



Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Σχολή Επιστημών Υγείας
Τμήμα Φυσικοθεραπείας

Πτυχιακή εργασία με θέμα:

**«Η Εμβύθιση ως Παράγοντας Καθορισμού της Αποτελεσματικότητας των
Συστημάτων Οπτικής Ανατροφοδότησης στην Αποκατάσταση Κινητικών
Διαταραχών σε Νευρολογικούς Ασθενείς».**

Φοιτήτριες: Θεανώ Μιχαηλίδου, Ελπινίκη Πέτρου

Εισηγητής: Γεώργιος Παράς, Επίκουρος Καθηγητής

Λαμία, 2023



Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Σχολή Επιστημών Υγείας
Τμήμα Φυσικοθεραπείας

Πτυχιακή εργασία με θέμα:

**«Η Εμβύθιση ως Παράγοντας Καθορισμού της Αποτελεσματικότητας των
Συστημάτων Οπτικής Ανατροφοδότησης στην Αποκατάσταση Κινητικών
Διαταραχών σε Νευρολογικούς Ασθενείς».**

Φοιτήτριες: Θεανώ Μιχαηλίδου, Ελπινίκη Πέτρου

Εισηγητής: Γεώργιος Παράς, Επίκουρος Καθηγητής

Λαμία, 2023

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Εισαγωγή: Η αποκατάσταση νευρολογικών ασθενών με κινητικές διαταραχές γίνεται τα τελευταία χρόνια και με τη χρήση συστημάτων οπτικής ανατροφοδότησης (VR-AR). Οι συσκευές εικονικής πραγματικότητας δημιουργούν ένα εικονικό περιβάλλον, εντός του οποίου ο χρήστης καλείται να ανταπεξέλθει σε δοκιμασίες για την επίτευξη ενός στόχου. Η Εμβύθιση αποτελεί ένα βασικό στοιχείο των συστημάτων εικονικής πραγματικότητας και ορίζεται ως ο βαθμός στον οποίο το άτομο αισθάνεται απορροφημένο ή «τυλιγμένο» (engrossed or enveloped) μέσα στο εικονικό περιβάλλον. Απαιτείται συνεχής αλληλεπίδραση του χρήστη με το εικονικό περιβάλλον και επιτυγχάνεται μέσω συσκευών διεπαφής (interface), όπως οθόνες που τοποθετούνται στο κεφάλι (head-mounted display/HMD), αισθητήρες κίνησης, ακουστικά, οθόνη κ.ά..

Σκοπός: Σκοπός της παρούσας συστηματικής ανασκόπησης είναι η διερεύνηση της ιδιότητας της Εμβύθισης ως παράγοντα καθορισμού της αποτελεσματικότητας των συστημάτων οπτικής ανατροφοδότησης στην αποκατάσταση κινητικών διαταραχών σε νευρολογικούς ασθενείς. Ειδικότερα, θα εξεταστεί το κατά πόσο το στοιχείο της Εμβύθισης λαμβάνεται υπόψη στις τυχαιοποιημένες μελέτες αναφορικά στην αποτελεσματικότητα των συστημάτων οπτικής ανατροφοδότησης.

Μέθοδος: Αφού δημιουργήθηκε κατάλληλος αλγόριθμος αναζήτησης, εντοπίστηκαν σχετικές μελέτες RCT's μέσω ηλεκτρονικών αναζητήσεων στις βάσεις δεδομένων Cochrane, MEDLINE (Pubmed), EMBASE και Scopus. Οι αναζητήσεις ήταν συνεχείς και ολοκληρώθηκαν στις 31 Μαΐου 2023. Από δυο ανεξάρτητους ερευνητές επιλέχθηκαν οι μελέτες που συμπεριλήφθηκαν βάσει των κριτηρίων εισαγωγής και αποκλεισμού που ορίστηκαν στην αρχή της έρευνας. Στη συνέχεια αναλύθηκαν και αξιολογήθηκαν, με σκοπό την ασφαλή εξαγωγή αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων.

Αποτελέσματα: Μικρός αριθμός μελετών για τα συστήματα οπτικής ανατροφοδότησης (VR, AR) αναφέρουν την ιδιότητα της Εμβύθισης, και ακόμα λιγότερες τη λαμβάνουν υπόψη ως παράγοντα καθορισμού της αποτελεσματικότητας των παρεμβάσεών τους.

Συμπεράσματα: Η Εμβύθιση αποτελεί σημαντικό παράγοντα καθορισμού της αποτελεσματικότητας των συστημάτων οπτικής ανατροφοδότησης στην αποκατάσταση κινητικών διαταραχών σε νευρολογικούς ασθενείς και κρίνεται απαραίτητος ο καθορισμός του βαθμού Εμβύθισης του μέσου παρέμβασης που θα χρησιμοποιείται σε μελλοντικές έρευνες. Ακόμα, προτείνεται ολιστική προσέγγιση και εξατομικευμένη παρέμβαση κάθε ασθενούς, με κατάλληλη συνταγογράφηση και πλήρη έλεγχο των παραμέτρων.

Λέξεις-κλειδιά: augmented reality, neurological disorders, physiotherapy, simulated environment, virtual reality.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά, για την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον επιβλέποντα καθηγητή μας, κύριο Γεώργιο Παρά, για τη στήριξη, την υπομονή και την αμέριστη συμπαράστασή του, για τις γνώσεις και την πολύτιμη καθοδήγησή του καθ' όλη τη διάρκεια συγγραφής της μελέτης. Τέλος, ένα θερμό ευχαριστώ οφείλουμε στους σημαντικούς ανθρώπους της ζωής μας, που μας υποστήριξαν και μας ενθάρρυναν θετικά. Η συμβολή τους ήταν καθοριστική για την περάτωση της εν λόγω μελέτης.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	iii
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	iv
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1-ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2-ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΑΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗ	2
2.1. Συστήματα οπτικής ανατροφοδότησης - visual feedback	2
2.2. Αλληλεπίδραση με το εικονικό περιβάλλον.....	3
2.3 Τύποι εικονικής πραγματικότητας.....	4
2.4. Ασθένεια κίνησης – Cybersickness - Visually induced motion sickness	5
2.5. Επαυξημένη πραγματικότητα (AR)	6
2.5.1. Τομείς εφαρμογής AR	6
2.5.2. Οφέλη της επαυξημένης πραγματικότητας.....	6
2.5.3. Περιορισμοί της επαυξημένης πραγματικότητας	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3- ΕΜΒΥΘΙΣΗ	7
3.1. Η Ιδιότητα της Εμβύθισης	7
3.2. Εμβύθιση και Παρουσία	8
3.3. Μέτρηση Παρουσίας.....	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. -ΔΙΕΠΑΦΗ-INTERFACE	10
4.1. Αλληλεπίδραση εστιασμένη στην ανατροφοδότηση	10
4.2. Αλληλεπίδραση με βάση τις χειρονομίες.....	10
4.3. Συστήματα εικονικής πραγματικότητας με αλληλεπίδραση με βάση την αφή	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5-ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	11
Ερευνητικά - Κλινικά ερωτήματα	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6-ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	12
6.1. Συστηματική ανασκόπηση.....	12
6.2. Αρθρογραφική αναζήτηση.....	13
6.3. Σημασία μελέτης	14
6.4 Μεθοδολογία παρούσας ανασκόπησης	14
6.4.1. Είδη Μελετών	15
6.4.2. Τύποι συμμετεχόντων	15
6.4.3. Είδη παρεμβάσεων	15
6.4.4. Παρεμβάσεις ελέγχου	16
6.4.5. Κριτήρια εισαγωγής και αποκλεισμού μελετών	16
6.5. Συλλογή και ανάλυση δεδομένων.....	17
6.5.1. Επιλογή μελετών.....	17
6.5.2. Εξαγωγή και διαχείριση δεδομένων.....	17
6.5.3. Εκτίμηση συμπεριλαμβανόμενων μελετών	19

6.5.4. Διαχείριση δεδομένων	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7- ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8- ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	45
8.1.Υγιείς-ασθενείς.....	45
8.2.IQ, κατανόηση, QoL.....	46
8.3.Συνταγογράφηση άσκησης	46
8.4. Αντιστοίχιση σε πραγματική ζωή.....	47
8.5.Συμμόρφωση-συμμετοχή.....	47
8.6.Εποπτεία-επίβλεψη.....	48
8.7.Παρενέργειες-ανεπιθύμητες ενέργειες	49
8.8. Είδη παιχνιδιών	49
8.9. Προτάσεις για μελλοντικές έρευνες-μελέτες	52
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	53
Περιορισμοί.....	54
ΑΝΑΦΟΡΕΣ	55
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	63

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

1PP/3PP: 1st/3rd person perspective

AR: Augmented Reality

BCI: Brain Computer Interface

COTS: commercial off-the-shelf

CTT: διαδοχικός χρόνος στο στόχο

DCD: Developmental Coordination Disorder/ αναπτυξιακή διαταραχή κινητικού συντονισμού (Α.Δ.Σ.)

DT: απόσταση από τον στόχο

EEG: Electroencephalography/ηλεκτροεγκεφαλογράφημα

fMRI: Functional Magnetic Resonance Imaging/ λειτουργική μαγνητική τομογραφία

GDS: game development strategy/στρατηγική ανάπτυξης του παιχνιδιού

GG: game genre/είδος παιχνιδιού

GN: game nature/φύση του παιχνιδιού

HMD: Head-Mounted Display

RCT: Randomized Controlled Trial/τυχαιοποιημένη ελεγχόμενη μελέτη

SG: serious game

SLR: Systematic Literature Review/συστηματική ανασκόπηση βιβλιογραφίας

TOT: συνολικός χρόνος στον στόχο

VE: Virtual Environment/Εικονικό Περιβάλλον

VR: Virtual Reality

A.E.E. Αγγειακό Εγκεφαλικό Επεισόδιο

Δ.Κ.Ζ.: Δραστηριότητες Καθημερινής Ζωής

Ε.Π.: Εγκεφαλική Παράλυση/ CP: Cerebral Palsy

ΚΕΚ: Κρανιοεγκεφαλική Κάκωση

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ-ΠΙΝΑΚΩΝ

Εικόνα 2.1: REAL System, σελίδα 4

Εικόνα 2.2: Virtual Reality in healthcare, σελίδα 5

Εικόνα 3.1.: NeuroFunction Rehab, σελίδα 8

Εικόνα 3.2.: hospital news, σελίδα 9

Εικόνα 6.1.: Understanding the evidence hierarchy, σελίδα 13

Εικόνα 6.2.: Αλγόριθμος αναζήτησης Pubmed, σελίδα 15

Πίνακας 6.1.: Κριτήρια εισόδου και αποκλεισμού, σελίδα 17

Εικόνα 6.3.: PRISMA, σελίδα 18-19

Εικόνα 6.4.: Αξιολόγηση μελετών με PEDro Scale, σελίδα 20

Πίνακας 7.1. Περιγραφική Ανάλυση άρθρων που συμπεριλήφθηκαν στην ανασκόπηση, σελίδα 21-38

Εικόνες 7.1 και 7.2.:GRAIL (Gait Real-time Analysis Interactive Lab), σελίδα 39

Εικόνες 7.3 και 7.4.: IREX Gesturetek Health, σελίδα 41

Εικόνα 7.5.: RAPAEI Smart Kids, σελίδα 42

Εικόνα 7.6: Jintronix software, σελίδα 43

Εικόνες 7.7 και 7.8: Motion Rehab AVE 3D exergaming, σελίδα 43

Εικόνα 7.9.: YouGrabber System, σελίδα 44

Εικόνες 8.1. και 8.2.: exergames, σελίδα 51

Εικόνες 8.3. και 8.4.: CAREN, σελίδα 52

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1-ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα ερεθίσματα που προέρχονται από το περιβάλλον ποικίλλουν σε μεγάλο βαθμό, με αποτέλεσμα να θέτουν συχνά τους ερευνητές ανάκανους να τα απορρίψουν οριστικά ή να τα περιορίσουν σε κάποιο βαθμό, καθώς μπορεί να θεωρηθούν πιθανοί συγχυτικοί παράγοντες που επηρεάζουν τις ερευνητικές τους υποθέσεις. Ως λύση σε αυτό τον προβληματισμό, αρκετοί επιστήμονες έχουν αρχίσει να ενδιαφέρονται για τη χρήση της τεχνολογίας εικονικού περιβάλλοντος ως ένα συμπληρωματικό εργαλείο που παρέχει την δυνατότητα να αναπαριστά και να ελέγχει τα περιβαλλοντικά ερεθίσματα (Blascovich, J, et al,2002), (Loomis, J.M, et al 1999).

