



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

***Αξιοποίηση διαδραστικών παιχνιδιών για τη βελτίωση  
δεξιοτήτων οπτικοκινητικού συντονισμού***

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ  
ΕΡΓΑΣΙΑ

**Εμμανουήλ Παναγιωτάκης**

**Επιβλέπων:** Δημήτριος-Διονύσιος Κουτσούρης  
Καθηγητής Ε.Μ.Π

Αθήνα, Απρίλιος 2013





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

**Αξιοποίηση διαδραστικών παιχνιδιών για τη βελτίωση  
δεξιοτήτων οπτικοκινητικού συντονισμού**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ  
ΕΡΓΑΣΙΑ

**Εμμανουήλ Παναγιωτάκης**

**Επιβλέπων:** Δημήτριος-Διονύσιος Κουτσούρης  
Καθηγητής Ε.Μ.Π

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 01/04/2012

.....  
Δ.-Δ. Κουτσούρης  
Επικ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....  
Γ. Ματσόπουλος  
Επικ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....  
Α. Πρέντζα  
Επικ. Καθηγήτρια.  
Πανεπιστήμιο Πειραιά

Αθήνα, Απρίλιος 2013

.....

**Εμμανουήλ Παναγιωτάκης**

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

Copyright © Εμμανουήλ Παναγιωτάκης, 2013.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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

« Το μυαλό δεν είναι δοχείο για γέμισμα,  
αλλά φωτιά για άναμμα»

Πλούταρχος

## Ευχαριστίες

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους εκείνους που συνέβαλλαν και βοήθησαν στην πραγματοποίηση αυτής της διπλωματικής εργασίας.

Θα ήθελα αρχικά να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή, κ. Δημήτριο Κουτσούρη, που μου έδωσε τη δυνατότητα να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον και σύγχρονο θέμα, καθώς επίσης και την συνολική υποστήριξή του. Θα ήθελα, επίσης, να ευχαριστήσω τη Διδάκτορα και συνεπιβλέποντα Δρ. Ουρανία Πετροπούλου για την συνεχή και αποτελεσματική βοήθειά της, καθώς και την αμέριστη συμπαράσταση της καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας. Επίσης, ευχαριστώ τα υπόλοιπα μέλη της τριμελούς επιτροπής, την Επικ. Καθηγήτρια κα. Ανδριάννα Πρέντζα και τον Επικ. Καθηγητή κ. Γεώργιο Ματσόπουλο. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους εκείνους που έβαλαν έστω και ένα μικρό λιθαράκι στην περάτωση της διπλωματικής εργασίας, και ειδικότερα τις Αναστασία Στεφανίδου και Αγγελική Παμπατζάνη.

## **Περίληψη**

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται την αξιοποίηση διαδραστικών παιχνιδιών που εδράζονται στην ανίχνευση κίνησης, εστιάζοντας στις δυνατότητες τους και στο πως μπορούν αυτά να χρησιμοποιηθούν για τη βελτίωση των δεξιοτήτων του οπτικοκινητικού συντονισμού ενός ατόμου. Αναλυτικότερα πραγματοποιείται λεπτομερής περιγραφή και μελέτη των δυνατοτήτων, της λειτουργικότητας, του κόστους, των αποτελεσμάτων καθώς και των περιορισμών των υπάρχοντων διαδραστικών παιχνιδιών, τόσο αυτών που είναι εμπορικές εφαρμογές όσο και αυτών που αποτελούν ερευνητικές προσπάθειες.

Στη συνέχεια, μέσω της συγκριτικής παρουσίασης και αποτίμησης των ανωτέρω συστημάτων, εξάγονται συμπεράσματα για την προστιθέμενη αξία των διαδραστικών παιχνιδιών στην ενίσχυση δεξιοτήτων οπτικοκινητικού συντονισμού και παρατίθενται προτάσεις για μελλοντικούς ερευνητικούς στόχους.

### **Λέξεις Κλειδιά**

Εικονική Πραγματικότητα, Διαδραστικό Παιχνίδι, Οπτικοκινητικός Συντονισμός, Αποκατάσταση, Θεραπεία

## **Abstract**

The present thesis deals with the effective use of interactive games based on motion detection, focusing simultaneously on their capacities and more specifically examining how they can be best used for the improvement of an individual's eye-motor coordination. It includes a detailed description and study of the capacities, functionality, cost, effects as well as limitations of interactive games, both those constituting commercial applications and those being research attempts.

Through comparative presentation and evaluation of the aforementioned systems it aims at reaching conclusions regarding the additive value of interactive games for the enhancement of eye-motor coordination and makes suggestions on future research goals.

## **Key Words**

Virtual Reality, Interactive Game, Eye-Motor Coordination, Rehabilitation, Therapy



## Περιεχόμενα

Ευχαριστίες .....	6
Περίληψη .....	7
Abstract .....	8
Περιεχόμενα .....	9
Κατάλογος Εικόνων .....	11
Κατάλογος Πινάκων .....	13
Κεφάλαιο 1 .....	14
1.1 Εισαγωγή .....	15
Κεφάλαιο 2 .....	17
2.1. Εισαγωγή .....	18
2.1.1 Διαδραστικά Παιχνίδια Που Βασίζονται Στην Ανίχνευση Κίνησης .....	18
2.1.2 Εικονική Πραγματικότητα Και Αποκατάσταση .....	20
2.1.3 Χρήση Διαδραστικών Παιχνιδιών Για Τη Βελτίωση Δεξιοτήτων Οπτικοκινητικού Συντονισμού Και Αποκατάσταση .....	20
2.2 Εμπορικές Εφαρμογές-Παιχνίδια .....	23
2.2.1 Kinect .....	23
2.2.2 Playstation 3 .....	47
2.2.3 Playstation 2 EyeToy .....	60
2.2.4 Wii .....	68
2.2.5 SeeMe .....	73
2.2.6 MIRA .....	77
2.2.7 Thera Game .....	83
2.3 Διαδραστικά Παιχνίδια Σε Ερευνητικό Επίπεδο .....	89
2.3.1 Vision Based Games for Upper-Limb Stroke Rehabilitation .....	89
2.3.2 ReLab .....	96
2.3.3 FFAST .....	98
2.3.4 AnTS .....	102
2.3.5 BrightArm .....	107
2.3.6 HYPER .....	112
2.3.7 Rutgers Arm .....	115

2.3.8 Rutgers Arm 2 .....	123
<b>Κεφάλαιο 3 .....</b>	<b>125</b>
<b>Βιβλιογραφία.....</b>	<b>134</b>

## Κατάλογος Εικόνων

<i>Εικόνα 1: Αισθητήρας Kinect ( 1. Αισθητήρας Βάθους, 2. RGB Κάμερα, 3. Περιοχή Μικροφώνου, 4. Περιστρεφόμενη Βάση), [9].....</i>	23
<i>Εικόνα 2: Στάση "Υ", [9].....</i>	27
<i>Εικόνα 3: Ελεγχόμενες Αρθρώσεις Στην Εφαρμογή NITE, [9].....</i>	27
<i>Εικόνα 4: Σκελετός Microsoft SDK, [9].....</i>	29
<i>Εικόνα 5: Θέση Κεφαλιού Και Περιοχές Κίνησης, [9].....</i>	31
<i>Εικόνα 6: Τυπική Απόκλιση Των Θέσεων Του Κεφαλιού Σε Σχέση Με Την Απόσταση, [9].....</i>	35
<i>Εικόνα 7: Φυσιολογικός Εντοπισμός Αρθρώσεων (Αριστερά) Και Συγχώνευση Σκελετών (Δεξιά), [9].....</i>	37
<i>Εικόνα 8: Sit To Stand, [9].....</i>	41
<i>Εικόνα 9: Screenshot Του Λογισμικού Microsoft SDK, [9].....</i>	43
<i>Εικόνα 10: Screenshot της αρχικής σελίδας της εφαρμογής Kinems, (10).....</i>	45
<i>Εικόνα 11: Το Πειραματικό Σύστημα Εξάσκησης Δακτύλου, [11].....</i>	48
<i>Εικόνα 12: Screenshots Των Διαδραστικών Παιχνιδιών, [11].....</i>	53
<i>Εικόνα 13: Η Πορεία Της Απόδοσης Του Ασθενή PS3002, [11].....</i>	58
<i>Εικόνα 14: Ποσότητα Και Κατάτμηση Κίνησης, [12].....</i>	67
<i>Εικόνα 15: Κατανομή Της Εξάσκησης Ανάλογα Με Τη Θέση, [13].....</i>	72
<i>Εικόνα 16: Κατανομή Των Παιχνιδιών Ανά Εβδομάδα, [13].....</i>	72
<i>Εικόνα 17: Η Στάση "Υ", [15].....</i>	78
<i>Εικόνα 18: Rabbit Chase, [17].....</i>	93
<i>Εικόνα 19: Arrow Attack, [17].....</i>	94
<i>Εικόνα 20: Παράδειγμα Χρήσης Του Συστήματος, [19].....</i>	99
<i>Εικόνα 21: Η Εγκατάσταση Του Συστήματος Αποκατάστασης, [20].....</i>	102
<i>Εικόνα 22: Ανάλυση Της Απόδοσης Του Ασθενή, [20].....</i>	106
<i>Εικόνα 23: Χρήση Του Συστήματος Bright Arm, [21].....</i>	107
<i>Εικόνα 24: Snapshots Από Τη Χρήση Του Συστήματος HYPER, [22].....</i>	112

<i>Εικόνα 25: Screenshots Από Το Παιχνίδι "Pick And Place", [23]</i> .....	118
<i>Εικόνα 26: Screenshots Από Το Παιχνίδι Breakout 3D, [23]</i> .....	120
<i>Εικόνα 27: Το Σύστημα Rutgers Arm 2, [24]</i> .....	123

## **Κατάλογος Πινάκων**

<i>Πίνακας 1: Σύγκριση Των Συστημάτων Που Διασυνδέονται Με Το Kinect, [9] .....</i>	<i>28</i>
<i>Πίνακας 2: Ρυθμός Δειγματοληψίας OpenNI Vs Microsoft, [9] .....</i>	<i>32</i>
<i>Πίνακας 3: Τυπικές Αποκλίσεις OpenNI Vs Microsoft, [9].....</i>	<i>33</i>
<i>Πίνακας 4: Γνωρίσματα Ασθενών Για Το Σύστημα EyeToy, [12].....</i>	<i>65</i>
<i>Πίνακας 5: Χαρακτηριστικά Και Ιατρικό Ιστορικό Των Ασθενών Πριν Την Αποκατάσταση, [21] .....</i>	<i>110</i>
<i>Πίνακας 6: Σύγκριση Της Απόδοσης Των Ασθενών Μετά Τις Συνεδρίες 2, 12, 15 Κατά Τη Χρήση Του Συστήματος Rutgers Arm, [23].....</i>	<i>122</i>
<i>Πίνακας 7: Συμπεράσματα ( Διαδραστικά παιχνίδια- Εμπορικές Εφαρμογές) .....</i>	<i>128</i>
<i>Πίνακας 8: Συμπεράσματα ( Διαδραστικά παιχνίδια Σε Ερευνητικό Επίπεδο) .....</i>	<i>130</i>

## **Κεφάλαιο 1**

### **Εισαγωγή**

## 1.1 Εισαγωγή

Τις τελευταίες δεκαετίες, πολλοί επαγγελματίες υγείας σε συνεργασία με επιστήμονες ειδικευμένους σε θέματα βιοιατρικής τεχνολογίας έχουν στρέψει το ενδιαφέρον τους στη ανάπτυξη μεθόδων-τεχνικών ώστε να αρθούν περιορισμοί στις ικανότητες του ανθρώπινου νευρικού συστήματος και κατά συνέπεια να συμβάλλουν στην βελτίωση των δυνατοτήτων του ανθρώπινου οργανισμού. Το γεγονός ότι οι αντιληπτικές και γνωστικές ικανότητες ενισχύονται σε παίκτες βιντεοπαιχνιδιών αποτελεί ένα σημαντικό ζήτημα έρευνας που απασχολεί έντονα την επιστημονική κοινότητα [1]. Πρόσφατες μελέτες έχουν αναδείξει πως είναι εντυπωσιακή η γνώση για την ποικιλία των διαφορετικών δεξιοτήτων και το βαθμό στον οποίο αυτές τροποποιούνται σε παίκτες βιντεοπαιχνιδιών, όπως για παράδειγμα η **βελτίωση δεξιοτήτων οπτικοκινητικού συντονισμού** [2] και οι ταχύτεροι χρόνοι αντίδρασης [3], κ.λ.π. Στην παρούσα διπλωματική εργασία εστιάζουμε στη μελέτη των υπάρχοντων διαδραστικών παιχνιδιών τόσο αυτών που αποτελούν εμπορικές εφαρμογές όσο και αυτών που αποτελούν ερευνητικές προσπάθειες. Στη συνέχεια προσδιορίζουμε εννοιολογικά τους βασικούς όρους που πραγματεύεται η παρούσα εργασία.

### Οπτικοκινητικός Συντονισμός

**Ο οπτικοκινητικός συντονισμός** είναι ο συντονισμένος έλεγχος της κίνησης των ματιών με τη κίνηση του χεριού. Με πιο απλά λόγια, ο οπτικοκινητικός συντονισμός αποτελεί την εικόνα που δημιουργείται στα μάτια μας παράλληλα με τη συντονισμένη κίνηση του χεριού για να εκτελέσει μια εργασία. Αυτή η διαδικασία έχει μελετηθεί σε ποικιλία δραστηριοτήτων, όπως η μετατόπιση στερεών αντικειμένων όπως, αθλητικές επιδόσεις, ανάγνωση μουσικής, παιχνίδια υπολογιστών. Στην ουσία είναι ένας τρόπος για την εκτέλεση των καθημερινών εργασιών και σε περίπτωση απουσίας του οι περισσότεροι άνθρωποι δεν είναι σε θέση να εκτελέσουν ακόμη και τις πιο απλές ενέργειες, όπως να πάρουν ένα βιβλίο από μία βιβλιοθήκη ή να παίξουν ένα video game [4,5].

### Ανίχνευση Κίνησης

**Η ανίχνευση κίνησης** είναι μια διαδικασία που επιβεβαιώνει την αλλαγή στη θέση ενός αντικειμένου σε σχέση με το περιβάλλον του ή την αλλαγή στον περιβάλλοντα χώρο σε σχέση με ένα αντικείμενο. Αυτή η ανίχνευση μπορεί να επιτευχθεί και από μηχανικές (πλήκτρα σε πληκτρολόγιο) αλλά και από ηλεκτρονικές (κάμερα, μικρόφωνο, υπέρυθρες, laser) μεθόδους. Η ανίχνευση κίνησης μπορεί είτε να πάρει διακριτές τιμές, δηλαδή εφόσον υπήρχε κίνηση ή όχι (1 ή 0), ή μπορεί να αποτελείται από ανίχνευση μεγέθους που μπορεί να μετρήσει και να

ποσοτικοποιήσει τη δύναμη ή την ταχύτητα της κίνησης αυτής ή το αντικείμενο που το δημιούργησε. Η κίνηση μπορεί να ανιχνευθεί από τον ήχο (ακουστική αισθητήρες), την αδιαφάνεια (οπτικά και υπέρυθρους αισθητήρες και επεξεργαστές εικόνας βίντεο), το γεωμαγνητισμό (μαγνητικούς αισθητήρες, μαγνητόμετρα), την αντανάκλαση της μεταφερόμενης ενέργειας (υπέρυθρο λέιζερ ραντάρ, αισθητήρες υπερήχων και αισθητήρες ραντάρ μικροκυμάτων), την ηλεκτρομαγνητική επαγωγή (ανιχνευτές επαγωγικού βρόχου) και τους κραδασμούς (triboelectric, σεισμικά) [6].

### Διαδραστικό Παιχνίδι

**Διαδραστικό παιχνίδι** είναι ένα ηλεκτρονικό παιχνίδι που περιλαμβάνει την ανθρώπινη αλληλεπίδραση μέσω μίας συσκευής εισόδου, με μια διεπαφή χρήστη για να δημιουργήσει οπτική ανάδραση σε μια συσκευή εξόδου (Οθόνη) [7]. Η συσκευή εισόδου που χρησιμοποιούνται για να χειριστούν οι χρήστες τα παιχνίδια ονομάζεται ελεγκτής παιχνιδιών και ποικίλλει σε όλες τις πλατφόρμες. Τα διαδραστικά παιχνίδια που βασίζονται στην ανίχνευση κίνησης μπορούν να θεωρηθούν μια μορφή εικονικής πραγματικότητας (ΕΠ). Αν και η εικονική πραγματικότητα συνδέεται συχνά με προηγμένες μορφές τεχνολογίας, στην πραγματικότητα τα συστήματα που εφαρμόζονται για τη βελτίωση του οπτικοκινητικού συντονισμού είναι λιγότερο περίπλοκα [7].

### Εικονική Πραγματικότητα

**Η εικονική πραγματικότητα** είναι μια ευρεία έννοια που περιγράφεται ως μια προηγμένη μορφή της αλληλεπίδρασης ανθρώπου-υπολογιστή (Human-Computer Interaction) και επιτρέπει στο χρήστη να είναι μέρος του και να αλληλεπιδρά με έναν υπολογιστή που δημιουργεί το περιβάλλον αλληλεπίδρασης [8]. Το βασικό χαρακτηριστικό που διακρίνει τα εικονικά περιβάλλοντα από άλλες μορφές οπτικής απεικόνισης, όπως βίντεο ή τηλεόραση, είναι ότι η αλληλεπίδραση πραγματοποιείται σε πραγματικό χρόνο. Η αλληλεπίδραση αυτή μπορεί να επιτευχθεί με ποικίλους τρόπους. Οι πιο γνωστοί τρόποι είναι το ποντίκι του ηλεκτρονικού υπολογιστή ή με το joystick μιας κονσόλας, όμως σε πιο προηγμένα συστήματα, ο χρήστης μπορεί να αλληλεπιδράσει με το εικονικό περιβάλλον με έναν πιο νατουραλιστικό τρόπο μέσω της κίνησης του ίδιου του σώματος. Για παράδειγμα, ένας ελεγκτής μπορεί να αποτελείται μόνο από κουμπιά και ένα joystick, ενώ κάποιος άλλος μπορεί να χρησιμοποιεί αισθητήρες ανίχνευσης κίνησης προσφέροντας αλληλεπίδραση με το παιχνίδι μέσω φυσικών κινήσεων του χρήστη.



## **Κεφάλαιο 2**

### ***Μελέτη Υπαρχόντων Διαδραστικών Παιχνιδιών Για Τη Βελτίωση Δεξιοτήτων Οπτικο-κινητικού Συντονισμού***

## **2.1. Εισαγωγή**

### 2.1.1 Διαδραστικά Παιχνίδια Που Βασίζονται Στην Ανίχνευση Κίνησης

Τη τελευταία δεκαετία, τα συνηθισμένα βιντεοπαιχνίδια χρησιμοποιούν με αυξανόμενο ρυθμό διαφορετικές μορφές χωρικής παρακολούθησης που επιτρέπουν στο χρήστη να αλληλεπιδρά και να ελέγχει το περιβάλλον του παιχνιδιού με τις κινήσεις του σώματός του. Παραδείγματα τέτοιας τεχνολογίας είναι τα: Eye toy για το Playstation2, Playstation3 Move (Sony Computer Entertainment Inc. Tokyo, Japan), Kinect για το Microsoft Xbox 360 (Microsoft Inc., Redmond Washington, USA) και η κονσόλα Wii της Nintendo (Nintendo Inc., Kyoto, Japan).

Τα συστήματα Eye Toy, Kinect και Xtion Asus Primesense βασίζονται στην τεχνολογία λήψης βίντεο, που σημαίνει ότι ο χρήστης δεν χρειάζεται κανένα τηλεχειριστήριο για το παιχνίδι παρά μόνο τις φυσικές κινήσεις του σώματός του. Ο χρήστης στέκεται ή κάθεται απέναντι από την οθόνη της τηλεόρασης όπου απεικονίζεται το εικονικό περιβάλλον του παιχνιδιού. Μια κάμερα που συνδέεται με την κονσόλα χρησιμοποιείται για να προσφέρει εικόνα πραγματικού χρόνου του χρήστη μέσα στο προσομοιωμένο περιβάλλον όπου μπορεί να κινηθεί και να αλληλεπιδράσει με άλλα εικονικά αντικείμενα. Σε ορισμένα παιχνίδια, ο χρήστης μπορεί να δει πλήρη εικόνα του πραγματικού του εαυτού του ενσωματωμένη στο εικονικό περιβάλλον. Σε άλλα, η εικόνα του παίκτη τοποθετείται σ' ένα παράθυρο δίπλα στο εικονικό περιβάλλον του παιχνιδιού ή σε άλλη περίπτωση ο χρήστης αντιπροσωπεύεται από ένα κινούμενο χαρακτήρα (avatar), ο οποίος ελέγχεται από τις κινήσεις του χρήστη.

Η κάμερα EyeToy μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποκλειστικά για την κονσόλα του Playstation 2 και συνδέεται με αυτή μέσω USB. Αποτελείται από έναν αισθητήρα 640x480 pixels και έχει ανάλυση 320x240 pixels. Το EyeToy ανιχνεύει κινήσεις σε ένα επίπεδο, το οποίο συνήθως είναι το μετωπικό. Έτσι παρόλο που ο χρήστης κινείται στην πραγματικότητα στον τρισδιάστατο χώρο, τα παιχνίδια αντιλαμβάνονται μόνο τις δύο διαστάσεις. Αυτό σημαίνει ότι τα παιχνίδια δεν αντιλαμβάνονται κινήσεις σε βάθος. Επιπρόσθετα, έχει τη δυνατότητα να ανιχνεύει τις κινήσεις του άνω μέρους του σώματος του χρήστη και κυρίως τις κινήσεις των χεριών του. Τέλος, για την ορθή χρήση του συστήματος του EyeToy ο χρήστης πρέπει να βρίσκεται σε απόσταση 1,5 – 2 μέτρων από τη κάμερα ( το EyeToy αναγνωρίζει τις κινήσεις από 1 μέτρο έως 4 μέτρα ). Ο χώρος που εκτελείται το παιχνίδι πρέπει να έχει τον κατάλληλο φωτισμό, έτσι ώστε η κάμερα να μπορεί να αναγνωρίσει τον χρήστη και τις κινήσεις του. Επιπρόσθετα, στο χώρο όπου παίζει ο χρήστης δεν πρέπει να υπάρχουν άλλα αντικείμενα, τα οποία μπορεί να

προκαλέσουν παρεμβολές στην εικόνα, καθώς η κάμερα έχει τη δυνατότητα να αναγνωρίζει μόνο τον χρήστη και όχι άλλα αντικείμενα στον περιβάλλοντα χώρο.

Το Kinect αποτελεί ένα πιο εξελιγμένο τεχνολογικό σύστημα. Αντί για μία απλή κάμερα χρησιμοποιεί αισθητήρα που έχει αίσθηση του βάθους, το οποίο επιτρέπει την παρακολούθηση στο χώρο των τριών διαστάσεων. Η ανάλυση της κάμερας για την RGB εικόνα αλλά και για την ανίχνευση βάθους είναι 640x480 pixels στα 30Hz. Έχει τη δυνατότητα να αναγνωρίζει τη κίνηση όλου του σώματος του χρήστη (άνω και κάτω μέρος) καθώς και να αναγνωρίζει και να προσθέτει στο εικονικό περιβάλλον όλα τα αντικείμενα που βρίσκονται γύρω από τον χρήστη στο πραγματικό περιβάλλον και σε ακτίνα που μπορεί να ανιχνεύσει η κάμερα. Για την ορθή λειτουργία του συστήματος απαιτείται από τον χρήστη να βρίσκεται σε απόσταση 2 μέτρα από τον αισθητήρα (το Kinect αναγνωρίζει τις κινήσεις από 1,2 μέτρα μέχρι 3,5 μέτρα) και ο χώρος που χρειάζεται είναι 6 m<sup>2</sup>. Επίσης, μία πολύ σημαντική πτυχή του αισθητήρα είναι ότι έχει τη δυνατότητα να συνδέεται και με άλλες συσκευές εκτός από τη συσκευή Xbox της Microsoft. Για παράδειγμα, με την έκδοση του SDK (Software Development Kit) δόθηκε η δυνατότητα να συνδεθεί με ηλεκτρονικούς υπολογιστές με λογισμικό Windows 7. Οι περιορισμοί που παρουσιάζει το Kinect αφορούν την χαμηλή χρονική ανάλυση καθώς και την δυσκολία αναγνώρισης μίας κίνησης που δεν αλλάζει πληροφορίες βάθους (π.χ. περιστροφή του άξονα του βραχίονα).

Ένα λιγότερο δημοφιλές σύστημα, αλλά της ίδιας λογικής με τα δύο προαναφερόμενα, είναι το Xtion της εταιρίας Asus. Η κάμερα που χρησιμοποιεί το σύστημα έχει τη δυνατότητα να συνδεθεί με οποιοδήποτε ηλεκτρονικό υπολογιστή μέσω USB και έχει και αυτή με τη σειρά της αίσθηση του βάθους, το οποίο επιτρέπει την παρακολούθηση στο χώρο των τριών διαστάσεων. Έχει την δυνατότητα να ανιχνεύει τις κινήσεις του άνω μέρους του σώματος του χρήστη και κυρίως τις κινήσεις των χεριών του. Για τη ορθή λειτουργία του συστήματος πρέπει ο ηλεκτρονικός υπολογιστής να λειτουργεί με λογισμικό Windows 7 και ο χρήστης να βρίσκεται σε μέση απόσταση δύο (2) μέτρων από τη κάμερα (το Xtion αναγνωρίζει τις κινήσεις από 0,8 μέτρα μέχρι 3,5 μέτρα). Σε σύγκριση με το EyeToy και το Kinect παράγει καλύτερη ποιότητα RGB εικόνας, αλλά δεν είναι συμβατή με όλες τις συσκευές USB (ειδικά τις USB 3.0).

Με την κονσόλα παιχνιδιών Wii, η Nintendo έχει εφεύρει μια διαφορετική προσέγγιση για την παρακολούθηση των κινήσεων του χρήστη. Αυτό το σύστημα χρησιμοποιεί ένα ασύρματο τηλεχειριστήριο με ένα συνδυασμό από ενσωματωμένους μετρητές επιτάχυνσης, γυροσκόπια και υπέρυθρους ανιχνευτές που καθιστά δυνατή την καταγραφή της θέσης του ελεγκτή σε τρισδιάστατο χώρο, και ως εκ τούτου την κίνηση του βραχίονα του κατόχου του. Το χειριστήριο

επιτρέπει στον χρήστη να παίξει το παιχνίδι χρησιμοποιώντας είτε φυσικές χειρονομίες είτε το παραδοσιακό τηλεχειριστήριο. Επίσης το χειριστήριο παρέχει απτική ανατροφοδότηση μέσω δονήσεων, η οποία δημιουργεί την εντύπωση της επαφής με εικονικά αντικείμενα, παρόλο που η αίσθηση δεν είναι ακριβώς όπως στην πραγματικότητα. Όταν παίζει Wii ο χρήστης εκπροσωπείται στο εικονικό σενάριο από ένα avatar (μια εικονική φιγούρα) της οποίας η εμφάνιση μπορεί να σχεδιαστεί σε μεγάλο βαθμό από το χρήστη. Η τελευταία συμβολή της Sony στο χώρο του gaming, το PS move, είναι ένας συνδυασμός του συστήματος του PlayStation3, δηλαδή της τεχνικής λήψης βίντεο και ενός χειριστηρίου κίνησης. Μια σφαίρα στο τέλος του χειριστηρίου κίνησης εντοπίζεται από την κάμερα το οποίο κάνει τον εντοπισμό κινήσεων στο τρισδιάστατο χώρο πιο ακριβή σε σχέση με τη παλαιότερη τεχνολογία του PlayStation2, Eye Toy.

Το ενδιαφέρον για τη χρήση τεχνολογίας εικονικής πραγματικότητας και των video games στην υγειονομική περίθαλψη αυξάνεται σταθερά και μέχρι σήμερα έχει πραγματοποιηθεί ένας σημαντικός αριθμός μελετών για μεγάλο εύρος σκοπών.

### 2.1.2 Εικονική Πραγματικότητα Και Αποκατάσταση

Τις τελευταίες δεκαετίες στο τομέα της **εικονικής πραγματικότητας** έχει αναπτυχθεί πάρα πολύ ο αριθμός των ερευνών και τον τύπων της πλατφόρμας σε σημείο που είναι πολύ δύσκολο να εντοπιστούν όλα τα νέα σχέδια. Ιατρικές εφαρμογές της εικονικής πραγματικότητας άρχισαν να παίρνουν μορφή στην αρχή της δεκαετίας του 90' έτσι ώστε να είναι δυνατή η οπτικοποίηση μεγάλης ποσότητας σύνθετων ιατρικών πληροφοριών για χειρουργικό σχεδιασμό και εικονικά καθοδηγούμενη πλοήγηση κατά τη διάρκεια χειρουργικών επεμβάσεων. Από τότε η **εικονική πραγματικότητα** έχει ενσωματωθεί επιτυχώς σε διάφορους κλάδους της ιατρικής. Παράδειγμα τέτοιου κλάδου είναι η βοήθεια και θεραπεία προβλημάτων ψυχικής υγείας, όπως οι φοβίες και οι διαταραχές μετά από τραυματικό στρες και οπτικοκινητική αποκατάσταση κυρίως σε άτομα με εγκεφαλικά τραύματα, άτομα που αντιμετώπισαν εγκεφαλικό επεισόδιο ή ακόμα άτομα που πάσχουν από τη νόσο Parkinson.

### 2.1.3 Χρήση Διαδραστικών Παιχνιδιών Για Τη Βελτίωση Δεξιοτήτων Οπτικοκινητικού Συντονισμού Και Αποκατάσταση

**Η εικονική πραγματικότητα** έχει τη δυνατότητα να προσομοιώσει τις εργασίες της πραγματικής ζωής με συνέπεια να παράγονται πολλά προφανή οφέλη που αφορούν την **αποκατάσταση** του ασθενή, τα σημαντικότερα από τα οποία είναι:

- Εξειδίκευση και προσαρμοστικότητα σε κάθε ασθενή και ασθένεια
- Επαναληψιμότητα

- Τηλέ-αποκατάσταση και απομακρυσμένη πρόσβαση στα δεδομένα
- Ικανότητα ακριβής εκτίμησης
- Ασφάλεια

**Τα περιβάλλοντα εικονικής πραγματικότητας** μπορούν να προσφέρουν ρεαλιστική εξάσκηση για τον ασθενή σε διαφορετικά σενάρια για κάθε φάση της αποκατάστασης. Η επανάληψη είναι ζωτικής σημασίας για την περαιτέρω μάθηση των οπτικοκινητικών λειτουργιών και για την κατάρτιση της φλοιώδους δραστηριότητας του εγκεφάλου. Αυτή η διαδικασία συνδέεται με την αισθητηριακή ανατροφοδότηση σε κάθε άσκηση ξεχωριστά [7].

Το κίνητρο του ασθενή αποτελεί κυρίαρχο παράγοντα για την ενεργή συνεργασία είναι απαραίτητο ώστε να επιτευχθεί ένα λειτουργικό αποτέλεσμα της θεραπείας. Το κίνητρο μπορεί να αναπτυχθεί με την ανάθεση μίας συγκεκριμένης μορφής και πλοκής παιχνιδιού κατά τη διάρκεια της θεραπείας. Κατά αυτό τον τρόπο η διαδικασία της εξάσκησης γίνεται πιο ελκυστική και ενδιαφέρουσα.

Η απομακρυσμένη πρόσβαση στα δεδομένα είναι μία θεμελιώδης απαίτηση, ειδικά για τους ασθενείς που έχουν σοβαρά κινησιολογικά προβλήματα ή για αυτούς που κατοικούν σε μία αγροτική περιοχή καθώς είναι δύσκολο να μεταφερθούν σε μία αστική κλινική. Επιπρόσθετα, τα συστήματα εικονικής πραγματικότητας αποτελούν ένα ακριβές εργαλείο για την αξιολόγηση της κάθε συνεδρίας. Τα δεδομένα που έχουν αποθηκευτεί μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους ειδικούς για την αποκατάσταση και τη διαχείριση της θεραπείας.

Χρησιμοποιώντας **τα συστήματα εικονικής πραγματικότητας** ειδικότερα μέσω διαδραστικού παιχνιδιών δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη-ασθενή να βελτιώσει όχι μόνο τις εργασίες της καθημερινής του ζωής αλλά και τις οπτικοκινητικές του ικανότητες τόσο χρονικά αλλά και ποιοτικά. Αυτή η προσέγγιση επιτρέπει μια ρεαλιστική και εργονομική εξάσκηση σε ένα ασφαλές, διαδραστικό και συναρπαστικό περιβάλλον. Τα διαδραστικά παιχνίδια παρέχουν στο χρήστη τη δυνατότητα να εκτελεί όλα τα καθήκοντα σε ένα περιβάλλον το οποίο κανονικά δεν είναι δυνατό στη παραδοσιακή διαδικασία αποκατάστασης.

Πρόσφατες έρευνες έχουν δείξει ότι κατά τη χρήση διαδραστικών παιχνιδιών για τη βελτίωση του οπτικοκινητικού συντονισμού και για την αποκατάσταση του χρήστη, οι κινήσεις είναι παρόμοιες με αυτές της παραδοσιακής διαδικασίας.

Παρόλο που φαίνεται να είναι πιο ακριβή και λιγότερο γρήγορη διαδικασία, οι έρευνες δείχνουν ότι είναι κατάλληλη με απτά παραδείγματα, όπως η βελτίωση

δεξιότητων μετά από εγκεφαλικό επεισόδιο και η βελτίωση στη λειτουργία του χεριού και της βάδισης.

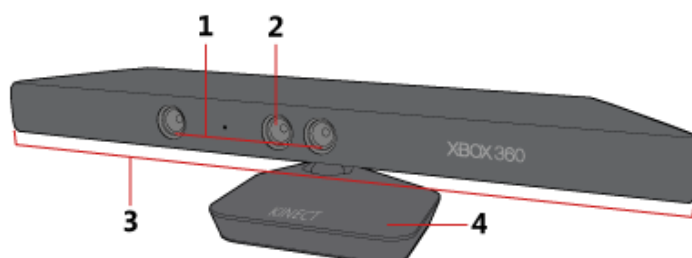
## 2.2 Εμπορικές Εφαρμογές-Παιχνίδια

### 2.2.1 Kinect

#### ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Το Kinect αποτελεί μια περιφερειακή συσκευή που δημιουργήθηκε από τη Microsoft για τη χρήση μαζί με το Xbox 360, να χρησιμοποιηθεί ως μέσο αποκατάστασης και θεραπείας. Χρησιμοποιώντας εικονικούς και ηχητικούς αισθητήρες η συσκευή επιτρέπει στους χρήστες να ελέγχουν τα παιχνίδια με τη κίνηση του σώματος τους. Αντί να παίζουν βιντεοπαιχνίδια χρησιμοποιώντας συμβατικά χειριστήρια, οι παίκτες μπορούν να σταθούν μπροστά στο Kinect πραγματοποιώντας τις απαραίτητες κινήσεις με το σώμα τους. Το Kinect δίνει αυτή δυνατότητα αυτή στους χρήστες παρακολουθώντας και εντοπίζοντας τις κινήσεις των αρθρώσεων τους. Οι θέσεις των αρθρώσεων ενός παίκτη στον τρισδιάστατο χώρο, λαμβάνονται από τα δεδομένα του αισθητήρα και χρησιμοποιούνται για να ακολουθήσουν την κίνηση του παίκτη.

Το Kinect της Microsoft είναι ένα σύνολο από αισθητήρες που αναπτύσσονται ως μια περιφερική συσκευή για τη χρήση μαζί με την κονσόλα Xbox 360. Χρησιμοποιώντας εικόνα, ήχο και αισθητήρες βάθους, ανιχνεύει τις κινήσεις, αναγνωρίζει τα πρόσωπα και την ομιλία των παικτών επιτρέποντάς τους να παίζουν παιχνίδια χρησιμοποιώντας για χειριστήριο μόνο το σώμα τους και τις κινήσεις του. Σε αντίθεση με προηγούμενες προσπάθειες (δημιουργίας) χειριστηρίων που βασίζονται σε χειρονομίες ή κινήσεις, δεν απαιτείται ο παίκτης να φοράει κάποιου είδους αξεσουάρ για να ενεργοποιήσει τον αισθητήρα, ο οποίος παρακολουθεί τις κινήσεις του παίκτη. Οι αισθητήρες βάθους, εικόνας και ήχου τοποθετούνται σε μια οριζόντια ράβδο προσαρτημένη σε μια περιστρεφόμενη βάση που επιτρέπει στη ράβδο να κινηθεί πάνω και κάτω.



Εικόνα 1: Αισθητήρας Kinect ( 1. Αισθητήρας Βάθους, 2. RGB Κάμερα, 3. Περιοχή Μικροφώνου, 4. Περιστρεφόμενη Βάση), [9]

Μια RGB κάμερα παίρνει ένα (δισδιάστατο) έγχρωμο βίντεο της σκηνής που χρησιμοποιείται στο λογισμικό παιχνιδιών της Microsoft για την ταυτοποίηση του προσώπου και για την εμφάνιση εικόνων κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού. Μια σειρά από 4 μικρόφωνα, η οποία είναι τοποθετημένη κατά μήκος της οριζόντιας ράβδου, επιτρέπει την αναγνώριση της ομιλίας εντοπίζοντας την ακουστική πηγή, καταστέλλοντας το θόρυβο του περιβάλλοντος και ακυρώνοντας την ηχώ.

Επιπρόσθετα χρησιμοποιεί ως κύρια χαρακτηριστικά δύο αισθητήρες, έναν υπέρυθρο προβολέα και ένα μονόχρωμο αισθητήρα CMOS. Μαζί αποτελούν τη βάση για την αναγνώριση των χειρονομιών και την παρακολούθηση του σκελετού του ασθενή. Ο προβολέας (με το υπέρυθρο φως) εκπέμπει ένα πλέγμα υπέρυθρου φωτός στο οπτικό πεδίο και ένας χάρτης βάθους δημιουργείται με βάση τις ακτίνες που ο αισθητήρας λαμβάνει από τις αντανάκλασεις του φωτός πάνω στους χρήστες (στη σκηνή). Ο χάρτης βάθους προσδιορίζει την απόσταση του ατόμου από το Kinect. Εκτός από αυτό, το Kinect κωδικοποιεί τα δεδομένα στο υπέρυθρο φως καθώς εκπέμπεται και αναλύει τις αλλαγές στο σήμα αφού επιστρέψουν, ώστε να προσφέρει μια πιο λεπτομερή τρισδιάστατη εικόνα της σκηνής. Αυτή η τρισδιάστατη εικόνα στη συνέχεια επεξεργάζεται σε ένα λογισμικό για να εκτελέσει τον εντοπισμό του σκελετού του ασθενή.

Σε πρώιμο στάδιο, η σύλληψη της κίνησης χρησιμοποιήθηκε για να ενισχύσει τις ασκήσεις αποκατάστασης και να παρέχει εργαλεία στους φυσιοθεραπευτές, έτσι ώστε να αναπτυχθεί ένα εικονικό περιβάλλον για την αποκατάσταση που παρακολουθεί τις κινήσεις του χεριού του ασθενή κατά τη διάρκεια των ασκήσεων. Οι εικόνες προβάλλονται σε τρεις τοίχους ενός κλειστού χώρου παρουσιάζοντας (ως υπάρχοντα χώρο) μια κουζίνα με αντικείμενα που πρέπει να φθάσει ο ασθενής ενώ η κίνηση του χεριού του παρακολουθείται από έναν αισθητήρα που είναι εφαρμοσμένος στο χέρι. Υπάρχουν πολλά μειονεκτήματα στα επισυναπτόμενα συστήματα καταγραφής κινήσεων όπως αυτό. Πρώτον, οι αισθητήρες που είναι συνδεδεμένοι για να παρακολουθούν τις κινήσεις του ασθενή είναι συχνά περίπλοκοι, αναστέλλοντας έτσι τις ήδη λίγες και συγκεκριμένες κινήσεις του. Το πιο σημαντικό είναι ότι αυτές οι συσκευές καταγραφής είναι συνήθως μεγάλες και ακριβές, με συνέπεια να μην είναι εφικτό να χρησιμοποιούνται για οικιακή αποκατάσταση.

Παρά το γεγονός ότι το Kinect αναπτύχθηκε ως μια παιχνιδιομηχανή, η μελέτη αυτή εξετάζει τις δυνατότητες του ως θεραπεία σε άτομα που πέρασαν εγκεφαλικό επεισόδιο. Η παρακολούθηση της κίνησης θα μπορούσε να ενισχύσει σημαντικά τη θεραπευτική διάγνωση. Οι γιατροί θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν το λογισμικό του Kinect για να αξιολογήσουν την απόδοση των ασθενών τους και να παρακολουθούν τη βελτίωση τους. Με τη μελέτη της κίνησης των αρθρώσεων του



ασθενή, οι θεραπευτές θα μπορούσαν να εντοπίσουν τα σημεία όπου ο ασθενής χρειάζεται θεραπεία και βελτίωση. Τα σχόλια που δίνονται στους ασθενείς κατά τη διάρκεια ή μετά από μια θεραπευτική συνεδρία θα μπορούσαν να τελειοποιήσουν για να συγκεκριμενοποιήσουν το σημείο που υπάρχει το πρόβλημα στην κινητικότητα του ασθενούς.

Το Kinect θα μπορούσε επίσης να αποτελέσει ένα χρήσιμο εργαλείο για θεραπεία στο σπίτι. Η οικιακή θεραπεία είναι πιο ευέλικτη και βολική για τον ασθενή και επιτρέπει περισσότερες επαναλήψεις στις ασκήσεις. Για να τονωθεί η νευρική ενεργοποίηση στις περιοχές του εγκεφάλου που ελέγχουν την κίνηση, οι ασκήσεις πρέπει να επαναλαμβάνονται πολλές φορές μέσα στη μέρα. Ενώ μόνο οι θεραπευτικές συνεδρίες συχνά δεν μπορούν να εκπληρώσουν την απαιτούμενη συχνότητα της πρακτικής, με τις ασκήσεις στο σπίτι ο στόχος αυτός μπορεί να επιτευχθεί. Τα εξελιγμένα εργαλεία και η τεχνολογία που μπορούν να προσφερθούν στο γραφείο ενός γιατρού είναι γενικά πάρα πολύ ακριβά για να τα έχει κανείς στο σπίτι του, σε σύγκριση με το Kinect το οποίο κοστίζει πολύ λιγότερο και είναι άμεσα διαθέσιμο. Το λογισμικό για αποκατάσταση στο σπίτι δημιουργήθηκε με βάση το Kinect που θα μπορούσε να παρακολουθεί τις κινήσεις των ασθενών δίνοντας συμβουλές σχετικά με το τι πρέπει να κάνουν διαφορετικά. Για παράδειγμα, αν ένας ασθενής γέρνει πολύ προς τα αριστερά ενώ στέκεται όρθιος, το πρόγραμμα θα μπορούσε να συμβουλέψει τον ασθενή να κλίνει περισσότερο προς τα δεξιά όταν κάνει τις ασκήσεις του για ισορροπία. Το πρόγραμμα θα μπορούσε επίσης να παρέχει θετικά σχόλια για την ενθάρρυνση του ασθενή. Η μελέτη της LaBelle [9] απέδειξε ότι μόνο το 31% των ατόμων με κινητικές αναπηρίες εκτελούν τις ασκήσεις που συνιστώνται στη κατάλληλη συχνότητα και με επιτυχία. Τα θετικά σχόλια από ένα οικιακό πρόγραμμα αποκατάστασης, θα κάνουν τις θεραπευτικές ασκήσεις πιο ενθαρρυντικές (και θα αυξήσουν τη συμμετοχή) καθιστώντας πιο πιθανό να κάνει ο ασθενής τις ασκήσεις πιο συχνότερα. Παρότι αυτή η συγκεκριμένη μελέτη επικεντρώθηκε στη θεραπεία κινητικότητας για ασθενείς μετά από εγκεφαλικό επεισόδιο πολλά από τα ευρήματα είναι εξίσου εφαρμόσιμα και σε άλλους θεραπευτικούς τομείς, συμπεριλαμβανομένων των νευρολογικών διαταραχών που οδηγούν σε διαταραχή των κινήσεων, όπως η ασθένεια Parkinson, σκλήρυνση κατά πλάκας και εγκεφαλική παράλυση. Το Kinect θα μπορούσε επίσης να εφαρμοστεί στη θεραπεία τραυματισμένων αθλητών ή σε μετα-χειρουργική θεραπεία.

#### Οδηγοί Kinect και SDK

Το Kinect αρχικά προοριζόταν μόνο για αποκλειστική χρήση μαζί με την κονσόλα Xbox 360 και τα παιχνίδια της Microsoft για αυτή. Ωστόσο, δεδομένου ότι οι εγκαταστάσεις θεραπείας δεν μπορούσαν να διαθέτουν μια κονσόλα Xbox 360, μια εφαρμογή που αναπτύχθηκε μία εφαρμογή ώστε το Kinect να είναι συμβατό με

έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή. Συγκεκριμένα, ο στόχος ήταν να δημιουργηθεί ένα εργαλείο για το πρόγραμμα των Windows κατά προτίμηση σε γλώσσα προγραμματισμού C, που θα επιτρέπει πιο εύκολη ενσωμάτωση με το υπάρχον λογισμικό του Wii Balance Board για την αποκατάσταση ατόμων μετά από εγκεφαλικό επεισόδιο.

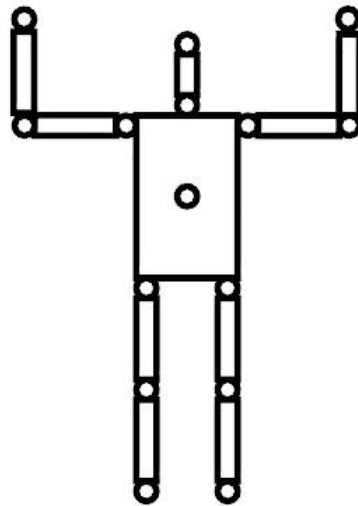
Με βάση τις αναφορές της LaBelle [9], η Microsoft αρχικά δεν επέτρεπε να κυκλοφορήσουν οι οδηγοί ή το SDK για να μπορέσει το Kinect να χρησιμοποιείται μαζί με έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή και μάλιστα στην αρχή η εταιρία αποθάρρυνε τις προσπάθειες της κοινότητας της πληροφορικής να αποδεχτεί κάτι τέτοιο. Αργότερα η Microsoft τροποποίησε τη δήλωσή της και ανακοίνωσε ότι η θύρα USB που χρησιμοποιείται για να συνδεθεί η συσκευή στο Xbox 360 έμεινε "σκόπιμα ανοιχτή" και πολλοί κατασκευαστές άρχισαν να σχεδιάζουν προγράμματα ανοικτών πηγών (open source) για την ανάπτυξη οδηγών, όπως SDK και API, για τη χρήση με υπολογιστές. Κατά συνέπεια όταν ξεκίνησε αυτή η έρευνα για την αποκατάσταση ενός ασθενή από εγκεφαλικό επεισόδιο, δεν υπήρχε επίσημος οδηγός για το Kinect διαθέσιμος από τη Microsoft, αλλά υπήρχαν πολλές διαθέσιμες επιλογές. Δεδομένου ότι το λογισμικό βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στην παρακολούθηση των αρθρώσεων και η ανάπτυξη ήταν επόμενο να γίνει σε μια πλατφόρμα των Windows οπότε η προφανής επιλογή ήταν το OpenNI. Αυτό το πρόγραμμα παρέχει τους αλγόριθμους που επεξεργάζονται τα δεδομένα βάθους που εντοπίζουν τις αρθρώσεις, οι οποίοι θα ήταν πολύ δύσκολο να αναπτυχθούν αυτόνομα.

### OpenNI και NITE Middleware

Το πλαίσιο OpenNI είναι ένα σύνολο από API's για τη δημιουργία εφαρμογών με συσκευές φυσικής διάταξης, οι οποίες προορίζονται για την τυποποίηση της επικοινωνίας με τα ανεπεξέργαστα δεδομένα από οπτικούς και ηχητικούς αισθητήρες (όπως οι αισθητήρες βάθους και εικόνας του Kinect), καθώς και με συνδυασμό μαζί με το Middleware που επεξεργάζεται και αναλύει τα διαθέσιμα δεδομένα.

Το πλαίσιο αυτό αναπτύχθηκε από την οργάνωση OpenNI (μη κερδοσκοπικός οργανισμός), που ιδρύθηκε από την Prime Scene, την εταιρεία τεχνολογίας που πήρε την άδεια να χρησιμοποιήσει το υλικό της Microsoft για να φτιάξει το Kinect. Το NITE middleware που χρησιμοποιείται είναι μια υλοποίηση του OpenNI API για το Kinect και αναπτύχθηκε επίσης από την PrimeScene. Χρησιμοποιώντας το OpenNI API, το NITE δίνει πρόσβαση σε ακατέργαστες εικόνες χρώματος και βάθους από τους αισθητήρες του Kinect καθώς και σε αλγόριθμους για την αναγνώριση χειρονομιών, ανίχνευση χαρακτηριστικών, και το πιο σημαντικό αυτής της έρευνας, την παρακολούθηση της κίνησης των αρθρώσεων.

