

Ατομική Διπλωματική Εργασία

**ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΕΙΚΟΝΙΚΗΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ
ΓΙΑ ΠΡΟΛΗΨΗ ΚΑΙ ΘΕΡΑΠΕΙΑ ΛΕΜΦΟΙΔΗΜΑΤΟΣ**

Γεωργία Αναστάση

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ



ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Ιούνιος 2020

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

**Ανάπτυξη Εφαρμογής Εικονικής Πραγματικότητας για Πρόληψη και Θεραπεία
Λεμφοιδήματος**

Γεωργία Αναστάση

Επιβλέπων Καθηγητής
Καθηγητής Κωνσταντίνος Σ. Παττίχη

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

Ιούνιος 2020

Ευχαριστίες

Πρωτίστως θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής μου εργασίας καθηγητή Κωνσταντίνο Σ. Παττίχη για την εμπιστοσύνη και την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο θέμα, αλλά και για την ανατροφοδότηση και τις συμβουλές που μου παρείχε.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στην Δρ. Μαρία Ματσαγγίδου για την πολύτιμη βοήθεια της και την άψογη συνεργασία που είχαμε όλο αυτό το διάστημα. Η καθοδήγηση, οι συμβουλές και η ανατροφοδότηση που μου έδινε ήταν καθοριστικά για την διεκπεραίωση της διπλωματικής μου εργασίας. Θα ήθελα να την ευχαριστήσω για την κατανόηση και την προθυμία που έδειχνε να βοηθήσει στα τυχόν προβλήματα που προέκυπταν, αλλά και για το προσωπικό ενδιαφέρον.

Κλείνοντας, θέλω να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες στην οικογένεια μου για την αγάπη και την υποστήριξη τους όλα αυτά τα χρόνια στις σπουδές μου και όχι μόνο. Τέλος, ευχαριστώ τους κοντινούς μου φίλους οι οποίοι είναι πάντα δίπλα μου και με στηρίζουν.

Περίληψη

Το λεμφοίδημα είναι μια από τις πιο συνηθισμένες παρενέργειες σε ασθενείς που νοσούν από καρκίνο του μαστού και μπορεί να προκληθεί αν οι λεμφαδένες υποστούν οποιαδήποτε βλάβη. Είναι μια χρόνια πάθηση που εμφανίζεται κυρίως στο βραχίονα του άκρου που βρίσκεται στην ίδια πλευρά με το μαστό στον οποίο βρίσκεται ο όγκος. Η πρόληψη και η θεραπεία αφορούν φυσικές μεθόδους που σκοπεύουν πρωτίστως να αποτρέψουν την ανάπτυξη του λεμφοιδήματος αλλά και την αντιμετώπιση των συμπτωμάτων στις περιπτώσεις που έχει ήδη αναπτυχθεί. Η θεραπευτική προσέγγιση περιλαμβάνει άσκηση/κίνηση του άκρου, συμπίεσεις/μασάζ, φροντίδα του άκρου, ελαχιστοποίηση τραυματισμών, διαχείριση πόνου και ψυχοκοινωνική διαχείριση.

Όσον αφορά την άσκηση και την φυσικοθεραπεία οι ασθενείς με λεμφοίδημα αντιμετωπίζουν κάποια εμπόδια. Υπάρχει ανάγκη για εύρεση κάποιου τρόπου που θα περιορίζει στο μέγιστο δυνατό βαθμό τα εμπόδια που αντιμετωπίζουν οι ασθενείς κατά τη διαδικασία πρόληψης και θεραπείας του λεμφοιδήματος, όσον αφορά το κομμάτι των ασκήσεων. Στόχος της παρούσας διπλωματικής είναι η δημιουργία μιας κινητής εφαρμογής εικονικής πραγματικότητας για πρόληψη και θεραπεία του λεμφοιδήματος που θα ενθαρρύνει τους ασθενείς να εκτελούν τις κατάλληλες ασκήσεις σε ικανοποιητική διάρκεια και όσον το δυνατόν λιγότερο επώδυνα .

Αναμένετε ότι με τη χρήση της συγκεκριμένης εφαρμογής οι ασθενείς θα αυξήσουν τη συχνότητα εκτέλεσης του προγράμματος άσκησης, με αποτέλεσμα τη βελτίωση των συμπτωμάτων του λεμφοιδήματος. Επίσης, αναμένεται ότι η χρήση αυτής της εφαρμογής εικονικής πραγματικότητας θα βελτιώσει την αντίληψη των ασθενών για τη δυσκολία της άσκησης και την αντοχή στην εκτέλεση μιας εξαντλητικής μυϊκής άσκησης. Αναμένεται ότι αυτή η εφαρμογή εικονικής πραγματικότητας είναι δυνατόν να παρέχει το πρόγραμμα άσκησης ως εναλλακτική λύση ή ως ενίσχυση της φυσιοθεραπείας που αφορά ασθενείς με λεμφοίδημα.

Για βελτιστοποίηση της συγκεκριμένης εφαρμογής, αναμένεται σε μεταγενέστερο στάδιο να υλοποιηθούν και θα προστεθούν επιπλέον λειτουργίες.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1	Εισαγωγή.....	1
1.1	Γενική Εισαγωγή.....	1
1.2	Διατύπωση Προβλήματος.....	4
1.3	Στόχος Διπλωματικής Εργασίας.....	5
1.4	Συνεισφορά στη Βιβλιογραφία.....	6
1.5	Δομή Διπλωματικής Εργασίας.....	6
Κεφάλαιο 2	Βιβλιογραφική Ανασκόπηση.....	8
2.1	Καρκίνος του Μαστού και Λεμφοίδημα.....	8
2.1.1	Λεμφοίδημα και Άσκηση.....	12
2.1.2	Λεμφοίδημα και Πόνος.....	15
2.2	Εικονική Πραγματικότητα.....	16
2.3	Εικονική Πραγματικότητα και Φροντίδα Υγείας.....	19
2.3.1	Εικονική Πραγματικότητα και Αποκατάσταση Κίνησης.....	22
2.3.2	Εικονική Πραγματικότητα και Καρκίνος.....	29
Κεφάλαιο 3	Παρουσίαση Εξοπλισμού, Εικονικών Περιβαλλόντων και Εργαλείων..	34
3.1	Το Σύστημα Εικονικής Πραγματικότητας.....	34
3.1.1	Οι Ασκήσεις.....	36
3.1.2	Τα Εικονικά Περιβάλλοντα.....	41
3.1.3	Εξοπλισμός Συστήματος.....	49

Κεφάλαιο 4	Συζήτηση.....	55
4.1	Συμπεράσματα.....	55
4.2	Μελλοντική Εργασία.....	56
Βιβλιογραφία	58

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1.1: Κλινική εικόνα λεμφοιδήματος άνω άκρου.....	3
Εικόνα 2.1: Σχηματικό διάγραμμα λεμφικού συστήματος.....	12
Εικόνα 3.1: Οπτική αναπαράσταση της κίνησης για κλίση αυχένα.....	37
Εικόνα 3.2: Οπτική αναπαράσταση της για στροφική κίνηση αυχένα.....	38
Εικόνα 3.3: Οπτική αναπαράσταση της κίνησης για καμπή αυχένα.....	38
Εικόνα 3.4: Οπτική αναπαράσταση για πολλαπλές ασκήσεις βραχίονα.....	39
Εικόνα 3.5: Οπτική αναπαράσταση για πλάγια θέση ανύψωσης βραχίονα.....	40
Εικόνα 3.6: Εικονικό περιβάλλον άσκησης για κλίση αυχένα.....	42
Εικόνα 3.7: Εικονικό περιβάλλον άσκησης για στροφική κίνηση αυχένα.....	43
Εικόνα 3.8: Εικονικό περιβάλλον άσκησης για καμπή αυχένα.....	44
Εικόνα 3.9: Εικονικό περιβάλλον άσκησης για πολλαπλές ασκήσεις βραχίονα.....	45
Εικόνα 3.10: Εικονικό περιβάλλον άσκησης για πλάγια θέση ανύψωσης βραχίονα.....	46
Εικόνα 3.11: Οπτική κλίμακα αξιολόγησης πόνου.....	47
Εικόνα 3.12: Εικονικό περιβάλλον για προβολή ασκήσεων κάθε κατηγορίας.....	48
Εικόνα 3.13: Στιγμιότυπο προεπισκόπησης άσκησης μέσω video.....	48
Εικόνα 3.14: Στιγμιότυπο ειδοποίησης στο κινητό.....	47
Εικόνα 3.15: Hamswan HMD συσκευή.....	53
Εικόνα 3.16: Οπτική αναπαράσταση τοποθέτησης αισθητήρων στο άκρο.....	54

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1 Γενική Εισαγωγή	1
1.2 Διατύπωση Προβλήματος	4
1.3 Στόχος Διπλωματικής Εργασίας	5
1.4 Συνεισφορά στη Βιβλιογραφία	6
1.5 Δομή Διπλωματικής Εργασίας	6

1.1 Γενική Εισαγωγή

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας [1], το 2018 ο καρκίνος ήταν η δεύτερη αιτία θανάτου παγκόσμια με ποσοστό 16.6%, δηλαδή ένα στους έξι θανάτους.

Ο καρκίνος είναι ένα από τα σοβαρότερα προβλήματα υγείας που αντιμετωπίζει η ανθρωπότητα σήμερα και αφορά ομάδα νοσημάτων που προκαλούν αλλαγές στη φυσιολογική λειτουργία των κυττάρων του οργανισμού. Τα κύτταρα στον ανθρώπινο οργανισμό αναπτύσσονται και διαιρούνται με ελεγχόμενο τρόπο, με σκοπό να αντικαταστήσουν τα κύτταρα που πεθαίνουν ή καταστρέφονται. Όταν ο καρκίνος αναπτυχθεί σε κάποιο μέρος του σώματος, ορισμένα από τα κύτταρα σταματούν να συμπεριφέρονται φυσιολογικά και αρχίζουν να διαιρούνται ανεξέλεγκτα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να εξαπλώνονται στους γύρω ιστούς και τα όργανα του σώματος δημιουργώντας μια μάζα κυττάρων που ονομάζονται όγκοι [1, 2].

Η δημιουργία του καρκίνου του μαστού προκύπτει όταν η ανεξέλεγκτη διαίρεση των κυττάρων συμβαίνει είτε στους αδένες που παράγουν το μητρικό γάλα, στους λοβούς,

είτε στους αγωγούς του μαστού που μεταφέρουν το γάλα στη θηλή [3]. Ο καρκίνος του μαστού είναι η πιο διαδεδομένη μορφή καρκίνου στις γυναίκες, με περίπου 2.1 εκατομμύρια καινούργια περιστατικά κάθε χρόνο. Αφορά την κυριότερη αιτία θανάτου από καρκίνο στις γυναίκες παγκοσμίως με ποσοστό περίπου 15% από το συνολικό αριθμό θανάτων [1].

Με την εμφάνιση πολλαπλών μεθόδων θεραπείας και την έγκαιρη ανίχνευση, παρουσιάστηκε σημαντική βελτίωση στο ποσοστό επιβίωσης για ασθενείς με καρκίνο του μαστού [4]. Λαμβάνοντας υπόψη το στάδιο του καρκίνου και κάποιους επιπλέον παράγοντες, η θεραπεία μπορεί να περιλαμβάνει αφαίρεση του όγκου, μαστεκτομή, αφαίρεση λεμφαδένων, ακτινοθεραπεία, ορμονοθεραπεία και χημειοθεραπεία [5]. Όλες οι θεραπείες που σχετίζονται με τον καρκίνο έχουν σοβαρές παρενέργειες όπως κόπωση, αδυναμία, μειωμένη όρεξη για καθημερινές δραστηριότητες, μείωση μυών, κατάθλιψη, πτώση μαλλιών [6].

Σε ότι αφορά παρενέργειες που προκύπτουν όταν ο ασθενής νοσεί από καρκίνο του μαστού, το λεμφοίδημα είναι μια από τις πιο συνηθισμένες παρενέργειες. Μπορεί να προκληθεί εάν οι λεμφαδένες μπλοκαριστούν, καταστραφούν ή αφαιρεθούν με χειρουργική επέμβαση. Αφορά μια χρόνια πάθηση που εμφανίζεται κυρίως στο βραχίονα του χεριού που βρίσκεται στην ίδια πλευρά με το στήθος που υποβλήθηκε σε θεραπεία για τον καρκίνο του μαστού, αλλά μπορεί επίσης να εμφανιστεί στο λαιμό, το χέρι ή την πλάτη [7]. Το λεμφοίδημα είναι η συσσώρευση του πλούσιου σε πρωτεΐνη λεμφικού υγρού, στους ιστούς του σώματος εξαιτίας της βλάβης που υπέστη το λεμφικό σύστημα [4]. Τα πιο σημαντικά συμπτώματα που μπορεί να προκαλέσει είναι το πρήξιμο που μπορεί να οδηγήσει σε παραμόρφωση του άκρου, καθώς επίσης και μείωση της λειτουργικότητας και της κίνησης του χεριού [8]. Κάθε ασθενής που ακολούθησε θεραπεία για καρκίνο του μαστού, έχει αυξημένες πιθανότητες να αναπτύξει λεμφοίδημα είτε εντός μερικών ημερών μετά τη θεραπεία ή ακόμη και μετά από χρόνια[4]. Συγκεκριμένα, περίπου ένας στους πέντε ασθενείς με καρκίνο του μαστού θα αναπτύξουν λεμφοίδημα[5].

Εξαιτίας των πρόσφατων τεχνολογικών εξελίξεων, η ανάπτυξη και η εφαρμογή της σύγχρονης τεχνολογίας στο τομέα της υγείας, δίνει τη δυνατότητα για νέες μη παρεμβατικές προσεγγίσεις για τη διαχείριση των συμπτωμάτων που σχετίζονται με τον

καρκίνο. Τέτοιες μη παρεμβατικές προσεγγίσεις μπορούν να υλοποιηθούν με τη χρήση της εικονικής πραγματικότητας. Η εικονική πραγματικότητα είναι ένα καινοτόμο εργαλείο, με σύνολο αισθητηριακών εισόδων, που δίνει τη δυνατότητα στον άνθρωπο να βιώσει ένα εικονικό περιβάλλον σε πραγματικό χρόνο [9]. Η τεχνολογία εικονικής πραγματικότητας παρέχει μεγάλες δυνατότητες παρεμβατικών θεραπειών στη διαχείριση συμπτωμάτων που σχετίζονται με μείωση πόνου, άγχους, κατάθλιψη και νοητική δυσλειτουργία[10]. Εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας έχουν χρησιμοποιηθεί και για θεραπείες που αφορούν ασθένειες με καρκίνο, για αντιμετώπιση του άγχους σε παιδιά με καρκίνο και της δυσφορίας κατά τη διάρκεια της χημειοθεραπείας σε ασθενείς με καρκίνο του μαστού. Η χρήση της εικονικής πραγματικότητας για απόσπαση της προσοχής από τον πόνο ήταν ευεργετική για ασθενείς με καρκίνο, και έχει δοκιμαστεί για ανακούφιση των συμπτωμάτων σε ασθενείς με καρκίνο του μαστού κατά τη διάρκεια της χημειοθεραπείας [11].

Οι εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας παρατηρούνται και στις θεραπευτικές παρεμβάσεις αποκατάστασης της λειτουργίας του άνω άκρου με σημαντική αποτελεσματικότητα και βελτίωση στην επιτυχή διεξαγωγή των καθημερινών δραστηριοτήτων διαβίωσης των ασθενών [12]. Η μείωση της κινητικότητας του άνω άκρου είναι μια από τις βασικές συνέπειες του λεμφοιδήματος, επομένως τέτοιες εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για τη θεραπεία της δυσλειτουργίας του άνω άκρου και του πόνου που προκαλούνται από την ανάπτυξη λεμφοιδήματος.



Εικόνα 1.1 : Κλινική εικόνα λεμφοιδήματος άνω άκρου σε γυναίκες με καρκίνο του μαστού

1.2 Διατύπωση Προβλήματος

Ασθενείς με καρκίνο του μαστού προβαίνουν συνήθως σε θεραπείες που περιλαμβάνουν αφαίρεση ολόκληρου ή μέρος του μαστού, ή και σε χημειοθεραπείες και ακτινοθεραπείες. Το λεμφοίδημα είναι η συχνότερη συνέπεια ορισμένων θεραπειών του καρκίνου του μαστού.

Το λεμφοίδημα είναι μια χρόνια ασθένεια που προκαλείται από βλάβη στο λεμφικό σύστημα και μπορεί να εκδηλωθεί ως οίδημα. Έχει τόσο φυσικές όσο και ψυχολογικές συνέπειες στην υγεία των ασθενών. Η αύξηση στο μέγεθος του άκρου από το πρήξιμο που προκαλείται από το οίδημα επηρεάζει τη λειτουργικότητα και την εικόνα του. Πόνος, δυσφορία και αίσθηση βάρους ή σφιξίματος στο άκρο είναι τα συνήθεις συμπτώματα που παρουσιάζουν οι ασθενείς [13].

Η πρόληψη και η θεραπεία αφορούν φυσικές μεθόδους που σκοπεύουν πρωτίστως να αποτρέψουν την ανάπτυξη του λεμφοιδήματος αλλά και την αντιμετώπιση των συμπτωμάτων στις περιπτώσεις που έχει ήδη αναπτυχθεί [14]. Παρόλα αυτά δεν γίνεται αναφορά σε κάποια ειδική θεραπεία ή πρόληψη αλλά προτείνεται ένας συνδυασμός, συμπεριλαμβανομένων προσωπικής φροντίδας, διατήρηση του ιδανικού σωματικού βάρους, προσοχή από τραυματισμούς στο άνω άκρο, γάζες συμπίεσης, φυσικοθεραπεία, εκτέλεση καθημερινών ασκήσεων και κίνηση του άκρου.

Όσον αφορά την άσκηση και την φυσικοθεραπεία οι ασθενείς με λεμφοίδημα αντιμετωπίζουν κάποια εμπόδια. Λόγω του πρηξίματος και της παραμόρφωσης που προκαλείται στο άκρο των ασθενών, υπάρχει αμηχανία έκθεσης τους στο κοινό. Επιπλέον, υπάρχει αβεβαιότητα για την καταλληλότητα και το επίπεδο των ασκήσεων καθώς και φόβος για επιδείνωση του λεμφοιδήματος [13].

Εξαιτίας του συμπτώματος του πόνου, οι ασθενείς παρουσιάζουν δυσκολία στην επιτυχή ολοκλήρωση της άσκησης. Επιπρόσθετα, λόγω ήδη επιβαρυσμένου οικονομικού φόρτου από τη θεραπεία για τον καρκίνο του μαστού, πιθανόν οι ασθενείς να μην είναι σε θέση για περαιτέρω έξοδα για επίσκεψη σε φυσικοθεραπευτές ώστε να τους κατευθύνουν στην εκτέλεση των ασκήσεων. Η δυσκολία στην κατανόηση της άσκησης ίσως να είναι ένας ακόμη αποτρεπτικός παράγοντας για τους ασθενείς. Ψυχολογικοί

παράγοντες και έλλειψη διάθεσης για άσκηση αποτρέπουν τους ασθενείς από την εκτέλεση των καθημερινών ασκήσεων που χρειάζεται να γίνουν.

Λόγω της φυσικής υπόστασης της πρόληψης και της θεραπείας που προτείνεται για το λεμφοίδημα, κυρίως μέσω των ασκήσεων, πρέπει να βρεθεί τρόπος που θα ενθαρρύνει τους ασθενείς να εκτελούν τις κατάλληλες ασκήσεις σε ικανοποιητική διάρκεια και όσον το δυνατόν λιγότερο επώδυνα . Υπάρχει ανάγκη για εύρεση κάποιου τρόπου που θα περιορίζει στο μέγιστο δυνατό βαθμό τα εμπόδια που αντιμετωπίζουν οι ασθενείς κατά τη διαδικασία πρόληψης και θεραπείας του λεμφοιδήματος, όσον αφορά το κομμάτι των ασκήσεων.

1.3 Στόχος Διπλωματικής Εργασίας

Στόχος της έρευνας είναι η δημιουργία μιας κινητής εφαρμογής εικονικής πραγματικότητας για πρόληψη και θεραπεία του λεμφοιδήματος, που θα επιτρέπει στους ασθενείς να εκτελούν τις προτεινόμενες ασκήσεις στον προσωπικό τους χώρο. Σκοπός είναι να υλοποιηθεί ένα ήρεμο και χαλαρωτικό περιβάλλον που θα βοηθά τους ασθενείς να νιώθουν ευχάριστα όταν χρησιμοποιούν την εφαρμογή. Επίσης, για να δοθεί κίνητρο στους χρήστες να εκτελούν συστηματικά τις ασκήσεις και να διαφοροποιηθεί η τυπική διαδικασία εκτέλεσης, ο σχεδιασμός τους θα γίνει με πιο παιγνιώδη τρόπο.

Η εφαρμογή που θα υλοποιηθεί πρέπει να έχει χαμηλό κόστος ώστε να μπορεί να αποκτηθεί εύκολα από τους ασθενείς, λύνοντας το οικονομικό εμπόδιο που λειτουργεί ως αποτρεπτικός παράγοντας στην πρόληψη και θεραπεία του λεμφοιδήματος. Για τη σωστή λειτουργία της εφαρμογής θα πρέπει να ακολουθηθούν οι προδιαγραφές για τις προτεινόμενες ασκήσεις, επομένως είναι απαραίτητο ένα πρωτόκολλο ασκήσεων από ειδικούς.

Για τον σχεδιασμό κατάλληλων εικονικών περιβαλλόντων που θα παρέχουν μια λιγότερο οδυνηρή εμπειρία άσκησης, πρωταρχικό βήμα είναι η κατανόηση της πιθανής επίδρασης της εικονικής πραγματικότητας στον πόνο κατά την εκτέλεση της άσκησης. Είναι σημαντικό να κατανοηθεί κατά πόσο οι ασθενείς χρησιμοποιούν τέτοιου είδους εφαρμογές και τη συχνότητα της χρήσης τους, για να γίνει αντιληπτό αν μια τέτοια

εφαρμογή θα παρακινεί τους ασθενείς να πραγματοποιούν τις ασκήσεις και έτσι να ενισχύσει την πρόληψη και τη θεραπεία του λεμφοιδήματος.

1.4 Συνεισφορά στη Βιβλιογραφία

Στη βιβλιογραφική ανασκόπηση που έγινε εντοπίστηκαν αρκετές μελέτες που είχαν σκοπό να διερευνήσουν τη χρήση της εφαρμογής εικονικής πραγματικότητας στην αποκατάσταση της κίνησης και της λειτουργικότητας του άνω άκρου μετά από τραυματισμό ή εγκεφαλικό επεισόδιο. Μια μόνο όμως μελέτη έχει διεξαχθεί για να διερευνήσει τα πιθανά αποτελέσματα ενός προγράμματος αποκατάστασης εικονικής πραγματικότητας στη δυσλειτουργία του άνω άκρου σε ασθενείς που υποβάλλονται σε επέμβαση καρκίνου του μαστού. Συγκεκριμένα, το πρόγραμμα αυτό ήταν βασισμένο στη χρήση του X-Box Kinect. Το Kinect αποτελεί ένα είδος εικονικής πραγματικότητας, με αρκετά υψηλό κόστος αγοράς.

