό εξηγεί επιγραμματικά τα αναμενόμενα αποτελέσματα βάση της μελέτης που έγινε στην βιβλιογραφία και της ανάπτυξης της συγκεκριμένης κινητής εφαρμογής εικονικής πραγματικότητας. Επίσης γίνεται αναφορά του πώς μια μελλοντική εργασία για επέκταση του έργου μπορεί να γίνει και τι χρειάζεται επιπλέον.

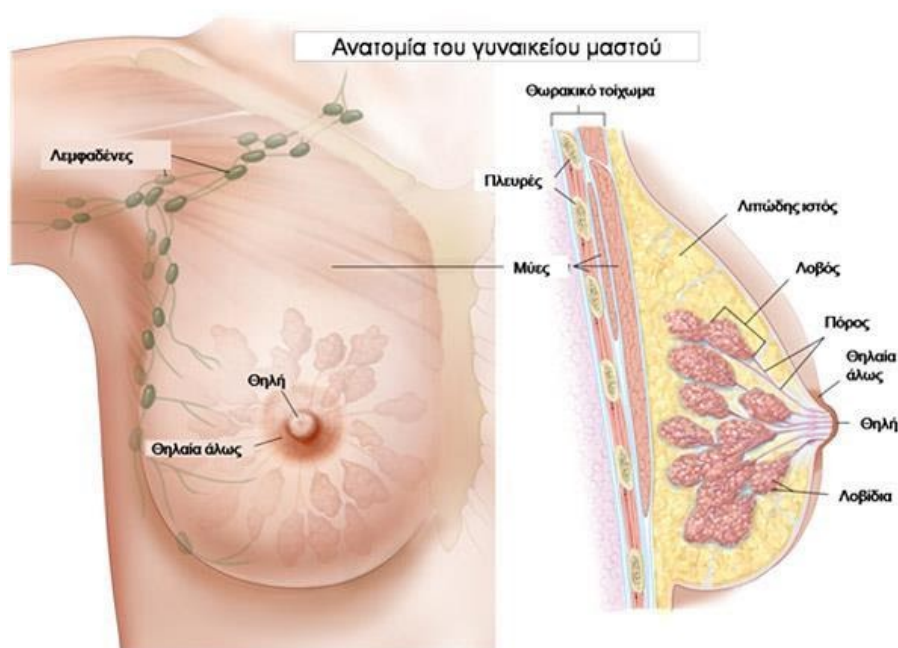
Κεφάλαιο 2

Ανασκόπηση βιβλιογραφίας

2.1 Καρκίνος του μαστού και λεμφοίδημα	7
2.1.1 Ασκήσεις για το λεμφοίδημα	10
2.2 Εικονική πραγματικότητα	11
2.3 Εικονική πραγματικότητα στο Σύστημα Υγείας	15
2.3.1 Εικονική πραγματικότητα και κινητική αποκατάσταση	17
2.3.2 Εικονική πραγματικότητα και καρκίνος	18

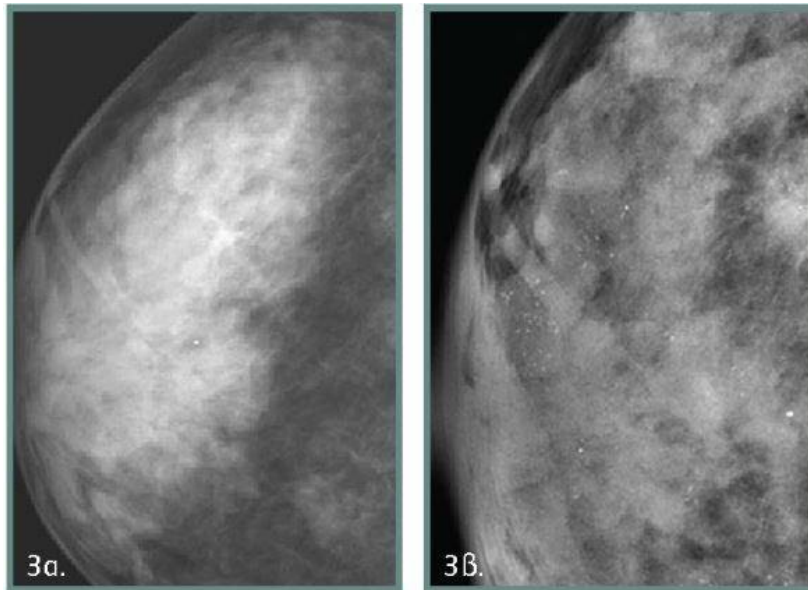
2.1 Καρκίνος του μαστού και λεμφοίδημα

Ο καρκίνος του μαστού ξεκινά είτε από τα κύτταρα των γαλακτοφόρων πόρων (πορογενές καρκίνωμα) είτε από τα κύτταρα των λοβίων [7] (λοβιακό καρκίνωμα) (Βλέπε Σχήμα 2.1).



Σχήμα 2.1: Διάγραμμα ανατομίας γυναικείου μαστού [7].

Λόγω μεταλλάξεων μέσα στα γονίδια αυτών των κυττάρων τα κύτταρα πολλαπλασιάζονται με γρηγορότερο ρυθμό και στην αρχή μπορεί να εμφανιστούν προ-καρκινικές αλλοιώσεις. (πορογενής ή λοβιακός μη διηθητικός καρκίνος μαστού) οι οποίες μπορεί να παρουσιάζονται στην μαστογραφία ως αποτιτανώσεις [9] (βλέπε Σχήμα 2.2).



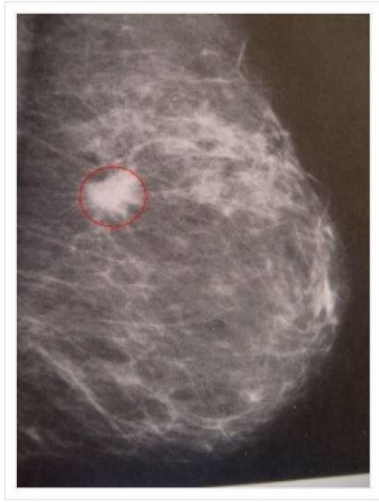
Σχήμα 2.2: Διάχυτες, άμορφες προ-καρκινικές αλλοιώσεις σε μαστογραφία [9].

Στο Σχήμα 2.2 φαίνονται μικροαποτιτανώσεις διάχυτες χωρίς κάποια μορφή , χωρίς να φαίνεται ένας όγκος σε κάποιο σημείο.

Με την πάροδο του χρόνου όμως αυτές μπορούν να μετατραπούν σε καρκίνο, αποκτώντας την δυνατότητα να δημιουργούν νέα αγγεία τα οποία τρέφουν τον όγκο (Σχήμα 2.3).

Στο Σχήμα 2.3 παρουσιάζεται μια μαστογραφία καρκίνου. Μέσα στον κόκκινο κύκλο παρατηρείται ένα ανώμαλο περίγραμμα που θυμίζει ακτινωτό άστρο, αυτό είναι πορογενής διηθητικός καρκίνος.

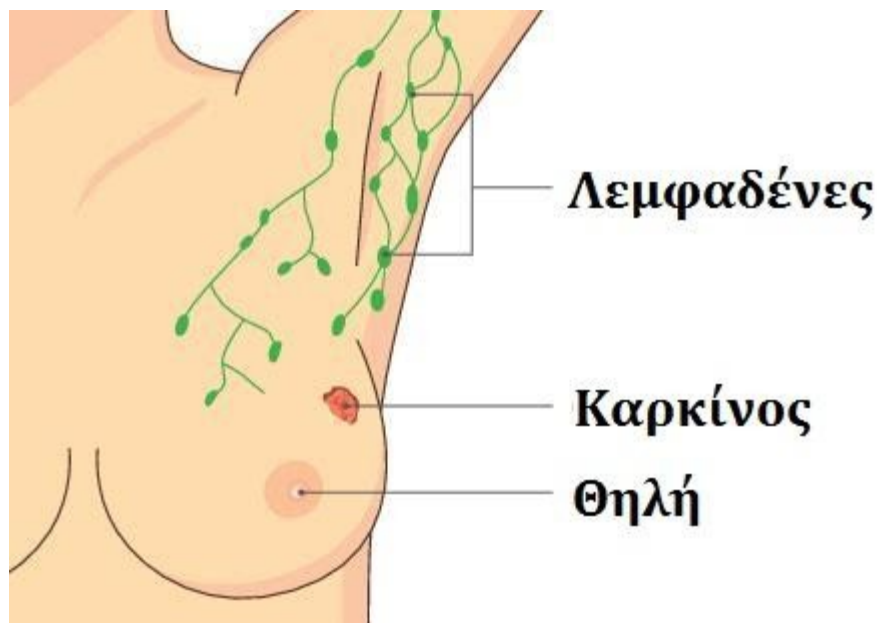
Στην αρχή ο καρκίνος του μαστού δεν παρουσιάζει συμπτώματα. Αργότερα μπορεί να εμφανιστεί ψηλαφητό μώλωμα και αλλαγή χρώματος του δέρματος. Αν μετά από προληπτικό έλεγχο με αυτοψηλάφηση, μαστογραφία, υπερηχογράφημα ή κλινική ψηλάφηση από ιατρό εντοπιστεί ένας ύποπτος όγκος τότε η διάγνωση γίνεται με λήψη υλικού από τον όγκο για μικροσκοπική εξέταση [7].



Σχήμα 2.3: Μαστογραφία πορογενή διηθητικού καρκίνου [33].

Η χειρουργική αφαίρεση, η ακτινοθεραπεία και η χημειοθεραπεία καθώς και ένας συνδυασμός αυτών εμπίπτουν στην διαδικασία της θεραπείας καρκίνου του μαστού. Συχνά αφαιρούνται λεμφαδένες λόγω μιας χειρουργικής επέμβασης που έχει σκοπό την αφαίρεση όγκου καρκίνου του μαστού [8].