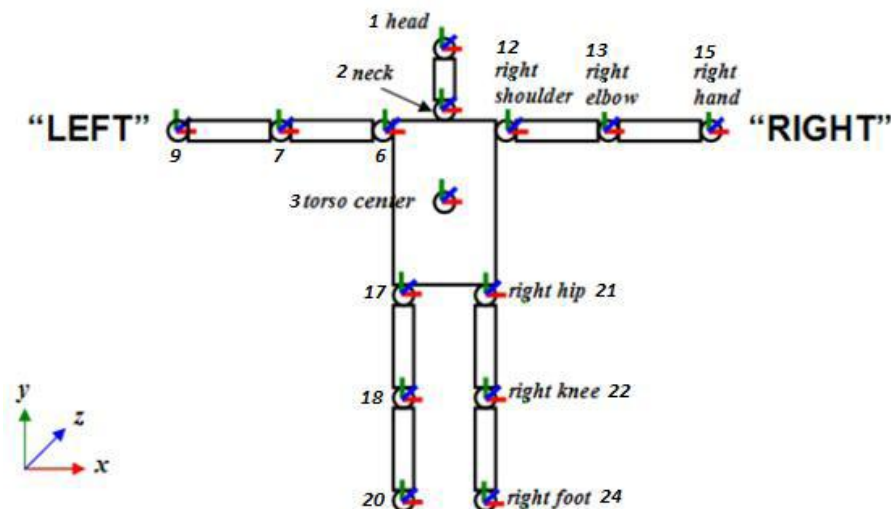
Προτού μια εφαρμογή μπορεί να μεταφέρει τα δεδομένα για τη συγκεκριμένη θέση των ορθώσεων, απαιτείται ο χρήστης να βαθμολογηθεί διατηρώντας μια στάση για ένα χρονικό διάστημα (σύμφωνα με την εφαρμογή 3 δευτερόλεπτα). Η στάση που απαιτείται από την εφαρμογή NITE είναι η στάση «Υ» που δίδεται στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 2: Στάση "Υ", [9]

Το πλαίσιο OpenNI, ορίζει εικοσιτέσσερις (24) αρθρώσεις, όπου για κάθε μία από αυτές μπορεί να βρεθεί μια [3x3] περιστροφική εξίσωση για τον προσανατολισμό και για τις συντεταγμένες x, y και z.

Ωστόσο, κατά την εκτέλεση του NITE για αυτό το λογισμικό χρησιμοποιήθηκε μόνο η θέση που είναι διαθέσιμη και έγινε παρακολούθηση μόνο δεκαπέντε (15) αρθρώσεων, όπως φαίνονται στο σχήμα, μαζί με ονόματα, αριθμούς και φορείς προσανατολισμού.



Εικόνα 3: Ελεγχόμενες Αρθρώσεις Στην Εφαρμογή NITE, [9]

Οι x,y και z συντεταγμένες θέσης δίνονται σε χιλιοστά από τη συσκευή, όπου η προέλευση των αξόνων βρίσκεται στον αισθητήρα βάθους της συσκευής. Από τη θέση του ατόμου που αντικρίζει τον αισθητήρα, οι θετικοί άξονες x είναι δεξιά, ο y προς τα πάνω και ο z μακριά από τη συσκευή, προς το αντικείμενο. Σταθερές τιμές δίνονται επίσης για τα δεδομένα των αρθρώσεων. Το πρότυπο ορίζει ότι η τιμή, θα είναι από 0 έως 1, αλλά η τρέχουσα τιμή είναι είτε 0 , αν η παρακολούθηση δεν λειτουργεί, είτε 1 αν λειτουργεί σωστά.

Το εργαλείο OpenNI/NITE βασίζεται στη παρακολούθηση σε βάθος και στη καταγραφή αρχείων βίντεο με τις εικόνες να αποθηκεύονται από το Kinect σε αρχεία κωδικοποίησης "oni". Το API παρέχει όλες τις απαραίτητες λειτουργίες, ώστε να αναπαράγει ξανά τα δεδομένα ή ακόμη και να προσφέρει δεδομένα από ένα από αυτά τα αρχεία μέσα σε ένα πρόγραμμα αν υπάρχει μια ζωντανή μετάδοση δεδομένων από το Kinect. Αυτή η τεχνική χρησιμοποιήθηκε σε αυτή τη μελέτη για την ανάπτυξη εφαρμογών που κατέγραψαν δεδομένα δοκιμών και αρθρώσεων από τα υπάρχοντα καταγεγραμμένα αρχεία.

#### Microsoft Kinect SDK Για Windows

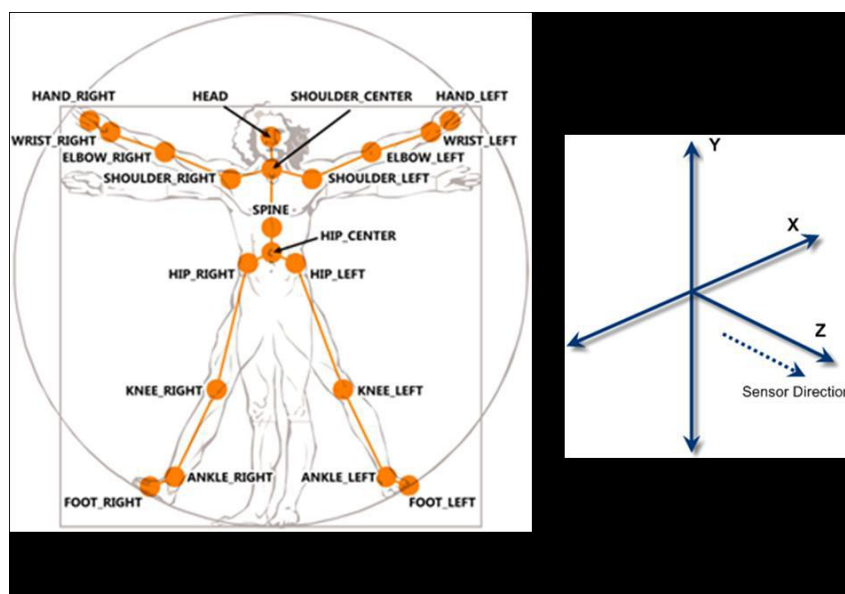
Ένα πολυαναμενόμενο SDK, για χρήση του Kinect σε συνδυασμό με έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή, κυκλοφόρησε από τη Microsoft τον Ιούνιο του 2011. Προσφέρει αρκετά σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα εργαλεία ανοιχτής πηγής (open source) που συζητήθηκαν παραπάνω. Στον Πίνακα 1 παρατίθεται σύγκριση των λειτουργιών OpenNI και SDK.

	<b>OpenNI</b>	<b>Microsoft</b>
Raw depth and image data	Yes	Yes
Joint position tracking	Yes	Yes
API-supported gesture recognition	Yes	No
Save raw data stream to disk	Yes	No
Joint tracking without calibration	No	Yes
Development in C#	No	Yes
Audio processing including speech recognition	No	Yes
Easy installation	No	Yes
Number of joints available	15	20
Quality of documentation	Adequate	Excellent

Πίνακας 1: Σύγκριση Των Συστημάτων Που Διασυνδέονται Με Το Kinect, [9]

Για τη συγκεκριμένη έρευνα ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα του SDK της Microsoft ήταν η παρακολούθηση της άρθρωσης χωρίς βαθμονόμηση. Όπως συζητήθηκε παραπάνω, κάθε βαθμονόμηση απαιτεί από τον ασθενή να κρατήσει μία στάση πού θα μπορούσε να αποτελεί πρόβλημα για πολλούς ασθενείς (με εγκεφαλικό επεισόδιο). Θεωρείται ότι επειδή το SDK της Microsoft ήταν ένα επαγγελματικά αναπτυσσόμενο προϊόν θα μπορούσε να παρέχει μεγαλύτερη ποιότητα στην παρακολούθηση από μια ανοιχτή πηγή OpenNI SDK. Η ανάπτυξη σε γλώσσα προγραμματισμού C ήταν ένα σημαντικό πλεονέκτημα για αυτή την έρευνα, αφού έκανε δυνατή την ολοκλήρωση του υπάρχοντος λογισμικού για ισορροπία. Ήταν επίσης σημαντικά ταχύτερο και λιγότερο επίπονο η ανάπτυξη με αυτό το εργαλείο, ώστε η εγκατάσταση να είναι πιο απλή και τα δείγματα API ήταν πιο σαφή και περιεκτικά. Το SDK της Microsoft περιέχει API's και οδηγούς για το Kinect.

Εικόνες RGB είναι διαθέσιμες είτε σε κωδικοποίηση RGB είτε YUV, αλλά και τα δύο ρεύματα αντιπροσωπεύουν την ίδια εικόνα. Στην απλούστερη μορφή τους, οι χάρτες βάθους δίνονται σε εικόνες 640x480, 320x420 ή 80x60 pixels και το κάθε ρixel προσδιορίζει την απόσταση σε χιλιοστά από τον αισθητήρα του κοντινότερου αντικειμένου στη σκηνή. Τα δεδομένα βάθους μπορούν ακόμη να ληφθούν με τις πληροφορίες τμηματοποίησης του παίκτη, που σημαίνει ότι κάθε ρixel θα περιέχει επίσης μια ένδειξη για το αν κάποιος παίκτης είναι παρόν σε αυτή τη θέση και σε αυτή τη σκηνή. Το Microsoft SDK επιτρέπει την παρακολούθηση είκοσι (20) αρθρώσεων. Οι συντεταγμένες x,y και z δίνονται σε μέτρα, για τη θέση κάθε άρθρωσης, σύμφωνα με τους άξονες που φαίνονται στο παρακάτω σχήμα. Οι ετικέτες στο σχήμα είναι τοποθετημένες στη θετική πλευρά του κάθε άξονα.



Εικόνα 4: Σκελετός Microsoft SDK, [9]

Ο αλγόριθμος της Microsoft για τον εντοπισμό των αρθρώσεων προσδιορίζει τις θέσεις τους από την επεξεργασία μιας εικόνας βάθους. Ο αλγόριθμος εμφανίζεται αρχικά με το joint guess pixel στην εικόνα βάθους, μαζί με ένα επίπεδο εμπιστοσύνης για κάθε pixel. Μετά από αυτό, επιλέγει το σκελετό που είναι πιο πιθανό να δώσει αυτές τις ετικέτες στις αρθρώσεις για τα επίπεδα εμπιστοσύνης. Αλλά πριν μπορέσει να γίνει αυτό, ο αλγόριθμος πρέπει να κάνει ακριβείς εικασίες για τη θέση των αρθρώσεων. Τεχνικές μηχανολογίας χρησιμοποιήθηκαν για να "εκπαιδεύσουν" τον αλγόριθμο να αναγνωρίζει αρθρώσεις από τον χάρτη βάθους. Αρχικά, η Microsoft κατέγραψε πολλούς ανθρώπους στον κόσμο που χρησιμοποιούν το Kinect. Οι σωστές θέσεις των αρθρώσεων που παρατηρήθηκαν, δίνονται ως αρχικές τιμές στον αλγόριθμο. Σε ορισμένες περιπτώσεις οι καταγεγραμμένες αρθρώσεις χρησιμοποιήθηκαν για να σημειωθούν οι αρθρώσεις στα δεδομένα που συλλέγονται (αντί να γίνει με το χέρι αργότερα). Κατά αυτό τον τρόπο, αναλύοντας πολλά πλαίσια βάθους με τη σωστή επισήμανση των αρθρώσεων, ο αλγόριθμος είχε «εκπαιδευτεί» να αναγνωρίζει τα μέρη του σώματος από τις εικόνες βάθους.

Το λογισμικό που αναπτύχθηκε για αυτή την έρευνα είχε δύο σκοπούς. Ο πρώτος ήταν να αποδειχθεί ότι θα ήταν δυνατό να αναπτυχτεί ένα χρήσιμο λογισμικό για αποκατάσταση (ατόμων με εγκεφαλικό επεισόδιο) μέσω του Kinect. Ο άλλος ήταν για να γίνει συλλογή δεδομένων για ανάλυση. Τα υπάρχοντα προγράμματα δεν είναι σε μορφή που θα μπορούσαν να φανούν χρήσιμα για επαγγελματική θεραπεία. Ωστόσο περαιτέρω εργασία θα μπορούσε εύκολα να γίνει για να βελτιώσει αυτές τις εφαρμογές για να καταστεί δυνατή η χρήση τους σε εγκαταστάσεις αποκατάστασης ή στα σπίτια των ασθενών.

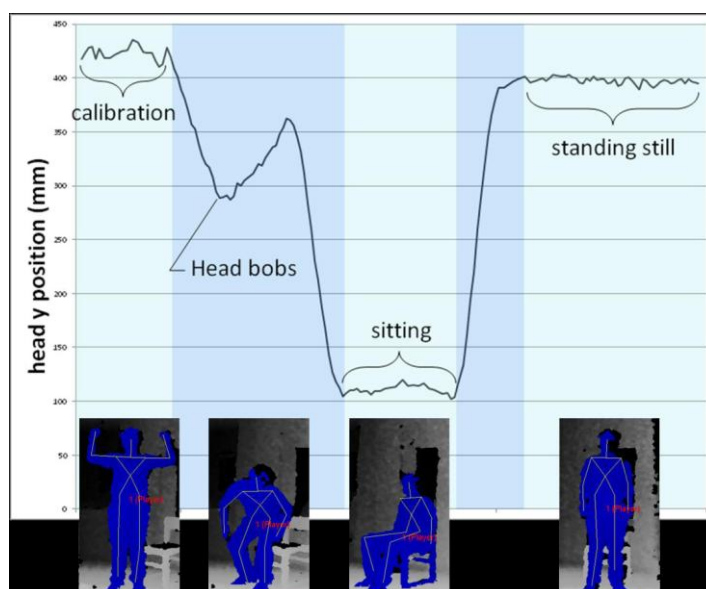
### Δεδομένα και Ανάλυση

- **Αναγνώριση Κίνησης**

Ένας τομέας την ανάλυσης αυτών των πειραμάτων ερευνά τη σκοπιμότητα της αναγνώρισης των φάσεων της κίνησης σε μία θεραπευτική άσκηση από τα δεδομένα απόδοσης του προγράμματος. Έχοντας ένα σύνολο σημείων που αντιπροσωπεύουν το κεφάλι κατά τη διάρκεια μίας "Sit to Stand" άσκησης, για παράδειγμα, ήταν σαφές τότε ο ασθενής κάθεται, κινείται ή στέκεται. Τα δεδομένα αυτά είναι σημαντικά για τον προσδιορισμό της χρησιμότητας του Kinect σε μια θεραπεία (εγκεφαλικού επεισοδίου), δεδομένου ότι είναι απαραίτητο για τους γιατρούς η ανάλυση δεδομένων των αρθρώσεων από τις ασκήσεις ενός ασθενή.

Με το διαχωρισμό των δεδομένων που αντιστοιχούν στα τμήματα μιας άσκησης, οι γιατροί θα είναι σε θέση να προσδιορίσουν τις προβληματικές περιοχές των ασθενών τους. Συγκρίνοντας τις θέσεις των αρθρώσεων ενός ασθενή κατά τη

διάρκεια ενός συγκεκριμένου τμήματος μιας άσκησης σε "φυσιολογικά" ή "σωστά" μοτίβα κίνησης για αυτή τη δραστηριότητα, στη συνέχεια θα επιτραπεί στους γιατρούς να αξιολογήσουν την πρόοδο και την ανάγκη για βελτίωση στις κινήσεις του ασθενή. Το παρακάτω σχήμα δείχνει ένα γράφημα της κατακόρυφης (y) θέσης του κεφαλιού ενός ατόμου σε μια "Sit to Stand" άσκηση. Είναι πολύ σαφές ποιές περιοχές του γραφήματος αντιστοιχούν σε κάθε στάδιο κίνησης στην άσκηση και αυτές επισημαίνονται στο γράφημα με σκιασμένες περιοχές και ετικέτες.



Εικόνα 5: Θέση Κεφαλιού Και Περιοχές Κίνησης, [9]

Επειδή αυτά τα δεδομένα συλλέχθηκαν χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα OpenNI, το αντικείμενο πρώτα κράτησε τη στάση της βαθμονόμησης και αυτά είναι σημειωμένα στην πρώτη περιοχή του γραφήματος. Η επόμενη σκιασμένη είναι η χρονική περίοδος κατά την οποία κινούταν το άτομο (από το να κάθεται στο να σηκωθεί). Είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί η καμπύλη στο γράφημα όπου το άτομο λυγίζει το κεφάλι του προς τα κάτω για να δει πίσω του και βρίσκει την καρέκλα. Οι περιοχές όπου το άτομο κάθεται και στέκεται (sitting to standing) είναι επίσης σαφής.

Κατά τη σύγκριση των δεδομένων που συλλέχθηκαν σε αποστάσεις που κυμαίνονται από 1,5 έως 3,5 μέτρα οι περιοχές της κίνησης ήταν ευδιάκριτες σε 2 έως 2,5 μέτρα. Όταν το άτομο ήταν πολύ κοντά ή πολύ μακριά από τον αισθητήρα, η ασυνέπεια των κινήσεων των αρθρώσεων έκανε τα στάδια τις κινήσεις κάπως λιγότερο διακριτά, αλλά ακόμη και σε αυτές τις αποστάσεις δεν ήταν πολύ δύσκολο να γίνει μια προσέγγιση.

Η δυνατότητα να διαχωρίζονται οι περιοχές της κίνησης ήταν πολύ σημαντική για την περαιτέρω ανάλυση των δεδομένων σε αυτή τη μελέτη και είναι επίσης

σημαντική για την επιτυχή χρήση του Kinect ως εργαλείο αποκατάστασης. Τα αποτελέσματα αυτού του τμήματος της ανάλυσης υποδεικνύουν ότι τα δεδομένα απόδοση του Kinect είναι καλά προσαρμοσμένα για αυτό το σκοπό.

- **Ποσοστό Δειγματοληψίας**

Ο ρυθμός δεδομένων των πλαισίων συλλέχθηκε από κάθε τύπο δοκιμής για τον προσδιορισμό της συχνότητας, με την οποία οι θέσεις των αρθρώσεων θα μπορούσαν να ληφθούν. Αν ο ρυθμός δειγματοληψίας δεν είναι αρκετά συχνός τα δεδομένα δε θα παρέχουν αρκετές πληροφορίες για τους γιατρούς ώστε να κάνουν διαγνώσεις ή σχόλια σχετικά με τις κινήσεις των ασθενών τους. Το μικρότερο ποσοστό που απαιτείται είναι μάλλον χαμηλό, ωστόσο, δεδομένου ότι ακόμα και με τις πληροφορίες θέσεων που λαμβάνονται σε μόνο πέντε έως δέκα φορές το δευτερόλεπτο, ο αριθμός ποιότητας των δεδομένων είναι ακόμη αρκετά καλός για να βγάλουμε βασικά συμπεράσματα σχετικά με την απόδοση του ασθενούς. Ο πίνακας που ακολουθεί συγκρίνει τον ρυθμό δειγματοληψίας για τα δεδομένα που προκύπτουν από το OpenNI και τα API's της Microsoft.

	<b>OpenNI</b>	<b>Microsoft</b>
Average Frame Rate (fps)	25.0	19.6
Std Deviation (between trials)	5.8	2.3
Minimum (fps)	9.8	14.1
Maximum (fps)	30.0	23.7

Πίνακας 2: Ρυθμός Δειγματοληψίας OpenNI Vs Microsoft, [9]

Το OpenNI API είναι καλύτερο κατά μέσο όρο, αλλά μία τυπική απόκλιση μεταξύ της δικής του τιμής (5,8) έναντι αυτής της Microsoft (2,3), η τιμή του πλαισίου ήταν σημαντικά λιγότερο συνεπής από δοκιμή σε δοκιμή στην εφαρμογή OpenNI. Οι τιμές της δειγματοληψίας στο Microsoft API διήρκεσαν λιγότερο από 10 fps , ενώ το εύρος του OpenNI ήταν πάνω από διπλάσιο. Ωστόσο ακόμη και η χειρότερη απόδοση (9,8 rfs) είναι επαρκής για τους σκοπούς της αποκατάστασης. Το Microsoft API χρησιμοποιήθηκε για τις υπόλοιπες τιμές δειγμάτων της ανάλυσης. Απροσδόκητα, η εμφάνιση του βίντεο βάθους στην οθόνη δεν επηρέασε σημαντικά τις τιμές δειγματοληψίας των δεδομένων των αρθρώσεων. Και στις δύο περιπτώσεις εμφανίζεται παρόμοια συνέπεια σε μία δοκιμή, με τυπικές αποκλίσεις στιγμιαίων τιμών των πλαισίων που διαφέρουν λιγότερο από 0,4 fps .



Όταν ο βοηθός εντάχθηκε στο οπτικό πεδίο του ατόμου, η διαφορά στην τιμή πλαισίου ήταν πιο αισθητή. Όπως ήταν αναμενόμενο, η επιπλέον επεξεργασία δεδομένων έγινε για να διαπιστωθεί αν οι αρθρώσεις του δεύτερου ατόμου επιβραδύνουν την τιμή δειγματοληψίας με κάποιο τρόπο. Στην εφαρμογή API δεν είναι δυνατό να προσδιοριστεί ο αριθμός των σκελετών που θέλουμε να παρατηρήσουμε. Ως συνέπεια, το API πρέπει να εξάγει θέσεις για όλους τους ανθρώπους που εμφανίζονται. Κατά αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνονται οι θέσεις των αρθρώσεων του ασθενή, ακόμη και αν οι πληροφορίες αυτές για το βοηθό δεν είναι σημαντικές, γεγονός το οποίο καθυστερεί τη διαδικασία. Η συνοχή της τιμής του πλαισίου ήταν επίσης λίγο χαμηλότερη όταν υπήρχαν δύο άνθρωποι στο οπτικό πεδίο. Παρόλα αυτά, ακόμη και με πολλά άτομα στο οπτικό πεδίο της κάμερας, η τιμή της δειγματοληψίας ήταν επαρκής για τα δεδομένα που χρειάζονται σε μια θεραπεία.

### Ακρίβεια Θέσης Των Αρθρώσεων

Ενώ η ακρίβεια της απόλυτης θέσης μιας άρθρωσης δεν είναι πολύ σημαντική για τους γιατρούς που ασχολούνται με τα εγκεφαλικά επεισόδια, η σχετική κίνηση των αρθρώσεων είναι κρίσιμη. Το κύριο κίνητρο για τους γιατρούς είναι το να είναι σε θέση να καθορίσουν σε τι βαθμό και προς ποιά κατεύθυνση μία άρθρωση κινείται από ένα χρονικό σημείο σε ένα άλλο, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιήσουν το Kinect ως εργαλείο αποκατάστασης. Συνεπώς η απόλυτη ακρίβεια των δεδομένων των αρθρώσεων, δεν ήταν πολύ ενδιαφέρουσα, αλλά το να αναλυθεί η ακρίβεια της θέσης των αρθρώσεων είναι πολύ σημαντικό. Αυτή η ακριβής ανάλυση εξετάζει τις τυπικές αποκλίσεις των θέσεων των αρθρώσεων κατά τη διάρκεια των διαφορετικών φάσεων των ασκήσεων όπου το άτομο δεν κινείται, δηλαδή όταν ο ασθενής καθόταν ή ακόμη στεκόταν. Οι τεχνικές που παρουσιάζονται στην ενότητα *Αναγνώριση Κίνησης* χρησιμοποιήθηκαν για να διαχωριστούν τα δοκιμαστικά δεδομένα σε φάσεις και να προσδιορίσουν πότε το άτομο ήταν σχετικά ακίνητο. Στη συνέχεια οι τυπικές αποκλίσεις των θέσεων των αρθρώσεων λαμβάνονται κατά τη διάρκεια που καταγράφηκαν αυτές οι περίοδοι.

Σε γενικές γραμμές η συνέπεια των δεδομένων θέσης των αρθρώσεων κατά τη διάρκεια αυτών των χρόνων, ήταν πολύ υψηλή. Ο πίνακας παρακάτω παρουσιάζει τις τυπικές αποκλίσεις που διαπιστώθηκαν για το κεφάλι, τους γοφούς και τα γόνατα στα στοιχεία και των δύο από APIs.

	<b>OpenNI</b>	<b>Microsoft</b>
Head	0.34	1.8
Hip	0.42	1.2
Knee	0.70	1.5

Πίνακας 3: Τυπικές Αποκλίσεις OpenNI Vs Microsoft, [9]

Για κάθε άρθρωση το OpenAPI παρουσιάζεται σημαντικά καλύτερο. Οι τυπικές αποκλίσεις ήταν χαμηλότερες από εκείνες του Microsoft API με συντελεστή τουλάχιστον δύο για κάθε άρθρωση και σε μία περίπτωση ο συντελεστής ήταν έξι φορές μικρότερος.

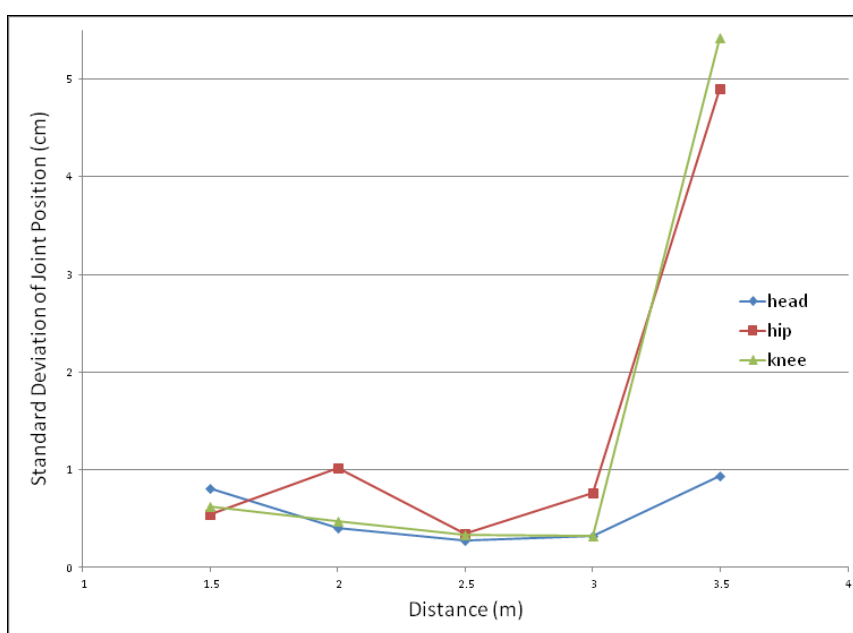
Είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί, ωστόσο, ότι το OpenNI ήταν καλύτερο στον προσδιορισμό της θέσης του κεφαλιού και του γοφού από ότι στον προσδιορισμό της θέσης του γονάτου, ενώ οι θέσεις του κεφαλιού από το Microsoft SDK ήταν τουλάχιστον συνεπείς ακολουθώντας εκείνες για το γοφό και το γόνατο. Στην πραγματικότητα είναι εξαιρετικά δύσκολο να συγκριθούν οι τυπικές αποκλίσεις από τα δύο API's δεδομένου ότι οι συνθήκες δοκιμής ποικίλουν. Η δοκιμή του OpenNI έγινε σε ένα μόνο άτομο και δόθηκε σημασία στον ασθενή να στέκεται όσο πιο πολύ μπορεί, ενώ τα άτομα που χρησιμοποίησαν το λογισμικό Microsoft API διέφεραν σημαντικά και εμφανίστηκαν να μετατοπίζουν την κίνησή τους πιο συχνά από ότι το άτομο που χρησιμοποιούσε OpenNI. Δεδομένου αυτού, έγιναν προσπάθειες για την εξομάλυνση αυτής της διαφοράς συμπεριλαμβάνοντας στα στατιστικά της Microsoft μόνο τα δεδομένα στα οποία το άτομο φαίνεται να είναι σχετικά ακίνητο.

Μια πιθανή αιτία στη διαφορά της συνοχής στη θέση της άρθρωσης μεταξύ της Microsoft και του OpenNI API's είναι η βαθμονόμηση που εκτελείται στο λογισμικό του OpenNI. Η λειτουργία OpenNI API απαιτεί από τον χρήστη να παραμείνει σε θέση βαθμονόμησης μέχρι να αναγνωριστεί η φιγούρα και να συλληθούν οι θέσεις των αρθρώσεων. Το SDK της Microsoft, ωστόσο, δεν απαιτεί τέτοια βαθμονόμηση και μάλλον προσδιορίζει τα σημεία του σώματος σε μία εικόνα βάθους χρησιμοποιώντας έναν αλγόριθμο που τίθεται σε εξαιρετικά απλούς όρους, δηλαδή να ταιριάζει την εικόνα βάθους με την αναμενόμενη ανθρώπινη μορφή. Με δεδομένο αυτό και το γεγονός ότι η τεκμηρίωση του API διευκρινίζει ότι το SDK ενεργοποιεί την προβολή μόνο για τις φιγούρες που στέκονται και όχι για αυτές που κάθονται, θεωρήθηκε ότι η αντιστοίχιση της αρχικής εικόνας μπορεί να γίνει καλύτερη και να οδηγήσει σε πιο συνεπή δεδομένα αν η φιγούρα πρώτα στεκόταν αντί να κάθεται.

Η άρθρωση του κεφαλιού ήταν η μόνη, της οποίας η συνέπειά της είχε επηρεαστεί από την όρθια στάση. Οι αποκλίσεις για τις δύο άλλες αρθρώσεις ήταν συγκρίσιμες και έτσι φαίνεται ότι στις περισσότερες περιπτώσεις η συνοχή των αρθρώσεων δεν επηρεάζεται από το εάν η φιγούρα στην αρχή στέκεται όρθια ή κάθεται. Αυτό μπορεί να δηλώνει ότι ο αλγόριθμος της τοποθεσίας της άρθρωσης που χρησιμοποιήθηκε από το SDK δε βασίζεται στο γενικό πλαίσιο, δηλαδή επεξεργάζεται κάθε καρέ ξεχωριστά αντί να χρησιμοποιεί πληροφορίες από παλαιότερες εικόνες βάθους και δεδομένα του σκελετού.

Αν η διαφορά είναι μικρή για την άρθρωση στο κεφάλι, οι αποκλίσεις για τα γόνατα και τα ισχία είναι σημαντικά ψηλότερες, όταν το άτομο είναι καθισμένο. Αυτό είναι αναμενόμενο, τουλάχιστον για τα ισχία, αφού αυτές οι αρθρώσεις κρύβονται κάπως όταν ένα άτομο κάθεται, ενώ το κεφάλι είναι στην ίδια θέση σε σχέση με τα τριγύρω μέρη που ήταν και όταν το άτομο στεκόταν. Ο αλγόριθμος αναγνώρισης της άσκησης θα έχει φυσικά μια δυσκολία στο να βρει τους γοφούς του ατόμου, όταν επισκιάζονται από τα πόδια. Επιπλέον, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, το SDK προορίζεται για χρήση ενώ το άτομο στέκεται, πιθανόν λόγω αυτής της επιπλοκής. Ωστόσο ή διακύμανση ενώ το άτομο κάθεται παραμένει κάτω από δύο (2) εκατοστά, το οποίο εξακολουθεί να είναι επαρκές για χρήση ως διαγνωστικό εργαλείο στην αποκατάσταση εγκεφαλικού επεισοδίου.

Η σταθερότητα των θέσεων επηρεάστηκε από την απόσταση από τον αισθητήρα, αλλά η επίδραση της απόστασης ήταν κάπως διαφορετική για κάθε άρθρωση. Η γραφική παράσταση συγκρίνει την επίδραση της απόστασης στις αποκλίσεις των θέσεων για το κεφάλι, το ισχίο και το γόνατο.



Εικόνα 6: Τυπική Απόκλιση Των Θέσεων Του Κεφαλιού Σε Σχέση Με Την Απόσταση, [9]

Η πιο αξιοσημείωτη τάση στη γραφική παράσταση είναι η έκρηξη της τυπικής απόκλισης στις θέσεις του ισχίου και του γόνατος σε μια απόσταση 3,5 μέτρων. Η σταθερότητα των δεδομένων της άρθρωσης στο κεφάλι έχουν επίσης υποβαθμιστεί σε αυτό το σημείο αν και δεν είναι τόσο πολύ όσο στα ισχία και στα γόνατα. Σε γενικές γραμμές, το πρόγραμμα ήταν καλύτερο στο να επιλέγει τις αρθρώσεις στο κεφάλι, από ότι τα γόνατα και το ισχίο, έτσι αυτό δεν είναι πολύ περίεργο.

Εξετάζοντας το διάγραμμα πριν από αυτό το σημείο, η σταθερότητα στο γόνατο φαίνεται να βελτιώνεται ελαφρά, όσο η απόσταση αυξάνεται μέχρι τα τρία μέτρα αλλά μόνο 0,2 εκατοστά συνολικά. Από την άλλη πλευρά η συνοχή της θέσης του κεφαλιού, ήταν η βελτίωση σε απόσταση 2,5 μέτρων. Η άρθρωση του ισχίου δε φαίνεται να παρουσιάζει καμία μεταβολή και δεν είναι σαφές γιατί συμβαίνει αυτό.

Συνοπτικά τα αποτελέσματα αυτού του τμήματος της μελέτης ήταν μάλλον ασαφή σε αποστάσεις μικρότερες από 3,5 μέτρα. Αφού τα δεδομένα δεν δείχνουν πολλές διακριτές τάσεις, είναι δυνατόν η απόσταση από τον αισθητήρα τώρα να μην επηρεάζει σημαντικά τα αποτελέσματα (των αρθρώσεων) . Εναλλακτικά, η έλλειψη του ευδιάκριτου ήχου θα μπορούσε να αποδοθεί στο μικρό μέγεθος δείγματος. Δεδομένου ότι μόνο λίγες μελέτες έχουν γίνει σε κάθε θέση για αυτά τα δεδομένα, θα άξιζε να γίνουν κάποιες πρόσθετες δοκιμές με την απόσταση στο μέλλον.

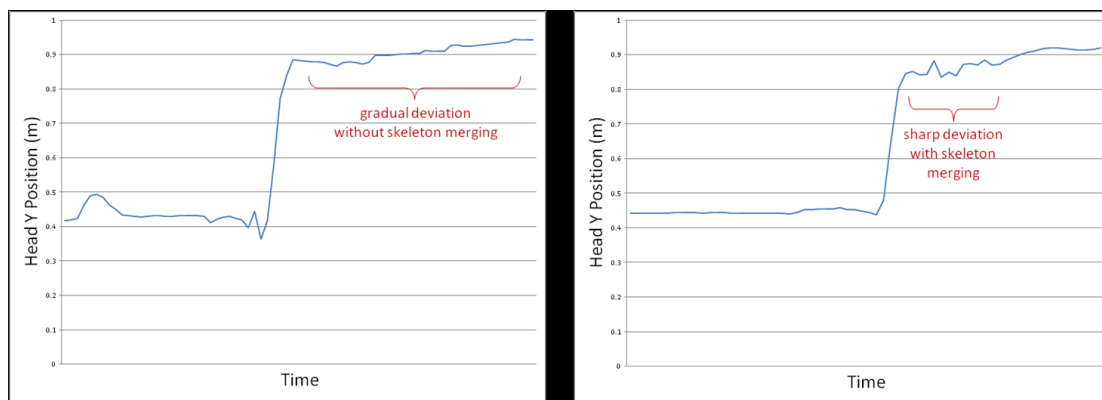
Πιο μακριά από τα 3,5 μέτρα και πιο κοντά από το 1,5 μέτρο, ωστόσο, ήταν πολύ σαφές ότι τα δεδομένα δεν θα ήταν χρήσιμα. Ο σκελετός που απεικονίζεται στην οθόνη σε αυτές τις αποστάσεις έγινε μία μάζα που δεν έμοιαζε με ανθρώπινη μορφή. Έτσι οι αποκλίσεις εκτός αυτής της απόστασης δεν αξίζουν τον έλεγχο. Τα αποτελέσματα αυτά ταυτίζονται αρκετά συχνά με τη σύσταση της Microsoft που υποδηλώνει ότι η παρακολούθηση του σκελετού λειτουργεί καλύτερα σε απόσταση από 1,2 έως 3,5 μέτρα.

Τα αποτελέσματα ήταν λιγότερο ενθαρρυντικά όταν εξετάστηκε η συνέπεια των δεδομένων της θέσης των αρθρώσεων σε συνθήκες τις οποίες ένας βοηθός βοήθησε το άτομο κατά τη διάρκεια των ασκήσεων "Sit and Stand". Κατά τη διάρκεια αυτού του τύπου των δοκιμών η εφαρμογή αρχικά αναγνώρισε το άτομο ενώ καθόταν μόνο του, και στις περισσότερες περιπτώσεις συμπεριφέρθηκε κανονικά ακόμη και όταν ο βοηθός μπήκε στο οπτικό του πεδίο. Σε ορισμένες περιπτώσεις, ωστόσο, οι θέσεις των αρθρώσεων του ασθενή, είχαν μία απροσδόκητη άνοδο, ενώ το άτομο καθόταν ακόμη. Σε κάθε περίπτωση που συμβαίνει αυτό, οι θέσεις γυρνούν στην αναμενόμενη συμπεριφορά μετά από μία σύντομη περίοδο από ταχύτατες, δραματικές μεταβολές. Αυτό ήταν πιο πιθανό να οφείλεται στην είσοδο του βοηθού στο σημείο αυτό, ενώ ο αλγόριθμος προσδιόριζε ποιά τμήματα της εικόνας βάρους ανήκουν σε κάθε άτομο. Το πρόγραμμα πιθανώς επέστρεψε στην κανονική λειτουργία του, αφού αρχικά ρυθμίστηκε για την παρουσία ενός επιπλέον ατόμου.

Ενώ η είσοδος του βοηθού είναι η πιο πιθανή αιτία, αυτό θα μπορούσε να επαλειφθεί δημιουργώντας ένα χαρακτηριστικό για να σημειωθεί το σημείο στα δεδομένα όταν ο βοηθός μπαίνει στο οπτικό πεδίο. Αν το σώμα συμπέσει με τις θέσεις είναι πιθανό ότι αυτή είναι η σωστή εξήγηση. Αυτό δεν είναι αρνητικό για τη χρήση του Kinect στη θεραπεία, καθώς οι διακυμάνσεις ήταν σύντομες σε διάρκεια

και τόσο ακραίες που θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν ως σφάλματα. Θα ήταν εύκολο να διορθώσουμε τα λάθη αυτά αφού είναι σαφές που βρίσκεται η πραγματική τιμή της θέσης του κεφαλιού του ασθενή. Ωστόσο, κατά τη διάρκεια ορισμένων δοκιμών ένα πιο σοβαρό λάθος παρουσιάστηκε καθώς ο ασθενής στεκόταν. Με τον καιρό όταν ο βοηθός στεκόταν δίπλα στον ασθενή, κάποιες φορές το πρόγραμμα συγχώνευε τους δύο σκελετούς.

Είναι δύσκολο να προσδιοριστεί σε οποιονδήποτε ικανό βαθμό, που βρίσκεται η πραγματική θέση των αρθρώσεων του ασθενή όταν η συγχώνευση του σκελετού έχει καταστρέψει τις θέσεις, για αυτό δεν θα είναι εύκολο να διορθωθούν με ακρίβεια τα λάθη της θέσης. Δυστυχώς αυτό θα ήταν δύσκολο για κάθε δεδομένο που αλλοιώνεται με αυτό τον τρόπο. Ωστόσο ήταν αρκετά εύκολο να αναφερθεί ότι κοιτώντας τους σκελετούς στην οθόνη, όταν δύο σκελετοί δεν ενώθηκαν σωστά, και παρακολουθώντας την εικόνα κατά τη διάρκεια και μετά τη δοκιμή, τα αχρείαστα δεδομένα θα μπορούσαν τουλάχιστον να αφαιρεθούν. Δεν ήταν επίσης πολύ δύσκολο να γίνει διάκριση μεταξύ "φυσιολογικής" απόκλισης στις θέσεις των αρθρώσεων και της απόκλισης που προέκυψε από το "μπέρδεμα" του σκελετού. Η συγχώνευση του σκελετού έτεινε να δημιουργεί απότομες ανόδους στο γράφημα της θέσης, ενώ τα δεδομένα από τις δοκιμές χωρίς να είναι "μπερδεμένος" ο σκελετός είχαν πιο σταδιακή μετατόπιση τιμών, όπως φαίνεται από τη σύγκριση μιας σωστής δοκιμής και μιας δοκιμής "μπερδεμένου" σκελετού, παρακάτω.



Εικόνα 7: Φυσιολογικός Εντοπισμός Αρθρώσεων (Αριστερά) Και Συγχώνευση Σκελετών (Δεξιά), [9]

Δυστυχώς οι σημειώσεις που λαμβάνονται με αυτή τη συμπεριφορά δεν ήταν αρκετά λεπτομερείς για να προσδιοριστεί το πόσο συχνά παρουσιάζεται στο δείγμα δεδομένων. Από τις πληροφορίες που έχουν καταγραφεί ωστόσο, εκτιμάται ότι η συγχώνευση του σκελετού εμφανίζεται περίπου στο 40% του χρόνου που γίνεται η "υποβαθμισμένη" δοκιμή. Είναι ενδιαφέρον, αν σε κάθε δοκιμή ο βοηθός ήταν ο ίδιος, ότι η συγχώνευση εμφανίστηκε πιο συχνά σε κάποια άτομα από ότι σε κάποια άλλα.

Μερικές ανεπίσημες προσπάθειες έγιναν για να παρατηρηθεί εάν θα ήταν πιο εύκολο για τον αλγόριθμο SDK να διαχωρίσει ποιιά άρθρωση ανήκε σε ποιιά φιγούρα, όταν ο ασθενής και ο βοηθός είναι ντυμένοι με τα αντίθετα ρούχα, αλλά δεν φάνηκε να έχει διαφορά [9] .

Στην πλειονότητα των περιπτώσεων πάντως, η συνέπεια των δεδομένων κατά τη διάρκεια των δοκιμών με βοηθό ήταν πολύ καλύτερη από ότι δείχνουν τα παραπάνω γραφήματα. Πολλές από τις δοκιμές έδειξαν αποκλίσεις ήταν πολύ πιο μικρές από αυτές που παρατηρήθηκαν στις δοκιμές που έκανε μόνο του το άτομο.

Αφήνοντας κατά μέρους τις επιφυλάξεις σχετικά με τη σταθερότητα των δεδομένων για τις θέσεις των αρθρώσεων στις ασκήσεις με το βοηθό, οι τυπικές αποκλίσεις που εμφανίζονται σε αυτό το τμήμα στις δοκιμές που έγιναν μόνο με ένα άτομο, ήταν πιο ικανοποιητικές στην ανάλυση των κινήσεων ενός ασθενή (εγκεφαλικού επεισοδίου), ακόμα και όταν χρησιμοποιήθηκαν τα API's της Microsoft χωρίς βαθμονόμηση. Η επιβεβαίωση της συνοχής των δεδομένων χωρίς βαθμονόμηση ήταν πολύ σημαντική , δεδομένου ότι δεν είναι πιθανό οι ασθενείς σε μία θεραπεία να μην μπορούν να κρατήσουν την πόζα που απαιτείται από το OpenNI SDK.

#### ΚΟΣΤΟΣ

Τα επίσημα δεδομένα για τους οικονομικούς πόρους της συγκεκριμένης μελέτης [9] δε δημοσιεύθηκαν με συνέπεια να μην είναι δυνατό να προσδιοριστεί το συνολικό της κόστος. Παρόλα αυτά σε όλες τις δημοσιεύσεις που περιέγραφαν τη χρήση του Kinect ως μέθοδος απομακρυσμένης αποκατάστασης, αναφέρεται πως για κάθε στοιχείο του λογισμικού, αλλά και για κάθε προσαρμοσμένη συσκευή εισόδου επιλέχθηκαν σε μεγάλο ποσοστό αυτά με το μικρότερο δυνατό κόστος ώστε το συνολικό κόστος της έρευνας να κριθεί οικονομικό.

#### TARGET GROUP

Μετά από ένα εγκεφαλικό επεισόδιο, οι επιζήσαντες συνήθως παρουσιάζουν απώλεια συντονισμού, ισορροπίας και ευκινησίας. Για την αποκατάσταση του ασθενή είναι απαραίτητη η φυσιοθεραπεία που περιλαμβάνει κινήσεις συντονισμού και ασκήσεις ισορροπίας. Η ικανότητα του Kinect της Microsoft να παρακολουθεί τις κινήσεις των αρθρώσεων μπορεί να αποδειχτεί χρήσιμη ως εργαλείο για την αποκατάσταση εγκεφαλικής βλάβης τόσο σε κλινικό περιβάλλον όσο και στο σπίτι.

Ο κύριος σκοπός αυτού του προγράμματος ήταν να ερευνηθεί η δυνατότητα του Kinect ως εργαλείο για εγκεφαλική αποκατάσταση [9]. Ένα εγκεφαλικό επεισόδιο συμβαίνει όταν η παροχή αίματος στον εγκέφαλο διακόπτεται, με αποτέλεσμα η έλλειψη οξυγόνου να σκοτώνει τα κύτταρα του εγκεφάλου. Αυτή η βλάβη του

εγκεφάλου οδηγεί συχνά σε διαταραγμένη κινητικότητα, παράλυση και προβλήματα ισορροπίας. Μπόρεση ή περιορισμένη κίνηση και απώλεια αντοχής στη μία πλευρά του σώματος και παρουσιάζεται περίπου στο 80% των επιζώντων από εγκεφαλικό επεισόδιο. Μια άλλη συνέπεια ενός εγκεφαλικού επεισοδίου, είναι η σπαστικότητα, μια κατάσταση όπου οι μύες είναι σφιχτοί και σκληροί. Οποιαδήποτε από αυτές τις παραπάνω παθήσεις μπορεί να καταστήσει δύσκολο στον ασθενή να κουνήσει τα χέρια του, τα πόδια του και να διατηρήσει την ισορροπία του.

Μεγάλο μέρος της κινητικότητας και του συντονισμού που χάνεται μετά από ένα εγκεφαλικό επεισόδιο μπορεί να ανακτηθεί μέσω φυσιοθεραπείας. Μία θεραπεία που περιλαμβάνει μια σειρά από κινήσεις συντονισμού και ασκήσεις ισορροπίας μπορεί να βοηθήσει στην αποκατάσταση της δύναμης, της αντοχής και της κινητικότητας. Η αποκατάσταση της ισορροπίας είναι ιδιαίτερα σημαντική για την επανάκτηση της κινητικότητας στον αρχικό βαθμό.

### ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

Κατά την εφαρμογή του συστήματος του Kinect εμφανίστηκαν κάποιοι περιορισμοί, κυρίως τεχνικά προβλήματα κατά την εφαρμογή των ασκήσεων και περιορισμοί λογισμικού.

Η απαίτηση της βαθμονόμησης OpenNI παρουσιάζει ένα σοβαρό πρόβλημα για τη χρήση αυτού του εργαλείου στην αποκατάσταση του εγκεφαλικού επεισοδίου καθώς πολλοί ασθενείς δεν θα είναι σε θέση να κρατήσουν αυτή την πόζα ειδικά για τρία δευτερόλεπτα ή περισσότερο. Επιπλέον, κατά τη διάρκεια των πειραμάτων που έγιναν σε αυτή τη θέση ήταν μάλλον σχετική με τη θέση του χεριού. Αν τα χέρια ήταν αρκετά ψιλά ή δεν έκλειναν σε μια γωνία 90 μοιρών, η βαθμολόγηση συχνά δεν είχε επιτυχία. Αυτό το επίπεδο ακριβείας δεν μπορούσε να είναι αναμενόμενο από τους επιζήσαντες (από εγκεφαλικό επεισόδιο) σε μια θεραπεία. Μεγαλύτερη έρευνα θα μπορούσε να γίνει ως προς το εάν η εφαρμογή API θα μπορούσε να τροποποιηθεί ώστε να βελτιώσει τη φυσική κατάσταση και τους περιορισμούς του ασθενή.

Το Kinect έχει επιδείξει μεγάλες δυνατότητες για τη χρήση του στη θεραπεία των επιπτώσεων του εγκεφαλικού επεισοδίου σε έναν ασθενή, αλλά περισσότερη έρευνα είναι απαραίτητη για να βελτιωθεί η γνώση σχετικά με τις ικανότητες και τους περιορισμούς της συσκευής. Πιο συγκεκριμένα, θα πρέπει να συλλέγονται και να αναλύονται περισσότερα δεδομένα ειδικά για την περίπτωση κατά την οποία ένα βοηθός εισέρχεται στο οπτικό πεδίο της κάμερα με στόχο να βοηθήσει τον ασθενή να εκτελέσει τις ασκήσεις. Έρευνες θα μπορούσαν να γίνουν με χρήση του λογισμικού OpenNI για να αποδειχθεί εάν αυτή η εφαρμογή εκτελείται καλύτερα με

πολλούς χρήστες. Επιπρόσθετα, με διαφορετικούς τύπους ασκήσεων θα μπορούσε να γίνει μία προσπάθεια να διαπιστωθεί αν κάποιες από αυτές είναι πιο ευνοϊκές και χρήσιμες κατά μία ομαδική παρακολούθηση. Ο βοηθός θα μπορούσε να τοποθετηθεί σε πολλές διαφορετικές θέσεις σε απόσταση από τον ασθενή, ώστε να ελεγχθεί αν υπάρχει μία τοποθέτηση που παράγει καλύτερη ποιότητα παρακολούθησης του σκελετού. Θα ήταν επίσης χρήσιμο να προσδιοριστεί ποιες συνθήκες προκαλούν τη συγχώνευση του σκελετού. Για παράδειγμα, παρατηρήθηκε ότι όταν ο ασθενής και ο βοηθός του έχουν αντίστοιχο ύψος, μπορεί να επηρεάζουν την συγχώνευση. Αυτή και άλλες μεταβλητές όπως οι αντιθέσεις στην ένδυση θα μπορούσαν να ελεγχθούν.