Η μελέτη αυτή θα ενισχύσει τη έλλειψη που υπάρχει στη βιβλιογραφία σχετικά με τη χρήση της εφαρμογής εικονικής πραγματικότητας σε σχέση με το λεμφοίδημα. Αποσκοπεί στη διερεύνηση πιθανών επιπτώσεων μιας χαμηλού κόστους εφαρμογής εικονικής πραγματικότητας στην ενίσχυση της πρόληψης και της θεραπείας του λεμφοιδήματος και της λειτουργικότητας του άνω άκρου σε ασθενείς που υποβάλλονται σε θεραπεία για καρκίνο του μαστού. Εξετάζεται επίσης η πιθανή χρήση ενός προγράμματος ασκήσεων μέσω βιντεοπαιχνιδιών εικονικής πραγματικότητας ως εναλλακτική ή ενισχυτική πρόληψη και θεραπεία σε ένα πρότυπο πρόγραμμα φυσικοθεραπείας.

1.5 Δομή Διπλωματικής Εργασίας

Η δομή της διπλωματικής εργασίας αναλύεται στα κεφάλαια 2 μέχρι 4 ως ακολούθως:

Κεφάλαιο 2:

Το κεφάλαιο δύο περιέχει μια ανασκόπηση της υπάρχουσας βιβλιογραφίας για θέματα που σχετίζονται με την παρούσα ανάλυση. Γίνεται μια πιο εις βάθος επεξήγηση για το λεμφοίδημα και τη συσχέτιση του με τον πόνο και την άσκηση. Επιπλέον, επεξηγείται η τεχνολογία της εικονικής πραγματικότητας και ο ρόλος της στην φροντίδα υγείας.

Τέλος, αναπτύσσεται η χρήση της εικονικής πραγματικότητας στην αποκατάσταση της κίνησης και στις θεραπείες για τον καρκίνο.

Κεφάλαιο 3:

Στο κεφάλαιο τρία αναλύονται οι απαιτήσεις και καθορίζονται οι προδιαγραφές του συστήματος. Παρουσιάζεται η λειτουργία του συστήματος εικονικής πραγματικότητας και επεξηγούνται οι ακριβείς κινήσεις για κάθε μια από τις ασκήσεις που υλοποιήθηκαν. Έπειτα περιγράφονται τα εικονικά περιβάλλοντα τα οποία υλοποιήθηκαν για τις ασκήσεις και τις υπόλοιπες λειτουργίες που παρέχει το σύστημα. Τέλος, αναλύεται ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για την υλοποίηση και τη χρήση της εφαρμογής.

Κεφάλαιο 4:

Στο τέταρτο και τελευταίο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα και η μελλοντική εργασία που χρειάζεται να γίνει για την βελτιστοποίηση της συγκεκριμένης εφαρμογής. Όσον αφορά τα συμπεράσματα, παρουσιάζεται πως αναμένεται η συγκεκριμένη εφαρμογή να βοηθήσει στην πρόληψη και την θεραπεία του λεμφοιδήματος.

Κεφάλαιο 2

Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

2.1	Καρκίνος του Μαστού και Λεμφοίδημα	8
2.1.1	Λεμφοίδημα και Άσκηση	12
2.1.2	Λεμφοίδημα και Πόνος	15
2.2	Εικονική Πραγματικότητα	16
2.3	Εικονική Πραγματικότητα στη Φροντίδα Υγείας	19
2.3.1	Εικονική Πραγματικότητα και Αποκατάσταση Κίνησης	22
2.3.2	Εικονική Πραγματικότητα και Καρκίνος	29

2.1 Καρκίνος του Μαστού και Λεμφοίδημα

Όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, ο καρκίνος είναι ένα από τα σοβαρότερα προβλήματα υγείας που αντιμετωπίζει η ανθρωπότητα σήμερα και περιγράφει ομάδα νοσημάτων που προκαλούν αλλαγές στη φυσιολογική λειτουργία των κυττάρων. Η μη φυσιολογική λειτουργία των κυττάρων στην περιοχή του μαστού προκαλούν την δημιουργία του καρκίνου του μαστού. Ο καρκίνος του μαστού αναπτύσσεται κυρίως στις γυναίκες αλλά μπορεί να αναπτυχθεί και σε άνδρες. Ο ιστός του μαστού αποτελείται από τον λιπώδη ιστό που είναι συνέχεια του υποδόριου λίπους και του λειτουργικού ιστού που περιλαμβάνει τους λοβούς και τους αγωγούς που εμπλέκονται στην παραγωγή και στην έκκριση του γάλακτος. Στους λοβούς παράγεται το γάλα, ενώ οι αγωγοί το μεταφέρουν από τους λοβούς στη θηλή. Οι περισσότεροι καρκίνοι του μαστού ξεκινούν είτε από τους λοβούς είτε από τους αγωγούς. Ο καρκίνος του μαστού είναι η πιο διαδομένη μορφή καρκίνου στις γυναίκες και η δεύτερη αιτία θανάτου από καρκίνο στις γυναίκες, μετά τον καρκίνο του πνεύμονα [15].

Με την εμφάνιση πολλαπλών μεθόδων θεραπείας και έγκαιρου εντοπισμού, παρουσιάστηκε σημαντική βελτίωση στο ποσοστό επιβίωσης για ασθενείς με καρκίνο του μαστού [4]. Η μαστογραφία, ο υπέρηχος, το MRI, η κλινική εξέταση μαστού από ιατρό και η αυτοεξέταση από τις ίδιες τις γυναίκες είναι σημαντικοί τρόποι για έγκαιρο εντοπισμό σε πρώιμο στάδιο, όταν ο όγκος είναι πιο εύκολα αντιμετωπίσιμος και η θεραπεία πιο αποτελεσματική [16]. Λαμβάνοντας υπόψη το στάδιο του καρκίνου, το μέγεθος του όγκου, την εμπλοκή των λεμφαδένων και κάποιου επιπλέον παράγοντες, η θεραπεία μπορεί να περιλαμβάνει αφαίρεση του όγκου, μαστεκτομή, αφαίρεση λεμφαδένων, ακτινοθεραπεία, ορμονοθεραπεία και χημειοθεραπεία [5].

Η κύρια θεραπεία για τον καρκίνο του μαστού είναι η χειρουργική επέμβαση. Για μικρού μεγέθους όγκους που δεν εμφανίζουν ενδείξεις εξάπλωσης εντός των ιστών ή εμπλοκής των λεμφαδένων ακολουθείται η διαδικασία της λοβεκτομής κατά την οποία αφαιρείται μόνο ο κακοήθης όγκος και οι γύρω ιστοί, δηλαδή αφαιρείται μόνο ένα μέρος του μαστού. Στις περισσότερες περιπτώσεις η λοβεκτομή ακολουθείται από ακτινοθεραπεία στο στήθος [15]. Για προχωρημένους κακοήθεις όγκους που έχουν εξαπλωθεί στο στήθος συνήθως ακολουθείται μαστεκτομή, δηλαδή ολική αφαίρεση του μαστού. Η ριζική μαστεκτομή η οποία αφορά αφαίρεση ολόκληρου του στήθους, των θωρακικών μυών και των λεμφαδένων της μασχάλης, πλέον δεν πραγματοποιείται αφού η αφαίρεση των μυών του στήθους δεν είναι απαραίτητη για την απομάκρυνση όλου του καρκίνου. Εάν ο καρκίνος έχει εξαπλωθεί είτε τοπικά στους ιστούς του μαστού είτε στους λεμφαδένες, η ακτινοθεραπεία και η χημειοθεραπεία χρησιμοποιούνται πριν από τη χειρουργική επέμβαση. Οι συγκεκριμένες μέθοδοι προκαλούν σημαντικές επιπτώσεις όπως απώλεια μαλλιών, απώλεια βάρους, εμετούς και ναυτία [3].

Εξαιτίας της τάσης του καρκίνου του μαστού να κάνει μεταστάσεις στους λεμφαδένες, τόσο στην λοβεκτομή όσο και στη μαστεκτομή αφαιρούνται ένας ή περισσότεροι λεμφαδένες από την αντίστοιχη μασχαλιαία περιοχή. Αυτό γίνεται για να περιοριστεί ο καρκίνος και για να εντοπιστεί πόσο προχωρημένη είναι η κατάσταση για να καθοριστούν περεταίρω θεραπείες[3]. Χειρουργικές επεμβάσεις (ή/και ακτινοθεραπείες) που εμπλέκουν τους μασχαλιαίους λεμφαδένες μπορεί να προκαλέσουν λεμφοίδημα.

Το λεμφοίδημα είναι μια από τις πιο συνηθισμένες παρενέργειες της θεραπείας του καρκίνου του μαστού. Αφορά μια χρόνια πάθηση που εμφανίζεται κυρίως στο βραχίονα του χεριού που βρίσκεται από την ίδια πλευρά με το μαστό που υποβλήθηκε σε θεραπεία, αλλά μπορεί επίσης να εμφανιστεί στο λαιμό, το χέρι και την πλάτη [7]. Κάθε ασθενής που ακολουθεί θεραπεία για καρκίνο του μαστού έχει αυξημένες πιθανότητες να αναπτύξει λεμφοίδημα εντός μερικών ημερών μετά τη θεραπεία ή ακόμη και μετά από χρόνια [4].

Το λεμφοίδημα είναι σοβαρό πρήξιμο του βραχίονα που προκαλείται από τη συσσώρευση του λεμφικού υγρού στους ιστούς εξαιτίας της βλάβης που υπέστη το λεμφικό σύστημα. Το λεμφικό σύστημα είναι ένα δίκτυο λεμφικών αγγείων και λεμφαδένων που μεταφέρουν το λεμφικό υγρό σε όλο το σώμα. Τα λεμφικά αγγεία περιβάλλονται από μυϊκά κύτταρα που συστέλλονται για να πιέζουν και να προωθούν το λεμφικό υγρό. Όταν ένα τμήμα του λεμφικού συστήματος υποστεί βλάβη ή μπλοκαριστεί, μπορεί να σταματήσει η σωστή ροή του λεμφικού υγρού με αποτέλεσμα να συσσωρεύεται στους ιστούς και να προκαλεί οίδημα [17].

Στο λεμφοίδημα που σχετίζεται με το καρκίνο του μαστού η βλάβη υπόκειται στην περιοχή των μασχαλιαίων λεμφαδένων που επηρεάζονται κατά τη θεραπεία. Ανάλογα με την αιτιολογία, το λεμφοίδημα μπορεί να χαρακτηριστεί ως πρωτογενής ή δευτερογενής. Το πρωτογενές προκύπτει από εκ γενετής βλάβη στο λεμφικό σύστημα. Είναι κληρονομική πάθηση όπου οι λεμφαδένες και τα λεμφικά αγγεία είτε απουσιάζουν είτε δεν είναι φυσιολογικά [18]. Το δευτερογενές λεμφοίδημα εμφανίζεται μετά από θεραπεία για καρκίνο του μαστού αφού προκληθεί βλάβη στο λεμφικό σύστημα [19].

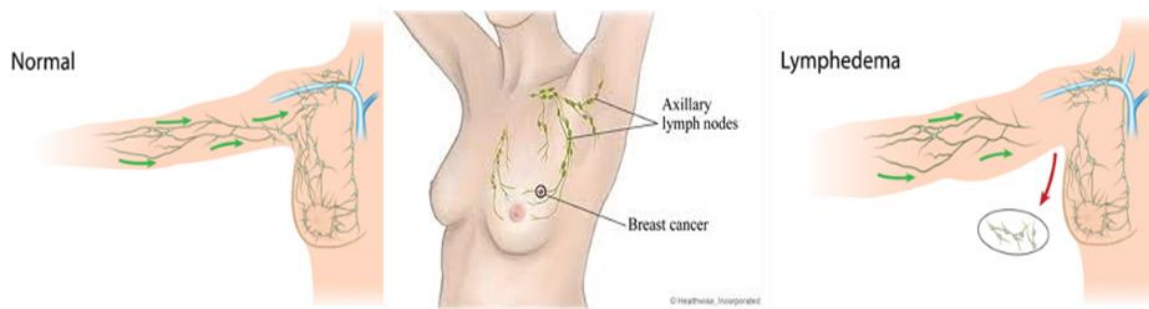
Οι πιο βασικές ενδείξεις και συμπτώματα του δευτερογενούς λεμφοιδήματος είναι η αίσθηση του βάρους στο άκρο, πρήξιμο ή διόγκωση, άλγος, πόνος και δυσλειτουργία του άκρου στην κίνηση. Ως αποτέλεσμα της παραμόρφωσης του άκρου δημιουργούνται ψυχολογικά προβλήματα στα άτομα και αλλαγή στην ποιότητα ζωής τους λόγω της μειωμένης λειτουργικότητας [20].

Σύμφωνα με το International Society of Lymphology [21] το λεμφοίδημα μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε τέσσερα στάδια. Στο στάδιο 0 δεν εμφανίζεται πρήξιμο παρά τις υποκείμενες αλλαγές στο λεμφικό σύστημα. Το στάδιο I είναι το αρχικό στάδιο

διόγκωσης, το οποίο μπορεί να είναι παροδικό και με απλή ανύψωση του άκρου το πρήξιμο να υποχωρήσει προσωρινά. Στο στάδιο II το πρήξιμο είναι μόνιμο ενώ στο στάδιο III ο ιστός γίνεται σκληρός και υπάρχει μεγάλη αύξηση του οιδήματος.

Η πρόληψη και η θεραπεία αφορούν φυσικές μεθόδους που σκοπεύουν πρωτίστως να αποτρέψουν την ανάπτυξη του λεμφοιδήματος αλλά και την αντιμετώπιση των συμπτωμάτων στις περιπτώσεις που έχει ήδη αναπτυχθεί. Η επιτυχής διαχείριση του λεμφοιδήματος βασίζεται κυρίως στον ενεργό ρόλο των ασθενών και την καθοδήγηση από τους ειδικούς [14]. Η βλάβη στο λεμφικό σύστημα δεν μπορεί να επιδιορθωθεί για αυτό η πρόληψη και η θεραπεία αφορούν τον έλεγχο του πρηξίματος και τη βελτίωση της κινητικής δυσλειτουργίας του άκρου. Σαν μια αρχική φάση αυτό γίνεται με τη βοήθεια του επαγγελματία υγείας ο οποίος παρέχει στον ασθενή όσο το δυνατόν περισσότερες γνώσεις για δεξιότητες και πρακτικές αυτοδιαχείρισης του λεμφοιδήματος [19].

Παρόλα αυτά δεν γίνεται αναφορά σε κάποια συγκεκριμένη θεραπεία αλλά σε μια ολιστική προσέγγιση. Η προτεινόμενη προσέγγιση περιλαμβάνει άσκηση/κίνηση για να ενισχυθεί η λεμφική και η φλεβική ροή και σε συνδυασμό με συμπίεση ή/και μασάζ να μειωθεί το μέγεθος του πρηξίματος. Προτείνεται ακόμη προσωπική φροντίδα για βελτιστοποίηση της κατάστασης του δέρματος και αντιμετώπιση τυχόν επιπλοκών που προκαλεί το λεμφοίδημα καθώς επίσης και για ελαχιστοποίηση του κινδύνου τραυματισμού που ενδέχεται να επιδεινώσουν την κατάσταση του λεμφοιδήματος, όπως και ψυχοκοινωνική διαχείριση και διαχείριση του πόνου. Το κατάλληλο πρόγραμμα διαχείρισης καθορίζεται ανάλογα με το στάδιο και τη σοβαρότητα του λεμφοιδήματος αλλά και την ψυχοκοινωνική κατάσταση του ασθενή [14].



Εικόνα 2.1 : Αριστερά: Σχηματικό διάγραμμα λεμφικού συστήματος σε φυσιολογική κατάσταση. Κεντρικά: Απεικόνιση κατάστασης με εμφάνιση καρκίνου του μαστού. Δεξιά: Σχηματικό διάγραμμα λεμφικού συστήματος με λεμφοίδημα.

2.1.1 Λεμφοίδημα και Άσκηση

Η άσκηση είναι ένα σημαντικός παράγοντας στην υγεία του ανθρώπου αφού έχει σημαντικό ρόλο στην απώλεια και διατήρηση του βάρους, αυξάνει τη διάθεση και την ενέργεια του ατόμου αλλά και ενισχύει το ανοσοποιητικό σύστημα. Επίσης είναι τρόπος αναψυχής και κοινωνικοποίησης και προτείνεται για καταπολέμηση χρόνιων ασθενειών και προβλημάτων υγείας.

Παλαιότερα υπήρχε η άποψη ότι η άσκηση θα μπορούσε να προκαλέσει το λεμφοίδημα ή να το επιδεινώσει, για αυτό οι ασθενείς μετά από θεραπεία του καρκίνου του μαστού ενθαρρύνονταν να αποφεύγουν την έντονη δραστηριότητα στο βραχίονα. Θεωρούσαν ότι ασκώντας πίεση στο βραχίονα εκτελώντας ασκήσεις θα δημιουργούσαν περισσότερη ζημιά στο ήδη προσβεβλημένο λεμφικό σύστημα [18, 22]. Τα τελευταία χρόνια έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές μελέτες για την επίδραση διαφόρων τύπων άσκησης στην πρόληψη ή/και στη θεραπεία του λεμφοιδήματος. Ο σχεδιασμός των ερευνών αυτών εξετάζουν συνήθως δύο αντίθετες υποθέσεις. Από τη μια αν το λεμφοίδημα είναι αρνητική επίπτωση της άσκησης, δηλαδή αν η πραγματοποίηση άσκησης μετά από θεραπεία οδηγεί στην ανάπτυξη λεμφοιδήματος. Από την άλλη, αν ένα πρόγραμμα άσκησης μπορεί να μειώσει το λεμφοίδημα και τα συμπτώματα του [23]. Στις πρόσφατες αυτές μελέτες δεν υπάρχουν στοιχεία που να υποδηλώνουν ότι η άσκηση είναι επιβλαβής για το λεμφοίδημα ή το προκαλεί [24]. Αντίθετα, αρκετές από τις μελέτες δείχνουν τη θετική επίδραση της άσκησης στους ασθενείς μετά τη θεραπεία

του καρκίνου του μαστού, ακολουθώντας ένα ασφαλές και κατάλληλο πρόγραμμα ασκήσεων [19].

Διερευνήθηκαν διάφοροι τύποι προγραμμάτων άσκησης για να εντοπιστεί η επίδραση τους στο λεμφοίδημα. Προγράμματα αντίστασης, με σταδιακή αύξηση της αντίστασης και των επαναλήψεων. Σε κάποιες περιπτώσεις χρησιμοποιείται η υδροστατική πίεση ως αντίσταση και τα προγράμματα άσκησης βασίζονται στη χρήση του νερού για να ενισχύσουν τη ροή του λεμφικού υγρού μέσω της αντίστασης. Άλλα προγράμματα εστιάζουν στη βελτίωση του εύρους της κίνησης ή/και στην αερόβια ικανότητα της οποίας οι ασκήσεις αυξάνουν τη ροή του λεμφικού υγρού κι έτσι συμβάλλουν στη μείωση του πρηξίματος [23].

Πλέον, στα προγράμματα άσκησης που αφορούν το λεμφοίδημα προτείνονται ασκήσεις δύναμης, αντίστασης, ευλυγισίας, αερόβιες ασκήσεις και βαθιές αναπνοές. Οι συγκεκριμένου είδους ασκήσεις για το άνω άκρο βοηθούν στην πρόληψη ή/και τη βελτίωση του λεμφοιδήματος αφού αρχικά απαιτούν αυξημένη πρόσληψη οξυγόνου και η λειτουργία της αναπνοής βοηθά στην καλύτερη ροή του λεμφικού υγρού.

Οι βαθιές αναπνοές κατά την εκτέλεση του προγράμματος άσκησης για το λεμφοίδημα είναι πολύ σημαντικές. Πρωτίστως, η αναπνοή εξασφαλίζει επαρκή παροχή οξυγόνου στους ιστούς όταν το σώμα εκτελεί περισσότερη άσκηση από την συνηθισμένη [22]. Επιπλέον, η προς τα πάνω και προς τα κάτω κίνηση του διαφράγματος κατά τη βαθιά αναπνοή σε συνδυασμό με τη πίεση από τις κινήσεις τις κοιλιάς και του θώρακα βοηθούν το λεμφικό υγρό να επιστρέφει πίσω στην κυκλοφορία του αίματος και έτσι να ρέει [25].

Οι ασκήσεις δύναμης αυξάνουν τη μυϊκή δύναμη, ενδυναμώνουν τους συνδέσμους και τους τένοντες, ενώ έχουν θετική συμβολή στον έλεγχο του βάρους [25]. Όσον αφορά τις ασκήσεις αντίστασης, μπορεί να προκαλέσουν αυτό συμπύεση των λεμφικών αγγείων και βοηθούν στον έλεγχο της συστολής τους επαναφέροντας τη συμπαθητική τους κίνηση η οποία είναι σημαντική για τη διαχείριση του λεμφοιδήματος. Οι ασκήσεις ευλυγισίας προκαλούν τέντωμα των μυών και μπορούν να βοηθήσουν στη μείωση των συσπάσεων των μαλακών ιστών και έτσι στη μείωση του αίματος και της λεμφικής απόφραξης [22]. Οι αερόβιες ασκήσεις διεγείρουν το διάφραγμα που προωθεί την επιστροφή του λεμφικού υγρού στην κυκλοφορία του αίματος με αποτέλεσμα να

βελτιώνεται η ροή του λεμφικού υγρού και κατά συνέπεια η μείωση του πρηξίματος [25].

Σε έρευνα που πραγματοποίησαν οι Jonsson & Johansson για την επίδραση του περπατήματος με πόλο (αερόβια άσκηση) στο λεμφοίδημα, βρήκαν μια μικρή αλλά σημαντική μείωση του πρηξίματος στο βραχίονα χωρίς κάποια επιδείνωση στο λεμφοίδημα. Ο Kwan και οι συνεργάτες του [24] πραγματοποίησαν ανασκόπηση στη βιβλιογραφία για έρευνες που έγιναν σχετικά με τις επιπτώσεις της άσκησης στο λεμφοίδημα. Βρήκαν ότι οι περισσότερες μελέτες υποστηρίζουν πως οι ασκήσεις αντίστασης έχουν ελάχιστο κίνδυνο για ανάπτυξη ή επιδείνωση του λεμφοιδήματος.