Στο Σχήμα 2.4 φαίνεται πως σε περιοχές που μπορεί να υπάρξει καρκινική εστία, πολύ πιθανόν θα υπάρχουν λεμφαδένες.



Σχήμα 2.4: Διάγραμμα παρουσίασης γειτνίασης καρκινικών εστιών με λεμφαδένες [8].

Μέσω τους λεμφαδένες της μασχάλης επιτυγχάνεται ή λεμφική παροχέτευση της περιοχής του μαστού [8]. Ο καρκίνος κατά την εξάπλωση του μπορεί να προσβάλλει τους λεμφαδένες της μασχάλης. Εκτός από αυτό πολλές γυναίκες κάνουν ακτινοθεραπεία στην συγκεκριμένη περιοχή.

Όλα τα παραπάνω δυσκολεύουν την λεμφική παροχέτευση του άνω άκρου και με την πάροδο του χρόνου υπάρχει η πιθανότητα να αναπτυχθεί λεμφοίδημα. Στο Σχήμα 2.5 φαίνεται η διαφορά μεταξύ ενός υγιές χεριού και ενός που πάσχει από λεμφοίδημα. Το χέρι που πάσχει από λεμφοίδημα φαίνεται πρησμένο και πιο βαρετό [8].



Σχήμα 2.4: Απεικόνιση υγιές άκρου (άνω) και άκρου που πάσχει από λεμφοίδημα (κάτω) [34].

2.1.1 Ασκήσεις για το λεμφοίδημα

Για την αντιμετώπιση του λεμφοιδήματος ανάμεσα σε άλλους τρόπους είναι ένα πρόγραμμα ασκήσεων φυσικοθεραπείας για την κινητοποίηση του λεμφικού υγρού και διατήρηση / βελτίωση της κινητικότητας των αρθρώσεων.

Στο κεφάλαιο 3.1.1 παραθέτετε αναλυτικά το πρωτόκολλο ασκήσεων το οποίο υλοποιήθηκε στην παρούσα εργασία. Συγκεκριμένα στις ασκήσεις συμπεριλαμβάνονται βαθιές αναπνοές λόγω του ότι έτσι βοηθιέται η ροή του λεμφικού υγρού.

Στο πλαίσιο της παρούσα εργασία έχει υλοποιήσει ένα περιβάλλον εικονικής πραγματικότητας όπου ο χρήστης βρίσκεται σε ένα φυσικό περιβάλλον (δάσος με ποταμό), με ηχογραφημένες οδηγίες βαθιών αναπνοών. Το περιβάλλον αυτό παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 3.1.2

2.2 Εικονική πραγματικότητα (Virtual Reality)

Ο όρος εικονική πραγματικότητα εισάχθηκε από τον Jaron Lanier το 1989 [6]. Η εικονική πραγματικότητα είναι η χρήση της τεχνολογίας για την δημιουργία ψηφιακών, τεχνητών και διαδραστικών περιβαλλόντων τα οποία μπορεί να είναι ακριβής προσομοίωση του αληθινού κόσμου ή φανταστικού [10]. Σε αντίθεση με το 1965 που ο Sutherland παρουσίασε το “Ultimate Display” [6], σήμερα υπάρχει η δυνατότητα δημιουργίας καλής ποιότητας εικονικών κόσμων και αλληλεπίδραση σε πραγματικό χρόνο σε αυτά με χρήση χειριστηρίων ή άλλων συσκευών αλληλεπίδρασης..

Η ανάπτυξη τόσο του λογισμικού όσο και του υλικού γίνεται κυρίως από άτομα που ενδιαφέρονται στο τομέα της εικονικής πραγματικότητας και δεν ανήκουν στην επιστημονική κοινότητα [6].

Αυτή η ανάπτυξη έχει εισαγάγει στην αγορά νέο υλικό και νέες τεχνολογίες. Η τεχνολογία εικονικής πραγματικότητας απαρτίζεται από γυαλιά εικονικής πραγματικότητας που είναι η συσκευή με τις οθόνες που μπαίνει στο κεφάλι, άλλες συσκευές όπως χειριστήρια, γιλέκα, δρόμοι για μετάφραση της κίνησης από πραγματικό σε εικονικό περιβάλλον, και οπτική παρακολούθηση κινήσεων είναι διαθέσιμες.

Αναφορικά τα συστήματα καταγραφής κίνησης (motion capture) που χρησιμοποιούνται ευρέως στην κινηματογραφική βιομηχανία δυνητικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συστήματα εικονικής πραγματικότητας για να μεταφέρουν την κίνηση του χρήστη από το πραγματικό περιβάλλον στον εικονικό. Σε ερευνητικό άρθρο του Γ.Χρυσάνθου και άλλων [24] επεξηγείται μια μέθοδος χαμηλού κόστους για τρισδιάστατη ανακατασκευή της κίνησης μέσω κάμερες που έχουν την δυνατότητα να μετρούν το βάθος.

Συγκεκριμένα τα συστήματα καταγραφής κίνησης εμπίπτουν σε δύο κατηγορίες, marker-less και marker-based [24]. Τα marker-based συστήματα απαιτούν σημάδια στις αρθρώσεις του χαρακτήρα τα οποία μπορούν να είναι είτε παθητικά, δηλαδή δέχονται σήμα αλλά δεν εκπέμπουν είτε ενεργητικά τα οποία εκπέμπουν σήμα. Τα marker-based παρέχουν υψηλή

ποιότητα και ρεαλισμό αλλά είναι πολύ ακριβά για τους απλούς χρήστες. Τα marker-less δεν χρησιμοποιούν σημάδια αλλά μια κάμερα βάθους, με αυτήν την κάμερα δυνητικά υπάρχει η δυνατότητα να εξαχθεί η σιλουέτα του ατόμου και σε πραγματικό χρόνο να μεταφερθεί σε ένα εικονικό σκελετό ο οποίος θα είναι ‘‘ντυμένος’’ (skinning) με εικονικό χαρακτήρα..

Στο επιστημονικό άρθρο του Krantz Müller και άλλων [6] υπάρχει μια κατηγοριοποίηση (ταξινόμια) των υπάρχων τεχνολογιών εικονικής πραγματικότητας βάσει του αν είναι συσκευή εισόδου ή εξόδου και ποιες ανθρώπινες αισθήσεις και τεχνολογίες χρησιμοποιούν.

Συγκεκριμένα το άρθρο διακρίνει τα γυαλιά εικονικής πραγματικότητας σε δύο κατηγορίες, ασύρματες και ενσύρματες. Ως επί το πλείστον οι ενσύρματες έχουν καλύτερη ανάλυση εικόνας και γραφικά, είναι πιο ακριβές και συνδέονται σε ένα δυνατό υπολογιστή για τις υπολογιστικές τους ανάγκες ενώ οι ασύρματες δεν χρειάζονται κάποιο υπολογιστή για να συνδεθούν και είναι πιο φθηνές. Το google cardboard [25] ανήκει σε αυτή την κατηγορία [6], ουσιαστικά είναι μια θήκη για κινητή συσκευή η οποία έχει φακούς που δείχνουν ξεχωριστή εικόνα σε κάθε μάτι δημιουργώντας την αίσθηση πως ο χρήστης είναι παρών στο εικονικό περιβάλλον. Το Google Cardboard δεν φέρει τεχνολογία tracking όπως τα Oculus, αυτό σημαίνει ότι το Google Cardboard δεν μπορεί να μεταφράσει την πραγματική κίνηση στον χώρο (π.χ περπάτημα) στον εικονικό κόσμο αλλά για την κίνηση άκρων υπάρχει αυτή η δυνατότητα με την χρήση εξωτερικών συσκευών όπως χειριστήρια ή IMUs [20]. Επίσης υπάρχουν ασύρματες οθόνες που δεν χρειάζονται ένα κινητό αλλά φέρουν την δική τους οθόνη και υλικό, στην χρονική περίοδο που γράφτηκε η παρούσα εργασία το Oculus Quest είναι η καλύτερη συσκευή αυτής της κατηγορίας [21].



Σχήμα 2.7: Απεικόνιση γυαλιών εικονικής πραγματικότητας για κινητές συσκευές (Google Cardboard) [25].