Τα εικονικά περιβάλλοντα είναι συνθετικές αισθητηριακές πληροφορίες, που δημιουργούν ένα περιβάλλον, το περιεχόμενο του οποίου δίνει την αντίληψη στο χρήστη σαν να μην ήταν συνθετικό (Blascovich, J. Et al 2002). Παράλληλα, όλα τα συστήματα περιλαμβάνουν διεπαφή (interface) του χρήστη με το εικονικό περιβάλλον, ενώ αποτελείται από ένα σύστημα παρακολούθησης που καταγράφει τις κινήσεις των χρηστών και έναν υπολογιστή, που επιλέγει το κατάλληλα τμήματα του εικονικού περιβάλλοντος που θα εμφανίζονται στη διεπαφή (Smith J. W. 2015).

Τα συστήματα οπτικής ανατροφοδότησης αρχίζουν και κατακτούν όλο και μεγαλύτερο έδαφος στην αποκατάσταση των νευρολογικών ασθενών, δημιουργώντας μια συμπληρωματική μέθοδο παρέμβασης (Rutkowski, S., et al 2020). Τα συστήματα οπτικής ανατροφοδότησης περιλαμβάνουν πληθώρα συστημάτων, με τον βασικό διαχωρισμό τους να έγκειται σε συστήματα εικονικής πραγματικότητας (Virtual Reality ή VR) και επαυξημένης πραγματικότητας (Augmented Reality or AR).

Τα συστήματα οπτικής ανατροφοδότησης λοιπόν, διαδραματίζουν σπουδαίο ρόλο στον τομέα της υγείας αλλά και σε πολλές άλλες ειδικότητες λόγω των διευκολύνσεων που παρέχουν. Εξαιτίας της ευρείας διάδοσης των συστημάτων αυτών, έχουν σχεδιαστεί προγράμματα που αφορούν την ανάπτυξη διαφορετικών δεξιοτήτων με εφαρμογές σε υγιή άτομα, αλλά και σε ασθενείς, διαφορετικών ηλικιών. Πιο συγκεκριμένα, στον τομέα των επαγγελματιών υγείας έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές έρευνες για τον προσδιορισμό του βαθμού επίδρασης τέτοιων παρεμβάσεων. Ωστόσο, υπάρχει μια σύγχυση αναφορικά με το πώς το στοιχείο της Εμβύθισης, ως κύρια ιδιότητα αυτών των μέσων, μπορεί να συμβάλει στην αλλαγή της έκβασης ενός προγράμματος αποκατάστασης.

Σύμφωνα με την παρούσα αρθρογραφία, πληθώρα ερευνητών υποστηρίζει την χρήση των συστημάτων οπτικής ανατροφοδότησης, όχι όμως ως αυτοτελή μορφή θεραπείας, αλλά ως μια επικουρική, συμπληρωματική μορφή. Παρά τα θετικά αποτελέσματα που μπορεί να επιφέρει στην βελτίωση των νευρολογικών ασθενών, όπως βελτίωση κινητικής απόδοσης, ποιοτικών χαρακτηριστικών βάδισης, συμβάλλει επίσης και στη βελτίωση των γνωστικών και αντιληπτικών ικανοτήτων και γενικότερα του κινήτρου αυτών. Ωστόσο τα δεδομένα που έχουν προκύψει από τις έρευνες δεν είναι τόσο ισχυρά ώστε να καταστήσουν ολοκληρωμένη αυτή τη μορφή θεραπείας και κατ' εξακολούθηση, δεν είναι ισχυρότερα από αυτά που υποστηρίζουν τη συμβατική φυσικοθεραπεία.

Κατά την μελέτη της αρθρογραφίας παρατηρήθηκε, ότι η ιδιότητα της Εμβύθισης, αν και θεωρείται καθοριστική για τα συστήματα οπτικής ανατροφοδότησης, δεν αναφερόταν στην πλειοψηφία των άρθρων, ενώ σε αυτά που γινόταν αναφορά του όρου δεν διευκρινιζόταν ο βαθμός της στο εκάστοτε μέσο παρέμβασης.

Επομένως, το ερευνητικό αυτό κενό επιχειρήθηκε να καλυφθεί στη συγκεκριμένη μελέτη μέσω συστηματικής ανασκόπησης. Ειδικότερα, στο πρώτο μέρος της συγκεκριμένης μελέτης γίνεται οριοθέτηση των εννοιών που αναλύονται και μελέτη της υπάρχουσας αρθρογραφίας σχετικής με το ερευνητικό μας ερώτημα, ενώ στο δεύτερο μέρος αναλύεται η μεθοδολογία και ο ερευνητικός σχεδιασμός που ακολουθήθηκε κατά της διεξαγωγή της συστηματικής ανασκόπησης, καθώς επίσης και τα αποτελέσματα που προέκυψαν με το πέρας αυτής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2-ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΑΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗ

2.1. Συστήματα οπτικής ανατροφοδότησης - visual feedback

Τα συστήματα ανατροφοδότησης (feedback) αναφέρονται ως η αισθητηριακή ή αντιληπτική πληροφορία που λαμβάνεται από οποιαδήποτε αισθητήρια πηγή που προέρχεται είτε από το εσωτερικό του σώματος, όπως αποτέλεσμα κίνησης από ιδιοϋποδοχείς (εσωτερική ανάδραση) είτε από επιπλέον ή επαυξημένη αισθητηριακή πληροφορία (εξωτερική ανάδραση). Η ανατροφοδότηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον εντοπισμό σφαλμάτων στην κίνηση και για την παροχή ενός μέσου κατανόησης της διαδικασίας αυτοελέγχου, αυτοδιόρθωσης και της θεμελιώδους διαδικασίας για την εκμάθηση νέων κινητικών δεξιοτήτων. Συγκεκριμένα, στα συστήματα οπτικής

ανατροφοδότησης (visual feedback) είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι σε σύγκριση με τις άλλες αισθήσεις, η όραση παίζει καθοριστικό ρόλο ως η κύρια αίσθηση, αλλά δεν μπορεί να απομονωθεί από τη στιγμή που ο στόχος μας είναι η εκπαίδευση της κινητικής λειτουργίας, η οποία εμπλέκει και άλλα αντιληπτικά όργανα για την απόκτηση και τον έλεγχο της ανθρώπινης κίνησης (Hussein, Z. A. Et al 2019).

2.2. Αλληλεπίδραση με το εικονικό περιβάλλον

Ένα **εικονικό περιβάλλον** μπορεί να εξερευνηθεί μέσω οπτικών και απτικών συσκευών. Η απόκριση με το περιβάλλον προέρχεται από την επικοινωνία μεταξύ των ενεργειών που πραγματοποιεί το άτομο και του αποτελέσματος αυτών, τις οποίες καλείται επεξεργαστεί ο υπολογιστής δημιουργώντας μια απόκριση μέσα στο εικονικό περιβάλλον. Η αλληλεπίδραση μπορεί να είναι παθητική, όπως η παρακολούθηση τηλεόρασης, ή ενεργητική, όταν, για παράδειγμα, οι χρήστες χειρίζονται τις κινήσεις του σώματός τους ή ένα συγκεκριμένο αντικείμενο μέσα σε ένα εικονικό σενάριο (de Oliveira, J. M. et al 2016). Τα εικονικά περιβάλλοντα κυμαίνονται από μια απλή απεικόνιση της επίτευξης στόχων σε ένα δισδιάστατο επίπεδο έως μια λεπτομερή αναπαραγωγή των πραγματικών περιβαλλόντων (Demers, M. et al 2021). Περιλαμβάνονται οθόνες υπολογιστών, προβολέας δισδιάστατης οθόνης, αίθουσες στις οποίες οι τοίχοι έχουν το ρόλο καθηλωτικών προβολών και οθόνες που τοποθετούνται στο κεφάλι (HMD), μεταξύ άλλων. Παρ' όλα αυτά, ο διαδραστικός χαρακτήρας του συστήματος VR πρέπει να είναι παρών (Cassani, R., et al. 2020).

Τα συστήματα εικονικής πραγματικότητας (VR) μπορούν να διαχωριστούν σε 1PP ή 3PP (person perspective). Το πρώτο αποτελείται συνήθως από μια διαδραστική προσομοίωση υπολογιστή, που ανιχνεύει τις κινήσεις και τη θέση του ατόμου σε σχέση με τη θέση της κεφαλής (1PP), ενώ το εικονικό περιβάλλον 3PP, όπως υποδηλώνει το όνομά του, επιτρέπει τη φυσική κίνηση στην εικονική πραγματικότητα με την χρήση τρίτου προσώπου. Το 3PP συνδυάζει τα πλεονεκτήματα του 3PP και 1PP. Παρόμοια με το 1PP, επιτρέπει την αλληλεπίδραση με πλούσιες φυσικές κινήσεις, ενώ επίσης αποκομίζει τα οφέλη του 3PP, δηλαδή ανώτερη χωρική επίγνωση και συμμετοχή στο περιβάλλον με την χρήση τρίτου προσώπου – avatar, γεγονός που συμβάλλει στην μείωση της ασθένειας κίνησης (cybersickness). Αντίθετα, η χρήση της οπτικής γωνίας 1PP έχει αποδειχθεί ότι προκαλεί καλύτερη ενσωμάτωση στο ένα εικονικό περιβάλλον, ειδικά σε πτυχές της

επίγνωσης του σώματος και της κίνησής του, σε σχέση με την προσέγγιση 3PP (Cassani, R., 2020).