Η άσκηση αποτελεί μέρος και του συνδυασμού των μεθόδων που συγκροτούν την πλήρη αποσυμφορητική θεραπεία (CDT) η οποία χρησιμοποιείται για την αντιμετώπιση και διαχείριση του λεμφοιδήματος. Η CDT αποτελείται από ένα συνδυασμό μασάζ, θεραπεία συμπίεσης, αποσυμφορητικές ασκήσεις και φροντίδα δέρματος, με σκοπό να διατηρείται το άκρο σε φυσιολογικό μέγεθος ή όσο το δυνατό πιο κοντά στο φυσιολογικό και να αποτρέπεται η συσσώρευση του λεμφικού υγρού [25]. Εκτός από το είδος των ασκήσεων που θα βοηθήσουν στην πρόληψη και τη βελτίωση του λεμφοιδήματος, σημαντικό ρόλο έχουν επίσης η ταχύτητα εκτέλεσης της άσκησης, η διάρκεια, η θέση του σώματος και η σωστή εκτέλεση της άσκησης [26]. Τέτοιες θεραπευτικές ασκήσεις είναι καλό να εκτελούνται σε ένα ήσυχο περιβάλλον, αρκετές φορές την ημέρα, σε μικρό αριθμό επαναλήψεων και σε θέσεις που ευνοούν τη ροή του λεμφικού υγρού στο άκρο [27]. Ο Moseley και οι συνεργάτες του [28] στη μελέτη τους έδειξαν ότι πραγματοποιώντας ασκήσεις άνω άκρου μαζί με ασκήσεις αναπνοής για 10 λεπτά, δύο φορές τη μέρα επηρέασε τη μείωση του οιδήματος στο βραχίονα.

Ξεκινώντας αυτή τη νέα ρουτίνα με το πρόγραμμα άσκησης στη καθημερινότητα του, ο ασθενής χρειάζεται τη καθοδήγηση από κάποιον ειδικό για την επίδειξη και τη εκμάθηση των ασκήσεων με το σωστό τρόπο μέχρις ότου ο ασθενής να εκπαιδευτεί. Ακολούθως, μετά τη φυσική πρόοδο του ασθενή και την εκμάθηση των ασκήσεων, η φροντίδα για το λεμφοίδημα γίνεται στον προσωπικό χώρο του ασθενή χωρίς επίβλεψη από ειδικό [25].

2.1.2 Λεμφοίδημα και Πόνος

Ο πόνος θεωρείται πρωτεύον ανθρώπινο ένστικτο και μπορεί να οριστεί ως μια αγχωτική, συναισθηματική εμπειρία που συνδέεται με πραγματική ή πιθανή βλάβη στον ιστό. Ο μόνος του σκοπός είναι να ειδοποιεί τον αμυντικό μηχανισμό του σώματος, για να αντιδράσει σε κάποιο ερέθισμα προκειμένου να αποφευχθούν περαιτέρω βλάβες στους ιστούς. Η αίσθηση του πόνου σχετίζεται με την ενεργοποίηση των υποδοχέων του πόνου στις πρωτογενείς προσαγωγικές ίνες. Τα αλγαισθητικά κύτταρα παραμένουν σε ηρεμία κατά τη διάρκεια της ομοιόστασης, στην απουσία πόνου, και ενεργοποιούνται όταν υπάρχει πιθανό επιβλαβές ερέθισμα. Η αντίληψη μιας σειράς αισθητηριακών γεγονότων, απαιτείται από τον εγκέφαλο προκειμένου να ανιχνεύσει τον πόνο και να στείλει απόκριση προς τον κίνδυνο [29].

Ο χρόνιος πόνος είναι μια πιθανή εμπλοκή σε ασθενείς που έχουν κάνει θεραπείες μετά από μαστεκτομή. Ο πόνος που σχετίζεται με το λεμφοίδημα αναφέρεται ως χρόνιος πόνος που εμφανίζεται στο προσβεβλημένο άκρο μετά από μαστεκτομή. Είναι δύσκολο να διακριθεί από τον πόνο του τραύματος και θεωρείται ότι προκαλείται από νευρολογικούς λόγους [30]. Ο πόνος που σχετίζεται με το λεμφοίδημα μπορεί να προκληθεί από τη συμπίεση των νεύρων λόγω του οιδήματος, από αυξημένη πίεση στα νεύρα που προκύπτει από ίνωση λόγω χρόνιων φλεγμονών, από λεμφαγγειίτιδα ή άλλες λοιμώξεις. Επίσης, πόνος μπορεί να προκαλέσει η υπερβολική κούραση του προσβεβλημένου άκρου καθώς προσπαθεί να αντιμετωπίσει την υπερβολική πίεση και το βάρος του άκρου. Σε μεταγενέστερα στάδια του λεμφοιδήματος, πόνος μπορεί να προκληθεί από τις πληγές που δημιουργούνται στο άκρο [31].

Το λεμφοίδημα μπορεί να προκαλέσει ή να επιδεινώσει τον πόνο μειώνοντας το εύρος κίνησης στο προσβεβλημένο άκρο και την ικανότητα επούλωσης στον προσβεβλημένο ιστό. Επιπλέον, μπορεί να αυξήσει την ένταση του υγρού στον υποδόριο ιστό και τον κίνδυνο φλεγμονής και άλλων λοιμώξεων καθώς και να προκαλέσει παθολογικές επιδράσεις στο μυοτενόντιο (στροφικό) πέταλο [32]. Το μυοτενόντιο πέταλο σταθεροποιεί την άρθρωση του ώμου και απάγει τον ώμο. Καθώς αναπτύσσεται το λεμφοίδημα, ο βραχίονας ζυγίζει περισσότερο με αποτέλεσμα να αυξάνεται η ισχύ στο μυοτενόντιο πέταλο και μπορεί να οδηγήσει σε πόνο, θυλακίτιδα και τενοντίτιδα. Σε

ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να οδηγήσει σε χρόνια τραυματισμό με ισχαιμία και σχίσσιμο του υπερακάνθιου μυ [33].

Αρκετές μελέτες αναφέρουν ότι γυναίκες με οίδημα στο άνω άκρο έχουν μεγαλύτερου βαθμού πόνο από τις γυναίκες στις οποίες δεν υπήρχε οίδημα στο άκρο. Επίσης, αναφέρεται ότι άτομα με οίδημα στο άκρο έχουν σημαντικά υψηλότερο παράγοντα και συχνότητα πόνου από άτομα χωρίς οίδημα στο άκρο [34]. Σε μελέτη του ο Jeong [33] παρατήρησε ότι υπήρχε περισσότερη δυσλειτουργία στο άκρο σε ασθενείς με λεμφοίδημα και πόνο στον ώμο από ότι σε ασθενείς με λεμφοίδημα χωρίς πόνο στον ώμο. Η μελέτη του έδειξε ότι ο πόνος στον ώμο, συχνά δεν είναι απλός και μπορεί να περιλαμβάνει συγκεκριμένες δομικές ανωμαλίες οι οποίες να οδηγήσουν σε δυσλειτουργία του άνω άκρου. Συγκεκριμένα για τη δυσλειτουργία κατέληξε ότι οι ασθενείς με σοβαρή δυσλειτουργία στο άνω άκρο έχουν σημαντικά μεγαλύτερο πόνο στον ώμο.

Ο πόνος μπορεί να αποδυναμώσει τις προσπάθειες αποκατάστασης σε αυτή την ομάδα ασθενών και να επηρεάσει αρνητικά την ποιότητα ζωής των ασθενών [31]. Επομένως, η ακριβής διάγνωση και η σωστή διαχείριση του πόνου στον ώμο είναι απαραίτητη για τη μείωση κινδύνου δυσλειτουργίας [32]. Μελέτες έδειξαν ότι μετά από ένα χρονικό διάστημα άσκησης, ο πόνος μειώθηκε σημαντικά. Είναι γνωστό ότι η άσκηση παρέχει τον βασικό μηχανισμό αντλίας για σύσπαση της φλεβικής αποχέτευσης των σκελετικών μυών και αυξάνει την πρόσληψη πρωτεϊνών και την κυκλοφορία του λεμφικού υγρού στο σώμα. Η άσκηση στο άνω άκρο χαλαρώνει τη διέγερση των συμπαθητικών νεύρων και προσαρμόζοντας το λεμφικό σύστημα, παίζει βοηθητικό ρόλο στη μακροχρόνια διαχείριση του λεμφοιδήματος [34].

2.2 Εικονική Πραγματικότητα

Με τον όρο εικονική πραγματικότητα αναφερόμαστε στη προσομοίωση ενός τεχνητού, διαδραστικού περιβάλλοντος με τη χρήση τεχνολογικών μέσων. Δίνει τη δυνατότητα αλληλεπίδρασης η οποία ανάλογα με την κατάσταση και τις πράξεις του χρήστη τροποποιεί το περιβάλλον σε πραγματικό χρόνο [35]. Τέσσερα βασικά στοιχεία που προσδιορίζουν την εικονική πραγματικότητα είναι το εικονικό περιβάλλον, η εικονική παρουσία, η αισθητηριακή ανατροφοδότηση και η διαδραστικότητα. Η εικονική

πραγματικότητα είναι η παρατήρηση του εικονικού περιβάλλοντος μέσω ενός συστήματος που επιτρέπει την εμφάνιση των αντικειμένων και την αλληλεπίδραση του χρήστη με αυτά, δημιουργώντας έτσι την εικονική παρουσία [36].

Το εικονικό περιβάλλον μπορεί να είναι προσομοίωση είτε ενός πραγματικού είτε ενός ιδεατού κόσμου [35]. Δημιουργείται από τον υπολογιστή και παρουσιάζει τα αντικείμενα μέσα από την προσομοίωση τους, τους κανόνες και τις σχέσεις που τα διέπουν. Τα αντικείμενα μέσα στο εικονικό περιβάλλον έχουν ιδιότητες (βάρος, χρώμα, σχήμα, υφή κτλ.) και παρουσιάζονται με οπτικό, ακουστικό και απτικό τρόπο και γίνονται αντιληπτά από το χρήστη μέσω της όρασης, της αφής και της ακοής [36].

Η εικονική παρουσία αναφέρεται στο αίσθημα της πραγματικής «ύπαρξης» μέσα στο περιβάλλον και μπορεί να επιτευχθεί είτε μέσω μιας ψυχολογικής κατάστασης είτε μέσω κάποιου φυσικού μέσου. Η φυσική παρουσία είναι βασικό χαρακτηριστικό της εικονικής πραγματικότητας και παρουσιάζει τον εικονικό κόσμο στο χρήστη μέσα ενός συνδυασμού με τεχνητά ερεθίσματα επηρεάζοντας σύνολο ή όλες τις αισθήσεις του χρήστη ως απόκριση στη θέση και τις ενέργειες του. Η ψυχική εικονική παρουσία αντιπροσωπεύει μια κατάσταση που δημιουργεί την αίσθηση ότι ο χρήστης είναι μέρος του εικονικού κόσμου [36].

Η διαδραστικότητα και η αισθητηριακή ανατροφοδότηση είναι βασικά συστατικά της εικονικής πραγματικότητας. Με τη βοήθεια συσκευών, το σύστημα εικονικής πραγματικότητας λαμβάνει τη θέση και τις κινήσεις του χρήστη και αναλόγως διαμορφώνει τον τεχνητό κόσμο. Το περιβάλλον αλληλοεπιδρά με το χρήστη λαμβάνοντας τις πληροφορίες από το χρήστη και ανταποκρίνεται παρέχοντας αισθητηριακή ανατροφοδότηση μέσω οπτικών, απτικών και ηχητικών ερεθισμάτων [35].

Η δημιουργία της εικονικής πραγματικότητας επιτυγχάνεται παρέχοντας στο χρήστη τη αισθητηριακή ανατροφοδότηση μέσω των συσκευών απεικόνισης. Για τη δημιουργία και τη διατήρηση αυτής της ψευδαίσθησης της πραγματικής «ύπαρξης» του χρήστη στο εικονικό περιβάλλον είναι απαραίτητη η χρήση συσκευών εισόδου ή αισθητήρων για καταγραφή της θέσης και των κινήσεων του χρήστη, συσκευών εξόδου ή απεικόνισης για να δίνουν στο χρήστη την αισθητηριακή ανατροφοδότηση και ειδικά συστατικά υλικού και λογισμικού για να διασυνδέουν τα συστήματα εισόδου και εξόδου [35].

Στις εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας ο χρήστης μπορεί να παρατηρήσει την στερεοσκοπική τρισδιάστατη εικόνα μέσω του Head Mounted Display (HMD). Η εικόνα προβάλλεται μέσω της συσκευής (συσκευή εξόδου) δίνοντας στο χρήστη τη ψευδαίσθηση του βάθους με τη βοήθεια των φακών. Οι HMDs συσκευές μπορούν να χωριστούν σε δύο γενικές κατηγορίες. Υπάρχουν κινητά(Mobile) HMDs που είναι ασύρματα και δεν χρειάζεται να ενωθούν σε κάποιο υπολογιστή για να λειτουργήσουν. Ουσιαστικά είναι μια απλή θήκη στην οποία τοποθετείτε μέσα το κινητό για να το κρατά σε ιδανική απόσταση από τους φακούς ώστε να δημιουργείται η ψευδαίσθηση του βάθους στην εικόνα. Η άλλη κατηγορία είναι τα ενσύρματα(Wired) HMDs που χρειάζεται να ενωθούν σε υπολογιστή ή στο PlayStation για να λειτουργήσουν. Συνήθως έχουν καλύτερη ανάλυση, οπτικό πεδίο και γραφικά αλλά έχουν μεγαλύτερο κόστος. Υπάρχουν και οι Standalone συσκευές όπως είναι το Oculus Quest, που λειτουργούν χωρίς την υποστήριξη κάποιου smartphone ή υπολογιστή. Οι HMDs συσκευές έχουν μετρητές επιτάχυνσης, μαγνητόμετρα και γυροσκόπια και συνδυάζουν τις πληροφορίες που παίρνουν με την οπτική παρακολούθηση [37].

Σε συνδυασμό με τα HMDs υπάρχουν και επιπλέον συσκευές εξόδου που βοηθούν το χρήστη να αντιλαμβάνεται το περιβάλλον και με άλλες αισθήσεις. Οι απτικές(Haptic) συσκευές ενισχύουν την αίσθηση του περιβάλλοντος δίνοντας στο χρήστη ανατροφοδότηση μέσω δόνησης όταν υπάρχει κάποια σύγκρουση στο περιβάλλον. Υπάρχουν και οι πολυαισθητηριακές(Multi-sensory) συσκευές οι οποίες βοηθούν να γίνει το περιβάλλον πιο ρεαλιστικό ενισχύοντας την ανατροφοδότηση που λαμβάνει ο χρήστης, κάνοντας τον να νιώθει το περιβάλλον. Για παράδειγμα συσκευές που δημιουργούν την αίσθηση του αέρα ή συσκευές που αναπαράγουν τις μυρωδιές από το περιβάλλον [37].

Για την απόκτηση της τρισδιάστατης κίνησης χρησιμοποιούνται συστήματα καταγραφής κίνησης (mocap) είτε marker-based είτε marker-less. Τα marker-based συστήματα χρησιμοποιούν αισθητήρες οι οποίοι τοποθετούνται κοντά σε κάθε άρθρωση για να αναγνωρίζουν την κίνηση και να την ανακατασκευάζουν σε πραγματικό χρόνο. Τα συστήματα αυτά παρέχουν γενικά υψηλής ποιότητας ρεαλιστική κίνηση, ακρίβεια και ταχύτητα. Τελευταία έχουν αναπτυχθεί αυτόνομα συστήματα που χρησιμοποιούν ποικιλία αισθητήρων, όπως είναι τα IMUs, τα οποία χρησιμοποιούν σύνολο από γυροσκόπια και επιταχυνσιόμετρα για να μετρούν το ρυθμό περιστροφής

και να τις μεταφράζουν σε μοντέλα σκελετού. Τα marker-less συστήματα χρησιμοποιούν οπτικές κάμερες ή κάμερες βάθους RGB που συνήθως καταγράφουν τη σιλουέτα του αντικειμένου και η κίνηση επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση του σκελετού στο τρισδιάστατο μοντέλο [38].

Οι εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας εκτός από τον τομέα των παιχνιδιών και της ψυχαγωγίας χρησιμοποιούνται και σε πολλούς άλλους τομείς. Στην εκπαίδευση χρησιμοποιούνται εφαρμογές για να δίνουν τη δυνατότητα στους μαθητές να συμμετέχουν ενεργά στη διαδικασία της μάθησης. Στην αεροπορία η πιο διαδεδομένες εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας είναι οι προσομοιωτές πτήσεις, γιατί παρέχουν ένα πιο ασφαλές και οικονομικό περιβάλλον για την εκπαίδευση του πληρώματος αεροσκαφών. Σημαντική χρήση τέτοιων τεχνολογιών είναι οι προσομοιωτές καταστάσεων έκτακτης ανάγκης οι οποίοι δίνουν τη δυνατότητα να ληφθούν υπόψη περιορισμοί πραγματικού χρόνου, ρεαλιστικά γραφικά και εύκολη μεταβολή παραμέτρων. Τέτοιου είδους εκπαίδευση σε πραγματικά δεδομένα είναι δαπανηρές και απαιτούν τη χρήση πραγματικών χώρων οι οποίοι μπορεί να μην είναι διαθέσιμοι τη δεδομένη χρονική στιγμή [39].

Σημαντική είναι η χρήση των εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας στον τομέα της υγείας και της ιατρικής. Οι εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας στην ιατρική αξιοποιούνται στο πλαίσιο της εκπαιδευτικής διαδικασίας του ιατρικού προσωπικού. Ευρεία χρήση γίνεται στην ψυχολογία και την ψυχιατρική για θεραπείες που αφορούν φοβίες, μετατραυματικό στρες και διαταραχές πρόσληψης τροφής. Επίσης, χρησιμοποιούνται στην αποκατάσταση ασθενών με κινητικά προβλήματα και για τη μείωση πόνου [40].

2.3 Η Εικονική Πραγματικότητα στη Φροντίδα Υγείας

Η τεχνολογία εικονικής πραγματικότητας έχει τη δική της συνεισφορά στη φροντίδα υγείας και την ιατρική. Επιστήμονες πληροφορικής και επαγγελματίες υγείας προσπαθούν να αναπτύξουν και να υλοποιήσουν εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας που θα παρέχουν υπηρεσίες στη φροντίδα υγείας. Η πιο εμφανής ίσως εφαρμογή στον τομέα αυτό είναι η χρήση του VR ως εργαλείο διδασκαλίας. Παρόλο που η ιδέα για τη χρήση της εικονικής πραγματικότητας ως χειρουργικός προσομοιωτής προτάθηκε

αρκετά χρόνια πριν από τον Richard Satava[41], η αποδοχή του έγινε τα τελευταία χρόνια. Οι κύριοι λόγοι της καθυστέρησης φαίνεται να εστιάζουν στην αρχική έλλειψη επιστημονικών στοιχείων για την υποστήριξη της χρήσης της εικονικής πραγματικότητας για την κατάρτιση δεξιοτήτων, το οποίο προκάλεσε αμφιβολίες για την εγκυρότητα της προσέγγισης αυτής. Επίσης, σε αμφιβολίες για την αποτελεσματικότητα της χειρουργικής εκπαίδευσης μέσω του προσομοιωτή οδήγησε η έλλειψη γνώσης για τον τρόπο εφαρμογής της συγκεκριμένης τεχνικής [42].

Πλέον υπάρχουν αρκετές εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας για εκπαίδευση των χειρουργών με ενδεικτικά στοιχεία ότι αυξάνουν την αποτελεσματικότητα τους σε πραγματικές καταστάσεις. Η χειρουργική επέμβαση είναι μια δύσκολη κατάσταση ζωτικής σημασίας όπου ένα μόνο σφάλμα είναι πιθανόν να οδηγήσει στον θάνατο του ασθενή. Για αυτό το λόγο τα συγκεκριμένα συστήματα έχουν αυξημένες σχεδιαστικές απαιτήσεις αφού πρέπει να παρέχουν ρεαλιστικό περιβάλλον και καταστάσεις [40]. Οι προσομοιωτές εικονικής πραγματικότητας για εκπαίδευση χειρουργικών επεμβάσεων πρέπει να παρέχουν εικονικά περιβάλλοντα για χειρουργικές επεμβάσεις σε διαφορετικές περιπτώσεις ασθενών στις οποίες ο ιατρός θα έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσει ρεαλιστικές οπτικές διεπαφές που μοιάζουν και δίνουν την αίσθηση των πραγματικών εργαλείων. Επίσης, ο σχεδιασμός των εφαρμογών αυτών πρέπει να παρέχει κίνηση σε πραγματικό χρόνο[36, 40]. Με τον τρόπο αυτό οι εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας δίνουν τη δυνατότητα στους χειρουργούς να εξασκηθούν σε ένα εικονικό ασθενή με παρόμοια χαρακτηριστικά με τον πραγματικό, πριν τη χειρουργική επέμβαση.

Στον τομέα της ψυχολογίας και της ψυχιατρικής η τεχνολογία εικονικής πραγματικότητας χρησιμοποιείται ως θεραπευτική εφαρμογή για αντιμετώπιση φοβιών, διαταραχή μετατραυματικού στρες και διαταραχή πρόσληψης τροφής. Κατά τη διάρκεια της θεραπείας για αντιμετώπιση φοβίας ο ασθενής αρχικά έχει μια νοητή επαφή με το αντικείμενο του φόβου, δηλαδή φαντάζεται τον εαυτό του να έρχεται σε επαφή μαζί του. Έπειτα, ο ασθενής μεταβαίνει στη φυσική επαφή, δηλαδή έρχεται σε πραγματική επαφή με το αντικείμενο του φόβου του. Η εικονική πραγματικότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μεταβατικό στάδιο από τη νοητή στην πραγματική επαφή. Έτσι ο ασθενής εκτίθεται σε ένα λιγότερο απειλητικό για αυτόν περιβάλλον από ότι το φυσικό και επίσης η μετάβαση γίνεται με έναν πιο ομαλό τρόπο για τον ασθενή [40].

Η έκθεση του ατόμου σε έντονες συγκινήσεις ή τραυματικές καταστάσεις μπορεί να οδηγήσουν στη ψυχική διαταραχή του μετατραυματικού στρες. Στη διαταραχή αυτή οι ασθενείς βιώνουν επανειλημμένα το γεγονός προκαλώντας τους εφιάλτες, ψευδαισθήσεις, άγχος, θυμό και άλλα συμπτώματα. Η χρήση της εικονικής πραγματικότητας στη συγκεκριμένη ψυχική διαταραχή είναι η σταδιακή έκθεση του ασθενή στην κατάσταση που δημιούργησε το μετατραυματικό στρες. Η έκθεση του ατόμου στην πραγματική τραυματική κατάσταση μπορεί να είναι δαπανηρή, επικίνδυνη ίσως και πολλές φορές αδύνατη. Έτσι η εικονική πραγματικότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εναλλακτική λύση για τη δημιουργία της κατάστασης σε ένα εικονικό κόσμο [36]. Οι έρευνες έδειξαν σημαντική μείωση των συμπτωμάτων και βελτίωση της κατάστασης [40].