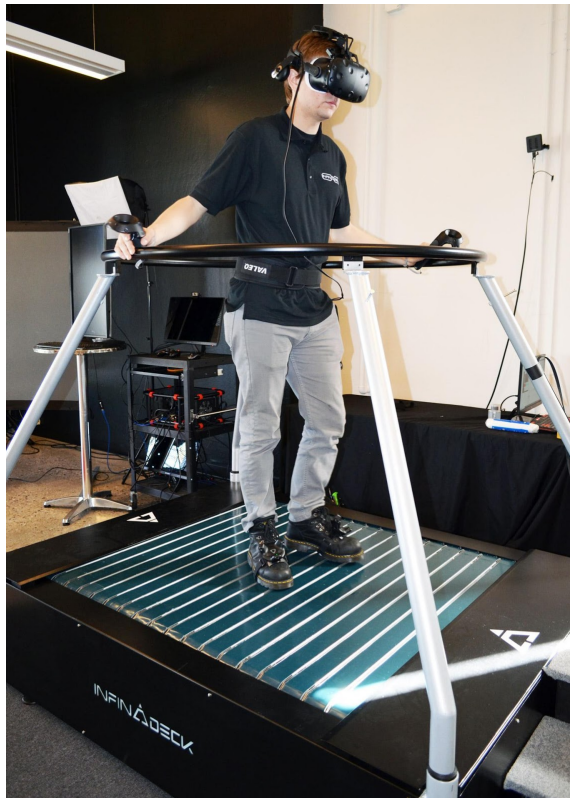
Οι συσκευές εισόδου είναι χειριστήρια, συσκευές πλοήγησης και συσκευές παρακολούθησης κίνησης. Μέσω αυτών των συσκευών ο χρήστης μπορεί να αλληλεπιδράσει με το εικονικό περιβάλλον και λόγω αυτού να αυξηθεί η πειστικότητα του εικονικού κόσμου και η εμπειρία του χρήστη. Τα χειριστήρια μπορεί να είναι ασύρματα και να κρατιούνται στα χέρια, μεταφράζοντας την φυσική κίνηση των χεριών στον εικονικό κόσμο σε πραγματικό χρόνο μέσω τεχνολογιών παρακολούθησης της κίνησης. Επίσης στα χειριστήρια μπορεί να υπάρχουν κουμπιά και αισθητήρες αφής για πιο λεπτομερές αλληλεπίδραση. Όσον αφορά την κίνηση του χρήστη στο χώρο (π.χ. περπάτημα) υπάρχουν δύο προσεγγίσεις. Η μια προσέγγιση που λέγεται Roomscale [11] χρησιμοποιεί τεχνολογίες παρακολούθησης κίνησης και μεταφράζει την μετακίνηση του χρήστη από τον πραγματικό χώρο στον εικονικό, σε αυτή τη προσέγγιση ο χρήστης είναι περιορισμένος στην γεωμετρία του δωματίου, το μήκος του καλωδίου αν είναι ενσύρματη η συσκευή που χρησιμοποιεί και υπάρχει ο κίνδυνος να χτυπήσει σε εμπόδια όπως έπιπλα, τοίχο και καλώδια, ένας τρόπος για αποφυγή αυτού του κινδύνου είναι εφόσον καθαρίσει από εμπόδια ένα χώρο ο χρήστης σκιαγραφίζει τα σύνορα που θα κινείται και η συσκευή θα του εμφανίζει εικονικούς τοίχους μέσα στον εικονικό κόσμο (εάν το υποστηρίζει) εάν τους πλησιάσει.



Σχήμα 2.8: Απεικόνιση εικονικών συνόρων συσκευής εικονικής πραγματικότητας [35].

Στο Σχήμα 2.8 απεικονίζεται ένας χρήστης ο οποίος φέρνει το χέρι του στο οποίο υπάρχει χειριστήριο κοντά στα όρια που έχει καθορίσει και το σύστημα τον προειδοποιεί εμφανίζοντας τους εικονικά σύνορα.

Η άλλη προσέγγιση είναι ο χρήστης να μην μετακινείται στον πραγματικό χώρο [11] (seated). Αν όμως ο εικονικός χαρακτήρας θα κινείται στο εικονικό περιβάλλον αυτή η αναντιστοιχία εικονικού-πραγματικού κόσμου μπορεί να ζαλίζει τον χρήστη και μειώνει σημαντικά την πιστότητα του εικονικού περιβάλλοντος. Μπορεί όμως αυτή η προσέγγιση να συνδυαστεί με συσκευές πλοήγησης [6] για να σταματήσει να υπάρχει το προαναφερθέν πρόβλημα της αναντιστοιχίας. .



Σχήμα 2.9: Πανκατευθυντικός διάδρομος infinadeck [26].

Παράδειγμα μιας συσκευής πλοήγησης είναι ο πανκατευθυντικός διάδρομος της infinadeck που απεικονίζεται στο σχήμα 2.9. Αυτή η τεχνολογία επιτρέπει φυσική κίνηση σε οποιαδήποτε κατεύθυνση, ο χρήστης έχει την δυνατότητα να κινείται χωρίς περιορισμό στο εικονικό περιβάλλον και δεν θα μετακινείται στον πραγματικό κόσμο, όπως συμβαίνει στην προσέγγιση Roomscale [11].

Η συγκεκριμένη τεχνολογία που παρουσιάζεται στο σχήμα 2.9 μπορεί να εφαρμοστεί στην υγεία, στον στρατό, στις επιχειρήσεις, στα παιχνίδια, στην έρευνα και στην γυμναστική [26]. Για παράδειγμα στην υγεία μπορεί να χρησιμοποιηθεί από ασθενείς που είναι στην

διαδικασία φυσικής αποκατάστασης και στον στρατό στην εκπαίδευση όπου οι στρατιώτες μπορούν να κινηθούν προς όλες τις κατευθύνσεις σε ένα εικονικό περιβάλλον μάχης.

Πιο γενικά άλλες εφαρμογές που εφαρμόζεται η εικονική πραγματικότητα είναι η χρήση της για επίσκεψη πολιτιστικών χώρων όπως μουσεία εικονικά και στην αεροπορία.

Ένα παράδειγμα μουσείου είναι το “VersaillesVR” [27]. Είναι διαθέσιμο δωρεάν στην πλατφόρμα παιχνιδιών Steam [28]. Οι χρήστες μπορούν να πλοηγηθούν και να εξερευνήσουν το Ανάκτορο των Βερσαλλιών και να δουν τα διάφορα έργα τέχνης που υπάρχουν.

Στην αεροπορία και στην αεροδιαστημική η εικονική πραγματικότητα χρησιμοποιείται για να εκπαιδεύσει πιλότους και αστροναύτες [6].

Εικονικά περιβάλλοντα μπορούν να αναπτυχθούν σε μηχανές παιχνιδιών που υποστηρίζουν την στοχευμένη συσκευή εικονικής πραγματικότητας. Το πρόγραμμα Unity υποστηρίζει ανάπτυξη εφαρμογών σε Android καθώς και Windows, Xbox, WebGL και άλλα.

Περισσότερα για το Unity υπάρχουν στο κεφάλαιο 3.

2.3 Εικονική πραγματικότητα στο Σύστημα Υγείας

Η εικονική πραγματικότητα σήμερα χρησιμοποιείται σε ένα ευρύ φάσμα του ιατρικού τομέα και χρησιμοποιείται από ασθενείς και προσωπικό του Συστήματος Υγείας [12].

Το προσωπικό του συστήματος υγείας χρησιμοποιεί την εικονική πραγματικότητα για εκπαίδευση και για διάγνωση.

Η εικονική πραγματικότητα επιτρέπει νέους τρόπους εκπαίδευσης στην ιατρική. Διάφορες νέες ιατρικές τεχνικές ανακαλύπτονται οι οποίες πολλές φορές είναι πολύπλοκες [12] και η εκπαίδευση σε αληθινούς ασθενείς είναι επικίνδυνη, επίσης η εκμάθηση της ανατομίας και πιο γενικά χειρουργικών διαδικασιών απαιτούν εξάσκηση πάνω στην τρισδιάστατη γεωμετρία του ανθρώπινου σώματος με χειρουργικά εργαλεία.

Η εκπαίδευση μπορεί να γίνει εικονικά σε ένα τρισδιάστατο εικονικό περιβάλλον όπου ο χρήστης θα είναι εξοπλισμένος με χειριστήρια με απτική ανάδραση για να μπορεί να

εκτελέσει εικονικά τις διάφορες χειρουργικές διαδικασίες σε ένα πλήρες προσομοιωμένο περιβάλλον με ένα εικονικό ασθενή.

Η χειρουργική προσομοίωση σε εικονική πραγματικότητα προσφέρει την δυνατότητα να εμπλουτίσει την μέχρι τώρα παραδοσιακή εκπαίδευση, σύμφωνα με επιστημονικό άρθρο της Cecília Sik Lányi [12] τέτοιες εφαρμογές πέτυχαν τον στόχο τους και ολοένα αναγνωρίζονται στην ιατρική κοινότητα.

Όσον αφορά την διάγνωση, η στερεοσκοπική προβολή βελτιώνει την αντίληψη της τρισδιάστατης γεωμετρίας των κοκάλων και των όγκων [12]. Ο γιατρός μπορεί να δει μια διαγνωστική εικόνα στην εικονική πραγματικότητα επιπρόσθετα του παραδοσιακού τρόπου που είναι μέσο δισδιάστατης οθόνης.

Εικονικά ραντεβού εξ αποστάσεως με γιατρούς ήδη γίνονται μέσω του διαδικτύου με διάφορους τρόπους (π.χ. ηλεκτρονικό ταχυδρομείο) [12] , και αυτό δίνει την δυνατότητα να βελτιωθεί η σχέση ιατρού - ασθενή, ως συνέπεια της επικοινωνίας μεταξύ τους. Στο μέλλον αυτή η επικοινωνίες εξ αποστάσεως μπορεί να γίνει πιο φυσική χρησιμοποιώντας εικονικά περιβάλλοντα [12].

Ομάδα ερευνητών υποστηρίζουν την χρήση εικονικής πραγματικότητας στην φυσική, ψυχολογική και γνωστική αποκατάσταση [12] λόγω του ότι μπορεί να είναι μια πιο ευχάριστη εμπειρία και να παρέχει κίνητρο στους ασθενείς. Πιθανά μειονεκτήματα είναι το σύστημα να είναι δύσκολο στην χρήση, μη διαισθητικό και τα εικονικά περιβάλλοντα να μην είναι φυσικά ή ευχάριστα.

Σε βιβλίο του Widerhold και άλλων [13] εξερευνάται εις βάθος η χρήση της εικονικής πραγματικότητας για αντιμετώπιση της αραχνοφοβίας. Στο βιβλίο αναφέρεται το “SpiderWorld”, ένας εικονικός κόσμος που έχει σκοπό την αντιμετώπιση της φοβίας των αραχνών. Σε αυτό τον κόσμο υπάρχει εικονική διαδραστική κουζίνα και αράχνες, ο ασθενής στην διαδικασία Θεραπεία έκθεσης [29] όταν απαιτείται η έκθεση του σε είδωλο τού αντικειμένου του φόβου του θα έρχεται σε επαφή με εικονικό και διαδραστικό είδωλο.