Υπάρχουν επίσης πολλές βελτιώσεις που μπορούν να γίνουν για τις υπάρχουσες πρωτότυπες εφαρμογές, ώστε να γίνουν συμβατές για χρήση μέσα σε ένα κλινικό περιβάλλον. Η εφαρμογή θα μπορούσε να ξεκινήσει ζητώντας τις αρθρώσεις που πρέπει να παρακολουθούνται και να εμφανίζει αντίστοιχα γραφήματα στην οθόνη σε πραγματικό χρόνο. Επίσης, το πρόγραμμα θα μπορούσε να τροποποιηθεί έτσι ώστε να χρησιμοποιεί τις θέσεις των αρθρώσεων μίας άσκησης για την παραγωγή γραφημάτων των θέσεων μετά την ολοκλήρωση της άσκησης. Τα χειριστήρια του Wii θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για να σημειωθεί η έναρξη και η λήξη των ασκήσεων. Αυτό θα ήταν ιδιαίτερα χρήσιμο για οποιαδήποτε συνέχιση της έρευνας σχετικά με τη συνέπεια των δεδομένων, αφού δεν θα άφηνε κανένα ερώτημα για το πότε ο ασθενής δεν κινείται. Μία άλλη πτυχή που θα μπορούσε να αναπτυχθεί, είναι να επιτραπεί η δυνατότητα εντοπισμού του σκελετού στο σύστημα OpenNI χωρίς να εκτελείται βαθμονόμηση κάθε φορά. Αυτό θα μπορούσε να επιτευχθεί δίνοντας «προ-εγγεγραμμένες» πληροφορίες βαθμονόμησης στο πρόγραμμα πριν ξεκινήσει η παρακολούθηση του σκελετού.

### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Το λογισμικό που αναπτύχθηκε για αυτή τη μελέτη [9] είχε δύο σκοπούς. . Ο πρώτος ήταν να αποδειχθεί ότι θα ήταν δυνατό να αναπτυχθεί ένα χρήσιμο λογισμικό για αποκατάσταση (ατόμων με εγκεφαλικό επεισόδιο) με χρήση του Kinect. Ο άλλος ήταν για να συλλέξει τα κατάλληλα δεδομένα που απαιτούνταν για την ανάλυση. Τα υπάρχοντα προγράμματα δεν είναι σε μορφή που θα μπορούσαν να φανούν χρήσιμα για επαγγελματική θεραπεία..

Τρεις κύριοι τύποι δοκιμών έγιναν βασισμένοι σε μια "Sit to Stand" άσκηση που χρησιμοποιείται συχνά για τη θεραπεία εγκεφαλικού επεισοδίου και διαγνώσεις. Στη βασική " Sit to Stand" μορφή της δοκιμής το αντικείμενο ξεκίνησε να κείται σε μία καρέκλα έχοντας απέναντι τον αισθητήρα του Kinect και την οθόνη με το Wii balance board στα πόδια του. Για περίπου τέσσερα δευτερόλεπτα αφού ξεκίνησε η



καταγραφή, ο ασθενής σηκώθηκε και παρέμεινε στάσιμος για τέσσερα δευτερόλεπτα.



Εικόνα 8: Sit To Stand, [9]

Η "Stand to sit" είναι μία παραλλαγή, η οποία ξεκίνησε με τον ασθενή να στέκεται στο balance board για τέσσερα δευτερόλεπτα, μετά να κάθεται για τέσσερα δευτερόλεπτα και μετά να σηκώνεται πάλι για τέσσερα δευτερόλεπτα. Αυτό έγινε τόσο για να διευκολύνει την ανάγκη του OpenNI για τη βαθμονόμηση, αλλά και για να καθοριστεί αν με την έκδοση που χρησιμοποιούν τα εργαλεία της Microsoft, θα μπορούσαν να αναγνωρίσουν τη φιγούρα του αντικειμένου με μεγαλύτερη ακρίβεια, στη περίπτωση που πρώτα μια φιγούρα στέκεται όρθια. Το τελευταίο είδος της δοκιμασίας περιελάμβανε ένα επιπλέον άτομο για την προσομοίωση ενός περιβάλλοντος θεραπείας στο οποίο ο ασθενής θα χρειαζόταν βοήθεια κατά την εκτέλεση των ασκήσεων. Σε αυτή τη περίπτωση η άσκηση "Sit to Stand" έχοντας βοήθεια ("assisted sit to stand"), το άτομο φαίνεται στην κάμερα αρχικά να κάθεται στην καρέκλα μόνο του και στη συνέχεια στην κάμερα φαίνεται να εμφανίζεται και ο βοηθός τοποθετώντας τα χέρια του στους ώμους του ασθενή. Λίγα δευτερόλεπτα μετά το άτομο σηκώθηκε όρθιο όπως πριν, αλλά με τα χέρια του βοηθού να παραμένουν στους ώμους του .

#### Λογισμικό Θεραπείας Kinect Χρησιμοποιώντας Πλαίσιο OpenNI

Η πρωταρχική λειτουργία του λογισμικού για θεραπεία εγκεφαλικών επεισοδίων που δημιουργήθηκε χρησιμοποιώντας το πλαίσιο OpenNI είναι η παρακολούθηση των αρθρώσεων. Ο κώδικας που ακολουθεί δείχνει πως λαμβάνονται οι θέσεις των αρθρώσεων χρησιμοποιώντας το OpenNI API. Πριν χρησιμοποιηθεί κάθε δεδομένο από το Kinect, ένας αριθμός από βήματα πρέπει να ληφθεί για να ρυθμιστεί η παραγωγή κόμβων που ανακτούν και επεξεργάζονται δεδομένα από το Kinect.

Μετά την εκτέλεση του κώδικα, το αντικείμενο θα παρέχει σε κάθε μέλος του πληροφορίες θέσης για τις αρθρώσεις που επιθυμούμε. Το πρόγραμμα καταγράφει τις θέσεις των αρθρώσεων σε ένα αρχείο όπως αυτές εμφανίζονται. Κάθε γραμμή σε αυτό το φάκελο ξεκινά ως εξής : <user number>,<frame number>,<timestamp>.

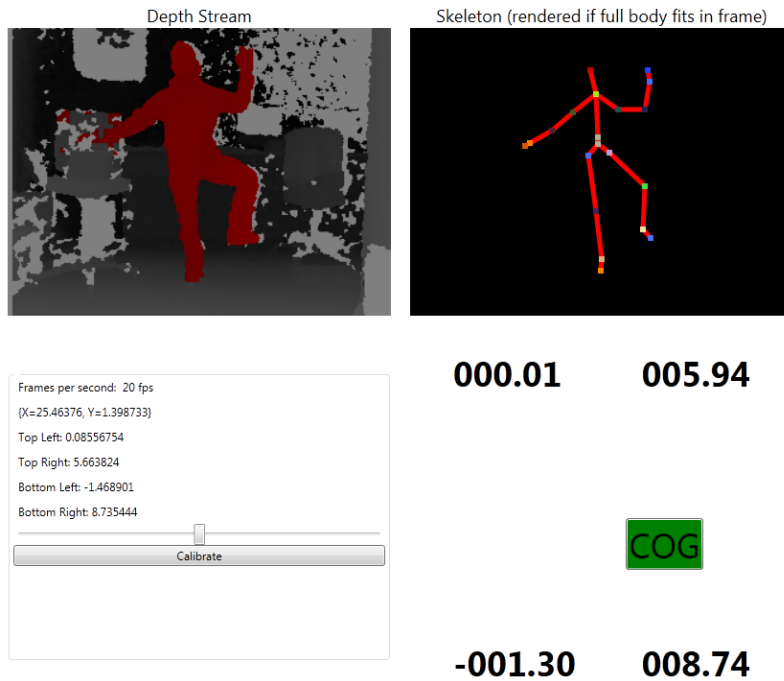
Τα καρτέ ξεκινούν να μετρούν από το 1 αλλά επειδή ο χρόνος λαμβάνεται για τη βαθμονόμηση του χρήστη, το αρχείο θα ξεκινήσει από το πρώτο πλαίσιο μετά τη βαθμολόγηση. Μετά από αυτή την επικεφαλίδα τα κομμάτια της εφαρμογής API επισυνάπτονται στη γραμμή με την ακόλουθη μορφή: <joint number>, <xPosition>, <yPosition>, <zPosition>, <confidence>.

Δύο ακόμη εφαρμογές, που αναπτύχθηκαν με το πλαίσιο OpenNI, ενεργοποιούν την αναγνώριση των αρθρώσεων μετά από τις καταγεγραμμένες κινήσεις, που έχουν γίνει από τον ασθενή σε πραγματικό χρόνο. Η πρώτη εφαρμογή (New Recorder) κάνει μια καταγραφή των δεδομένων βάθους και εικόνας σε κωδικοποίηση "oni", που ορίζεται από την OpenNI API. Το δεύτερο πρόγραμμα (Players From Recording) λαμβάνει δεδομένα από ένα αρχείο κωδικοποίησης "oni" και βρίσκει τις θέσεις των αρθρώσεων σε κάθε πλαίσιο της καταγραφής, αποθηκεύοντας τα αποτελέσματα σε ένα αρχείο CSV και παρουσιάζοντας τον σκελετό στην οθόνη. Η μόνη διαφορά σε αυτό το πρόγραμμα (το δεύτερο) και την αρχική εφαρμογή παρακολούθησης των αρθρώσεων, είναι ότι χρησιμοποιεί την ικανότητα του OpenNI API να δημιουργήσει μια γεννήτρια παραγωγής κόμβων χρησιμοποιώντας ένα ήδη καταγεγραμμένο αρχείο αντί για έναν βίντεο απευθείας μετάδοσης μέσω του Kinect.

#### Λογισμικό Θεραπείας Kinect Χρησιμοποιώντας τα SDK της Microsoft

Το λογισμικό SDK που δημιουργήθηκε με τη χρήση SDK της Microsoft παρέχει παρόμοια λειτουργία αλλά ακόμη χρησιμοποιεί το board ισορροπίας για να δώσει και άλλες πληροφορίες σχετικά με τις κινήσεις του ασθενή. Ένα στιγμιότυπο του τρέχοντος προγράμματος φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

Η οθόνη είναι χωρισμένη σε τέσσερα τμήματα. Το πάνω αριστερό τμήμα εμφανίζει το βάθος της εικόνας. Το πάνω δεξί εμφανίζει το σκελετό του χρήστη χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες της θέσης των αρθρώσεων που λαμβάνονται για το χρήστη. Το κάτω αριστερά δείχνει το ρυθμό των πλαισίων για τα δεδομένα του σκελετού μαζί με κάποια στοιχεία από το board της ισορροπίας. Στο κάτω δεξί τμήμα είναι μια γραφική απεικόνιση για το που είναι το κέντρο βαρύτητας του χρήστη, σε σχέση με το κέντρο του board ισορροπίας.



Εικόνα 9: Screenshot Του Λογισμικού Microsoft SDK, [9]

Ενώ φαίνονται αυτά στην οθόνη, το πρόγραμμα επίσης καταγράφει σε ξεχωριστό αρχείο τις κινήσεις των αρθρώσεων, τις στιγμιαίες τιμές των πλαισίων και στοιχεία του board ισορροπίας για κάθε πλαίσιο. Οι θέσεις των αρθρώσεων που καταγράφει στιγμιαία το πρόγραμμα στο αρχείο είναι τα γόνατα, οι γοφοί, το κεφάλι και το κέντρο των γοφών. Υπάρχουν δύο μέθοδοι που παρέχονται από το SDK , μια στο μοντέλο (event-driven) και το άλλο που βασίζεται στη δημοσκόπηση του. Το πρόγραμμα αυτό χρησιμοποίησε την event-driven μέθοδο που περιγράφεται εδώ.

Αρχικά ένα αντικείμενο του τύπου Runtime που αντιπροσωπεύει τον αισθητήρα του Kinect περιλαμβάνει τις μεταβλητές των Windows : Runtime nui, //represents kinect sensor instance. Αφού φορτωθεί το παράθυρο πρέπει να γίνει κάποια αρχικοποίηση για να προετοιμαστεί το αντικείμενο nui και να δημιουργήσει ένα σχεδιάγραμμα. Κάθε φορά που ένα πλαίσιο δεδομένων σκελετού είναι έτοιμο, η ακόλουθη λειτουργία βοηθά να βρεθούν οι θέσεις των αρθρώσεων και τις χρησιμοποιεί με κάποιο τρόπο.

Η περιγραφή της μεθόδου rolling που περισσότερες πληροφορίες σχετικά με την παρακολούθηση σκελετού με το SDK της Microsoft μπορούμε να βρούμε την τεκμηρίωση που είναι διαθέσιμη στο ηλεκτρονικό site για το SDK.

#### . Περίληψη ευρημάτων

Σε αυτή την έρευνα αναλύθηκε η πιθανότητα της χρήσης του Kinect ως ένα εργαλείο αποκατάστασης. Διαπιστώθηκε ότι τα δεδομένα και οι δυνατότητες του

συστήματος είναι πολύ ελπιδοφόρα, ειδικά όταν μόνο ένα άτομο βρίσκεται στο πεδίο δράσης της κάμερας. Όταν ένας βοηθός είναι παρών, η απόδοση δεν είναι τόσο ικανοποιητική, με συνέπεια να είναι αναγκαία περισσότερη έρευνα σε αυτή την περίπτωση.

Η ακόλουθη σειρά λειτουργιών υλοποιήθηκε επιτυχώς από τις αρχικές εφαρμογές που αναπτύσσονται σ' αυτή τη μελέτη:

- Παρακολούθηση των θέσεων των αρθρώσεων σε 3 διαστάσεις.
- Καταγραφή των θέσεων σε αρχεία CSV.
- Εμφάνιση της εικόνας των κινούμενων αρθρώσεων σε πραγματικό χρόνο.
- Ενσωμάτωση του Kinect με το Wii balance board.
- Καταγραφή του βάθους της εικόνας σε αρχεία για να αναπαραχθούν ή να χρησιμοποιηθούν αργότερα ή για να ανακτηθούν οι αθρώσεις (στο σύστημα OpenNI μόνο).

Με μία σύγκριση μεταξύ ελεύθερου και ανοικτού κώδικα API's και συσκευών διαπιστώθηκε ότι τα χαρακτηριστικά που είναι διαθέσιμα μέσω του OpenNI/NITE και της Microsoft, ήταν τα καταλληλότερα για αυτό τον σκοπό. Συγκρίνοντας αυτές τις 2 εφαρμογές τα πλεονεκτήματα της Microsoft είναι η παρακολούθηση της άρθρωσης χωρίς βαθμονόμηση, αναπτύσσεται με γλώσσα προγραμματισμού C, εφαρμόζει πιο εμπειριστατωμένη τεκμηρίωση και προσφέρει ευκολότερη εγκατάσταση. Από την άλλη πλευρά η εφαρμογή OpenNI/NITE φαίνεται να παρέχει πιο συνεπή παρακολούθηση των αρθρώσεων και έχει εγγενή υποστήριξη για την αποθήκευση εικόνων στο δίσκο για μελλοντική χρήση.

Τα δεδομένα για τις θέσεις της άρθρωσης συγκεντρώθηκαν από 6 άτομα με διαφορετικό φύλλο, ύψος και σωματότυπο χρησιμοποιώντας τις αναπτυγμένες εφαρμογές, ενώ οι ασθενείς εκτελούσαν ασκήσεις «Sit to Stand».

Στην ανάλυση οι φάσεις της κίνησης κατά τη διάρκεια της άσκησης (π.χ. ο ασθενής κάθεται, στέκεται, κινείται κ.λ.π.) ήταν εύκολα αναγνωρίσιμες από το Kinect μέσω των γραφημάτων των δεδομένων της θέσης. Ο ρυθμός δειγματοληψίας των δεδομένων ξεπέρασε τις προσδοκίες (κατά μέσο όρο 20-25 καρέ ανά δευτερόλεπτο), με το OpenNI να έχει ελαφρώς ταχύτερη εκτέλεση. Η σταθερότητα και η συνοχή των δεδομένων ήταν παραπάνω από επαρκής όταν ήταν παρόν μόνο ο ασθενής στο οπτικό πεδίο της κάμερας. Όταν ο βοηθός εμφανίστηκε στην εικόνα η συνέπεια ήταν λιγότερο ικανοποιητική, δεδομένου ότι οι 2 σκελετοί περιστασιακά φαίνονται σαν ένας (συγχώνευση σκελετών).

Επίσης, παρατηρήθηκε η επιρροή ενός αριθμού μεταβλητών. Η αύξηση της απόστασης, μέχρι τα 3,5 m, βελτίωσε ελαφρώς τη συνέπεια της παρακολούθησης όπου η συσκευή δεν ήταν ικανή να αναγνωρίσει τη θέση της

άρθρωσης με επιτυχία. Η βέλτιστη απόσταση για την παρακολούθηση είναι περίπου 2,5 m. Μεταβολές στο βαθμό της κίνησης έδειξαν μία μείωση στην ποιότητα της παρακολούθησης και το ρυθμό δείγματοληψίας, καθώς η κίνηση του ατόμου έγινε γρηγορότερη και με μεγαλύτερο εύρος. Από ανεπίσημη σκοπιά, το χρώμα των ρούχων και η αντίθεση με το φως του δωματιού δεν φαίνεται να κάνει σημαντική διαφορά στη δυνατότητα εντοπισμού της άρθρωσης από το Kinect, αλλά τα φαρδιά ρούχα φαίνονται να υποβαθμίζουν την ποιότητα της παρακολούθησης.

Το Kinect έχει επιδείξει μεγάλες δυνατότητες για τη χρήση του στη θεραπεία των επιπτώσεων του εγκεφαλικού επεισοδίου σε έναν ασθενή, αλλά περισσότερη έρευνα είναι απαραίτητη για να βελτιωθεί η γνώση σχετικά με τις ικανότητες και τους περιορισμούς της συσκευής. Μία τέτοια ανάπτυξη του συστήματος για χρήση σε θεραπεία, θα ήταν χρήσιμη για να βοηθήσει τους γιατρούς να προσδιορίσουν ποια χαρακτηριστικά και ποιές δυνατότητες του ασθενή θα ήταν πιο χρήσιμες. Αυτή η μελέτη εστίασε στη χρήση του Kinect για εγκεφαλική αποκατάσταση, αλλά μεγαλύτερη έρευνα θα μπορούσε να γίνει για τις δυνατότητες της συσκευής σε άλλες μορφές φυσιοθεραπείας όπως για τραυματισμούς αθλητών, χρόνια περιστατικά πόνου και νευρολογικές ασθένειες που επηρεάζουν την κινητικότητα και πολλών άλλων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα, αποτελεί η έρευνα «Kinems», η οποία ξεκίνησε το 2013, με στόχο να δημιουργήσει ένα ειδικό είδος εκπαίδευσης με τη χρήση καινοτόμων διαδραστικών παιχνιδιών σε συνδυασμό με το σύστημα Kinect.



Εικόνα 10: Screenshot της αρχικής σελίδας της εφαρμογής Kinems, (10)

Οι εφαρμογές που αναπτύχθηκαν σε αυτή τη μελέτη κατά κύριο λόγο προορίζονται για χρήση από επαγγελματίες, αλλά όπως προαναφέρθηκε, το Kinect θα μπορούσε επίσης να αποδειχθεί ένα χρήσιμο εργαλείο για τη θεραπεία στο σπίτι. Πιθανή λειτουργία θα μπορούσε να περιλαμβάνει ασκήσεις με διορθωτικά και ενθαρρυντικά σχόλια, διάφορα επίπεδα δυσκολίας καθώς και εκθέσεις απόδοσης και περιλήψεις για τους επαγγελματίες γιατρούς.

## **2.2.2 Playstation 3**

### **ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ**

Το πειραματικό σύστημα που περιγράφεται εδώ είναι χτισμένο γύρω από μία κονσόλα Playstation 3 που επιλέχθηκε λόγω της ικανότητας του να τρέξει το λειτουργικό σύστημα των Linux. Το λειτουργικό αυτό σύστημα είναι απαραίτητο σε ένα σύστημα αποκατάστασης λειτουργικής ενοποίησης και παραμετροποίησης. Ένας ακόμα λόγος που επιλέχθηκε το Playstation 3 είναι τα χαρακτηριστικά εισόδου-εξόδου, η υψηλή του απόδοση στη πολυπυρινική υπολογιστική ισχύ και η μεγάλη βάση τεχνολογίας που υπάρχει για την εν λόγω κονσόλα. Το Playstation 3 είναι μία οικεία και εύχρηστη κονσόλα για τα παιδιά αλλά και για τους ενήλικες. Με δεδομένο ότι ο σκοπός της άσκησης είναι η αποκατάσταση του χεριού, μελετήθηκαν πολλά γάντια με τους κατάλληλους αισθητήρες, που είναι εμπορικά διαθέσιμα, ώστε να επιλεγεί το πιο κατάλληλο για αυτή την έρευνα. Το 5DT ultra (5 αισθητήρων) γάντι επιλέχθηκε κυρίως λόγω του χαμηλού του κόστους και της επιθυμίας του κατασκευαστή να χτίσει ένα προσαρμοσμένο γάντι σε κατάλληλο μέγεθος για παιδιά [11].

- **ΟΙΚΙΑΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ**

Κάθε οικιακό σύστημα απομακρυσμένης αποκατάστασης αποτελείται από ένα Playstation 3, ένα γάντι 5DT ultra δεξιού χεριού, ένα πληκτρολόγιο υπολογιστή, ένα οπτικό ποντίκι και μία επίπεδη τηλεόραση. Η τηλεόραση συνδέεται με ένα καλώδιο HDMI (καλώδιο υψηλής ευκρίνειας) με τη θύρα HDMI του Playstation 3. Η κονσόλα έχει έξι θύρες USB, δύο από τις οποίες χρησιμοποιούνται για το πληκτρολόγιο και το ποντίκι. Το γάντι 5DT ultra έχει έναν αισθητήρα μίας ίνας σε κάθε δάκτυλο, μετρώντας έτσι την ολική κάμψη ή έκταση σε κάθε δάκτυλο. Η κάθε ανάγνωση του αισθητήρα αντιπροσωπεύει έναν ακέραιο από το 0 μέχρι το 4095 λόγω του αναλογικού-ψηφιακού μετατροπέα των 12-bit, ο οποίος είναι ηλεκτρονικά ενσωματωμένος στο γάντι στη μονάδα του καρπού. Η βαθμονόμηση του γαντιού είναι απαραίτητη για να χαρτογραφηθεί το εύρος επί τις εκατό σε μία κάμψη ή έκταση του δακτύλου. Η μονάδα του καρπού στο γάντι 5DT ultra έχει μία USB σύνδεση, ωστόσο, ο κατασκευαστής χρησιμοποιεί τα drivers των Linux μόνο για σειριακές θύρες. Για αυτό κατέστη απαραίτητο να χρησιμοποιηθεί η 5DT σειριακή εργαλειοθήκη διεπαφών (serial interface kit), το οποίο είναι ένας αντάπτορας που μετατρέπει μία USB σύνδεση σε σειριακή και ένας επακόλουθος αντάπτορας που μετατρέπει μία σειριακή σύνδεση σε σύνδεση USB, με σκοπό το γάντι που θα χρησιμοποιηθεί στην έρευνα να λειτουργεί με το λειτουργικό σύστημα των Linux.



Εικόνα 11: Το Πειραματικό Σύστημα Εξάσκησης Δακτύλου, [11]

- ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΜΑΚΡΥΣΜΕΝΗΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Για την εφαρμογή των ρυθμίσεων της αποκατάστασης από απόσταση, το Playstation 3 χρησιμοποιεί ένα DSL modem/router στην οικία. Το router είναι συνδεδεμένο με μία θύρα του τοπικού δικτύου (LAN) του Playstation 3 και την τηλεφωνική κεραία. Ένα αντίστοιχο σύστημα αναπτύχθηκε στο πανεπιστήμιο του Rutgers. Τα δεδομένα που προκύπτουν από την απομακρυσμένη αποκατάσταση σε κάθε οικιακή συνεδρία, αποστέλλονται στο διακομιστή της κλινικής βάσης δεδομένων του πανεπιστημίου. Αυτός είναι ένας τετραπύρινος επεξεργαστής Dell με σκληρούς δίσκους Raid, αδιάλειπτης τροφοδοσίας εφοδιασμού και έναν εφεδρικό εξωτερικό σκληρό δίσκο TB.

- ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Για να μετατραπεί μία κονσόλα παιχνιδιών σε σταθμό αποκατάστασης χρειάζεται ένας αριθμός αλλαγών λογισμικού. Αυτές περιλαμβάνουν την αλλαγή του λειτουργικού συστήματος για να εξασφαλιστεί η διαφάνεια, ενσωμάτωση driver για τα περιφερειακά εξαρτήματα τα οποία δε χρησιμοποιούνται συνήθως σε κλασσικά παιχνίδια (όπως ένα γάντι με αισθητήρες), ανάπτυξη πρωτότυπων παιχνιδιών (προσανατολισμένα για θεραπεία), εφαρμογή των αρχικών σημείων αναφοράς σε κάθε συνεδρία και ένας χρονοπρογραμματιστής, τα οποία καταγράφουν τη πρόοδο του ασθενή μέσα από μία σειρά από παιχνίδια κατά τη διάρκεια μίας δοσμένης συνεδρίας αποκατάστασης.



Εάν η κονσόλα του παιχνιδιού χρησιμοποιείται από το σπίτι και παρακολουθείται από απόσταση, όπως είναι και ο σκοπός των εφαρμογών απομακρυσμένης αποκατάστασης, είναι απαραίτητη η προσθήκη επιπλέον λογισμικού. Κατα αυτό τον τρόπο θα επιτρέπει να αποστέλλονται δεδομένα σε έναν διακομιστή της κεντρικής βάσης δεδομένων καθώς και θα επιτρέπει περιοδικές λήψεις αναβαθμίσεων των παιχνιδιών και άλλων αλλαγών στις τοπικές ρυθμίσεις του λογισμικού.

#### A. Τροποποιημένο Λειτουργικό Σύστημα Του Playstation 3 Και Τροποποιήσεις Στο Λειτουργικό Σύστημα Του Γαντιού

Το σύστημα απομακρυσμένης θεραπείας που αναπτύσσετε στη συγκεκριμένη μελέτη χρησιμοποιεί το λειτουργικό σύστημα open source GNU/Linux. Παρότι τα Linux μεταμορφώνουν το Playstation 3 σε ένα γενικευμένο σύστημα ανάπτυξης, είναι απαραίτητες πολλές αλλαγές και προσαρμογές σε επίπεδο λογισμικού και εφαρμογής ώστε να μετατραπεί σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα απομακρυσμένης αποκατάστασης. Η εταιρία 5DT δε παρέχει drivers για Linux για τη διεπαφή του USB, αλλά αντί αυτού παρέχει drivers για μία ειδική σύνδεση διεπαφής. Ο driver του γαντιού «μιλάει» μόνο το σειριακό πρωτόκολλο και έτσι ο πυρήνας έχει προσαρμοστεί για να δημιουργήσει το λογισμικό μίας USB συσκευής που ενώνεται με τον αντάπτορα του γαντιού που μετατρέπει μία σειριακή σύνδεση σε USB. Η εκχώρηση του αριθμού/ονόματος μίας συσκευής λογισμικού USB είναι εξαρτώμενη από το σύστημα. Επίσης εξαρτάται από τις εξωτερικές συσκευές που είναι συνδεδεμένες στο σύστημα (ποντίκι και πληκτρολόγιο). Για να γίνει φορητή η διεπαφή του γαντιού (διατηρώντας την ίδια ονομασία ανεξάρτητα με τις συσκευές που έχουν συνδεθεί με το σύστημα), δημιουργήθηκε ένα πρόγραμμα «δαίμονας» για να αναγνωρίζει το firmware του γαντιού και πάντα να δίνει σε αυτό την ίδια ονομασία, «γάντι».

Τα προσαρμοσμένα παιχνίδια που αναπτύχθηκαν για αυτή τη μελέτη είναι γραμμένα στη γλώσσα Java 3D. Για αυτό το λόγο οι αλληλεπιδράσεις του X διακομιστή της Open GL με το υλικό είναι επίσης προσαρμοσμένες μέσω της λήψης της βιβλιοθήκης MESA, η οποία προσφέρει αποδοτικές λειτουργίες της Open GL, τις οποίες χρειάζεται η Java 3D για να αποδώσει πραγματικές 3D σκηνές. Επιπλέον, εγκαταστάθηκε μία έκδοση Power PC από την IBM και μία open source εφαρμογή σε προδιαγραφές Java 3D. Καθώς τα παιχνίδια προσομοίωσης που χρησιμοποιούνται για την αποκατάσταση είναι ολοκληρωμένες εφαρμογές Java, οι κώδικες προσομοίωσης πρέπει να διασυνδέονται με το ειδικό γάντι. Για αυτόν το σκοπό χρησιμοποιήθηκε ένα wrapper Java κλάσης με μία εφαρμογή που χρησιμοποιεί τα drivers των Linux του γαντιού, ώστε να συλλέξει όλες τις αναγνώσεις δεδομένων που πραγματοποιεί το γάντι. Η κλάση αυτή επεκτείνει τη

κλασική διασύνδεση της Java 3D για εξωτερικούς αισθητήρες και το γάντι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αλληλεπιδράσεις στη σκηνή όπως ακριβώς μία Java 3D συσκευή με αισθητήρες.

Επιπρόσθετα, η μέθοδος βαθμονόμησης που είναι απαραίτητη για την ορθή λειτουργία του γαντιού γίνεται μέσα από ένα πρόγραμμα εκκίνησης, το οποίο παρέχει μία μέθοδο για ταυτόχρονη βαθμονόμηση του γαντιού και αποθήκευση των τιμών σε ένα αρχείο καταγραφής. Αυτό το αρχείο αποστέλλεται σε μεταγενέστερο χρονικό σημείο σε μία βάση δεδομένων έτσι ώστε να είναι δυνατή η ερμηνεία των μετέπειτα δεδομένων του παιχνιδιού. Δεδομένου ότι το γάντι βαθμονομείται πριν από κάθε συνεδρία, το αρχείο καταγραφής κάθε παιχνιδιού συσχετίζεται με ένα συγκεκριμένο αρχείο που καταγράφει τα σημεία αναφοράς. Λόγω αυτού του συσχετισμού, αποθηκεύονται μόνο κλιμακωτά δεδομένα στο αρχείο καταγραφής του παιχνιδιού και η απόδοση μετριέται συνδυάζοντας τα δεδομένα από τα σημεία αναφοράς και των παιχνιδιών. Ενώ εκτελούνται τα σημεία αναφοράς, έχουν δοθεί στον ασθενή εντολές πάνω στην οθόνη για να ανοίγει ή να κλείνει το χέρι του και να λυγίζει ή να επεκτείνει τα δάκτυλά του.

Το πρόγραμμα θα χρησιμοποιεί τις ελάχιστες και μέγιστες τιμές από την εφαρμογή των σημείων αναφοράς που διαρκεί ενενήντα δευτερόλεπτα, έτσι ώστε να δημιουργήσει ένα αρχείο βαθμονόμησης που χρησιμοποιείται από τα παιχνίδια αποκατάστασης. Αυτό το αρχείο βαθμονόμησης χαρτογραφεί το περιορισμένο εύρος κίνησης του ασθενή στο «πληγωμένο» χέρι σε σύγκριση με το ολοκληρωμένο εύρος κίνησης του χεριού του avatar που βρίσκεται στην οθόνη. Αυτό επιτρέπει στα παιχνίδια να χρησιμοποιούν ένα ποσοστό από το εύρος του ασθενούς ως κατώτατα όρια για να ολοκληρωθεί μία δοκιμή. Αυτά τα ποσοστά μπορούν να τροποποιηθούν έτσι ώστε να είναι δυνατή η προσαρμογή των παιχνιδιών με τη πρόοδο του ασθενή και τις προσωπικές του ανάγκες. Επίσης επιτρέπουν επιλογή πιο δύσκολων επιπέδων από τον ασθενή κατά την εκκίνηση του παιχνιδιού μέσω του χρονοπρογραμματιστή. Τα κατώτατα όρια ορίζονται αναλόγως και εξαρτώνται από το επιλεγμένο επίπεδο δυσκολίας και τις κλινικές ρυθμίσεις.

#### B. Χρονοπρογραμματισμός Συνεδρίας

Ο χρονοπρογραμματιστής συνεδρίας εμφανίζεται στον ασθενή αφού ξεκινήσει η συνεδρία και τρέξουν τα σημεία αναφοράς. Αυτή η διεπαφή επιτρέπει στον ασθενή να επιλέξει το επίπεδο δυσκολίας και τον αριθμό των δοκιμών για αυτό το παιχνίδι. Ο συνολικός χρόνος της συνεδρίας απεικονίζεται από τον χρονοπρογραμματιστή για να αποτυπώσει το χρονικό διάστημα που εξασκείται για εκείνη τη μέρα. Επίσης, είναι διαθέσιμη μία βοηθητική οθόνη, η οποία παρέχει απαντήσεις για κάθε πρόβλημα που έχει ο ασθενής με το σύστημα.

Ο χρονοπρογραμματιστής επιτρέπει στον ασθενή να τρέχει από την αρχή τα σημεία αναφοράς, στη περίπτωση που το γάντι έχει αφαιρεθεί ή παρουσίαζε κάποιο πρόβλημα. Μόλις ο ασθενής ολοκληρώσει το παιχνίδι, ο χρονοπρογραμματιστής επανεμφανίζεται δίνοντας τη δυνατότητα στον ασθενή να επιλέξει τι θέλει να παίξει στη συνέχεια. Επίσης, μπορεί να ρυθμιστεί ώστε να ακολουθεί ένα συγκεκριμένο σύνολο παιχνιδιών στη περίπτωση που ο επιβλέπων γιατρός επιθυμεί να περιορίσει τον ασθενή σε μία συγκεκριμένη αγωγή εξάσκησης.

### Γ. Οι Προσομοιώσεις Κατά Την Εξάσκηση

Η χρήση της Java 3D και του Playstation 3 έχει το πλεονέκτημα της φορητότητας ενός συστήματος όπου το συνολικό του κόστος είναι σημαντικά χαμηλό. Επιπλέον, η πολυπυρινική αρχιτεκτονική του Playstation 3 ανοίγει τη πόρτα για μελλοντικές βελτιώσεις στην απόδοση σε σχέση με τον διπύρνηνο επεξεργαστή που χρησιμοποιούταν στο παρελθόν.

- Εύρος Κίνησης Δακτύλου Σε Παιχνίδια Ανίχνευσης Κίνησης

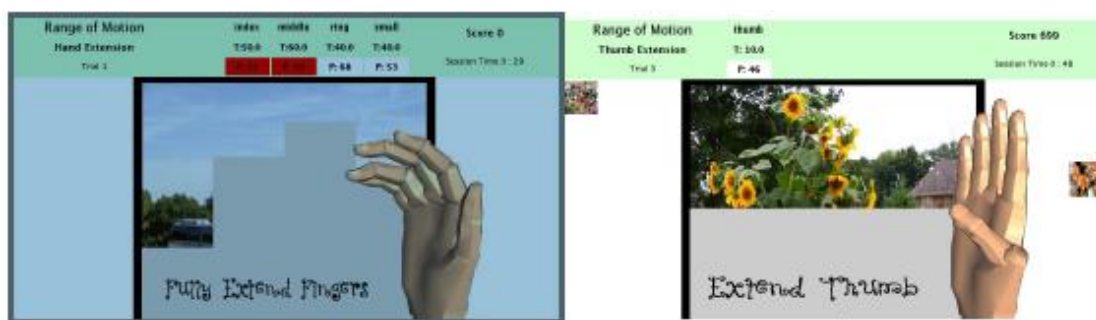
Τα παιχνίδια που βασίζονται στην ανίχνευση κίνησης ασχολούνται με το εύρος κίνησης των δακτύλων του ασθενή. Αρχικά ζητείται από τον ασθενή να θέσει τα δάκτυλα του σε σχήμα γροθιάς ή να ανοίξει το χέρι του όσο περισσότερο μπορεί. Στη συνέχεια, καθένα από τα τέσσερα δάκτυλα χαρτογραφείται πάνω σε μία μπάρα από pixels, η οποία αποφράσει μία ευχάριστη εικόνα. Οι εικόνες εμφανίζονται σε τυχαία σειρά ώστε να διατηρείται το ενδιαφέρον του ασθενή. Ο στόχος είναι να καθαριστεί η οθόνη έτσι ώστε να αποκαλυφθεί τελικά η αποφραγμένη εικόνα, είτε ανοίγοντας είτε κλείνοντας το εκπαιδευόμενο χέρι. Η εικόνα αποκαλύπτεται σταδιακά ανάλογα με τη κίνηση κάθε δακτύλου, παρέχοντας πληροφορίες ανατροφοδότησης που είναι εύκολα κατανοητές. Η άσκηση μπορεί να γίνει και με τον αντίχειρα, στην οποία περίπτωση η συνολική εικόνα αποκαλύπτεται αναλογικά με τη κίνηση του αντίχειρα.

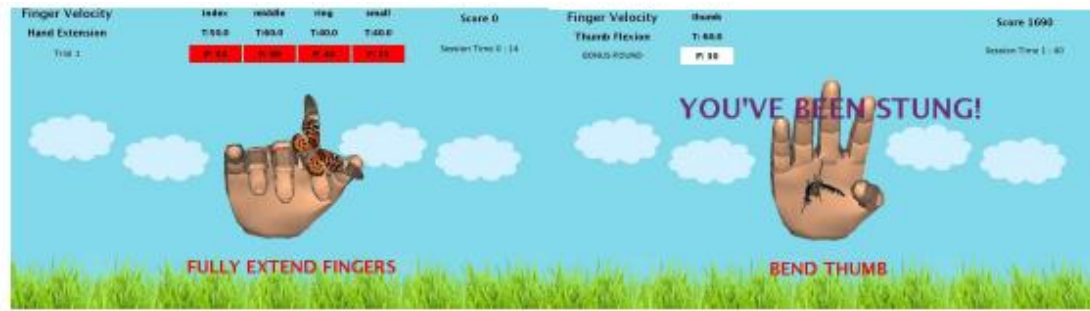
Μόλις ολοκληρωθεί μία δοκιμή, ο ασθενής κερδίζει πόντους και εμφανίζεται μία μικρή έκδοση της εικόνας που καθαρίστηκε στην άκρη του τρέχοντος παραθύρου. Επιπλέον πληροφορίες ανατροφοδότησης παρέχονται αριθμητικά από τον χρήστη της γραφικής διεπαφής (GUI) στο επάνω μέρος της οθόνης. Στην έναρξη της άσκησης δίνεται ένας στόχος σε κάθε δάκτυλο και η κάμψη κάθε δακτύλου εμφανίζεται σε πραγματικό χρόνο. Μόλις ο στόχος επιτυγχάνεται για κάθε δάκτυλο, τα νούμερα του αλλάζουν χρώμα και ο ήχος που παράγεται είναι ίδιος με τον ήχο που παράγεται σε έναν πραγματικό καθαρισμό ενός παραθύρου και ακούγεται κάθε φορά που ο ασθενής κινεί τα δάκτυλά του ή τον αντίχειρά του.

- Εκπαιδευτικά Παιχνίδια Για Την Ταχύτητα Του Δακτύλου

Πρώτο παιχνίδι σε αυτή τη κατηγορία είναι η άσκηση «πεταλούδα» στην οποία αρχικά ζητείται από τον ασθενή να θέσει τα δάκτυλα του σε σχήμα γροθιάς ή να ανοίξει το χέρι του όσο περισσότερο μπορεί, όπως ακριβώς στο παιχνίδι που περιγράφηκε στη προηγούμενη κατηγορία. Στη συνέχεια εικονικές πεταλούδες εμφανίζονται από το πλάι της οθόνης με στόχο ο ασθενής να τις φοβίσει και να τις απομακρύνει με τη γρήγορη κίνηση των δακτύλων του ή του αντίχειρά του. Εφόσον ο ασθενής επιτύχει το σύνολο των στόχων που αφορούν τις κάμψεις και τις εκτάσεις, πριν η πεταλούδα φτάσει στο χέρι του avatar, τότε η πεταλούδα θα πετάξει μακριά και ένα εικονικό λουλούδι θα εμφανιστεί στην οθόνη. Εάν ο ασθενής δε κουνούσε τα δάκτυλά του αρκετά γρήγορα, η πεταλούδα επιστρέφει και πρέπει ξανά να απομακρυνθεί. Μόλις ο ασθενής απομακρύνει έναν αριθμό από πεταλούδες τότε εμφανίζεται ένα κουνούπι που επιχειρεί να τσιμπήσει το χέρι του avatar. Ο ασθενής πρέπει να ακολουθήσει την ίδια διαδικασία όπως με τις πεταλούδες για να απομακρύνει το κουνούπι, αλλιώς αυτό θα τσιμπήσει το χέρι του avatar που θα αναβοσβήνει με κόκκινο χρώμα και θα παράγεται ένας δυσάρεστος ήχος. Η δυσκολία του παιχνιδιού αυξάνεται καθώς οι πεταλούδες και τα κουνούπια πετάνε ταχύτερα.

Μία αντίστοιχη έκδοση παιχνιδιού για την ταχύτητα των δακτύλων είναι αυτό με τους εξωγήινους. Οι πεταλούδες αντικαθιστώνται με διάφορα μοντέλα εξωγήινων (ανάλογα με τη δυσκολία του επιπέδου). Στον «μπόνους» γύρο, εάν ο ασθενής δεν ανοίξει/κλείσει το χέρι του αρκετά γρήγορα τότε ο εξωγήινος εκτοξεύει μία ακτίνα συρρίκνωσης. Σε αυτή την περίπτωση το χέρι του avatar γίνεται πράσινο και συρρικνώνεται. Εάν όμως ο ασθενής αντιδράσει γρήγορα τότε ο εξωγήινος πετά μακριά και συντρίβεται (με αντίστοιχους ήχους έκρηξης).





Εικόνα 12: Screenshots Των Διαδραστικών Παιχνιδιών, [11]

- Απομακρυσμένη Κλινική Βάση Δεδομένων

Ένα αναπόσπαστο μέρος του συνολικού συστήματος είναι η κλινική βάση δεδομένων. Αυτή αποθηκεύει τα ηλεκτρονικά δεδομένα που παράγονται από τα παιχνίδια. Η μονάδα της βάσης δεδομένων αποτελείται από έξι στοιχεία. Ένα πρόγραμμα Java εγκατεστημένο στο Playstation 3 μεταφέρει τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από τα διάφορα παιχνίδια σε έναν κλινικό διακομιστή χρησιμοποιώντας HTTPS (Hypertext Transfer Protocol and Secure Socket Layer). Ένα άλλο πρόγραμμα Java εγκαθίσταται στον κλινικό διακομιστή ώστε να λάβει αυτά τα αρχεία. Μόλις συμβεί αυτό ένα ακόμα πρόγραμμα Java λειτουργεί, ώστε να αναλύσει αυτά τα αρχεία και να εξάγει κλινικά δεδομένα που τα αποθηκεύει στην τοπική βάση δεδομένων για λόγους ασφαλείας και στην συνέχεια αποθηκεύει ένα αντίγραφο των αρχείων σε έναν αρχειοθετημένο φάκελο.

Η μονάδα βάσης δεδομένων της Oracle περιέχει τα ανεπεξέργαστα δεδομένα, δηλαδή ονομαστικά την ημερομηνία και τη διάρκεια της συνεδρίας, την ακριβή απόδοση του ασθενή κατά την άσκηση καθώς και τα τελικά δεδομένα της απόδοσης (μέση όροι για το εύρος κίνησης των δακτύλων και της ταχύτητά τους). Μία διαδικτυακή πύλη επιτρέπει τους εξουσιοδοτημένους χρήστες να συνδεθούν, ώστε να παρατηρούν τις σχετικές γραφικές μεταβλητές που απεικονίζουν τη πρόοδο κάθε ασθενούς κατά τη διάρκεια της οικιακής θεραπείας.

Το τελευταίο στοιχείο της κλινικής βάσης δεδομένων είναι ένα ακόμα πρόγραμμα Java που εγκαθίσταται στον κλινικό διακομιστή. Αυτό το πρόγραμμα ελέγχει εάν οι ασθενείς ασκούνται με βάση το πρόγραμμα που τους έχει δοθεί από τον φυσιοθεραπευτή. Εάν δεν ασκηθούν μία ημέρα που κανονικά έπρεπε να έχουν ασκηθεί ή ασκηθούν περισσότερο από αυτό έπρεπε, τότε το πρόγραμμα ενημερώνει αυτόματα τον φυσιοθεραπευτή για της αντιφάσεις στην άσκηση. Ένα online ερωτηματολόγιο εκτελείται δύο φορές το μήνα για το Playstation 3 και επιτρέπει στους ασθενείς να αξιολογούν το σύστημα. Οι απαντήσεις αποθηκεύονται με τη σειρά τους στη βάση δεδομένων.

- Απομακρυσμένη Παρακολούθηση Του Παιχνιδιού

Οι απομακρυσμένες δυνατότητες αυτού του συστήματος βοηθούν για τη παροχή λειτουργικότητας που απαιτείται για τον πλήρη έλεγχο του Playstation 3. Χρησιμοποιώντας ένα cross-platform εργαλείο που εκδόθηκε με βάση την GNU (General Public License), ένας εξουσιοδοτημένος χρήστης μπορεί να παρακολουθεί οπτικά το Playstation 3 σε πραγματικό χρόνο με πλήρη έλεγχο από το πληκτρολόγιο και το ποντίκι. Το σύστημα αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παρακολουθείτε τι συμβαίνει στην οθόνη που βρίσκεται στο σπίτι. Επιπλέον, παρέχει τα μέσα να γίνουν αλλαγές, να γίνεται απομακρυσμένος έλεγχος και αναβαθμίσεις λογισμικού. Ένα πρόγραμμα «δαίμονας» λειτουργεί για να επιτρέπει απομακρυσμένη πρόσβαση στο κέλυφος καθώς και ασφαλή μεταφορά αρχείων, για να βοηθήσει σε τροποποιήσεις, ενημερώσεις καθώς και σε ανάκτηση δεδομένων. Μία μέθοδος για ενημέρωση μέσω email ή μέσω γραπτού μηνύματος στο κινητό τηλέφωνο εφαρμόστηκε για να ενημερώνει τους γιατρούς πότε ένας ασθενής συνδέεται για να αρχίσει μία συνεδρία αποκατάστασης. Εάν ένας ασθενής δε συνδεθεί για έναν συγκεκριμένο αριθμό ημερών τότε ο γιατρός ενημερώνεται με σκοπό να επικοινωνήσει με το σπίτι του ασθενή. Κατα αυτό τον τρόπο υπάρχει η δυνατότητα να παρακολουθείται εάν το σύστημα λειτουργεί ορθά και εάν ο ασθενής ασκείται σύμφωνα με το πρόγραμμα που έχει καθορίσει ο γιατρός.

### ΚΟΣΤΟΣ

Τα επίσημα δεδομένα για τους οικονομικούς πόρους της συγκεκριμένης μελέτης δεν δημοσιεύθηκαν με συνέπεια να μην είναι δυνατό να προσδιοριστεί το συνολικό της κόστος. Παρόλα αυτά σε όλες τις δημοσιεύσεις που περιέγραφαν τη χρήση του Playstation 3 ως μέθοδος απομακρυσμένης αποκατάστασης, αναφέρεται πως για κάθε στοιχείο του λογισμικού, για την αναβάθμιση του υλικού αλλά και για κάθε προσαρμοσμένη συσκευή εισόδου επιλέχθηκαν σε μεγάλο ποσοστό αυτά με το μικρότερο δυνατό κόστος ώστε το συνολικό κόστος της έρευνας να μην κριθεί υπέρογκο.

## TARGET GROUP

Το σύστημα αποκατάστασης που βασίζεται στη χρήση της κονσόλας Playstation 3, επικεντρώνεται σε παιδιά μπορούν να αναπτύξουν ημιπληγία είτε από εγκεφαλικό τραυματισμό κατά τη γέννηση τους είτε από μία μεταγενέστερη βλάβη του εγκεφάλου που επηρεάζει μόνο μία πλευρά του ή πολύ περισσότερο τη μία του πλευρά σε σχέση με την άλλη. Ο τραυματισμός για να επηρεάσει τη κίνηση πρέπει να προσβάλλει τις κινητικές περιοχές ή διαδρομές του ανθρώπινου οργανισμού. Η μακροπρόθεσμη επίδραση αυτού του είδους του τραυματισμού είναι συνήθως η αδυναμία και σπαστικότητα των άκρων που έχουν «πληγωθεί». Όταν η βλάβη που προκαλεί την ημιπληγία συμβαίνει την προγεννητική περίοδο ή τα πρώτα χρόνια της ζωής, η προκύπτουσα ημιπληγία είναι γνωστή ως «ημιπληγική εγκεφαλική παράλυση». Αιτίες της προγεννητικής εγκεφαλικής βλάβης είναι η ενδοκοιλιακή αιμορραγία λόγω πρόωρης γέννησης ή προγενετικό εγκεφαλικό επεισόδιο. Η εγκεφαλική παράλυση επηρεάζει 2.4 από τα 1.000 παιδιά και το Ηνωμένο Ίδρυμα Εκπαίδευσης και Έρευνας Εγκεφαλικής Παράλυσης εκτιμά πως υπάρχουν 1.500.000- 2.000.000 παιδιά και ενήλικες που ζουν με διάφορους τύπους εγκεφαλικής παράλυσης μόνο στις Η.Π.Α.