Σημαντική συνεισφορά των εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας φαίνεται να υπάρχει στην αντιμετώπιση του πόνου. Επειδή ο πόνος βασίζεται σε μεγάλο βαθμό σε ψυχολογικούς παράγοντες, μελέτες διερεύνησαν την απόσπαση της προσοχής των ασθενών με έντονο πόνο από κάποιο άλλο ερέθισμα και είχε σαν αποτέλεσμα τη μείωση του πόνου που ένιωθαν οι ασθενείς [40]. Οι εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας χρησιμοποιούνται για την πρόκληση ερεθισμάτων με σκοπό να αποσπάσουν την προσοχή των ασθενών. Συστήματα εφαρμογής εικονικής πραγματικότητας βασισμένο στη θεωρία απόσπασης της προσοχής χρησιμοποιήθηκαν σε θεραπείες παιδιών για να τα βοηθήσουν να αντιμετωπίσουν μια δύσκολη διαδικασία [42]. Σκοπός των εφαρμογών είναι ο ασθενείς να βυθίζεται στον ειδικά σχεδιασμένα εικονικό κόσμο και να διασφαλίζει ότι επικεντρώνεται σε αυτό που γίνεται στον εικονικό κόσμο παρά τα συμπτώματα του πόνου τους. Έρευνες σε τέτοιες εφαρμογές πραγματοποίησε η εταιρία KindVR στις ΗΠΑ σε συνεργασία με κλινικές για να βοηθήσουν τα παιδιά να αντιμετωπίσουν τον πόνο [43]. Παρόμοια μελέτη έγινε στο Κέντρο εμβολίων Hermes Pardini στη Βραζιλία, κατά τη διάρκεια εμβολιασμού των παιδιών [42].

Μια ακόμη σημαντική χρήση των εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας στη φροντίδα υγείας είναι στη φυσιοθεραπεία και την αποκατάσταση. Οι εφαρμογές αυτές έχουν σκοπό να βοηθήσουν στην αποκατάσταση των ασθενών μετά από κάποιο τραυματισμό ή μετά από βλάβη σε κάποιο ανθρώπινο σύστημα ως επίπτωση κάποια ασθένειας [40]. Τέτοιες εφαρμογές έχουν χρησιμοποιηθεί μετά από βλάβη που προκλήθηκε από

εγκεφαλικό, τραυματισμό του νωτιαίου μυελού ή εξασθένηση των άκρων λόγω ζημιάς στο νευρικό σύστημα [36].

Η τεχνολογία εικονικής πραγματικότητας αποτελεί σήμερα ένα σημαντικό υποστηρικτικό μέσο σε αρκετούς τομείς της φροντίδας υγείας. Υπάρχουν βέβαια ερωτήματα, πέραν από τη χρησιμότητα και την αποτελεσματικότητα αυτής της τεχνολογίας, εάν οι ασθενείς είναι πρόθυμοι να χρησιμοποιήσουν μια τέτοια εφαρμογή. Σε έρευνα που πραγματοποίησαν η Mosadeghi και οι συνεργάτες της[44], διαπίστωσαν ότι οι περισσότεροι ασθενείς βρήκαν την εικονική πραγματικότητα ως μια θετική και ευχάριστη εμπειρία που βοηθά στο να ξεφύγουν από μια επίπονη ασθένεια και θα ήταν πρόθυμοι να το χρησιμοποιήσουν ξανά. Ο Keller και οι συνεργάτες του[45], χρησιμοποίησαν το Facebook για να εξετάσουν τις αντιδράσεις των χρηστών μέσα από τα σχόλια τους σε ένα βίντεο που αφορούσε τη χρήση της εικονικής πραγματικότητας στη φροντίδα υγείας. Οι ανησυχίες των χρηστών που είχαν χρησιμοποιήσει εικονική πραγματικότητα στη φροντίδα υγείας αφορούσαν το αν η εφαρμογή θα μπορούσε να ανταποκριθεί στις προσδοκίες, την ικανότητα χρήσης της εφαρμογής χωρίς βοήθεια και την επιθυμία τους για πιο ρεαλιστικούς κόσμους. Οι ανησυχίες των υπόλοιπων χρηστών είχαν να κάνουν με το κόστος της εφαρμογής, την πιθανή εξάρτηση από την τεχνολογία και ζητήματα ασφάλειας. Οι απόψεις των χρηστών ήταν θετικές για τη χρήση της εικονικής πραγματικότητας στην αποκατάσταση, αλλά οι ανησυχίες τους ήταν διαφορετικές από τους χρήστες που είχαν χρησιμοποιήσει εικονική πραγματικότητα στην αποκατάσταση τους.

2.3.1 Εικονική Πραγματικότητα και Αποκατάσταση Κίνησης

Σοβαρή κινητική δυσλειτουργία στα άκρα μπορεί να προκύψει μετά από εγκεφαλικό επεισόδιο, τραυματισμό του νωτιαίου μυελού, λεμφοίδημα ή οποιουδήποτε άλλου τραυματισμού μπορεί να προκαλέσει βλάβη στο νευρικό σύστημα και να κάνει τα άκρα να εξασθενίσουν. Τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί μια τάση προς τη χρήση των εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας για την αποκατάσταση σε κινητικές αναπηρίες. Η εικονική πραγματικότητα έχει προταθεί ως λύση για να ενισχύσει τα προγράμματα φυσικοθεραπείας και αποκατάστασης της κινητικής λειτουργίας [36]. Πιθανοί λόγοι που μπορεί να οδηγήσουν στη χρήση τέτοιων εφαρμογών είναι η μείωση του κόστους της αποθεραπείας, η βελτιωμένη προσβασιμότητα στην τεχνολογία και η αύξηση της

εμπειρίας των ερευνητών και των επαγγελματιών υγείας στη χρήση της οπτικής αποκατάστασης.

Η κινητική δυσλειτουργία είναι αποτέλεσμα της νευρικής απόκρισης του εγκεφάλου στο τραύμα. Η νευρική απόκριση στο τραύμα, η ανάπτυξη, η γήρανση, η μάθηση και η μνήμη είναι διαδικασίες που περιλαμβάνουν την έννοια της νευροπλαστικότητας. Η νευροπλαστικότητα αναφέρεται στην ικανότητα του νευρικού συστήματος να υποστεί φυσιολογική αλλαγή στη δομή και τη λειτουργία του ως αποτέλεσμα γενετικών, συμπεριφοριστικών και περιβαλλοντικών αλλαγών. Η νευροπλαστικότητα δίνει τη δυνατότητα στους νευρώνες να αναδιαμορφώνονται ανατομικά, λειτουργικά και να σχηματίζουν καινούργιες συναπτικές συνδέσεις με άλλους νευρώνες. Η νευρωνική πλαστικότητα δίνει την ικανότητα στον εγκέφαλο να αναπτύσσεται και να αναδιαμορφώνεται ακόμη και μετά από χρόνια. Στον εγκέφαλο μπορούν να συμβούν βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες δομικές αλλαγές. Βραχυπρόθεσμες αλλαγές συμβαίνουν ως αποτέλεσμα μιας προσωρινής διέγερσης των νευρώνων. Μακροπρόθεσμες αλλαγές μπορούν να προκύψουν μετά από μακρόχρονη εξάσκηση μιας ικανότητας ή να προκληθούν μετά από προσβολή στον εγκέφαλο (π.χ. εγκεφαλικό επεισόδιο) [46].

Αυτή η λειτουργία του εγκεφάλου φαίνεται να είναι το υπόστρωμα για την αποκατάσταση των χαμένων κινητικών λειτουργιών μετά από τραυματισμό. Ο πρωταρχικός στόχος της κινητικής αποκατάστασης είναι να βοηθήσει το άτομο να επιστρέψει στη λειτουργική εκτέλεση των καθημερινών του δραστηριοτήτων με την ανάκτηση ή την βελτίωση των χαμένων κινητικών του δεξιοτήτων. Για το λόγο αυτό οι επαγγελματίες υγείας προωθούν την «κινητική μάθηση» η οποία αφορά την εξάσκηση και την εμπειρία που προκαλεί σχετικά μόνιμες αλλαγές στην ικανότητα μιας κινητικής δεξιότητας. Η «κινητική μάθηση» ενισχύεται με την μακροπρόθεσμη άσκηση και την γενίκευση των δεξιοτήτων που μαθαίνονται κατά την θεραπεία με σκοπό την εφαρμογή τους σε καταστάσεις στο πραγματικό περιβάλλον. Ενίσχυση στη «κινητική μάθηση» μπορεί επίσης να παρέχει η μάθηση μέσω της παρατήρησης. Το σύστημα «παρατήρησης δράσης» στον πρωτογενή κινητικό φλοιό είναι ένας νευροφυσιολογικός μηχανισμός που βασίζεται στη μάθηση μέσω παρατήρησης ή μίμησης. Η παρατήρηση των στοχευμένων κινήσεων παρέχουν αισθητήρια ανατροφοδότηση σχετικά με τα μοτίβα της κίνησης και μπορούν να συμβάλουν στην εκμάθηση της κίνησης.

Παρατηρώντας τις κινήσεις ενεργοποιούνται οι νευρώνες οι οποίοι παίρνουν τα βασικά στοιχεία της κίνησης που είναι παρόμοια στις επαναλήψεις της άσκησης κι έτσι δημιουργούν στον εγκέφαλο τη δομή που αφορά τη συγκεκριμένη κίνηση [46].

Υπάρχουν ενδείξεις ότι η αποτελεσματική αποκατάσταση της κινητικής λειτουργίας βασίζεται σε κάποιες κύριες αρχές. Νευροπλαστικές αλλαγές μπορούν να συμβούν με την πάροδο του χρόνου, δεδομένης μιας κατάλληλης αποκατάστασης, που θα επιτρέψει πλήρη ή μερική επανάκτηση της χαμένης λειτουργίας [46]. Η ένταση και η επανάληψη έχουν αναγνωριστεί ως βασικοί παράγοντες για την προώθηση της νευροπλαστικότητας [47]. Η μακρόχρονη εκπαίδευση και εξάσκηση επιτρέπει την αναδιάρθρωση των δομών του εγκεφάλου που θα επιφέρει βελτίωση στην κινητική λειτουργία [46]. Η επαναλαμβανόμενη εξάσκηση έχει αποδειχθεί ότι διευκολύνει και αξιοποιεί τις θετικές προσαρμογές στον εγκέφαλο για να βοηθήσει στην ανάκαμψη. Κλινικές μελέτες, που πραγματοποιήθηκαν σε άτομα που επιβίωσαν από εγκεφαλικό επεισόδιο και αφορούσαν εξάσκηση δύο με τρεις φορές τη μέρα για έξι βδομάδες, έχουν αποδείξει ότι η άσκηση προκαλεί σημαντικές βελτιώσεις [48]. Η αποκατάσταση της κινητικής λειτουργίας των άκρων είναι μια αρκετά δύσκολη και χρονοβόρα διαδικασία που επιτυγχάνεται μέσω της εντατικής άσκησης [36, 47]. Υψίστης σημασίας για την εκμάθηση κίνησης είναι η ανατροφοδότηση η οποία μπορεί να προκαλέσει νευροφυσιολογικές διεγέρσεις που επιφέρουν αλλαγές στις δομές του εγκεφάλου [49]. Ασκήσεις αυξανόμενης δυσκολίας σε συνδυασμό με φυσική ή/και προφορική καθοδήγηση των κινήσεων μπορούν να συνεισφέρουν σημαντικά στη βελτίωση των λειτουργικών ικανοτήτων [50]. Εξαιτίας της ανάγκης για συνεχή επανάληψη της άσκησης, το κίνητρο είναι πολύ σημαντικό για την κινητοποίηση του ασθενή να εκτελεί την άσκηση. Η λειτουργική αναδιοργάνωση του κινητικού φλοιού, έρχεται ως απόκριση στην ανάπτυξη επιδέξιων κινήσεων του άκρου και όχι απλώς στην αυξημένη χρήση του. Επομένως, η απλή άσκηση του άκρου δεν είναι αρκετή. Οι ασκήσεις που χρησιμοποιούνται στην αποκατάσταση της κίνησης πρέπει να είναι στοχευμένες [49].

Βασικός στόχος της κινητικής αποκατάστασης είναι η εύρεση μέσων που παρέχουν τη δυνατότητα για ευκαιρίες επαναλαμβανόμενης εκτέλεσης των ασκήσεων. Επίσης να παρέχουν αισθητηριακά ερεθίσματα μέσω της όρασης, της αφής και της ακοής για ενίσχυση της λειτουργίας του άκρου. Έρευνες έχουν δείξει ότι οι απτικές πληροφορίες

συνεισφέρουν στην αύξηση του εύρους κίνησης και της δύναμης των αρθρώσεων και βελτιώνουν την απόδοση σε μια πιο δύσκολη κίνηση [50].

Εφαρμογές βασισμένες στην εικονική πραγματικότητα, μετατρέπουν τις ασκήσεις αποκατάστασης ως ενέργειες των παιχνιδιών στον υπολογιστή [49]. Η εικονική πραγματικότητα μπορεί να παρέχει ένα αποτελεσματικό και ευνοϊκό περιβάλλον για αποκατάσταση στο οποίο μπορούν να ασκηθούν οι κινητικές δεξιότητες αφού παρουσιάζεται ως παρόμοιο με το πραγματικό περιβάλλον. Σε έρευνα που έγινε με υγιείς ενήλικες, για να συγκριθούν οι κινήσεις με εικονικά αντικείμενα σε εικονικά περιβάλλοντα και με πραγματικά αντικείμενα σε πραγματικό περιβάλλον, δεν υπήρχαν διαφορές στα χαρακτηριστικά της κίνησης [50]. Για τη χρήση τέτοιων εφαρμογών στην κινητική αποκατάσταση είναι σημαντικό να κατανοηθεί πως συνδέονται με την ανθρώπινη απόδοση, να μελετηθούν οι θεραπευτικές παρεμβάσεις και πως αυτές μπορούν να προσαρμοστούν ώστε η τεχνολογία να χρησιμοποιηθεί αποδοτικά [46].

Υπάρχουν αρκετές μελέτες που χρησιμοποίησαν την εικονική πραγματικότητα στην αποκατάσταση της κίνησης και βρήκαν αρκετά οφέλη από τη χρήση του καθώς και προστιθέμενη αξία που δίνει στη θεραπεία. Πρωτίστως, η αποκατάσταση με τη χρήση εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας έχει δείξει εγκυρότητα στη συμμόρφωση με τις βασικές αρχές που απαιτούνται στην αποκατάσταση, οι οποίες περιεγράφηκαν πιο πάνω. Επιπλέον, η εικονική πραγματικότητα μπορεί να αναπροσαρμοστεί στις απαιτήσεις της θεραπείας αφού η αποκατάσταση της κίνησης για κάθε ασθένεια που προκαλεί τη δυσλειτουργία μπορεί να έχει διαφορετικές παθοφυσιολογικές απαιτήσεις ή/και να αφορά διαφορετικές ομάδες ασθενών [49]. Μπορεί επίσης να αποτελέσει μια χαμηλού κόστους θεραπεία και να παρέχει ευέλικτο πρόγραμμα αφού ο ασθενής έχει τη δυνατότητα να το χρησιμοποιεί στον προσωπικό του χώρο σε χρόνο που τον βολεύει [46, 49].

Όσον αφορά την αξία της εικονικής πραγματικότητας συγκεκριμένα στη θεραπεία της αποκατάστασης, έχει δείξει ότι μπορεί να αποφέρει αποτελέσματα που είναι τουλάχιστο εξίσου καλά με την παραδοσιακή θεραπεία για τη βελτίωση της λειτουργία του άνω άκρου [51]. Τα εικονικά περιβάλλοντα παρέχουν ακουστική, οπτική ή/και απτική ανατροφοδότηση σε πραγματικό χρόνο, με ακρίβεια και συνέπεια, σε σχέση με το τι είναι διαθέσιμο στον πραγματικό κόσμο [52], συμβάλλοντας και στη διατήρηση της

προσοχής του χρήστη [49]. Η ανατροφοδότηση μπορεί να παρέχει πληροφορίες σχετικά με μια ενέργεια που εκπληρώθηκε, για το πως το άτομο έκανε την κίνηση και αν η κίνηση παρήγαγε τον επιθυμητό στόχο [52]. Η πολυμορφική ανατροφοδότηση που παρέχεται από την εικονική πραγματικότητα μπορεί να διευκολύνει την αναδιοργάνωση του εγκεφάλου ενισχύοντας την πλαστικότητα του [47]. Παρόλα αυτά η απόδειξη της προστιθέμενης αξίας της ανατροφοδότησης μέσω της εικονικής πραγματικότητας έχει αποδειχθεί μόνο σε λίγες μελέτες [49].

Η εικονική πραγματικότητα συμβάλει σημαντικά στη μάθηση μέσω παρατήρησης. Μέσω τεχνολογιών καταγραφής κίνησης και τη χρήση ενός avatar, ο χρήστης θα δει τη δική του εικόνα να αλληλεπιδρά με εικονικά αντικείμενα, του επιτρέπει να παρατηρήσει την ακρίβεια της κίνησης και παρέχετε η οπτική ανατροφοδότηση σχετικά με τη θέση του σώματος του στο χώρο. Επίσης, παρατήρηση μπορεί να γίνει και μέσω της χρήσης ενός εικονικού δασκάλου ο οποίος δείχνει τα βέλτιστα μοτίβα κίνησης για να τα μιμούνται οι χρήστες στο ίδιο χωρικό πλαίσιο αναφοράς [52]. Ενδεχομένως, η εικονική πραγματικότητα να παρέχει τη δυνατότητα για ευκολία της συνεπούς επανάληψης χάρη στην αυτοματοποίηση του συστήματος [52] και λόγω της δυνατότητας που δίνεται στους ασθενείς να εξασκούνται εντατικά μόνοι τους [49]. Τα εικονικά περιβάλλοντα μπορούν να παρακινήσουν τους χρήστες να συμμετέχουν σε περισσότερες επαναλήψεις ή μεγαλύτερες χρονικές περιόδους σε σύγκριση με τις συμβατικές ασκήσεις. Ωστόσο, υπάρχει μόνο ένα μικρό δείγμα στοιχείων από τη σύγκριση του χρόνου άσκησης ή του αριθμού των επαναλήψεων του εικονικού περιβάλλοντος με το πραγματικό περιβάλλον που δείχνει την υπεροχή του εικονικού περιβάλλοντος. Σε έρευνα που έγινε σε παιδιά με εγκεφαλική παράλυση για σύγκριση ασκήσεων αστραγάλου σε εικονικό περιβάλλον και συμβατικές ασκήσεις σε πραγματικό περιβάλλον, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι στο πραγματικό περιβάλλον έγιναν περισσότερες επαναλήψεις. Στο εικονικό περιβάλλον όμως, η επιθυμητή θέση της κίνησης διατηρήθηκε για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα από ότι στο πραγματικό περιβάλλον, κάτι που υποδηλώνει πρόσθετη αξία από το εικονικό περιβάλλον [52]. Μια άλλη έρευνα που έγινε με τη χρήση επιταχυνσιόμετρων για να συγκρίνουν τη ποσότητα σκόπιμων κινήσεων που προκαλούνται σε ασθενείς με εγκεφαλικό επεισόδιο με τη χρήση βιντεοπαιχνιδιών σε σχέση με τις συμβατικές θεραπείες έδειξε ότι στα βιντεοπαιχνίδια γίνονταν πιο στοχευμένες κινήσεις σε σχέση με τη συμβατική άσκηση

[47]. Ο Brunner και οι συνεργάτες του. [47] διεξήγαγαν έρευνα για να εξετάσουν αν η εκπαίδευση μέσω της εικονικής πραγματικότητας για να βελτιωθεί η λειτουργία του άνω άκρου σε ασθενείς μετά από εγκεφαλικό ήταν πιο ενδεδειγμένη από τη συμβατική θεραπεία. Τα αποτελέσματα τους έδειξαν ότι επιτεύχθηκε υψηλότερο ποσοστό δραστηριότητας στους ασθενείς που χρησιμοποίησαν την εικονική πραγματικότητα. Ο διασκεδαστικός και επίμονος χαρακτήρας της εικονικής πραγματικότητας μπορεί να διευκολύνει μια υψηλότερης έντασης εξάσκηση ενισχύοντας την επίτευξη μεγαλύτερου ποσοστού δραστηριότητας.

Η αποκατάσταση της λειτουργικότητας της κίνησης του άκρου απαιτεί αριθμό επαναλήψεων [52] και απαιτείται η βελτίωση της απόδοσης της προόδου τους [48]. Παραλλαγή στο παιχνίδι, πρόκληση και ανταγωνισμός είναι στοιχεία που μπορούν να ενισχύσουν την κινητοποίηση [49]. Σημαντικό κίνητρο για τη συμμετοχή των χρηστών στη θεραπεία είναι η καινοτόμα χρήση τέτοιων εφαρμογών στην αποκατάσταση και η διαδραστική φύση των παιχνιδιών εικονικής πραγματικότητας. Επιπλέον κίνητρο μπορεί να αποτελέσει η δυνατότητα εξατομίκευσης και προσαρμογής της εφαρμογής επιτρέποντας στον χρήστη να επιλέξει τις δικές του ασκήσεις και το δικό του χρονοδιάγραμμα. Ενδείξεις που προέκυψαν από τη διερεύνηση για τα κίνητρα με της προοπτικές των χρηστών ή τη σχέση των κινήτρων με τα αποτελέσματα υπάρχουν αλλά σε μικρό αριθμό. Υπάρχουν όμως μελέτες χρήσης της εικονικής πραγματικότητας από παιδιά στη θεραπεία που καταλήγουν στον συμπέρασμα ότι τέτοιες εφαρμογές παρακινούν τα παιδιά να συμμετέχουν σε επαναλαμβανόμενες δραστηριότητες που αφορούν αποκατάσταση δεξιοτήτων [52]. Σε πιλοτική μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε παιδιά με εγκεφαλική παράλυση για αποκατάσταση με τη χρήση του Xbox Kinect, εντοπίστηκε αύξηση στη λειτουργικότητα του άνω άκρου και στην εκτέλεση της άσκησης, αυξάνοντας τα κίνητρα για την επίτευξη της άσκησης [53]. Στην έρευνα τους ο Arman και οι συνεργάτες του [53] που έγινε σε παιδιά με νεανική ιδιοπαθή αρθρίτιδα διερευνήθηκε η δυνατότητα βελτίωσης της λειτουργίας του άνω άκρου παρέχοντας κίνητρα στα παιδιά μέσω αποκατάστασης με τη χρήση του Kinect. Στα αποτελέσματα τους εντόπισαν αυξημένη απόδοση της δραστηριότητας λόγω της επικέντρωσης της προσοχής στο παιχνίδι μειώνοντας έτσι το πόνο και αποφεύγοντας το φόβο για την εκτέλεση της άσκησης.