Εκτός από την αποκατάσταση η εικονική πραγματικότητα στο σύστημα υγείας χρησιμοποιείται για την αντιμετώπιση πόνου. Η απόσπαση της προσοχής από την βύθιση

(immersion) στο εικονικό περιβάλλον μπορεί να μειώσει τον πόνο σε χρόνιες παθήσεις. Σε ερευνητικό άρθρο του Ted Jones και άλλων, 30 συμμετέχοντες με διάφορες χρόνιες παθήσεις είχαν πεντά-λεπτη εμπειρία ενός παιχνιδιού εικονικής πραγματικότητας που λέγεται Cool, υπολογίστηκε κατά μέσο όρο ότι υπήρξε 60% μείωση πόνου, το 100% των ατόμων ανέφεραν μείωση πόνου σε κάποιο βαθμό.

Ο Hoffman και άλλοι στην έρευνα τους για την χρήση εικονικής πραγματικότητας για έλεγχο του πόνου κατά την διάρκεια περίθαλψης πληγών από εγκαύματα [15] μέτρησε λιγότερη μέση βαθμολογία πόνου κατά την χρήση εικονικής πραγματικότητας και λιγότερο χρόνο που οι ασθενείς σκέφτονταν τον πόνο τους.

2.3.1 Εικονική πραγματικότητα και κινητική αποκατάσταση

Διαφορετικές εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας για κινητική αποκατάσταση αναπτύσσονται ανά το παγκόσμιο [16]. Το φάσμα κινήσεων φυσικοθεραπείας είναι ευρύ και κάθε εφαρμογή αναπτύσσεται βάση τις ασκήσεις φυσικοθεραπείας που έχει ανάγκη. Αρχικά οι διάφορες μέθοδοι φυσικοθεραπείας με εικονική πραγματικότητα ήταν πολύ ακριβές για να ξεκινήσει κάποιος, όμως λόγω των νέων πιο φθηνών τεχνολογιών που εισήχθησαν στην αγορά τα τελευταία χρόνια, ολοένα και τέτοιες εφαρμογές είναι διαθέσιμες.

Δυνητικά αυτές οι εφαρμογές μπορούν να βελτιώσουν την κινητική αποκατάσταση των ατόμων με καλύτερο τρόπο παρά τον παραδοσιακό μέχρι τώρα τρόπο, που δεν χρησιμοποιεί κάποια τεχνολογία. Οι ερευνητές θέλουν να απαντήσουν στο ερώτημα αν η κινητική αποκατάσταση με εικονική πραγματικότητα είναι καλύτερη και πιο απλή για τον ασθενή.

Μια εφαρμογή αυτού του είδους πρέπει να ακολουθεί τις αρχές που διέπουν την κινητική αποκατάσταση [17]. Αυτές είναι η επανάληψη, η άσκηση να είναι προσανατολισμένη σε κάποιο έργο (task oriented) και να έχει κάποιο σκοπό να εκπληρώσει, η ανατροφοδότηση και ένα περιβάλλον που να εμπνέει κίνητρο.

Η ανατροφοδότηση βελτιώνει την άσκηση που κάνει ο ασθενής. Σε μια εφαρμογή εικονικής πραγματικότητας εκτός από δεδομένα που μπορεί να αποθηκεύονται, ο ασθενής θα ξέρει εάν κάνει σωστά την άσκηση βλέποντας τα αποτελέσματα του εικονικού κόσμου, παραδείγματος χάρι αν φτάνει το χέρι του μέχρι το μήλο για να το κόψει.

Μια άσκηση φυσικοθεραπείας από μόνη της δεν έχει κάποιο γενικό πλαίσιο και άλλο σκοπό εκτός της ίδιας της άσκησης. Μεταφέροντας την άσκηση σε ένα εικονικό και ευχάριστο περιβάλλον που η άσκηση έχει σκοπό, μπορεί να δώσει κίνητρο στον ασθενή να εμπλακεί περισσότερο στην άσκηση [16]. Για παράδειγμα μια άσκηση φυσικοθεραπείας που μεταφέρεται σε ένα εικονικό περιβάλλον που έχει σκοπό να κόψει μήλα ή να παίζει αντισφαίριση. Βέβαια τέτοιες ασκήσεις απαιτούν την δυνατότητα χειραγώγησης αντικειμένων από τον ασθενή στον εικονικό κόσμο (π.χ. μια Ρακέτα).

Τα πλεονεκτήματα τέτοιων εφαρμογών είναι πως από την βιβλιογραφία φαίνεται πώς οι εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας για κινητική αποκατάσταση συμμορφώνονται με τις προαναφερθέν αρχές [17], οι ασκήσεις μπορούν να προσαρμοστούν στις ανάγκες του κάθε χρήστη (επαναλήψεις, συχνότητα κλπ) εύκολα από το εικονικό περιβάλλον, και δυνητικά θα υπάρχει λιγότερη κλινική παρέμβαση/επίβλεψη επιτρέποντας τον χρήστη της εφαρμογής να την χρησιμοποιεί από το σπίτι του (λιγότερο κόστος, τηλε-αποκατάσταση κλπ).

Τα μειονεκτήματα είναι η πιθανότητα δυσκολίας χρήσης του συστήματος ειδικά από άτομα μεγαλύτερης ηλικίας, η ζαλάδα και να μην απολαμβάνουν τους εικονικούς κόσμους που έχουν αναπτυχθεί.

Εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας για κινητική αποκατάσταση έχουν αναπτυχθεί και ερευνηθεί στα πλαίσια της κινητικής αποκατάστασης ατόμων μετά από εγκεφαλικό [23].

2.3.2 Εικονική πραγματικότητα και καρκίνος

Στην βιβλιογραφία εξερευνάται η χρήση εικονική πραγματικότητα σε άτομα που πάσχουν από καρκίνο με διάφορους τρόπους, κυρίως για αντιμετώπιση του χρόνιου πόνου. Το ενδιαφέρον που υπάρχει για χρήση της εικονικής πραγματικότητας για αυτό το σκοπό οφείλεται στο επίπεδο που έχει φτάσει η τεχνολογία και το ότι υπόσχεται αποτελέσματα μεθόδων που είναι πιο επικίνδυνες και φέρουν συνέπειες (π.χ. δυνατά παυσίπονα).

Ο J.Gershon και άλλοι εξερεύνησαν την χρήση της εικονικής πραγματικότητας για απόσπαση της προσοχής σε επίπονες ιατρικές διαδικασίες (φλεβοκέντηση, οσφυϊκές παρακένσεις και αναρρόφηση μυελού οστού) σε ασθενή με παιδικό καρκίνο [32].

Συγκεκριμένα για την αξιολόγηση μετρήθηκε ο πόνος χωρίς απόσπαση προσοχής , με απόσπαση προσοχής χωρίς εικονική πραγματικότητα (κινητή συσκευή) και με χρήση εικονικού περιβάλλοντος.

Το εικονικό περιβάλλον που χρησιμοποιήθηκε είναι ένα εικονικό ευχάριστο και διαδραστικό ζωολογικό πάρκο που σχεδιάστηκε για εκπαιδευτικούς σκοπούς.

Ο πόνος που μετρήθηκε όταν έγινε χρήση της εικονικής πραγματικότητας ήταν ο λιγότερος σε σχέση με τις άλλες δύο προαναφερθέν μετρήσεις.

Κεφάλαιο 3

Εξοπλισμός, Εικονικά περιβάλλοντα, όργανα και ανάπτυξη συστήματος.

3.1 Σύστημα εικονικής πραγματικότητας	20
3.2 Πρωτόκολλο Ασκήσεων	21
3.3 Εικονικά Περιβάλλοντα	23
3.4 Εξοπλισμός συστήματος	27

3.1 Σύστημα εικονικής πραγματικότητας

Στο στάδιο ανάλυσης απαιτήσεων και καθορισμό προδιαγραφών του συστήματος (Στάδιο στον κύκλο ανάπτυξης λογισμικού) υπήρξε επικοινωνία με φυσικοθεραπευτή. Ο φυσικοθεραπευτής παρέθεσε επεξηγηματικές οδηγίες ενός συνόλου ασκήσεων και τις απαιτήσεις αυτών των ασκήσεων (π.χ επαναλήψεις και προετοιμασία) για άτομα που εκτελούν φυσικοθεραπεία στοχευμένη για πρόληψη ή θεραπεία λεμφοιδήματος καρκίνου του μαστού.

Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε για προσαρμογή των απαιτήσεων και προδιαγραφών ούτως ώστε οι ασθενείς να μην αποφεύγουν την άσκηση, για καλύτερη κατανόηση τότε οι ασθενείς αποφεύγουν την άσκηση έγινε μια προκαταρκτική έρευνα στην προαναφερθέν βιβλιογραφία.

Το πρόγραμμα ασκήσεων που παρατέθηκε από τον Φυσικοθεραπευτή στην εκτέλεση του ο ασθενής θα πρέπει περίπου να ασκείται για δέκα λεπτά και να εκτελεί ένα συνδυασμό ασκήσεων, κάθε συγκεκριμένη άσκηση (π.χ. ώμων πάνω-κάτω) να είναι πέντε με δέκα επαναλήψεων. Το ικανοποιητικό είναι ένας πλήρης κύκλος ασκήσεων να γίνει τουλάχιστον μια φορά την ημέρα και το ιδανικό τρεις φορές (πρωί, μεσημέρι και απόγευμα/βράδυ). Οι προδιαγραφές και απαιτήσεις ρητά υποδεικνύουν ότι ο ασθενής κατά την άσκηση του δεν πρέπει να πονάει αλλά να έχει την αίσθηση ότι τεντώνονται οι μύες στην υπό άσκηση περιοχή.

Για την διασφάλιση του ορίου των δέκα λεπτών είναι σημαντικό κάθε άσκηση να υλοποιηθεί σωστά, αυτό φέρει περιορισμούς στις πιθανές ιδέες εικονικών περιβάλλοντων προς υλοποίηση.