Η δυσλειτουργία των χεριών είναι πιθανώς η πιο σημαντική αναπηρία που μπορεί να προκαλέσει η ημιπληγία. Οι περισσότερες εργασίες τη καθημερινής ζωής απαιτούν τη χρήση των χεριών μας (ντύσιμο, χειρισμός αντικειμένων και τροφίμων). Τα παιδιά με ημιπληγία δυσκολεύονται πολύ με αυτές τις καθημερινές δραστηριότητες κατά τη διάρκεια όλης της ημέρας. Η βασική τεχνική θεραπείας και καταπολέμησης του προβλήματος είναι να περιορίζει τη χρήση του υγιούς χεριού έτσι ώστε να αναγκάσει τη χρήση του «πληγωμένου» χεριού. Ωστόσο αυτή η διαδικασία δε γίνεται δεκτή από πολλά παιδιά καθώς δυσανασχετούν να περιορίζουν το ένα τους χέρι και μάλιστα το πιο λειτουργικό.

Το νέο εικονικό σύστημα αποκατάστασης που προσφέρει ένα διαδραστικό παιχνίδι και συγκεκριμένα η κονσόλα Playstation 3 της Sony, είναι μία θεραπεία που είναι πιο ανεκτή από τα παιδιά. Τα ενθαρρύνει να χρησιμοποιούν και τα δύο τους χέρια, χωρίς περιορισμούς, με τη χρήση ενός αισθητήρα-γάντι εφαρμοσμένο στο «πληγωμένο» τους χέρι κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης ενός βιντεοπαιχνιδιού που είναι για αυτά μία ευχάριστη δραστηριότητα.

## ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

Ο πρώτος περιορισμός που αφορά το συγκεκριμένο σύστημα αποκατάστασης αναφέρεται στο λειτουργικό σύστημα και το υλικό της κονσόλας. Το ισχυρό Playstation 3 συχνά χρησιμοποιείται για τοπικά ή online παιχνίδια που έχουν αναπτυχθεί από τη Sony ή τρίτες επιχειρήσεις μέσω της εμπορικής εφαρμογής

Software Development Kit (SDK) που προσφέρεται από τη Sony. Το SDK είναι ιδιόκτητο και περιορίζει την αλληλεπίδραση της παιχνιδοκονσόλας με τις κλασικές συσκευές παιχνιδιών όπως το Joystick. Επιπλέον, δεν παρέχεται υποστήριξη για προσαρμοσμένες συσκευές εισόδου (όπως εξωτερικούς αισθητήρες και γάντια). Το Playstation 3 έχει ενσωματωμένη υποστήριξη για τρίτα λειτουργικά συστήματα που υποστηρίζουν τον ευρυζωνικό επεξεργαστή κυττάρων της IBM. Για να ξεπεραστούν αυτοί οι περιορισμοί καθώς και η τιμή του SDK (10.000\$) το σύστημα απομακρυσμένης θεραπείας που αναπτύχθηκε στη συγκεκριμένη μελέτη χρησιμοποιεί το λειτουργικό σύστημα open source GNU/Linux.

Παράλληλα, ο βασικός περιορισμός απόδοσης είναι ότι οι πολυπυρηνικοί επεξεργαστές και οι επεξεργαστές γραφικών του υλικού δεν είναι άμεσα προσβάσιμοι στο λειτουργικό σύστημα των Linux. Από τη στιγμή που το λειτουργικό σύστημα δεν μπορεί να έχει άμεση πρόσβαση στη κάρτα του video για γρήγορη απόδοση, τα γραφικά παρέχονται στο λογισμικό μέσω του Power PC. Αυτό με τη σειρά του περιορίζει την πολυπλοκότητα και τον ρεαλισμό των σκηνών που παρουσιάζονται στον ασθενή, με σκοπό να διατηρηθούν τα ποσοστά ανανέωσης σκηνής σε προσιτά επίπεδα.

Στη συνέχεια η ερευνητική ομάδα είχε να αντιμετωπίσει τα συναισθήματα της απογοήτευσης και της πλήξης που εμφάνισαν οι ασθενείς στα πρώτα στάδια της μελέτης. Αυτά τα συναισθήματα προέκυπταν από το γεγονός ότι οι ασθενείς έπρεπε να ασχολούνται με ένα παιχνίδι που είχε ορίσει η ερευνητική ομάδα και να κάνουν συγκεκριμένες επαναλαμβανόμενες κινήσεις σε κάθε συνεδρίαση πραγματοποιώντας ταυτόχρονα έναν καθορισμένο αριθμό δοκιμών. Αυτό το πρόβλημα ξεπεράστηκε όταν παρουσιάστηκε στη μελέτη ο χρονοπρογραμματιστής. Από εκείνη τη στιγμή χρειαζόντουσαν μόνο μία βαθμονόμηση/αναφορά ανά συνεδρία και είχαν τον έλεγχο για το πιο παιχνίδι ήθελαν να παίξουν. Αυτή η προσαρμοσμένη ποικιλία επιλογών επιτρέπει στον ασθενή να επιλέγει όχι μόνο τα παιχνίδια της αρεσκείας του, αλλά και να συγκεντρώνεται σε συγκεκριμένες εργασίες στις οποίες θέλει να βελτιωθεί.

Επιπλέον, η ερευνητική ομάδα είχε να αντιμετωπίσει τους περιορισμούς που αναφέρονται στην συνέπεια των ασθενών. Σε περίπτωση που ο ασθενής ασκείται λιγότερο ή περισσότερο από το προκαθορισμένο και οι γιατροί δε μπορούσαν να αντιληφθούν αυτό το γεγονός, τότε αυτό θα επηρέαζε αρνητικά τα στοιχεία που παρείχε κάθε οικιακό σύστημα απομακρυσμένης αποκατάστασης καθώς και θα παραγόντουσαν αλλοιωμένα και λανθασμένα αποτελέσματα για το σύνολο της μελέτης. Με τη χρήση όμως μεθόδων απομακρυσμένης παρακολούθησης παρέχεται η δυνατότητα να προσδιοριστεί εάν το σύστημα λειτουργεί ορθά καθώς και τα μέσα για να αναφέρει εάν ο ασθενής ασκείται στο προκαθορισμένο χρονικό



διάστημα που έχει οριστεί από τους γιατρούς. Σε περίπτωση που ο ασθενής δεν ακολουθεί τους προκαθορισμένους κανόνες, τότε ο γιατρός ενημερώνετε άμεσα και επικοινωνεί με τον ασθενή ώστε να επιλύσει το πρόβλημα.

### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Για την εφαρμογή αυτής της τεχνολογίας έγινε μελέτη των Huber M., Rabin B., Docan C., Burdea G., Nwosu M. E., Abdelbaky M., R. Golomb M. R. [11]. Συγκεκριμένα επιλέχθηκαν τρεις έφηβοι με σοβαρή ημιπληγική εγκεφαλική παράλυση, οι οποίοι αντιμετώπιζουν δυσκολία στο να ανοίξουν και να κλείσουν το «πληγωμένο τους χέρι» με συνέπεια να δυσκολεύονται να πιάσουν και να σηκώσουν αντικείμενα με αυτό. Δύο από αυτούς είχαν προγεννητικό ισχαιμικό αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο, ενώ ο τρίτος γεννήθηκε πρόωρα με ενδοκοιλιακή αιμορραγία. Κατά τη διάρκεια της συγκεκριμένης μελέτης κανένας από τους εφήβους έλαβε αποκατάσταση οποιασδήποτε άλλης μορφής. Επιπλέον, ήταν σημαντικό αυτοί οι έφηβοι να έχουν καλή γνωστική λειτουργία και τη δυνατότητα να καταλάβουν ότι σε μία μελέτη τα αποτελέσματα δεν είναι πάντα θετικά.

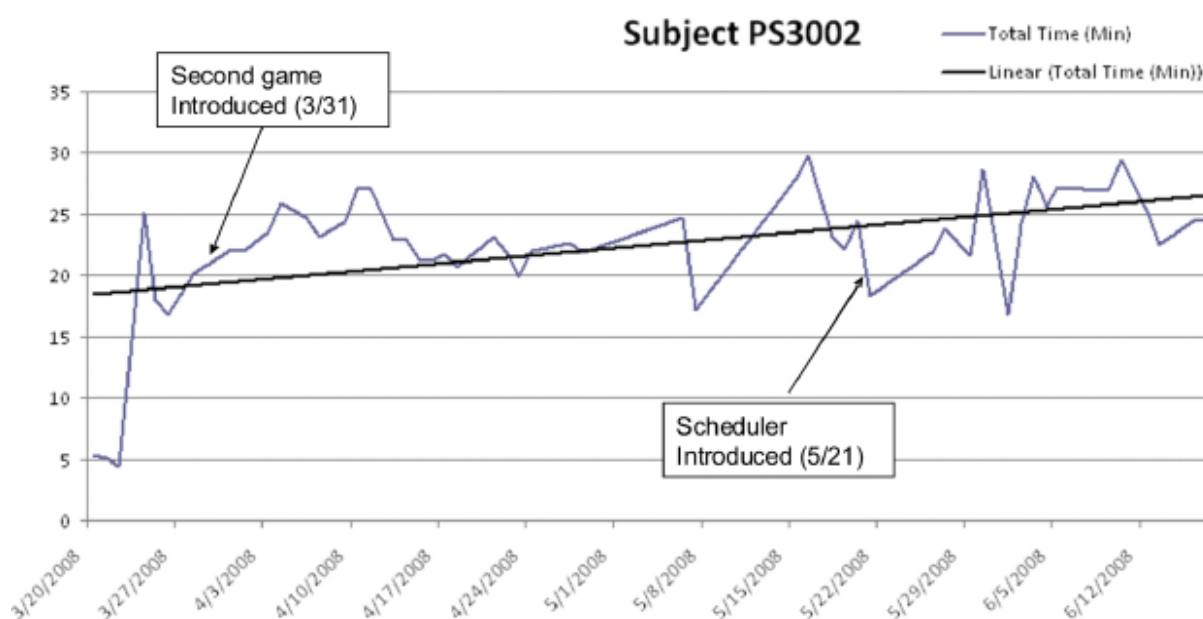
Λόγω της πολυπλοκότητας των περισσότερων βιντεοπαιχνιδιών της αγοράς υπήρχε η ανησυχία ότι πολλά παιδιά δε θα ήταν πρόθυμα να κάνουν πρακτική σε ένα απλούστερο παιχνίδι πειραματικού επιπέδου, το οποίο μπορεί να μην έχει τέλεια λειτουργία καθόλη τη διάρκεια της άσκησης. Οι τρεις ασθενείς που συμμετείχαν σε αυτή τη μελέτη είναι απόφοιτοι πανεπιστημίου που αρχικά ήταν πολύ ενθουσιώδεις για την εκτέλεση του έργου. Επιπρόσθετα, δύο από αυτούς ήταν πολύ βοηθητικοί στη διαδικασία της ανατροφοδότησης πληροφοριών καθώς και στο να συνεχιστεί η μελέτη παρόλα τα περιστασιακά προβλήματα.

Οι τρεις ασθενείς έπρεπε να εξασκούνται για τριάντα λεπτά κάθε μέρα με τα ανάλογα διαλείμματα μεταξύ των ασκήσεων. Παρακολουθώντας για διάρκεια τριών μηνών τη καθημερινή εξάσκηση των ασθενών θα γινόταν συλλογή πληροφοριών για τις επιπτώσεις των χαρακτηριστικών του παιχνιδιού στους ασθενείς καθώς και τον έλεγχο που δείχνουν αυτοί στην ένταση της άσκησης. Στο αρχικό στάδιο της μελέτης οι ασθενείς παρουσίασαν ένα πρόβλημα στο να φορούν το ειδικό γάντι 5DT ultra με συνέπεια να εξασκούνται λιγότερο.

Στο δεύτερο παιχνίδι που παρουσιάστηκε στη μελέτη (πεταλούδες), ο χρόνος άσκησης αυξήθηκε χαρακτηριστικά. Επιπλέον, με τη χρήση του χρονοπρογραμματιστή λύθηκε το πρόβλημα τη πλήξης και της απογοήτευσης των ασθενών, οι οποίοι πλέον είχαν τον έλεγχο ώστε να διαμορφώσουν την αποκατάσταση τους με τον δικό τους τρόπο, επιλέγοντας αυτοί το παιχνίδι που ήθελαν να παίξουν καθώς και των αριθμό των δοκιμών. Το γεγονός αυτό είχε θετική επίδραση στη διαφαινόμενη πλήξη και οι ασθενείς συνέχισαν να ασκούνται

περισσότερο. Τρεις μήνες δοκιμών σε αυτά τα τρία κατ' οίκον συστήματα απέδειξαν πως η χρήση θεραπευτικών διαδραστικών παιχνιδιών μπορεί να βελτιώσει τη λειτουργία του χεριού σε παιδιά με ημιπληγία. Ο συνδυασμός ασθενών με περιορισμένη ανοχή στα τεχνικά προβλήματα και με διαφορετικούς βαθμούς κινήτρων, υπογραμμίζει τη σημαντικότητα της απομακρυσμένης παρακολούθησης.

Και οι τρεις έφηβοι επέδειξαν βελτίωση στη λειτουργία του χεριού. Ο ένας από τους τρεις ενώ αρχικά ήταν ενθουσιώδης για τη μελέτη, στη συνέχεια εμφάνισε σημάδια απογοήτευσης λόγω τεχνικών θεμάτων. Αυτό είχε ως συνέπεια να μειωθεί η εξάσκηση του ενώ εκείνος στην αναφορά του δήλωνε πως συνέχιζε κανονικά να εξασκείται στους αρχικούς ρυθμούς. Η ερευνητική ομάδα αρχικά αναρωτήθηκε γιατί στις εκθέσεις του συγκεκριμένου ασθενή δεν υπήρχε καμία αναφορά σε τεχνικά προβλήματα ενώ οι άλλοι δύο ανέφεραν επίμονα κάποια τεχνικά ζητήματα. Μόλις αντιλήφθηκαν τι συνέβαινε, επισήμαναν στο συγκεκριμένο ασθενή τις αντιφάσεις στις εκθέσεις του. Εκείνος παραδέχτηκε ότι είχε σταματήσει να εξασκείται για πολλές εβδομάδες ενώ θα έπρεπε να χρησιμοποιεί το σύστημα σε καθημερινή βάση. Γεγονός που διακιοιολογεί γιατί ο συγκεκριμένος ασθενής παρουσίαζε τη μικρότερη βελτίωση σε σχέση με τους άλλους δύο.



Εικόνα 13: Η Πορεία Της Απόδοσης Του Ασθενή PS3002, [11]

Τα αρχικά δεδομένα κατά τη τρίμηνη δοκιμή υποδεικνύουν, ότι για να επιτευχθεί η μέγιστη αποτελεσματικότητα σε κάθε οικιακό σύστημα εικονικής πραγματικότητας που χρησιμοποιείται για επαγγελματική θεραπεία, είναι απαραίτητη η απομακρυσμένη παρακολούθηση. Το σύστημα που περιγράφηκε παραπάνω αυτή

τη στιγμή βρίσκεται σε αρχικές κλινικές δοκιμές στην Ιντιάνα των Η.Π.Α. Η επόμενη φάση της ανάπτυξης είναι η προσθήκη περισσότερων ασκήσεων, με σκοπό να επιτρέψει μεγαλύτερες σε χρόνο και ποιότητα συνεδρίες αποκατάστασης. Μηχανογραφημένα δεδομένα από αυτές τις δοκιμές συλλέγονται έτσι ώστε να σχεδιαστεί μία βάση δεδομένων γραφικών παραστάσεων. Αυτή η βάση δεδομένων θα περιλαμβάνει επίσης σε απευθείας σύνδεση τις υποκειμενικές αξιολογήσεις των ασθενών που θα πρέπει να τις συμπληρώνουν κάθε δύο εβδομάδες. Εν κατακλείδι αυτές οι κλινικές μετρήσεις θα συσχετίζονται με τις ηλεκτρονικές μετρήσεις του Playstation 3 και με τις αναφορές από τις οικογένειες των ασθενών στις αλλαγές των δραστηριοτήτων της καθημερινής ζωής των ασθενών.

### **2.2.3 Playstation 2 EyeToy**

#### **ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ**

Το 2003, η Sony κυκλοφόρησε το EyeToy ως μία καινούργια σειρά βιντεοπαιχνιδιών για το Playstation 2, τα οποία βασίζονται στις κινήσεις του σώματος του παίκτη. Η τεχνολογία του EyeToy επιλέχθηκε για αυτή τη μελέτη και η συγκεκριμένη διαδικασία ονομάστηκε «Keep Up», καθώς στηρίζεται στην βαθμολόγηση και στη διασταύρωση των ικανοτήτων των 2 φύλλων. Για την ορθή καταγραφή των δεδομένων και τη παραγωγή αποτελεσμάτων χρησιμοποιείται ένας LSD προβολέας για να προσεγγίζει το πραγματικό μέγεθος του παιδιού ασθενή. Επίσης τα υπόλοιπα στοιχεία που περιλαμβάνονται στο στήσιμο του παιχνιδιού είναι:

- Μία κάμερα EyeToy και μία κάμερα που καταγράφει τις εκφράσεις του προσώπου και τις κινήσεις του σώματος.
- Κασετόφωνο VHS.
- Μία οθόνη.
- Ένα Playstation 2.
- Μία πίσω κάμερα για την καταγραφή του χώρου.
- Ένας Προτζέκτορας.

Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας οι γιατροί παρατηρούσαν τις κινήσεις και την απόδοση των ασθενών, ενώ παράλληλα γινόταν και βιντεοσκόπηση των γεγονότων. Τα βίντεο που έχουν καταγραφεί υποβλήθηκαν σε πολυάριθμες αναλύσεις για το ρυθμό και το χώρο όπου οι μονάδες της ανάλυσης είναι ποιοτικές εκφράσεις της κίνησης των ασθενών. Το υλικό που συλλέχθηκε από τις συνεδρίες είναι 36 μονώρα μικρά ψηφιακά βίντεο και αντίστοιχες βιντεοκασέτες VHS από τα 240 βιντεοπαιχνίδια που έπαιξαν τα 18 παιδιά-ασθενείς στις 20 συνεδρίες που πραγματοποιήθηκαν στα 2 νοσοκομεία. Κάθε βίντεο μετατράπηκε σε ψηφιακή μορφή όπως όλα τα βίντεο των συνεντεύξεων, οι γραπτές σημειώσεις και τα υπομνήματα έτσι ώστε να μεταφέρονται και να αποθηκεύονται σε έναν υπολογιστή.

Κάθε αρχείο βίντεο του παιχνιδιού συνδέεται με το χρόνο και συλλέγονται οι πληροφορίες για την πρώτη, την τελευταία, την καλύτερη αλλά και τη χειρότερη απόδοση του ασθενή με σκοπό την περαιτέρω ανάλυση και σχολιασμό. Παραδείγματα χρονικών γεγονότων είναι οι ιδιότητες που είναι στο παιχνίδι όταν το παιδί επηρεάζει τη κίνηση της μπάλας, από το ένα σημείο στο άλλο, με τη κίνηση του σώματος του, πράγμα το οποίο είναι πρόκληση για τα άτομα που παρουσιάζουν

κινητικά προβλήματα ή προβλήματα λειτουργικότητας. Η επανάληψη μίας κίνησης αναπτύσσει την αίσθηση της απόλαυσης και της δέσμευσης στην δραστηριότητα, η οποία, με τη σειρά της, ωθεί το παιδί να συνεχίσει την εξάσκηση. Πιο συγκεκριμένα, τα χρονικά δεδομένα ταξινομούνται σε διακριτές μονάδες ανάλυσης εφαρμόζοντας τις ιδιαιτερότητες της ταχύτητας, της έντασης και την ευχέρεια των κινήσεων. Οι χωρικές ιδιαιτερότητες αναφέρουν που κινείται το σώμα μέσω εκτεταμένων κινήσεων προς μία άλλη κατάσταση ή περιβάλλον.

Παράδειγμα των χωρικών γεγονότων είναι οι ιδιότητες που είναι στο παιχνίδι όταν το παιδί αναζητά μία διαφορετική κατάσταση στο χωρικό περιβάλλον, όπως να κινείται να περπατά ή να ακουμπά το σώμα από τη μία πλευρά της οθόνης στην άλλη με συνέπεια η κεντρική περιοχή του σώματος του παιδιού να μεταφέρεται συνεχώς σε μία νέα θέση ενώ διατηρεί την εικονική μπάλα ψηλά στον αέρα. Τα χωρικά δεδομένα ταξινομούνται σε διακριτές ανάλυσης εφαρμόζοντας τις ιδιαιτερότητες του εύρους και την πρόθεση των κινήσεων. Παράλληλα με τις ιδιότητες του ρυθμού και του χώρου, αναλύονται οι εκφράσεις του προσώπου του παιδιού.

Έτσι, ένας λεπτομερής οδηγός πολυτροπικής ανάλυσης των βίντεο δημιουργήθηκε ως εξής:

- Κάθε βίντεο παρακολουθείται 2 φορές πριν ξεκινήσει η λεπτομερής ανάλυση.
- Η ανάλυση των πρώτων 8 βίντεο πραγματοποιήθηκε 2 φορές στο καθένα, ενώ τα υπόλοιπα 8 από μία.
- Κάθε λεπτό του κάθε αποσπάσματος αναλύθηκε συστηματικά και μεταφέρθηκε σε ένα αρχείο excel χωρισμένο στις κατηγορίες που αναφέρθηκαν παραπάνω. Οι κατηγορίες που αναλύθηκαν αντιπροσωπεύουν του υψηλούς ή χαμηλούς βαθμούς της κάθε κίνησης. Επίσης, αυτό το διάγραμμα περιλαμβάνει ανάλυση για τις εκφράσεις του προσώπου των ασθενών καθώς και μία περιγραφή του τι συνέβη στην οθόνη.
- Κάθε κατηγορία αναλύθηκε ξεχωριστά, που σημαίνει ότι τα πρώτα 8 βίντεο προβλήθηκαν συνολικά 18 φορές το καθένα.

#### ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Μια αυτοματοποιημένη χαμηλού επιπέδου ανάλυση της κίνησης υπολογίστηκε από τα βίντεο χρησιμοποιώντας ενότητες λογισμικού από το EyesWeb Gesture Processing Library και συγκεκριμένα την ποσότητα και την συστολή των πτυχών της

κίνησης. Στόχος αυτής είναι να συγκεντρώσει τους δείκτες των συνολικών χαρακτηριστικών της κίνησης κάθε παιδιού. Η στρατηγική για την αυτόματη ανάλυση βίντεο του υπολογιστή ήταν να συμπληρωθούν οι οδηγοί προς τον γενικό στόχο στην ανάπτυξη της μεθοδολογίας ακολουθώντας μία αφαίρεση του background στο βίντεο (πηγή) για να τμηματοποιηθεί η σιλουέτα του σώματος δημιουργώντας έναν αλγόριθμο(SMI) που είναι κατάλληλος να ανιχνεύσει τη συνολική ποσότητα, ταχύτητα και δύναμη της κίνησης που χρησιμοποιήθηκε. Η εξαγωγή των μέτρων σχετικά με την «προσωρινή δυναμική της κίνησης» υπολογίστηκε και η αρχική οριακή τιμή προσαρμόστηκε ανάλογα με την λειτουργική ικανότητα κάθε ασθενή, ώστε αυτός να θεωρείται ότι κινείται αν η περιοχή της κίνησης είναι μεγαλύτερη από το σχετικό ποσοστό της συνολικής περιοχής.

Η προσαρμογή της οριακής τιμής επιτυγχάνεται σε πραγματικό χρόνο με σχολιασμό του βίντεο με έναν CCI αλγόριθμο με εύρος από 0 έως 1 που χρησιμοποιείται με ένα οριοθετημένο ορθογώνιο που περιβάλλει τη δισδιάστατη σιλουέτα του ασθενή στο μικρότερο δυνατό ορθογώνιο. Το CI είναι χαμηλότερο εάν το παιδί-ασθενής έχει απλωμένα τα άκρα του σε σύγκριση με μία εικόνα που δείχνει τα άκρα κοντά στο σώμα. Τα προβλήματα ήταν εμφανή με το παιδί να πλησιάζει τη κάμερα και να δημιουργεί θόρυβο στο background της εφαρμογής. Ένας διορθωμένος ομαλοποιημένος αλγόριθμος ήταν ανεπιτυχής στη διόρθωση του προβλήματος και έτσι η τελειοποίηση είναι απαραίτητη.

#### ΧΩΡΙΚΕΣ ΚΙΝΗΣΕΙΣ ΚΑΘΟΡΙΣΜΕΝΟΥ ΡΥΘΜΟΥ

Στο σχολιασμό της αρχικής, μέσης και τελικής ζώνης του παιχνιδιού ερμηνεύτηκε η σχέση του παιχνιδιού και της παύσης των δεδομένων. Τα στοιχεία που συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια της μελέτης υποδεικνύουν ότι η αλληλεπίδραση του ασθενή με το EyeToy έστεφε την προβλεπόμενη ισορροπία απόδοσης και μαθησιακής καμπύλης. Το ενδιαφέρον παρουσιάστηκε στο γεγονός ότι στις περισσότερες περιπτώσεις η καλύτερη απόδοση προηγήθηκε από τη συντομότερη παύση του παιδιού και ότι μετά το καλύτερο του παιχνίδι, η απόδοση του στα 2 επόμενα μειώθηκε δραστικά.

Ένα γενικό αποτέλεσμα ήταν ότι τα πρόσωπα των παιδιών δήλωναν την παρουσία τους στην αλληλεπίδραση με το περιεχόμενο του παιχνιδιού, η οποία ήταν πολύ ευχάριστη και επίσης μία πρόκληση για τις ικανότητες τους. Η λεπτομερής ανάλυση έδειξε μία σύνδεση μεταξύ των ρυθμοχωρικών κινήσεων και της αισθητικής απήχησης μέσω της συσχέτισης των κατηγοριών, της έντασης και της σκοπιμότητας. Όταν υπήρχε ψηλός, μέσος ή χαμηλός βαθμός της έντασης της κίνησης, ο ίδιος βαθμός εμφανιζόταν και στη κατηγορία του αθροίσματος των κινήσεων. Επιπλέον, υπήρχαν ψηλότεροι βαθμοί αισθητικής απήχησης που σχετίζονταν με τον χώρο των κινήσεων παρά με τον χρόνο, όπως οι κατηγορίες του εύρους, και οι αλλαγές είχαν

υψηλό ή μέσο βαθμό κίνησης. Οι κατηγορίες της ταχύτητας και της ευχέρειας, από την άλλη πλευρά, είχαν χαμηλό ή μέσο βαθμό κινήσεων, ενώ ο βαθμός της έντασης στις χρονικές κινήσεις ήταν υψηλός. Η υπολογιστική ανάλυση των δεδομένων υποστήριξε την χειροκίνητη ανάλυση, έτσι ώστε να αναφερθούν οι υψηλότεροι και χαμηλότεροι βαθμοί της ποσότητας των κινήσεων.

Τα ευρήματα στις πολλαπλές συνεδρίες περιορίστηκαν σε 2 παιδιά, ένα αγόρι και ένα κορίτσι. Η τυπική απόκλιση στις βαθμολογίες μεταξύ στις συνεδρίες μειώνεται σημαντικά στις συνεδρίες του κοριτσιού, ενώ το αγόρι έδειξε μόνο μία πολύ μικρή και ασήμαντη αλλαγή. Τα παραπάνω στοιχεία αποτελούν ένα πιθανό δείκτη κίνησης, ο οποίος συσχετίζεται με την απόλαυση και τη διασκέδαση του παιχνιδιού. Αυτό οδηγεί στην εκμάθηση των τρόπων πλοήγησης και είναι ένα χαρακτηριστικό της αισθητικής απήχησης μέσω του εγγενούς παράγοντα της παρουσίας της.

Στις πολλαπλές συνεδρίες πραγματοποιήθηκε μία προκαταρκτική ανάλυση για τον υπολογισμό της διάρκειας της τελευταίας παύσης και των φάσεων της κίνησης. Τόσο το κορίτσι όσο και το αγόρι αύξησαν την τυπική απόκλιση και τον μέσο όρο διάρκειας της φάσης της τελευταίας παύσης σε συνδυασμό με τη μειωμένη διάρκεια της φάσης της κίνησης από την 1<sup>η</sup> στη 2<sup>η</sup> συνεδρία. Αυτό μπορεί να δείχνει ότι για πάνω από έναν αριθμό συνεδριάσεων απαιτείται λιγότερη κίνηση για να επιτευχθούν παρόμοιες ασκήσεις, έτσι πιο αποτελεσματικές κινήσεις μαθαίνονται καθώς το παιδί εξοικειώνεται με το παιχνίδι.

Συνοψίζοντας, η αισθητική απήχηση φάνηκε μέσα από το ψηλό βαθμό της έντασης και της πρόθεσης στις κινήσεις. Η ένταση και η πρόθεση φάνηκαν από την συγκέντρωση των παιδιών και επίσης από τη δύναμη και το πάθος τους όσο έπαιζαν το παιχνίδι. Η αισθητική απήχηση υποδείχθηκε από τον βαθμό των κινήσεων ή του εύρους και τις αλλαγές στις κινήσεις των παιδιών. Οι κατηγορίες της ταχύτητας και της ευχέρειας δεν είχαν καμία επίδραση στην αποδοχή καθώς δεν επηρέασαν την ένταση, την πρόθεση, το εύρος ή τις αλλαγές στις κινήσεις.

### ΚΟΣΤΟΣ

Τα επίσημα δεδομένα για τους οικονομικούς πόρους της συγκεκριμένης μελέτης των Brooks A.L. και Petersson E.[12], δε δημοσιεύθηκαν με συνέπεια να μην είναι δυνατό να προσδιοριστεί το συνολικό της κόστος. Παρόλα αυτά σε όλες τις δημοσιεύσεις που περιέγραφαν τη χρήση του Playstation 2 ως μέθοδος φυσιοθεραπείας και αποκατάστασης, αναφέρεται πως για κάθε στοιχείο που αποτελεί κομμάτι όλου του συστήματος για κάθε προσαρμοσμένη συσκευή εισόδου επιλέχθηκαν σε μεγάλο ποσοστό αυτά με το μικρότερο δυνατό κόστος ώστε το συνολικό κόστος της έρευνας να μην κριθεί υπέρογκο.

## TARGET GROUP

Το σύστημα αποκατάστασης που βασίζεται στη χρήση της κάμερας EyeToy, επικεντρώνεται σε παιδιά μικρής ηλικίας, μεταξύ 5-12 ετών, και στοχεύει να αναλύσει 2 υποθέσεις. Αρχικά, συλλέγοντας όλες τις δυνατές πληροφορίες από τις συνεδρίες και τα στοιχεία από τις σημειώσεις των γιατρών, γίνεται ο έλεγχος εάν το παιχνίδι με τη χρήση του EyeToy μπορεί να γίνει ένα είδος φυσιοθεραπείας για αποκατάσταση των ασθενών με κινησιολογικά και λειτουργικά προβλήματα. Η 2<sup>η</sup> πτυχή που στοχεύει να αναλύσει η έρευνα είναι να κάνει μία σύγκριση μεταξύ των αποδόσεων των ασθενών που έχουν γένος αρσενικό και αυτών που έχουν γένος θηλυκού, με τη βαθμολόγηση και στη διασταύρωση των ικανοτήτων των 2 φύλλων.

## ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

Κατά τη διάρκεια της έρευνας [12] παρουσιάστηκαν περιορισμοί όσο αναφορά τη λειτουργικότητα της εφαρμογής και τη λειτουργία του παιχνιδιού. Αρχικά, είναι απαραίτητη περισσότερη προσοχή στο στήσιμο του δωματίου. Κάποια βίντεο είχαν κουρτίνες να ανεμίζουν και ανθρώπους να διέρχονται πίσω από τον ασθενή. Στη συνέχεια, έγινε αντιληπτό ότι η ενδυμασία του παιδιού-ασθενή πρέπει να είναι αντίθετη με το φόντο. Εάν το παιδί φοράει ένα φωτεινό μπλουζάκι και το δωμάτιο είναι πολύ φωτεινό τότε η κάμερα δυσκολεύεται να το ξεχωρίσει, με συνέπεια να είναι απαραίτητη η βελτίωση του φωτισμού του ασθενή και του χώρου. Ακόμα ένας περιορισμός αποτελεί το γεγονός ότι το σύστημα έχει αναπτυχθεί για την παρακολούθηση κυρίως του επάνω μέρους του σώματος, ενώ μερικά παιδιά χρησιμοποιούν όλο το σώμα τους για την εξάσκηση τους, για παράδειγμα όταν η μπάλα βρίσκεται στο κάτω μέρος της οθόνης. Επιπρόσθετα, οι διοργανωτές δεν πρέπει να μιλούν ή να φαίνονται κατά τη διάρκεια εκτέλεσης των παιχνιδιών καθώς επηρεάζουν τον ασθενή.

Παράλληλα με τους λειτουργικούς περιορισμούς, παρουσιάστηκαν και περιορισμοί σχετικά με το ενδιαφέρον που έδειξαν τα παιδιά-ασθενείς για τα παιχνίδια και τη συνολική έρευνα. Ορισμένα από τα παιδιά-ασθενείς κατά την ολοκλήρωση της διαδικασίας δήλωσαν πως τους δημιουργήθηκε έντονα το αίσθημα της πλήξης, είτε γιατί σε μερικά από αυτά το παιχνίδι τους φάνηκε δύσκολο ή εύκολο ακόμα και όταν έπαιζαν με 3 μπάλες είτε γιατί θεωρούσαν πως το παιχνίδι τελείωνε πολύ γρήγορα μειώνοντας τη πρόκληση προς τους χρήστες.



Positive?			
Interface	Children	Activity	Children
Body used	22.2% (4)	Ball-play	22.2% (4)
To move	11.1% (2)	Monkeys	16.6% (3)
Mirroring	5.5% (1)	Challenge	16.6% (3)
		Scoring	5.5% (1)
SUM	38.8% (7)	SUM	61.1% (11)
Negative?		Difficult?	
Activity	Children	Activity	Children
Monkeys	5.5% (1)	Ball-play	38.3% (7)
Repetition	5.5% (1)		
Pauses	5.5% (1)		
SUM	16.6% (3)	SUM	38.3% (7)

Πίνακας 4: Γνωρίσματα Ασθενών Για Το Σύστημα EyeToy, [12]

### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Για να εκπληρωθούν οι στόχοι της έρευνας [12], χρησιμοποιήθηκε μία τριγωνομέτρηση ποιοτικών μεθοδολογιών για να αναλυθούν τα συνδυασμένα στοιχεία από τα 2 νοσοκομεία:

- Τις βιντεοσκοπημένες παρατηρήσεις των παιδιών που συμμετείχαν στη διαδικασία
- Συνεντεύξεις με τους ασθενείς και τους διοργανωτές
- Ερωτηματολόγια, ημερολόγια και σημειώσεις των διοργανωτών

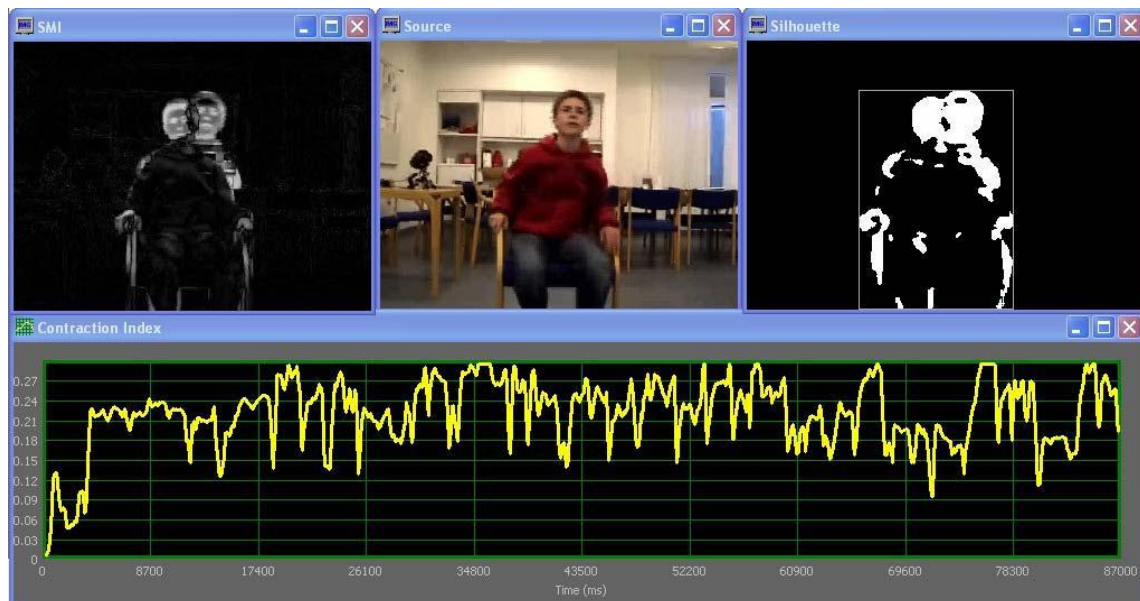
Οι ασθενείς στις μελέτες ήταν 18 παιδιά (10 κορίτσια και 8 αγόρια) μεταξύ 5-12 ετών με μέσο όρο 7,66 έτη. Τα παιδιά επιλέχθηκαν από τα νοσοκομεία και είχαν φυσιολογική οργανική λειτουργία. Η ομάδα ελέγχου ήταν παρόμοια παιδιά από τα ίδια νοσοκομεία που δε συμμετείχαν στις συνεδρίες. Οι διοργανωτές που συμμετείχαν στην διαδικασία ήταν 2 θεραπευτές και 3 γιατροί. Και στα 2 νοσοκομεία οι μελέτες έγιναν σε ειδικά διαμορφωμένα δωμάτια εξοπλισμένα με κατάλληλους αισθητήρες θέσης στο πάτωμα και τα τραπέζια. Επιπρόσθετα, οι γονείς ενημερώθηκαν για τους στόχους και ζητήθηκε να δώσουν την άδεια τους για να μπορέσουν τα παιδιά-ασθενής να συμμετέχουν στην έρευνα. Μετά την υπογραφή των γονέων, κλήθηκαν και τα ίδια τα παιδιά να υπογράψουν για τη συμμετοχή τους.

Η τεχνολογία του EyeToy επιλέχθηκε για αυτή τη μελέτη και η συγκεκριμένη διαδικασία ονομάστηκε «Keep Up», καθώς στηρίζεται στην βαθμολόγηση και στη διασταύρωση των ικανοτήτων των 2 φύλλων. Ο στόχος του παιχνιδιού που δημιουργήθηκε ειδικά για αυτή τη μελέτη είναι ο παίκτης να διατηρήσει μία εικονική μπάλα ποδοσφαίρου «ψηλά» μέσα σε ένα εικονικό περιβάλλον. Η

διαδικασία του παιχνιδιού περιορίζεται στις 3 μπάλες ανά παιχνίδι ή σε συνολικό χρόνο παιχνιδιού τα 3 λεπτά. Ο παίκτης έχει τη δυνατότητα να αυξήσει ή να μειώσει το σκορ του χτυπώντας με τη μπάλα κινούμενους εικονικούς χαρακτήρες (π.χ. πιθηκάκια) κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού. Μετά τις 3 μπάλες ή εναλλακτικά μόλις ολοκληρωθούν τα 3 λεπτά παιχνιδιού, ο αντιπρόσωπος του παιχνιδιού εμφανίζεται και δίνει στον παίκτη θετικά ή αρνητικά σχόλια για την απόδοσή του.

Η διαδικασία ξεκίνησε με την τοποθέτηση του ασθενή πάνω στο κατάλληλα βαθμονομημένο περίγραμμα που βρίσκεται μπροστά από την οθόνη και μετά από μία μικρή εισαγωγή ξεκίνησε το παιχνίδι. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας οι γιατροί παρατηρούσαν τις κινήσεις και την απόδοση των ασθενών, ενώ παράλληλα γινόταν και βιντεοσκόπηση των γεγονότων. Στο τέλος κάθε συνεδρίας, τα παιδιά-ασθενείς απαντούσαν σε συμπληρωματικές ερωτήσεις των γιατρών που αφορούσαν τις εμπειρίες τους κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού. Μετά το τέλος όλων των συνεδριών ζητήθηκε από τους γιατρούς και τους θεραπευτές να συμπληρώσουν ένα ερωτηματολόγιο σχετικά με τις δικές τους εμπειρίες.

Η διερευνητική ερώτηση της έρευνας αφορά την πιθανότητα χρήσης των βιντεοπαιχνιδιών στη θεραπεία και στις απαιτήσεις για μια πιο βελτιωμένη και πλήρη έρευνα. Σε συνεντεύξεις με τα παιδιά σχετικά με τις θετικές και αρνητικές εμπειρίες του EyeToy το κύριο μέρος των παιδιών εξέφρασαν θετικές εμπειρίες. Το 61,1% των παιδιών (11) είπαν πως το παιχνίδι ήταν διασκεδαστικό, ενώ το 22,2% (4) είπαν πως τους άρεσε. Ένα παιδί είπε πως το παιχνίδι του φάνηκε δύσκολο, όμως ήταν και διασκεδαστικό ταυτόχρονα. Όσον αφορά τις θετικές και τις αρνητικές ιδιαιτερότητες του παιχνιδιού, το 38,8% (7) των παιδιών μίλησε για τα χαρακτηριστικά της διεπαφής και το 61,1% (11) για τα διαδραστικά χαρακτηριστικά του παιχνιδιού. Οι αρνητικές εμπειρίες των παιδιών είχαν να κάνουν με το περιεχόμενο του παιχνιδιού. Δύο παιδιά είπαν ότι απόλαυσαν το EyeToy. Έξι παιδιά αναφέρθηκαν στις κινήσεις και τη χρήση του σώματος τους κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού όταν ρωτήθηκαν για τις θετικές του ιδιότητες. Τέσσερα παιδιά είπαν πως το παιχνίδι με τη μπάλα ήταν το καλύτερο, ενώ επτά παιδιά είπαν πως ήταν το πιο δύσκολο.



Εικόνα 14: Ποσότητα Και Κατάτμηση Κίνησης, [12]

Συνοπτικά, οι εμπειρίες των παιδιών από το EyeToy έδειξαν ότι η διεπαφή υποστήριξε τη δραστηριότητα του παιχνιδιού με έναν δύσκολο τρόπο και η αισθητική απήχηση επιτεύχθηκε μέσω αυτής της πρόκλησης. Τα αποτελέσματα δηλώνουν πως η προπόνηση γίνεται με ευχάριστο τρόπο και το παιχνίδι προκαλεί συγκεκριμένες κινήσεις του ασθενή, στοιχείο που είναι θετικό για την αποκατάσταση του ασθενή. Το παιχνίδι με τη χρήση του EyeToy γίνεται πλέον ένα είδος φυσιοθεραπείας για αποκατάσταση και όσο μεγαλύτερη είναι η πρόκληση κατά τη διάρκεια των διαδραστικών παιχνιδιών, τόσο περισσότερα θα είναι τα θετικά στοιχεία της θεραπείας (π.χ. μεγαλύτερο κίνητρο και περισσότερη διασκέδαση).

Εν κατακλείδι, τα αποτελέσματα από τις σημειώσεις και τις συνεντεύξεις με τους θεραπευτές και τους γιατρούς υπογραμμίζουν την πιθανότητα εισαγωγής του EyeToy στη θεραπεία δίνοντας κυρίως έμφαση στη ροή και στη διασκέδαση που προσφέρει το παιχνίδι στο πλαίσιο της θεραπείας.

## 2.2.4 Wii

### ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Ο στόχος της έρευνας των Deutsch J. E., Borbely M., Filler J., Huhn K. και Guarrera-Bowlby P. [13] ήταν να καθορισθεί η σκοπιμότητα της νέας τεχνολογίας παιχνιδιού για την αντιμετώπιση των προβλημάτων που παρουσιάζουν έφηβοι με εγκεφαλική παράλυση. Επιλέχθηκε για τη συγκεκριμένη διαδικασία η κονσόλα Wii της Nintendo και το παιχνίδι Wii Sports.

Οι παράγοντες με βάση τους οποίους επιλέχθηκε αυτή η κονσόλα είναι αρχικά ότι η διεπαφή, σε συνεργασία με τον εικονικό κόσμο, διαβάζει τις αλλαγές στην επιτάχυνση για να έχει τη δυνατότητα να χαρτογραφήσει τις κινήσεις του ατόμου στο περιβάλλον του παιχνιδιού. Αυτός ο τύπος συστήματος ενθαρρύνει κινήσεις που μπορούν να εκτελεστούν τόσο σε καθιστή αλλά και σε όρθια στάση. Ο ασθενής μπορούσε να μάθει τις κινήσεις όσο καθόταν και στη συνέχεια να τις εκτελέσει όρθιος. Δεύτερον υπάρχουν αποθέματα παιχνιδιών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να γίνει ανάλυση των απαιτήσεων του βιομηχανικού και κινητικού ελέγχου. Τα παιχνίδια επιλέγονται με βάση τα ενδιαφέροντα του ασθενή και τις απαιτήσεις των ασκήσεων. Τρίτον εφοδιάζει τους χρήστες με γνώση της απόδοσης και γνώση των αποτελεσμάτων. Η γνώση της απόδοσης αναφέρεται στις πληροφορίες για την κίνηση, ενώ η γνώση των αποτελεσμάτων αναφέρεται στις πληροφορίες για τα αποτελέσματα της κίνησης. Η χρήση αυτών των στοιχείων βελτιώνει την απόδοση και τις δεξιότητες των παιδιών με εγκεφαλική παράλυση. Τέλος επιτρέπει τη συμμετοχή πολλών παικτών ταυτόχρονα, με συνέπεια να μπορεί να μελετηθεί και ο τρόπος που αλληλεπιδρούν.

Το παιχνίδι Wii Sports επιλέχθηκε με βάση το ενδιαφέρον του ασθενή. Τα παιχνίδια εκτελέστηκαν τόσο σε καθιστή όσο και σε όρθια στάση. Για τα παιχνίδια που έπρεπε ο ασθενής να βρίσκεται σε καθιστή στάση, υπήρχε από πίσω του ένας βοηθός που περιστασιακά ισορροπούσε την καρέκλα. Για τα παιχνίδια που ο ασθενής έπρεπε να βρίσκεται σε όρθια στάση, ο θεραπευτής βρισκόταν από πίσω ή στο πλάι για να σταθεροποιεί, όποτε κριθεί αναγκαίο, τον παίκτη. Κάθε παιχνίδι έχει διαφορετικό κινητικό έλεγχο και οπτικό-χωρικές απαιτήσεις. Για παράδειγμα το παιχνίδι του γκολφ απαιτεί κρίση δύναμης και απόστασης καθώς και διάκριση του εδάφους με περιορισμούς υψηλής ακρίβειας. Ο έλεγχος του άνω άκρου προωθήθηκε από όλα τα παιχνίδια. Το χειριστήριο κρατιέται με το αριστερό χέρι για το παιχνίδι του bowling ενώ και με τα 2 για το μπάσκετ, το τένις και το γκολφ. Για το παιχνίδι της πυγμαχίας εκτός από το κλασικό χειριστήριο του Wii, είναι απαραίτητο και ένα nunchuck (είναι το βοηθητικό χειριστήριο του Wii) στο άλλο χέρι. Ο έλεγχος του κορμού επίσης προωθείται από όλα τα παιχνίδια. Για παράδειγμα στη πυγμαχία απαιτείται ο προσανατολισμός και η αντοχή των μυών. Το παιχνίδι του bowling

απαιτεί σταθερότητα του κορμού ενώ το ένα άνω άκρο κινείται αυξομειώνοντας τη δύναμη του. Τα παιχνίδια σε όρθια θέση δίνουν έμφαση στην ισορροπία με τη μεταφορά βάρους μεταξύ των κάτω άκρων.

Η θέση και οι ασκήσεις ποικίλουν με βάση τη παρατήρηση της απόδοσης. Οι δόσεις της θεραπείας ρυθμίστηκαν να αυξήσουν τη διάρκεια, την επανάληψη και την πολυπλοκότητα των ασκήσεων με βάση την απόδοση του ασθενή, χρησιμοποιώντας την παρατήρηση της στάσης και της κίνησης καθώς και την απόδοση τους στο εικονικό περιβάλλον. Για παράδειγμα για την πυγμαχία απαιτούνται αμοιβαίες κινήσεις και των 2 άνω άκρων που βοηθούν στην ευθυγράμμιση του κορμού. Η πυγμαχία επιλέχθηκε νωρίς για να δημιουργήσει καλό έλεγχο στάσης πριν από τα παιχνίδια που χρησιμοποιούν μόνο το ένα άνω άκρο όπως το bowling και το τένις. Οι δραστηριότητες σταμάτησαν ή τροποποιήθηκαν όταν ο θεραπευτής παρατήρησε για παράδειγμα επιδείνωση στις φυσικές αποδόσεις του ασθενή ή στην τεχνική και στον έλεγχο στάσης που προκύπτουν από την υπερβολική προσπάθεια. Στο μεγαλύτερο μέρος, ο ασθενής ελέγχει τη ροή της δραστηριότητας. Ενώ η περίοδος ανάπαυσης του ασθενή διαρκεί μέχρι να γίνει η επανατοποθέτηση των ρυθμίσεων του Wii για το επόμενο παιχνίδι.

Η κλινική στην οποία πραγματοποιήθηκαν οι συνεδρίες για την αποκατάσταση του ασθενή είχε ήδη μία τηλεόραση στο χώρο θεραπείας, έτσι ώστε να απαιτείται μόνο η αγορά της κονσόλας του Wii. Για την επιλογή του ασθενή που θα συμμετέχει στην συγκεκριμένη έρευνα μελετήθηκαν 2 σημαντικοί λόγοι, η γνώση και το κίνητρο. Η ικανότητα του συστήματος για πολλούς παίκτες ήταν εφικτή και διευκόλυε την κοινωνική αλληλεπίδραση και τα απροσδόκητα θεραπευτικά οφέλη. Στην 8<sup>η</sup> συνεδρία συμμετείχε ακόμα ένας έφηβος, χωρίς προβλήματα υγείας, ως 2<sup>ος</sup> παίκτης. Κατά τη διάρκεια αυτής της συνεδρίας παρατηρήθηκε συνομιλία, ανταλλαγή στρατηγικής και ενθάρρυνση. Στη συνεδρία που ακολούθησε, ο παίκτης-ασθενής άλλαξε τελείως τη στρατηγική του και ανέφερε πως προσπαθούσε να ακολουθήσει αυτή του παιδιού με τη φυσιολογική ανάπτυξη. Με τη συγκεκριμένη επιλογή αυτόματα αυξήθηκε η απόδοση του στο παιχνίδι που είχε επιλέξει.