Η εικονική πραγματικότητα μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην κινητική αποκατάσταση, παρέχοντας τη δυνατότητα ελέγχου της διαδικασίας αποκατάστασης [54]. Πολλά συστήματα εικονικής πραγματικότητας παρέχουν ολοκληρωμένη καταγραφή του χρόνου που αφιερώνεται ενεργά στην αποκατάσταση αλλά και πληροφορίες σχετικά με τις επιδώσεις της εκτέλεσης. Επιπλέον, πολλές από τις θεραπείες που βασίζονται σε παιχνίδια που χρησιμοποιούν φυσική αλληλεπίδραση με το χρήστη, ενσωματώνουν και τη καταγραφή κίνησης χαμηλού κόστους. Όταν το παιχνίδι βασίζεται στις κινήσεις των χρηστών, μπορεί να ληφθεί μεγάλο σύνολο δεδομένων των θεραπευτικών κινήσεων που πραγματοποιούνται κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης [47]. Κάτι τέτοιο επιτρέπει τη συνεχή συλλογή δεδομένων κίνησης κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης (και χωρίς τη παρουσία ειδικών) για κάθε ασθενή. Μέσω των δεδομένων αυτών μπορεί να επιτραπεί η ανάλυση της βελτίωσης για κάθε ασθενή με την πάροδο του χρόνου [47] και να ενισχυθεί η εμπειρογνωμοσύνη των γιατρών [52]. Οι επαγγελματίες υγείας μπορούν να επικεντρωθούν καλύτερα στην παρακολούθηση της απόδοσης της κίνησης και στη βελτίωση των ασθενών [52]. Τα δεδομένα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να δώσουν τη σχέση έντασης – απόκρισης και να εντοπιστούν τα στοιχεία της κινητικής εξάσκησης που ταιριάζουν περισσότερο σε μεμονωμένες κινητικές αναπαραστάσεις [51].

Για τη χρήση εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας στη θεραπεία της κινητικής αποκατάστασης πρέπει να εξεταστούν και να ληφθούν υπόψη κάποιοι σημαντικοί παράγοντες οι οποίοι θα επηρεάσουν το σχεδιασμό και την ανταπόκριση σε τέτοιου είδους θεραπεία. Για τη δημιουργία και τη λειτουργία του συστήματος πρέπει να γίνει εξειδικευμένη εμπειρογνωμοσύνη [49]. Απαιτείται από τους επαγγελματίες υγείας να λάβουν αποφάσεις σχετική με την καταλληλότητα της παρέμβασης για κάθε ασθενή καθώς και τη διαφοροποίηση της θεραπείας και προσαρμογή των παραμέτρων ανάλογα με το είδος της ασθένειας και της πληθυσμιακής ομάδας που θα ακολουθήσει τη θεραπεία. Επίσης, πρέπει να ληφθούν υπόψη ζητήματα ασφάλειας, κόστους και αποδεικτικά στοιχεία για την αποτελεσματικότητα σε σχέση με άλλους τύπους παρέμβασης [52]. Το σύστημα πρέπει να σχεδιαστεί σωστά και με ιδιαίτερη προσοχή γιατί η εμπύηση στο σύστημα μπορεί να συνδέεται μια cybersickness. Η αποτελεσματικότητα όσον αφορά την επιλογή αυτού του τύπου θεραπείας από τους ασθενείς έχει άμεση σχέση με το γεγονός ότι οι ασθενείς μπορεί να μην είναι

εξοικειωμένη με τα παιχνίδια και το περιβάλλον της εικονικής πραγματικότητας. Τέλος, τα παιχνίδια δεν απολαμβάνονται απαραίτητα από όλους [49].

2.3.2 Εικονική Πραγματικότητα και Καρκίνος

Εξαιτίας των πρόσφατων τεχνολογικών εξελίξεων, η ανάπτυξη και εφαρμογή της σύγχρονης τεχνολογίας στη φροντίδα υγείας, προσφέρει νέες μη παρεμβατικές προσεγγίσεις για τη διαχείριση των συμπτωμάτων που σχετίζονται με τον καρκίνο. Υπάρχει αυξημένο ενδιαφέρον για τη χρήση και την αποτελεσματικότητα των θεραπειών μέσω της εικονικής πραγματικότητας στη διεπιστημονική κοινότητα για τη διαχείριση συμπτωμάτων, μείωση του πόνου, μείωση της κόπωσης που σχετίζεται με τον καρκίνο, άγχος, κατάθλιψη και γνωστική δυσλειτουργία. Σε μελέτη που έγινε για ποσοτική αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των μη παρεμβατικών θεραπειών με τη χρήση της εικονικής πραγματικότητας για τη διαχείριση συμπτωμάτων σε ασθενείς με καρκίνο βρήκαν ότι τα συνολικά αποτελέσματα ευνοούν τις παρεμβάσεις βασισμένες σε εικονική πραγματικότητα [10].

Η ανεπαρκής θεραπεία του πόνου σε ασθενείς με καρκίνο μπορεί να οδηγήσει σε επιδεινώσεις της υγείας και να κάνει πιο δύσκολη τη θεραπεία του καρκίνου [55]. Αρκετοί από τους ασθενείς με καρκίνο παραπονιούνται για συνεχή πόνο. Η διαχείριση του πόνου του καρκίνου είναι δύσκολη εξαιτίας της φύσης και της πολυπλοκότητας του χρόνιου πόνου που δεν προσφέρεται για αλλαγή στην αντίληψη της έντασης του [11]. Η έρευνα για διαχείριση του πόνου άρχισε να δίνει περισσότερη προσοχή και να υποστηρίζει τις μη φαρμακολογικές παρεμβάσεις [11, 55, 56].

Η τεχνική της απόσπασης της προσοχής έχει αποδειχθεί ότι είναι μια χρήσιμη μη φαρμακολογική παρέμβαση για τη μείωση του πόνου και του άγχους. Η απόσπαση της προσοχής είναι η εστίαση της προσοχής σε κάποιο ερέθισμα που διασκεδάζει το άτομο και έτσι καθιστά δύσκολο για το άτομο αυτό να δώσει προσοχή ή να σκεφτεί προβλήματα ή πόνο [55]. Μια άλλη μη φαρμακολογική τεχνική που προτείνεται από τη θετική ψυχολογία και έχει δείξει ενθαρρυντικά αποτελέσματα σε παρεμβάσεις στην ογκολογία, είναι η συναισθηματική ευεξία. Η συναισθηματική ευεξία έχει να κάνει με τη μείωση των αρνητικών συναισθημάτων αλλά και την ένταση και τη συχνότητα των θετικών συναισθημάτων. Μερικές μελέτες έχουν δείξει ότι η παραγόμενη θετική

επίδραση σχετίζεται με καλύτερες αυτοαξιολογήσεις της υγείας, χαμηλότερη ευαισθησία στον πόνο και καλύτερη συναισθηματική ευεξία κατά τη διάρκεια της θεραπείας του καρκίνου [57].

Η τεχνολογία της εικονικής πραγματικότητας είναι μια μορφή απόσπασης της προσοχής και θεωρείται ως μια μη επεμβατική τεχνολογική προσομοίωση [55] που χρησιμοποιείται για πιο αποτελεσματικές ψυχολογικές παρεμβάσεις [57]. Η «εμβύθιση» στο εικονικό περιβάλλον επιτρέπει στην εικονική πραγματικότητα να λειτουργεί ως μη φαρμακολογικός τύπος αναλγησίας. Η χρήση των HMDs για την προβολή της τρισδιάστατης εικόνας ενισχύουν την «εμβύθιση» του ασθενή στο εικονικό περιβάλλον αποσπώντας του την προσοχή από το φυσικό περιβάλλον [55]. Η εικονική πραγματικότητα έχει υψηλές δυνατότητες παρέμβασης σε οξύ και χρόνιο πόνο λειτουργώντας ως «εικονικό αναλγητικό» [11]. Αρκετές μελέτες έχουν δείξει θετικά αποτελέσματα στη χρήση της εικονικής πραγματικότητας για την απόσπαση της προσοχής κατά τη διάρκεια επώδυνων διαδικασιών [55, 56].

Η εικονική πραγματικότητα ως μη φαρμακευτική παρέμβαση αναλγησίας χρησιμοποιήθηκε αρχικά για τη φροντίδα πληγών από εγκαύματα και στη συνέχεια για την ανακούφιση της δυσφορίας του καρκίνου κατά τη διάρκεια της χημειοθεραπείας και για αντιμετώπιση του άγχους σε παιδιά με καρκίνο [11, 55]. Ειδικά στη συμπεριφοριστική ιατρική, η εικονική πραγματικότητα έχει χρησιμοποιηθεί στη διαχείριση του οξέος πόνου, στη νευροψυχολογική αξιολόγηση και αποκατάσταση. Στην περίπτωση του καρκίνου, το VR έχει χρησιμοποιηθεί κυρίως για να βοηθήσει τη διαχείριση του πόνου και του άγχους που σχετίζονται με επώδυνες ιατρικές διαδικασίες καθώς και για τον χειρισμό συμπτωμάτων δυσφορίας κατά τη διάρκεια της χημειοθεραπείας [57].

Σε ανασκόπηση ερευνών που πραγματοποιήθηκε σε επεμβάσεις με τη χρήση της εικονικής πραγματικότητας, διαπιστώθηκε ότι ήταν ευεργετικές για ασθενείς με καρκίνο βελτιώνοντας τη συναισθηματική τους κατάσταση και μειώνοντας τη δυσφορία που σχετίζεται με τον καρκίνο είτε οφείλεται σε χημειοθεραπείες είτε σε επώδυνες διαδικασίες ή νοσηλεία [11]. Η χρήση εικονικής πραγματικότητας για αντιμετώπιση οξείας ή μικρής διάρκειας δυσφορία, έδειξε θετικά αποτελέσματα στη

μείωση του πόνου, του άγχους και του φόβου κατά τη διάρκεια ιατρικών διαδικασιών και έκανε τη διαδικασία της χημειοθεραπείας πιο ανεκτή [57].

Θεραπείες εικονικής πραγματικότητας για την ανακούφιση συμπτωμάτων κατά τη διάρκεια της χημειοθεραπείας έχουν πραγματοποιηθεί και σε γυναίκες με καρκίνο του μαστού [11] αλλά οι μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί για την διερεύνηση της αποτελεσματικότητας του είναι πιο περιορισμένες [55]. Στην έρευνα που αναλύεται στο [55] έγινε σύγκριση του επιπέδου του πόνου και του άγχους μεταξύ ασθενών που λαμβάνουν τυπική περίθαλψη με φαρμακευτικές παρεμβάσεις και σε ασθενείς που λαμβάνουν τυπική περίθαλψη μέσω εικονικής πραγματικότητας και αφορούσε γυναίκες που διαγνώστηκαν με καρκίνο του μαστού και χρόνιο πόνο. Τα ευρήματα αυτής της μελέτης έδειξαν ότι η χρήση εικονικής πραγματικότητας ως ανοσοενισχυτικό ήταν πιο αποτελεσματικό από τη χορήγηση φαρμάκων για την αντιμετώπιση του πόνου και του άγχους. Βάσει των αποτελεσμάτων της μελέτης τους οι συγγραφείς υποστηρίζουν τη χρήση εικονικής πραγματικότητας ως μια αποτελεσματική και ασφαλή μη φαρμακολογική μέθοδος για την απόσπαση της προσοχής των ασθενών από το άγχος και τον πόνο αφού είναι και ασφαλέστερη από τα φάρμακα τα οποία μπορεί να έχουν και παρενέργειες.

Πρόσφατα έχει αρχίσει να διερευνάται η αποτελεσματικότητα των θεραπειών μέσω εικονικής πραγματικότητας σε ασθενείς που υποβλήθηκαν σε θεραπεία του καρκίνου του μαστού. Οι έρευνες αφορούν την αντιμετώπιση του άγχους, της κατάθλιψης και του μετεγχειρητικού χρόνιου πόνου στον ώμο/βραχίονα αλλά και στην αποκατάσταση της δυσλειτουργίας του άνω άκρου [11, 12]. Η αποτελεσματικότητα της χρήσης της εικονικής πραγματικότητας για την αύξηση των κινητικών/γνωστικών απαιτήσεων έχει αποδειχθεί σε μελέτες που αφορούσαν ασθενείς με χρόνιο εγκεφαλικό επεισόδιο [11].

Ο House και οι συνεργάτες του [11] πραγματοποίησαν μια πιλοτική μελέτη για να διερευνήσουν την αποτελεσματικότητα της αντιμετώπισης χρόνιου πόνου και δυσλειτουργίας του άκρου μέσω ενός πειραματικού συστήματος αποκατάστασης εικονικής πραγματικότητας (Bright Arm Duo Rehabilitation System) το οποίο διαμορφώνει το βάρος που ανυψώνεται από το άκρο. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε άτομα που είχαν υποβληθεί σε εγχείρηση για τη θεραπεία καρκίνου του μαστού τα οποία μπορεί επίσης να πάσχουν από κατάθλιψη. Τα αποτελέσματα της πιο πάνω

έρευνας έδειξαν βελτίωση της λειτουργικότητας και του εύρους της κίνησης του άκρου, της δύναμης και της κατάθλιψης.

Μια άλλη μελέτη πραγματοποιήθηκε από τον Feyziogly και τους συνεργάτες του[12] για να εξεταστούν οι πιθανές επιπτώσεις ενός προγράμματος εικονικής πραγματικότητας ,με τη χρήση του Xbox Kinect, στην αποκατάσταση της δυσλειτουργίας του άνω άκρου σε ασθενείς που υποβλήθηκαν σε επέμβαση για θεραπεία από καρκίνο του μαστού. Τα παιχνίδια που υλοποιήθηκαν στο Kinect ακολουθούσαν τα πρότυπα κίνησης που χρησιμοποιούνται στην συμβατική φυσικοθεραπεία. Σκοπός της διερεύνησης για την επίδραση της εικονικής πραγματικότητας στη δυσλειτουργία του άνω άκρου είναι η πιθανή χρήση των βιντεοπαιχνιδιών Kinect ως εναλλακτική θεραπεία του πρότυπου προγράμματος φυσικοθεραπείας. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη συγκεκριμένη έρευνα, έδειξαν ότι οι επιδράσεις της αποκατάστασης με το πρόγραμμα Kinect ήταν πιο εμφανείς από τις τυπικές προσεγγίσεις της φυσικής θεραπείας σχεδόν σε όλες τις μετρήσεις που έγιναν αλλά και στις δύο περιπτώσεις υπήρχε σημαντική βελτίωση. Παρατηρήθηκε επίσης ότι οι ασθενείς που ακολούθησαν το πρόγραμμα αποκατάστασης Kinect συμμετείχαν με περισσότερο ενδιαφέρον και είχαν λιγότερο φόβο να εκτελέσουν την κίνηση που απαιτείται από τα παιχνίδια, σε όλη τη διάρκεια του προγράμματος. Οι συγγραφείς της έρευνας πιστεύουν ότι το πρόγραμμα αποκατάστασης με τη χρήση του Kinect μπορεί να είναι μια εναλλακτική θεραπεία ή να χρησιμοποιηθεί για την ενίσχυση της πρότυπης φυσικοθεραπείας για περαιτέρω κλινική βελτίωση.

Γενικά στη βιβλιογραφία υπάρχουν σημαντικές ενδείξεις της αποτελεσματικότητας της εικονικής πραγματικότητας για τη διαχείριση των συμπτωμάτων του καρκίνου. Η βιβλιογραφία έχει παρουσιάσει σημαντικά αποτελέσματα στην διαχείριση του πόνου, της δυσφορίας, της κατάθλιψης και του άγχους που σχετίζονται με τον καρκίνο. Η διερεύνηση όμως για την αποκατάσταση της δυσλειτουργίας της κίνησης που προκαλείται κυρίως στο άνω άκρο από τη θεραπεία του καρκίνου του μαστού, βρίσκεται σε πρώιμο στάδιο. Με την παρούσα μελέτη φιλοδοξούμε να ενισχύσουμε την έλλειψη που υπάρχει στη βιβλιογραφία όσον αφορά τη χρήση εικονικής πραγματικότητας στη πρόληψη και τη θεραπεία του λεμφοιδήματος και να εξετάσουμε

αν το πρόγραμμα άσκησης μέσω εικονικής πραγματικότητας μπορεί να είναι εναλλακτική λύση ή ενίσχυση της φυσιοθεραπείας.

Κεφάλαιο 3

Παρουσίαση Εξοπλισμού, Εικονικών Περιβαλλόντων και Εργαλείων

3.1 Το Σύστημα Εικονικής Πραγματικότητας	34
3.1.1 Οι Ασκήσεις	36
3.1.2 Τα Εικονικά Περιβάλλοντα	41
3.1.3 Εξοπλισμός Συστήματος	49

3.1 Το Σύστημα Εικονικής Πραγματικότητας

Ανάλυση Απαιτήσεων και Καθορισμός Προδιαγραφών

Για την ανάλυση των απαιτήσεων και τον καθορισμό των προδιαγραφών του συστήματος επικοινωνήσαμε με επαγγελματίες υγείας οι οποίοι μας έδωσαν οδηγίες και μας επεξήγησαν τις απαιτήσεις ενός ολοκληρωμένου προγράμματος άσκησης που ακολουθείται κατά τη πρόληψη και θεραπεία του λεμφοιδήματος σε ασθενείς με καρκίνο του μαστού. Επιπλέον, έγινε έρευνα στη σχετική βιβλιογραφία για καλύτερη κατανόηση του λεμφοιδήματος και των πιθανών λόγων που οι ασθενείς αποφεύγουν να εκτελούν τις ασκήσεις ώστε οι προδιαγραφές του συστήματος να καθοριστούν με τρόπο που να βοηθούν τους ασθενείς να πραγματοποιούν το πρόγραμμα άσκησης.

Ενδεικτικό πρόγραμμα άσκησης, σε κάθε εκτέλεση του πρέπει να διαρκεί περίπου δέκα λεπτά και να συνδυάζει ασκήσεις για τον αυχένα και τον βραχίονα. Κάθε άσκηση πρέπει να επαναλαμβάνεται τουλάχιστο πέντε φορές αλλά προτιμότερο είναι να επαναλαμβάνετε δέκα φορές. Ιδανικά, κάθε ασθενής πρέπει να εκτελεί το πρόγραμμα άσκησης τρεις φορές τη μέρα (πρωί, μεσημέρι, απόγευμα), όμως και μια φορά τη μέρα μπορεί να θεωρηθεί ικανοποιητικό. Οι ασκήσεις του προγράμματος δεν πρέπει να

προκαλούν πόνο στους ασθενείς. Στόχος είναι να προκληθεί ένα αίσθημα τεντώματος στους ασθενείς κατά τη διάρκεια των ασκήσεων αλλά χωρίς να επιβαρύνονται οι μύες.

Λειτουργίες Συστήματος:

Με βάση τις απαιτήσεις που έχει ένα πρόγραμμα άσκησης το οποίο αφορά ασθενείς με λεμφοίδημα καθοριστήκαν οι προδιαγραφές και οι λειτουργίες που πρέπει να έχει το σύστημα που θα υλοποιηθεί. Το πιο σημαντικό είναι οι ασκήσεις να υλοποιηθούν σωστά έτσι ώστε να εκτελούνται οι απαιτούμενες κινήσεις για κάθε άσκηση και ο απαιτούμενος χρόνος εκτέλεσης να είναι αναλογικά με το συνολικό χρόνο διάρκειας του προγράμματος. Για κάθε άσκηση να υπάρχει ένα προκαθορισμένο όριο 10 επαναλήψεων και το σύστημα να καταγράφει δεδομένα σχετικά με την άσκηση αλλά και το επίπεδο του πόνου που νιώθουν οι ασθενείς πριν και μετά από την εκτέλεση των ασκήσεων κάθε κατηγορίας. Επίσης για κάθε άσκηση να δημιουργηθεί ένα ευχάριστο και χαλαρωτικό περιβάλλον για να ενισχύει θετικά τη διάθεση των ασθενών. Το σύστημα πρέπει να δίνει τη δυνατότητα στον ασθενή να παραλείπει την άσκηση ή ολόκληρη την κατηγορία ασκήσεων σε περίπτωση που νιώθει πόνο ή για οποιοδήποτε άλλο λόγο δεν μπορεί να εκτελέσει τις ασκήσεις. Επιπλέον, να υπενθυμίζει τον ασθενή στέλνοντας ειδοποιήσεις με θετική ενίσχυση σε προκαθορισμένες ώρες για να τον παρακινήσει να εκτελέσει το πρόγραμμα. Αλλά πρέπει να δίνετε η δυνατότητα στον ασθενή να παραλείπει τις ειδοποιήσεις σε περίπτωση που δεν θέλει να ασκηθεί τη συγκεκριμένη στιγμή. Τέλος, το σύστημα πρέπει να έχει γρήγορη απόκριση, χαμηλές απαιτήσεις αποθηκευτικού χώρου και χαμηλό κόστος των συσκευών που θα χρησιμοποιηθούν για την προβολή της τρισδιάστατης εικόνας και για την παρακολούθηση της κίνησης κατά τη διάρκεια των ασκήσεων.

Περιγραφή Συστήματος Εικονικής Πραγματικότητας – Σχεδιασμός Συστήματος

Ο χρήστης αρχικά πρέπει να ανοίξει την εφαρμογή εικονικής πραγματικότητας που βρίσκεται εγκατεστημένη στο κινητό του είτε πατώντας πάνω στο εικονίδιο της εφαρμογής είτε πατώντας πάνω στην ειδοποίηση που αποστέλλει το σύστημα για υπενθύμιση. Στη συνέχεια χρειάζεται να τοποθετήσει τους αισθητήρες για παρακολούθηση της κίνησης πάνω στο προσβεβλημένο άκρο και το κινητό του μέσα στο HMD το οποίο θα προσαρμόσει στη κατάλληλη θέση φορώντας το στο κεφάλι του.

Το σύστημα αρχίζει από ένα κεντρικό μενού, πριν προχωρήσει με τις ασκήσεις, για να δώσει τη δυνατότητα στον ασθενή να προσαρμοστεί με την ιδέα του εικονικού περιβάλλοντος και να διαχειρίζεται με την κίνηση του κεφαλιού του το κύκλο που αντιστοιχεί στο που κοιτάζει. Το μενού περιλαμβάνει δύο επιλογές “Έναρξη / Start” και “Έξοδος / Exit” τις οποίες ο χρήστης μπορεί να επιλέξει εστιάζοντας το βλέμμα του πάνω στο συγκεκριμένο κουμπί. Επιλέγοντας το “Exit” το σύστημα ρωτά τον χρήστη “Θέλεις να βγεις από την εφαρμογή; / Do you want to exit?” δίνοντας τους τις επιλογές “Ναι / Yes” και “Όχι / No”. Επιλέγοντας το “Έναρξη / Start” το σύστημα εμφανίζει στον ασθενή την κλίμακα αξιολόγησης του πόνου η οποία χρησιμοποιείται πριν την έναρξη των ασκήσεων κάθε κατηγορίας. Στη συνέχεια παρουσιάζονται στον ασθενή οι ασκήσεις τις κατηγορίας που πρόκειται να ακολουθήσουν δίνοντας του τη δυνατότητα να αρχίσει με τις ασκήσεις ή να παραλείψει ολόκληρη τη συγκεκριμένη κατηγορία ασκήσεων. Ακολούθως, ο χρήστης εκτελεί με σειρά τις ασκήσεις κάθε κατηγορίας. Σε κάθε άσκηση ο χρήστης μπορεί να παρακολουθήσει ένα video με την εκτέλεση της άσκησης ή να παραλείψει της συγκεκριμένη άσκηση σε περίπτωση που δεν μπορεί να την εκτελέσει. Με το τέλος όλων των ασκήσεων κάθε κατηγορίας εμφανίζεται στον χρήστη η κλίμακα αξιολόγησης για να δώσει το επίπεδο του πόνου που αισθάνεται αφού έχει εκτελέσει τις ασκήσεις της συγκεκριμένης κατηγορίας. Με τον ίδιο τρόπο το σύστημα προχωρά στην επόμενη κατηγορία ασκήσεων.