Τα εικονικά περιβάλλοντα πρέπει να είναι ευχάριστα και φυσικά χωρίς να κουράζουν τον χρήστη. Στόχος είναι να δημιουργείται μια θετική εμπειρία στον χρήστη κατά την χρήση και όχι το αντίθετο.

Το σύστημα λόγω του ότι τρέχει σε συσκευή android ή οποία έχει υπολογιστικούς περιορισμούς, η υλοποίηση του πρέπει να γίνει με τέτοιο τρόπο ώστε να μην υπάρχει προφανές καθυστέρηση του συστήματος, ένα αργό εικονικό περιβάλλον που δεν έχει σωστή ανταπόκριση δεν θα είναι φυσικό και άρα θα είναι κουραστικό. Εκτός από αυτό προσοχή απαιτείται στην ποσότητα μνήμης που το σύστημα θα απαιτεί.

Τα γυαλιά εικονική πραγματικότητας που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 3.1.3.

3.2 Πρωτόκολλο Ασκήσεων

Το πρωτόκολλο ασκήσεων για ολόκληρη την εφαρμογή περιέχει πολλές και διάφορες ασκήσεις. Στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας μελετήθηκαν η ασκήσεις βαθιών αναπνοών, και ασκήσεις ώμων.

Κάθε σύνολο ασκήσεων θα πρέπει να ξεκινά και να τελειώνει με βαθιές αναπνοές.

Πιο κάτω παρατίθενται οι οδηγίες για κάθε άσκηση.

Για τις Βαθιές αναπνοές (Deep Abdominal Breathing):

Ο ασθενής θα πρέπει να χαλαρώσει ώμους και στήθος και να τοποθετήσει ένα χέρι στην κοιλιά, να εισπνεύσει αργά και βαθιά από την μύτη νιώθοντας το χέρι του να πηγαίνει πάνω όσο γεμίζει αέρας μέσα του. Ακολουθώς αργά να εκπνεύσει από το στόμα και να επαναλάβει τον κύκλο πέντε με δέκα φορές.

Για την άσκηση μετακίνησης ώμων πάνω-κάτω :

Κατά την διάρκεια αυτής της άσκησης ο ασθενής πρέπει να κρατά το σώμα του ακίνητο. Αρχικά να χαλαρώσει τους ώμους και μετά να τους φέρει προς τα αυτιά του, να τους

κρατήσει εκεί για τρία δευτερόλεπτα και μετά να τους πάρει πίσω. Ακολούθως να επαναλάβει τον κύκλο πέντε με δέκα φορές.



Σχήμα 3.1: Οπτική αναπαράσταση άσκησης μετακίνησης ώμων πάνω-κάτω

Για την άσκηση προσαγωγής ώμων:

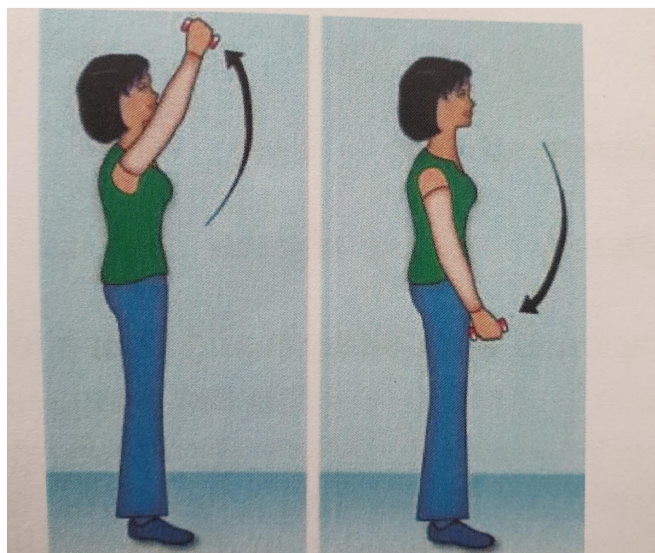
Ο ασθενής πρέπει να κρατά την πλάτη και το λαιμό του ευθυγραμμισμένα και χαλαρούς τους ώμους κατά την διάρκεια αυτής της άσκησης. Ο ασθενής πρέπει να τοποθετήσει τα χέρια του τεντωμένα στα πλάγια του σώματος και χωρίς να λυγίζουν οι αγκώνες να τα φέρει αργά μπροστά του και να κρατήσει αυτή την θέση για τρία δευτερόλεπτα. Ακολούθως αργά να τα πάρει πίσω στην αρχική τους θέση στα πλάγια τους σώματος και να επαναλάβει τον κύκλο πέντε με δέκα φορές.



Σχήμα 3.2: Οπτική αναπαράσταση αρχικής θέσης άσκησης προσαγωγής ώμων

Για την άσκηση κάμψης ώμων:

Ο ασθενής πρέπει να κρατά την πλάτη και το λαιμό του ευθυγραμμισμένα και χαλαρούς τους ώμους κατά την διάρκεια αυτής της άσκησης. Ο ασθενής πρέπει αργά να σηκώνει τα χέρια του ψηλά και όταν βρίσκονται μπροστά του να κάνει μια παύση για τρία δευτερόλεπτα, μετά να τα κατεβάσει αργά κάτω και να χαλαρώσει για τρία δευτερόλεπτα. Ακολούθως να επαναλάβει τον κύκλο πέντε με δέκα φορές.



Σχήμα 3.3: Οπτική αναπαράσταση άσκησης κάμψης ώμων.

3.3 Εικονικά Περιβάλλοντα

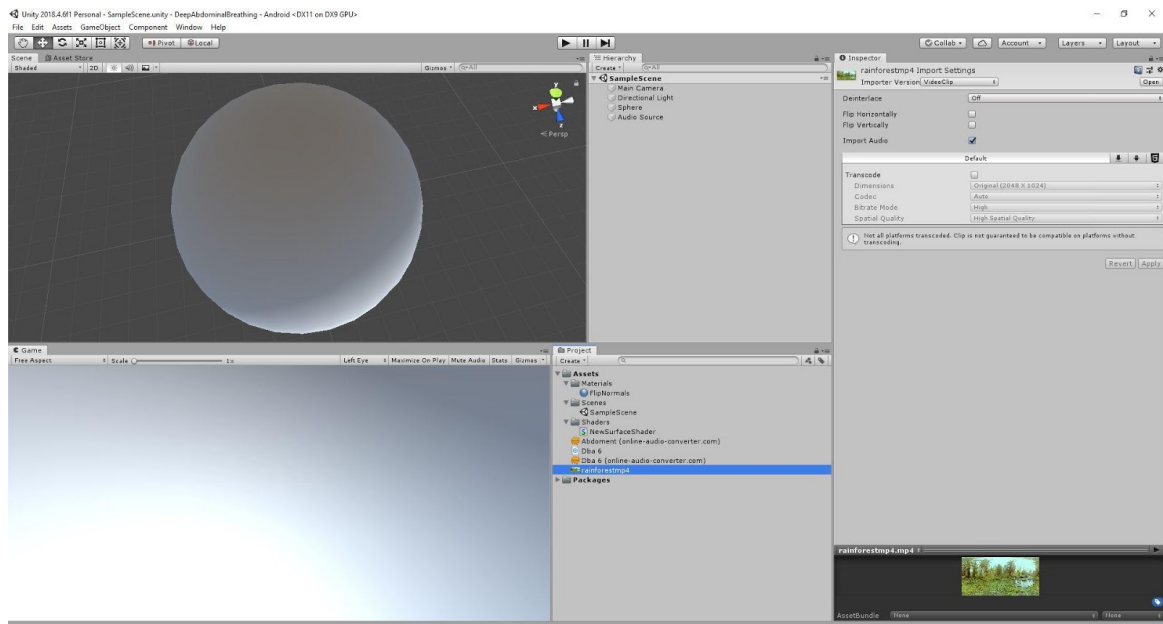
Επιδιώχθηκε να μεταφερθούν οι παραπάνω ασκήσεις σε εικονικά περιβάλλοντα. Στην προαναφερθέν βιβλιογραφική ανασκόπηση παρατέθηκε πως ένα μειονέκτημα που υπάρχει είναι τα εικονικά περιβάλλοντα να μην είναι ευχάριστα ή ρεαλιστικά, όποτε η ιδέα καθώς και η υλοποίηση της είναι σημαντικοί παράγοντες.

Κάθε άσκηση υλοποιήθηκε ως ξεχωριστή σκηνή στο πρόγραμμα Unity. Αυτό επιτρέπει την εύκολη σύνδεση των ασκήσεων μεταξύ τους. Όπως έχει αναφερθεί στο κεφάλαιο 3.1 υπάρχει η απαίτηση το περιβάλλον να είναι ευχάριστο, έτσι στην παρούσα εργασία όλες οι ασκήσεις εκτός της άσκησης βαθιών αναπνοών έχει το ίδιο περιβάλλον.

Συγκεκριμένα το περιβάλλον είναι ένα δάσος κατά την διάρκεια ημέρας, χρησιμοποιήθηκε το Nature Starter Kit 2 [31] από το Unity Asset Store το οποίο είναι δωρεάν.

Για τις **βαθιές αναπνοές** χρησιμοποιήθηκε ένα έτοιμο βίντεο 360 μοιρών από το Youtube. Συγκεκριμένα ένα τροπικό δάσος. Σε αυτό επίσης προστέθηκε ήχος πουλιών που κελαηδούν με το στόχο το τελικό περιβάλλον να είναι χαλαρωτικό.

Ο στόχος είναι η κάθε άσκηση να πάρει την μορφή ενός παιχνιδιού για να έχει κάποιον σκοπό, σε αντίθεση την ίδια άσκηση στην πραγματικότητα η οποία είναι η ίδια ο αυτοσκοπός.



Σχήμα 3.4: Στιγμιότυπο του προγράμματος Unity κατά την φάση υλοποίησης του περιβάλλοντος βαθιών αναπνοών.