### ΚΟΣΤΟΣ

Τα επίσημα δεδομένα για τους οικονομικούς πόρους της συγκεκριμένης μελέτης [13] δε δημοσιεύθηκαν με συνέπεια να μην είναι δυνατό να προσδιοριστεί το συνολικό της κόστος. Παρόλα αυτά σε όλες τις δημοσιεύσεις που περιέγραφαν τη χρήση του Wii ως μέθοδος απομακρυσμένης αποκατάστασης, αναφέρεται πως οι συσκευές που είναι απαραίτητες και τα στοιχεία εισόδου, είναι μια τηλεόραση, μία κονσόλα Wii και το παιχνίδι Wii Sports. Μία ανεπίσημη εκτίμηση είναι πως αυτά τα 3 στοιχεία μπορούν να αποκτηθούν με το ποσό των 1.500€ αγοράζοντας μία

τηλεόραση νέας τεχνολογίας. Συνεπώς, τονίζεται πως το συνολικό σύστημα που δημιουργήθηκε για αυτή την έρευνα χαρακτηρίζεται ως χαμηλού κόστους.

### TARGET GROUP

Ο σκοπός αυτής της έρευνας [13] είναι να περιγράψει τη σκοπιμότητα και τα αποτελέσματα της ενσωμάτωσης της κονσόλας Wii στη διαδικασία της θεραπείας των εφήβων που αντιμετωπίζουν εγκεφαλική παράλυση. Η παρέμβαση μέσω του παιχνιδιού σχεδιάστηκε για να εξυπηρετήσει 3 θεραπευτικούς σκοπούς για τα άτομα με τη συγκεκριμένη ασθένεια, τον έλεγχο της στάσης, τη λειτουργική ικανότητα και την οπτικό-αντιληπτική διαδικασία. Η λειτουργική κινητικότητα συνδύασε την οπτικό-αντιληπτική διαδικασία, τον έλεγχο της στάσης και την αντοχή στην προπόνηση σε όρθια στάση.

### ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

Ο αρχικός περιορισμός που παρουσιάστηκε στη συγκεκριμένη έρευνα [13] αφορούσε την επιλογή του κατάλληλου εφήβου που θα ήταν ο κινητήριος μοχλός της διαδικασίας. Η αξιολόγηση του IQ του εφήβου που επιλέχθηκε αρχικά ήταν χαμηλή και είχε αναφερθεί και η διάσπαση της προσοχής του, στοιχεία που χαρακτηρίστηκαν ως περιορισμοί για την εκπαίδευση μέσω εικονικής πραγματικότητας. Ωστόσο στις επόμενες συνεδρίες ο ασθενής επέδειξε αύξηση της προσοχής του και είχε κίνητρο να δοκιμάσει το σύστημα, βασισμένος στις προηγούμενες εμπειρίες που είχε από τα εμπορικά παιχνίδια.

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων συνεδριών παρατηρήθηκε μία άρνηση στον ενθουσιασμό του παίκτη-ασθενή και μείωση στο ενδιαφέρον του για το παιχνίδι. Ανέφερε πως το παιχνίδι ήταν πιο διασκεδαστικό αρχικά αλλά ακόμα του αρέσει, καθώς και ότι τα υπάρχοντα παιχνίδια είναι ικανοποιητικά αλλά θεωρεί πως με νέα παιχνίδια η διαδικασία θα γινόταν ακόμα πιο ενδιαφέρουσα και διασκεδαστική.

### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η έρευνα [8] ξεκίνησε κατά την καλοκαιρινή περίοδο όπου ο προγραμματισμός ήταν πιο ευέλικτος για το σχολείο. Το πρόγραμμα των μαθημάτων του σχεδιάστηκε για να επιτρέπει 2 ή 3 συνεδρίες την εβδομάδα. Ο ασθενής που επιλέχθηκε συμμετείχε σε 11 συνεδρίες για 4 εβδομάδες. Οι συνεδρίες διαρκούσαν από 60 μέχρι 90 λεπτά, επιλέγοντας παιχνίδια που διαρκούσαν με τη σειρά τους από 5 δευτερόλεπτα μέχρι 5 λεπτά. Αυτοί οι χρόνοι επιλέχθηκαν με βάση την διαθεσιμότητα του ασθενή και έμοιαζε με μία σύντομη εντατική δοκιμασία μίας νέας θεραπείας. Είναι δυνατό να διατηρηθεί η συχνότητα όμως όχι η διάρκεια. Οι πρώτες 7 συνεδρίες επικεντρώθηκαν στο πως ο ασθενής χρησιμοποιεί το σύστημα μόνος του. Στην 8<sup>η</sup> συνεδρία, ένα παιδί που αναπτύσσεται φυσιολογικά

συνεργάστηκε με τον ασθενή. Στην 11<sup>η</sup> συνεδρία, έπαιξε με 2 και με 3 άτομα. Κατά τη διάρκεια της θεραπείας, συνέχισε τη φυσιοθεραπεία του (3 φορές την εβδομάδα) και την επαγγελματική του θεραπεία (2 φορές την εβδομάδα). Επίσης, συμμετείχε σε μία επαγγελματική θεραπευτική ομάδα για 1,5 ώρα την εβδομάδα. Ο έφηβος συμφώνησε να συμμετέχει στη διαδικασία και δεσμεύτηκε για όλο τον χρόνο. Οι συνεδρίες εποπτευόταν από 2 άτομα (γιατροί που εργάζονται στη νοσοκομειακή μονάδα).

Η παρέμβαση μέσω του παιχνιδιού σχεδιάστηκε για να εξυπηρετήσει 3 θεραπευτικούς σκοπούς για τα άτομα με τη συγκεκριμένη ασθένεια, τον έλεγχο της στάσης, τη λειτουργική ικανότητα και την οπτικό-αντιληπτική διαδικασία. Η λειτουργική κινητικότητα συνδύασε την οπτικό-αντιληπτική διαδικασία, τον έλεγχο της στάσης και την αντοχή στην προπόνηση σε όρθια στάση.

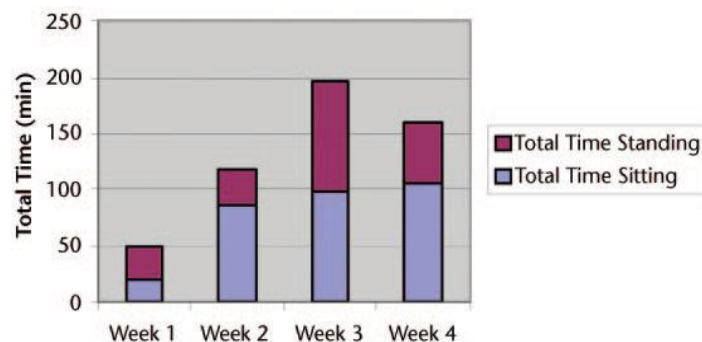
Θεωρούμε ότι η οπτικό-αντιληπτική επεξεργασία βελτιώθηκε επειδή εφαρμόστηκε σε όλα τα παιχνίδια. Η μεγαλύτερη βελτίωση του ασθενή ήταν στην οπτική διάκριση. Αυτά τα παιχνίδια αντιπροσωπεύουν ένα πραγματικό περιβάλλον και απαιτούν την εξαγωγή σχετικών χαρακτηριστικών από τις πληροφορίες που συλλέγονται. Για παράδειγμα το παιχνίδι του γκολφ απαιτεί από τον παίκτη να εντοπίσει την κόκκινη σημαία και την τρύπα μέσα από το πράσινο background και τα δέντρα.

Στην έρευνα [13] δόθηκε έμφαση στις επιδόσεις του ασθενή κατά τη διάρκεια των ασκήσεων στο εικονικό περιβάλλον. Αυτή η προσέγγιση τονώνει την κινητική συμπεριφορά που έχει οπτικό-αντιληπτικές απαιτήσεις αντί για την οπτικό-χωρική αντίληψη στην απομόνωση. Αυτή η προσέγγιση της εκπαίδευσης είναι σύμφωνη με την αντίληψη ότι είναι απαραίτητο να εμπλέξει τον ασθενή με τη συγκεκριμένη κινητική συμπεριφορά για να αποκτήσει τη σωστή αντίληψη του χώρου. Ο έλεγχος της στάσης, μετρήθηκε με την κατανομή του βάρους και τη ποσότητα της κίνησης σε όρθια στάση, βελτιώθηκε με την συνεχόμενη εξάσκηση. Έχοντας κλειστά τα μάτια του ο ασθενής, η κατανομή του βάρους του στα κάτω άκρα γίνεται πιο συμμετρική.

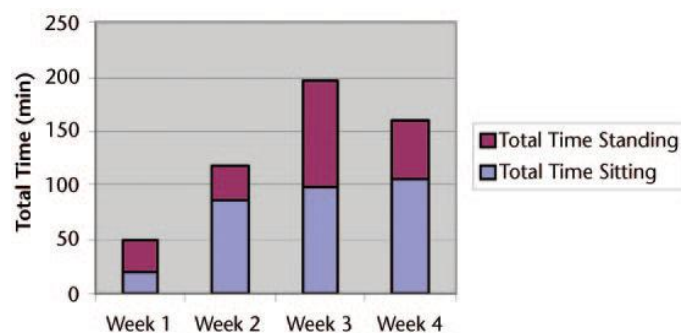
Η αναλογία του χρόνου της εξάσκησης σε όρθια στάση διαφέρει κάθε εβδομάδα από 35% ως 50%. Το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα που έμεινε ο ασθενής σε όρθια θέση ήταν 34 λεπτά. Αυτό ξεπέρασε κατά πολύ το θεραπευτικό στόχο που ήταν 5 λεπτά. Με την οπτικό-αντιληπτική επεξεργασία, η προσοχή επικεντρώθηκε στο παιχνίδι και την απόδοση μέσα στο εικονικό περιβάλλον αντί για την στάση του σώματος. Η διάρκεια και η ένταση της εξάσκησης διευκολύνεται με τη χρησιμοποίηση των παιχνιδιών του Wii σε σχέση με αυτά που είναι διαθέσιμα στους φυσιοθεραπευτές ως πρότυπο θεραπείας.

Η μεταφορά της εξάσκησης από το παιχνίδι στη διαδικασία της βάδισης είναι ένα εύρημα με σημαντικές θεραπευτικές επιπτώσεις, αν και τα δεδομένα αυτά πρέπει να ερμηνεύονται με προσοχή επειδή συλλέχθηκαν από το διάγραμμα του ασθενή. Μελλοντικές μελέτες θα πρέπει να περιλαμβάνουν μία δοκιμή 6 λεπτών, όπου ο ασθενής θα περπατά για να μπορούμε να μετρήσουμε την αντοχή του θεωρούμε ότι τόσο η οπτικό-αντιληπτική επεξεργασία όσο και ο έλεγχος της στάσης του σώματος σε συνδυασμό με την αντοχή, ίσως εξηγεί την βελτίωση στην λειτουργική κινητικότητα του ασθενή.

Υπάρχουν πολλές εξηγήσεις στο γιατί ο ασθενής βελτιώθηκε αφού εξασκήθηκε με το παιχνίδι. Μία εξήγηση είναι η ένταση της θεραπείας. Σίγουρα ξεπέρασε τη διάρκεια της έντασης σε σχέση με τις θεραπευτικές συνεδρίες, καθώς και των επαναλήψεων. Αυτά τα χαρακτηριστικά της προπόνησης προάγουν αλλαγή στη συμπεριφορά καθώς και την νευρική πλαστικότητα σε παιδιά με εγκεφαλική παράλυση. Τελικά, η πολυαισθητηριακή ανατροφοδότηση παρέχεται από το σύστημα μπορεί να εξηγεί τη βελτίωση στην απόδοση καθώς και την μάθηση. Η «πλούσια» ανατροφοδότηση περιλαμβάνει ακουστικές, οπτικές και απτικές πληροφορίες μαζί με τη γνώση της απόδοσης καθώς και γνώση των αποτελεσμάτων. Όλοι αυτοί οι υποθετικοί μηχανισμοί θα μπορούν να δοκιμαστούν.



Εικόνα 15: Κατανομή Της Εξάσκησης Ανάλογα Με Τη Θέση, [13]



Εικόνα 16: Κατανομή Των Παιχνιδιών Ανά Εβδομάδα, [13]



## **2.2.5 SeeMe**

### **ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ**

Σε αυτή τη μελέτη των Sugarman H., Burstin A. και Brown R. [14] παρουσιάζεται ένα νέο σύστημα εικονικής πραγματικότητας, το SeeMe. Σε αντίθεση με τα άλλα συστήματα εικονικής πραγματικότητας που απαιτούν μία κύρια οθόνη ή κάποιον άλλον ειδικό εξοπλισμό, το SeeMe δεν απαιτεί κανέναν εξοπλισμό εκτός από μία κάμερα και έναν υπολογιστή με καλή κάρτα γραφικών. Ένα ακόμη πλεονέκτημα του σε αντίθεση με άλλα συστήματα εικονικής πραγματικότητας που έχουν χρησιμοποιηθεί για αξιολόγηση και θεραπεία παράλυσης, το SeeMe σχεδιάστηκε για να χρησιμοποιηθεί, όταν το άτομο στέκεται όρθιο ή κινείται. Αυτό προσδίδει μία διάσταση βύθισης και ανεπαρκή οικολογική εγκυρότητα που χρησιμοποιούνται μόνο σε συνεδριάσεις [14].

Το SeeMe είναι ένα προβλεπόμενο σύστημα εικονικής πραγματικότητας με νέους αλγορίθμους για την κίνηση, την αναγνώριση της κίνησης και την ανάλυση. Οι συμμετέχοντες στέκονται ή κάθονται σε μία οριοθετημένη περιοχή κοιτώντας μία μεγάλη οθόνη που εμφανίζει λειτουργικές ασκήσεις, όπως η επαφή με εικονικές μπάλες. Ο ασθενής βλέπει τον εαυτό του στην οθόνη που αλληλεπιδρά με την εικονική ιστορία σε πραγματικό χρόνο, χρησιμοποιώντας κινήσεις του κορμού και των άκρων του, έτσι ώστε να φαίνεται ότι ο χρήστης είναι μέρος του εικονικού περιβάλλοντος, οδηγώντας σε «δέσμευση» την τεχνική εργασία. Μία οθόνη-κάμερα συνδυάζεται με την οθόνη και έτσι δημιουργείται ένα σύστημα παρακολούθησης που καταγράφει και μετατρέπει τις κινήσεις του ασθενή για επεξεργασία.

Το SeeMe διαφέρει από τα περισσότερα συστήματα εγγραφής μέσω video με πολλούς τρόπους:

- Δεν απαιτούνται σημάδια, καλώδια ή μονοχρωματικό φόντο.
- Το σύστημα χρησιμοποιεί αναγνώριση κινήσεων και όχι μόνο αναγνώριση του χρώματος, καθώς και δεν υπάρχει ανάγκη για ειδικά χρωματιστά γάντια.
- Το σύστημα δεν χρειάζεται να βαθμολογείται πριν από κάθε συνεδρία.
- Ένα μοναδικό χαρακτηριστικό του SeeMe είναι ότι η απόδοση του πελάτη μπορεί να παρακολουθείται online και οι παράμετροι των εικονικών ασκήσεων μπορούν να τροποποιηθούν ακόμα και στη μέση του παιχνιδιού. Έτσι η εξάσκηση μπορεί να γίνει αμέσως ευκολότερη ή πιο δύσκολη ανάλογα με την απόδοση του ασθενή.

Το αποτέλεσμα των μετρήσεων, συμπεριλαμβανομένου του χρόνου κίνησης, του ποσοστού επιτυχίας και των παραμέτρων του εικονικού παιχνιδιού, αποθηκεύονται

και μπορούν να ανακτηθούν εύκολα. Ο χρόνος κίνησης ορίζεται ως ο χρόνος που περνά μεταξύ της εμφάνισης του στόχου και της εικονικής επαφής με τον στόχο από το υποκείμενο.

### ΚΟΣΤΟΣ

Τα επίσημα δεδομένα για τους οικονομικούς πόρους της συγκεκριμένης μελέτης [14] δεν δημοσιεύθηκαν με συνέπεια να μην είναι δυνατό να προσδιοριστεί το συνολικό της κόστος. Παρ' όλα αυτά σε όλες τις δημοσιεύσεις που περιέγραφαν τη χρήση του SeeME ως μέθοδος απομακρυσμένης αποκατάστασης, αναφέρεται πως οι συσκευές που είναι απαραίτητες και τα στοιχεία εισόδου, είναι μια τηλεόραση και μία κάμερα. Συνεπώς, τονίζεται πως το συνολικό σύστημα που δημιουργήθηκε για αυτή την έρευνα χαρακτηρίζεται ως χαμηλού κόστους.

### TARGET GROUP

Η έρευνα για το SeeMe [14] αναφέρεται στο αποτέλεσμα και την σκοπιμότητα της χρήσης ενός νέου συστήματος εικονικής πραγματικότητας, για την εκτίμηση και τη θεραπεία της μονομερούς χωρικής παράλυσης σε ένα άτομο που αναρρώνει μετά από ένα εγκεφαλικό επεισόδιο. Η μονομερής χωρική παράλυση (USN) είναι μία νευρολογική διαταραχή που χαρακτηρίζεται από την αναπηρία του ατόμου να αντιληφθεί ή να αντιδράσει επαρκώς στα εξωτερικά ερεθίσματα. Επιπλέον, επηρεάζει την ικανότητα των ασθενών να εκτελούν πολλές από τις καθημερινές δραστηριότητες και είναι γνωστό ότι έχει αρνητική επίδραση στην πιθανότητα επιτυχούς αποκατάστασης.

Πολλές θεραπευτικές μέθοδοι έχουν χρησιμοποιηθεί για τη μονομερή χωρική παράλυση χωρίς αποτέλεσμα για το ποια μέθοδος ήταν η πιο λειτουργική. Στην κλινική η εκτίμηση του USN γίνεται συνήθως χρησιμοποιώντας το κλασσικό τεστ με το χαρτί και το μολύβι. Ωστόσο, αυτή η μέθοδος έχει σοβαρά μειονεκτήματα και υπάρχει ανάγκη για την ανάπτυξη διαφορετικών μεθόδων για την αξιολόγηση του USN. Η τεχνολογία της εικονικής πραγματικότητας έχει μεγάλες ευκαιρίες για την ανάπτυξη αποτελεσματικών μεθόδων αξιολόγησης και θεραπείας επειδή μπορεί να προσφέρει ένα περιβάλλον συνδυασμένο και ιδιαίτερα ελέγξιμο. Σε έναν εικονικό κόσμο, ο ασθενής δεν αντιδρά μόνο στα ερεθίσματα, όπως προκύπτει από τα μηχανογραφικά τεστ, αλλά μπορεί πραγματικά να αλληλεπιδράσει με έναν υπολογιστή 3σδιάστατης γενιάς, σαν να βρίσκεται σε ένα πραγματικό περιβάλλον παρέχοντας ένα νέο τομέα που έχει τη δυνατότητα για αξιολόγηση και θεραπεία.

### ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

Κατά την εφαρμογή του συστήματος του SeeMe δεν εμφανίστηκαν τεχνικά προβλήματα ούτε κατά την εγκατάσταση του ούτε κατά τη χρήση του [14]. Το

σύστημα ήταν αρκετά ευαίσθητο ώστε να ανιχνεύσει την παρουσία της μονομερούς χωρικής παράλυσης που δεν βρέθηκε από το απλό τεστ. Σαφώς μια πιο πλήρης κλινική δοκιμή είναι απαραίτητη προκειμένου να εξεταστεί η ακρίβεια και η αποτελεσματικότητα του SeeMe.

### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Το άτομο που επιλέχθηκε για την έρευνα [14] ήταν μία γυναίκα που είχε υποστεί εγκεφαλικό στο δεξί ημισφαίριο 15 μήνες πριν. Η γυναίκα ζούσε στο σπίτι της και δεν υποβαλλόταν σε καμία θεραπεία αποκατάστασης. Ήταν ανεξάρτητη στις καθημερινές της δραστηριότητες και είχε προσανατολισμό στο χώρο και στον χρόνο. Η γυναίκα παρακολούθησε για 8 εβδομάδες μονόωρες συνεδρίες θεραπείας χρησιμοποιώντας το SeeMe. Τρία από τα παιχνίδια-ασκήσεις της εφαρμογής χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση του παίκτη. Επίσης, τη πρώτη και τη τελευταία μέρα της θεραπείας χρησιμοποιήθηκε και αξιολόγηση με χαρτί και μολύβι για τη συμπλήρωση ενός ερωτηματολογίου.

Κατά τη διάρκεια της μελέτης δεν έδειξε κάποια εμφανή αναπηρία να έχει μείνει από το εγκεφαλικό επεισόδιο πέρα από κάποια σημάδια εγκεφαλικής παράλυσης στο αριστερό ημισφαίριο. Για παράδειγμα, παραπονέθηκε πως χτύπησε στην αριστερή πλευρά της πόρτας όταν πήγε να περάσει και δεν έδινε προσοχή στα άτομα και τα αντικείμενα που βρίσκονταν στην αριστερή μεριά του οπτικού της πεδίου. Επιπλέον, παραπονέθηκε πως αισθανόταν αποπροσανατολισμένη και πως δεν ήταν σε θέση να ακολουθήσει καμία διαδρομή που απαιτούσε συνεχόμενες στροφές προς τα δεξιά και τα αριστερά και έτσι ποτέ δεν έφυγε από το σπίτι της χωρίς την απαραίτητη συνοδεία. Δοκιμάστηκε σε ασκήσεις με χαρτί και μολύβι τις οποίες συμπλήρωσε γρήγορα και εύκολα.

Η αξιολόγηση εικονικής πραγματικότητας έγινε χρησιμοποιώντας τις ασκήσεις αντίδρασης του SeeMe. Σε αυτή την άσκηση, εικονικές μπάλες εμφανίζονται τυχαία και στις 2 πλευρές της οθόνης. Το θέμα του ατόμου είναι να αγγίξει την εικονική μπάλα μέσα σε ένα καθορισμένο χρονικό διάστημα. Το σύστημα καταγράφει τόσο τον αριθμό των αποτυχιών όσο και τον απαραίτητο χρόνο προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος. Ο μέσος όρος χρόνου της κίνησης για τους στόχους στην αριστερή πλευρά της οθόνης ήταν 1.282 msecs σε σύγκριση με 1.040 msecs (που ήταν ο χρόνος για τους στόχους) στην δεξιά πλευρά. Δηλαδή, ο χρόνος κίνησης από την αριστερή πλευρά ήταν 23% μεγαλύτερος από την δεξιά. Στην πρώτη αξιολόγηση έχασε τις μισές μπάλες (50%) στην αριστερή πλευρά και καμία από την δεξιά. Στην τελική αξιολόγηση, ο χρόνος κίνησης είχε μειωθεί σε 968 και 861 msecs για την αριστερή και την δεξιά πλευρά αντίστοιχα και η διαφορά μεταξύ αριστερής και δεξιάς κίνησης του χεριού μειώθηκε από 243 msecs σε 106 msecs. Κατά συνέπεια, από την τελευταία θεραπεία, ο χρόνος κίνησης του αριστερού χεριού ήταν μόνο

12% μεγαλύτερος από τον χρόνο του δεξιού. Στην τελική αξιολόγηση δεν έχασε καμία μπάλα.

Περίπου στη μέση των συνεδριών ζητήθηκε από τον ασθενή να κρατήσει ένα ημερολόγιο και να καταγράψει τον αριθμό των φορών που θα χτυπήσει στην πόρτα και άλλα αντικείμενα. Εκείνη απάντησε πως δεν ήταν αναγκαίο, αφού σπάνια έπεφτε πάνω σε κάτι πλέον. Την τελευταία μέρα της θεραπείας, επιβεβαίωσε ότι υπήρχε μία μεγάλη βελτίωση στην σύγκρουση με διάφορα αντικείμενα στο περιβάλλον της. Επίσης, ισχυρίστηκε ότι ήταν λιγότερο αποπροσανατολισμένη από ότι ήταν στο παρελθόν και θα μπορούσε τώρα να ακολουθήσει απλές διαδρομές όπου απαιτούνται συνεχόμενες στροφές και επιχείρησε μόνη της σύντομες διαδρομές εκτός σπιτιού.

Όπως γίνεται κατανοητό μετά τη θεραπεία ο ασθενής παρουσίασε βελτιωμένους χρόνους κίνησης και στα δύο (2) ημισφαίρια, που δείχνει πως πήρε κάτι από τη χρήση του συστήματος. Ωστόσο, είναι αξιοσημείωτο ότι η διαφορά μεταξύ των χρόνων κίνησης στην αριστερή και δεξιά πλευρά μειώθηκε σημαντικά μεταξύ της πρώτης και της τελευταίας συνεδρίας. Μαζί με το μειωμένο χρόνο στην αριστερή πλευρά, ο ασθενής έδειξε βελτίωση στη λειτουργία του και συγκεκριμένα στη σύγκρουση με άλλα αντικείμενα και στον προσανατολισμό του. Ο ασθενής δέχτηκε ευχάριστα την θεραπεία του και απόλαυσε τη θεραπεία. Τέλος δε παρουσίασε καμία ενόχληση, όπως ναυτία ή ζάλη κατά την χρήση του συστήματος.

## **2.2.6 MIRA**

### **ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ**

Γνωρίζοντας τις νέες τάσεις στον τομέα της ιατρικής, το MIRA, όπως έχει σχεδιαστεί, θα μπορούσε να φτιάξει ένα κατάλληλο πλαίσιο για την εκπλήρωση των νέων ιατρικών στόχων. Οι εφαρμογές και τα παιχνίδια δημιουργήθηκαν έτσι ώστε να απαιτούν τις ίδιες κινήσεις με τις ιατρικές ασκήσεις, ενώ παρακολουθούνται οι κινήσεις του ασθενούς, έτσι ώστε να αξιολογηθεί η ορθότητα των ασκήσεων, να προσαρμοστούν με τις δυνατότητες κίνησης του ασθενή και να παρέχουν στατιστικά στοιχεία σχετικά με την απόδοση και τη βελτίωση του. Με αυτόν τον τρόπο δεν απαιτείται η παρουσία εξειδικευμένου ιατρικού προσωπικού όλη την ώρα, καθώς οι κινήσεις εποπτεύονται σωστά και αυτό το είδος της θεραπείας θα μπορούσε να αντικαταστήσει ένα μεγάλο ποσοστό των κλασικών ασκήσεων [15].

Αρχικά, για την παρακολούθηση της κίνησης του ασθενή, χρησιμοποιήθηκε ένα μέτρο επιτάχυνσης, επειδή ήταν πολύ καλό για την ανίχνευση των κινήσεων του χεριού σε 4 κατευθύνσεις και την προσέγγιση της επιτάχυνσης της κίνησης, ενώ συνδέεται με το χέρι του ασθενή. Η ιδέα ήταν να δημιουργηθεί ένα σύστημα που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί με οποιαδήποτε συσκευή που περιέχει μέτρο επιτάχυνσης, όπως το WiiMote, ένα smartphone και ούτω καθεξής, για να κρατηθεί το επιπλέον κόστος χαμηλά και να αυξηθεί το εύρος της εφαρμογής σε κάθε είδος ατόμου. Παρ' όλα αυτά, είχε διαφορετικά ρεύματα για πιο σύνθετες κινήσεις, κάτι πιο περίπλοκο ήταν απαραίτητο για την παρακολούθηση της κίνησης, για την πρόληψη απάτης και για να μπορεί να παρακολουθεί ακόμη και ασθενής που μπορούν να κάνουν μόνο μικρές περιορισμένες κινήσεις, με πολύ μικρή επιτάχυνση. Αυτό απαιτεί την ενσωμάτωση με κάποιος άλλους αισθητήρες που θα έχουν αυξημένο κόστος και θα μας οδηγήσουν μακριά από την κύρια ιδέα της προσαρμογής με άλλες υπάρχουσες συσκευές.

Ελέγχοντας τα προϊόντα τελευταίας τεχνολογίας, το Microsoft Kinect είναι ένας απλός αισθητήρας που παρέχει πλήρη στοιχεία με ότι είναι απαραίτητο, δηλαδή να ανιχνεύσει το ανθρώπινο σώμα και τις αρθρώσεις του, παρέχοντας στοιχεία σχετικά με τη θέση σε ένα 3D χώρο. Είναι ασύρματο, δεν απαιτεί άλλες συσκευές συνδεδεμένες στο σώμα, δεν εξαρτάται από το φως, το μαγνητισμό ή άλλους παράγοντες του περιβάλλοντος, επειδή βασίζεται σε μία webcam, μία infraredcam και έναν αισθητήρα βάθους που αλληλοσυμπληρώνονται στην ανίχνευση 3D αντικειμένων.

Ένα άλλο αποτελεσματικό χαρακτηριστικό είναι ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο νοσοκομείο, με δύο ασθενείς ταυτόχρονα ή στο σπίτι για αυτούς που έχουν τον αισθητήρα Kinect. Η κριτική που λαμβάνεται είναι σημαντική για όλες τις

περιπτώσεις και μπορεί να εξυπηρετήσει το ιατρικό προσωπικό να αποφασίσει το επόμενο βήμα της θεραπείας.

Το MIRA αποτελείται από μία επιτραπέζια εφαρμογή διεπαφής για τον θεραπευτή, που διαχειρίζεται την λίστα των ασθενών και τα δεδομένα τους και από μία σειρά από εφαρμογές και παιχνίδια που αντιστοιχούν σε διαφορετικά είδη ασκήσεων. Αυτό που μας ενδιαφέρει κυρίως είναι το 2<sup>ο</sup> μέρος, κυρίως η αλληλεπίδραση μεταξύ εφαρμογής και ασθενή κατά τη διάρκεια των ασκήσεων, που παρέχει ο αισθητήρας Kinect.

Οι υπάρχουσες εφαρμογές μπορούν να χωριστούν σε διάφορες κατηγορίες, σύμφωνα με τη λειτουργικότητα τους στις εφαρμογές για την βαθμονόμηση του χρήστη, εφαρμογές εκμάθησης, εκτέλεσης και διόρθωσης τυπικών ασκήσεων και κινήσεων για παιχνίδια σχεδιασμένα για τον ίδιο τύπο ασκήσεων. Οι πρώτοι 2 τύποι εφαρμογών αποτελούνται από σταδιακές ασκήσεις και κινήσεις για τους αρχάριους, για να συνηθίσουν το σύστημα και την εκτέλεση των ασκήσεων με το MIRA. Η τελευταία κατηγορία έχει μεγάλη ποικιλία παιχνιδιών όπου απασχολούν τον ασθενή με μία σειρά από ασκήσεις προσαρμοσμένες στις δυνατότητες κίνησης του, χρησιμοποιώντας τις τιμές που υπολογίστηκαν στις προηγούμενες ασκήσεις.

Οι εφαρμογές μπορούν επίσης να ταξινομηθούν από την αναγνώριση της κίνησης που χρειάζεται να γίνει από τον ασθενή. Η στάση «ψ» αναφέρεται σε προχωρημένους ασθενείς που μπορούν να σηκώσουν τα χέρια του πάνω, ενώ η χειρονομία του κύματος για τους ασθενείς που είναι ικανοί να εκτελούν μόνο περιορισμένες ασκήσεις.



Εικόνα 17: Η Στάση "Y", [15]

Από τεχνικής άποψης, η οπτική ανάδραση των εφαρμογών βασίζεται είτε σε εικονική είτε σε επαυξημένη πραγματικότητα, σε όλους τους τύπους των

εφαρμογών και παιχνιδιών που αναπτύσσονται με τη γλώσσα προγραμματισμού C, χρησιμοποιώντας WPF, Silverlight και OpenTK.

Οι παρούσες ασκήσεις προτάθηκαν και επικυρώθηκαν από ειδικούς γιατρούς και αποτελούν τα βασικά στοιχεία της θεραπείας αποκατάστασης των άνω άκρων. Για τις τυπικές ασκήσεις, οι ασθενείς πρέπει να περάσουν τη φάση της βαθμονόμησης, μετά την οποία πρέπει να ακουμπήσουν με το χέρι τους (πιο συγκεκριμένα με το εικονικό τους χέρι που παρακολουθείται από τον αισθητήρα) κάποια στοιχεία στην οθόνη ανάλογα με τον τύπο των ασκήσεων (επέκταση του ώμου, κίνηση αριστερά και δεξιά και κάμψη-επέκταση του αγκώνα). Στη φάση της βαθμονόμησης, το σύστημα υπολογίζει τις διαστάσεις του σώματος του χρήστη και προσαρμόζει τη θέση των σημείων που σηματοδοτούν την επιθυμητή κίνηση, σύμφωνα με τις ιδιαιτερότητες του ασθενή. Οι ασκήσεις είναι σταδιακές που σημαίνει ότι ξεκινούν με έναν απλό τρόπο και καθώς αυξάνεται το επίπεδο της άσκησης, τα σημεία που τοποθετούνται για να τα αγγίξει το χέρι γίνονται πιο περίπλοκα και ευρεία (π.χ. σε μία κίνηση περιστροφής, τα σημεία βρίσκονται σε έναν μικρό κύκλο και επεκτείνονται μέχρι το χέρι να τεντωθεί τελείως). Στην περίπτωση των παιχνιδιών, ακολουθείται η ίδια διαδικασία μόνο αντί των σημείων υπάρχουν διάφορα αστεία στοιχεία, όπως πεταλούδες και πιο σύνθετες κινήσεις.

Επίσης το σύστημα επαληθεύει τη σωστή θέση του σώματος σε σχέση με την αρχική θέση βαθμονόμησης, από άποψη απόστασης, τη σωστή θέση ώμου και αγκώνα σε σχέση με τον αισθητήρα του Kinect και το χέρι κατά τη διάρκεια της άσκησης. Εάν ένα τέτοιο λάθος ανιχνευτεί, ο χρήστης δεν μπορεί να συνεχίσει την άσκηση, εκτός εάν η άσκηση γίνεται σωστά. Φυσικά, ένα μικρό ποσοστό λάθους είναι αποδεκτό και ρυθμίζεται εύκολα σύμφωνα με την αναπηρία των ασθενών, γνωρίζοντας ότι μπορεί να μην είναι ικανοί για τέλεια απόδοση στην αρχή.

Η σημασία του συστήματος είναι ότι εφαρμόζει ειδικές ασκήσεις και παιχνίδια, που ταιριάζουν με τις ειδικές απαιτήσεις των ασθενών που χρειάζονται θεραπεία αποκατάστασης. Με αυτόν τον τρόπο, όταν εμφανίζεται μία συγκεκριμένη νέα υπόθεση, είναι εύκολο να προσαρμόσουμε κάτι σε αυτό, χωρίς να απαιτείται η κατασκευή νέας συσκευής που θα ταιριάζει με τις ειδικές ανάγκες του ασθενή. Ως αποτέλεσμα, οι ασθενείς μπορούν να εκτελέσουν με τις σωστές ασκήσεις με διασκεδαστικό τρόπο, διασφαλίζοντας την αποκατάστασή τους, επειδή αυξάνεται το ηθικό τους και οι ασκήσεις προσαρμόζονται τέλεια σε αυτούς σε θέματα δυσκολίας και διασκέδασης και μπορούν να εκτελέσουν τις ασκήσεις οποιαδήποτε στιγμή, ανεξάρτητα από τη διαθεσιμότητα του θεραπευτή.

## ΚΟΣΤΟΣ

Τα επίσημα δεδομένα για τους οικονομικούς πόρους της συγκεκριμένης μελέτης των Calin A., A. Cantea A., Dascalu A., Mihaiul C. και Suciul D.[15] δεν δημοσιεύθηκαν με συνέπεια να μην είναι δυνατό να προσδιοριστεί το συνολικό της κόστος. Παρ' όλα αυτά αναφέρεται πως το σύστημα έχει ένα πολύ ευέλικτο λογισμικό και είναι πολύ πιο εύχρηστο για τα κέντρα αποκατάστασης καθώς απαιτεί μόνο μία συσκευή χαμηλού κόστους με πολλές δυνατότητες, που εκτελούνται σε σύντομο χρονικό διάστημα. Συνεπώς το συνολικό σύστημα που δημιουργήθηκε για αυτή την έρευνα χαρακτηρίζεται ως χαμηλού κόστους.

## TARGET GROUP

Το MIRA ένα σύστημα που αποτελείται από δραστικές εφαρμογές και παιχνίδια που βασίζονται σε εξωτερικούς αισθητήρες και δημιουργήθηκε για να βοηθήσει τους ασθενείς κατά τη διάρκεια της θεραπείας αποκατάστασης.

Οι τύποι των ασκήσεων και των παιχνιδιών που εφαρμόζονται σήμερα από το MIRA περιλαμβάνουν τις βασικές κινήσεις του χεριού, προέκταση και τέντωμα του ώμου και του αγκώνα, περιστροφή του ώμου, επιδεξιότητα και αντανακλαστικά όλου του χεριού, αναλυτική κίνηση των δακτύλων. Κάθε εφαρμογή έχει επιλογή για την εξ αποστάσεως παρακολούθηση, που θα είναι έτοιμη να ενεργοποιηθεί και να χρησιμοποιηθεί μετά τη ρύθμιση σε ένα μεγάλο ιατρικό σύστημα.

## ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

Κατά την εφαρμογή του συστήματος του MIRA δεν εμφανίστηκαν ούτε αναφέρθηκαν από τους ασθενείς κάποιοι σοβαροί περιορισμοί, παρά μόνο κάποια λογικά τεχνικά προβλήματα που επιλύθηκαν κατά τη διάρκεια της έρευνας [15].

Παρέχοντας μία καλή οπτική και ακουστική κριτική, αυτές οι εφαρμογές και τα παιχνίδια είναι πολύ δεσμευτικά και παρέχουν κίνητρο στους ασθενείς για να ξεπεράσουν τα όρια τους και να επανακτήσουν τα αντανακλαστικά και την επιδεξιότητα τους. Επιπλέον, τα παιχνίδια σχεδιάζονται με ποσοστό 80% αυτών να στοχεύουν στο να διατηρήσει ο ασθενής το κίνητρο του για παιχνίδι και να μην απογοητευτεί επειδή συνεχώς χάνει ή δημιουργηθεί το αίσθημα της πλήξης επειδή συνεχώς κερδίζει.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η εφαρμογή είχε μεγάλη επιτυχία στους ασθενείς που μπορούν να αναρρώσουν σίτι παίζοντας, καθώς και στους ιατρούς που κερδίζουν περισσότερο χρόνο. Δοκιμές που έγιναν σε ασθενείς στο νοσοκομείο Cluz-Narota απέδειξαν ότι οι εφαρμογές και τα παιχνίδια έκαναν τους ασθενείς να συμμετάσχουν πολύ έντονα



στη φυσιοθεραπεία και τους παρακίνησε να εκτελέσουν τις ασκήσεις ενώ καταγράφουν πλήρως την προσοχή τους και την απόδοσή τους. Ως αποτέλεσμα παρατηρήθηκαν πολύ σύντομα βελτιώσεις στη φυσική κινητικότητα και τα αντανακλαστικά και επίσης στην ψυχική κατάσταση του ασθενή.

Το κύριο θέμα της μελέτης [15] ήταν ένας άνδρας 30 ετών που αναρρώνει από κάταγμα στον ώμο. Αρχικά, δεν ήταν σε θέση να κάνει την στάση «Υ», για αυτό παραλήφθηκε και η διαδικασία συνεχίστηκε με πιο απλά παιχνίδια που απαιτούν χειρονομίες σαν κύμα για την ανίχνευση του χεριού. Αυτά τα παιχνίδια κέντρισαν το ενδιαφέρον του ασθενή και συγκεντρώθηκε στη νίκη, το χέρι του έκανε μεγαλύτερες κινήσεις από ότι συνήθως, πιέζοντας τον εαυτό του να κάνει κάτι παραπάνω. Ακόμη αναρρώνει, αλλά φαίνεται να κινητοποιήθηκε από το MIRA και να βελτιώνεται γρήγορα. Ακόμη δεν μπορεί να πραγματοποιήσει τη στάση «Υ», το οποίο τον κρατά από την εκτέλεση πολλών ασκήσεων που θα του ταίριαζαν πολύ καλύτερα και θα τον βοηθούσαν περισσότερο, οπότε θα ήταν απαραίτητο να δημιουργηθεί μία πιο βελτιωμένη βαθμονόμηση που επιτρέπει την ανίχνευση πόζας σε κάποια άλλη θέση που θα είναι πιο εύκολο να πραγματοποιηθεί από ένα άτομο με αναπηρία στη κίνηση του ώμου.

Το MIRA φαίνεται να έχει επιτύχει το σκοπό του, κάνοντας την διαδικασία της ανάρρωσης για τα άνω άκρα πιο αποτελεσματική και ευχάριστη χρησιμοποιώντας εφαρμογές και παιχνίδια βασισμένα σε εξωτερικούς αισθητήρες (κυρίως το Kinect), αλλά απαιτούνται μελλοντικές βελτιώσεις για τη χρήση του σε κέντρα αποκατάστασης ακόμη και στο σπίτι. Οι ιατρικοί σύμβουλοι, οι οποίοι συμμετέχουν στην έρευνα, προτείνουν να επεκταθεί η χρήση του MIRA. Κατά συνέπεια, θα υποστηρίξει και άλλες αναπηρίες, καθώς και μία ευρύτερη κλίμακα ασκήσεων και παιχνιδιών και μία πιο σύνθετη ερμηνεία των εισερχόμενων δεδομένων των κινήσεων των ασθενών. Κατά αυτόν τον τρόπο θα προσφέρει τη δυνατότητα στους γιατρούς να δημιουργήσουν εύκολα καινούργιες ασκήσεις και παιχνίδια χρησιμοποιώντας ένα ειδικά σχεδιασμένο πλαίσιο. Επίσης, μια διαφορετική στάση ανίχνευσης χρειάζεται να εφαρμοστεί, για να αυξηθεί η προσαρμοστικότητα του συστήματος για κάθε είδος αναπηρίας που θα μπορούσε να επωφεληθεί από αυτό αλλά αυτό εφαρμόζεται με το επίσημο Microsoft Kinect SDK που έχει κυκλοφορήσει και τώρα θεωρείται το μέλλον για την εφαρμογή της εφαρμογής MIRA.

Αλλά η πιο σημαντική επιστημονική συμβολή του συστήματος είναι το γεγονός ότι προσφέρει ένα καινούργιο τρόπο χρήσης της τεχνολογίας προς όφελος της ιατρικής. Επιπλέον, βασισμένο σε παρόμοια υπάρχοντα συστήματα που έχουν αποδειχθεί χρήσιμα, παίρνει τα καλύτερα στοιχεία από το καθένα, δημιουργώντας ένα νέο σύστημα με πολλές δυνατότητες. Το σύστημα αυτό είναι αναγνωρίσιμο τόσο από τους ειδικούς ιατρικούς θεραπευτές όσο και από τους ερευνητές σε αυτόν το τομέα

της τεχνολογίας. Ακόμη και αν στις κλασικές θεραπείες η καθοδήγηση του φυσιοθεραπευτή είναι σημαντική κατά τη διάρκεια των ασκήσεων σε πολλές περιπτώσεις δεν είναι παραγωγική. Σε αυτή τη περίπτωση αυτό το νέο σύστημα θα μπορεί να τη συμπληρώσει ακόμη και να την αντικαταστήσει με έναν πολύ αποτελεσματικό τρόπο.

## **2.2.7 Thera Game**

### **ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ**

Οι περιορισμοί των ήδη υπαρχόντων συστημάτων εικονικής πραγματικότητας (VR) όσον αφορά στη χρήση τους για θεραπεία στο σπίτι μας οδήγησε στην ανάπτυξη του Thera Game, ενός νέου συστήματος εικονικής πραγματικότητας καταγραφής βίντεο. Το Thera Game λειτουργεί σε έναν κοινό υπολογιστή με μία απλή κάμερα. Το λογισμικό είναι προγραμματισμένο να χρησιμοποιεί το οπτικό σήμα αλληλεπίδρασης Javabased. Το σύστημα αυτό επιτρέπει γρήγορη και εύκολη αναγνώριση των εικονικών αντικειμένων και της συμπεριφοράς τους. Ο χρήστης κάθεται μπροστά από την οθόνη, βλέπει τον εαυτό του και χρησιμοποιεί τις κινήσεις του για να αλληλεπιδράσει με τα εικονικά αντικείμενα. Ο στόχος είναι να παρουσιάσει το σύστημα έναν αριθμό από τρέχουσες εφαρμογές και κάποια δοκιμαστικά αποτελέσματα της αρχικής του χρήσης. Τα αποτελέσματα από μία μελέτη με δώδεκα υγιείς ηλικιωμένους έδειξαν μέτρια ως υψηλά επίπεδα διασκέδασης και χρηστικότητας. Αυτά τα αποτελέσματα ήταν επίσης υψηλά όπως αναφέρθηκε από τέσσερις συμμετέχοντες με νευρολογική ανεπάρκεια. Ορισμένοι περιορισμοί στη λειτουργικότητα του συστήματος αναφέρθηκαν από ένα άτομο το οποίο είχε υποστεί εγκεφαλικά επεισόδια, το οποίο χρησιμοποίησε το TheraGame στο σπίτι του για δύομισι εβδομάδες. Συνολικά, το TheraGame φαίνεται να έχει σημαντικές δυνατότητες για αποκατάσταση στο σπίτι [16].

Προς το παρόν, οι κύριες πλατφόρμες που έχουν χρησιμοποιηθεί η αποκατάσταση είναι οι Gesture Tek (γνωστή ως VividGroup) GX και IRex (διαδραστικές ασκήσεις αποκατάστασης), ([www.Irex.com](http://www.Irex.com)). Τα τελευταία τρία χρόνια, η εφαρμογή Eye Toy για το Playstation 2 έχει αρχίσει να χρησιμοποιείται ως εργαλείο αποκατάστασης. Το EyeToy της Sony είναι μια εφαρμογή χαμηλού κόστους η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί σχεδόν κάτω από οποιοσδήποτε συνθήκες περιβάλλοντος. Ωστόσο, δεν μπορεί να προσαρμοστεί στα κινητικά προβλήματα του πελάτη, ιδίως όταν οι βλάβες είναι σοβαρές.

Οι περιορισμοί των δυο αυτών συστημάτων, όσων αφορά στην χρήση τους για θεραπεία στο σπίτι, μας οδήγησε στην ανάπτυξη του Thera Game, ένα νέο σύστημα VR καταγραφής βίντεο. Το Thera Game είναι ένα καινοτόμο σύστημα VR για δυναμική, χαμηλού κόστους θεραπεία αποκατάστασης με τηλε-ιατρικές δυνατότητες. Είναι κατάλληλο για χρήση κυρίως σε νοσοκομεία, τοπικές κλινικές, εγκαταστάσεις χρόνιας φροντίδας και το σπίτι. Δίνει τη δυνατότητα στους ασθενείς να συμμετάσχουν σε δραστηριότητες μέσω του υπολογιστή που βελτιώνουν την κίνησή τους, τις νοητικές ικανότητες ενώ μετρά ταυτόχρονα την απόδοσή τους. Το σύστημα βασίζεται σε χαμηλού κόστους, τεχνικώς απλές, συνιστώσες και έτσι είναι προσιτό σε ένα ευρύ φάσμα καταναλωτών ( διαφορετικής κουλτούρας). Επιπλέον,

μπορεί να αυξήσει το ποσό και την ένταση των απλών, επαναλαμβανόμενων ασκήσεων που οι ασθενείς μπορούν να κάνουν μόνοι τους ή με την ελάχιστη επίβλεψη, ελευθερώνοντας έτσι το θεραπευτή από την συνεχή επίβλεψη της άσκησης και μειώνοντας το συνολικό κόστος της αποκατάστασης. Την ίδια στιγμή, το σύστημα παρέχει ακριβές αποτέλεσμα που μας βοηθά να δούμε την κατάσταση του ασθενούς δημιουργώντας εξατομικευμένα προγράμματα για κάθε ασθενή. Μια εξίσου σημαντική εφαρμογή αυτού του προϊόντος είναι η χρήση του από τον υγιή πληθυσμό όλων των ηλικιών, επιτρέποντάς τους να ασκούνται και να διατηρούν έναν υγιή τρόπο ζωής με ευχάριστο τρόπο.

Το Thera Game λειτουργεί σε οποιονδήποτε υπολογιστή με μία απλή κάμερα. Το λογισμικό είναι προγραμματισμένο να χρησιμοποιεί ένα Java-based οπτικό σύστημα αλληλεπίδρασης. Το σύστημα επιτρέπει μία εύκολη και γρήγορη αναγνώριση των εικονικών αντικειμένων καθώς και της συμπεριφοράς τους. Ο χρήστης κάθεται μπροστά από την οθόνη, βλέπει τον εαυτό του και χρησιμοποιεί τις κινήσεις του οι οποίες αλληλεπιδρούν με τα εικονικά αντικείμενα. Τα χειριστήρια (πχ. εικονικά πλήκτρα ή βέλη) εμφανίζονται σε ξεχωριστό χώρο στην οθόνη, που εμφανίζει επίσης τον χρήστη. Με τον τρόπο αυτό οι χρήστες μπορούν να δουν πότε και πόσο καιρό έχουν να χρησιμοποιήσουν τα χειριστήρια. Οι χειριστές λειτουργούν ένα παιχνίδι το οποίο παρουσιάζεται στο μεγαλύτερο τμήμα της οθόνης [16].