2.3 Τύποι εικονικής πραγματικότητας

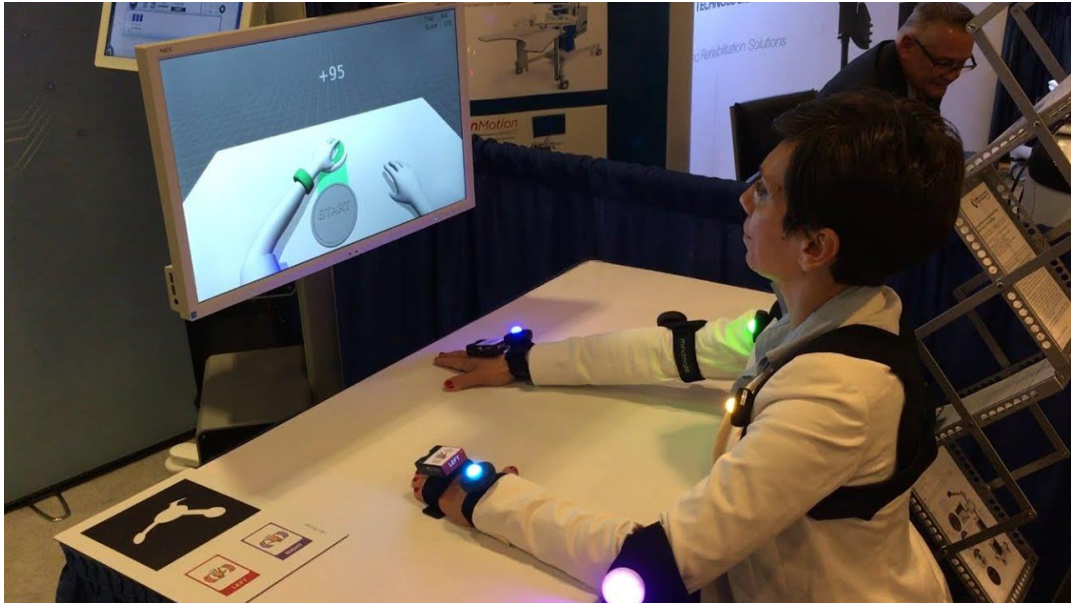
Αρχικά, υπάρχουν τρεις **τύποι εικονικής πραγματικότητας**: το εμβυθιστικό, το μη εμβυθιστικό και το διαδραστικό. Το εμβυθιστικό σύστημα εικονικής πραγματικότητας (immersive VR) χρησιμοποιεί οθόνες που τοποθετούνται στη κεφαλή (head-mounted display/HMD), παρέχει αισθητήρες κίνησης του σώματος, τις αναπαράγει γραφικά σε πραγματικό χρόνο και χρησιμοποιεί προηγμένες συσκευές διεπαφής (π.χ. ακουστικά) για την προσομοίωση ενός εντελώς εικονικού περιβάλλοντος πλήρους εμβυθιστικού χαρακτήρα για τους χρήστες. Αντιθέτως, το μη καθλωτικό VR χρησιμοποιεί ως συνδετικό κρίκο, μια επίπεδη οθόνη, ή οθόνη τηλεόρασης/υπολογιστή και κρίνεται απαραίτητη η χρήση αντίστοιχου πληκτρολογίου ή/και χειριστηρίου. Παράλληλα, η διαδραστική εικονική πραγματικότητα επικεντρώνεται κυρίως στην ικανότητα του χρήστη να αλληλεπιδρά με εικονικά αντικείμενα μέσω συσκευών (Qian, J. Et al 2020).



Εικόνα 2.1: REAL System

Σύμφωνα με τους Snider, L. Et al 2010., τα εικονικά περιβάλλοντα μπορούν να υποδιαιρεθούν και σε δύο **τύπους**: 1) εμβυθιστική εικονική πραγματικότητα (immersion VR), η οποία πραγματοποιείται από την προβολή του περιβάλλοντος μέσω οθόνης που τοποθετείται στη κεφαλή και 2) επιτραπέζιο εικονικό περιβάλλον (VE-desktop VE) που προβάλλει την επιθυμητή εικόνα σε οθόνη υπολογιστή ή τηλεόρασης με ήχο που παρέχεται από εξωτερικά ηχεία. Οι συσκευές που τοποθετούνται στη κεφαλή (HMD/head-mounted display) έχουν θεωρηθεί η χρυσή τομή για δημιουργία πλήρων, καθλωτικών, τρισδιάστατων (3D) συστημάτων εικονικής πραγματικότητας - VR. Ενώ τα συστήματα επίπεδης οθόνης (μη HMD ή 2D) δεν προσφέρουν τον ίδιο βαθμό Εμβύθισης, οι τεχνολογικές εξελίξεις έχουν διευκολύνει την παροχή μεγαλύτερης οπτικής ανάλυσης στην

οθόνη, αυξάνοντας έτσι την ενσωμάτωση και την αλληλεπίδραση χωρίς να υφίστανται οι πλήρεις δυνατότητες 3D (Demers, M., et al 2020).



Εικόνα 2.2: Virtual Reality in healthcare

2.4. Ασθένεια κίνησης – Cybersickness - Visually induced motion sickness

Η ασθένεια κίνησης ή cybersickness, όπως δύναται να αναφέρεται στην βιβλιογραφία, χαρακτηρίζεται από σωματική δυσφορία που σχετίζεται με την έκθεση σε περιεχόμενο εικονικής πραγματικότητας- VR (Lee, H., et al. 2017), κατά την οποία κυριαρχούν τα οφθαλμοκινητικά συμπτώματα (Stanney et al., 1997). Επίσης μπορεί να οριστεί σύμφωνα με τους Crosbie, J. H., et al 2007 ως «οπτικά επαγόμενη ασθένεια κίνησης» (Visually induced motion sickness). Ακόμη, οι παράγοντες που προκαλούν την δυσφορία αυτή στο εικονικό περιβάλλον μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις κατηγορίες: περιεχόμενου, υλικού και ατομικών χαρακτηριστικών (Weech, S., et al 2019).

Στη μελέτη των Huang et al.2022, ορισμένος αριθμός συμμετεχόντων ανέφεραν μέτρια δυσφορία στα μάτια, που χαρακτηρίστηκε ως καταπόνηση των ματιών, θολή όραση, ενώ παρατηρήθηκε εφίδρωση μετά την χρήση συστημάτων οπτικής ανατροφοδότησης. Παράλληλα και οι Crosbie JH, et al. 2014, Crosbie JH, et al.2006, Crosbie JH, et al. 2009, αναφέραν παρόμοιες παρενέργειες σε προηγούμενες μελέτες που χρησιμοποιούν τη μέθοδο συστημάτων οπτικής ανατροφοδότησης VR στην κινητική αποκατάσταση .

2.5. Επαυξημένη πραγματικότητα (AR)

Τα συστήματα επαυξημένης πραγματικότητας (AR) συνδυάζουν το πραγματικό και το εικονικό περιβάλλον, αλληλοεπιδρώντας σε πραγματικό χρόνο με ακριβή τρισδιάστατη καταγραφή εικονικών και πραγματικών αντικειμένων. Η επαυξημένη πραγματικότητα (AR) περιλαμβάνει τη δημιουργία νέων εικόνων από ψηφιακές πληροφορίες στο πραγματικό φυσικό περιβάλλον ενός ατόμου, προσομοιώνοντας ένα περιβάλλον όπου το εικονικό και το πραγματικό αναμειγνύονται (Vinolo Gil, M. J. Et al 2021). Βέβαια, τα συστήματα επαυξημένης πραγματικότητας (AR) θα πρέπει να διαφοροποιούνται από τα συστήματα εικονικής πραγματικότητας (VR), καθώς σε αυτήν εισάγονται επιπρόσθετα δεδομένα, ενισχύοντας τις πληροφορίες που παρέχονται στον χρήστη όπως ήχος, κείμενο ή βίντεο, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται εικονικά περιβάλλοντα πολυμέσων. Αναφορικά με τις οθόνες που χρησιμοποιούνται στα συστήματα επαυξημένης πραγματικότητας (AR), μπορούν να ταξινομηθούν στις ακόλουθες κατηγορίες: οθόνες που τοποθετούνται στη κεφαλή, χειρός και οθόνες προβολής (Al-Issa H, et al. 2012, Regenbrecht H, Hale L.)

2.5.1. Τομείς εφαρμογής AR

Η χρήση αυτών των συστημάτων έχει αρχίσει να εντάσσεται και σε διαφορετικούς τομείς για την διευκόλυνση δραστηριοτήτων πχ. η φωτογραμμετρία, η οποία αποτελεί μια συνέργεια για την οπτικοποίηση φυσικών και εικονικών περιβαλλόντων πόλεων (Portalés, C. Et al 2010). Φυσικά, η χρήση των εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας εδραιώνεται και στον τομέα της ιατρικής περίθαλψης και υγείας, και ειδικότερα στο πεδίο της αποκατάστασης, με στόχο τη βελτίωση των σωματικών παραμέτρων (Al-Issa, H., et al 2012, Parekh, P. et al 2020).

2.5.2. Οφέλη της επαυξημένης πραγματικότητας

Αν και η έλλειψη τεχνολογικής ωριμότητας και η πρόσβαση σε συσκευές είναι βασικές αδυναμίες-ελλείψεις των συστημάτων (Ikbali Afsar S, et al 2018), αναδύονται διάφοροι τύποι διεπαφής για να εξασφαλίσουν την αλληλεπίδραση του χρήστη με το περιβάλλον αποκατάστασης επαυξημένης πραγματικότητας - AR, συμπεριλαμβανομένων φορητών-έξυπνων (smart) αισθητήρων, αισθητήρων ενσωματωμένων στο περιβάλλον και κινητών συσκευών που βελτιώνουν την προσβασιμότητα το ατόμου, σε αυτού του τύπου τεχνολογία (Bonuzzi GMG, et al 2020). Παρ' όλα τα πιθανά οφέλη, υπάρχει μικρός αριθμός μελετών για την χρήση συστημάτων επαυξημένης πραγματικότητας (AR) στη φυσιοθεραπεία, σε αντίθεση με τα συστήματα εικονικής πραγματικότητας (VR), η οποία

έχει μελετηθεί σε περισσότερες παθολογίες και διαταραχές, κυρίως νευρολογικού τύπου, όπως το Αγγειακό Εγκεφαλικό Επεισόδιο (Garcia-Munoz C et al 2019, Booth ATC et al 2018, Johansen T, et al 2020), η Εγκεφαλική Παράλυση (Feng H et al 2019), η Σκλήρυνση κατά Πλάκας (Lei C et al 2019, Moreno-Verdu M 2019), η νόσος Πάρκινσον (Norouzi E et al 2020, Maggio MG et al 2019), η Κάκωση Νωτιαίου Μυελού (Sale P, et al 2016, de Araújo AVL et al 2020) και ο Χρόνιος πόνος (de Araújo AVL et al 2019). Ωστόσο, οι πιθανότητες επιτυχούς ανάκαμψης είναι διαφορετικές για κάθε ασθένεια, επομένως τα αποτελέσματα που λαμβάνονται από τις παρεμβάσεις που χρησιμοποιούν τέτοιου είδους συστήματα θα μπορούσαν επίσης να είναι διαφορετικά (De Miguel-Rubio, A., et al 2020, Vinolo Gil et al 2021).

2.5.3. Περιορισμοί της επαυξημένης πραγματικότητας

Παράλληλα, υπάρχουν ορισμένα εμπόδια που περιορίζουν τη γενικευμένη χρήση των συστημάτων επαυξημένης πραγματικότητας (AR), όπως περιορισμοί της τεχνολογίας και της διεπαφής του χρήστη. Όσον αφορά τους παράγοντες που επηρεάζουν την αλληλεπίδραση του χρήστη με τα εικονικά αντικείμενα, αναφέρονται σε συνθήκες προβολής και καθυστέρησης απόδοσης (Ellis, S. R., et al 1997). Επιπλέον αρνητικές πτυχές των συστημάτων επαυξημένης πραγματικότητας είναι η κόπωση των ματιών ή και ανθρώπινοι παράγοντες που σχετίζονται με τις επιπτώσεις της μακροχρόνιας χρήσης, συνθήκη η οποία θα μπορούσε επίσης να μειώσει και την απόδοση στο τομέα της εργασίας. Επιπλέον, τροποποιείται η αντίληψη του βάθους, καθώς μπορεί να κάνει τα αντικείμενα να φαίνονται πιο μακριά από ό,τι είναι στην πραγματικότητα, μεταβάλλοντας τη σχετική αντίληψη του ατόμου (Azuma, R. Et al 2001). Άλλοι ερευνητές αναφέρουν πως φαίνεται ότι το AR δεν έχει χρησιμοποιηθεί επειδή, για τον ίδιο στόχο, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν άλλες τεχνολογικές συσκευές με ευκολότερες προσεγγίσεις, όπως τα συστήματα εικονικής πραγματικότητας - VR (Sveistrup, H. 2004), Mubin, O et al, 2019).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3- ΕΜΒΥΘΙΣΗ

3.1. Η Ιδιότητα της Εμβύθισης

Τα χαρακτηριστικά καθορισμού ενός προγράμματος ή μιας εφαρμογής ως σύστημα εικονικής πραγματικότητας - VR περιλαμβάνουν την αλληλεπίδραση (interface) και την Εμβύθιση (immersion). **Εμβύθιση** θεωρείται ο βαθμός στον οποίο το άτομο αισθάνεται απορροφημένο ή «τυλιγμένο» (engrossed or enveloped) μέσα στο εικονικό περιβάλλον. Συνδυαστικά, το επίπεδο Εμβύθισης και αλληλεπίδρασης είναι οι βασικοί παράγοντες

καθορισμού του βαθμού παρουσίας (presence), που είναι η αίσθηση του «να είσαι εκεί» στο εικονικό περιβάλλον και σχετίζεται με μεγαλύτερη δέσμευση σε αυτό (engagement) (Wang, M. και Reid, D. 2011).