3.1.1 Οι Ασκήσεις

Ασκήσεις Αυχένα

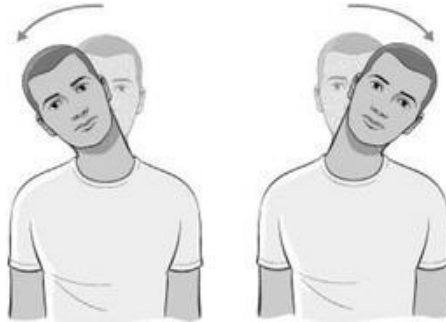
Κλίση Αυχένα

Κατά τη διάρκεια της άσκησης οι ώμοι πρέπει να παραμένουν ακίνητοι.

Βήματα Εκτέλεσης:

- Γείρετε το κεφάλι προς τον ένα ώμο.
- Κρατήστε για τρία δευτερόλεπτα.
- Επαναφέρεται το κεφάλι στο κέντρο.

- Κρατήστε για τρία δευτερόλεπτα.
- Επαναλάβετε την ίδια κίνηση προς τον άλλο ώμο.
- Επαναλάβετε τη διαδικασία για πέντε έως δέκα φορές.



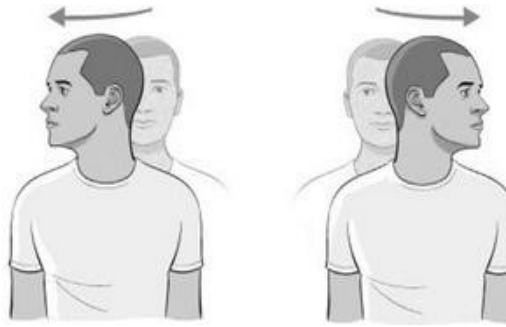
Εικόνα 3.1: Οπτική αναπαράσταση της κίνησης για κλίση αυχένα

Στροφική Κίνηση Αυχένα

Κατά τη διάρκεια της άσκησης το σώμα πρέπει να παραμένει ακίνητο.

Βήματα Εκτέλεσης:

- Γυρίστε το κεφάλι για να κοιτάζει πάνω από τον ώμο όσο μπορείτε.
- Κρατήστε για τρία δευτερόλεπτα.
- Γυρίστε το κεφάλι σας να κοιτάζει μπροστά.
- Κρατήστε για τρία δευτερόλεπτα.
- Επαναλάβετε την ίδια κίνηση προς τον άλλο ώμο.
- Επαναλάβετε τη διαδικασία για πέντε έως δέκα φορές.



Εικόνα 3.2: Οπτική αναπαράσταση για στροφική κίνηση αυχένα

Καμπή Αυχένα

Κατά τη διάρκεια της άσκησης το σώμα πρέπει να παραμένει ακίνητο.

Βήματα Εκτέλεσης:

- Κάνετε κάμψη του αυχένα προς τα κάτω, μέχρι το σημείο που μπορείτε να το κάνετε με άνεση, ώστε το πιγούνι να ακουμπήσει στο στήθος.
- Κρατήστε για 3 δευτερόλεπτα.
- Επαναφέρετε το κεφάλι σας προς τα πάνω σε κανονική θέση.
- Κρατήστε για 3 δευτερόλεπτα.
- Επαναλάβετε τη διαδικασία για πέντε έως δέκα φορές.



Εικόνα 3.3: Οπτική αναπαράσταση της κίνησης για καμπή αυχένα

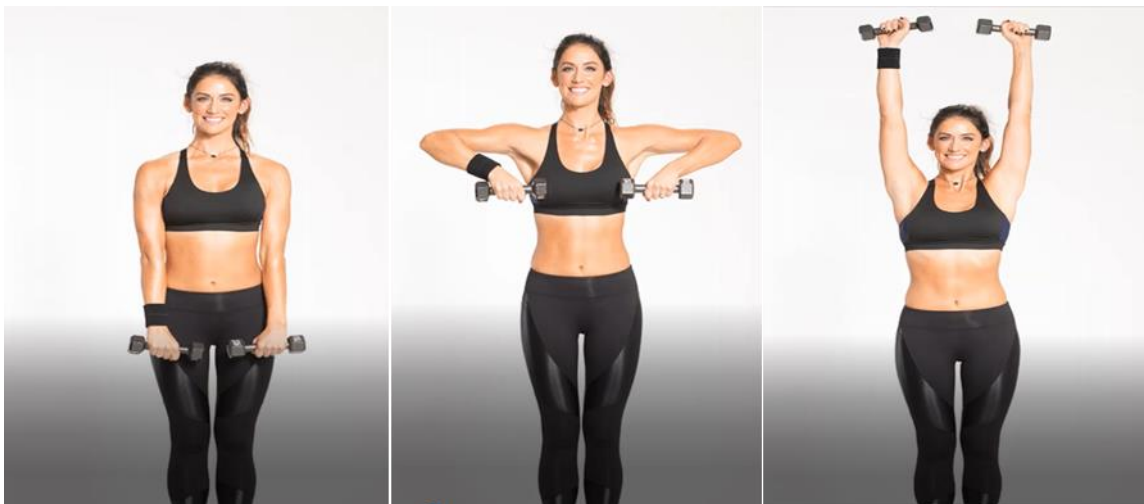
Ασκήσεις Βραχίονα

Πολλαπλές Ασκήσεις Βραχίονα

Κατά τη διάρκεια της άσκησης το σώμα πρέπει να παραμένει ακίνητο.

Βήματα:

- Με τα χέρια σας ακουμπήστε τους μηρούς σας.
- Ακολουθώς ακουμπήστε του ώμους σας.
- Ακολουθώς σηκώστε τα χέρια σας πάνω προς τον ουρανό.
- Ακολουθώς ακουμπήστε ξανά τους ώμους σας.
- Ακολουθώς ακουμπήστε ξανά τους μηρούς σας.
- Επαναλάβετε τη διαδικασία από πέντε έως δέκα φορές.



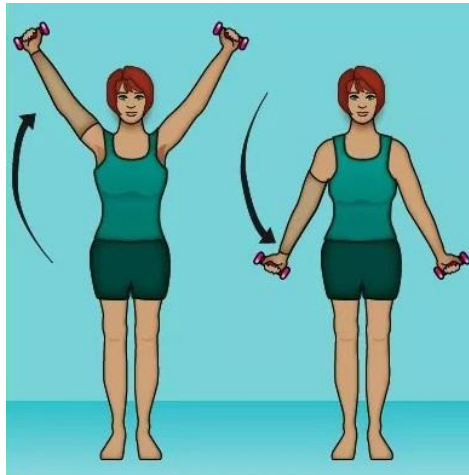
Εικόνα 3.4: Οπτική αναπαράσταση για πολλαπλές ασκήσεις βραχίονα

Πλάγια Θέση Ανύψωσης Βραχίονα

Κατά τη διάρκεια της άσκησης το σώμα πρέπει να παραμένει ακίνητο.

Βήματα Εκτέλεσης:

- Αφήστε ελεύθερο το χέρι σας στο πλάι του σώματος σας με την παλάμη στραμμένη μπροστά.
- Στη συνέχεια ανυψώστε το χέρι σας ψηλά.
- Κρατήστε το για 3 δευτερόλεπτα.
- Κατεβάστε το χέρι σας ξανά στο πλάι του σώματος σας.
- Επαναλάβετε τη διαδικασία για πέντε έως δέκα φορές.



Εικόνα 3.5: Οπτική αναπαράσταση για πλάγια θέση ανύψωσης βραχίονα

3.1.2 Τα Εικονικά Περιβάλλοντα

Τα εικονικά περιβάλλοντα που δημιουργήθηκαν για το σύστημα ήταν στο πλαίσιο ενός ήρεμου περιβάλλοντος. Θέλουμε να τοποθετήσουμε το χρήστη σε ένα ήρεμο και χαλαρωτικό περιβάλλον για να του παρέχουμε θετικές ενισχύσεις ώστε να εκτελεί πιο εύκολα τις ασκήσεις. Το περιβάλλον που χρησιμοποιήθηκε είναι ένα δάσος με αρκετό πράσινο και πολλά δέντρα το οποίο ενισχύθηκε με ήρεμη ορχηστρική μουσική. Οι ασκήσεις σχεδιάστηκαν και υλοποιήθηκαν με όσο το δυνατόν πιο παιχνιδώδες τρόπο, ώστε να μην παραπέμπουν σε εκτέλεση άσκησης κι έτσι να είναι πιο ευχάριστες για το χρήστη η κίνηση να βγαίνει μέσα από το σκοπό του παιχνιδιού.

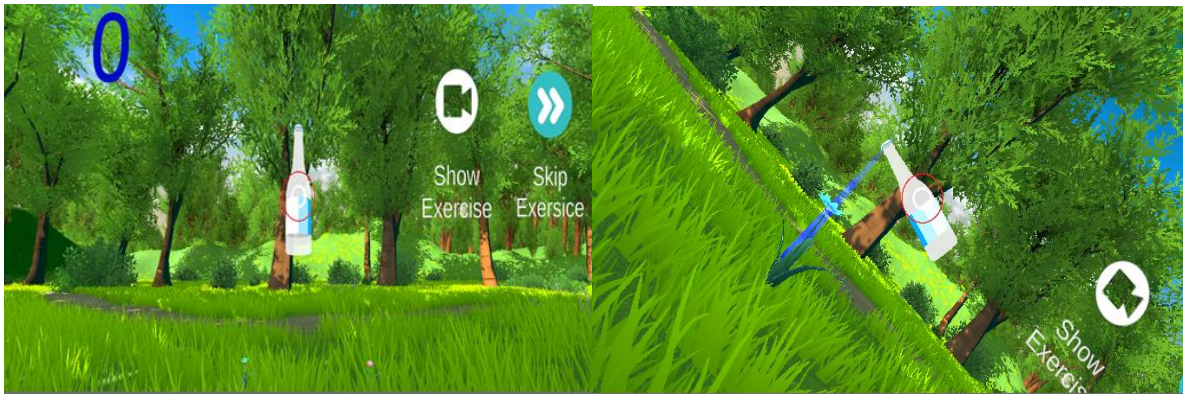
Το βασικό περιβάλλον με τα δέντρα και τη μουσική διατηρήθηκε σε όλες τις σκηνές, τροποποιώντας το αναλόγως με τις απαιτήσεις κάθε άσκησης ώστε να υλοποιηθεί σωστά. Σε κάθε άσκηση υπάρχει αριστερά ένας μετρητής ο οποίος παρουσιάζει τον αριθμό των επαναλήψεων που έκανε ο χρήστης. Έχει προκαθοριστεί το όριο των δέκα επαναλήψεων το οποίο μόλις επιτευχθεί το σύστημα σε μεταφέρει στην επόμενη σκηνή. Στα δεξιά της εικόνας υπάρχουν οι επιλογές “Δεν την Άσκηση / Show Exercise” η οποία επιτρέπει στο χρήστη να παρακολουθήσει την κίνηση που πρέπει να γίνει σε κάθε άσκηση και “Παράληψη Άσκησης / Skip Exercise” η οποία επιτρέπει στο χρήστη να παραλείψει τη συγκεκριμένη άσκηση σε περίπτωση που για οποιοδήποτε λόγο δεν θέλει να την εκτελέσει. Η υλοποίηση των ασκήσεων στην εφαρμογή εικονικής πραγματικότητας έγινε βάσει του πρωτοκόλλου που μας δόθηκε από τους φυσιοθεραπευτές με τρόπο που να εξάγονται τα βήματα κινήσεων που απαιτούνται για κάθε άσκηση. Το εικονικό περιβάλλον κάθε άσκησης περιγράφεται πιο κάτω:

Ασκήσεις Αυχένα

Για τις ασκήσεις του αυχένα χρησιμοποιείται ένας κύκλος ο οποίος αντιστοιχεί στο σημείο που βλέπει ο χρήστης και μετακινείται αναλόγως με την κίνηση της κεφαλής.

Κλίση Αυχένα

Για την επίτευξη της κίνησης που απαιτείται στη συγκεκριμένη άσκηση ο χρήστης πρέπει να εστιάσει το βλέμμα του ,για περίπου τέσσερα δευτερόλεπτα, στην μπουκάλια του νερού που υπάρχει μπροστά του ώστε να μπορεί να την μετακινήσει. Όσο ο κύκλος βρίσκεται πάνω στην μπουκάλια μεγαλώνει και αρχίζει να γεμίζει μέχρι να περάσουν τα τέσσερα δευτερόλεπτα. Δεξιά και αριστερά από τη μπουκάλια υπάρχουν δύο λουλούδια και σκοπός του χρήστη είναι να γύρει την μπουκάλια προς τα λουλούδια για να τα ποτίσει και να μεγαλώσουν. Ο χρήστης πρέπει να γύρει το κεφάλι του προς τον ώμο τουλάχιστο 40° για να επιτραπεί στο νερό να αρχίσει να τρέχει από την μπουκάλια. Το λουλούδι για να μεγαλώσει πρέπει το νερό να πάει αρκετά κοντά του και ο χρήστης να διατηρήσει τη κίνηση της κεφαλής στο πλάι για περίπου τρία δευτερόλεπτα. Για να αυξηθεί ο μετρητής της άσκησης και να θεωρηθεί ότι η κίνηση έγινε σωστά πρέπει να μεγαλώσει το λουλούδι. Σε περίπτωση που ο χρήστης θέλει να αφήσει την μπουκάλια για να επιλέξει κάποιο από τα κουμπιά που βρίσκονται στα δεξιά πρέπει να μετακινήσει την μπουκάλια προς το έδαφος. Η μπουκάλια θα επανατοποθετηθεί στην αρχική της θέση.



Εικόνα 3.6: Αριστερά: Η εικονική αναπαράσταση του περιβάλλοντος όταν δεν πραγματοποιείται κάποια δράση ή όταν δεν εκτελείται η κίνηση της άσκησης. Δεξιά: Η εικονική αναπαράσταση του περιβάλλοντος κατά την εκτέλεση της κίνησης κλίση του αυχένα αριστερά.

Στροφική Κίνηση Αυχένα

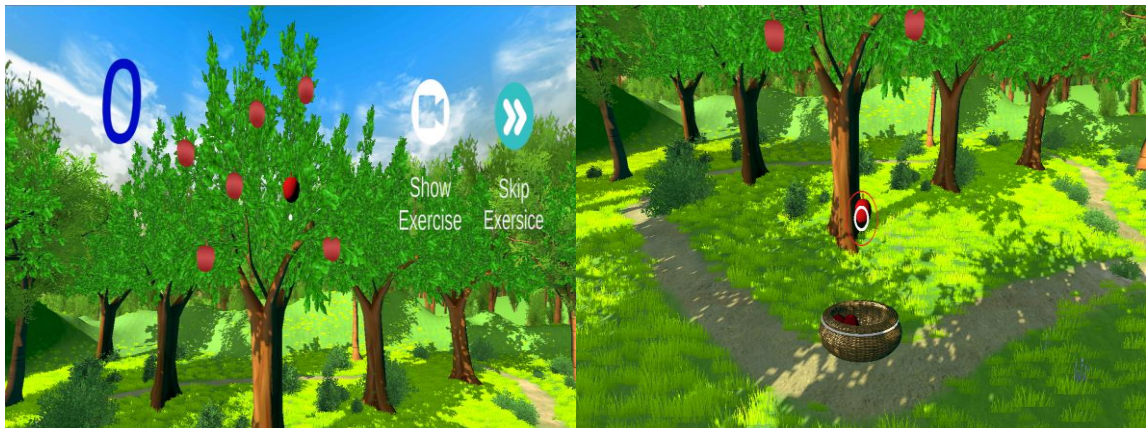
Η συγκεκριμένη άσκηση απαιτεί από τον χρήστη να περιστρέφει το κεφάλι του περίπου 90° για να κοιτάξει πάνω από κάθε του ώμο. Για την επίτευξη της συγκεκριμένης κίνησης ο χρήστης καλείται να ακολουθεί με το βλέμμα του, γυρίζοντας το κεφάλι του, μια πεταλούδα η οποία ξεκινά από ακριβώς μπροστά του και κατευθύνεται αρχικά κυκλικά προς τα αριστερά στη συνέχεια επιστρέφει στο κέντρο και ακολούθως μετακινείται κυκλικά προς τα δεξιά. Τόσο στα αριστερά όσο και στα δεξιά η πεταλούδα σταματά σε ένα σημείο το οποίο αντιστοιχεί μέχρι εκεί που πρέπει να κοιτάξει ο χρήστης για να γυρίσει το κεφάλι του περίπου πάνω από τον ώμο. Επίσης, η πεταλούδα παραμένει στα δύο αυτά σημεία για τρία δευτερόλεπτα πριν συνεχίσει την μετακίνηση της προς το κέντρο. Το βλέμμα του χρήστη αναπαριστάτε με τον κύκλο ο οποίος όταν βρίσκεται πάνω στην πεταλούδα μεγαλώνει για να δείχνει στο χρήστη ότι βρίσκεται στη θέση που πρέπει ακολουθώντας την κίνηση της πεταλούδας. Για την συγκεκριμένη άσκηση, στα δεξιά υπάρχει η επιπλέον επιλογή “Εκκίνηση Άσκησης / Start Exercise” την οποία πρέπει να επιλέξει ο χρήστης για να ξεκινήσει μια αντίστροφη μέτρηση από το πέντε μέχρι το μηδέν πριν ξεκινήσει η πεταλούδα να μετακινείται. Ο λόγος που έγινε η συγκεκριμένη διαφοροποίηση είναι για να δώσει χρόνο στο χρήστη να προσαρμόσει το κεφάλι του στο σωστό σημείο πριν να αρχίσει η άσκηση γιατί η κίνηση πρέπει να ακολουθεί το ρυθμό της πεταλούδας.



Εικόνα 3.7: Αριστερά: Η εικονική αναπαράσταση του περιβάλλοντος πριν αρχίσει η κίνηση από την πεταλούδα. Δεξιά: Η εικονική αναπαράσταση του περιβάλλοντος όταν ο χρήστης ακολουθεί και έχει το βλέμμα του πάνω στην πεταλούδα.

Καμπή Αυχένα

Σε αυτή την σκηνή υπάρχει μπροστά από τον χρήστη μια μηλιά στην οποία υπάρχουν μήλα σε διάφορα σημεία του δέντρου και κάτω από τη μηλιά υπάρχει τοποθετημένο ένα καλάθι. Ο χρήστης χρησιμοποιώντας τον κύκλο όπως και στις προηγούμενες ασκήσεις, πρέπει να εστιάσει το βλέμμα του πάνω στο μήλο για τρία δευτερόλεπτα ώστε να το πιάσει και να μπορέσει να το μετακινήσει. Όσο ο κύκλος βρίσκεται πάνω στο μήλο αρχίζει να γεμίζει μέχρι να πιάσει το μήλο. Ο χρήστης καλείτε να τοποθετήσει δέκα μήλα μέσα στο καλάθι παίρνοντας το μήλο από τη μηλιά και μετακινώντας το κεφάλι του προς τα κάτω (προς το στήθος του) για να αφήσει το μήλο στο καλάθι. Ο χρήστης μπορεί να πιάσει μόνο ένα συγκεκριμένο μήλο από το δέντρο, το οποίο διαφοροποιείται με πιο έντονο κόκκινο χρώμα από τα υπόλοιπα. Το συγκεκριμένο μήλο βρίσκεται ακριβώς πάνω από το καλάθι με αποτέλεσμα να γίνεται σωστά η κίνηση της κάμψης του κεφαλιού προς το στήθος. Κάθε φορά που ο χρήστης τοποθετεί το μήλο στο καλάθι, δημιουργείται ένα καινούργιο ακριβώς στην ίδια θέση πάνω στο δέντρο.



Εικόνα 3.8: Αριστερά: Η εικονική αναπαράσταση του περιβάλλοντος όταν δεν πραγματοποιείται κάποια δράση ή όταν δεν εκτελείται η κίνηση της άσκησης. Δεξιά: Η εικονική αναπαράσταση του περιβάλλοντος κατά την εκτέλεση της κίνησης για καμπή του αυχένα προς τα κάτω.

Πολλαπλές Ασκήσεις Βραχίονα

Η άσκηση αυτή απαιτεί από το χρήστη να κάνει τις κινήσεις αγγίζοντας πάνω σε σημεία του σώματος του για αυτό η ανατροφοδότηση που δίνεται στο χρήστη είναι κυρίως ακουστική. Στη σκηνή υπάρχει μια μπάρα στις άκρες της οποίας δεξιά και αριστερά υπάρχουν τοποθετημένα καλάθια. Ο χρήστης καλείται να πιάσει την μπάρα και μετακινώντας την πάνω – κάτω, από τους μηρούς στους ώμους και ψηλά πάνω από το κεφάλι και αντίστροφα, να μαζέψει αγγίζοντας με τα καλάθια τα ροδάκινα που υπάρχουν στην σκηνή. Τα δύο ροδάκινα (δεξιά και αριστερά) αρχικά είναι τοποθετημένα περίπου στα σημεία που βρίσκονται οι μηροί του χρήστη. Όταν τα καλάθια αγγίζουν τα ροδάκινα, ακούγετε κάποιος ήχος ως ανατροφοδότηση προς το χρήστη για να ξέρει ότι τα μαζέψε επειδή είναι δύσκολο να τα βλέπει λόγω της φύσης της άσκησης. Κάθε φορά που ο χρήστης μαζεύει τα ροδάκινα από ένα σημείο αυτά μετακινούνται στο επόμενο σημείο του σώματος του (μηροί – ώμοι – πάνω από το κεφάλι) μέχρι να συμπληρωθούν οι επαναλήψεις.



Εικόνα 3.9: Αριστερά: Η εικονική αναπαράσταση του περιβάλλοντος μετά από 9 επαναλήψεις της άσκησης. Δεξιά: Η εικονική αναπαράσταση των συστατικών της άσκησης.