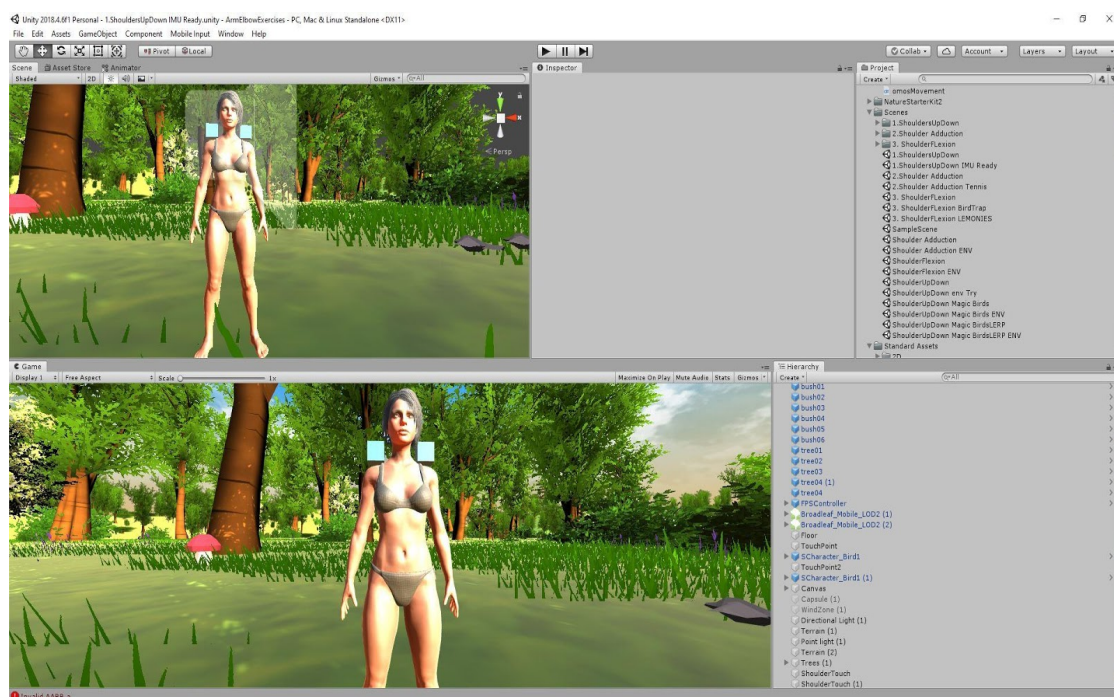


Σχήμα 3.5: Κινητή συσκευή Android που τρέχει το περιβάλλον βαθιών αναπνοών.

Προστέθηκαν ηχογραφημένες οδηγίες αναπνοής από τον συγγραφέα αυτής της διπλωματικής εργασίας που ρητά αναφέρουν στον ασθενή πως δεν είναι ανάγκη να συγχρονιστεί στο ρυθμό αναπνοών του καθοδηγητή, λόγω του ότι είναι δυνατόν να διαφέρει ο ρυθμός και ο ασθενής να αναγκάζεται να αναπνέει αφύσικα για να προλαβαίνει τον καθοδηγητή. Το σημαντικό είναι να γίνουν οι βαθιές αναπνοές..

Για την άσκηση **μετακίνησης ώμων πάνω-κάτω** ανιχνεύεται ο ώμος όταν μετακινείται σε ένα μικρό εικονικό τετραγωνάκι ακούγεται ένα μικρό καμπανάκι και κάτω αριστερά αυξάνεται ένας μετρητής που δείχνει πόσες φορές έγινε η άσκηση.

Για επίδειξη της άσκησης του εικονικού κόσμου χρησιμοποιήθηκε UMA (Unity Multipurpose Avatar). Η είσοδος δίνεται από το πληκτρολόγιο και το avatar μετακινά τους ώμους πάνω ή κάτω ανάλογα με την είσοδο και ανιχνεύονται στο τετραγωνάκι. Η είσοδος μπορεί να παρθεί από άλλη συσκευή όπως χειριστήριο.

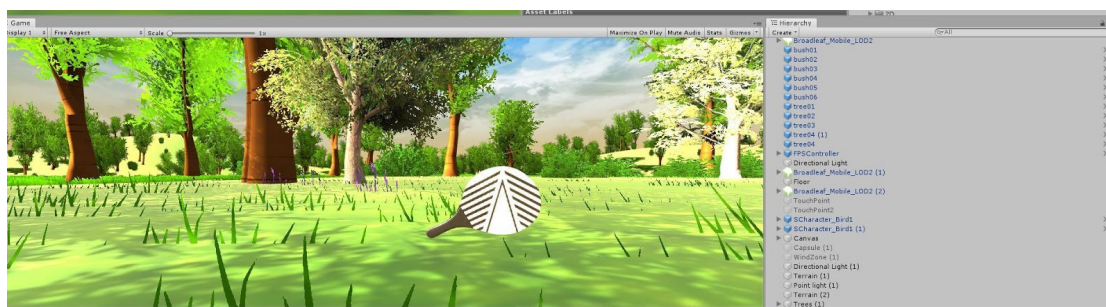


Σχήμα 3.6: Στιγμιότυπο του προγράμματος Unity που δείχνει το περιβάλλον ασκήσεως ώμων πάνω-κάτω

Το συγκεκριμένο avatar έχει οργανωμένο το σώμα του ιεραρχικά και μπορεί να προσαρμοστεί / προγραμματιστεί και για άλλες κινήσεις (χεριών , λαιμού , ποδιών κλπ).

Η άσκηση προσαγωγής ώμων και η άσκηση κάμψης δεν έχει υλοποιηθεί πλήρως σε αυτή τη διπλωματική εργασία και βρίσκονται ακόμη στην φάση υλοποίησης.

Η ιδέα για την άσκηση προσαγωγής είναι ο ασθενής να κρατά μια ρακέτα στο χέρι που εμπλέκεται στην φυσικοθεραπεία και να χτυπά μια επερχόμενη μπάλα. Στο σχήμα 3.7 φαίνεται η εικονική άσκησης προσαγωγής ώμων. Ο χρήστης καλείται να χρησιμοποιήσει την ρακέτα κουνώντας το πάσχον άκρο για να εκτελέσει την άσκηση που απαιτεί να χτυπήσει μια κινούμενη μπάλα.



Σχήμα 3.7: Στιγμιότυπο περιβάλλοντος άσκησης προσαγωγής ώμων κατά την φάση υλοποίησης.

Η ιδέα για την άσκηση κάμψης είναι ο ασθενής να κόβει ένα φρούτο από ένα δέντρο και να το τοποθετεί στο καλάθι έτσι όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 3.8.



Σχήμα 3.8: Στιγμιότυπο περιβάλλοντος άσκησης κάμψης ώμων κατά την φάση υλοποίησης.

3.4 Εξοπλισμός Συστήματος

Ο εξοπλισμός αποτελείται από την κινητή συσκευή android και την εφαρμογή που τρέχει σε αυτή, γυαλιά εικονικής πραγματικότητας και συσκευές αλληλεπίδρασης.

Unity

Η εφαρμογή αναπτύσσεται στο πρόγραμμα Unity.

Το unity είναι μια μηχανή παιχνιδιών, οι μηχανές παιχνιδιών χρησιμοποιούνται για την δημιουργία παιχνιδιών. Προγραμματιστικά αλλά και διαδραστικά είναι υψηλής γλώσσας προγραμματισμού και έτσι είναι ευκολότερη η δημιουργία παιχνιδιών [19]. Αν σε μελλοντικό στάδιο υπάρχει η θέληση για μεταφορά του προγράμματος σε άλλες συσκευές εικονικής πραγματικότητας όπως το Oculus Quest [21], αυτό μπορεί να γίνει πολύ εύκολα αφού το Unity επιτρέπει το ίδιο παιχνίδι να εξαχθεί σε διαφορετικές πλατφόρμες.

Το πρόγραμμα έχει την δυνατότητα υλοποίησης 2D και 3D παιχνιδιών. Η εφαρμογή που αναπτύσσεται είναι 3D.

Το Unity είναι δωρεάν και ανοιχτό σε όλους, έχει μεγάλη ενεργή κοινότητα με συνεχές συντήρηση και υπάρχει πληθώρα τρόπων εκμάθησης (π.χ Tutorials).

Το Asset store του Unity είναι μια συλλογή από διάφορα αντικείμενα και συστατικά τα οποία είναι είτε δωρεάν είτε επί πληρωμής. Αυτά κάνουν πιο γρήγορη την ανάπτυξη του εικονικού κόσμου αφού τα αντικείμενα (π.χ Ρακέτα) δεν χρειάζεται να σχεδιαστούν σε πρόγραμμα επεξεργασίας γραφικών από το άτομο που υλοποιεί τον εικονικό κόσμο.

Η μηχανή μπορεί να προσομοιώσει φυσικά φαινόμενα (π.χ συγκρούσεις). Ένα Collider σε ένα αντικείμενο ορίζει το σχήμα ενός αντικειμένου για τον σκοπό της φυσικής σύγκρουσης (π.χ Αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ανίχνευση επαφής δύο αντικειμένων).

Η συμπεριφορά και ο έλεγχος των αντικειμένων μέσα στο γραφικό περιβάλλον διέπεται από κώδικα γραμμένο σε C# που βρίσκεται σε ένα script. (π.χ. Να ακουστεί ένας ήχος όταν ένα αντικείμενο έρθει σε επαφή με ένα άλλο)

Τα Scripts μπορούν να γραφτούν και να επεξεργαστούν στο Visual Studio Code [30].

Στην παρούσα εργασία στις ρυθμίσεις του Unity η στοχευμένη πλατφόρμα της υπό ανάπτυξη εφαρμογής έχει τεθεί σε Android.