Η Εμβύθιση αναφέρεται ως χαρακτηριστικό του εικονικού περιβάλλοντος που παρέχει στο άτομο την εμπειρία της ύπαρξης μέσα σε αυτό. Η σειρά των αισθητηριακών εισροών που δίνονται στους συμμετέχοντες, αλλά και ο βαθμός του χρονισμού της κίνησης μαζί με τις ποιοτικές αναπαραστάσεις αυτών, θα πρέπει να ακολουθούν τις αισθητηριακές προσδοκίες της πραγματικής ζωής.



Εικόνα 3.1.: NeuroFunction Rehab

3.2. Εμβύθιση και Παρουσία

Ο στόχος της επίτευξης παρουσίας (presence) θεωρείται ως καθοριστική πτυχή μιας επιτυχημένης εμπειρίας εικονικής πραγματικότητας – VR. Παρά τις πολλές προσπάθειες να αποδοθούν ορισμοί και διαστάσεις (Sadowski and Stanney, 2002), η έννοια της παρουσίας έχει περιγράψει σε παγκόσμιο επίπεδο ως η δυνατότητα του ατόμου να αφήσει πίσω του την πραγματική τοποθεσία και να προσπαθήσει να νιώθει ότι «είναι εκεί», στο εικονικό περιβάλλον (Heeter, 1992). Πολλοί ερευνητές αναφέρουν ότι μπορεί να σχετίζεται και με το βαθμό που το άτομο αλληλεπιδρά με το περιβάλλον (Slater and Usoh, 1993), καθώς και με την ακρίβεια και τον ρεαλισμό των πληροφοριών που λαμβάνονται από το προσομοιωμένο περιβάλλον (Witmer και Singer, 1994).

Αρκετοί ερευνητές διαφοροποιούν την ιδιότητα της Εμβύθισης από το στοιχείο της παρουσίας, αναφέροντας ότι ένα άτομο μπορεί να είναι πολύ προσεκτικό σε μια εργασία χρησιμοποιώντας κάποιο σύστημα οπτικής ανατροφοδότησης πχ. VR (immersive), χωρίς να υπάρχει η αίσθηση της παρουσίας. Ομοίως, ο βαθμός στον οποίο ένα άτομο μπορεί να αποκόπτεται από τον πραγματικό κόσμο χρησιμοποιώντας ένα σύστημα VR (Εμβύθιση) δεν μπορεί να καθορίζει την αίσθηση της παρουσίας (Barfield et al., 1995; Slater et al., 1996;

Nichols et al., 2000). Επίσης, η ενσωμάτωση σε ένα εικονικό περιβάλλον με την χρήση συστήματος που παρέχει το 3PP, δηλαδή με τη δυνατότητα χρήσης avatar, δίνει την ικανότητα στον χρήστη να αντιλαμβάνεται την παρουσία του στον εικονικό χώρο όπως στον φυσικό (Slater et al., 2009; Grabarczyk and Pokropski, 2016). Η ενσάρκωση ενός avatar εξαρτάται από τη σειρά του, από τον συγχρονισμό των αισθητηριακών πληροφοριών που δέχεται και από τα ατομικά χαρακτηριστικά του χρήστη (Kilteni et al., 2012), (Sacau et al., 2008; Weibel et al., 2010).

3.3. Μέτρηση Παρουσίας

Όσον αφορά τα αντικειμενικά στοιχεία μέτρησης της παρουσίας αναφέρονται σε βιοδείκτες (π.χ., ο καρδιακός ρυθμός και την αγωγιμότητα του δέρματος) και σε μέτρα συμπεριφοράς (π.χ. οι αντανάκλαστικές αντιδράσεις σε επικίνδυνα ερεθίσματα, η ταλάντευση στάσης ως απόκριση σε οπτική διέγερση). Οι τεχνικές για τη μέτρηση της παρουσίας έχουν αναφερθεί σε τεχνικές νευροαπεικόνισης (λειτουργική μαγνητική τομογραφία, fMRI; Baumgartner et al., 2008, Clemente et al., 2013) και στην τεχνική του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος (EEG) που μελετήθηκε από τους Baumgartner et al., 2006 και Clemente et al., 2014 που περιγράφουν την δυνατότητα εντοπισμού νευρωνικών συσχετισμών παρουσίας στο VR.

Οι υποκειμενικές μετρήσεις λαμβάνονται μέσω ερωτηματολογίων που δίνονται μετά από έκθεση σε συστήματα οπτικής ανατροφοδότησης - VR. Τα ερωτηματολόγια αυτά μπορεί να είναι αυτοαναφερόμενα ή να περιέχουν προφορικές ή γραπτές αναφορές για την ποιότητα της εμπειρίας, της παρουσίας ή της ψυχοσωματικής εμπειρίας. Τα ερωτηματολόγια αυτά περιλαμβάνουν κλίμακες πολλαπλών στοιχείων, πχ «Ερωτηματολόγιο παρουσίας» (PQ, Witmer and Singer, 1998), Λίστα 32 σημείων με ερωτήσεις επτά σημείων, που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία βαθμολογιών σε υποκλίμακες όπως ο ρεαλισμός, η δυνατότητα δράσης και ποιότητα διεπαφής (interface) (Weech, S., et al.2019).



Εικόνα 3.2.: hospital news

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. -ΔΙΕΠΑΦΗ-INTERFACE

Σημαντική μεταβλητή που συμβάλλει στην «εμπειρία της ύπαρξης» αποτελεί επίσης η διεπαφή (interface) μέσω της οποίας οι χρήστες αλληλεπιδρούν με το εικονικό περιβάλλον. Περιλαμβάνει πληκτρολόγια, joysticks ή άλλα χειριστήρια χειρός, φόρμες ή γάντια με ευαισθησία στην πίεση και τεχνολογία λήψης βίντεο που δεν απαιτεί περιφερειακό εξοπλισμό (Glegg, S. et al. 2014).

Η διεπαφή αλληλεπίδρασης μπορεί να είναι οτιδήποτε, από ένα απλό joystick (π.χ. Wii Remote) έως μια σύνθετη κάμερα κίνησης (π.χ. αισθητήρας Kinect), και το υλικό απεικόνισης περιλαμβάνει τυπικές οθόνες υπολογιστή/τηλεόρασης και οθόνες κεφαλής (Ravi, D., et al. 2017).

Σύμφωνα με τους Wang, M., & Reid, D., 2011, διακρίνονται τρεις κύριες κατηγορίες διεπαφών οθόνης που μπορούν να χαρακτηριστούν από τον τύπο της παρεχόμενης αλληλεπίδρασης ανθρώπου-υπολογιστή: (1) αλληλεπίδραση εστιασμένη στην ανατροφοδότηση, (2) αλληλεπίδραση με βάση τις χειρονομίες και (3) αλληλεπίδραση με βάση την αφή

4.1. Αλληλεπίδραση εστιασμένη στην ανατροφοδότηση

Η χρήση της εικονικής πραγματικότητας (VR) ως θεραπευτικό εργαλείο σχετίζεται με σκοπούς ανατροφοδότησης ή ενίσχυσης. Ο χρήστης πρέπει να σημειώσει πρόοδο στη συμβατική θεραπεία πριν μπορέσει να επωφεληθεί από την αλληλεπίδραση και την ανατροφοδότηση που παρέχει η εικονική πραγματικότητα. Ενώ αυτός ο τύπος αλληλεπίδρασης μεταξύ ανθρώπου και υπολογιστή είναι συνήθως μονοδιάστατος και αλλάζει μόνο με ποσοτικό τρόπο, ο χρήστης εξακολουθεί να έχει σε πραγματικό χρόνο τον έλεγχο των γεγονότων που συμβαίνουν μέσα στο εικονικό περιβάλλον (VE). Τα συστήματα οτικής ανατροφοδότησης VR εστιασμένα στην ανατροφοδότηση εκμεταλλεύονται την ικανότητα των προγραμμάτων VR να αυξάνουν τη δέσμευση και τα κίνητρα, ενσωματώνοντας τα προτιμώμενα ενδιαφέροντα του χρήστη στο πρόγραμμα, όπως η βιοανάδραση με νευροανάδραση ή ηλεκτροεγκεφαλογραφία (EEG).

4.2. Αλληλεπίδραση με βάση τις χειρονομίες

Έχουν ενσωματωθεί εξειδικευμένες κάμερες για να καταγράφουν τις χειρονομίες και τις κινήσεις του χρήστη. Αυτές οι ενέργειες εμφανίζονται στη συνέχεια σε πραγματικό χρόνο στο εικονικό περιβάλλον VE για την προώθηση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ του χρήστη και των εικονικών αντικειμένων. Υπάρχουν δύο κύρια συστήματα με αυτές τις λειτουργίες: αυτά που έχουν σχεδιαστεί αποκλειστικά για σκοπούς αποκατάστασης και αυτά που έχουν σχεδιαστεί κυρίως για σκοπούς αναψυχής. Τα συστήματα που βασίζονται σε χειρονομίες παρέχουν τη χαρακτηριστική εμπειρία της παρατήρησης του εαυτού μέσα στον εικονικό κόσμο, οδηγώντας σε μια αυξημένη αίσθηση δέσμευσης στο περιβάλλον και σε μεγαλύτερη αίσθηση ελέγχου της αιτίας και του αποτελέσματος των συμβάντων στην εικονική πραγματικότητα.

4.3. Συστήματα εικονικής πραγματικότητας με αλληλεπίδραση με βάση την αφή

Τα απλούστερα συστήματα περιλαμβάνουν ποντίκια υπολογιστών (mouse), joysticks και θόνες αφής. Ωστόσο, δεν προσφέρουν άμεση ή ρεαλιστική απτική ανατροφοδότηση. Οι πιο εκλεπτυσμένες απτικές τεχνολογίες, όπως τα γάντια με αισθητήρες και η ρομποτική, προσφέρουν πιο άμεση απτική ανατροφοδότηση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5-ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός της παρούσας συστηματικής ανασκόπησης είναι η διερεύνηση της ιδιότητας της Εμβύθισης ως παράγοντα καθορισμού της αποτελεσματικότητας των συστημάτων οπτικής ανατροφοδότησης στην αποκατάσταση κινητικών διαταραχών σε νευρολογικούς ασθενείς. Θα εξεταστεί το κατά πόσο το στοιχείο της Εμβύθισης λαμβάνεται υπόψη στις τυχαιοποιημένες μελέτες αναφορικά με την αποτελεσματικότητα των συστημάτων οπτικής ανατροφοδότησης.