Πλάγια Θέση Ανύψωσης Βραχίονα

Ο χρήστης χρησιμοποιώντας την απόχη που βρίσκετε στη σκηνή προσπαθεί να πιάσει την πεταλούδα η οποία μετακινείται πάνω – κάτω παράλληλα με το χέρι του χρήστη στο πλάι. Η πεταλούδα αρχίζει να μετακινείται από ένα σημείο στο πλάι πιο ψηλά από το κεφάλι του χρήστη σε σημείο που πρέπει να ανυψώσει το χέρι του με την απόχη για να μπορέσει να την πιάσει. Η πεταλούδα παραμένει εκεί μέχρι ο χρήστης να την αγγίξει με την απόχη, όπου πάλι υπάρχει ακουστική ανατροφοδότηση, και στη συνέχεια αρχίζει να κινείται προς τα κάτω μέχρι να φτάσει σε ένα σημείο στο πλάι περίπου κοντά στο γόνατο του χρήστη. Η πεταλούδα παραμένει στο σημείο αυτό μέχρι ο χρήστης να την αγγίξει και πάλι με την απόχη για να αρχίσει να κινείται και πάλι προς τα πάνω. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρι ο χρήστης να συμπληρώσει τις δέκα επαναλήψεις.



Εικόνα 3.10: Αριστερά: Η εικονική αναπαράσταση του περιβάλλοντος όταν ο χρήστης αρχίζει ανυψώνει το χέρι του προς τα πάνω. Δεξιά: Η εικονική αναπαράσταση του περιβάλλοντος όταν ο χρήστης αγγίζει την πεταλούδα με το δίχτυ.

Αξιολόγηση Πόνου

Το σύστημα πρέπει να καταγράφει το επίπεδο του πόνου που αισθάνεται ο χρήστης σε κάθε κατηγορία ασκήσεων. Πριν και μετά από κάθε κατηγορία ασκήσεων παρουσιάζεται στο χρήστη μια οπτική αναλογική κλίμακα για να αξιολογήσει τον πόνο που αισθάνεται. Το σύστημα ζητά από το χρήστη να καταγράψει την επιλογή του κοιτάζοντας για μερικά δευτερόλεπτα στο σχετικό emoji. Η οπτική αναλογική κλίμακα

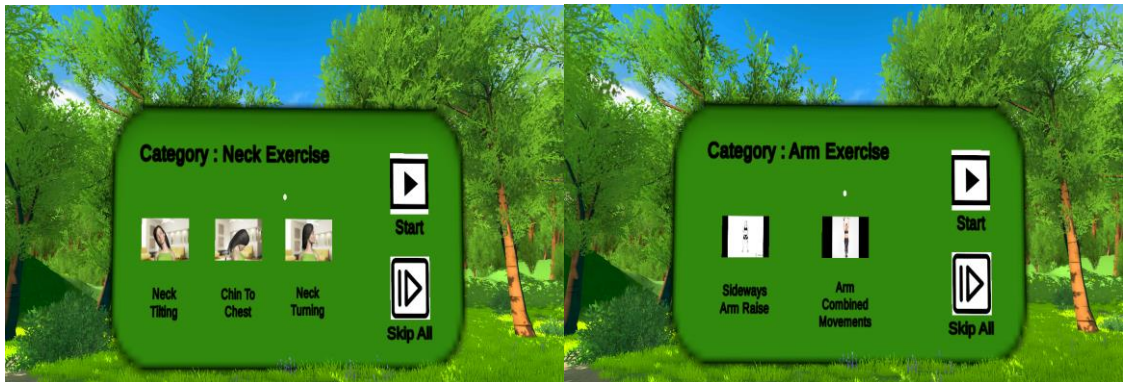
κατασκευάστηκε πάνω σε ένα καμβά στον οποίο υπάρχουν πρόσωπα emoji που αντιστοιχούν σε επίπεδα πόνου (καθόλου, ήπιο, μέτριο, σοβαρό). Χρησιμοποιείτε ένας κύκλος ο οποίος υποδεικνύει το σημείο που βλέπει ο χρήστης και όταν εστιάσει σε κάποιο emoji ο κύκλος μεγαλώνει. Μετά από περίπου πέντε δευτερόλεπτα που εστιάζει το βλέμμα του σε συγκεκριμένο emoji ένα τικ τοποθετείται πάνω σε αυτό για να του υποδείξει την επιλογή του.



Εικόνα 3.11: Αριστερά: Η εικονική αναπαράσταση της οπτικής αναλογικής κλίμακας πριν ο χρήστης επιλέξει το επίπεδο πόνου που αισθάνεται. Δεξιά: Η εικονική αναπαράσταση της οπτικής αναλογικής κλίμακας όταν ο χρήστης έχει κάνει την επιλογή του.

Κατηγορία Ασκήσεων

Πριν την έναρξη των ασκήσεων οποιασδήποτε κατηγορίας, παρουσιάζονται στο χρήστη οι ασκήσεις που πρόκειται να ακολουθήσουν για κάθε κατηγορία. Σε ένα καμβά όπως αυτό που χρησιμοποιήθηκε για την αξιολόγηση του πόνου παρουσιάζονται η κατηγορία ασκήσεων που ακολουθεί, το όνομα κάθε άσκησης και η αντίστοιχη κίνηση που απαιτείται να εκτελεστεί. Στον καμβά υπάρχουν επίσης τα κουμπιά “Έναρξη / Start” το οποίο προχωρά στην πρώτη άσκηση κάθε κατηγορίας και “Παράληψη Όλων / Skip All” το οποίο επιτρέπει στο χρήστη να παραλείψει όλες τις ασκήσεις της συγκεκριμένης κατηγορίας. Η επιλογή αυτή δίνεται στο χρήστη για τις περιπτώσεις που νιώθει πόνο στο συγκεκριμένο σημείο που αποσκοπεί η άσκηση ή για οποιοδήποτε λόγο ο χρήστης δεν νιώθει άνετα για να εκτελέσει τη συγκεκριμένη κατηγορία ασκήσεων.



Εικόνα 3.12: Αριστερά: Η κινητική αναπαράσταση των ασκήσεων για την κατηγορία αυχένα. Δεξιά: Η κινητική αναπαράσταση των ασκήσεων για την κατηγορία βραχίονα.

Video Εκτέλεσης Ασκήσεων

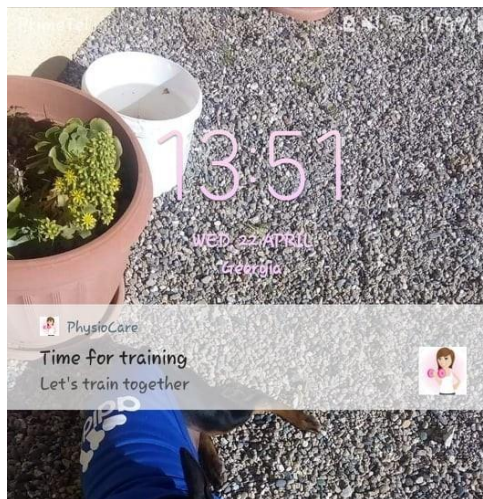
Για κάθε μια από τις ασκήσεις που υλοποιήθηκαν στην εφαρμογή έχει καταγραφεί σε βίντεο η εκτέλεση της άσκησης από εμένα μέσω της εφαρμογής εικονικής πραγματικότητας φορώντας το HMD. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να δει το βίντεο της άσκησης εστιάζοντας το βλέμμα στην επιλογή “Προεπισκόπηση Άσκησης / Show Exercise” ώστε να δει ακριβώς την κίνηση που πρέπει να κάνει. Τα βίντεο χρησιμοποιούνται ως μέσο για να δοθούν οδηγίες στους χρήστες.



Εικόνα 3.13: Αριστερά: Η επιλογή “Προεπισκόπηση Άσκησης / Show Exercise” που έχει ο χρήστης σε κάθε άσκηση. Δεξιά: Στιγμιότυπο από την εμφάνιση του video στον χρήστη για παρακολούθηση της άσκησης.

Αποστολή Ειδοποιήσεων

Το σύστημα στέλνει στους χρήστες ειδοποιήσεις, με θετικές ενισχύσεις, σε προκαθορισμένες ώρες της μέρας με σκοπό να τους υπενθυμίσει να εκτελέσουν το πρόγραμμα άσκησης. Οι ειδοποιήσεις στέλνονται καθημερινά στις 10:00 το πρωί, στις 15:00 και στις 19:00 το απόγευμα. Εμφανίζονται στη οθόνη ειδοποιήσεων του χρήστη με το εικονίδιο της εφαρμογής και με τον τίτλο “Ωρα για εξάσκηση / Time for Training”. Σε κάθε μια από τις ειδοποιήσεις χρησιμοποιούνται φράσεις για να ενισχύσουν θετικά τη διάθεση του χρήστη. Για παράδειγμα “Έλα να γυμνασθούμε μαζί / Let’s train together” , “Χτίσε σήμερα ένα υγιές αύριο / The workout you do today, determines who you will be tomorrow”, “ Όλα είναι θέμα εξάσκησης / It's all to do with the training”.



Εικόνα 3.14: Στιγμιότυπο από οθόνη κινητού με ειδοποίηση από την εφαρμογή.

3.1.3 Εξοπλισμός Συστήματος

Για την υλοποίηση της εφαρμογής χρησιμοποιήθηκε η μηχανή ανάπτυξης παιχνιδιών Unity. Η εφαρμογή αναπτύχθηκε για λογισμικά Android ενσωματώνοντας στο Unity το πακέτο Google Cardboard XR Plugin που επιτρέπει τη δημιουργία εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας για Smartphones. Τα Smartphones μπορούν να εμφανίσουν 3D σκηνές με στερεοσκοπική απόδοση, να παρακολουθούν και να αλληλεπιδρούν στη κίνηση της κεφαλής. Για την προβολή της στερεοσκοπικής 3D στη συγκεκριμένη

εφαρμογή χρησιμοποιείται η κινητή HMD συσκευή Hamswan. Για την παρακολούθηση της κίνησης του άνω άκρου και την αλληλεπίδραση με το εικονικό περιβάλλον στις ασκήσεις για το βραχίονα, χρησιμοποιήθηκαν οι αδρανειακοί αισθητήρες (IMUs – Inertial Measurements Units).

Μηχανή Ανάπτυξης Παιχνιδιών Unity

Το Unity είναι μια δωρεάν cross-platform game engine (μηχανή ανάπτυξης παιχνιδιών) που δίνει τη δυνατότητα δημιουργίας δισδιάστατων (2D) και τρισδιάστατων (3D) παιχνιδιών. Ο επεξεργαστής Unity (Unity Editor) υποστηρίζεται σε Windows, MacOS και Linux ενώ η ίδια η μηχανή υποστηρίζει περισσότερες από 25 διαφορετικές πλατφόρμες συμπεριλαμβανομένων mobile, desktop, consoles και virtual reality. Το Unity δημιουργήθηκε από την Unity Technology το 2005 και ανακοινώθηκε στο Worldwide Developers Conference της Apple Inc. ως μηχανή παιχνιδιών που υποστηρίζεται αποκλειστικά από MacOS. Στόχος ήταν η δημιουργία μιας δωρεάν μηχανής ανάπτυξης παιχνιδιών στην οποία να μπορούν να έχουν πρόσβαση περισσότεροι προγραμματιστές. Το 2006 το Unity αναδείχθηκε δεύτερο στην κατηγορία καλύτερη χρήση MacOS X Graphics στα Apple Design Awards της Apple Inc. Στη συνέχεια κέρδισε τα βραβεία Wall Street Journal 2010 και Silver Stevie Awards 2015 στην κατηγορία καινοτόμου τεχνολογίας [58, 59].

Το Unity είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα που παρέχει τη δυνατότητα δημιουργίας και απόδοσης ενός υψηλής ποιότητας γραφικό περιβάλλον. Είναι ένας δημιουργικός άξονας για καλλιτέχνες, σχεδιαστές και προγραμματιστές. Επιτρέπει προεπισκόπηση του παιχνιδιού σε πραγματικό χρόνο με δυνατότητα γρήγορης επεξεργασίας και μεταβολής των παραμέτρων κατά την ανάπτυξη του παιχνιδιού. Παρέχει τη δυνατότητα δημιουργίας 2D/3D σκηνών και animation μέσω του Unity Editor. Υποστηρίζει Pipeline υψηλής ευκρίνειας απόδοσης το οποίο είναι ιδανικό για γραφικά σε εξοπλισμό υψηλών προδιαγραφών για δημιουργία υψηλής ευκρίνειας οπτικών εικόνων. Επίσης υπάρχει δυνατότητα απόδοσης ήχου, με υποστήριξη διαφόρων μορφών αρχείου (MP3, WAV, WAX, κ.τ.λ.), για αναπαραγωγή των ήχων της σκηνής και σωστή αντίληψη του περιβάλλοντος από τον χρήστη.

Κύρια Χαρακτηριστικά Unity:

Δωρεάν Λογισμικό: Διατίθεται δωρεάν δίνοντας τη δυνατότητα χρήσης από το ευρύτερο κοινό (π.χ. φοιτητές) και από άτομα που πιθανόν να μην έχουν τη δυνατότητα να αγοράσουν κάποια μηχανή ανάπτυξης παιχνιδιού.

Εκμάθηση Unity: Το Unity παρέχει tutorials, δημιουργημένα από πιστοποιημένους δικούς του εκπαιδευτές, με σκοπό την ανάπτυξη δεξιοτήτων (για όλα τα επίπεδα χρηστών), μέσω άμεσης καθοδήγησης για τα συστατικά και τις διάφορες πλατφόρμες που υποστηρίζει.

Κοινότητα: Διατηρεί ενεργή κοινότητα στην οποία μπορούν να γίνουν μέλη όλοι οι τύποι χρηστών του Unity. Υπάρχει μεγάλο αρχείο με πληροφορίες και υποστήριξη σχετικά με το σύστημα και τις δυνατότητες που προσφέρει. Διατηρεί επίσης, τις ενημερώσεις του συστήματος και δίνει τη δυνατότητα υποβολής σχολίων και επικοινωνίας με τους προγραμματιστές του Unity. Πολύ σημαντική, ειδικά για αρχάριους, είναι η δυνατότητα δημοσίευσης ερωτήσεων και αναζήτηση απαντήσεων για προβλήματα που μπορεί να αντιμετωπίσουν κατά την ανάπτυξη του παιχνιδιού.

Πολλαπλά SDKs: Δυνατότητα ενσωμάτωσης διαφορετικών SDKs για τη δημιουργία εφαρμογής σε διάφορες συσκευές χωρίς ιδιαίτερες αλλαγές στον κώδικα (π.χ. Android, IOS).

Ευέλικτη Γραφή Κώδικα: Υποστηρίζει τη χρήση των γλωσσών προγραμματισμού C# και JavaScript. Για τη συγγραφή του κώδικα δίνει τη δυνατότητα χρήσης του MonoDevelop σε παλαιότερες εκδόσεις και του Visual Studio για επιπλέον εντοπισμό σφαλμάτων και αυτόματη συμπλήρωση. Τα συστατικά των αντικειμένων του Unity παρέχουν αυτόματες συνδέσεις με τον κώδικα με αποτέλεσμα να μπορούν να ελεγχθούν μέσω των scripts για τις λειτουργίες του παιχνιδιού.

Documentation: Παρέχει documentation σχετικά με τις λειτουργίες που υποστηρίζει και παραδείγματα δημιουργίας και χρήσης των scripts.

Asset Store: Παρέχει διάφορα συστατικά και αντικείμενα (αρκετά παρέχονται δωρεάν) για βοήθεια και ενίσχυση στη διαμόρφωση του περιβάλλοντος.

Κώδικας

Η λειτουργία και ο έλεγχος του συστήματος γίνεται μέσω του κώδικα ο οποίος διαχειρίζεται τις δράσεις των αντικειμένων και οποιασδήποτε μεταβολές χρειάζεται να γίνουν στο εικονικό περιβάλλον κατά την διάρκεια της εξέλιξης του παιχνιδιού. Η συμπεριφορά των αντικειμένων του Unity ελέγχεται από τα Components που συνδέονται μαζί τους. Τα συμβάντα του παιχνιδιού ενεργοποιούνται μέσω των Scripts, τα οποία είναι συνδεδεμένα με τις εσωτερικές λειτουργίες του Unity, με την τροποποίηση των ιδιοτήτων των Components και από τη διαχείριση της εισόδου του χρήστη. Για την δημιουργία των Script θα χρησιμοποιηθεί η αντικειμενοστραφής γλώσσα προγραμματισμού C# την οποία υποστηρίζει το Unity και το περιβάλλον ανάπτυξης Visual Studio.

Google Cardboard XR Plugin

Η δυνατότητα του Unity για υποστήριξη διαφορετικών SDKs επιτρέπει την ενσωμάτωση του πακέτου Google Cardboard XR Plugin το οποίο χρησιμοποιείται για τη δημιουργία εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας για Smartphones με λογισμικό Android ή IOS. Για την υποστήριξη της συγκεκριμένης εφαρμογής σε Android λογισμικό χρειάζεται να επιλεγούν οι ανάλογες ρυθμίσεις στο Unity μετά την ενσωμάτωση του Cardboard SDK. Χρησιμοποιώντας το Cardboard SDK μπορείς να μετατρέψεις το Smartphone σε πλατφόρμα εικονικής πραγματικότητας. Το πακέτο περιλαμβάνει Prefabs και Scripts που βοηθούν στη δημιουργία και ενσωμάτωση της εικονικής πραγματικότητας.

Hamswan HMD Συσκευή

Η προβολή της στερεοσκοπικής 3D εικόνας της εφαρμογής γίνεται μέσω της Hamswan HMD συσκευής η οποία επιλέχθηκε λόγω του συνδυασμού του χαμηλού κόστους και των χαρακτηριστικών της. Οι φακοί που είναι τοποθετημένοι μέσα στη συσκευή εστιάζουν και αναμορφώνουν την εικόνα που έχει δημιουργηθεί για κάθε μάτι με αποτέλεσμα τη δημιουργία της στερεοσκοπικής 3D εικόνας. Πιο κάτω παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά της συσκευής Hamswan:

Συμβατότητα: Το μπροστινό κάλυμμα της συσκευής ανοίγει για να τοποθετηθεί το κινητό στην κατάλληλη θέση και είναι συμβατή με όλα τα κινητά από 4.7” μέχρι 6” ίντσες.

Οπτικό Πεδίο: Παρέχει 360° «εμβύθιση», με ευρύ οπτικό πεδίο μεταξύ 90° - 100° μοιρών.

Διαστάσεις & Βάρος: Η συσκευή έχει διαστάσεις 222x205x99 mm και βάρος 415g

Προσαρμοστικότητα: Η συσκευή έχει ρυθμιζόμενο ελαστικό δέσιμο για να προσαρμόζεται ανάλογα με το μέγεθος της κεφαλής του ατόμου. Οι φακοί της συσκευής είναι 42 mm υψηλής ανάλυσης (HD) ασφαιρικοί φακοί με οπτική εστίαση 37.5 – 46.5 mm, οι οποίοι βοηθούν στην ελαχιστοποίηση ανεπιθύμητων αποτελεσμάτων που προκύπτουν κατά τη μεγέθυνση των αντικειμένων κάνοντας τον κόσμο να φαίνεται πιο φυσικός. Επιτρέπει προσαρμογή των φακών μέχρι 60-70 mm ανάλογα με την ενδιάμεση απόσταση (IPD) μεταξύ των κόρων των ματιών. Επίσης, η συσκευή είναι κατάλληλη για άτομα τα οποία φορούν γυαλιά.



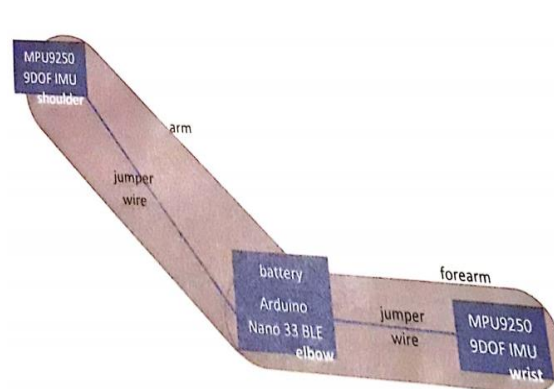
Εικόνα 3.15: Απεικόνιση της Hamswan HMD συσκευή

Αδρανειακοί Αισθητήρες (Inertial Measurement Units – IMUs)

Για την αναγνώριση και παρακολούθηση της κίνησης του άνω άκρου χρησιμοποιήθηκαν οι αισθητήρες IMUs. Βασίζονται σε μικρό – ηλεκτρομηχανικά συστήματα (Micro-Electro-Mechanical Systems – MEMS) που εκτιμούν τη ταχύτητα, τη θέση και τον προσανατολισμό του σώματος στο οποίο συνδέονται. Είναι αισθητήρες

που συλλέγουν μετρήσεις για την κίνηση του σώματος στο οποίο είναι τοποθετημένα και μετά από επεξεργασία επιτρέπουν την ανακατασκευή της κίνησης [60]. Για του σκοπούς τη συγκεκριμένης εφαρμογής επιλέχθηκαν τα IMUs λόγω της οικονομικής τους απόδοσης, της δυνατότητας της εύκολης τοποθέτησης και μετακίνησης τους και ότι δεν έχουν περιορισμό χώρου.

Το σύστημα καταγραφής της κίνησης για τη συγκεκριμένη εφαρμογή αποτελείται από δύο αισθητήρες MPU 9250 9DOF IMUs και ένα ARDUINO NANO 33 BLE με ενσωματωμένο 9DOF IMU αισθητήρα. Κάθε IMU είναι μια συσκευή καταγραφής κίνησης (ένα κουτί) 9-αξόνων, που συνδυάζει γυροσκόπιο 3-αξόνων, επιταχυνσιόμετρο 3-αξόνων και μαγνητόμετρο 3-αξόνων. Επίσης, περιλαμβάνει τρία 16-bits ADCs για ψηφιοποίηση των εξόδων των μετρητών. Τα επιταχυνσιόμετρα εντοπίζουν την επιτάχυνση της κίνησης, τα γυροσκόπια ανιχνεύουν τις μεταβολές στην περιστροφή της κίνησης και το μαγνητόμετρο μετρά το τοπικό μαγνητικό πεδίο που χρησιμοποιείται ως σημείο αναφοράς προς την επιφάνεια της γης για την τρέχουσα εκτίμηση του προσανατολισμού. Τα IMUs στέλνουν τα δεδομένα που καταγράφουν στο ARDUINO το οποίο συλλέγει όλα τα δεδομένα και τα στέλνει μέσω Bluetooth στο Smartphone. Τα δύο IMUs είναι τοποθετημένα στον ώμο και στον καρπό ενώ το ARDUINO με τον ενσωματωμένο IMU είναι τοποθετημένο στον αγκώνα του άκρου και συνδέεται με σύρμα με τα δύο IMUs. Κάθε ένας από τους αισθητήρες καταγράφει δεδομένα από το αντίστοιχο τμήμα της άρθρωσης του χεριού στο οποίο είναι τοποθετημένος.