Γυαλιά εικονικής πραγματικότητας

Τα γυαλιά εικονικής πραγματικότητας που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία είναι τα γυαλιά εικονικής πραγματικότητας Hamswan.



Σχήμα 3.8: Γυαλιά εικονικής πραγματικότητας Hamswan [37].

Τα συγκεκριμένα γυαλιά εικονικής πραγματικότητας έχουν καλώδιο για τον ήχο το οποίο μπορεί να συνδεθεί στην κινητή συσκευή και ο ήχος να ακούγεται από τα ακουστικά της συσκευής Hamswan.

Οι κινητές συσκευές που μπορούν να μουν μέσα στην συσκευή Hamswan πρέπει να είναι μεγέθους από 4.7” μέχρι 6 ίντσες.

Η συσκευή Hamswan έχει βάρος περίπου μισό κιλό (415g) και μπορεί να προσαρμοστεί σε διαφορετικά μεγέθη κεφαλών χάρις του ρυθμιζόμενου μηχανισμού που διαθέτει.

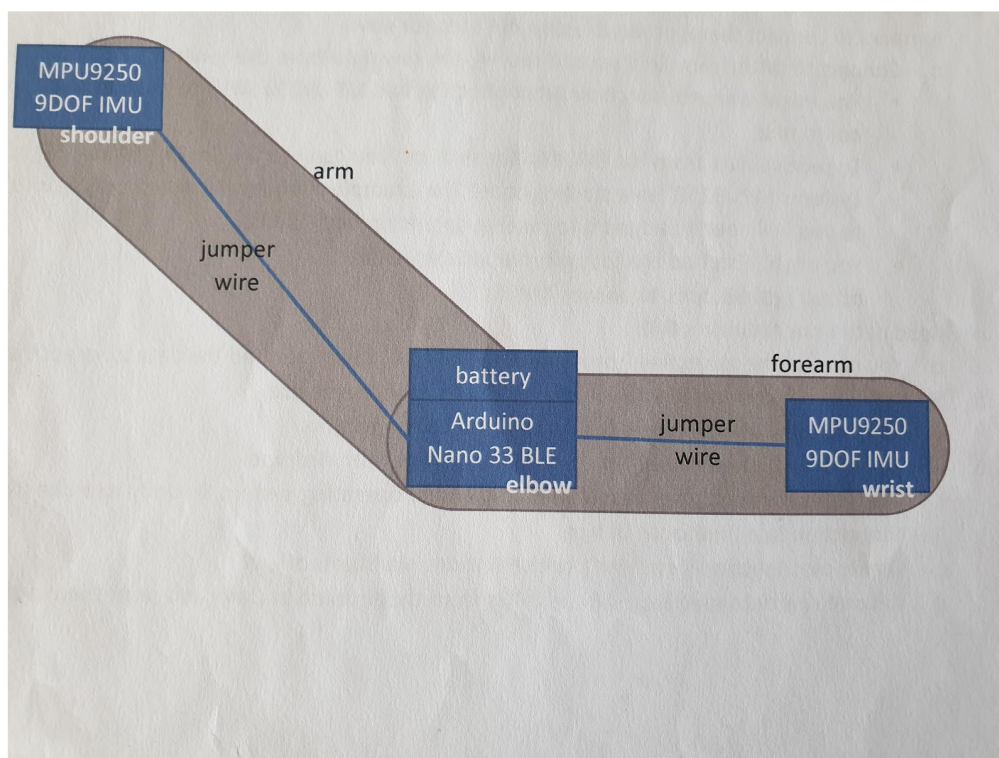
IMUs

Η λογική που σχεδιάστηκαν αυτά τα εικονικά περιβάλλοντα βασίστηκε στο ότι ο ασθενής θα εξοπλιστεί με συσκευές IMU (Inertial Measurement Units) [20] για να μεταφράζεται η πραγματική του κίνηση σε εικονική κίνηση.

Τα IMUs είναι ηλεκτρονικές συσκευές που έχουν γυροσκόπιο , μαγνητόμετρο και επιταχυνσιόμετρο και χρησιμοποιούνται ευρέως σε αεροσκάφη και διαστημόπλοια για την πλοήγηση τους.[20]

Τα IMUs μετρούν την ταχύτητα,προσανατολισμό και βαρυτική δύναμη.

Τρία μικρά IMU μπαίνουν στο χέρι του ασθενή. Συγκεκριμένα στον καρπό, ώμο και αγκώνα.



Σχήμα 3.9: Σχεδιάγραμμα συστήματος αδρανειακών αισθητήρων στο άνω άκρο.

Για παράδειγμα στην άσκηση ώμων πάνω-κάτω η πληροφορία της κίνηση θα στέλνεται στο σύστημα από το IMU που είναι στον ώμο.

Οι αδρανειακή αισθητήρες του καρπού και του ώμου ονομάζονται MPU 9250 9DOF και στον αγκώνα υπάρχει μια μικροσυσκευή Arduino Nano 33 BLE που και αυτή φέρει ένα αδρανειακό αισθητήρα όπως αυτούς που μπαίνουν στον ώμο και καρπό.

Αυτές οι συσκευές μετά την συλλογή των δεδομένων κίνησης στέλνουν τα δεδομένα μέσω Bluetooth στην κινητή συσκευή.

Κεφάλαιο 4

Συζήτηση

4.1 Συμπεράσματα	31
4.2 Μελλοντική Εργασία	32

4.1 Συμπεράσματα

Λόγω της προσιτής τιμής της προαναφερθέν συσκευής γυαλιών εικονικής πραγματικότητας που χρησιμοποιείται στην παρούσα εργασία και του ότι αν όχι όλοι τότε η συντριπτική πλειοψηφία των ασθενών έχει κινητή συσκευή android αναμένεται ότι η πρόσβαση στην συγκεκριμένη τεχνολογία από τους ασθενείς θα είναι σχετικά εύκολη.

Με την γνώση που αποκτήθηκε από την βιβλιογραφία αναμένεται πώς τα εικονικά περιβάλλοντα θα μειώσουν τον πόνο κατά την άσκηση και θα δώσουν υποκειμενικό κίνητρο για την εκτέλεση των ασκήσεων αυξάνοντας τον αριθμό επαναλήψεων.

Επίσης αναμένεται από το συγγραφέα της εργασίας ότι τα εικονικά περιβάλλοντα που έγιναν περισσότερο παιχνίδι, σε βάθος χρόνου θα είναι αυτά που θα έχουν περισσότερη προτίμηση.

Εκτός από τα παραπάνω αναμένεται πως η εφαρμογή θα αντικαταστήσει τον παραδοσιακό τρόπο φυσικοθεραπείας και θα δώσει ανατροφοδότηση για μελλοντική εργασία.

Συγκεκριμένα η μείωση πόνου καθώς και η προτίμηση της εικονικής πραγματικότητας έναντι του παραδοσιακού τρόπου αναμένεται να φανεί σε ερωτηματολόγια από τους ίδιους τους ασθενείς.

4.2 Μελλοντική Εργασία

Η εργασία βρίσκεται ακόμη σε αρχικό στάδιο και υπάρχουν διάφορες μελλοντικές εργασίες που χρειάζονται.

Χρειάζονται να σχεδιαστούν και να υλοποιηθούν άλλες ασκήσεις, καθώς και να συνδεθούν μεταξύ τους σε μια εφαρμογή. Δυσκολία θα υπάρχει στην εξεύρεση μιας σωστής ιδέας παιχνιδιού για μια άσκηση μιας και αυτό απαιτεί δημιουργική και καλλιτεχνική διαίσθηση.

Για την άσκηση προσαγωγής ώμων το Unity Asset Store παρέχει διάφορα assets όπως ρακέτες, μπάλες και γήπεδο αντισφαίρισης, πολλά από αυτά όμως είναι επί πληρωμής. Αν στο μέλλον υπάρχει η θέληση για υλοποίηση ενός ρεαλιστικού περιβάλλοντος τότε κατα πάσα πιθανότητα θα χρειαστεί η αγορά τέτοιων assets.

Επίσης χρειάζεται να γίνει η σύνδεση των αδρανειακών συσκευών με σωστό τρόπο στα εικονικά περιβάλλοντα για να μπορούν να είναι διαδραστικά.

Στο avatar που θα χρησιμοποιείται πρέπει να μουν όρια στην κίνηση για να μην υπάρχει παραμόρφωση του εικονικού σώματος. Πιο τεχνικά το εύρος κίνησης μπορεί να οριοθετηθεί με μια εντολή if, μέσα στην συνάρτηση FixedUpdate() που εκτελείται σε κάθε frame. Για παράδειγμα η κίνηση να είναι περιορισμένη στο πεδίο [3,5] στον άξονα ψ. Ο σκοπός που γίνεται αυτό εκτός για να αποφευχθεί παραμόρφωση του σώματος του avatar είναι και για να υποδείξει στο χρήστη ένα αποδεκτό εύρος κίνησης. Σε μελλοντικό στάδιο αυτό μπορεί να προσαρμόζεται ρητά και να διαφέρει από ασθενή σε ασθενή.

Εκτός από αυτό μια μελλοντική εργασία μπορεί να υλοποιηθεί σε μια άλλη πιο καλύτερη πλατφόρμα εάν οι τιμές της συγκεκριμένης χρονικής περιόδου το επιτρέπουν, γενικά αναμένεται πως γυαλιά εικονικής πραγματικότητας που είναι ακριβά σήμερα στο μέλλον θα έχουν πιο προσιτή τιμή.