Πέρα από την παροχή μίας πλατφόρμας για την ανάπτυξη νέων παιχνιδιών για το Thera Game, το σύστημα επιτρέπει την ενσωμάτωση ήδη υπαρχόντων παιχνιδιών Flash. Για να διατηρείται η διαδικασία της αλληλεπίδρασης σε απλό επίπεδο, τα παιχνίδια πρέπει να χρησιμοποιούν μέχρι έξι πλήκτρα (συνήθως τα βελάκια και το πλήκτρο του διαστήματος). Ο αριθμός, το χρώμα, το μέγεθος και η θέση των χειριστών μπορεί να καθορίζεται από τις παραμέτρους του παιχνιδιού, όπως η ταχύτητα και το επίπεδο δυσκολίας. Με τον τρόπο αυτό, το επίπεδο των παιχνιδιών μπορεί να προσαρμοστεί στο επίπεδο του πελάτη-χειριστή.

Δεδομένου ότι η λειτουργία του Thera Game είναι εύκολη και το κόστος χαμηλό, ο στόχος είναι οι πελάτες να το αγοράσουν μετά τη αποκατάσταση ώστε να χρησιμοποιηθεί ανεξάρτητα στο σπίτι (χωρίς περιοδική εποπτεία) προκειμένου να βελτιωθούν τα κινητικά, νοητικά και μετα-νοητικά τους προβλήματα. Παράδειγμα παιχνιδιών είναι το Tetris, εικονικά παιχνίδια με μπάλα, λαβύρινθοι και TheraSlide – Show όπου ένα σύνολο εικόνων (οικογενειακές φωτογραφίες ή άλλες εικόνες) φορτώνονται και παρουσιάζονται στο σύστημα. Ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει το αριστερό ή το δεξί βέλος προκειμένου να σαρώσει τις φωτογραφίες έτσι ώστε να τις δει ή να τις οργανώσει. Η αρχή όλων των εφαρμογών είναι παρόμοια με το σύστημα καταγραφής βίντεο VR αντικείμενο της οποίας είναι να παρέχει διασκεδαστικές ασκήσεις οι οποίες απαιτούν διαφορετικούς

συνδυασμούς κινητικών και γνωστικών δεξιοτήτων. Τα διαφορετικά παιχνίδια ενθαρρύνουν τους πελάτες να χρησιμοποιούν το ένα ή και τα δύο τους χέρια (αντί να χρησιμοποιούν ποντίκι και πληκτρολόγιο) ενώ είναι απορροφημένοι σε μία άλλη άσκηση που αποσπά τη προσοχή τους από τη δύσκολη κινητική άσκηση και ενθαρρύνει τη χρήση των γνωστικών ικανοτήτων όπως η μνήμη, ο σχεδιασμός και η παρακολούθηση μίας εικόνας. Αναμένεται πως αυτό θα οδηγήσει σε μία πιο ενεργή κίνηση του εξασθενημένου άκρου σε αντίθεση με τις συνηθισμένες ασκήσεις. Τα αποτελέσματα περιλαμβάνουν τα σημεία και τα επίπεδα για κάθε παιχνίδι καθώς και το χρόνο δέσμευσης. Επιπλέον, το σύστημα καταγράφει την ημερομηνία και την ώρα που έπαιξε ο χρήστης.

### ΚΟΣΤΟΣ

Τα επίσημα δεδομένα για τους οικονομικούς πόρους της συγκεκριμένης μελέτης των Gamberini L., Barresi G., Majer A. και Scarpetta F. [16] δεν δημοσιεύθηκαν με συνέπεια να μην είναι δυνατό να προσδιοριστεί το συνολικό της κόστος. Παρ' όλα αυτά σε όλες τις δημοσιεύσεις που περιέγραφαν τη χρήση του Thera Game ως μέθοδος απομακρυσμένης αποκατάστασης, τονίζεται πως το συνολικό σύστημα που δημιουργήθηκε για αυτή την έρευνα χαρακτηρίζεται ως χαμηλού κόστους.

### TARGET GROUP

Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης [16] αποδεικνύουν τη χρηστικότητα του TheraGame για υγιή ηλικιωμένα άτομα και για έναν μικρό αριθμό ατόμων που έχουν υποστεί εγκεφαλικά επεισόδια. Αυτό είναι σημαντικό ως ένα πρώτο βήμα πριν την εφαρμογή αυτού του είδους συστημάτων στις υπηρεσίες αποκατάστασης για το σπίτι, ειδικά για άτομα που έχουν υποστεί κάποιο εγκεφαλικό επεισόδιο. Εφόσον ένας μεγάλος αριθμός επιζώντων από τέτοιου είδους επεισόδια υπέφερε από νοητικές και κινητικές ελλείψεις θα ήταν αναμενόμενο να δυσκολεύονται να χρησιμοποιήσουν τέτοιου είδους συστήματα μόνοι τους, τουλάχιστον στην αρχή, και να χρειάζονται βοήθεια από τον/τη σύντροφό τους οι οποίοι είναι επίσης ηλικιωμένοι. Η χρηστικότητα του συστήματος με ανθρώπους που υπέστησαν κάποιο εγκεφαλικό επεισόδιο ή κάποια εγκεφαλική βλάβη θα πρέπει να μελετηθεί περαιτέρω προκειμένου να προσδιοριστούν οι ελάχιστες νοητικές και κινητικές ικανότητες, οι οποίες είναι απαραίτητες προκειμένου να επιτευχθεί η ανεξάρτητη λειτουργία του Thera Game.

### ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

Κατά την εφαρμογή του συστήματος του Thera Game δεν εμφανίστηκαν ούτε αναφέρθηκαν από τους ασθενείς κάποιοι σοβαροί περιορισμοί, παρά μόνο κάποια λογικά τεχνικά προβλήματα που επιλύθηκαν κατά τη διάρκεια της έρευνας.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Μέχρι σήμερα δώδεκα υγιείς ηλικιωμένοι συμμετέχοντες, επτά γυναίκες και πέντε άνδρες, έχουν δοκιμάσει το TheraGame. Ο μέσος όρος ηλικίας ήταν 70.6 με απόκλιση  $\pm 4.4$  έτη και κυμάνθηκε από 65 έως 78 έτη. Δέκα από τους συμμετέχοντες δήλωσαν πως χρησιμοποιούν υπολογιστή σε τακτική βάση κατά μέσο όρο  $2.2 \pm 2.3$  ώρες την εβδομάδα. Μια δεύτερη ομάδα περιλαμβάνει τέσσερις συμμετέχοντες ηλικίας 65 έως 76 ετών, οι οποίοι δοκίμασαν το TheraGame για μια συνεδρία. Οι τρεις ήταν μετά από εγκεφαλικό επεισόδιο και ο άλλος είχε μια σπονδυλική στένωση. Όλοι οι συμμετέχοντες είχαν ένα αδύναμο άκρο. Οι τρεις από αυτούς μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν και τα δυο χέρια ενώ ο τέταρτος μόνο το ένα. Επιπλέον ο ένας από τους συμμετέχοντες, ο οποίος ήταν άνδρας ηλικίας 53 ετών και είχε υποστεί εγκεφαλικό επεισόδιο δυο χρόνια πριν την μελέτη χρησιμοποίησε ένα σύστημα το οποίο εγκατέστησε στο δικό του υπολογιστή στο σπίτι για μια περίοδο δυόμισι εβδομάδων. Ο ασθενής αυτός υπέφερε κυρίως από γνωστική δυσλειτουργία όπως απώλεια μνήμης και μετα-γνωστικά ελλείμματα όπως μειωμένες εκτελεστικές λειτουργίες.

Οι υγιείς συμμετέχοντες δοκίμασαν δύο εφαρμογές σχεδιασμού και λύσεις του προβλήματος. Όπως για παράδειγμα το ColorShock στο οποίο ζεύγη χρωματιστών τετραγώνων πρέπει να ενωθούν και «βάτραχοι», με τη βοήθεια του χρήστη, να πεδήξουν σε όλους τους κρίνους προκειμένου να εξαφανιστούν.

Οι συμμετέχοντες που είχαν περάσει εγκεφαλικό επεισόδιο δοκίμασαν τρία διαφορετικά παιχνίδια: το παιχνίδι με τις εικονικές μπάλες, το μουσικό παιχνίδι εκκίνησης και το Touch-Tetris. Οι ασθενείς στο σπίτι δοκίμασαν το δεύτερο, το τρίτο και άλλα δύο παιχνίδια.

Οι υγιείς συμμετέχοντες χρησιμοποίησαν το σύστημα σε μία συνεδρία η οποία διήρκησε μεταξύ είκοσι και τριάντα λεπτών. Ο κάθε ένας από αυτούς είχε εκπαιδευτεί να χρησιμοποιήσει εικονικά βέλη στ σύστημα χρησιμοποιώντας μία απλή εφαρμογή πριν τη δοκιμή. Μετά την εκπαίδευση, ο κάθε συμμετέχων έπαιξε δύο παιχνίδια από πέντε λεπτά το καθένα. Μετά από κάθε παιχνίδι συμπλήρωσε ένα ερωτηματολόγιο και βαθμολόγησε το επίπεδο δυσκολίας σε μία κλίμακα Borg. Για να αξιολογηθεί η χρησιμότητα του συστήματος ο εξεταστής υπέδειξε πώς να λειτουργήσει το σύστημα (πχ. πώς να αρχίσει ένα νέο παιχνίδι) μετά την ολοκλήρωση του δεύτερου παιχνιδιού οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να επαναλάβουν αυτή τη πράξη, μετά την οποία θα συμπληρωθεί το ερωτηματολόγιο. Η ομάδα με τους τέσσερις συμμετέχοντες με νευρολογικά προβλήματα δοκίμασε επίσης το σύστημα, με τη βοήθεια ενός επαγγελματία θεραπευτή, σε μία συνεδρία διάρκειας τριάντα (30) λεπτών και έπαιξε τρία διαφορετικά παιχνίδια. Για τον έναν συμμετέχοντα που είχε περάσει εγκεφαλικό επεισόδιο, ένα σύστημα με τέσσερα

παιχνίδια εγκαταστάθηκε στο σπίτι του. Μετά την εγκατάσταση ένας επαγγελματίας θεραπευτής εκπαίδευσε τον συμμετέχοντα και τη σύζυγό του πώς να λειτουργούν το σύστημα. Τους ζητήθηκε να γράψουν σε ένα ημερολόγιο πότε, για πόση ώρα και ποια παιχνίδια έπαιξε εκείνος με το σύστημα. Μετά από μία περίοδο δυόμισι εβδομάδων ο θεραπευτής γύρισε στο σπίτι του συμμετέχοντα και πήρε μία συνέντευξη από το ζευγάρι. Η γυναίκα επίσης συμπλήρωσε το ερωτηματολόγιο.

Το αναφερόμενο επίπεδο της απόλαυσης ήταν  $3,8 \pm 1$  και κυμαίνονταν μεταξύ 2 και 5. Η μέση κλίμακα Borg για τα δύο παιχνίδια ήταν  $11,2 \pm 1,8$  δείχνοντας ότι το επίπεδο αντίληψης ήταν χαμηλό. Το μέσο επίπεδο της χρηστικότητας, σύμφωνα με το ερωτηματολόγιο, ήταν  $73,8 \pm 14,5$  και κυμαινόταν μεταξύ 55 και 100, υποδεικνύοντας ένα σχετικά υψηλό επίπεδο χρηστικότητας.

Το επίπεδο της απόλαυσης για την ομάδα με τους τέσσερις συμμετέχοντες με νευρολογικά προβλήματα και ελλείμματα ήταν πέντε. Επίσης ανέφεραν ότι η πληροφόρηση που παρέχεται από τον υπολογιστή είναι πολύ σαφής. Η αντίληψή τους για τη κόπωσή τους κυμαινόταν μεταξύ 10 (πολύ εύκολο) και το 13 (κάπως δύσκολο). Όλοι οι συμμετέχοντες δήλωσαν πως θα ήθελαν να χρησιμοποιήσουν ένα τέτοιο σύστημα στο σπίτι τους. Επιπλέον, ζήτησαν μία πιο μεγάλη οθόνη και τα αποτελέσματα για όλα τα παιχνίδια. Σε κάποιες περιπτώσεις είχαν δυσκολία να αγγίξουν το σωστό βέλος, αφού το χέρι τους άγγιζε ένα άλλο βέλος κατά λάθος. Ο συμμετέχων ο οποίος χρησιμοποίησε το σύστημα για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (δυόμισι εβδομάδες) το χρησιμοποίησε για δέκα συνεδρίες πάνω από δεκαέξι μέρες σε σύνολο διακοσίων δεκατριών (213) λεπτών. Δεν πάσχει από κινητικά προβλήματα αλλά από προβλήματα μνήμης και νοητικά ελλείμματα. Η σύζυγός του που απάντησε στο ερωτηματολόγιο έδειξε υψηλό επίπεδο χρηστικότητας (σκορ  $82,5/100$ ). Οι απαντήσεις στη συνέντευξη ήταν μεταβλητές. Όταν ρωτήθηκε «Κατά πόσο η χρήση του συστήματος βοήθησε στη κινητική και νοητική εκπαίδευση ή τις δραστηριότητες στον ελεύθερο χρόνο», ο συμμετέχων είπε πως αισθάνθηκε αυτήν την εμπειρία της δοκιμής να συμβάλει περισσότερο στη κινητική πλευρά ενώ η σύζυγός του δήλωσε πως συνέβαλε περισσότερο στη νοητική, όπως η μνήμη και ο σχεδιασμός. Ανέφερε επίσης πως συνέβαλε ως δραστηριότητα στη κάλυψη μέρους του ελεύθερου χρόνου επιφέροντας ταυτόχρονα ευεργετικά αποτελέσματα στην αποκατάσταση του συζύγου της. Το ζευγάρι τόνισε πως θα ήταν πιο εύκολο να λειτουργεί το σύστημα με ένα πληκτρολόγιο και ένα ποντίκι παρά με τα εικονικά βέλη. Η γυναίκα εξήγησε πως τα εικονικά βέλη της αποσπούν την προσοχή. Επιπλέον, και οι δύο είπαν πως χρειάζεται να βελτιωθεί το σύστημα και να αυξηθεί ο αριθμός παιχνιδιών που είναι διαθέσιμα για τον χρήστη.

Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης [16] αποδεικνύουν τη χρηστικότητα του Thera Game για υγιή ηλικιωμένα άτομα και για έναν μικρό αριθμό ατόμων που έχουν

υποστεί εγκεφαλικά επεισόδια. Η χρησιμότητα του συστήματος με ανθρώπους που υπέστησαν κάποιο εγκεφαλικό επεισόδιο ή κάποια εγκεφαλική βλάβη θα πρέπει να μελετηθεί περαιτέρω προκειμένου να προσδιοριστούν οι ελάχιστες νοητικές και κινητικές ικανότητες, οι οποίες είναι απαραίτητες προκειμένου να επιτευχθεί η ανεξάρτητη λειτουργία του Thera Game. Αυτή η συνεχής μελέτη είναι το πρώτο βήμα που δείχνει το σημαντικό πλεονέκτημα που εμφανίζεται να έχει το Thera Game στην αποκατάσταση στο σπίτι.

Ωστόσο, τα αποτελέσματα είναι ακόμα προκαταρκτικά και η συλλογή δεδομένων από επιπλέον συμμετέχοντες, οι οποίοι έχουν υποστεί εγκεφαλικά επεισόδια και βρίσκονται ακόμα στο νοσοκομείο. Τα δεδομένα των συμμετεχόντων που βρίσκονται ήδη σπίτι είναι σε εξέλιξη. Μελλοντικές μελέτες θα εξετάσουν τη δυνατότητα χρησιμοποίησης του συστήματος σε περισσότερους ασθενείς σε κλινικές και θα μελετήσουν τις επιπτώσεις των πρόσθετων εφαρμογών του Thera Game καθώς και τις βελτιώσεις των αποτελεσμάτων.

.



## **2.3 Διαδραστικά Παιχνίδια Σε Ερευνητικό Επίπεδο**

### **2.3.1 Vision Based Games for Upper-Limb Stroke Rehabilitation**

#### **ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ**

Η βιβλιογραφία έχει δείξει ότι πρόσφατες εξελίξεις στην τεχνολογία έχουν θετικά οφέλη στη θεραπεία αποκατάστασης. Συγκεκριμένα, για την αποκατάσταση μετά από εγκεφαλικό επεισόδιο, ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών έχει αναπτυχθεί χρησιμοποιώντας τεχνολογίες, όπως η εικονική πραγματικότητα και τα συστήματα επεξεργασίας εικόνων. Η χρήση των προγραμματισμένων συστημάτων επιτρέπει τη δημιουργία πιο ενδιαφερόντων ασκήσεων αποκατάστασης (σε σύγκριση με τις παραδοσιακές ασκήσεις). Αυτό μπορεί να έχει υψηλότερα επίπεδα κινητοποίησης, «βύθισης» και συμμετοχή οδηγώντας σε μεγαλύτερη αίσθηση της παρουσίας, η οποία έχει μία σταθερή θετική σχέση με την εκτέλεση των ασκήσεων. Υπάρχει αυξανόμενο ενδιαφέρον για τη χρήση των ασκήσεων σαν παιχνίδι αποκατάστασης, καθώς αυτά τα παιχνίδια μπορούν να επιφέρουν υψηλό επίπεδο δέσμευσης από τον χρήστη και αυτό μπορεί να οδηγήσει σε βελτίωση.

Η λήψη αρχείων βίντεο έχει εφαρμοστεί σε προηγούμενες μελέτες για αποκατάσταση μετά από εγκεφαλικό επεισόδιο. Προτάθηκε ένα χρώμα με βάση τον αλγόριθμο που έχει σχεδιαστεί για την παρακολούθηση της απλής και αργής κίνησης για την αποκατάσταση στο σπίτι. Διαφορετικά χρωματιστά σημάδια εμφανίζονται στις αρθρώσεις στα άκρα του ασθενή (π.χ. ώμος, αγκώνα, καρπός) υποθέτοντας ότι ο ασθενής δεν φορά ρούχα με το ίδιο χρώμα. Αυτές οι ζώνες παρακολουθούνται σε ένα HSV χρωματικό διάστημα.

Οι Salen και Zimmerman ορίζουν μία κύρια εστίαση του σχεδιασμού παιχνιδιών ως «παιχνίδι σχεδιασμού, τη σύλληψη και τον σχεδιασμό κανόνων και δομών που οδηγούν σε μία εμπειρία για τους παίκτες». Με τον ορισμό αυτό, ο σχεδιασμός του παιχνιδιού επικεντρώνεται στην μεγιστοποίηση της απόλαυσης που παίρνει ο παίκτης παίζοντας. Επίσης, δηλώνουν ότι ο στόχος του επιτυχημένου σχεδιασμού παιχνιδιού είναι να δημιουργηθεί ένα παιχνίδι με νόημα. Το επικοδομητικό παιχνίδι σχετίζεται με τη σειρά των επιλογών που κάνει ο παίκτης και τα αποτελέσματά τους.

Η συγκεκριμένη έρευνα ασχολείται κατά κύριο λόγο με την αποκατάσταση μετά την αποκατάσταση μετά από εγκεφαλικό επεισόδιο των άνω άκρων και τα πρότυπα παιχνίδια, τα οποία στοχεύουν να ασκήσουν το άνω άκρο του ασθενή που έχει πρόβλημα χρησιμοποιώντας πολλές ασκήσεις. Ο ασθενής ελέγχει τα παιχνίδια με μία σειρά από μηχανισμούς αλληλεπίδρασης. Οι ασθενείς μπορεί να φορούν ένα χρωματιστό γάντι ή στην περίπτωση σοβαρής παράλυσης, μπορούν απλώς να κρατούν μία μαλακή μπάλα ή κάποιο παρόμοιο αντικείμενο με ένα χρώμα. Για

κάποιους ασθενείς ακόμη και το να κρατούν τέτοια αντικείμενα είναι δύσκολο, οπότε σε αυτές τις περιπτώσεις ένα κομμάτι από χρωματιστό ύφασμα μπορεί απλά να στερεώνεται στο χέρι του ασθενή. Η έρευνα επικεντρώνεται σε αυτό το χρωματιστό τεχνούργημα ως δείκτη. Επιλέχθηκε μία συνηθισμένη κάμερα χαμηλού κόστους και αναπτύχθηκε σχετικό λογισμικό απεικόνισης για να ελεγχθεί η κίνηση αυτού του δείκτη από το χρώμα του σε 2σδιάστατο χώρο. Γίνεται η υπόθεση ότι ο ασθενής δε φοράει ρούχα στο ίδιο χρώμα με τον δείκτη. Η επιλογή του χρώματος του δείκτη δεν περιορίζεται πέρα από την απαίτηση του να φαίνεται ένα ενιαίο και μοναδικό χρώμα. Τα παιχνίδια μπορούν να παίζονται σε έναν συνηθισμένο ηλεκτρονικό υπολογιστή που εμφανίζεται σε ένα κοινό μόνιτορ ή προαιρετικά σε μία οθόνη προβολής.

Έχουν αναπτυχθεί δύο πρότυπα, ένα για τις κινήσεις του ενός χεριού και ένα για τις εκτεταμένες κινήσεις και των δύο χεριών. Και τα δύο μοιράζονται την ίδια διεπαφή χρήστη και αποσκοπούν στην κάλυψη σχεδιαστικών μοτίβων:

- *Δικαίωμα δυσκολίας επιπέδου:* Το παιχνίδι δεν πρέπει να υπερβαίνει τις ικανότητες του ασθενή, ώστε να μην διακινδυνεύεται δυσφορία του ή η επιδείνωση της κατάστασής του
- *Προθεσμίες/ Γρήγορα Παιχνίδια:* Το παιχνίδι πρέπει να έχει μία χρονική προθεσμία στην οποία ο ασθενής θα πρέπει να επιτύχει το υψηλότερο δυνατό σκορ. Η προθεσμία θα πρέπει να είναι αρκετά μικρή για να αποφύγει να εξαντλήσει τον ασθενή.
- *Άμεσα σχόλια:* Οι βαθμοί που σημειώθηκαν θα πρέπει να αναφέρονται σαφώς τόσο με οπτικά όσο και με ακουστικά σχόλια. Επίσης, θα πρέπει να δοθούν στο τέλος κάθε συνεδρίας για την πρόοδο του ασθενή συγκριτικά με τις άλλες συνεδρίες.
- *Ακριβής έλεγχος:* Το παιχνίδι θα πρέπει να δημιουργήσει ένα φάσμα κινήσεων ακριβείας για το χέρι του ασθενή και δεν θα πρέπει να απονέμει βαθμούς για λάθος κινήσεις.

Προκειμένου να γίνει παρακολούθηση της χρήσης του χρωματιστού δείκτη ως μηχανισμού ελέγχου του παιχνιδιού, χρησιμοποιήθηκε ένας αλγόριθμος που προσδιορίζει τα χρώματα σε ένα καθορισμένο εύρος στο καταγεγραμμένο βίντεο. Είναι σημαντικό να επιλέξουμε ένα κατάλληλο χρωματικό διάστημα, όπως το HSI, το RGB ή το CMYK, προκειμένου να αποκτήσουμε μία πιο αποτελεσματική αναγνώριση από το επιθυμητό εύρος χρωμάτων. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, στην αρχή του παιχνιδιού, ο ασθενής παρουσιάζεται σε ένα μικρό τετράγωνο στην οθόνη ώστε να γίνει η απαραίτητη βαθμονόμηση. Ο ασθενής θα πρέπει στη συνέχεια να

κρατήσει τον δείκτη ώστε να καλύπτει το τετράγωνο στην εικόνα. Αυτή η περιοχή βαθμονόμησης είναι σκοπίμως μικρή, έτσι ώστε να είναι εύκολο για τον χρήστη να εκτελέσει την άσκηση βαθμονόμησης. Ένα μικρό χρονόμετρο μετρά αντίστροφα για να υποδείξει πως γίνεται η βαθμονόμηση και επίσης να δοθεί χρόνος στον ασθενή να προετοιμαστεί. Τα δεδομένα χρώματος από τα pixels στο τετράγωνο της βαθμονόμησης απεικονίζεται σε ένα 3D διάστημα. Στη συνέχεια υπολογίζεται ο μέσος διανυσματικός φορέας για την περιοχή της βαθμονόμησης  $\gamma$ , με τις συνιστώσες GRB,  $\mu_r$ ,  $\mu_g$  και  $\mu_b$  αντιστοίχως. Υπολογίζεται, επίσης, η τυπική απόκλιση για κάθε στοιχείο ( $\sigma_r$ ,  $\sigma_g$ ,  $\sigma_b$ ).

Μόλις το παιχνίδι ξεκινήσει, εντοπίζονται τα pixels σε κάθε καρέ του βίντεο που βρίσκεται στο επιθυμητό εύρος. Για αποτελεσματική επίδοση, γίνεται έλεγχος εάν το χρώμα των pixel περιέχεται στο τετράγωνο του μέσου διανύσματος της μεταβλητής  $\mu$ . Η έκταση του τετραγώνου προσδιορίζεται από τα  $\sigma_r$ ,  $\sigma_g$ ,  $\sigma_b$  και κλιμακώνεται από την οριακή τιμή  $t$ . Προκειμένου να προσδιοριστεί ποια pixels στο βίντεο βρίσκονται μέσα στο επιθυμητό χρωματικό εύρος, ελέγχονται τα στοιχεία του κάθε  $p$  pixel ( $\rho_r, \rho_g, \rho_b$ ) με τις παρακάτω εξισώσεις:

- $\mu_r - t\sigma_r \leq \rho_r \leq \mu_r + t\sigma_r$
- $\mu_g - t\sigma_g \leq \rho_g \leq \mu_g + t\sigma_g$
- $\mu_b - t\sigma_b \leq \rho_b \leq \mu_b + t\sigma_b$

Εάν το pixel ικανοποιεί και τις 3 εξισώσεις, τότε είναι ανά διαστήματα ίδιο χρώμα με τον δείκτη και συνεπώς αντιπροσωπεύει ένα μέρος του. Η οριακή τιμή  $t$  διαμορφώνεται δυναμικά κατά τη διάρκεια της βαθμονόμησης για να ληφθούν υπόψη οι μεταβαλλόμενες συνθήκες φωτισμού και σκηνικών.

Τα δύο παιχνίδια που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια της συγκεκριμένης έρευνας, δημιουργήθηκαν στο προγραμματιστικό περιβάλλον της Microsoft XNA, που βασίζεται στη γλώσσα προγραμματισμού C και το πλαίσιο NET. Επίσης, χρησιμοποιήθηκε η Direct Show Library για τη λήψη βίντεο από την κάμερα. Η πλατφόρμα XNA σχεδιάστηκε για να επιτρέπει την πολλαπλή συμβατότητα με την κονσόλα Xbox 360 της Microsoft. Ωστόσο, λόγω της ανάγκης για την χρήση της Direct Show Library, που δεν υποστηρίζεται ακόμη από το Xbox 360, αλλά και της έλλειψης πρόσβασης στη Live Vision περιφερική κάμερα του Xbox 360, αυτά τα παιχνίδια λειτουργούν μόνο σε ηλεκτρονικό υπολογιστή.

### ΚΟΣΤΟΣ

Τα επίσημα δεδομένα για τους οικονομικούς πόρους της συγκεκριμένης μελέτης των Burke J. W., Morrow P. J., McNeill M. D. J., McDonough S. M. και Charles D. K.

[17] δεν έχουν δημοσιευθεί με συνέπεια να μην είναι δυνατό να προσδιοριστεί το συνολικό της κόστος. Παρ' όλα αυτά σε όλες τις δημοσιεύσεις που περιέγραφαν τη χρήση των Vision Based Games ως μέθοδος αποκατάστασης, αναφέρεται ότι είναι ένα σύστημα χαμηλού κόστους, καθώς δεν απαιτεί ακριβό ή ειδικό εξοπλισμό.

### TARGET GROUP

Πρόσφατες μελέτες [17] έχουν δείξει τα πιθανά οφέλη της εφαρμογής της τεχνολογίας για την αποκατάσταση μετά από εγκεφαλικό επεισόδιο. Στη συγκεκριμένη έρευνα περιγράφεται ένα εικονικό σύστημα παρακολούθησης κατάλληλο για την αποκατάσταση του άνω άκρου μετά από εγκεφαλικό επεισόδιο (Vision Based Game for Upper-Limb Stroke Rehabilitation) στο σπίτι το οποίο δεν απαιτεί ακριβό ή ειδικό εξοπλισμό και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ανεξάρτητα από τον ασθενή.

Το εγκεφαλικό επεισόδιο είναι βασική αιτία της σοβαρής αναπηρίας στο Ηνωμένο Βασίλειο, με πάνω από 250.00 ανθρώπους να ζουν με αναπηρία εξαιτίας αυτού. Τα θύματα εγκεφαλικού επεισοδίου μπορεί να υποφέρουν από αναπηρίες που περιλαμβάνουν απώλεια ισορροπίας, έλλειψη προσοχής και συγκέντρωσης, πόνο, αδυναμία και παράλυσης, συνήθως στη μία πλευρά του σώματος. Τέτοιες σωματικές βλάβες μπορεί να κάνουν τους ασθενείς να χάσουν την ανεξαρτησία τους, όπως να μην μπορούν να εκτελέσουν τις καθημερινές τους δραστηριότητες. Η θεραπεία αποκατάστασης αποσκοπεί στην επαναφορά της ικανότητας του ασθενή να εκτελεί αυτές τις δραστηριότητες ανεξάρτητα από το αν κάνει ασκήσεις σε τακτική βάση. Η έρευνα έχει δείξει ότι η εντατική θεραπεία η οποία γίνεται νωρίς και περιλαμβάνει σωματικές ασκήσεις σε ένα πιο πλούσιο περιβάλλον, που οδηγεί σε πιο θετικά αποτελέσματα για την αποκατάσταση των άνω άκρων μετά από ένα εγκεφαλικό επεισόδιο.

### ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

Η τρέχουσα μέθοδος επεξεργασίας χρωματικής κατάτμησης δεν είναι απαλλαγμένη από προβλήματα, καθώς ορισμένα χρώματα αντικειμένων είναι πιθανό να πλησιάζουν υπερβολικά στο χρώμα του δέρματος και είναι δυνατό να προκαλέσουν διαφωνίες. Η εφαρμογή άλλων χρωματικών χώρων, όπως επίσης και η αξιολόγηση των διαφόρων συνθηκών φωτός μπορεί να βελτιώσουν την ευρωστία του συστήματος σχετικά με τις αλλαγές στον φωτισμό. Η ενσωμάτωση πιο εξελιγμένων μεθόδων για την ανίχνευση της κίνησης μπορεί επίσης να βελτιώσει την εγκυρότητα του παιχνιδιού. Η εξέταση μεθόδων αφαίρεσης κατά τη διάρκεια της βαθμονόμησης και η προσθήκη μορφολογικών λειτουργιών μπορεί να ενισχύσει περαιτέρω την παρουσία του συστήματος. Ξεκάθαρα πολλά από αυτά τα θέματα μπορούν να αντιμετωπιστούν μόνο με κατάλληλη αξιολόγηση του συστήματος με

τους χρήστες που έχουν υποστεί εγκεφαλικό επεισόδιο σε μία ποικιλία οικιακών συστημάτων.

### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα παιχνίδια εξετάστηκαν σε δύο διαφορετικές κάμερες ηλεκτρονικών υπολογιστών από διαφορετικά αποτελέσματα χωρίς σημαντική διακύμανση στην απόδοση.

- *Το Παιχνίδι Κυνήγι Του Λαγού (Rabbit Chase)*

Το «Κυνήγι Του Λαγού» αποτελεί το πρώτο πρωτότυπο παιχνίδι, το οποίο ελέγχεται με ενιαία κίνηση του βραχίονα. Σε αυτό το παιχνίδι 4 κύκλοι (που αντιπροσωπεύουν τρύπες) τοποθετούνται σε σχήμα ενός τετραγώνου στην οθόνη. Το σήμα της κάμερας φαίνεται ημιδιάφανα για να μπορεί ο ασθενής να βλέπει τον εαυτό του. Ένας λαγός τρέχει ανάμεσα στις 4 τρύπες, με την επόμενη τρύπα να επιλέγεται τυχαία. Προκειμένου να πετύχει το σημείο, ο ασθενής πρέπει να αγγίξει τον λαγό όταν κρυφοκοιτάζει από την τρύπα, μία παρόμοια ιδέα με το παιχνίδι waka-mole. Το παιχνίδι ανιχνεύει πού είναι ο δείκτης και αν είναι στην ίδια τρύπα με τον λαγό, και τότε ο παίκτης κερδίζει έναν βαθμό. Τα σχόλια για τον παίκτη γίνονται μέσω ενός ήχου και από την ενημέρωση του μετρητή των βαθμών στην οθόνη. Ο λαγός γίνεται μαύρος μέχρι να ξεκινήσει ξανά, το οποίο γίνεται μετά από κάποια δευτερόλεπτα. Ο σκοπός του παιχνιδιού είναι να μαζέψει όσο το δυνατόν περισσότερους βαθμούς σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Η προθεσμία εμφανίζεται στο πάνω μέρος της οθόνης σε 2 μορφές, τα δευτερόλεπτα που απομένουν και μία χρωματιστή μπάρα που μειώνεται. Ο χρόνος του παιχνιδιού μπορεί να ρυθμιστεί δημιουργώντας ο ασθενής ένα προφίλ που θα ταιριάζει στα επίπεδα των ικανοτήτων.



Εικόνα 18: Rabbit Chase, [17]

- *Επίθεση Από βέλη (Arrow Attack)*

Η «Επίθεση Από Βέλη» αποτελεί το δεύτερο πρωτότυπο παιχνίδι, το οποίο αναπτύχθηκε με στόχο τη διμερή αποκατάσταση (χρησιμοποιεί και τα δύο χέρια). Αυτό το παιχνίδι ελέγχει δύο διαφορετικούς χρωματιστούς δείκτες. Και πάλι γίνεται η υπόθεση ότι τα χρώματα του κάθε δείκτη είναι διαφορετικά (μοναδικά) και δεν θα μπερδευτούν με τα ρούχα του ασθενή. Σε αυτό το παιχνίδι, τέσσερα (4) τετράγωνα είναι τοποθετημένα σε σχήμα διαμαντιού, δύο (2) βέλη ένα δεξιά και ένα αριστερά (για να δηλώνουν πιο χέρι χρησιμοποιείται) κινούνται ανάμεσα στα τετράγωνα στην οθόνη με σταθερή ταχύτητα (που ορίζεται από το προφίλ). Τα τόξα παραμένουν στο κουτί για ένα σύντομο χρονικό διάστημα (επίσης διαμορφωμένο) πριν κινηθούν στο επόμενο κουτί, το οποίο επιλέγεται τυχαία. Κάθε τόξο είναι χρωματισμένο με το μέσο χρώμα του αντίστοιχου δείκτη. Η βαθμολόγηση στο παιχνίδι είναι παρόμοια με το παιχνίδι με τον λαγό. Κατά τη διάρκεια που το τόξο είναι στο κουτί, ο δείκτης του ασθενή για το αντίστοιχο βέλος πρέπει να ακουμπήσει το κουτί, με το στόχο να πετύχει όσο το δυνατόν περισσότερους βαθμούς στο χρόνο που έχει. Το παιχνίδι έχει παρόμοια εμφάνιση διεπαφής με το κυνήγι του λαγού, καθώς ο χρόνος που απομένει και η μέτρηση του σκορ γίνεται με την ίδια μορφή.



Εικόνα 19: Arrow Attack, [17]

Πριν από την εκκίνηση, ο ασθενής είτε δημιουργεί ένα νέο προφίλ συμπληρώνοντας το όνομά του, είτε επιλέγει ένα αποθηκευμένο προφίλ από ένα αναδυόμενο παράθυρο. Αυτό το προφίλ περιέχει πληροφορίες για τον ασθενή, συμπεριλαμβανομένων και των προηγούμενων επιδόσεων του (αν υπάρχουν), την ημερομηνία και ώρα κατά την οποία καθένα από τα σκορ που επετεύχθη, επιτρέποντας έτσι μία γραφική αναπαράσταση της προόδου του ασθενούς στο τέλος κάθε συνεδρίας. Άλλα στοιχεία που περιλαμβάνονται στο προφίλ είναι η ταχύτητα και η διάρκεια (σε δευτερόλεπτα) του κάθε παιχνιδιού. Η ταχύτητα του παιχνιδιού καθορίζει πόσο γρήγορα ο λαγός (κυνήγι του λαγού) ή τα βέλη (επίθεση

από βέλη) κινούνται ανάμεσα σε κάθε στόχο, προτού μετακινηθούν προς τον επόμενο (ένα παιχνίδι μικρότερης ταχύτητας έχει ως αποτέλεσμα ο λαγός ή τα βέλη να παραμείνουν σε κάθε στόχο για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα). Αρχικά, η ταχύτητα μπορεί να επιλεγεί σύμφωνα με τις ικανότητες ενός ασθενούς, όπως προσεγγίζονται από έναν φυσιοθεραπευτή σε μία βασική εξάσκηση.

Υπάρχει επίσης η επιλογή της αλλαγής της ταχύτητας ανάλογα με την πρόοδο που σημειώνει ο ασθενής στη διάρκεια ενός μεμονωμένου παιχνιδιού καθώς ασθενής κατορθώνει επιτυχημένα χτυπήματα ή αστοχίες, η ταχύτητα του παιχνιδιού αυξάνεται ή ελαττώνεται αναλόγως. Η προσαρμοστικότητα αυτή είναι προαιρετική, έτσι ώστε οι παίκτες να μπορούν να επιλέξουν αν θέλουν αυτή τη ρύθμιση ή όχι.

Το επίπεδο δυσκολίας μπορεί να προσαρμοστεί στο προφίλ του ασθενούς, προτού ξεκινήσει το παιχνίδι, διαλέγοντας την ταχύτητα με την οποία θα λειτουργεί. Αυτό επιτρέπει στον ασθενή να βρει ένα κατάλληλο επίπεδο με το οποίο να αισθάνεται άνετα και σταδιακά να αυξάνει το επίπεδο όσο προχωράει. Τα παιχνίδια περιλαμβάνουν ένα καθορισμένο χρονικό όριο στο προφίλ και τις ικανότητες του εκάστοτε ασθενούς και δίδεται άμεση ανατροφοδότηση, απευθείας αφού σκοράρει έναν πόντο, τόσο σε ακουστική όσο και σε οπτική μορφή, καθώς και γραφική αναπαράσταση της προόδου του ασθενούς έπειτα από κάθε παιχνίδι. Τελικά, ένας ακριβής ελιγμός προκύπτει με την ενθάρρυνση του ασθενή να κάνει ένα κατάλληλο φάσμα κινήσεων με τα χέρια του, προκειμένου να σκοράρει έναν πόντο. Εάν ο ασθενής δεν κατορθώσει να φτάσει στον στόχο εγκαίρως, ή με λάθος σημάδι, δεν ανταμείβεται με πόντο.

Το σύστημα μπορεί επιπλέον να επεκταθεί έτσι ώστε να εκμεταλλευτεί τη χρήση δύο στερεοφωνικών διαδικτυακών καμερών για τρισδιάστατη παρακολούθηση, η οποία επιτρέπει στο βάθος να παρακολουθείται όπως και οι δύο διαστάσεις στο τρέχον σύστημα.

Συμπερασματικά, το σύστημα που περιγράφεται [17], προσφέρει ένα χαμηλού κόστους, προσιτό οπτικό σύστημα εντοπισμού για την αποκατάσταση του άνω άκρου του εγκεφαλικού στο σπίτι. Τα καθήκοντα περιλαμβάνουν χρωματική κατάτμηση και ανίχνευση κίνησης, καθώς και αρχές σχεδιασμού παιχνιδιών, έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η ύπαρξη κινήτρου και δέσμευσης του ασθενούς. Το σύστημα δεν απαιτεί κάποιον συγκεκριμένο εξοπλισμό (εκτός από έναν κανονικό ηλεκτρονικό υπολογιστή ή διαδικτυακή κάμερα), μπορεί να λειτουργήσει με μία ποικιλία διαφορετικών αντικειμένων (αρκεί να έχουν ένα και μοναδικό χρώμα) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις περισσότερες περιαιτολογικές συνθήκες φωτός. Επιπρόσθετα, έχει σχεδιαστεί για να ενθαρρύνει ένα εύρος κίνησης στα χέρια ενός ασθενούς και μπορούν να δημιουργηθούν προφίλ που επιτρέπουν την παρακολούθηση των επιδόσεων του με τη πάροδο του χρόνου [17].

### **2.3.2 ReLab**

#### **ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ**

Τα τελευταία χρόνια οι εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας έχουν χρησιμοποιηθεί στην εγκεφαλική αποκατάσταση για να αυξήσουν την κίνηση και την ένταση στην θεραπεία. Ένας αριθμός μελετών δείχνει ότι χρησιμοποιώντας ένα περιβάλλον εικονικής πραγματικότητας στην αποκατάσταση προκύπτουν πολλά πλεονεκτήματα [18]. Δεδομένου ότι είναι εύκολο να γίνει έλεγχος των παραμέτρων σε ένα εικονικό περιβάλλον η ένταση και η δυσκολία της θεραπείας θα μπορούσε εύκολα να προσαρμοστεί στον κάθε ασθενή για να ταιριάζει στο επίπεδο αναπηρίας του. Επιπλέον, μπορεί να επιφέρει συμφιλίωση του ασθενή με τον εαυτό του εξετάζοντας τα αποτελέσματα των εξετάσεων, αντιλαμβανόμενος τα λάθη και παρέχοντας αποτελεσματική μάθηση. Επίσης, η διαδικασία της αποκατάστασης μπορεί να δεσμεύσει και να προκαλέσει τους ασθενείς και έτσι να αυξήσει την κινητικότητα τους. Με σκοπό την ανάπτυξη των ασκήσεων που στοχεύουν στην βελτίωση της λειτουργίας του ώμου και του χεριού με αυξανόμενη την ένταση της αποκατάστασης, παρέχεται ένα αποτελεσματικό σύστημα που θα μπορούσε να είναι μία λύση και να βοηθά την κίνηση του ασθενή καθώς στρίβει τη μέση του και να σηκώνει τον ώμο του, το ReLab.

#### **ΚΟΣΤΟΣ**

Τα επίσημα δεδομένα για τους οικονομικούς πόρους της συγκεκριμένης μελέτης των Kim Y. και Migge B.[18] δεν έχουν δημοσιευθεί με συνέπεια να μην είναι δυνατό να προσδιοριστεί το συνολικό της κόστος. Παρόλα αυτά σε όλες τις δημοσιεύσεις που περιέγραφαν τη χρήση του ReLab ως μέθοδος αποκατάστασης, αναφέρεται ότι είναι ένα σύστημα χαμηλού κόστους.

#### **TARGET GROUP**

Ο στόχος αυτής της έρευνας [18] είναι να αναπτυχθεί και να αξιολογηθεί ένα παιχνίδι κίνησης σε συνδυασμό με το Kinect που επιχειρεί να υποδείξει νέες ασκήσεις για ασθενής που έχουν επιδείξει προβλήματα λειτουργίας στον ώμο ή στο χέρι, καθώς και να βοηθήσει τους ασθενής που έχουν έρθει αντιμέτωποι με ένα εγκεφαλικό επεισόδιο.

#### **ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ**

Εξαιτίας του γεγονότος ότι το ReLab δεν έχει αναπτυχθεί σε μεγάλο βαθμό και δεν έχει χρησιμοποιηθεί σε επίσημη έρευνα, δεν έχουν αναφερθεί και περιορισμοί ή μειονεκτήματα του συστήματος [18].



## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η τεχνολογία του ReLab δεν έχει χρησιμοποιηθεί ακόμα σε μία επίσημη έρευνα ώστε να προκύψουν και συμπεράσματα για την αποτελεσματικότητα της εφαρμογής. Η οραματιζόμενη εφαρμογή εικονικής πραγματικότητας θα χρησιμοποιηθεί για να ληφθούν δεδομένα για τις αισθήσεις και τη κίνηση του ασθενή με τη βοήθεια της κονσόλας του Kinect και να ελεγχτεί η εξάσκηση μέσω της εφαρμογής με οπτικοποίηση των δεδομένων. Επιπλέον, τα πειράματα μπορούν να συνεισφέρουν στην λειτουργία του συστήματος και των ατόμων που εξασκούνται με αυτό [18].

### **2.3.3 FFAST**

#### **ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ**

Η οργάνωση OpenNI αναδείχθηκε για να προωθήσει την τυποποίηση των συσκευών φυσικής αλληλεπίδρασης και να καταστήσει διαθέσιμο ένα πλαίσιο ανοικτού κώδικα για τους προγραμματιστές. Για να διευκολυνθεί η ταχεία ανάπτυξη των εφαρμογών της εικονικής πραγματικότητας χρησιμοποιώντας τις συμβατές συσκευές με την OpenNI (προς το παρόν το PrimeSensor και το Kinect), καθώς και για να ενσωματωθεί ο έλεγχος που βασίζεται στη κίνηση στα υπάρχοντα παιχνίδια που δε βρίσκονται ακόμα στο εμπόριο, αναπτύχθηκε το Flexible Action and Articulated Skeleton Toolkit (FFAST). Το FFAST παρέχει εύκολη πρόσβαση στις πληροφορίες της στάσης και της κίνησης που παρέχονται από το πλαίσιο της OpenNI και δίνει τη δυνατότητα προσαρμογής του ελέγχου που βασίζεται στο σώμα στις εφαρμογές του υπολογιστή και στα παιχνίδια που χρησιμοποιούν έναν εξομοιωτή που δημιουργεί ένα εικονικό ποντίκι και πληκτρολόγιο.

Το FFAST αρχικά αναπτύχθηκε για να παρέχει μία βολική και προσιτή διεπαφή για το PrimeSensor Reference Design, μία USB κάμερα με αισθητήρα βάθους που αναπτύχθηκε από τη Primesence [19]. Αυτή η τεχνολογία βασίζεται στο υπέρυθρο φως για να υπολογίσει την εικόνα βάθους στο περιβάλλον και παραχωρήθηκε στη Microsoft για τη δημιουργία του Kinect. Το λογισμικό OpenNI είναι συμβατό με τους αισθητήρες και μαζί με το NITE middleware που παρέχεται από την PrimeSense, εκτελεί την ταυτοποίηση του χρήστη, την ανίχνευση χαρακτηριστικών και την αναγνώριση βασικών κινήσεων χρησιμοποιώντας την εικόνα βάθους που παρέχει ο αισθητήρας. Το FFAST συνδέεται άμεσα με την OpenNI για να αποκτήσει πρόσβαση στις πληροφορίες και εκτελεί συμπληρωματική αναγνώριση κίνησης υψηλού επιπέδου για παραγωγή γεγονότων που εξαρτώνται από τις ενέργειες του χρήστη.

Το FFAST υπολογίζει δύο κατηγορίες πληροφοριών από τον αισθητήρα, τις δράσεις και τους σκελετούς. Οι σκελετοί αποτελούνται από τις θέσεις και τις κατευθύνσεις για κάθε άρθρωση σε μία ανθρώπινη φιγούρα και είναι χρήσιμοι για τα βιντεοπαιχνίδια και τις εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας επιτρέποντας τον άμεσο έλεγχο που βασίζεται στο σώμα με ένα εικονικό avatar. Το FFAST ανακτά αυτές τις αρθρώσεις των σκελετών από τους οδηγούς της OpenNI και τους μεταδίδει στην τελευταία εφαρμογή χρησιμοποιώντας το Virtual Reality Peripheral Network (VPRN, περιφερειακό δίκτυο εικονικής πραγματικότητας), ένα δημοφιλές πακέτο λογισμικού στην κοινότητα της εικονικής πραγματικότητας για την διασύνδεση με το hardware παρακολούθησης της κίνησης. Ένας VPRN server κατασκευάστηκε στη εφαρμογή FFAST που περνάει τις σκελετικές πληροφορίες για κάθε άρθρωση καθώς ένας μετρητής 6 βαθμών επιτρέπει στις εφαρμογές να διασυνδέονται με τον αισθητήρα όπως θα έκανε κάθε άλλη συσκευή εντοπισμού

κίνησης. Σε αντίθεση με τα δεδομένα σκελετού, οι δραστηριότητες είναι πιο περίπλοκες αφού απαιτούν άμεσα συμπεράσματα από την στάση του χρήστη και τις κινήσεις του στο χρόνο. Το NITE παρέχει την αναγνώριση κάποιων βασικών κινήσεων για ορισμένες ατομικές κινήσεις συμπεριλαμβανομένων των χεριών του χρήστη, όπως η ώθηση, το χτύπημα, η κυκλική κίνηση και ο κυματισμός. Αυτές οι δραστηριότητες φαίνονται να είναι κατάλληλες για τις απλές δισδιάστατες διεπαφές όπως ο έλεγχος του κέντρου ενημέρωσης, αλλά για την 3σδιάστατη επιλογή, το χειρισμό και τη μετακίνηση απαιτείται ένα πολύ πιο πλούσιο σύνολο κινήσεων. Έτσι, υπολογίζουμε διάφορες άλλες παρόμοιες δραστηριότητες, όπως την κλίση (μπροστά, πίσω, αριστερά, δεξιά).