Εικόνα 3.16: Οπτική αναπαράσταση της τοποθέτησης των αισθητήρων στο χέρι

Κεφάλαιο 4

Συζήτηση

4.1 Συμπεράσματα	55
4.2 Μελλοντική Εργασία	56

4.1 Συμπεράσματα

Σκοπός της υλοποίησης της συγκεκριμένης εφαρμογής είναι η προσπάθεια ελαχιστοποίησης των δυσκολιών που αντιμετωπίζουν οι ασθενείς με λεμφοίδημα στο κομμάτι της άσκησης που αφορά την πρόληψη και τη θεραπεία. Αναμένετε ότι με τη χρήση της συγκεκριμένης εφαρμογής οι ασθενείς θα αυξήσουν τη συχνότητα εκτέλεσης του προγράμματος άσκησης, με αποτέλεσμα τη βελτίωση των συμπτωμάτων του λεμφοιδήματος.

Από τη μελέτη που έγινε στη βιβλιογραφία φαίνεται ότι οι εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας προσφέρουν σημαντικά στην αποκατάσταση της κίνησης και στη διαχείριση των συμπτωμάτων του καρκίνου. Το συνολικό κόστος για τις συσκευές της εφαρμογής έχει διατηρηθεί σε χαμηλό επίπεδο και έγινε προσπάθεια τα εικονικά περιβάλλοντα να παρέχουν μια ευχάριστη και χαλαρωτική αίσθηση στους ασθενείς. Με βάση αυτό το πλαίσιο αναμένεται ότι αφού οι ασθενείς θα έχουν τη δυνατότητα να εκτελούν το πρόγραμμα άσκησης με τη συγκεκριμένη εφαρμογή στο δικό τους χώρο όποτε το επιθυμούν, θα αυξηθεί ο αριθμός των εκτελέσεων του προγράμματος.

Επίσης, αναμένεται ότι η χρήση αυτής της εφαρμογής εικονικής πραγματικότητας θα βελτιώσει την αντίληψη των ασθενών για τη δυσκολία της άσκησης και την αντοχή στην εκτέλεση μιας εξαντλητικής μυϊκής άσκησης. Αυτή η προσδοκία στηρίζεται στο γεγονός ότι διάφορες μελέτες έχουν δείξει ότι η τεχνολογία εικονικής πραγματικότητας μειώνει την αντίληψη του πόνου και την προσπάθεια κατά τη διάρκεια της άσκησης.

Συγκεκριμένα, σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε από τη Ματσαγγίδου και τους συνεργάτες της [61], εξετάστηκε η συγκεκριμένη υπόθεση με σύγκριση της εκτέλεσης άσκησης ισομετρικής κάμψης δικεφάλων μεταξύ ομάδας ατόμων που εκτέλεσαν την άσκηση μέσω εικονικής πραγματικότητας και ομάδας ατόμων που έκαναν την εκτέλεση χωρίς τη χρήση της εικονικής πραγματικότητας. Τα αποτελέσματα τους έδειξαν ότι η εικονικής πραγματικότητα συμβάλλει αποτελεσματικά στη μείωση του πόνου και απαιτούσε λιγότερη προσπάθεια για την εκτέλεση καθώς επίσης και ότι οι συμμετέχοντες έδειξαν περισσότερη αντοχή όσον αφορά τη διάρκεια της άσκησης. Αναφέρουν ότι προηγούμενες μελέτες έδειξαν πως ένα βασικό συστατικό της αποτελεσματικότητας της εικονικής πραγματικότητας στη διαχείριση του πόνου είναι η εμπύθιση στο περιβάλλον που παρέχει.

Για τους λόγους αυτούς προσδοκούμε ότι με τη χρήση της εφαρμογής αυτής θα ενισχυθεί η πρόληψη και η θεραπεία του λεμφοιδήματος όσον αφορά την άσκηση που είναι απαραίτητη να γίνεται. Αυτή η εφαρμογή εικονικής πραγματικότητας είναι δυνατόν να παρέχει το πρόγραμμα άσκησης ως εναλλακτική λύση ή ως ενίσχυση της φυσιοθεραπείας που αφορά ασθενείς με λεμφοίδημα.

4.2 Μελλοντική Εργασία

Στην εφαρμογή που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας έχουν υλοποιηθεί αρκετές από τις λειτουργίες που εξάχθηκαν κατά την ανάλυση των απαιτήσεων και καθορισμό των προδιαγραφών του συστήματος. Ωστόσο, χρειάζεται να υλοποιηθούν επιπρόσθετες λειτουργίες για τις ανάγκες του συστήματος.

Στο μέλλον θα χρειαστεί να υλοποιηθούν ασκήσεις για επιπλέον δύο κατηγορίες και να ενσωματωθούν στο ήδη υπάρχων σύστημα. Συγκεκριμένα, για να ενισχυθεί το πρόγραμμα άσκησης χρειάζεται να προστεθούν ασκήσεις για τον ώμο και για των αγκώνα. Επιπλέον, χρειάζεται να υλοποιηθεί μια άσκηση για βαθιές αναπνοές η οποία θα εκτελείται πριν και μετά από τις ασκήσεις κάθε κατηγορίας.

Όσον αφορά την καταγραφή του επιπέδου του πόνου μέσω της οπτικής αναλογικής κλίμακας, είναι απαραίτητο να δημιουργηθεί και να ενσωματωθεί στο σύστημα μια βάση δεδομένων, για να καταγράφονται οι επιλογές του χρήστη και τα στοιχεία του.

Αυτό θα παρέχει τη δυνατότητα στο χρήστη και τους επαγγελματίες υγείας να βλέπουν πληροφορίες για τις εκτελέσεις του προγράμματος άσκησης που πραγματοποίησαν.

Τέλος, πρέπει να συνδεθούν όλα τα εικονικά περιβάλλοντα με τα IMUs για να αναγνωρίζεται η κίνηση του χρήστη και να γίνει αξιολόγηση της εφαρμογής με πραγματικούς χρήστες. Για την αξιολόγηση των εικονικών περιβαλλόντων και των λειτουργιών της εφαρμογής θα γίνει αξιολόγηση της εφαρμογής με άτομο που πάσχουν από λεμφοίδημα. Επίσης, να εξεταστεί η προοπτική για χρήση κάμερας για τις ανάγκες αναγνώρισης της κίνησης αντί των IMUs. Σε μελέτη που πραγματοποίησαν ο Γιαννακίδης και οι συνεργάτες του [38] χρησιμοποίησαν κάμερα και το OpenPose για να εκτιμήσουν σε πραγματικό χρόνο τις διαστάσεις πόζες των χαρακτήρων από το video stream. Στη συνέχεια αντιστοιχήθηκαν οι πόζες που εξάχθηκαν από το video με τις πόζες που υπήρχαν αποθηκευμένες στη βάση δεδομένων που είχαν δημιουργήσει για να ανακατασκευαστεί η κίνηση σε πραγματικό χρόνο. Από τη μελέτη του φαίνεται ότι η αναγνώριση της κίνησης μπορεί να γίνει πιο εύκολα με την χρήση μιας απλής depth κάμερας με αρκετά χαμηλό κόστος. Επομένως, θα εξεταστεί η χρήση μιας τέτοιας επιλογής ως εναλλακτική λύση αναγνώρισης της κίνησης για την συγκεκριμένη εφαρμογή εικονικής πραγματικότητας.

Βιβλιογραφία

- [1] World Health Organization, "Cancer", 18-Sep-2018. [Online]. Available: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cancer>. [Accessed: 15-Apr-2020]
- [2] The American Cancer Society medical and editorial content team, "What Is Cancer?", 08-Dec-2015. [Online]. Available: <https://www.cancer.org/cancer/cancer-basics/what-is-cancer.html>. [Accessed: 15-Apr-2020].
- [3] The American Cancer Society medical and editorial content team, "What Is Breast Cancer?", 18-Sep-2019. [Online]. Available: <https://www.cancer.org/cancer/breast-cancer/about/what-is-breast-cancer.html>. [Accessed: 15-Apr-2020].
- [4] R. Pandey and S. Shrestha, "Prevalence of Arm Lymphedema among Patients with Breast Cancer Surgery," Journal of College of Medical Sciences-Nepal, vol. 12, pp. 111-117, 2016.
- [5] J. Rupp, C. Hadamitzky, C. Henkenberens, H. Christiansen, D. Steinmann and F. Bruns, "Frequency and risk factors for arm lymphedema after multimodal breast-conserving treatment of nodal positive breast Cancer – a long-term observation," Radiation Oncology, vol. 14, 2019.
- [6] T.M. Smith, C.N. Broomhall and A.R. Crecelius, "Physical and Psychological Effects of a 12-Session Cancer Rehabilitation Exercise Program," Clin.J.Oncol.Nurs., vol. 20, pp. 653-659, 2016.
- [7] N. Howe, "Managing Lymphedema Associated with Breast Cancer," Conquer, vol. 3, pp. 23-25, 12. 2017.

- [8] A. Goel, J. Agrawal, S. Mehta and K. Kumar, "Arm lymphedema after treatment of breast cancer: Etiology, diagnosis, and management," *Asian Journal of Oncology*, vol. 1, pp. 77-83, 01/01. 2015.
- [9] M. Almufareh, D. Abaoud and M. Moniruzzaman, "Taxonomy Development for Virtual Reality (VR) Technologies in Healthcare Sector," in *Designing for a Digital and Globalized World*, pp. 146-156, 2018.
- [10] Y. Zeng, J. Zhang, A.S.K. Cheng, H. Cheng and J.S. Wefel, "Meta-Analysis of the Efficacy of Virtual Reality–Based Interventions in Cancer-Related Symptom Management," *Integr Cancer Ther*, vol. 18, pp. 1-8, 01/01; 2020/04. 2019.
- [11] G. House, G. Burdea, N. Grampurohit, K. Polistico, D. Roll, F. Damiani, J. Hundal and D. Demesmin, "A feasibility study to determine the benefits of upper extremity virtual rehabilitation therapy for coping with chronic pain post-cancer surgery," *British Journal of Pain*, vol. 10, pp. 186-197, 11/01; 2020/04. 2016.
- [12] Ö Feyzioğlu, S. Dinçer, A. Akan and Z.C. Algun, "Is Xbox 360 Kinect-based virtual reality training as effective as standard physiotherapy in patients undergoing breast cancer surgery?" *Support.Care Cancer*, 01/06. 2020.
- [13] B. Singh, J. Buchan, R. Box, M. Janda, J. Peake, A. Purcell, H. Reul-Hirche and S.C. Hayes, "Compression use during an exercise intervention and associated changes in breast cancer-related lymphedema," *Asia Pacific Journal of Clinical Oncology*, vol. 12, pp. 216-224, 2016.
- [14] *Lymphoedema Framework, Best Practice for the Management of Lymphoedema*, London: MEP Ltd, 2006, .

- [15] S. Crawford PhD. and R. Alder PhD., "Breast cancer," Magill's Medical Guide (Online Edition), 2019.
- [16] American Cancer Society, Breast Cancer Facts & Figures 2017-2018, Atlanta: American Cancer Society, 2017, .
- [17] H. Suami and S. Kato, "Anatomy of the Lymphatic System and Its Structural Disorders in Lymphoedema," in Lymphedema A Concise Compendium of Theory and Practice, B. Lee, S.G. Rockson and J. Bergan, Cham, Switzerland: Springer, 2018, pp. 58-77.
- [18] P.S. Mortimer, K. Gordon, G. Brice and S. Mansour, "Hereditary and Familial Lymphedemas," in Lymphedema A Concise Compendium of Theory and Practice, B. Lee, S.G. Rockson and J. Bergan, Cham, Switzerland: Springer, 2018, pp. 30-41.
- [19] R.J. Damstra, "Upper Limb Lymphedema," in Lymphedema A Concise Compendium of Theory and Practice, B. Lee, S.G. Rockson and J. Bergan, Cham, Switzerland: Springer, 2018, pp. 538-544.
- [20] Κ Εμμανουηλίδης, Γ Φασόη, Ε Βλάχου, Ο Γκοβίνα, Α Καυγά and Ι Καλεμικεράκης, "Πρόληψη και συντηρητική αντιμετώπιση δευτεροπαθούς λεμφοιδήματος άνω άκρου μετά από μαστεκτομή," Ελληνικό Περιοδικό Νοσηλευτικής Επιστήμης, vol. 12, pp. 23-26, 2019.
- [21] International Society of Lymphology, "The diagnosis and treatment of peripheral lymphedema: 2013 Consensus Document of the International Society of Lymphology," Lymphology, vol. 46, pp. 1-11, 2013.

[22] A Gautam, A. Maiya and M. Vidyasagar, "Effect of home-based exercise program on lymphedema and quality of life in female postmastectomy patients: Pre-post intervention study," *Journal of Rehabilitation Research & Development (JRRD)*, vol. 48, pp. 1261-1268, 2011.

[23] E. Haesler, "Evidence summary: Single modality management of lymphoedema: Exercise," *Wound Practice and Research: Journal of the Australian Wound Management Association*, vol. 25, pp. 52-55, 2017.

[24] M.L. Kwan, J.C. Cohn, J.M. Armer, B.R. Stewart and J.N. Cormier, "Exercise in patients with lymphedema: a systematic review of the contemporary literature," *Journal of Cancer Survivorship*, vol. 5, pp. 320-336, 12/01. 2011.

[25] S.G. Rockson, "Embryology of the Lymphatic System and Lymphangiogenesis," in *Lymphedema A Concise Compendium of Theory and Practice*, B. Lee, S.G. Rockson and J. Bergan, Cham, Switzerland: Springer, 2018, pp. 47-55.

[26] M. de Fátima Guerreiro Godoy, A.C. Pereira de Godoy, J.M. Pereira de Godoy., "Effect of exercise while utilizing a device with an arm compression sleeve to reduce lymphedema," *Clinical and Experimental Obstetrics & Gynecology*, vol. 44, pp. 17-19, 2017.

[27] Skutnik, K. & Ustymowicz, W. & Zubrewicz, K. & Zińczuk, J. & Kamińska, D. & Poczynicz, Anna, "Physiotherapy in women after breast cancer treatment – review," *Progress in Health Sciences*, vol.9, pp. 162-168, 01. 2019.

[28] A.L. Moseley, N. Piller and C. Carati, "The effect of gentle arm exercise and deep breathing on secondary arm lymphedema," *Lymphology*, vol. 38, pp. 136-45, 10/01. 2005.

[29] M.F. Yam, Loh, Yean.Chun, Tan, Chu.Shan, Adam, Siti.Khadijah, N.A. Manan and R. Basir, "General Pathways of Pain Sensation and the Major Neurotransmitters Involved in Pain Regulation," *International Journal O F Molecular Sciences*, vol. 19, 2018.

[30] M. Mihara, H. Hara, H.P. Zhou, S. Tange, K. Kikuchi and Y. Kawakami, "Lymphatic Venous Anastomosis Can Release the Lymphedema-Associated Pain of Upper Limb after Breast Cancer Treatment," *Journal of Reconstructive Microsurgery Open*, vol. 3, pp. e1-e7, 2018.

[31] T.N. Elumelu-Kupoluyi, A.A. Adenipekun and A.I. Ntekim, "Pain Associated with Secondary Lymphedema among Cancer Patients," *Journal of Palliative Care*, vol. 29, pp. 253-257, 2013.

[32] D. Jang, M. Kim, S. Oh and J.M. Kim, "The Influence of Arm Swelling Duration on Shoulder Pathology in Breast Cancer Patients with Lymphedema," *PLoS ONE*, vol. 10, pp. 1-7, 11/16. 2015.

[33] H.J. Jeong, Y. Sim, K. Hwang and G. Kim, "Causes of Shoulder Pain in Women with Breast Cancer-Related Lymphedema: A Pilot Study," *Yonsei Med.J.*, vol. 52, pp. 661-7, 07/01. 2011.

- [34] J. Park, "The effects of complex exercise on shoulder range of motion and pain for women with breast cancer-related lymphedema: a single-blind, randomized controlled trial," *Breast Cancer*, vol. 24, pp. 608-614, 2017.
- [35] Γ Λέπουρας, Α Αντωνίου, Ν Πλατής and Δ Χαρίτος, "Εισαγωγή στην Εικονική Πραγματικότητα," in *Ανάπτυξη συστημάτων εικονικής πραγματικότητας*. [ηλεκτρ. βιβλ.], Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών, 2015, pp. 3-22.
- [36] M. Matjaž, N. Domen and B. Samo, "Introduction to Virtual Reality," in *Virtual Reality Technology and Applications*, Dordrecht: Springer, 2014, pp. 1-16.
- [37] C. Anthes, R. García Hernandez, M. Wiedemann and D. Kranzlmüller, *State of the Art of Virtual Reality Technologies*, 2016, .
- [38] A. Yiannakides, A. Aristidou and Y. Chrysanthou, "Real-time 3D human pose and motion reconstruction from monocular RGB videos," *Comput Anim Virtual Worlds*, vol. 30, pp. e1887, 05/01; 2020/05. 2019.
- [39] Γ Λέπουρας, Α Αντωνίου, Ν Πλατής and Δ Χαρίτος, "Εφαρμογές μάθησης και ψυχαγωγίας," in *Ανάπτυξη συστημάτων εικονικής πραγματικότητας*. [ηλεκτρ. βιβλ.], Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών, 2015, pp. 203-232.
- [40] Γ Λέπουρας, Α Αντωνίου, Ν Πλατής and Δ Χαρίτος, "Εφαρμογές στην Ιατρική," in *Ανάπτυξη συστημάτων εικονικής πραγματικότητας*. [ηλεκτρ. βιβλ.], Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών, 2015, pp. 223-243.
- [41] R.M. Satava, "Virtual reality surgical simulator. The first steps," *Surgical Endoscopy*, vol. 7, pp. 203-205, 1993.

- [42] L. Bondin and A. Dingli, "Virtual reality in healthcare : exploring new realities!" The Synapse : The Medical Professionals' Network, vol. 18, pp. 6, 2019.
- [43] L. Bondin and A. Dingli, "How AI will make you rethink healthcare today!" The Synapse : The Medical Professionals' Network, vol. 18, pp. 7, 2019.
- [44] S. Mosadeghi, M.W. Reid, B. Martinez, B.T. Rosen and B.M.R. Spiegel, "Feasibility of an Immersive Virtual Reality Intervention for Hospitalized Patients: An Observational Cohort Study," JMIR Ment Health, vol. 3, 2016.
- [45] M.S. Keller, H.J. Park, M.E. Cunningham, J.E. Fouladian, M. Chen and B.M.R. Spiegel, "Public Perceptions Regarding Use of Virtual Reality in Health Care: A Social Media Content Analysis Using Facebook," J Med Internet Res, vol. 19, pp. e419, 12/19. 2017.
- [46] K. Cheung L, E. Tunik, S.V. Adamovich and L.A. Boyd, "Neuroplasticity and Virtual Reality," in Virtual Reality for Physical and Motor Rehabilitation, P.L. Tamar Weiss, E.A. Keshner and M.F. Levin, New York: Springer-Verlag, 2014, ch. 2, pp. 5-25.
- [47] I. Brunner, J. Skouen, H. Hofstad, J. Assmus, F. Becker, H. Pallesen, L. Thijs and G. Verheyden, "Is upper limb virtual reality training more intensive than conventional training for patients in the subacute phase after stroke? An analysis of treatment intensity and content," BMC Neurology, vol. 16, pp. 219, 12/01. 2016.
- [48] R.C. Stockley, D.A. O'Connor, P. Smith, S. Moss, L. Allsop and W. Edge, "A Mixed Methods Small Pilot Study to Describe the Effects of Upper Limb Training

Using a Virtual Reality Gaming System in People with Chronic Stroke," *Rehabilitation Research and Practice*, vol. 2017, 2017.

[49] L.E. Sucar, F. Orihuela-Espina, R.L. Velazquez, D.J. Reinkensmeyer, R. Leder and J. Hernández-Franco, "Gesture Therapy: An Upper Limb Virtual Reality-Based Motor Rehabilitation Platform," *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, vol. 22, pp. 634-643, 2014.

[50] H. Sveistrup, "Motor rehabilitation using virtual reality," *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, vol. 1, pp. 10, 12/10. 2004.

[51] Z. Yang, M.H. Rafiei, A. Hall, C. Thomas, H.A. Midtlien, A. Hasselbach, H. Adeli and L.V. Gauthier, "A Novel Methodology for Extracting and Evaluating Therapeutic Movements in Game-Based Motion Capture Rehabilitation Systems," *J.Med.Syst.*, vol. 42, pp. 255, 11/07. 2018.

[52] D.E. Levac and H. Sveistrup, "Motor Learning and Virtual Reality," in *Virtual Reality for Physical and Motor Rehabilitation*, P.L. Tamar Weiss, E.A. Keshner and M.F. Levin, New York: Springer-Verlag, 2014, ch. 3, pp. 25-47.

[53] N. Arman, E. Tarakci, D. Tarakci and O. Kasapcopur, "Effects of Video Games–Based Task-Oriented Activity Training (Xbox 360 Kinect) on Activity Performance and Participation in Patients With Juvenile Idiopathic Arthritis," *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, vol. 98, pp. 174-181, 2019.

[54] S. Gambhir, A. Narkeesh and R. Arunmozhi, "Role of Virtual Reality in Cognitive Rehabilitation-a Review," *International Journal of Therapies and Rehabilitation Research*, vol. 6, pp. 125-129, 2017.

[55] E. Bani Mohammad and M. Ahmad, "Virtual reality as a distraction technique for pain and anxiety among patients with breast cancer: A randomized control trial," *Palliative and Supportive Care*, vol. 17, pp. 29-34, 2019.

[56] C. Glennon, S.F. McElroy, L.M. Connelly, L.M. Lawson, A.M. Bretches, A.R. Gard and L.R. Newcomer, "Use of Virtual Reality to Distract From Pain and Anxiety," *Oncol.Nurs.Forum*, vol. 45, pp. 545-552, 07. 2018.

[57] R.M. Baños, M. Espinoza, A. García-Palacios, J.M. Cervera, G. Esquerdo, E. Barrajón and C. Botella, "A positive psychological intervention using virtual reality for patients with advanced cancer in a hospital setting: a pilot study to assess feasibility," *Supportive Care in Cancer*, vol. 21, pp. 263-270, 01/01. 2013.

[58] Unity Technology, "Who we are," Available: <https://unity.com/our-company#values>. [Accessed: 18-May-2020]

[59] Wikipedia, "Unity (game engine)," Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Unity_\(game_engine\)#Unity_5](https://en.wikipedia.org/wiki/Unity_(game_engine)#Unity_5). [Accessed: 18-May-2020]

[60] A. Filippeschi, N. Schmitz, M. Miezal, G. Bleser, E. Ruffaldi and D. Stricker, "Survey of Motion Tracking Methods Based on Inertial Sensors: A Focus on Upper Limb Human Motion," *Sensors*, vol. 17, 2017.

[61] M. Matsangidou, C.S. Ang, A.R. Mauger, J. Intarasirisawat, B. Otkhmezuri and M.N. Avraamides, "Is your virtual self as sensational as your real? Virtual Reality: The effect of body consciousness on the experience of exercise sensations," *Psychol.Sport Exerc.*, vol. 41, pp. 218-224, 03/01. 2019.