Ερευνητικά - Κλινικά ερωτήματα

PICO

P: Νευρολογικοί ασθενείς

I: Συστήματα οπτικής ανατροφοδότησης

C: Εμβύθιση

O: Κινητικές διαταραχές

Κατά την διάρκεια εκπόνησης της παρούσας συστηματικής εργασίας προέκυψαν μερικές διαπιστώσεις που οδήγησαν στην συγκεκριμενοποίηση του θέματος της μελέτης. Ειδικότερα, ο μεγαλύτερος αριθμός των μελετών που ανασκοπήθηκαν δεν έκανε αναφορά στην Εμβύθιση ή την ιδιότητα της παρουσίας και περιοριζόταν αποκλειστικά στην απλή αναφορά του συστήματος που χρησιμοποιούνταν, ενώ αυτές οι οποίες είχαν μία σχετική αναφορά δεν ορίζαν επακριβώς το επίπεδο της. Επομένως, μήπως θα έπρεπε να γίνει μία εκτενέστερη και με σαφήνεια κατηγοριοποίηση στα συστήματα οπτικής ανατροφοδότησης που χρησιμοποιούνται στην κάθε παρέμβαση, ώστε να μπορεί να ελεγχθεί πιο ολοκληρωμένα η κάθε επίδραση που θα έχει στους συμμετέχοντες;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6-ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

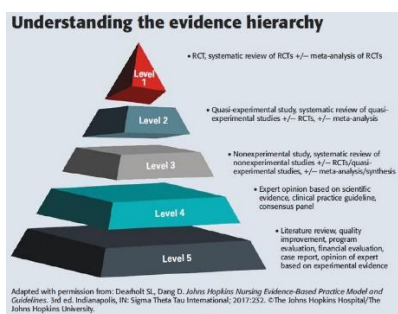
Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται αναφορά στη μεθοδολογία της μελέτης. Ειδικότερα, στην αρχή παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά της διεξαγωγής συστηματικής ανασκόπησης και στην συνέχεια το ερευνητικό ερώτημα και η χρησιμότητα της συγκεκριμένης εργασίας. Έπειτα, αναφέρεται το πρωτόκολλο που ακολουθήθηκε και τέλος τα αποτελέσματα που προέκυψαν.

6.1. Συστηματική ανασκόπηση

Για να εξεταστούν τα ζητήματα που τέθηκαν, κρίθηκε απαραίτητο να χρησιμοποιηθεί μια προσέγγιση συστηματικής ανασκόπησης βιβλιογραφίας (SLR). Ο όρος αναφέρεται στην εύρεση κατάλληλων τύπων έρευνας μέσω βιβλιογραφικών πηγών. Αποφασιστικός παράγοντας σε αυτή την αναζήτηση είναι ο ορισμός ενός αυστηρού ερευνητικού πρωτοκόλλου (Uman, 2011). Η αναζήτηση είναι μια ερευνητική προσπάθεια της οποίας η συμπεριφορά βασίζεται σε μια συγκεκριμένη μέθοδο. Βασικός σκοπός είναι ο εντοπισμός, η αξιολόγηση και η συλλογή σχεδιασμένων ερευνητικών μεθόδων (Linares-Espinós, E., et al 2018).

Ως μέθοδος ανασκόπησης βιβλιογραφίας, παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις τυπικές αναζητήσεις πηγών. Σύμφωνα με Vrontis και Christofi (2019), οι συστηματικές ανασκοπήσεις μειώνουν σημαντικά το επίπεδο μεροληψίας και πιθανών σφαλμάτων κατά την αναζήτηση κατάλληλων βιβλιογραφικών αναφορών και επιτρέπουν τη σύνθεση δεδομένων και τη χαρτογράφηση της βιβλιογραφίας σχετικά με το υπό εξέταση αντικείμενο έρευνας. Τα βασικά του βήματα περιλαμβάνουν τη διατύπωση του ερευνητικού ερωτήματος, τον προσδιορισμό κριτηρίων ένταξης και αποκλεισμού, τη

βιβλιογραφική αναζήτηση και τέλος την αξιολόγηση της μεθοδολογικής ποιότητας των κύριων ευρημάτων της μελέτης. Συμπερασματικά, αξίζει να σημειωθεί ότι οι συστηματικές ανασκοπήσεις ανήκουν στο υψηλότερο επίπεδο σημαντικότητας αποτελεσμάτων σε σύγκριση με άλλους τύπους μελετών (Haidich, 2010).



Εικόνα 6.1.: Understanding the evidence hierarchy

6.2. Αρθρογραφική αναζήτηση

Κατά την αναζήτηση και την ανάκτηση σχετικού περιεχομένου, ισχύουν οι ακόλουθοι περιορισμοί:

Όρια αναζήτησης: Για αναζήτηση σχετικών άρθρων - έρευνας, χρησιμοποιήθηκε η ελεύθερα προσβάσιμη Μηχανή Αναζήτησης Επιστημονικών Άρθρων - Δημοσιεύσεις. Πιο συγκεκριμένα, η βασική αναζήτηση εκτελέστηκε αρχικά στο Medline (Pubmed), μια βιβλιογραφική βάση δεδομένων της Εθνικής Ιατρικής Βιβλιοθήκης των ΗΠΑ, προσβάσιμη μέσω του ιστότοπου <http://www.pubmed.com> και στη συνέχεια στις υπόλοιπες βάσεις Cochrane, Embase και Scopus.

Συμβολοσειρά αναζήτησης: Οι λέξεις-κλειδιά που συμπεριλήφθηκαν στην αναζήτηση ήταν: augmented reality, neurological disorders, physiotherapy, simulated environment, virtual reality. Χρησιμοποιούνται μόνο αγγλικοί όροι, καθώς η συντριπτική πλειονότητα των διεθνών άρθρων για το σχετικό πεδίο σπουδών δημοσιεύεται στα αγγλικά. Ωστόσο, δεν επιλέχθηκε συγκεκριμένο χρονικό πλαίσιο, ώστε να είναι δυνατή η εύρεση παλαιότερων άρθρων – ερευνών. Τέλος, άρθρα που ανήκουν σε βιβλιοθήκες ή επιστημονικά περιοδικά που δεν χρησιμοποιούν πολιτική δανεισμού δεν μπορούν να ανακτηθούν και επομένως δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

Πραγματοποιήθηκαν συνολικά 3 αναζητήσεις σε όλες τις βάσεις δεδομένων με την ίδια στρατηγική αναζήτησης / πρώτη τον Οκτώβριο 2022, δεύτερη τον Φεβρουάριο, τρίτη και τελευταία τον Μάιο του 2023, για να ελεγχθεί αν πραγματοποιήθηκε η δημοσίευση άλλης έρευνας ώστε να συμπεριληφθεί και αυτή στην παρούσα συστηματική ανασκόπηση.

6.3. Σημασία μελέτης

Η νευρολογική αποκατάσταση επωφελείται από την εικονική πραγματικότητα, η οποία έχει αρχίσει να χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση και τη θεραπεία σωματικών και γνωστικών βλαβών, για τη διαχείριση του πόνου, ακόμη και για την απόκτηση χειρουργικών δεξιοτήτων (De Miguel-Rubio, A., et al. 2020).

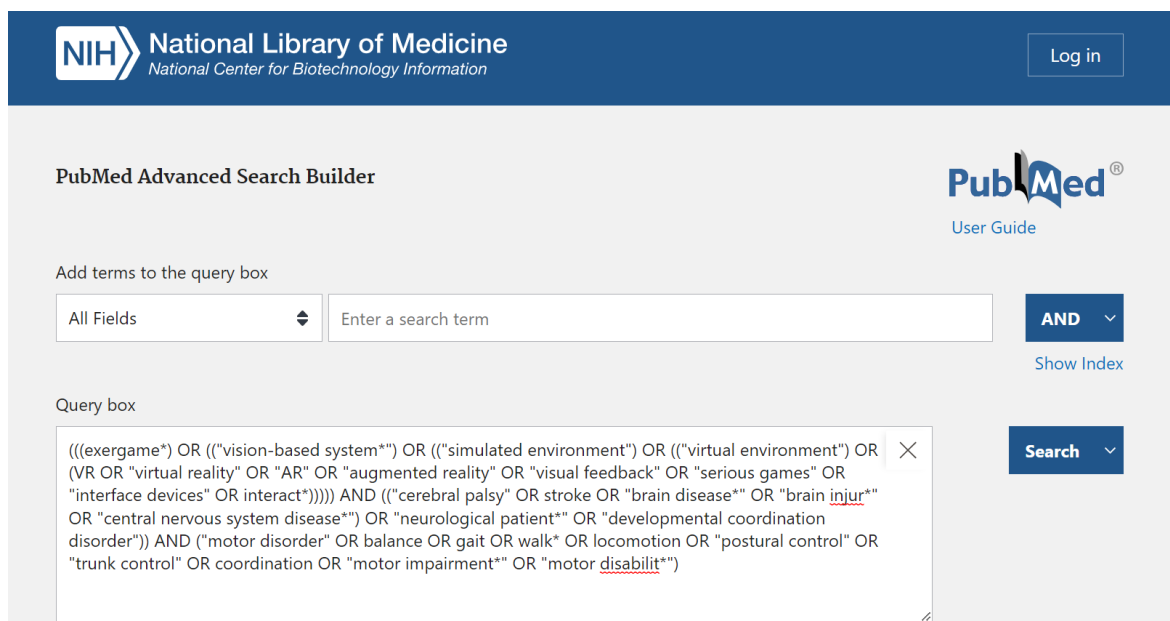
Η σημασία λοιπόν, της παρούσας μελέτης έγκειται στον έλεγχο της αποτελεσματικότητας της πληθώρας των συστημάτων στην αποκατάσταση της κινητικής λειτουργίας ασθενών με βλάβη – δυσλειτουργία του κεντρικού νευρικού συστήματος.

6.4 Μεθοδολογία παρούσας ανασκόπησης

Στη διεθνή βιβλιογραφία, οι συστηματικές ανασκοπήσεις για την αξιολόγηση της Εμβύθισης ως παράγοντα καθορισμού της αποτελεσματικότητας των συστημάτων οπτικής ανατροφοδότησης στην αποκατάσταση κινητικών διαταραχών σε νευρολογικούς ασθενείς είναι ελάχιστες και αφορούν κυρίως την γενική χρήση αυτών των συστημάτων, ενώ στην ελληνική βιβλιογραφία δεν βρέθηκε παρόμοια μελέτη. Μέσω αυτής της εργασίας επιχειρήθηκε ο έλεγχος της Εμβύθισης ως παράγοντα καθορισμού της αποτελεσματικότητας των συστημάτων οπτικής ανατροφοδότησης στην αποκατάσταση κινητικών διαταραχών σε νευρολογικούς ασθενείς. Αναλυτικότερα, στην παρούσα εργασία αναζητήθηκαν, μέσω ενός αυστηρού πρωτοκόλλου συστηματικής ανασκόπησης, μελέτες που χρησιμοποιούν συστήματα οπτικής ανατροφοδότησης αξιολογώντας τον παράγοντα της Εμβύθισης και παράλληλα επιχειρήθηκε η σύνθεση των αποτελεσμάτων τους για τη διαμόρφωση ενός συγκεντρωτικού συμπεράσματος. Το αποτέλεσμα μιας τέτοιας εργασίας είναι δυνατόν να βοηθήσει τους ειδικούς, που ερευνούν το συγκεκριμένο πεδίο, να επιλέξουν εκείνο το σύστημα που επιφέρει τα μεγαλύτερα αποτελέσματα έναντι κάποιων άλλων, αλλά και να διαπιστωθεί η αποτελεσματικότητα ή όχι των συστημάτων που χρησιμοποιούνται ευρέως στην αποκατάσταση νευρολογικών ασθενών. Η μελέτη αυτή στοχεύει να εμπλουτίσει την υπάρχουσα βιβλιογραφία και να αποτελέσει την αφορμή για περαιτέρω συστηματικές ανασκοπήσεις στο πεδίο της αποκατάστασης ασθενών με κινητικές διαταραχές σε ειδικούς πληθυσμούς.