Βιβλιογραφία

- [1] Wikipedia, 2020, Cancer. [online] Wikipedia Available at: <https://en.wikipedia.org/wiki/Cancer> [Accessed 17 June 2020].
- [2] The National Cancer Institute, 2020. What Is Cancer?. [online] National Cancer Institute. Available at: <https://www.cancer.gov/about-cancer/understanding/what-is-cancer> [Accessed 17 June 2020].
- [3] ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΥΓΕΙΑΣ, 2020, Στατιστικές [online] Υπουργείο Υγείας. Available at: <https://www.moh.gov.cy/Moh/MOH.nsf/All/9F82B5D1524035B2C22579C6002EC18D?OpenDocument> [Accessed 17 June 2020].
- [4] Warren, A., Brorson, H., Borud, L., & Slavin, S. (2007). Lymphedema. *Annals Of Plastic Surgery*, 59(4), 464-472. doi: 10.1097/01.sap.0000257149.42922.7e
- [5] Ribeiro Pereira, A., Koifman, R., & Bergmann, A. (2017). Incidence and risk factors of lymphedema after breast cancer treatment: 10 years of follow-up. *The Breast*, 36, 67-73. doi: 10.1016/j.breast.2017.09.006
- [6] Anthes, C., Garcia-Hernandez, R., Wiedemann, M., & Kranzlmuller, D. (2016). State of the art of virtual reality technology. 2016 IEEE Aerospace Conference. doi: 10.1109/aero.2016.7500674
- [7] Metropolitan Hospital, 2020, Καρκίνος Μαστού. [online] Metropolitan Hospital. Available at: <https://www.metropolitan-hospital.gr/el/%CF%85%CF%80%CE%B7%CF%81%CE%B5%CF%83%CE%AF%CE%B5%CF%82/%CF%80%CF%81%CF%89%CF%84%CE%BF%CF%80%CE%BF%CF%81%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AD%CF%82-%CF%85%CF%80%CE%B7%CF%81%CE%B5%CF%83%CE%AF%CE%B5%CF%82/%CE%B1%CE%BA%CF%84%CE%B9%CE%BD%CE%BF%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%B1%CF%80%CE%B5%CF%85%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE-%CE%BF%CE%B3%CE%BA%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%>

[B3%CE%AF%CE%B1/%CF%85%CF%80%CE%B7%CF%81%CE%B5%CF%83%CE%B9%CE%B5%CF%83/%CE%BA%CE%B1%CF%81%CE%BA%CE%AF%CE%BD%CE%BF%CF%82-%CE%BC%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%BF%CF%8D#%CE%B1%CE%BD%CE%B1%CF%80%CF%84%CF%85%CE%BE%CE%B7-%CF%84%CE%BF%CF%85-%CE%BA%CE%B1%CF%81%CE%BA%CE%B9%CE%BD%CE%BF%CF%85-%CF%84%CE%BF%CF%85-%CE%BC%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%BF%CF%85](#) [Accessed 17 June 2020].

[8] Vascular Health, 2020, Καρκίνος του μαστού και λεμφοίδημα [online] Vascular Health. Available at:

<https://www.vascularhealth.gr/gr/%CE%BA%CE%B1%CF%81%CE%BA%CE%AF%CE%BD%CE%BF%CF%82-%CF%84%CE%BF%CF%85-%CE%BC%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%BF%CF%8D-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CE%BB%CE%B5%CE%BC%CF%86%CE%BF%CE%AF%CE%B4%CE%B7%CE%BC%CE%B1> [Accessed 17 June 2020].

[9] hygeia.gr, 2020, Κλινική σημασία των μικροαποτιτανώσεων. [online] hygeia.gr Available at:

<https://www.hygeia.gr/kliniki-simasia-ton-mikroapotitanoseon-viopsia-epeita-apo-entopismo-me-syrmatino-odigo/> [Accessed 17 June 2020].

[10] Wikipedia, 2020, Virtual Reality. [online] Wikipedia Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_reality [Accessed 17 June 2020].

[11] Shewaga, R., Uribe-Quevedo, A., Kapralos, B., & Alam, F. (2020). A Comparison of Seated and Room-Scale Virtual Reality in a Serious Game for Epidural Preparation. IEEE Transactions On Emerging Topics In Computing, 8(1), 218-232. doi: 10.1109/tetc.2017.2746085

[12] Lányi, C. Virtual Reality in Healthcare. Intelligent Paradigms For Assistive And Preventive Healthcare, 87-116. doi: 10.1007/11418337_3

[13]Wiederhold, B.K, Wiederhold, M.D., Virtual Reality Therapy for Anxiety Disorders, Advances in evaluation and treatment, American Psychological Association, Washington, 2005. pp. 185-186. and 192-196.

- [14] Jones, T., Moore, T., & Choo, J. (2016). The Impact of Virtual Reality on Chronic Pain. PLOS ONE, 11(12), e0167523. doi: 10.1371/journal.pone.0167523
- [15] Hoffman, H., Patterson, D., Seibel, E., Soltani, M., Jewett-Leahy, L., & Sharar, S. (2008). Virtual Reality Pain Control During Burn Wound Debridement in the Hydrotank. The Clinical Journal Of Pain, 24(4), 299-304. doi: 10.1097/ajp.0b013e318164d2cc
- [16] Sveistrup, H. (2004). Motor rehabilitation using virtual reality (Review). Journal Of Neuroengineering And Rehabilitation, 1(1), 10. doi: 10.1186/1743-0003-1-10
- [17] Sucar, L., Orihuela-Espina, F., Velazquez, R., Reinkensmeyer, D., Leder, R., & Hernandez-Franco, J. (2014). Gesture Therapy: An Upper Limb Virtual Reality-Based Motor Rehabilitation Platform. IEEE Transactions On Neural Systems And Rehabilitation Engineering, 22(3), 634-643. doi: 10.1109/tnsre.2013.2293673
- [18] Sisto, S., Forrest, G., & Glendinning, D. (2002). Virtual Reality Applications for Motor Rehabilitation After Stroke. Topics In Stroke Rehabilitation, 8(4), 11-23. doi: 10.1310/yabd-14ka-159p-mn6f
- [19] Wiki.unity3d.com, 2020, Unity3d [online] Unity Community Available at: http://wiki.unity3d.com/index.php/Main_Page [Accessed 17 June 2020].
- [20] Wikipedia, 2020, Inertial Measurement Unit [online] Wikipedia Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Inertial_measurement_unit [Accessed 17 June 2020].
- [21] Wikipedia, 2020, Oculus Quest [online] Wikipedia Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Oculus_Quest [Accessed 17 June 2020].
- [22] Henderson, A., Korner-Bitensky, N., & Levin, M. (2007). Virtual Reality in Stroke Rehabilitation: A Systematic Review of its Effectiveness for Upper Limb Motor Recovery. Topics In Stroke Rehabilitation, 14(2), 52-61. doi: 10.1310/tsr1402-52

- [23] Wikipedia, 2020, Pain [online] Wikipedia Available at: <https://en.wikipedia.org/wiki/Pain#:~:text=Pain%20is%20a%20distressing%20feeling,in%20terms%20of%20such%20damage%22>. [Accessed 17 June 2020].
- [24] Yiannakides, A., Aristidou, A., & Chrysanthou, Y. (2019). Real-time 3D human pose and motion reconstruction from monocular RGB videos. Computer Animation And Virtual Worlds, 30(3-4). doi: 10.1002/cav.1887
- [25] Arvr.google.com, 2020, Google Cardboard – Google VR [online] Arvr.google.com Available at: <https://arvr.google.com/cardboard/> [Accessed 17 June 2020].
- [26] Infinadeck, 2020, Infinadeck [online] Infinadeck Available at: <https://infinadeck.com/> [Accessed 17 June 2020].
- [27] Steam, 2020 VersaillesVR | the Palace is yours on Steam. [online] Steam Available at: https://store.steampowered.com/app/1098190/VersaillesVR_the_Palace_is_yours/ [Accessed 17 June 2020].
- [28] Steam, 2020, Steam Store. [online] Steam Available at: <https://store.steampowered.com/> [Accessed 17 June 2020].
- [29] Wikipedia, 2020, Exposure Therapy. [online] Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Exposure_therapy#:~:text=Exposure%20therapy%20is%20a%20technique,overcome%20their%20anxiety%20or%20distress. [Accessed 17 June 2020].
- [30] Visual Studio, 2020, Visual Studio Code - Code Editing. Redefined. [online] Available at: <https://code.visualstudio.com/> [Accessed 17 June 2020].
- [31] Assetstore.unity.com, 2020, Nature Starter Kit 2 | 3D Environments | Unity Asset Store. [online] Assetstore.unity.com Available at: <https://assetstore.unity.com/packages/3d/environments/nature-starter-kit-2-52977> [Accessed 17 June 2020].

[32] Gershon, J., Zimand, E., Lemos, R., Rothbaum, B., & Hodges, L. (2003). Use of Virtual Reality as a Distractor for Painful Procedures in a Patient with Pediatric Cancer: A Case Study. *Cyberpsychology & Behavior*, 6(6), 657-661. doi: 10.1089/109493103322725450

[33] fyssas.gr, 2020, Καρκίνος (Όγκος) Μαστού: Αιτίες & Ενδείξεις | fyssas.gr. [online] fyssas.gr Available at: <https://fyssas.gr/karkinos-ogkos-mastou/> [Accessed 17 June 2020].

[34] ΓΝ Ηρακλείου Βενιζέλειο, 2020, Τι είναι το λεμφοίδημα και πως αντιμετωπίζεται [online] ΓΝ Ηρακλείου Βενιζέλειο Available at: <https://www.venizeleio.gr/ti-ine-to-lemfidima-ke-pos-antimetopizete/> [Accessed 17 June 2020].

[35] Youtube, 2020, Guardian System [online] youtube.com Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=J177A0UB60Q> [Accessed 17 June 2020].

[37] Hamswan, 2020, HAMSWAN G04EA 3D VR Glasses with Built-in Headset [online] Hamswan.com Available at: https://www.hamswan.com/hamswan-g04ea-3d-vr-glasses-with-built-in-headset_p0048.html [Accessed 17 June 2020].