Με το FAAST ο χρήστης μπορεί να προσαρμόσει το γωνιακό όριο για την ανίχνευση αυτών των δραστηριοτήτων και να τις κάνει περισσότερο ή λιγότερο ευαίσθητες. Οι δραστηριότητες αναπτύχθηκαν επίσης για τις κινήσεις των χεριών και των ποδιών, το άλμα και τη βάρδια σε συγκεκριμένο χρόνο. Οποιαδήποτε από τις κινήσεις που υπολογίστηκε από το FAAST, καθώς και οι βασικές δραστηριότητες που υπολογίστηκαν από το NITE, μπορούν να συνδεθούν με τις εντολές από το εικονικό πληκτρολόγιο ή το ποντίκι που στάλθηκαν απευθείας στο επιλεγμένο παράθυρο. Έτσι, το FAAST επιτρέπει σε αυτούς τους προσαρμοσμένους αισθητήρες να παρέχουν υλικό για αυθαίρετες εφαρμογές όπως τα παιχνίδια που δεν αναπτύχθηκαν για να υποστηρίζουν την εισαγωγή κίνησης. Επιπλέον, οι χρήστες μπορούν να προσαρμόσουν τις συνδέσεις και την ευαισθησία για αυτές τις δραστηριότητες στο χρόνο εκτέλεσης, παρέχοντας έτσι μία ευέλικτη είσοδο που μπορεί να ρυθμίζεται εύκολα σύμφωνα με τον σωματότυπο και τις προτιμήσεις κάθε χρήστη.



Εικόνα 20: Παράδειγμα Χρήσης Του Συστήματος, [19]

## ΚΟΣΤΟΣ

Το FFAST είναι προς το παρόν διαθέσιμο δωρεάν και μία έκδοση ανοικτής πηγής (open-source) έχει κυκλοφορήσει στις αρχές του 2011 [19].

## TARGET GROUP

Η τεχνολογία του FFAST δεν έχει χρησιμοποιηθεί ακόμα επίσημα σε κάποια έρευνα έτσι ώστε να μελετηθεί η επίδραση του σε ασθενείς που παρουσιάζουν κάποια δυσλειτουργία. Επομένως, δεν μπορεί να προσδιοριστεί επακριβώς το target group στο οποίο αναφέρεται αυτή η εφαρμογή [19].

## ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

Το OpenNI και το NITE προσφέρουν μία μεγάλη κατασκευή και παράλληλα ο PrimeSensor του υλικού του Kinect είναι ένα σύστημα πολύ ισχυρό στην παροχή θέσης και προσανατολισμού κάθε άρθρωσης του σκελετού, υπάρχουν κάποιες περιοχές που χρειάζονται βελτίωση. Ενώ ο αισθητήρας είναι ικανός να εντοπίζει τη θέση του κεφαλιού, δεν μπορεί να υπολογίσει τον προσανατολισμό του κεφαλιού βασισμένος στο υπέρυθρο φως. Επομένως, σκοπεύουμε να ενσωματώσουμε την παρακολούθηση του κεφαλιού σε πραγματικό χρόνο θέτοντας συγκεκριμένα επίπεδα στην RGB κάμερα του αισθητήρα μαζί με την αντίστοιχη εικόνα βάθους, χρησιμοποιώντας την υπάρχουσα βιβλιοθήκη, η οποία χρησιμοποιεί ένα προσαρμοσμένο μοντέλο (που βασίζεται στην όψη). Επιπλέον, ο αισθητήρας δεν μπορεί να εκτιμήσει αξιόπιστα τη στροφή του ώμου του χρήστη και αυτό μπορεί να βελτιωθεί εφαρμόζοντας την τεχνική όρασης του υπολογιστή στην εικόνα RGB. Επίσης, παρουσιάζει ενδιαφέρον ότι ο αισθητήρας δεν μπορεί να εκτιμήσει αξιόπιστα τη στροφή του ώμου του χρήστη και αυτό μπορεί να βελτιωθεί εφαρμόζοντας την τεχνική όρασης του υπολογιστή στην εικόνα RGB. Επιπλέον, ενδιαφέρον παρουσιάζει ότι για την ενσωμάτωση ταυτόχρονου εντοπισμού και χαρτογράφησης (SLAM) στο FFAST, το οποίο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να παρέχει εσωτερική και εξωτερική παρακολούθηση, αναφερόμενο στον ενσωματωμένο server VRPN ή για 3σδιάστατο μοντέλο σάρωσης και ανακατασκευής. Αργότερα, μπορούμε να προσθέσουμε και άλλα χειριστήρια που λειτουργούν με την κίνηση όπως το Nintendo Wiimote και το PS Move ή το επερχόμενο Sixense Truemotion.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η τεχνολογία του FFAST δεν έχει χρησιμοποιηθεί ακόμα σε μία επίσημη έρευνα ώστε να προκύψουν και συμπεράσματα για την αποτελεσματικότητα της

εφαρμογής [19]. Το FFAST παρέχει ένα εκτεταμένο πλαίσιο με πολλές δυνατότητες ενίσχυση στο μέλλον. Αρχικά, θα σχεδιαστεί η ουσιαστική επέκταση της αναγνώρισης των δυνατοτήτων της κίνησης σε ένα πιο περίπλοκο τρόπο ή σε πιο υψηλό επίπεδο, το οποίο θα απαιτεί την εφαρμογή της τεχνικής εκμάθησης μίας μηχανής. Επιπλέον, ο σκοπός είναι η παροχή μίας διεπαφής που θα επιτρέπει στους χρήστες να καταγράφουν τις προσαρμοσμένες ενέργειες και να εκπαιδεύσει το σύστημα να τις αναγνωρίζει. Επίσης, θα αυξηθούν οι δυνατότητες του εξομοιωτή, για παράδειγμα, με την προσθήκη ενός εικονικού δείκτη. Το VRPN, επίσης, παρέχει ένα κουμπί που θα ήταν χρήσιμο για να αποστέλλει τα γεγονότα στις διαδικτυακές εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας που είναι ήδη συνδεδεμένες με το διακομιστή για να διαβάσει τα δεδομένα του σκελετού. Παρ' όλα αυτά, μπορεί να αποδειχθεί χρήσιμο να παρέχει έναν input emulator server και την αρχιτεκτονική του πελάτη, ώστε να επηρεαστεί η κίνηση όλου του σώματος τα ειδικά διαμορφωμένα παιχνίδια που δεν είναι διαθέσιμα στο εμπόριο, ακόμη και αν ο αισθητήρας είναι συνδεδεμένος σε διαφορετικό υπολογιστή στο δίκτυο.

### **2.3.4 AnTS**

#### **ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ**

Το σύστημα αποκατάστασης που αναλύεται σε αυτή την έρευνα των Cameirao M. S., Bermudez i Badia S., Zimmerli L., Duarte Oller E. και Verschure P. F. M. J. [20] χαρτογραφεί τις κινήσεις του ασθενή σε ένα εικονικό περιβάλλον χρησιμοποιώντας μία συνηθισμένη κάμερα βασισμένη σε ένα σύστημα παρακολούθησης που ονομάζεται AnTS. Το σύστημα παρακολούθησης των κινήσεων λειτουργεί στα 30 Hz και ακολουθεί τα χρωματιστά σημεία κάνοντας χρήση του χρωματικού διαστήματος(HSV) για να έχει μία πιο καλή και λογική απεικόνιση του χρώματος. Σε αυτό το χρωματιστό διάστημα, η σταθερά Hue κωδικοποιεί την ταχύτητα του χρώματος. Το AnTS παρακολουθεί τα χρωματιστά σημεία που είναι τοποθετημένα στα στρατηγικά σημεία του χεριού, π.χ. στον αγκώνα και τον καρπό, η θέση για καθένα από τα σημεία υπολογίζεται χρησιμοποιώντας πιθανολογικές μεθόδους που βοηθούν στη λύση συγκλίσεων και προβλημάτων βάρδισης. Οι γωνίες των αρθρώσεων και των δύο χεριών είναι υπολογισμένες από τη θέση των σημείων του βιομηχανικού μοντέλου. Το μέσο σφάλμα κατά την ανακατασκευή του είναι 11 μοίρες. Οι καταγεγραμμένες γωνίες των αρθρώσεων έχουν χαρτογραφηθεί πάνω στις κινήσεις ενός εικονικού avatar σε ένα εικονικό σενάριο που αναπτύσσεται χρησιμοποιώντας το Torque Gaming Engine. Επιπλέον, χρησιμοποιεί τα συνηθισμένα γάντια δεδομένων για τον υπολογισμό της κάμψης των δακτύλων.



*Εικόνα 21: Η Εγκατάσταση Του Συστήματος Αποκατάστασης, [20]*

## ΚΟΣΤΟΣ

Τα επίσημα δεδομένα για τους οικονομικούς πόρους της συγκεκριμένης μελέτης [20] δεν δημοσιεύθηκαν με συνέπεια να μην είναι δυνατό να προσδιοριστεί το συνολικό της κόστος. Παρ' όλα αυτά σε όλες τις δημοσιεύσεις που περιέγραφαν τη χρήση του AnTS ως μέθοδος απομακρυσμένης αποκατάστασης, αναφέρεται πως οι συσκευές που είναι απαραίτητες και τα στοιχεία εισόδου, είναι μια οθόνη υπολογιστή και μία συνηθισμένη κάμερα βασισμένη στο σύστημα παρακολούθησης που λέγεται AnTS. Συνεπώς, τονίζεται πως το συνολικό σύστημα που δημιουργήθηκε για αυτή την έρευνα χαρακτηρίζεται ως χαμηλού κόστους.

## TARGET GROUP

Τα τελευταία χρόνια υπήρξαν σημαντικές εξελίξεις όσον αφορά την εφαρμογή των συστημάτων εικονικής πραγματικότητας για την αποκατάσταση βλαβών του νευρικού συστήματος. Μία από τις πιο σημαντικές περιοχές είναι η αποκατάσταση των ασθενών με εγκεφαλικό επεισόδιο, ιδίως σε σχέση με τη λειτουργικότητα των άνω άκρων. Το εγκεφαλικό είναι η κύρια αιτία της ενήλικης αναπηρίας στον κόσμο, με περίπου το 60% των ασθενών να έχουν μακροχρόνιες λειτουργικές αναπηρίες. Η ψυχολογική επίδραση του ασθενή και το κοινωνικό του περιβάλλον δε πρέπει να υποτιμάται, καθώς οδηγεί πολλούς από τους ασθενείς σε κατάθλιψη. Μετά από ένα εγκεφαλικό επεισόδιο η ανάκτηση της κινητικής ικανότητας του χεριού έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον λόγω του ουσιαστικού του ρόλου στις καθημερινές δραστηριότητες.

Στην συγκεκριμένη έρευνα [20] έχει αναπτυχθεί ένα σύστημα αποκατάστασης που χρησιμοποιεί μία κάμερα βασισμένη σε ένα σύστημα παρακολούθησης που ονομάζεται AnTS. Είναι ειδικά σχεδιασμένο για την αποκατάσταση μετά από ένα εγκεφαλικό επεισόδιο. Το σύστημα αναγνωρίζει την κίνηση που εφοδιάζεται από τους καθρεπτισμένους κινητικούς νευρώνες των προ-κινητικών και παραλυτικών περιοχών του εγκεφαλικού φλοιού παρέχοντας άμεση πρόσβαση στο κεντρικό κινητικό σύστημα. Οι καθρεπτισμένοι κινητικοί νευρώνες είναι ένας πληθυσμός νευρώνων που χρησιμοποιούνται τόσο κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης του στόχου της άσκησης όσο και στην παρατήρηση της άσκησης όταν εκτελείται από άλλους. Εδώ γίνεται αναφορά στο επόμενο στάδιο ανάπτυξης του συστήματος αποκατάστασης όπου συνδυάζεται η αξιολόγηση και η εκπαίδευση σε ένα σύστημα. Αυτό αποτελεί ένα σημαντικό βήμα για την επίτευξη εξατομικευμένων και αυτόνομων συστημάτων που στοχεύουν στη εξάσκηση και την εκπαίδευση.

Επιπλέον, εκτελείται μία προκαταρκτική αξιολόγηση του συστήματος που βασίζεται σε ασθενείς που έχουν βιώσει ένα εγκεφαλικό επεισόδιο. Συγκεκριμένα, γίνεται αξιολόγηση της συσχέτισης μεταξύ της φυσικής απόδοσης και της εικονικής

αντιστοιχίας. Το σύστημα έχει, επίσης, τη δυνατότητα να χρησιμοποιεί ως εργαλείο για διαγνωστικά μέσα και μέτρα παρακολούθησης κατά τη διάρκεια των προγραμμάτων αποκατάστασης.

### ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

Κατά την εφαρμογή του συστήματος του AnTS δεν εμφανίστηκαν τεχνικά προβλήματα ούτε κατά την εγκατάσταση του ούτε κατά τη χρήση του [20].

### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Εκτός από την ανάπτυξη ενός αυτόματου εικονικού περιβάλλοντος για αποκατάσταση του νευρικού συστήματος, το σύστημα του AnTS βασίζεται στην υπόθεση ότι η κινητική λειτουργία σε συνδυασμό με την οπτική ανατροφοδότηση πληροφοριών, μπορούν να αναπτύξουν τους καθρεπτισμένους κινητικούς νευρώνες και να τους χρησιμοποιήσουν ως μέσο για την αναδιοργάνωση του φλοιού.

Το συγκεκριμένο σύστημα αποκατάστασης επιτρέπει τη δημιουργία προσωπικών εκπαιδευτικών σεναρίων, βασιζόμενο στις δυνατότητες και τις ανάγκες του ασθενή. Μία προϋπόθεση για να συμβεί αυτό είναι να υπάρχουν ακριβής πληροφορίες για τη κατάσταση του ασθενή. Για αυτό τον λόγο η έρευνα ξεκινάει με μία διαδικασία αξιολόγησης και βαθμονόμησης των κινήσεων του ασθενή. Παρ' όλα αυτά υπάρχουν πολλές ιδιότητες, όπως η οπτική πρώτου προσώπου και ο ρεαλισμός των κινήσεων, που πρέπει πρώτα να αναλυθούν για να κατανοηθεί η διαφορά μεταξύ των πραγματικών δραστηριοτήτων σε σχέση με αυτές που συμβαίνουν σε ένα εικονικό περιβάλλον.

Για να εκτιμηθούν αυτοί οι παράγοντες, επιλέχθηκαν για τη μελέτη έξι δεξιόχειρες ασθενείς εγκεφαλικού επεισοδίου με αριστερή ημιπάρεση και μέσο όρο ηλικίας 61 έτη (από 32 έως 74 χρονών). Ζητήθηκε από τους ασθενείς να πραγματοποιήσουν τη διαδικασία της αξιολόγησης τόσο για πραγματικές δραστηριότητες όσο και για δραστηριότητες εικονικής πραγματικότητας. Οι μετρήσεις που παράχθηκαν και από τις δύο περιπτώσεις ήταν συνεπής για όλους τους ασθενείς που αξιολογήθηκαν. Το στοιχείο αυτό υποδεικνύει την αντιστοιχία των δύο διαδικασιών, τις δυνατότητες αξιολόγησης του συστήματος εικονικής πραγματικότητας που χρησιμοποιεί η έρευνα και την αποδοχή που δείχνουν οι χρήστες στη λειτουργία και τη διεπαφή του συστήματος. Επιπρόσθετα, το σύστημα παρέχει μετρήσεις για την απαιτούμενη απόσταση και την ταχύτητα της κίνησης που επιτρέπουν την ποσοτικοποίηση των κινητικών δεδομένων του ασθενή.

Στην επόμενη φάση, οι ασθενείς δοκιμάζονται σε ένα νέο σενάριο αποκατάστασης που βασίζεται σε ένα απλό παιχνίδι εικονικής πραγματικότητας. Κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού (10 λεπτά), γινόταν μία πιο ακριβής ποσοτικοποίηση της απόδοσης



του ασθενή, που περιελάμβανε σκορ, ακρίβεια στην κινητική δράση, διανομή σφαλμάτων κτλ. Αυτές οι μετρήσεις απόδοσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση της εξέλιξης του ασθενή από συνεδρία σε συνεδρία και για να προσφέρουν βιο-ανάδραση στην απόδοση σε κάθε δραστηριότητα.

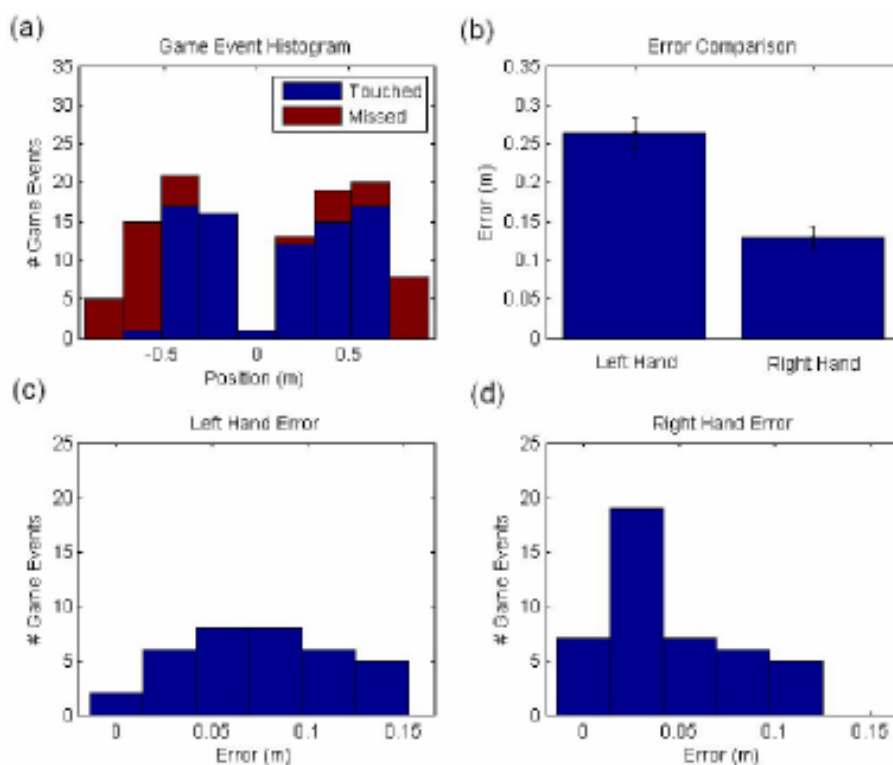
Η πρώτη άσκηση αναπτύχθηκε για να εκπαιδεύσει το εύρος της κίνησης του βραχίονα. Ο ασθενής κάθεται σε μία καρέκλα, έχοντας μπροστά του μία οθόνη υπολογιστή. Και οι δύο βραχίονες τοποθετούνται στο τραπέζι με τις παλάμες προς τα κάτω. Στην οθόνη, ο ασθενής μπορεί να δει τα εικονικά χέρια να μιμούνται τις κινήσεις των δικών του χεριών. Ο ασθενής χρησιμοποιεί το σύστημα σε τρεις φάσεις κατά τη διάρκεια της αξιολόγησης και καλείται να αγγίξει μία ακολουθία στόχων που εμφανίζονται πάνω στο τραπέζι σε απόσταση από 19cm μέχρι 42cm από τη θέση του, σε μία συγκεκριμένη σειρά. Ακολουθεί μία περίοδος όπου ο ασθενής μπορεί να κάνει συγκεκριμένες κινήσεις προκειμένου να διορθωθούν για τη χαρτογράφηση φυσικών κινήσεων στα εικονικά άκρα. Στη δεύτερη φάση ζητείται από τον ασθενή να εκτελέσει την ίδια άσκηση αξιολόγησης σε εικονικό περιβάλλον. Στην τελευταία φάση, την φάση της εκπαίδευσης ο ασθενής βλέπει ένα τοπίο όπου εικονικές σφαίρες κινούνται προς το μέρος του και πρέπει να τις αποκρούσει με τα εικονικά του χέρια. Οι κινήσεις των εικονικών χεριών είναι ελεγχόμενες από τις κινήσεις των χεριών του ασθενή στο τραπέζι, δηλαδή από το σύστημα που καταγράφει την κίνηση.

Κάθε φορά που ο ασθενής αποκρούει μία μπάλα, αυτή γυρίζει πίσω και ο ασθενής λαμβάνει ένα ακουστικό σχόλιο, σαν «θετικό ήχο». Κατά τη διάρκεια της συνεδρίας συγκεντρώνονται πόντοι για να υπολογιστεί ένα τελικό σκορ που εμφανίζεται στη συνέχεια στον ασθενή. Η δυσκολία αυτής της άσκησης καθορίζεται από ένα σύνολο παραμέτρων του παιχνιδιού που περιλαμβάνουν ακτίνες από τις μπάλες, κινήσεις ταχύτητας, απελευθέρωση του χρονικού διαστήματος και αριστερό και δεξί φάσμα των σφαιρών. Η δυσκολία της άσκησης μπορεί να ρυθμιστεί σύμφωνα με τις ικανότητες και τις επιδόσεις του ασθενή. Στο δεύτερο επίπεδο του παιχνιδιού, το εύρος της κίνησης μπορεί να ενωθεί με την εκπαίδευση της αντίληψης. Αυτό συνίσταται στην ταυτόχρονη παρακολούθηση της αντίληψης του ασθενή και την απόκρουση των σφαιρών χρησιμοποιώντας τα ειδικά γάντια δεδομένων.

Η αλληλεπίδραση μεταξύ εικονικών και πραγματικών άκρων και δράσεων μπορεί να ελεγχθεί και να συντονιστεί με τις ιδιότητες του ασθενή και το συγκεκριμένο εικονικό σενάριο. Για παράδειγμα, διαφορετικά βάρη μπορεί να δοθούν σε συγκεκριμένο άτομο προκειμένου να ενισχυθούν οι κινήσεις του.

Τα δεδομένα σε κάθε συνεδρία καταγράφονται για επακόλουθη ανάλυση για να παρέχουν μία εγγραφή βελτίωσης κατά τη διάρκεια των συνεδριών. Τα δεδομένα που έχουν καταγραφεί αποτελούνται από τις γωνίες των αρθρώσεων που

παρέχονται από το σύστημα καταγραφής των κινήσεων, τις συντεταγμένες των εικονικών χεριών, γεγονός που σχετίζεται με τα δεδομένα (ποιο χέρι άγγιξε μια μπάλα και που) και τα αποτελέσματα.



Εικόνα 22: Ανάλυση Της Απόδοσης Του Ασθενή, [20]

Θεωρείται πως το σύστημα αποκατάστασης AnTS περιέχει αρκετές ιδιότητες και δυνατότητες που το κάνουν κατάλληλο σύστημα για αποκατάσταση. Εκτός από τις αυτόματες μετρήσεις και τα συγκεκριμένα εκπαιδευτικά σενάρια, το σύστημα είναι πολύπλευρο και μπορεί εύκολα να μετατραπεί ανάλογα με κάθε κλινική περίπτωση. Για παράδειγμα, μπορεί να αναπτυχθεί ένα παρόμοιο σενάριο για την αποκατάσταση των κάτω άκρων χρησιμοποιώντας τα πόδια του εικονικού avatar. Για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας του συστήματος και της αποκατάστασης, θα αναπτυχθούν μελέτες για ασθενείς που βρίσκονται σε οξεία φάση εγκεφαλικού επεισοδίου, με ελέγχους, που θα χρησιμοποιούν το σύστημα σε διαρκή βάση για αρκετές βδομάδες [20].

### **2.3.5 BrightArm**

#### **ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ**

Το BrightArm είναι ένα σύστημα αποκατάστασης που αποτελεί μία συνέχεια του RutgersArm 2, το οποίο πέτυχε τη βελτίωση της κινητικής λειτουργίας του άνω άκρου σε ασθενείς με χρόνια προβλήματα μετά από εγκεφαλικό επεισόδιο. Αυτή η έρευνα παρουσιάζει τη πρώτη κλινική μελέτη σκοπιμότητας του BrightArm σε μία ομάδα ηλικιωμένων συμμετεχόντων, οι οποίοι είναι ασθενείς σε εξειδικευμένη μονάδα νοσηλείας.

Το σύστημα του BrightArm αποτελείται από ένα τραπέζι προσβάσιμο σε αναπηρικά καροτσάκια, μία μηχανογραφημένη υποστήριξη για το χέρι, δύο ψηφιακές κάμερες, μία μεγάλη τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας, έναν πολυπύρρηνο σταθμό υπολογιστών, συνηθισμένα παιχνίδια αποκατάστασης και ένα απομακρυσμένο κλινικό διακομιστή. Οι συμμετέχοντες στην αναπηρική τους καρέκλα διευκολύνονται από την ικανότητα του BrightArm να σηκωθεί ή να χαμηλώσει μόνο του ανάλογα από το ύψος του ασθενή.



*Εικόνα 23: Χρήση Του Συστήματος Bright Arm, [21]*

Το πρωτόκολλο που χρησιμοποιήθηκε ήταν ABAA, με δεδομένα που συλλέγονται πριν (A), μετά (A) και στις 6 εβδομάδες που ακολουθούν (A) στις συνεδρίες για την αξιολόγηση και την διαφάνεια κατά τη διάρκεια κάθε συνεδρίας (B). Τα δεδομένα

που παρουσιάζονται εδώ είναι για το στοιχείο ABA του πρωτοκόλλου, με δεδομένα που θα παρουσιαστούν οπουδήποτε αλλού. Έγιναν δέκα οκτώ (18) συνεδρίες για έξι (6) εβδομάδες, δηλαδή τρεις συνεδρίες ανά εβδομάδα. Κατά τη διάρκεια κάθε συνεδρίας συγκεντρώθηκαν δεδομένα από τα παιχνίδια αποκατάστασης και στο τέλος κάθε 2<sup>ης</sup> εβδομάδας οι συμμετέχοντες βαθμολογούσαν την εμπειρία τους σε ένα ερωτηματολόγιο υποκειμενικής αξιολόγησης [21].

### ΚΟΣΤΟΣ

Τα επίσημα δεδομένα για τους οικονομικούς πόρους της συγκεκριμένης μελέτης των Rabin B., Burdea G., Hundal J., Roll D. και Damiani F. [21] δεν δημοσιεύθηκαν με συνέπεια να μην είναι δυνατό να προσδιοριστεί το συνολικό της κόστος. Παρ' όλα αυτά τονίζεται πως το συνολικό σύστημα που δημιουργήθηκε για αυτή την έρευνα χαρακτηρίζεται ως χαμηλού κόστους. Επίσης, έχει αναφερθεί επίσημα το σύστημα και η έρευνα χρηματοδοτήθηκε από το National Institute of Health.

### TARGET GROUP

Το BrightArm είναι ένα σύστημα αποκατάστασης που ασχολείται με ασθενείς που έχουν βιώσει εγκεφαλικό επεισόδιο και έχουν χρόνια προβλήματα κινητικής λειτουργίας. Σε πολλές περιπτώσεις οι ασθενείς μετά από ένα εγκεφαλικό επεισόδιο παρουσιάζουν και νοητικές βλάβες. Οι πιο διαδεδομένοι τύποι διανοητικών διαταραχών είναι εκείνες που επηρεάζουν την εκτελεστική λειτουργία και την οπτική αντίληψη. Ενώ πολλοί αποκτούν πιο ήπιες διαταραχές εντός 6 μηνών μετά το επεισόδιο, ο κίνδυνος άνοιας μετά από αυτό, για τα άτομα που είχαν και προβλήματα από πριν, αυξάνεται.

Η αλληλεπίδραση μεταξύ των γνωστικών διαταραχών και τα αποτελέσματα της επαγγελματικής φυσιοθεραπείας είναι ένας τομέας που αξίζει προσοχή. Η φυσιοθεραπεία επιφέρει θετικά αποτελέσματα από τα σχόλια που παρέχονται στους ασθενείς με μορφή γνώσης της απόδοσης και γνώση των αποτελεσμάτων. Οι γνωστικές διαταραχές των ασθενών (μειωμένη προσοχή, μειωμένη οπτική μνήμη, μειωμένη εκτελεστική λειτουργία) επηρεάζουν την κατανόηση και την επεξεργασία της γνώσης της απόδοσης και έτσι τα φυσικά αποτελέσματα της αποκατάστασης. Συγκεκριμένα, σε μία άσκηση για το άνω άκρο η γνώση της απόδοσης ήταν λιγότερο κατανοητή από τους ασθενείς με γνωστικά ελλείμματα.

Η εικονική αποκατάσταση παρέχει μία ευκαιρία για την βελτίωση των αποτελεσμάτων της αποκατάστασης εξαιτίας της πλούσιας γνώσης της απόδοσης και γνώσης των αποτελεσμάτων, των δεσμευτικών και υψηλής κινητικότητας ασκήσεων, καθώς και την προσαρμοστικότητα κάθε ασθενή.

## ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

Κατά την εφαρμογή του συστήματος του BrightArm δεν εμφανίστηκαν ούτε αναφέρθηκαν από τους ασθενείς κάποιοι σοβαροί περιορισμοί, παρά μόνο κάποια λογικά τεχνικά προβλήματα που επιλύθηκαν κατά τη διάρκεια της έρευνας [21].

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα κριτήρια ένταξης για μελέτη σκοπιμότητας ήταν ο ασθενής να έχει βιώσει εγκεφαλικό επεισόδιο τουλάχιστον ένα χρόνο πριν, σε ηλικία 60 ετών, καλή ψυχική κατάσταση (για να είναι σε θέση να κατανοήσουν τη μορφή και τις απαιτήσεις των ασκήσεων) και η παραμονή σε ένα γηροκομείο. Τα κριτήρια αποκλεισμού ήταν η ακινησία του άκρου, τύφλωση, σοβαρή νοητική καθυστέρηση ή άνοια.

Οι υποψήφιοι ήταν μεταξύ ασθενών του Roosevelt Care Center και από τα μεγάλα γηροκομεία στο Edison, του New Jersey. Όλοι οι συμμετέχοντες έλαβαν ιατρική άδεια από τους θεραπευτές ιατρούς και υπέγραψαν ένα έντυπο συγκατάθεσης που εγκρίθηκε από το Western Institutional Review Board (ένα ρυθμιστικό όργανο που επιβλέπει την έρευνα BCI στον άνθρωπο). Το BrightArm εγκαταστάθηκε στη συνέχεια στο RCC σε ένα ειδικό δωμάτιο με μία ειδική σύνδεση στο internet των κεντρικών γραφείων του BCI. Η χρησιμότητα του πρωτότυπου δοκιμάστηκε για πρώτη φορά με τέσσερις (4) ηλικιωμένους, αλλά υγιείς εθελοντές. Ακολούθησε αξιολόγηση και εκπαίδευση έξι (6) συμμετεχόντων χρόνιων ασθενών εγκεφαλικών επεισοδίων που έγινε το φθινόπωρο του 2010. Από αυτούς, ο ένας σταμάτησε να συμμετέχει λόγω ασθένειας που δεν σχετίζεται με τη μελέτη και πέντε (5) ολοκλήρωσαν τη πειραματική θεραπεία.

Οι πέντε συμμετέχοντες (μία γυναίκα και τέσσερις άνδρες) κυμαίνονται από 62 έως 81 ετών. Το εγκεφαλικό επεισόδιο του συνέβει μεταξύ 19 και 119 μήνες πριν την παρέμβαση και σε όλους τους συμμετέχοντες εκτός από έναν, επηρέασε την αριστερή τους πλευρά. Είχαν αρχικά πολύ χαμηλή λειτουργικότητα, με ένα σκορ του άνω άκρου για την αξιολόγηση Fugl-Meyer (FMA) από 4 έως 28 βαθμούς (με ανώτερο σκορ τις 66 μονάδες). Αυτό αντιστοιχεί σε σοβαρή αναπηρία του με άνω άκρου στους συμμετέχοντες 1,2,4 και 5 ενώ σημειώθηκε αναπηρία και στον τρίτο συμμετέχοντα. Όλοι οι συμμετέχοντες παρουσίασαν κάποιο βαθμό σπαστικότητας. Τα επίπεδα κατάθλιψης ποικίλουν μεταξύ των συμμετεχόντων, 3 σε χαμηλό επίπεδο, 1 σε μέτριο και 1 χωρίς κατάθλιψη. Αρχικά, τέσσερις (4) συμμετέχοντες παρουσίασαν σοβαρό έλλειμμα στην προσοχή, τη μνήμη ή και τα δύο, ενώ ένας είχε λιγότερες νοητικές βλάβες. Όλοι οι συμμετέχοντες είχαν πολλαπλά σοβαρά νοσήματα, δύο είχαν ιστορικό επιληψίας και ένας υπερβολικό άγχος.

Participant	1	2	3	4	5
Age (years)	65	69	62	81	67
Gender	Female	Male	Male	Male	Male
Race	White	White	White	Black	White
Time since stroke (months)	119	21	73	73	19
Affected side	Left	Left	Right	Left	Left
Motor impairment level	Severe	Severe	Marked	Severe	Severe
Initial Fugl-Meyer Assessment UE score	5	4	28	10	11
Spasticity	Elbow, fingers	Elbow, fingers	Fingers	Elbow, fingers	Elbow, fingers
Depression level	Moderate	Minimal	Minimal	Minimal	Normal
Cognitive state	Severely impaired visual and verbal attention Severely impaired visual memory	Severely impaired visual memory	Severely impaired verbal memory	Severely impaired visual and verbal attention Severely impaired visual and verbal memory	Moderately impaired verbal attention Mildly impaired visual attention
Co-morbidities	Hypertension, Leg amputation, Anemia, Aneurism heart, Tobacco use	Epilepsy, Ischemic Heart, Hypothyroidism, Asthma, Chronic airway obstruction, Chronic pain	Aphasia, Convulsion, Hypertension, Epilepsy	Malignant kidney, Nocturia, Hypertension, Abnormal gait, Cataracts	Anxiety, Macular degeneration, Hypertension
Ambulation	Wheelchair	Wheelchair	Wheelchair	Wheelchair	Wheelchair
Language	Non-English	English	English	Non-English	English

Πίνακας 5: Χαρακτηριστικά Και Ιατρικό Ιστορικό Των Ασθενών Πριν Την Αποκατάσταση, [21]

Οι 18 θεραπευτικές συνεδρίες πραγματοποιήθηκαν σε διάρκεια πραγματικού χρόνου από 20 λεπτά (1<sup>η</sup> εβδομάδα), σε 30 λεπτά (2<sup>η</sup> εβδομάδα), σε 40 λεπτά (3<sup>η</sup> εβδομάδα) και 50 λεπτά (4<sup>η</sup>-6<sup>η</sup> εβδομάδα). Εκτός από τη διάρκεια της εκπαίδευσης, η ένταση της προπόνησης αυξήθηκε από την σταδιακή κλίση του τραπεζιού από 0 μοίρες (οριζόντια) τις πρώτες τρεις εβδομάδες σε 10 μοίρες την 4<sup>η</sup> εβδομάδα και 20 μοίρες την 5<sup>η</sup> και την 6<sup>η</sup>. Κάθε συνεδρία αποτελείται από παιχνίδια Pick and Place, Breakout 3D, Treasure Hunt, Card Island και Tower of Hanoi 3D. Η σειρά επαναλαμβάνεται ανάλογα με το πόσες φορές χρειάζεται να επιτευχθεί η προβλεπόμενη διάρκεια συνεδρίας. Οι ασκήσεις δυσκολεύουν από την 1<sup>η</sup> εβδομάδα μέχρι την 6<sup>η</sup>. Ένας θεράπων ιατρός βοήθησε τους συμμετέχοντες όποτε κρινόταν αναγκαίο τις πρώτες τέσσερις εβδομάδες και ένας βοηθός τις δύο τελευταίες. Στην αρχή κάθε συνεδρίας ο αγκώνας και τα δάκτυλα των συμμετεχόντων τεντώθηκαν από τους θεραπευτές πριν την εικονική αποκατάσταση. Εκτός από τα παιχνίδια ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να εκτελέσουν και πραγματικές ασκήσεις με επίβλεψη, τις δύο τελευταίες εβδομάδες της εκπαίδευσης. Οι ασκήσεις περιλαμβάνουν την πίεση μιας μπάλας από καουτσούκ ή να σηκώνουν αντικείμενα για τη περίπτωση του τρίτου ασθενή (που ήταν και πιο λειτουργικός).

Οι συμμετέχοντες, με την εκπαίδευση μέσω του BrightArm, επωφελήθηκαν σε μεγάλο βαθμό για τις κινητικές του δυσλειτουργίες. Πριν τη διαδικασία της εκπαίδευσης οι ασθενείς δεν είχαν τη δυνατότητα να σηκώσουν βάρη με τον καρπό τους ή να ασκήσουν δύναμη όταν έπιαναν ένα αντικείμενο, ενώ μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας τέσσερις από αυτούς μπορούσαν να σηκώσουν βάρη και τρεις από αυτούς να ασκήσουν δύναμη στα αντικείμενα. Επιπλέον, οι

συμμετέχοντες ακολούθησαν πιστά το πρωτόκολλο της έρευνας, ήταν παρόντες σε όλες τις συνεδρίες εκπαίδευσης και αξιολόγησης και εξασκήθηκαν στον απαιτούμενο χρόνο χωρίς να επιδείξουν κάποια διαμαρτυρία. Η συνολική τους αξιολόγηση με σκορ 4.1 στα 5 υποδεικνύει την αποδοχή των ασθενών προς την εκπαίδευση μέσω του BrightArm, και γενικά με τη χρήση της εικονικής πραγματικότητας. Το νοσηλευτικό προσωπικό και οι υπεύθυνοι γιατροί που δούλεψαν με τους πέντε ασθενείς ανέφεραν συνολική βελτίωση σε κάθε έναν από αυτούς σε επίπεδο λειτουργίας, πνεύματος και κινήτρου. Επίσης, επέδειξαν σταθερή βελτίωση στις δραστηριότητες της καθημερινής τους ζωής καθώς περνούσαν από μία συνεδρία στην επόμενη και μέσα από τις συνεντεύξεις τους, μετά τις συνεδρίες, ανέφεραν πόσο ενθουσιασμένοι ήταν για τη συμμετοχή τους στην έρευνα και πόσο στεναχωρημένοι που ολοκληρώθηκαν οι δοκιμές [21].

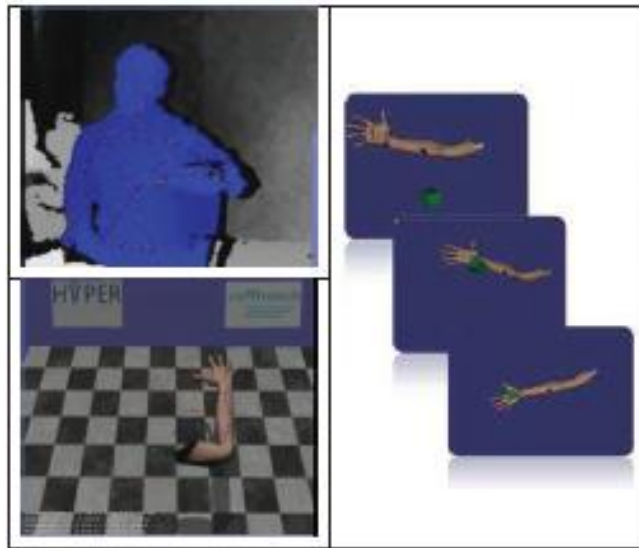
### **2.3.6 HYPER**

#### ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Αυτή τη στιγμή γίνεται ανάλυση πάνω στη παροχή μιας πλατφόρμας εικονικής πραγματικότητας αποκατάστασης για το HYPER project [22]. Αυτή η έρευνα περιλαμβάνει διαφορετικά αποτελέσματα στη νευρορομποτική (NR) και νευροπροσθετική (MNP) για την αποκατάσταση και τη λειτουργική βελτίωση των κινητικών διαταραχών.

Η εικονική πραγματικότητα, ένα σημαντικό μέρος του πολύπλοκου συστήματος, ήταν αρχικά βασισμένη στη τεχνολογία εντοπισμού ραδιοσυχνότητας. Αυτή η λύση προσφέρει καλές επιδόσεις παρακολούθησης αλλά χρησιμοποιούνται πολλά καλώδια. Ανάλογα με τις ανάγκες του ασθενή συνεπώς, δεν αποτελεί τη βέλτιστη λύση. Έτσι ερευνούμε τώρα μια νέα ασύρματη και φθηνή τεχνολογία το Kinect.

Τα πρώτα αποτελέσματα είναι πολύ ενθαρρυντικά και ακόμη και αν η ακρίβεια της παρακολούθησης πρέπει να μετρηθεί φαίνεται ότι για αυτό τον τύπο εφαρμογής οι ανάγκες για ακρίβεια δεν είναι πολύ απαραίτητες. Επιπλέον, το σύστημα εντοπισμού φαίνεται να είναι αρκετά ισχυρό για να παρακολουθήσει τον ασθενή και το σχετικό ρομποτικό (εξω)σκελετό ή τις νευροπρόσθετες συσκευές στο άνω και κάτω τμήμα του σώματος.



*Εικόνα 24: Snapshots Από Τη Χρήση Του Συστήματος HYPER, [22]*

Ένας περιορισμός που πρέπει να λάβουμε υπόψη μας είναι ότι η παρακολούθηση μέσω Kinect παρουσιάζει αδυναμία όταν το άτομο φωτίζεται έντονα από ηλιακό



φως. Αυτό αποτελεί, ωστόσο, απλώς έναν τεχνολογικό περιορισμό που μπορούμε να προσπεράσουμε.

Τέλος, ένα περαιτέρω τμήμα της έρευνάς μας αφορά το συνδυασμό μεταξύ Brain Computer Interface (BCI) και VR προκειμένου να δημιουργηθεί ένα καλά διαγνωστικό και εξατομικευμένο περιβάλλον όπου είναι δυνατό να μελετηθούν τα σήματα του εγκεφάλου ως απαντήσεις σε εξωτερικά (εικονικής πραγματικότητας) ερεθίσματα ή να αξιολογήσει την πρόοδο του ασθενή στη θεραπεία αποκατάστασης.

### ΚΟΣΤΟΣ

Τα επίσημα δεδομένα για τους οικονομικούς πόρους της συγκεκριμένης μελέτης του De Mauro A. [22] δεν έχουν δημοσιευθεί με συνέπεια να μην είναι δυνατό να προσδιοριστεί το συνολικό της κόστος. Παρ' όλα αυτά σε όλες τις δημοσιεύσεις που περιέγραφαν τη χρήση του HYPER ως μέθοδος αποκατάστασης, αναφέρεται ότι είναι ένα σύστημα χαμηλού κόστους.

### TARGET GROUP

Η μελέτη εστιάζει στις δραστηριότητες των νέων συστημάτων (NR/MNP) που θα συνδυάζουν βιολογική και τεχνητή δομή, προκειμένου να ξεπεραστούν οι κύριοι περιορισμοί των τωρινών λύσεων αποκατάστασης για Εγκεφαλοαγγειακό επεισόδιο (CVA) και Κάκωση Νωτιαίου Μυελού (SCI) [22].

### ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

Εξαιτίας του γεγονότος ότι το HYPER δεν έχει αναπτυχθεί σε μεγάλο βαθμό και δεν έχει χρησιμοποιηθεί σε επίσημη έρευνα, δεν έχουν αναφερθεί και περιορισμοί ή μειονεκτήματα του συστήματος, εξαιρουμένου του γεγονότος ότι η παρακολούθηση μέσω Kinect παρουσιάζει αδυναμία όταν το άτομο φωτίζεται έντονα από ηλιακό φως. Αυτό αποτελεί, ωστόσο, απλώς έναν τεχνολογικό περιορισμό που μπορούμε να προσπεράσουμε [22].

### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Αυτή η εργασία [22] εξετάζει τη τελευταία λέξη της τεχνολογίας, πλεονεκτήματα και προοπτικές εικονική αποκατάστασης που χρησιμοποιούνται σε διάφορες μορφές της θεραπείας. Η πρόσφατη εισαγωγή μιας νέας τεχνολογίας, που αναπτύχθηκε αρχικά για σκοπούς παιχνιδιού, που παρέχει έναν αριθμό προκλήσεων και αυξάνει τις πιθανότητες να κερδίσει η εικονική αποκατάσταση την ευρεία αποδοχή. Παρουσιάζουμε, ως μελέτη περίπτωσης τη πρώτη ανάπτυξη ενός προηγμένου συστήματος που συνδυάζει εικονική πραγματικότητα που βασίζεται στην

τεχνολογία παιχνιδιού με ένα υβριδικό νευρορομποτικό (NR) και νευροπροσθετικό (MNP) σύστημα για τη λειτουργική αποκατάσταση κινητικών διαταραχών.

### **2.3.7 Rutgers Arm**

#### ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

#### Πειραματικό Σύστημα

Το σύστημα Rutgers Arm αποτελείται από έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή (Pentium 3 με διπύρνηνο επεξεργαστή), έναν 3D εντοπιστή (tracker, Polhemus Fastrak), ένα ειδικά σχεδιασμένο τραπέζι χαμηλής τριβής και ένα υποβραχιόνιο, μία σύνδεση Internet για απομακρυσμένη αποκατάσταση και μία κλινική βάση δεδομένων. Το σύστημα εντοπισμού χρησιμοποιείται για να εντοπίζει τις κινήσεις του χεριού του ασθενή. Επίσης, χρησιμοποιείται μία ειδική υποστήριξη του κορμού (Rosey) που αποτρέπει τον ασθενή από αντισταθμικές κινήσεις του κορμού έτσι ώστε να πραγματοποιείται πραγματική κάμψη του ώμου [23].

- *Ειδικά σχεδιασμένο τραπέζι*

Ένα τραπέζι ηλεκτρονικού υπολογιστή αναβαθμίστηκε με μία ειδικά σχεδιασμένη επιτραπέζια υποστήριξη του βραχίονα. Σχεδιάστηκε με τέτοιο τρόπο ώστε ο ασθενής να έχει τη δυνατότητα να επεκτείνει και τα 2 χέρια με άνεση και να τα κουνήσει με γωνία μέχρι 120 μοιρών. Το κάθισμα του ασθενή τοποθετείται μπροστά από τη μακρόστενη έδρα του τραπεζιού, υποστηρίζοντας έτσι το εκπαιδευόμενο κομμάτι του βραχίονα πάνω στην επιφάνεια του τραπεζιού. Επιπρόσθετα, η επιφάνεια του τραπεζιού παρέχει έναν βραχίονα υποστήριξης χαμηλής τριβής για 2D κίνηση, βοηθώντας τον ασθενή να κινείται χωρίς να χρειάζεται να αντιμετωπίσει μεγάλες δυνάμεις τριβής.

- *Υποβραχιόνιο*

Το ειδικά σχεδιασμένο υποβραχιόνιο είναι μία ορθογώνια πλαστική πλατφόρμα, που υποστηρίζεται από 12 μικρούς κυλίνδρους από τεφλόν. Αυτοί οι κύλινδροι μειώνουν τη τριβή έτσι ώστε να βοηθήσουν τον ασθενή να κινήσει το χέρι του άνετα πάνω από την επιφάνεια του τραπεζιού. Το υποβραχιόνιο είναι εξοπλισμένο με αφρώδες υλικό για λόγους άνεσης και έχει ιμάντες Velcro για κατάλληλη τοποθέτηση, ανεξάρτητα από την ανατομία του ασθενή. Ένας δέκτης εντοπισμού είναι τοποθετημένος στον ιμάντα κοντά στον καρπό του ασθενή, από τη στιγμή που ο καρπός έχει επιλεχθεί για να εντοπίζει τις κινήσεις του χεριού κατά τη διάρκεια της θεραπείας.

- *Εγκατάσταση της απομακρυσμένης αποκατάστασης Rutgers Arm*

Το σύστημα απομακρυσμένης αποκατάστασης χρησιμοποιεί τις ίδιες ρυθμίσεις και εγκατάσταση όπως το απλό σύστημα αποκατάστασης εικονικής πραγματικότητας, προσθέτοντας τις κατάλληλες συσκευές που επιτρέπουν την απομακρυσμένη παρακολούθηση. Ο ασθενής παρακολουθείται από απόσταση από τον επιβλέπων γιατρό μέσω μίας web-κάμερας και ενός μικροφώνου. Το λογισμικό ReCon χρησιμοποιείται για να εγκαταστήσει την σύνδεση μέσω Internet μεταξύ του υπολογιστή του ασθενή με αυτόν του γιατρού.

### ΚΟΣΤΟΣ

Τα επίσημα δεδομένα για τους οικονομικούς πόρους της συγκεκριμένης μελέτης των Kuttuva M., Boian R., Merians A., Burdea G., Bouzit M., Lewis J. και Fensterheim D. [23] δεν δημοσιεύθηκαν με συνέπεια να μην είναι δυνατό να προσδιοριστεί το συνολικό της κόστος. Παρ' όλα αυτά σε όλες τις δημοσιεύσεις που περιέγραφαν τη χρήση του Rutgers Arm ως μέθοδος απομακρυσμένης αποκατάστασης, τονίζεται πως το συνολικό σύστημα θα πρέπει να επανασχεδιαστεί με σκοπό τη μείωση του αρχικού συνολικού κόστους του.

### TARGET GROUP

Το εγκεφαλικό επεισόδιο θεωρείται η 3<sup>η</sup> κατά σειρά αιτία θανάτου ή αναπηρίας παγκοσμίως. Υπάρχουν πάνω από 750.000 Αμερικάνοι που αντιμετωπίζουν ένα εγκεφαλικό επεισόδιο κάθε χρόνο, που προκαλεί δυσλειτουργία στα άνω και κάτω άκρα και γενικώς απώλεια ορθής λειτουργίας του οργανισμού. Λόγω οικονομικών πιέσεων από το αμερικάνικο σύστημα υγείας, οι περισσότεροι ασθενείς αναγκάστηκαν να επιστρέψουν στο σπίτι τους αρκετά νωρίς μετά την αρχική τους αποκατάσταση. Η θεραπεία σταματούσε μετά από 6 έως 9 μήνες, παρά το γεγονός ότι επιστημονικές αποδείξεις υποδεικνύουν πως η αποκατάσταση της κίνησης και η θεραπεία του ασθενή χρειάζεται χρόνια.