6.4.1. Είδη Μελετών

Εξετάστηκαν όλες οι τυχαιοποιημένες ελεγχόμενες μελέτες στις οποίες τουλάχιστον μία από τις παρεμβάσεις ήταν ένα συνεχές πρόγραμμα άσκησης με κάποιο σύστημα οπτικής ανατροφοδότησης.



Εικόνα 6.2.: Αλγόριθμος αναζήτησης Pubmed

6.4.2. Τύποι συμμετεχόντων

Συμπεριλήφθηκαν μελέτες που αφορούσαν συμμετέχοντες με κλινικά διαγνωσμένες εγκεφαλικές βλάβες. Ενώ δεν υπήρχαν περιορισμοί όσον αφορά το φύλο, τη διάρκεια της νόσου ή τη σοβαρότητά της.

6.4.3. Είδη παρεμβάσεων

Αξιολογήθηκε η αποτελεσματικότητα της άσκησης με τη χρήση συστημάτων οπτικής ανατροφοδότησης για αποκατάσταση έναντι 1) ενεργητικών παρεμβάσεων χωρίς την χρήση συστημάτων και 2) συνδυασμού παρεμβάσεων που περιλαμβάνουν κλασική φυσικοθεραπεία και θεραπείες με χρήση συστημάτων. Όλες οι παρεμβάσεις εικονικής πραγματικότητας απαιτούνταν να επικεντρώνονται κυρίως στην άσκηση και την κινητική αποκατάσταση. Δεν υπήρχαν περιορισμοί όσον αφορά τη συχνότητα και τη διάρκεια της

εκπαίδευσης σε τέτοιου είδους συστήματα. Συνοψίζοντας, συμπεριλήφθηκαν μελέτες εφόσον περιλάμβαναν: 1. διεπαφή χρήστη-υπολογιστή. 2. αλληλεπίδραση στο εικονικό περιβάλλον. 3. ανατροφοδότηση για την απόδοση και 4. εστίαση στην κινητική αποκατάσταση. Μελέτες που περιείχαν δοκιμές όπου ο κύριος στόχος ήταν η μελέτη του cueing ή η παροχή οπτικών ή ακουστικών αναφορών χωρίς την παροχή άμεσης ανατροφοδότησης σχετικά με την κινητική απόδοση και χωρίς εικονικό περιβάλλον, απορρίφθηκαν.

6.4.4. Παρεμβάσεις ελέγχου

Περιλάμβαναν ενεργή συμβατική φυσιοθεραπεία χωρίς χρήση συστημάτων οπτικής ανατροφοδότησης. Παράλληλα η ενεργή συμβατική φυσιοθεραπεία περιελάμβανε συνήθη φροντίδα ή οποιαδήποτε άλλη παρέμβαση άσκησης χωρίς εξάρτημα VR ή εργοθεραπεία.

6.4.5. Κριτήρια εισαγωγής και αποκλεισμού μελετών

Βασικό και απαραίτητο κρίνεται σε μια συστηματική ανασκόπηση ο καθορισμός των κριτηρίων συμπερίληψης, αλλά και αποκλεισμού μελετών που αντλήθηκαν μέσω της συστηματικής αναζήτησης (Okoli & Schabram, 2010). Αρχικά, είναι φυσικό ότι η περιγραφή του ερευνητικού ερωτήματος βοηθά ως προς τον προσδιορισμό των κριτηρίων εισαγωγής. Ειδικότερα, όσον αφορά τον αριθμό των μελετών, δεκτές έγιναν όλες οι μελέτες που αναφέρονται σε πληθυσμούς με νευρολογικές παθήσεις που αφορούν κινητικές διαταραχές, όπως εγκεφαλική παράλυση, αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο, κρανιοεγκεφαλικές κακώσεις, DCD (Developmental Coordination Disorder) και μελέτες που πραγματεύονται προγράμματα αποκατάστασης με τη χρήση συστημάτων οπτικής ανατροφοδότησης όπως VR, AR και visual feedback. Παράλληλα ο τύπος της έρευνας θα έπρεπε να είναι ελεγχόμενη τυχαιοποιημένη μελέτη (Randomized Controlled Trial/RCT).

Επίσης, αποκλείστηκαν μελέτες στις οποίες ως δείγμα χρησιμοποιήθηκαν άτομα με αναπτυξιακές διαταραχές, (αυτισμός, ΔΕΠΥ), δυσπραξία, υπερκινητικότητα και όποια μελέτη αναφερόταν αποκλειστικά σε νοητική εξάσκηση ή μελέτες που αφορούσαν αισθητηριακή ανατροφοδότηση. Επίσης, απορρίφθηκαν μελέτες που είχαν ως πληθυσμό άτομα με προβλήματα όρασης. Στην συνέχεια, ακολουθεί οπτική απεικόνιση των κριτηρίων συμπερίληψης και αποκλεισμού (Πίνακας 6.1) των μελετών που εφαρμόστηκαν στη συγκεκριμένη εργασία με στόχο την εξαγωγή ποιοτικών αποτελεσμάτων.

Πίνακας 6.1.: Κριτήρια εισόδου και αποκλεισμού

ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΙΣΟΔΟΥ

- Νευρολογικές παθήσεις
Αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο, εγκεφαλική παράλυση,
Κρανιοεγκεφαλικές κακώσεις, Διαταραχή
αναπτυξιακού συντονισμού
- Διαχείριση κινητικών διαταραχών
- Χρήση συστημάτων οπτικής ανατροφοδότησης
VR systems, AR systems, visual feedback systems
- Αγγλική γλώσσα
- Ελεγχόμενη τυχαιοποιημένη μελέτη (RCT)

ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΥ

- Ρομποτικά συστήματα – συστήματα υποβοήθησης
- Αναπτυξιακές διαταραχές: Αυτισμός, ΔΕΠΥ
- Δυσπραξίες
- Υπερκινητικότητα
- Πνευματική εξάσκηση
- Sensory feedback

6.5. Συλλογή και ανάλυση δεδομένων

6.5.1. Επιλογή μελετών

Δύο συγγραφείς της ανασκόπησης (ΜΘ, ΠΕ) εξέτασαν ανεξάρτητα όλα τα αποτελέσματα αναζήτησης (τίτλος, περίληψη) για να εντοπίσουν μελέτες για πιθανή εισαγωγής στην ανασκόπηση. Μετά τον αρχικό έλεγχο, οι ΜΘ και ΠΕ αξιολόγησαν όλες τις συμπεριλαμβανόμενες δοκιμές για καταλληλότητα με βάση το πλήρες κείμενο. Τυχόν διαφωνίες επιλύθηκαν μέσω συζήτησης ή, εάν χρειαζόταν, μέσω ανεξάρτητης αξιολόγησης από τον ΓΠ.

6.5.2. Εξαγωγή και διαχείριση δεδομένων

Δύο συγγραφείς της ανασκόπησης (ΜΘ, ΠΕ) εξήγαγαν ανεξάρτητα δεδομένα σε μια προ-ελεγμένη φόρμα συλλογής δεδομένων, συμπεριλαμβανομένων των παραπομπών, των κριτηρίων εισαγωγής και αποκλεισμού, του πληθυσμού της μελέτης, των λεπτομερειών παρέμβασης, των μέτρων έκβασης και των αποτελεσμάτων. Όλοι οι συγγραφείς της ανασκόπησης που συμμετείχαν στην εξαγωγή δεδομένων ενημερώθηκαν λεπτομερώς με

οδηγίες μέσω εκπαιδευτικής συνεδρίας για την διευκόλυνση πραγματοποίησης της μελέτης και αποφυγής τυχόν σφαλμάτων.

Με την ολοκλήρωση των αναζητήσεων στις βάσεις δεδομένων, που αναφέρθηκαν παραπάνω, προέκυψαν 414 μελέτες. Από τις οποίες απορρίφθηκαν εκείνες που βρέθηκαν πολλαπλές λόγω αναζήτησης σε τέσσερις διαφορετικές βάσεις δεδομένων ή επειδή δεν κάλυπταν τα κριτήρια εισαγωγής ή επειδή το μοντέλο των μελετών δεν αναφέρονταν σε προγράμματα αποκατάστασης με χρήση συστημάτων οπτικής ανατροφοδότησης ή αποτελούσαν διαφορετικού τύπου μελέτη. Στην συνέχεια εξετάστηκαν οι επικρατούσες μελέτες σχετικά με το αν υπήρχε κάποια αναφορά στο στοιχείο της Εμβύθισης, ορίζοντας την ή επεξηγώντας την με βάση το σύστημα του χρησιμοποιούνταν, και τελικά συμπεριλήφθηκαν 19 άρθρα.

Εικόνα 6.3.: PRISMA

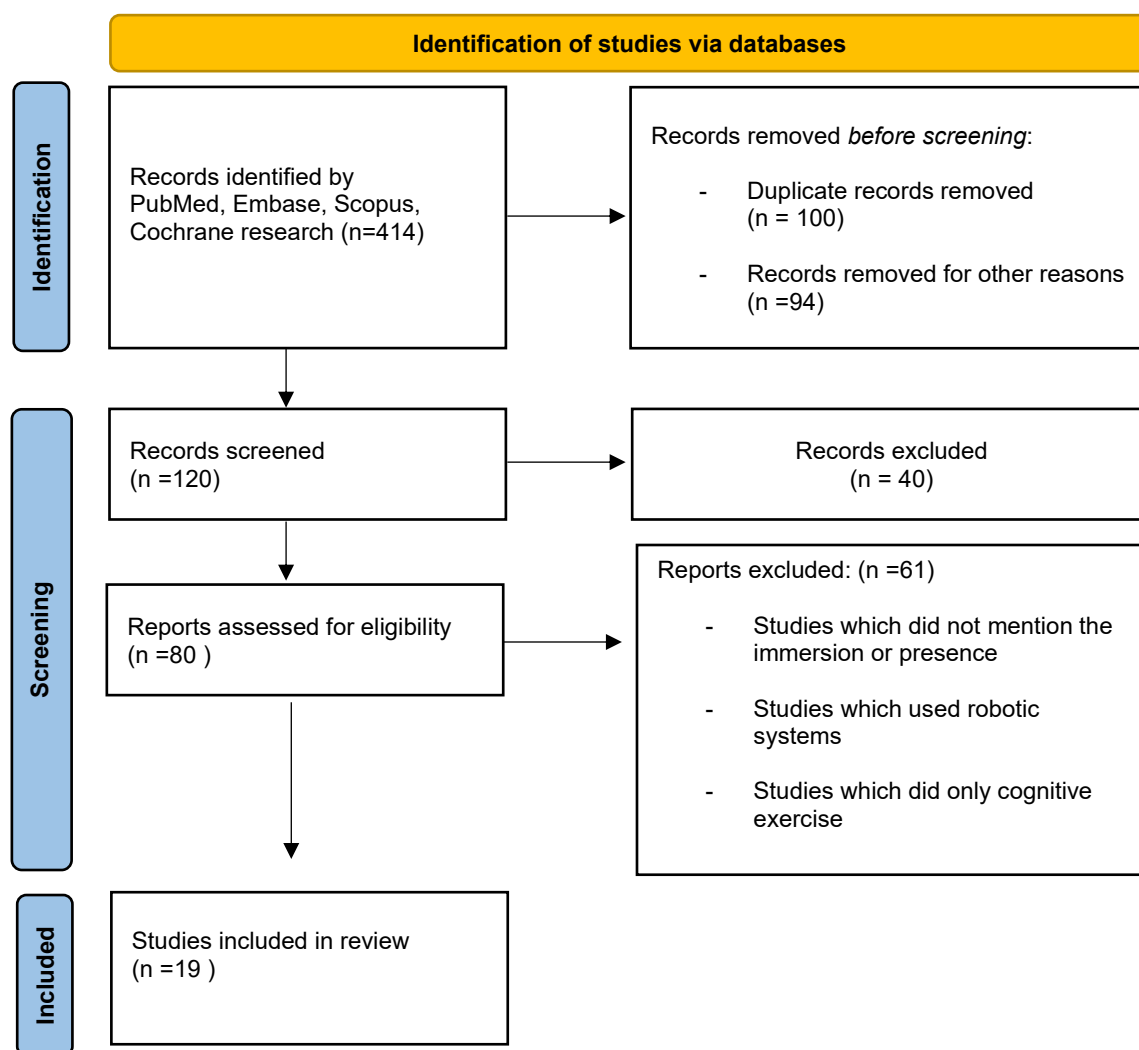


FIGURE x | PRISMA flowchart indicating the method for identifying and selecting articles that depict the relationship between visual feedback systems and immersion.

6.5.3. Εκτίμηση συμπεριλαμβανόμενων μελετών

Δύο συγγραφείς ανασκόπησης (ΜΘ, ΠΕ) αξιολόγησαν ανεξάρτητα τη μεθοδολογική ποιότητα καθεμίας από τις δοκιμές που συμπεριλήφθηκαν, χρησιμοποιώντας τα κριτήρια που περιγράφονται στην Pedro Scale (Cashin, A. G., & McAuley, J. H. 2020) Για κάθε μία από τις μελέτες αξιολογήθηκαν τα ακόλουθα 11 στοιχεία:

- Αν ήταν τα κριτήρια επιλογής καθορισμένα (Δεν συνυπολογίστηκε στην τελική βαθμολογία),
- Αν πραγματοποιήθηκε η μέθοδος της τυχαίας κατανομής του δείγματος,
- Αν ήταν «κρυφή» (concealed) η μέθοδος της κατανομής,
- Αν ήταν οι ομάδες παρόμοιες κατά την αρχική μέτρηση (baseline), όσον αφορά τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά,
- Αν ήταν οι συμμετέχοντες «τυφλοί» (blinded) στις παρεμβάσεις
- Αν ήταν οι θεραπευτές «τυφλοί» (blinded) στις ομάδες θεραπείας που ανήκαν οι συμμετέχοντες,
- Αν ήταν οι αξιολογητές του αποτελέσματος «τυφλοί» (blinded) στις παρεμβάσεις,
- Αν αποκτήθηκαν δεδομένα από τουλάχιστον το 85% των ατόμων που είχαν αρχικά κατανεμηθεί στις ομάδες θεραπείας;
- Αν περιείχε η ανάλυση όλα τα άτομα που έλαβαν μέρος στην τυχαία κατανομή (intention to treat analysis),
- Αν αναφέρθηκαν τα αποτελέσματα της σύγκρισης των ομάδων για τουλάχιστον ένα από τα μέσα αξιολόγησης,
- Αν περιγράφθηκαν οι στατιστικοί δείκτες και τα μέτρα μεταβλητότητας για τουλάχιστον ένα από τα μέσα αξιολόγησης.

Σύμφωνα με τα 11 στοιχεία της κλίμακας Pedro Scale, αξιολογήθηκαν οι πειραματικές μελέτες και προσδιορίστηκε η ποιότητα για κάθε μια από αυτές,

- Χαμηλής ποιότητας (Low), αν η συνολική βαθμολογία ήταν μικρότερη ή ίση με 3 (σύνολο ≤ 3)
- Μέτριας ποιότητας (Moderate), αν η συνολική βαθμολογία διακυμαίνονταν από 4 έως 5 ($4 \leq \text{σύνολο} \leq 5$)

• Υψηλής ποιότητας (High), αν η συνολική βαθμολογία λάμβανε τιμές από 6 έως 10 ($6 \leq \text{σύνολο} \leq 10$)

6.5.4. Διαχείριση δεδομένων

Έπειτα από ενδελεχή αξιολόγηση των μελετών, πραγματοποιήθηκε περιγραφική ανάλυση των δεδομένων των επικρατούντων μελετών και παρατίθενται στον Πίνακα 7.1., ενώ στην Εικόνα 6.3. παρουσιάζονται τα δεδομένα σχετικά με την ποιότητα των μελετών αυτών.

Η περιγραφική ανάλυση αναφέρεται σε βασικά στοιχεία των μελετών και περιλαμβάνει το τίτλο, το δείγμα με τα δημογραφικά στοιχεία του και τον αριθμό των ατόμων που εγκατέλειψαν την έρευνα (drop out), τα κριτήρια επιλογής, τα μέτρα που θέλησαν να αξιολογήσουν οι εκάστοτε ερευνητές, τις κλίμακες και τα μέσα αξιολόγησης, τη μεθοδολογία και τα αποτελέσματα.

Κατά την διάρκεια αξιολόγησης με τη χρήση της Κλίμακας PEDro, υπήρχαν ορισμένες περιπτώσεις που δεν διευκρινίζονταν πληροφορίες σχετικά με μερικά από τα κριτήρια που έπρεπε να πληρούνται, οπότε τα δεδομένα αυτά παρατίθενται στον πίνακα με το σύμβολο του ερωτηματικού (?), αυτά που βρέθηκαν με το σύμβολο 'τικ' (✓) και τα κριτήρια που δεν πληρούνταν με το σύμβολο (X).

Εικόνα 6.4.:Αξιολόγηση μελετών με PEDro Scale

Quality High Moderate Low	Subjects randomly allocated to groups	Concealed allocation	Groups were similar at baseline regarding the most important prognostic indicators	Blinding of all subjects	Blinding of all therapists	Blinding of all assessors	Measures $\geq$ 85% of the subjects initially allocated to groups	Intention to treat	Results of between-group statistical comparisons are reported for at least 1 key outcome	Measures and measures of variability for at least 1 key outcome	Total
Krishna J. et al. 2021	✓	✓	✓	✗	?	✓	✓	✓	✓	✓	9
Chien-Yu H. et al. 2022	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	9
Sheehy L. et al.2020	✓	✓	✓	?	✓	✓	✓	✓	✓	✓	9
Lee et al. 2014	✓	✓	✓	?	✓	✓	✓	✓	✓	✓	9
Ilona J M de Rooij et al. 2021	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	8
Candace T. et al. 2019	✓	✓	✓	?	✗	✓	✓	✓	✓	✓	8
Brunner et al.2017	✓	✓	✓	?	?	✓	✓	✓	✓	✓	8
You S. et al. 2005	✓	?	✓	?	✓	✓	✓	✓	✓	✓	8
Cavalcante N. et al. 2020	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	8
Lee et al. 2017	✓	✓	✓	?	✗	✓	✓	✓	✓	✓	8
Ja Young C. et al. 2020	✓	✓	✓	✗	?	✓	✓	?	✓	✓	7
Gustavo S. et al. 2016	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✗	✓	✓	7
EbrahimiSani et al. 2020	✓	✓	✓	?	?	?	✓	✓	✓	✓	7
Henrique P. et al. 2019	✓	?	✓	✗	?	?	✓	✓	✓	✓	6
Afsar et al. 2018	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✓	✓	6
Kulkarni et al. 2018	✓	✗	✗	✗	✓	?	?	✓	✓	✓	6
Kannan L. et al. 2019	✓	✓	✓	?	?	?	✗	✗	✓	✓	5
Bai et al. 2022	✓	?	✓	?	?	?	✗	✗	✓	✓	4
Sharan D. et al. 2012	✓	?	✗	?	?	?	?	?	✓	✓	3

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7- ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στους πίνακες παρουσιάζονται τα γενικά χαρακτηριστικά από κάθε άρθρο που χρησιμοποιήθηκαν στη συστηματική ανασκόπηση. Με σκοπό την εύρεση και παλαιότερης αρθρογραφίας, δεν ορίστηκε ως κριτήριο ένα ορισμένο χρονικό πλαίσιο. Το μέγεθος του δείγματος των συμμετεχόντων συνολικά, ανερχόταν στους 965, και ειδικότερα σε κάθε μία από τις μελέτες, το δείγμα των ατόμων κυμαίνονταν από 10 έως 141, με τις ηλικία αυτών να έγκειται μεταξύ 3 έως 96 ετών. Όλοι οι συμμετέχοντες που είχαν λάβει μέρος στις έρευνες είχαν διαγνωσθεί με βλάβη ή δυσλειτουργία του ανώτερου κινητικού νευρώνα, όπως Αγγειακό Εγκεφαλικό Επεισόδιο (Α.Ε.Ε.), Εγκεφαλική Παράλυση (Ε.Π.), Κρανιοεγκεφαλική Κάκωση (Κ.Ε.Κ.) και Αναπτυξιακή Διαταραχή Κινητικού Συντονισμού (Α.Δ.Σ.), ενώ δε λαμβάνονταν υπόψη το στάδιο της πάθησης. Κάθε συμμετέχων αξιολογούνταν με ποικιλία εργαλείων μέτρησης ανάλογα με το εκάστοτε μέτρο έκβασης, αναφορικά πάντα με τον έλεγχο της κινητικής διαταραχής.

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται η περιγραφική ανάλυση των άρθρων στα οποία αναφέρονται διάφορες μορφές θεραπείας και παρέμβασης, με τη βασική προϋπόθεση ότι αναφέρεται το στοιχείο της Εμβύθισης ως ιδιότητα των συστημάτων οπτικής ανατροφοδότησης. Βέβαια, δεν επαρκούσε η απλή αναφορά του όρου, αλλά κρίνεται απαραίτητο να υπάρχει σχετική αναφορά είτε στον ορισμό ή στη χρησιμότητα της Εμβύθισης είτε στην κατηγοριοποίηση του μέσου παρέμβασης.