Οι τρέχουσες οξείες παρεμβάσεις στην αποκατάσταση επικεντρώνονται σε μεγάλο βαθμό το κάτω άκρο ώστε ο ασθενής να είναι σε θέση να μετακινείται το συντομότερο δυνατόν. Συγκριτικά δαπανάται λιγότερος χρόνος για δραστηριότητες που αφορούν τη κίνηση του χεριού και του βραχίονα. Με τις υπάρχουσες μεθόδους αποκατάστασης υπολογίζεται ότι μεταξύ 30% με 66% των ασθενών εγκεφαλικού επεισοδίου δεν θα είναι σε θέση να αποκτήσουν την πλήρη λειτουργία του πληγωμένου χεριού τους.

Τα συστήματα εικονικής πραγματικότητας μπορούν να καλύψουν αυτές τις ανάγκες, παρέχοντας θεραπεία μέσω παιχνιδιών/ασκήσεων που έχουν σχεδιαστεί ειδικά για να παρέχουν κίνητρο στους ασθενείς και να τους δεσμεύουν για μία

περίοδο χρόνου εντατικής εξάσκησης. Η αποκατάσταση που βασίζεται στην εικονική πραγματικότητα έχει επίσης τη δυνατότητα να βελτιώσει την αποτελεσματικότητα ενός φυσιοθεραπευτή, παρέχοντας εργαλεία για καλύτερη βαθμονόμηση και παρακολούθηση πολλαπλών ασθενών. Η απομακρυσμένη αποκατάσταση, μία νέα επέκταση της αποκατάστασης μέσω εικονικής πραγματικότητας, δίνει τη δυνατότητα στους ασθενείς να βρίσκονται σπίτι τους και να κάνουν τις προκαθορισμένες ασκήσεις κάτω από απομακρυσμένη επίβλεψη [23].

### Παιχνίδια Εικονικής Πραγματικότητας

Τα θεραπευτικά παιχνίδια που βασίζονται στην εικονική πραγματικότητα χρησιμοποιούν τη γλώσσα προγραμματισμού Java 3D. Αυτή η «εργαλειοθήκη» επιλέχθηκε εξαιτίας της φορητότητας της, την ταχύτητα της, το κόστος (δωρεάν), και άλλων πλεονεκτημάτων. Το λειτουργικό σύστημα Windows 2000 χρησιμοποιείται για ολόκληρο το σύστημα προσομοιώσεων. Για αυτή την έρευνα αναπτύχθηκαν 2 παιχνίδια για την εξάσκηση της κίνησης του χεριού και του ώμου, που βασίστηκαν στις συμβουλές του φυσιοθεραπευτή που συμμετείχε στην έρευνα.

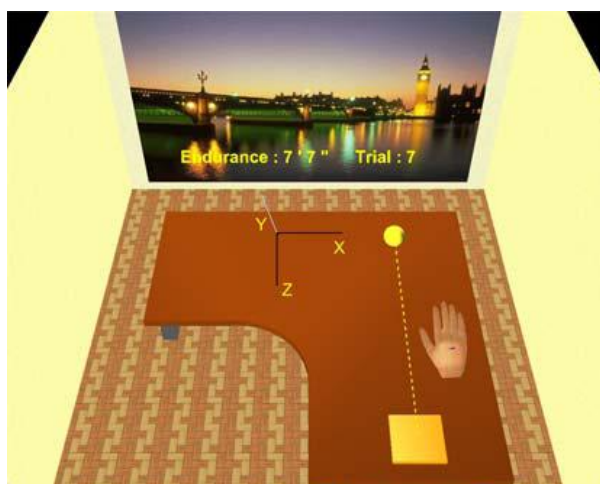
- *Σημεία αναφοράς*

Στην εκκίνηση κάθε νέας συνεδρίας, το εύρος κίνησης του ασθενή μετρείται μέσω ενός εργαλείου υπολογισμού. Το χέρι του ασθενή τοποθετείται στην καθορισμένη αρχική θέση και ο ασθενής παρακινείται να κάνει κάποιες συγκεκριμένες κινήσεις (αριστερά - δεξιά) του ώμου. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας χορηγείται στον ασθενή μία γραφική ανάδραση πληροφοριών μέσω μίας γραφικής οριζόντιας μπάρας στην οθόνη του υπολογιστή. Οι μετρήσεις αυτές καταγράφονται σε ένα αρχείο, και αργότερα χρησιμοποιούνται για την χαρτογράφηση του πραγματικού χώρου εργασίας για τη δημιουργία του εικονικού χώρου εργασίας και την τοποθέτηση των αντικειμένων στη σκηνή της εικονικής πραγματικότητας.

- *Το παιχνίδι Pick and Place*

Στην οθόνη του υπολογιστή απεικονίζεται ένα απλό εικονικό περιβάλλον αποτελείται από ένα δωμάτιο και ένα τραπέζι. Το δωμάτιο διαμορφώθηκε με τη γλώσσα προγραμματισμού VRML και τα στοιχεία φορτώνονται σε Java 3D, η οποία χρησιμοποιεί έναν φορτωτή (loader) VRML. Για τη διαμόρφωση του τραπεζιού (ακριβές αντίγραφο ενός πραγματικού τραπεζιού αποκατάστασης) και για την εξαγωγή του σε VRML, χρησιμοποιήθηκε το 3DS Max. Μία μπάλα και ένας τετράγωνος στόχος τοποθετήθηκαν στο τραπέζι με διαφορετικές συντεταγμένες. Ένα εικονικό χέρι έχει χαρτογραφηθεί με βάση τις κινήσεις του καρπού του ασθενή. Ο στόχος είναι να σηκώσει τη μπάλα και να την τοποθετήσει στον στόχο μετακινώντας το χέρι σε μία καθορισμένη τροχιά. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται για καθορισμένο αριθμό δοκιμών. Ο ασθενής συμβουλευτήκε να

μη βιάζεται και να προσπαθεί να ακολουθεί την καθορισμένη διακεκομμένη γραμμή που καθορίζει την τροχιά επάνω στο τραπέζι. Όταν το εικονικό χέρι βρίσκεται κοντά στο πεδίο της μπάλας, ενεργοποιείται μία έξυπνη ενέργεια «Pick up» (μία πολύ γνωστή τεχνική που χρησιμοποιείται για την αλληλεπίδραση αντικειμένων κατά την απουσία ενός γαντιού με αισθητήρες). Τότε, η μπάλα ταξιδεύει προς το χέρι, έως ότου ενεργοποιηθεί η απαλλαγή μόλις το εικονικό χέρι βρεθεί στην ακμή του στόχου. Αυτό το παιχνίδι εξασκεί την ακρίβεια ελέγχου της κίνησης του ώμου, τονίζοντας την ανάγκη προς τον ασθενή να ακολουθήσει την προκαθορισμένη διαδρομή.



Εικόνα 25: Screenshots Από Το Παιχνίδι "Pick And Place", [23]

Σε αυτό το παιχνίδι έχουν προγραμματιστεί 3 ρυθμίσεις (οριζόντια, κάθετη και διαγώνια) για την τοποθέτηση της μπάλας και του στόχου. Στην οριζόντια ρύθμιση, η μπάλα και ο στόχος τοποθετούνται με τέτοιο τρόπο ώστε ο άρθρος να κινείται στην αντίστοιχη κατεύθυνση. Παρόμοια, στην κάθετη ρύθμιση, ο ασθενής επιχειρεί έκταση/κάμψη του ώμου για να ολοκληρώσει τη διαδικασία. Η διαγώνια ρύθμιση απαιτεί από τον ασθενή να κινήσει την άρθρωση του ώμου με τη φορά του ρολογιού αλλά και αντίστροφα. Σε κάθε δοκιμή για τη κάθε ρύθμιση, υπολογίζεται η ιδανική πορεία της διακεκομμένης γραμμής πάνω στο εικονικό τραπέζι. Το μήκος της διαδρομής για κάθε ρύθμιση προκύπτει από τα αρχικά σημεία αναφοράς. Ενώ το εύρος των κινήσεων του ώμου του ασθενή βελτιώνεται, ένας προσαρμοσμένος αλγόριθμος αυξάνει σταδιακά το μήκος της διαδρομής. Κατά τη διάρκεια εξάσκησης του ασθενή, η προσομοίωση υπολογίζει και αποθηκεύει στη βάση δεδομένων διάφορες παραμέτρους, όπως το χρόνο που χρειάζεται ο ασθενής για να ολοκληρώσει ο ασθενής την άσκηση, την απόσταση που διένυσε ο καρπός του και τα σφάλματα μεταξύ της ιδανικής διαδρομής με αυτή που ακολούθησε ο ασθενής. Η προσαρμογή του ασθενή στο εικονικό περιβάλλον αυξάνεται με διάφορους τρόπους ανάλυσης πληροφοριών. Κάθε δοκιμή παρουσιάζει το νούμερο της δοκιμής και την συνολική απόσταση που διανύει ο καρπός. Ο ασθενής λαμβάνει

συνεχή ανατροφοδότηση που σχετίζεται με τη πορεία του χεριού από τη στιγμή που ο ασθενής έπιασε στα χέρια του τη μπάλα μέχρι να την αφήσει. Επιπρόσθετα, για να γίνει πιο ενδιαφέρον το παιχνίδι και να αυξηθεί το κίνητρο του ασθενή, παρέχεται ακουστική ανάδραση με τη μορφή χειροκροτήματος που επιβραβεύει τον ασθενή κάθε φορά που ολοκληρώνει επιτυχημένα μία άσκηση.

- *Το παιχνίδι Breakout 3D*

Το παιχνίδι Breakout 3D σχεδιάστηκε με σκοπό να βελτιωθεί ο οπτικο-κινητικός συντονισμός του ασθενή και ο χρόνος αντίδρασης του (ταχύτητα της κίνησης του χεριού). Αποτελεί μία προσαρμογή του γνωστού ψυχαγωγικού παιχνιδιού «Breakout», με τη διαφορά ότι προγραμματίστηκε από την αρχή στο εργαστήριο. Το εικονικό περιβάλλον αποτελείται από μία μπάλα, ένα πρισματικό πτερύγιο και έναν αριθμό από block τοποθετημένα στη πλατφόρμα του παιχνιδιού. Ο στόχος για τον ασθενή είναι να καταστρέψει όλα τα μπλοκ με τις διαθέσιμες μπάλες (συνολικά 4 μπάλες προσφέρονται στον ασθενή). Το πρισματικό πτερύγιο χρησιμοποιείται για την αναπήδηση της μπάλας στην επιθυμητή κατεύθυνση, καθώς και για να αποτρέψει τη μπάλα να κυλίσει έξω από τη πλατφόρμα του παιχνιδιού προς τη μεριά που βρίσκεται πλησιέστερα στον ασθενή. Η αρχική θέση του πτερυγίου χαρτογραφείται με βάση την έκταση της κίνησης του ώμου του ασθενή που αποκτήθηκε από τις μετρήσεις των σημείων αναφοράς. Το σκορ προκύπτει ανάλογα με τα μπλοκ που έχει καταστρέψει ο ασθενής και απεικονίζεται στην οθόνη μόλις τελειώσει το παιχνίδι. Η δυσκολία του παιχνιδιού μπορεί να ρυθμιστεί αλλάζοντας το μέγεθος της μπάλας, τη ταχύτητα της μπάλας, το μήκος του πτερυγίου και το μέγεθος του block. Το μικρότερο μέγεθος της μπάλας σε συνδυασμό με υψηλότερες ταχύτητες της, μικρότερο μήκος του πτερυγίου και μικρότερο μέγεθος του block, είναι τα βασικά χαρακτηριστικά για πιο δύσκολα παιχνίδια. Μετατρέποντας το μέγεθος του block, αλλάζει και ο αριθμός των διαθέσιμων block που πρέπει να καταστρέψει ο ασθενής. Όταν η μπάλα έρθει σε επαφή με ένα block τότε το block εκρήγνυται και εξαφανίζεται από το παιχνίδι. Η μπάλα αναπηδά και σε άλλα block και προκύπτουν πολλαπλές συγκρούσεις. Ωστόσο, για να αυξηθεί η ποσότητα των κινήσεων του ώμου του ασθενή, αποφασίστηκε ότι η μπάλα μπορεί να καταστρέψει μόνο ένα block ανά αναπήδηση από το πτερύγιο. Κατά αυτόν τον τρόπο, σε συνεχόμενες συγκρούσεις της μπάλας με τα block καταστρέφεται μόνο αυτό που η μπάλα ακουμπάει πρώτο. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται συνεχόμενα μετά από κάθε σύγκρουση της μπάλας με το πτερύγιο.



Εικόνα 26: Screenshots Από Το Παιχνίδι Breakout 3D, [23]

Αυτό το παιχνίδι επικεντρώνεται στην ταχύτητα κίνησης του χεριού και στο οπτικό-κινητικό συντονισμό του ασθενή, παρά στον έλεγχο να διατηρηθεί μία καθορισμένη τροχιά. Επομένως, μετριέται η μέγιστη ταχύτητα του καρπού σε πραγματικό χρόνο και αποθηκεύεται στην κλινική βάση δεδομένων. Αυτή η τιμή της ταχύτητας αναλύεται σε 4 διαφορετικές συνιστώσες κίνησης, αριστερά προς τα δεξιά, δεξιά προς τα αριστερά, από μέσα προς τα έξω και από έξω προς τα μέσα. Αυτές είναι οι ενδεικτικές τιμές ταχυτήτων για τις 4 διαφορετικές κινήσεις του ώμου, την απαγωγή, την προσαγωγή, την έκταση και την κάμψη. Επιπλέον, υπολογίζεται η συνολική απόσταση που διανύει ο καρπός καθώς και ο συνολικός χρόνος που χρειάστηκε ο ασθενής για να ολοκληρώσει το παιχνίδι. Στο τέλος του παιχνιδιού, η τιμή της μέγιστης ταχύτητας μαζί με το ποσοστό επιτυχίας του παιχνιδιού, εμφανίζονται στον ασθενή ως στοιχεία ανατροφοδότησης. Το ποσοστό επιτυχίας είναι ο λόγος του συνολικού αριθμού των block που κατέστρεψε ο ασθενής προς το συνολικό αριθμό των block κατά την εκκίνηση του παιχνιδιού. Σε κάθε συνεδρία εκπαίδευσης το παιχνίδι «Breakout 3D» παίζεται πολλές φορές σε συνδυασμό με το παιχνίδι «Pick and Place» για να επιτευχθεί μεγαλύτερη ποικιλία εκπαίδευσης.

### ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

Κατά την εφαρμογή του συστήματος του Rutgers Arm δεν εμφανίστηκαν ούτε αναφέρθηκαν από τους ασθενείς κάποιοι σοβαροί περιορισμοί, παρά μόνο κάποια τεχνικά προβλήματα (προβλήματα λογισμικού) που επιλύθηκαν κατά τη διάρκεια της έρευνας [23]. Το σύστημα της εξάσκησης αναβαθμιζόταν συνεχώς ώστε να μπορούν να το χρησιμοποιήσουν και ασθενείς για την αποκατάσταση του αριστερού χεριού. Στη συνέχεια, η επίπεδη επιφάνεια του τραπέζιού ξανασχεδιάστηκε, με μία επιπλέον δυνατότητα να μεταβάλλεται την κλίση του με ελεγχόμενες προσαυξήσεις. Αυτό το στοιχείο επιτρέπει τη σταδιακή αύξηση της δυσκολίας του παιχνιδιού καθώς οδηγεί τον ασθενή να κινεί το χέρι του ενάντια της βαρύτητας. Επιπρόσθετα, έχει σχεδιαστεί ένα πιο εξελιγμένο σύστημα απομακρυσμένης αποκατάστασης, το



οποίο θα προστεθεί στο συνολικό σύστημα. Ο μόνος περιορισμός, ο οποίος πρέπει να αντιμετωπιστεί, είναι ότι το σύστημα χρειάζεται μια γραφική βάση δεδομένων να ενσωματωθεί με αυτή των ασθενών για την εύκολη πρόσβαση μέσω του διαδικτύου και ανάλυση όλων των αποτελεσμάτων.

### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Για να δοκιμαστεί το σύστημα Rutgers Arm πραγματοποιήθηκε μία έρευνα με έναν άνδρα 56 χρονών, ο οποίος αντιμετωπίζει ημιπάρεση 2<sup>ου</sup> βαθμού στην αριστερή μέση εγκεφαλική αρτηρία που πραγματοποιήθηκε 17 μήνες πριν την έρευνα [23]. Επέδειξε περιορισμένη απόδοση στο άνω άκρο του, με ενεργή περιοχή κίνησης αυτή του ώμου. Λειτουργούσε ανεξάρτητα χρησιμοποιώντας ένα μαστούνι και ήταν ανεξάρτητος σε όλες τις δραστηριότητες της καθημερινής του ζωής, συμπεριλαμβανομένης και της οδήγησης. Το πρώτο μέρος των δοκιμών αποτελούταν από 12 συνεδρίες, μία κάθε Δευτέρα, Τετάρτη και Παρασκευή. Τρεις φυσιοθεραπευτές ήταν υπεύθυνοι για την εποπτεία της εξάσκησης, ενώ κρατούσαν ένα καθορισμένο πρόγραμμα κατά τη διάρκεια της εβδομάδας. Το πρωτόκολλο της εξάσκησης ήταν οδηγούμενο από τους υπεύθυνους φυσιοθεραπευτές με βάση τη βελτίωση του ασθενή. Κατά τη διάρκεια της 2<sup>ης</sup> εβδομάδας, εισήχθη ένα διάλλειμα 5 λεπτών μετά τα πρώτα 30 λεπτά εξάσκησης έτσι ώστε ο ασθενής να έχει τη δυνατότητα να αυξήσει το συνολικό του χρόνο εξάσκησης χωρίς αδικαιολόγητη κόπωση. Για την αναπλήρωση 2 χαμένων συνεδριών την 2<sup>η</sup> εβδομάδα της έρευνας (απουσία του ασθενή και προβλήματα λογισμικού), προστέθηκαν 2 παραπάνω συνεδρίες τη 5<sup>η</sup> εβδομάδα της έρευνας. Εκτός από τις μετρήσεις εικονικής πραγματικότητας για την αξιολόγηση της προόδου του ασθενή, πραγματοποιήθηκε και ένα τεστ Fugl-Meyer πριν και μετά τις 12 συνεδρίες της τοπικής θεραπείας. Η έρευνα της απομακρυσμένης αποκατάστασης πραγματοποιήθηκε για μία εβδομάδα, αμέσως μετά το τέλος της εξάσκησης μέσω των κανόνων τοπικής αποκατάστασης. Ο ασθενής ξεκίνησε με το ίδιο σετ ασκήσεων που πραγματοποίησε τη 12<sup>η</sup> συνεδρία της τοπικής αποκατάστασης. Στο τέλος αυτής της διαδικασίας πραγματοποιήθηκε ένα τεστ για την καταγραφή των κερδών που αποκόμισε ο ασθενής.

Κατά την εκκίνηση των δοκιμών ο ασθενής παρουσίαζε περιορισμένο εύρος κίνησης στην περιοχή του ώμου. Όσο έπαιρνε μέρος σε περισσότερες συνεδρίες θεραπείας εικονικής πραγματικότητας, ήταν ικανός να μετακινήσει τον καρπό του πιο μακριά πάνω στην επιφάνεια του τραπέζιου. Είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί ότι κατά την εξάσκηση στο περιβάλλον της απομακρυσμένης αποκατάστασης, όχι μόνο κατάφερε να διατηρήσει το εύρος κίνησης του ώμου (κάμψη / έκταση), αλλά και να το βελτιώσει σε σύγκριση με τις 4 τελευταίες συνεδρίες τοπικής αποκατάστασης. Ο συνολικός χρόνος κάθε συνεδρίας ξεκίνησε από 40 λεπτά και έφτασε μέχρι τα 55

λεπτά μέχρι την 12<sup>η</sup> συνεδρία. Η συνολική βελτίωση της κίνησης του καρπού ήταν της τάξης του 39% τις πρώτες 4 εβδομάδες της τοπικής θεραπείας. Αυτό αυξήθηκε στο 90% μέχρι τη 15<sup>η</sup> συνεδρία. Όλα τα παραπάνω στοιχεία υποδεικνύουν ότι το αποτέλεσμα της χρήσης του συστήματος Rutgers Arm, στην τοπική θεραπεία αλλά και σε αυτήν από απόσταση, ήταν η βελτίωση της συνολικής κίνησης (κάμψη / έκταση) του ώμου καθώς και βελτίωση του ελέγχου της κίνησης και του συντονισμού.

Variable	Session 2 (local)	Session 12 (local)	Session 15 (tele-rehab)	Change (%) session 2 vs. 12	Change (%) session 2 vs. 15
Shoulder flexion/extension baseline range	15.89 inches	20.09 inches	24.24 inches	26% increase	52% increase
Total exercise time	41.28 minutes	53.39 minutes	53 minutes	29% increase	28% increase
Total wrist displacement	3281 inches	4572 inches	6238 inches	39% increase	90% increase
Average Peak Euclid. velocity	17.1 inches/sec.	26.07 inches/sec.	29.24 inches/sec.	52% increase	71% increase
Fugl-Meyer Test scores	UE Score 22 ROM 17/24	UE Score 29 ROM 21/24	-	32% increase 24% increase	-

Πίνακας 6: Σύγκριση Της Απόδοσης Των Ασθενών Μετά Τις Συνεδρίες 2, 12, 15 Κατά Τη Χρήση Του Συστήματος Rutgers Arm, [23]

### **2.3.8 Rutgers Arm 2**

#### **ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ**

Το Rutgers Arm 2 είναι μία βελτιωμένη έκδοση του πρωτότυπου Rutgers Arm από το 2005. Συνεχίζει να χρησιμοποιεί μία χαμηλής τριβής υποστήριξη (εξάρτημα) για το χέρι, η οποία κινείται πιο εύκολα (γλιστράει) πάνω στη λεία επιφάνεια του τραπεζιού. Σε αντίθεση με το Rutgers Arm 1 όπου το τραπέζι ήταν επίπεδο, το τραπέζι του Rutgers Arm 2 γέρνει προς τέσσερις (4) κατευθύνσεις σχηματίζοντας γωνίες από 0 έως τριάντα 30 μοίρες. Μία άλλη σημαντική διαφορά είναι η αντικατάσταση του προηγούμενου μαγνητικού ανιχνευτή θέσης από τη Polhemus Fastrack με ένα προσαρμοσμένο σύστημα παρακολούθησης. Ο καινούριος ανιχνευτής θέσης είναι ασύρματος, κάνοντας τη κίνηση του χεριού πιο φυσική. Επιπλέον, δεν υπάρχει καμία παρεμβολή από κοντινό μέταλλο ή μαγνητικά πεδία [24].

Ο οπτικός ανιχνευτής χρησιμοποιεί μία υπέρυθρη κάμερα τοποθετημένη σε ένα άκαμπτο πλαίσιο στη κορυφή του τραπεζιού που γίνεται η άσκηση. Επιπλέον, φωτεινές ενδείξεις LED τοποθετημένες στις γωνίες του τραπεζιού, στο εξάρτημα για το χέρι καθώς και στον αντίθετο ώμο του ασθενή. Οι λυχνίες LED χρησιμοποιούνται με σκοπό τη βαθμονόμηση της κάμερας, οι δύο που βρίσκονται στο εξάρτημα παρέχουν στοιχεία για τρεις κινήσεις του χεριού (περιστροφή  $\chi$  και  $\gamma$ ) και τέλος η φωτεινή ένδειξη στον αντίθετο ώμο χρησιμοποιείται προκειμένου να ανιχνεύει ανταποδοτικές κινήσεις.



(a)



(b)

Εικόνα 27: Το Σύστημα Rutgers Arm 2, [24]

### ΚΟΣΤΟΣ

Τα επίσημα δεδομένα για τους οικονομικούς πόρους της συγκεκριμένης μελέτης των Burdea G., Fensterheim D., Cioi D. και Arezki A. [24] δεν έχουν δημοσιευθεί με συνέπεια να μην είναι δυνατό να προσδιοριστεί το συνολικό της κόστος. Παρ' όλα αυτά σε όλες τις δημοσιεύσεις που περιέγραφαν τη χρήση του Rutgers Arms 2 ως μέθοδος αποκατάστασης, αναφέρεται ότι είναι ένα σύστημα χαμηλού κόστους.

### TARGET GROUP

Το Rutgers Arm 2 βοηθά κυρίως στον έλεγχο της κίνησης του ώμου, τη δυναμική αντίδραση του χεριού, την αντοχή και τις γνωστικές προσδοκώμενες στρατηγικές στο εικονικό περιβάλλον [24].

### ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

Εξαιτίας του γεγονότος ότι το Rutgers Arms 2 δεν έχει αναπτυχθεί σε μεγάλο βαθμό και δεν έχει χρησιμοποιηθεί σε επίσημη έρευνα, δεν έχουν αναφερθεί και περιορισμοί ή μειονεκτήματα του συστήματος [24].

### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Ένας ασθενής εγκεφαλικού επεισοδίου με χρόνια πρόβλημα υποβλήθηκε σε πέντε (5) μονώρες συνεδρίες για δύο εβδομάδες με το τραπέζι να έχει κλίση από δέκα (10) έως εικοσιπέντε (25) μοίρες. Η απόδοση ήταν αντιστρόφως ανάλογη της κλίσης. Όσο η δεύτερη μεγάλωνε τόσο η πρώτη μειωνόταν.

Επιπρόσθετα, βελτιώνει το προηγούμενο Rutgers Arm αντικαθιστώντας την μαγνητική παρακολούθηση με οπτική και με τη χρήση ενός θρανίου που γέρνει. Οι δοκιμές με ένα μόνο άτομο έδειξαν σαφή εξάρτηση από το τραπέζι (από την κλίση του τραπεζιού). Περαιτέρω μελέτες βρίσκονται σε εξέλιξη [24].

## ***Κεφάλαιο 3***

### ***Συμπεράσματα Και Μελλοντικές Επεκτάσεις***

Στα προηγούμενα κεφάλαια πραγματοποιήθηκε η αναλυτική παρουσίαση και καταγραφή δεκαέξι (16) διαδραστικών παιχνιδιών (συστημάτων) που εδράζονται στην ανίχνευση κίνησης και χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση των δεξιοτήτων του οπτικοκινητικού συντονισμού. Στο παρόν κεφάλαιο θα παρουσιαστεί η συγκριτική αποτίμηση των ανωτέρω συστημάτων με κύριους στόχους τόσο την εξαγωγή συμπερασμάτων όσο και την ανάδυση ερευνητικών προκλήσεων.

Η συγκριτική αποτίμηση των προαναφερόμενων συστημάτων εδράστηκε στα ακόλουθα κριτήρια: λειτουργία, κόστος, target group, περιορισμοί-αποτελέσματα από τις ήδη δημοσιευμένες μελέτες. Στους Πίνακες 7 και 8, που ακολουθούν, απεικονίζονται συγκριτικά το εύρος των δυνατοτήτων, αλλά και των αδυναμιών των μελετηθέντων διαδραστικών παιχνιδιών.

**Διαδραστικά Παιχνίδια- Εμπορικές Εφαρμογές**

	<i>Kinect</i>	<i>Playstation 3</i>	<i>Playstation 2 EyeToy</i>	<i>Wii</i>	<i>SeeMe</i>	<i>Mira</i>	<i>Thera Game</i>
<b>Λειτουργία</b>	Κονσόλα Xbox 360 και χρήση του αισθητήρα Kinect	Κονσόλα PS3, γάντι 5DT ultra δεξιού χεριού, ένα πληκτρολόγιο υπολογιστή, ένα οπτικό ποντίκι, μία επίπεδη τηλεόραση και υποστηρίζει απομακρυσμένη αποκατάσταση	Κονσόλα PS2 και χρήση της κάμερας EyeToy	Κονσόλα Wii, χρήση της κάμερας EyeToy και του παιχνιδιού Wii Sports	Ηλεκτρονικός υπολογιστής και χρήση μίας απλής κάμερας ανίχνευσης κίνησης	Επιτραπέζια εφαρμογή διεπαφής για τον θεραπευτή, επίπεδη οθόνη, και χρήση του αισθητήρα Kinect	Ηλεκτρονικός υπολογιστής και χρήση μίας απλής κάμερας ανίχνευσης κίνησης
<b>Κόστος</b>	Ελάχιστο Δυνατό- Χαρακτηρίζονται Όλα Ως Χαμηλού Κόστους						
<b>Target Group</b>	Ασθενείς λόγω εγκεφαλικού επεισοδίου	Παιδιά με ημιπληγία ή με εγκεφαλικά τραύματα	Ασθενείς με κινησιολογικά προβλήματα.Σύγκριση της απόδοσης των δύο φύλλων (αγόρι-κορίτσι)	Έφηβοι με εγκεφαλική παράλυση	Ασθενείς λόγω εγκεφαλικού επεισοδίου	Ασθενείς με προβλήματα κίνησης του χεριού/ ώμου	Ηλικιωμένοι ασθενείς λόγω εγκεφαλικού επεισοδίου

<b><u>Διαδραστικά Παιχνίδια- Εμπορικές Εφαρμογές</u></b>							
	<b><i>Kinect</i></b>	<b><i>Playstation 3</i></b>	<b><i>Playstation 2 EyeToy</i></b>	<b><i>Wii</i></b>	<b><i>SeeMe</i></b>	<b><i>Mira</i></b>	<b><i>Thera Game</i></b>
<b><i>Περιορισμοί</i></b>	Λειτουργικοί περιορισμοί. Ανάγκη για περαιτέρω έρευνα	Περιορισμοί λογισμικού της κονσόλας, μειωμένο ενδιαφέρον και αρνητικά συναισθήματα των ασθενών	Λειτουργικά προβλήματα, περιορισμένος αριθμός παιχνιδιών και μειωμένο ενδιαφέρον από τους ασθενείς	Πρόβλημα κατά την επιλογή των κατάλληλων ασθενών. Μειωμένο ενδιαφέρον και πλήξη	Ανάγκη για περαιτέρω έρευνα	Δεν αναφέρθηκαν περιορισμοί	Επιλύσιμα τεχνικά προβλήματα
<b><i>Αποτελέσματα</i></b>	Μεγάλες δυνατότητες στην θεραπεία των επιπτώσεων του εγκεφαλικού επεισοδίου	Βελτιώνει τη λειτουργία του χεριού στα παιδιά με ημιπληγία. Ανάγκη προσθήκη περισσότερων ασκήσεων, ώστε να επιτρέπει μεγαλύτερες σε χρόνο και ποιότητα συνεδρίες αποκατάστασης	Η προπόνηση γίνεται με ευχάριστο τρόπο. Το παιχνίδι προκαλεί συγκεκριμένες κινήσεις του ασθενή για την αποκατάσταση	Σημαντικές θεραπευτικές επιπτώσεις στη διαδικασία της βάδισης	Θετικά αποτελέσματα. Περιορισμένη λειτουργία	Θετικά αποτελέσματα που βασίζονται στη τεχνολογία του Kinect	Προκαταρκτικά αποτελέσματα, ανάγκη για περαιτέρω έρευνα

Πίνακας 7: Συμπεράσματα ( Διαδραστικά παιχνίδια- Εμπορικές Εφαρμογές)



<b><u>Διαδραστικά Παιχνίδια Σε Ερευνητικό Επίπεδο</u></b>				
	<b><i>Upper Limb</i></b>	<b><i>ReLab</i></b>	<b><i>FAAST</i></b>	<b><i>ANTS</i></b>
<b><i>Λειτουργία</i></b>	Ηλεκτρονικός υπολογιστής και χρήση μίας απλής κάμερας ανίχνευσης κίνησης	Η λειτουργία του βασίζεται στη τεχνολογία του Kinect	Εφαρμογή OpenNI και μία Primesensor USB κάμερα	Ηλεκτρονικός υπολογιστής και χρήση μίας απλής κάμερας ανίχνευσης κίνησης. Βασίζεται στο Torque Gaming Engine
<b><i>Κόστος</i></b>	Ελάχιστο Δυνατό- Χαρακτηρίζονται Όλα Ως Χαμηλού Κόστους			
<b><i>Target Group</i></b>	Ασθενείς λόγω εγκεφαλικού επεισοδίου με προβλήματα στο άνω μέρος του σώματος	Ασθενείς λόγω εγκεφαλικού επεισοδίου	δεν μπορεί να προσδιοριστεί επακριβώς το target group	Ασθενής με βλάβες στο νευρικό σύστημα
<b><i>Περιορισμοί</i></b>	Περιορισμοί λειτουργικού συστήματος	Δεν αναφέρθηκαν περιορισμοί	Δεν αναφέρθηκαν περιορισμοί	Δεν αναφέρθηκαν περιορισμοί
<b><i>Αποτελέσματα</i></b>	Θετικά αποτελέσματα. Περιορισμένη λειτουργία	Δεν έχει εφαρμοστεί ακόμα σε επίσημη έρευνα	Δεν έχει εφαρμοστεί ακόμα σε επίσημη έρευνα	Θετικά αποτελέσματα. Περιορισμένη λειτουργία και ανάγκη για περαιτέρω έρευνα

<b><u>Διαδραστικά Παιχνίδια Σε Ερευνητικό Επίπεδο</u></b>				
	<b>Bright Arm</b>	<b>HYPER</b>	<b>Rutgers Arm</b>	<b>Rutgers Arm 2</b>
<b>Λειτουργία</b>	Επίπεδη οθόνη, ειδικό τραπέζι τραπέζι προσβάσιμο σε αναπηρικά καροτσάκια και χρήση μίας απλής κάμερας ανίχνευσης κίνησης	Η λειτουργία του βασίζεται στη τεχνολογία του Kinect	Ειδικό τραπέζι, υποβραχιόνιο και υποστηρίζει απομακρυσμένη αποκατάσταση	Αντίστοιχη λειτουργία με το Rutgers Arm
<b>Κόστος</b>	Ελάχιστο Δυνατό- Χαρακτηρίζονται Όλα Ως Χαμηλού Κόστους			
<b>Target Group</b>	Ασθενείς λόγω εγκεφαλικού επεισοδίου με κινησιολογικά προβλήματα	Ασθενείς λόγω εγκεφαλοαγγειακού επεισοδίου ή με κάκωση του νωτιαίου μυελού	Ασθενείς λόγω εγκεφαλικού επεισοδίου	Ασθενείς με προβλήματα κίνησης του ώμου
<b>Περιορισμοί</b>	Επιλύσιμα τεχνικά προβλήματα	Δεν αναφέρθηκαν περιορισμοί	Επιλύσιμα τεχνικά προβλήματα	Δεν αναφέρθηκαν περιορισμοί
<b>Αποτελέσματα</b>	Θετικά αποτελέσματα. Ευχαριστημένοι χρήστες	Περιορισμένες πληροφορίες. Ανάγκη για περαιτέρω έρευνα	Θετικά αποτελέσματα. Περιορισμένη λειτουργία και ανάγκη για περαιτέρω έρευνα	Θετικά αποτελέσματα. Περιορισμένη λειτουργία και ανάγκη για περαιτέρω έρευνα

Πίνακας 8: Συμπεράσματα ( Διαδραστικά παιχνίδια Σε Ερευνητικό Επίπεδο)

Από τη σύγκριση των Πινάκων 7 και 8 διαπιστώνεται ότι τα **διαδραστικά παιχνίδια** που είναι εμπορικές εφαρμογές είναι αυτά που χρησιμοποιούνται περισσότερο στις μελέτες για τη δημιουργία συστημάτων **αποκατάστασης** σε σχέση με αυτά που ακόμα αποτελούν ερευνητικές προσπάθειες. Θεωρούμε ότι το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι τα συγκεκριμένα παιχνίδια είναι δημιουργία των μεγαλύτερων εταιριών λογισμικού παγκοσμίως (π.χ. Sony, Microsoft, Nintendo κ.λ.π) και η τεχνολογία που χρησιμοποιούν είναι η πιο εξελιγμένη. Στο σημείο αυτό αξίζει να επισημάνουμε ότι λόγω της απήχησης που έχουν τα διαδραστικά παιχνίδια στο καταναλωτικό κοινό, οι εταιρείες την τελευταία δεκαετία εστιάζουν τις προσπάθειες τους στη δημιουργία πολλαπλών εφαρμογών για την κάλυψη αναγκών όσο το δυνατόν μεγαλύτερου πλήθους χρηστών.

Επιπρόσθετα από τις πληροφορίες που συλλέξαμε στον Πίνακα 7 συνάγεται η υπεροχή του διαδραστικού παιχνιδιού Kinect σε σχέση με τα υπόλοιπα που παρουσιάζονται στους πίνακες 7 και 8. Το Kinect είναι αυτό το οποίο έχει κεντρίσει τον ενδιαφέρον του μεγαλύτερου ποσοστού των ιατρών, των φυσιοθεραπευτών και των επιστημόνων που είναι ειδικευμένοι σε θέματα βιοϊατρικής τεχνολογίας.

Μελετώντας το κριτήριο της **λειτουργίας**, το Kinect είναι το μόνο διαδραστικό παιχνίδι που μπορεί να ανιχνεύσει την κίνηση ολόκληρου του σώματος του ασθενή (άνω και κάτω μέρος) δίνοντας τη δυνατότητα για **αποκατάσταση** κάθε είδους κινησιολογικής πάθησης (προβλήματα στη βάρδιαση, στη κίνηση του βραχίονα ή στη κίνηση του ώμου). Επιπρόσθετα, ο αισθητήρας του έχει αίσθηση του βάθους, επιτρέπει την παρακολούθηση στο χώρο των τριών διαστάσεων, στοιχείο που προσδίδει ακόμα μεγαλύτερη ποιότητα στη **διαδικασία της αποκατάστασης**.

Στη συνέχεια αναλύσαμε το κριτήριο του **κόστους**. Όπως γίνεται αντιληπτό, οι πληροφορίες που συλλέξαμε για το κόστος κάθε διαδραστικού παιχνιδιού ήταν περιορισμένες. Ως γενική παραδοχή, επισημαίνεται πως κάθε διαδραστικό παιχνίδι και κάθε σύστημα αποκατάστασης κατασκευάζεται με τέτοιο τρόπο ώστε το κόστος να είναι το χαμηλότερο δυνατό.

Το επόμενο κριτήριο στο οποίο στηρίχθηκε η έρευνα μας ήταν το **target group** στο οποίο αναφερόταν κάθε διαδραστικό παιχνίδι. Κάθε σύστημα αποκατάστασης που μελετήθηκε επικεντρωνόταν σε ασθενείς με μία συγκεκριμένη πάθηση, η οποία κατά μεγάλο ποσοστό ήταν οι συνέπειες ενός **εγκεφαλικού επεισοδίου**. Τα περισσότερα διαδραστικά παιχνίδια περιορίζονταν σε ένα συγκεκριμένο **target group** χωρίς να έχουν τη δυνατότητα να επεκταθούν για την **αποκατάσταση** μεγαλύτερου εύρους ασθενών. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να επισημάνουμε ότι αν και οι αρχικές μελέτες στις οποίες έχει χρησιμοποιηθεί το Kinect αφορούσαν τη **θεραπεία** των επιπτώσεων του εγκεφαλικού επεισοδίου σε έναν ασθενή,

απαιτείται και υπάρχουν οι απαραίτητες βάσεις για περαιτέρω έρευνα προκειμένου να βελτιωθεί η γνώση και να αποκτηθεί τεχνογνωσία σχετικά με τις ικανότητες και τους περιορισμούς αυτής της συσκευής στη συγκεκριμένη ασθένεια. Από την άλλη πλευρά διαπιστώνεται ότι με τη συνεχή βελτίωση και αναβάθμιση του λειτουργικού συστήματος το Kinect έχει αρχίσει να αξιοποιείται σε πρώιμο στάδιο και για την **αποκατάσταση** μεγαλύτερου εύρους τραυματισμών και παθήσεων, όπως προβλήματα στη βάδιση, στη κίνηση του βραχίονα ή στη κίνηση του ώμου. Απόδειξη αυτής της θέσης αποτελεί και το γεγονός πως τρία από τα **διαδραστικά παιχνίδια** (MIRA, HYPER, ReLab) που μελετήθηκαν στη παρούσα διπλωματική ως **μέσο αποκατάστασης** ασθενών στηρίζουν τη λειτουργία τους και τη χρήση τους, στη τεχνολογία του Kinect. Συγκριτικά με τα υπόλοιπα διαδραστικά παιχνίδια που παρουσιάζονται στους Πίνακες 7 και 8.

Όσον αφορά το κριτήριο **των περιορισμών**, κατά την εφαρμογή κάθε **συστήματος αποκατάστασης** παρουσιάζονταν τεχνικά και λειτουργικά προβλήματα. Κατά το μεγαλύτερο ποσοστό τους επιλύονταν μέσω της αναβάθμισης του λειτουργικού συστήματος του **διαδραστικού παιχνιδιού** ή περαιτέρω έρευνας. Όπως ήταν αναμενόμενο, τα παιχνίδια τα οποία παρουσίασαν τους πιο σοβαρούς **περιορισμούς** ήταν αυτά που εφάρμοζαν και τη πιο εξελιγμένη τεχνολογία, δηλαδή το Kinect, το Playstation 3, το EyeToy και το Wii. Ωστόσο είναι τα μόνα που έχουν την κατάλληλη τεχνολογική κατάρτιση για να αντιμετωπίσουν αυτούς τους **περιορισμούς** και να εξελιχθούν ακόμα περισσότερο ώστε να αποτελέσουν βασικό συστατικό για τα σύγχρονα **συστήματα αποκατάστασης**.

Το τελευταίο και πιο σημαντικό κριτήριο που μελετήσαμε στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία ήταν αυτό **των αποτελεσμάτων**. Κατά την εφαρμογή κάθε **διαδραστικού παιχνιδιού** σε ένα σύστημα αποκατάστασης, οι υπεύθυνοι ιατροί και φυσιοθεραπευτές παρακολουθούσαν τη πορεία της απόδοσης των ασθενών. Μέτα το πέρας των απαραίτητων συνεδριών αποκατάστασης, γινόταν εκτίμηση της επιρροής των διαδραστικών παιχνιδιών στους ασθενείς καθώς και της βελτίωσης της κατάστασης τους. Επίσης με βάση τα αποτελέσματα των ήδη δημοσιευμένων μελετών για τα συγκεκριμένα συστήματα, οι ερευνητές επισημαίνουν ως καθοριστικό παράγοντα για την αξιολόγηση της ευχρηστίας τους την ικανοποίηση των χρηστών-ασθενών (εστιάζοντας κυρίως στις αντιδράσεις τους και στα συναισθήματα που τους δημιουργούν). Γι' αυτό άλλωστε και κατά την εφαρμογή και των δέκα έξι διαδραστικών παιχνιδιών σε πειραματικές μελέτες: α) οι θεράποντες ιατροί μελετούσαν τις εκφράσεις του προσώπου του ασθενή ενώ εκτελούσε μία άσκηση και β) μετά το πέρας της εκάστοτε πειραματικής μελέτης, οι ίδιοι οι ασθενείς καλούνταν να καταγράψουν την εμπειρία τους κατά τη χρήση ενός πρωτότυπου συστήματος αποκατάστασης και σχολίαζαν τη λειτουργικότητα του. Και σε αυτή τη περίπτωση διαπιστώθηκε η υπεροχή του Kinect καθώς ήταν αυτό

που επέδειξε τα πιο σημαντικά αποτελέσματα στη **διαδικασία της αποκατάστασης** και ικανοποίησε στο μεγαλύτερο βαθμό τους χρήστες- ασθενείς.

Εν κατακλείδι η παρούσα εργασία καταδεικνύει ότι τα **διαδραστικά παιχνίδια** που βασίζονται στην ανίχνευση της κίνησης αποτελούν τόσο το πολύτιμο μέσο εμπλουτισμού και βελτίωσης της **διαδικασίας αποκατάστασης των ασθενών** όσο και ένα εν δυνάμει πεδίο έρευνας στο χώρο της βιοϊατρικής τεχνολογίας.

## Βιβλιογραφία

1. Green C.S., Bavelier D., 2006. *The Cognitive Neuroscience of Video Games*. In: Messaris P, Humphrey L, editors. *Digital Media: Transformations in Human Communication*. New York: Peter Lang.
2. Griffith J.L., Voloschin P., Gibb G.D., Bailey J.R., 1983 *Differences in eye-hand motor coordination of video-game users and non-users*. *Percept Mot Skills*. 57(1):155–158.
3. Castel A.D., Pratt J., Drummond E., 2005. *The effects of action video game experience on the time course of inhibition of return and the efficiency of visual search*. 119(2):217–230.
4. [http://en.wikipedia.org/wiki/Eye%E2%80%93hand\\_coordination](http://en.wikipedia.org/wiki/Eye%E2%80%93hand_coordination).
5. [http://en.wikipedia.org/wiki/Visuo-motor\\_coordination](http://en.wikipedia.org/wiki/Visuo-motor_coordination).
6. [http://en.wikipedia.org/wiki/Motion\\_detection](http://en.wikipedia.org/wiki/Motion_detection).
7. Sandlund M., 2011. *Motion Interactive Games for Children with Motor Disorders*. *University medical Dissertations*, Sweden.
8. Achtman R.L., Green C.S., Bavelier D., 2010. *Video games as a tool to train visual skills*. Διαθέσιμο στο <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2884279/>.
9. LaBelle K., 2011. *Evaluation of Kinect joint tracking and in-home stroke rehabilitation tools*. Undergraduate Program in computer science, Notre Dame University, Indiana.
10. <http://kinems.com/>.
11. Huber M., Rabin B., Docan C., Burdea G., Nwosu M. E., Abdelbaky M., R. Golomb M. R., 2008. *PlayStation 3-based Tele-rehabilitation for Children with Hemiplegia*. Διαθέσιμο στο [http://ti.rutgers.edu/publications/papers/2008\\_VirtReh\\_Huber.pdf](http://ti.rutgers.edu/publications/papers/2008_VirtReh_Huber.pdf).
12. Brooks A. L. and Petersson E., Associate Professor, Assistant Professor, Aalborg University Esbjerg, Denmark, 2005. *Play Therapy Utilizing the Sony EyeToy*.
13. Deutsch J. E., Borbely M., Filler J., Huhn K., Guarrera-Bowlby P., 2008. Use of a Low-Cost, Commercially Available Gaming Console (Wii) for Rehabilitation of an Adolescent With Cerebral Palsy, *Physical Therapy Journal of the*

*American Physical Therapy Association.* Διαθέσιμο στο <http://ptjournal.apta.org/content/88/10/1196>.

14. Sugarman H., Burstin A., Brown R., 2011. *Use of Novel Virtual Reality System for the Assessment and Treatment of Unilateral Spatial Neglect: A Feasibility Study.* Διαθέσιμο στο <http://www.bepex.co.il/files/5d443a7510c1419e593391b1e0ce5e15.pdf>.
15. Calin A., A. Cantea A., Dascalu A., Mihaiul C., Suciu D., 2011. *MIRA (Upper Limb Rehabilitation System Using Microsoft Kinect).* Διαθέσιμο στο <http://www.cs.ubbcluj.ro/~studia-i/2011-4/06-Suciu.pdf>.
16. Gamberini L., Barresi G., Majer A., Scarpetta F., 2008. A Game A Day Keeps The Doctor Away: a Short Review Of computer Games In Mental Healthcare. *Journal of Cyber Therapy and Rehabilitation*, 1 (2), p. 127.
17. Burke J. W., Morrow P. J., McNeill M. D. J., McDonough S. M., Charles D. K., 2008. *Vision Based Games for Upper-Limb Stroke Rehabilitation.* Διαθέσιμο στο <http://www.burkazoid.com/files/documents/burkej-VisionGamesRehabilitation.pdf>.
18. Kim Y., Migge B., 2011. *Development of a VR game application using Kinect to train arm function in stroke rehabilitation.* Διαθέσιμο στο [http://www.relab.ethz.ch/education/VR\\_game\\_application\\_using\\_Kinect.pdf](http://www.relab.ethz.ch/education/VR_game_application_using_Kinect.pdf)
19. Suma E. A., Lange B., Rizzo A., Krum D. M., Bolas M., 2008. *FAAST: The Flexible Action and Articulated Skeleton Toolkit.* March 19- 23, Singapore. IEEE Virtual Reality. Διαθέσιμο στο <http://ict.usc.edu/pubs/FAAST-%20The%20Flexible%20Action%20and%20Articulated%20Skeleton%20Toolkit.pdf>.
20. Cameirao M. S., Bermudez i Badia S., Zimmerli L., Duarte Oller E., Verschure P. F. M. J., 2007. *The Rehabilitation Gaming System: a Virtual Reality Based System for the Evaluation and Rehabilitation of Motor Deficits.* Διαθέσιμο στο [http://specs.upf.edu/files/project\\_attached\\_files/2007\\_Cameirao\\_VirtualRehabilitation2007.pdf](http://specs.upf.edu/files/project_attached_files/2007_Cameirao_VirtualRehabilitation2007.pdf).
21. Rabin B., Burdea G., Hundal J., Roll D., Damiani F., 2011. *Integrative Motor, Emotive and Cognitive Therapy for Elderly Patients Chronic Post-Stroke* (IcVR 2011), Zurich, Switzerland, 27- 29 June 2011.
22. De Mauro A., 2011. *Virtual Reality Based Rehabilitation and Game Technology.* Διαθέσιμο στο <http://ceur-ws.org/Vol-727/eics4med9.pdf>.

23. Kuttuva M., Boian R., Merians A., Burdea G., Bouzit M., Lewis J., Fensterheim D., 2005. *The Rutgers Arm: An Upper-Extremity Rehabilitation System in Virtual Reality*. Workshop on Virtual Rehabilitation (IWVR 2005), Catalina Island, CA, September 2005.
24. Burdea G., Fensterheim D., Cioi D., Arezki A., 2008. *The Rutgers Arm 2 Rehabilitation System*. Διαθέσιμο στο [http://www.ti.rutgers.edu/publications/papers/2008\\_VirtReh\\_Poster.pdf](http://www.ti.rutgers.edu/publications/papers/2008_VirtReh_Poster.pdf).