Πίνακας 7.1. Περιγραφική Ανάλυση άρθρων που συμπεριλήφθηκαν στην ανασκόπηση

RESEARCH ARTICLES						
ARTICLE	SAMPLE	SELECTION CRITERIA	OUTCOME MEASURES	MEASURING TOOLS	METHODS	RESULTS
Effect of Virtual Reality Gait Training on Participation in Survivors of Subacute Stroke: A Randomized Controlled Trial (Ilona J M de Rooij et al. 2021)	55: 18-80 years VRT group (n=28 18 men, 10 women) non-VRT group (n=27 19 men, 8 women) n=5 drop-outs.	Diagnosed with stroke according to the World Health Organization definition, Time since stroke between 2 weeks and 6 months, Ability to walk without physical	The primary outcome was participation. Secondary outcomes included subjective physical functioning, functional mobility, walking ability, dynamic balance,	Utrecht Scale for Evaluation of Rehabilitation-Participation (USER-P),Stroke Impact Scale-16, Fatigue Severity Scale, Hospital Anxiety and Depression Scale,Falls Efficacy Scale	VRT group training on the IMMERSIV E Gait Real-time Analysis Interactive Lab (GRAIL), non-VRT group treadmill training and functional	all participants ↑ participation (statistically not different) and ↑ dynamic balance. Secondary outcome measures did not reveal any statistically

		assistance for balance and coordination (Functional Ambulation Category ≥ 3), Experiencing self-perceived constraints with walking in daily life, Living in the community, Age 18 to 80 years.	walking activity, fatigue, anxiety and depression, falls efficacy, and quality of life.	International,(Stroke Specific Quality of Life Scale, Timed “Up & Go” Test, (Mini Balance Evaluation Systems Test [Mini-BESTest], triaxial accelerometer (hardware: DynaPort MM, McRoberts BV, the Hague, the Netherlands).	gait exercises without VR, both x2/week, 30-min/sessions , for 6 weeks (12 sessions) Primary outcome 3 months and follow up 6 weeks.	significant differences between the VRT and non-VRT group over time.
Virtual reality rehabilitation in children with brain injury: a randomized controlled trial, (Ja Young Choi et al. 2020)	80 children (39 males, 41 females) 3-16 years The intervention group n=40 control group n=38, 2 drop outs.	Children with CP or other acquired brain injury at least 12 months after onset, aged 3 to 18 years. Children with upper-limb dysfunction who had active use of their arm according to Manual Ability Classification System (MACS) levels I to IV and House Functional Classification System levels 4 to 7.	Upper-limb function. Upper-limb dexterity functions, performance of activities of daily living, and forearm supination by kinematic analysis.	The Melbourne Assessment of Unilateral Upper Limb Function-2 (MA-2), Upper Limb Physician's Rating Scale, Pediatric Evaluation of Disability Inventory Computer Adaptive Test, Computerized three-dimensional motion analysis.	Intervention group: RAPAEL Smart Kids non-immersive 30-min VR intervention and a 30-min session of conventional occupational therapy. control group: 2 sessions of 30-min of conventional occupational therapy per session, 5x week, for 4 weeks.	Both groups were effective for upper-limb training. VRT $\uparrow$ improving dexterity, performance of activities of daily living, and active forearm supination motion > CG.
Efficacy and safety of non-immersive virtual reality exercising in stroke rehabilitation (EVREST): a randomised, multicentre, single-blind, controlled trial (Gustavo Saposnik et al, 2016)	141 18–85 years: VRWii group= 71 (Male 46, Female 25) Recreational activity group=70 (Male 48 ,Female 22) drop-out VRWii group=12 Recreation	Age 18–85 years who had a first-time ischaemic stroke within 3 months of enrolment and had a mild-to-moderate motor disability (defined as Chedoke-McMaster Stroke Assessment	Motor recovery. Primary outcome: upper extremity motor performance. Secondary outcomes: gross manual dexterity, quality of life after stroke and hand function,	Wolf Motor Function Test (WMFT),Box and Block Test (BBT), Stroke Impact Scale (SIS), Functional independence measure (FIM), Barthel Index, Modified Rankin Scale,Stroke severity	EVREST non-immersive gaming system (VRWii) or recreational activities by computer-generated assignment at enrolment, 10 sessions, 60 min each, over a 2 week	Both groups $\uparrow$ 30%-40%, No prespecified subgroups appeared to benefit from the VRWii intervention , no significant benefits as an add-on therapy to conventional

	al activity group=8.	stage >3), Diagnosis of acute stroke was confirmed by neuroimaging (CT or MRI), neurological assessment, Chedoke-McMaster inclusion criteria.	independence for ADL.	(Canadian Neurological Scale), Chedoke-McMaster score, Hospital Anxiety and Depression Scale.	period 4 week follow-up	rehabilitation when compared with recreational activity (active control). There were no differences in the secondary outcome measures between groups. ↑ performance in the BBT for the recreational activity group.
Randomised trial of virtual reality gaming and physiotherapy on balance, gross motor performance and daily functions among children with bilateral spastic cerebral palsy, (Jha, K. K. et al. 2021)	38 children with bilateral spastic cerebral palsy: aged 6-12 years, 2 drop outs.	Children with bilateral spastic CP aged 6–12 years with an ability to understand simple verbal instructions in a local Indian language, Gross Motor Function Classification System (GMFCS) level II–III 3), Manual Ability Classification System (MACS) level I–II.	Balance, gross motor performance and daily functioning.	Paediatric Balance Scale (PBS), Kids-Mini-Balance Evaluation System Test (Kids-Mini-BESTest), Gross Motor Function Measure-88 (GMFM-88), and Wee-Functional Independence Measure (WeeFIM).	Experimental group: VR games and physiotherapy 30-min of non-immersive Kinect-based VRG and 30-min of balance-specific physiotherapy. control group underwent physiotherapy alone (balance and mobility training). Both 60 minutes session/day, 4x week, for 6 weeks (24 sessions)	Combined VR gaming and PT is not superior over PT alone in gross motor performance and daily functioning. VR along with PT ↑ balance capacity, the effect of combined virtual games and PT was considerably less clinical relevance on the balance measures; as well as the difference was small compared to PT alone.

Effects of virtual reality-based motor control training on inflammation, oxidative stress, neuroplasticity and upper limb motor function in patients with chronic stroke: a randomized controlled trial, Chien-Yu Huang et al. (2022)	N=42, chronic stroke VRT group= 15 (28-71 years) COT group=15 (28-71 years).	Age between 20 to 75 years old, Stroke onset > 3 months, Brunnstrom stage > 3, Diagnosis of stroke confirmed with computerized tomography (CT) or magnetic resonance imaging (MRI) scans, Mini-Mental State Examination score (MMSE) > 18, indicating being able to understand the instructions, Having no other neurological disorders as comorbidities.	Physiological changes: inflammation, oxidative stress, neuroplasticity and upper limb motor function (AROM-Elbow Extension, AROM-Forearm Pronation, AROM-Shoulder Flexion, FMA-UE-Shoulder/Elbow/Forearm).	Serum biomarkers: interleukin 6 (IL-6), intracellular adhesion molecule 1 (ICAM-1), heme oxygenase 1 (HO-1), 8-hydroxy-2-deoxyguanosine (8-OHdG), and brain-derived neurotrophic factor (BDNF), active range of motion (AROM) of the upper limb and the Fugl-Meyer Assessment for upper extremity (FMA-UE), Simulator Sickness Questionnaire (SSQ), Borg Scale of Perceived Exertion (RPE) scale, Mini-Mental State Examination.	VRT 6-10 tasks in each session (VR equipment contains an HMD device, immersive VR headset by HTC VIVE). COT (peg board, climbing ladder, stacking cones were used for upper limb training). Both 16 sessions, 60 min/day, 2-3 days/week .	↓ in IL-6 levels, oxidative stress, HO-1 and 8-OHdG levels. significant group effects ↑AROM-Elbow Extension and ↑AROM-Forearm Pronation. significant interactions between time and group existed in item/subscales of FMA-UE-Shoulder/Elbow/Forearm, FMA-UE-Total score, and AROM-Shoulder Flexion.
Results From a Randomized Controlled Trial to Address Balance Deficits After Traumatic Brain Injury, (Candace Tefertiller et al. 2019)	N=63, traditional HEP n=32, VR n=31) at least 1 year post-Traumatic Brain Injury.	Age 18-65 years old, at least 1-year post moderate to severe TBI, Currently living in the geographical area. Potential participants were then screened for additional criteria: Able to ambulate independently in the home, No participation in skilled PT for the 3 previous months, Self-report of balance deficits.	Balance.	Community Balance and Mobility Scale (CB&M), Balance Evaluation Systems Test (BESTest), Activities-Specific Balance Confidence Scale (ABC), Participation Assessment with Recombined Tools-Objective (PART-O).	Home-based exercise program (HEP). Traditional balance HEP (n=32) dynamic standing activities such as single limb stance. VR HEP (n=31) Xbox Kinect games focusing primarily on dynamic standing activities such as single limb stance. Exercise	No significant between-group differences in the CB&M, Both groups ↑in CB&M and BESTest (in response to these interventions which were completed independently in the home environment.) VR training was not more beneficial than a

					difficulty (basic, intermediate, and advanced) was determined by the total CB&M score.	traditional HEP.
Cognitive-motor exergaming for reducing fall risk in people with chronic stroke: A randomized controlled trial, Kannan L. et al. (2019)	N= 24 chronic stroke, CMT (n = 12), CT (n = 12).	Participants with onset of hemiparetic cortical stroke greater than six months ago, without any presence of aphasia and with diagnosis confirmed by their physician, able to stand independently for at least 5 min without the use of an assistive device or physical assistance and needed to be able to follow instructions in English.	Balance control (volitional and reactive) and cognition (executive function and attention).	MiniMental State Examination (MMSE), Premorbid IQ scores using the WRAT-4 reading test (total score out of 70).	For 6 weeks . Cognitive-motor exergame training (CMT) played non-immersive Wii Fit games all of the 20 sessions . Each session comprised of four Wii-fit games. Conventional training (CT) of high-intensity, tapered, customized, progressive balance training (90-min)	CMT group ↑ motor and cognition, CT group ↑ motor under DT volitional conditions. Cognitive-motor exergaming appears to ↑ balance control and cognition and could be implemented in clinical stroke rehabilitation settings.
Virtual reality based therapy for post operative rehabilitation of children with cerebral palsy, (Sharan D. et al. 2012)	N=16 (study group n=8, control group n=8), children with cerebral palsy.	Postoperative cerebral palsy children.	Upper limb function, balance , level of participation, motivation, cooperation and satisfaction of the child.	Manual Ability Classification System (MACS), pediatric balance score (PBS).	Study group (Nintendo Wii sports, Wii fit used for virtual reality based training (VRBT), play the games in every 3 alternate days in a week, x3 weeks Control group: only	Balance and manual ability ↑ in both the groups. PBS had significantly greater ↑ in the study group. Level of participation, motivation, cooperation and satisfaction of the child

					conventional rehabilitation modalities.	↑↑ among the study group as compared with control group.
Effects of Exergame on Patients' Balance and Upper Limb Motor Function after Stroke: A Randomized Controlled Trial, Henrique, P. 2019	N=31 patients experimental group (n=16) control group (n=15).	Chronic ischemic stroke diagnosis (computed tomography), Over 6 months poststroke, 55 or older, Both genders, Not to perform any other type of physiotherapeutic treatment for stroke rehabilitation during the intervention, Total score of 19 or greater on the Mini-Mental State Examination according to the participants' years of schooling14 No problems with auditory or visual functioning.	Balance and upper limb motor function.	Modified Ashworth Scale, the Fugl-Meyer Assessment, Berg Balance Scale.	Experimental group (GE) underwent exergame rehabilitation using Motion Rehab AVE 3D, control group (GC) underwent conventional physiotherapy, . Both twice a week, for 30 minutes each, over a 12-week period, resulting in 24 sessions. All sessions were composed of similar exercises, with same purpose and elapsed time (5 minutes)	≥ than the control group. Both treatments are efficient. experimental group >↑ gains for 2 variables, revealing that the motivational aspect contributed to a better performance in the accomplishment of tasks, an efficient alternative for restoring balance and upper limb motor function and might even reduce treatment time.

Sitting Balance Exercise Performed Using Virtual Reality Training on a Stroke Rehabilitation Inpatient Service: A Randomized Controlled Study, Sheehy, L. 2020	N=76 (out of 130 approached) with subacute stroke, drop out n=7, experimental group n=33, 27-92 years (male/female:22/11), control group n=36 32-96 years, (male/female:20/16).	Had a stroke in the previous 6 months (ischemic or hemorrhagic, all brain regions) and were attending inpatient rehabilitation, Could sit independently for at least 1 minute without support and at least 20 minutes with support, Not able to stand independently for more than 1 minute, Could provide informed consent.	Control of sitting balance and upper extremity function.	Function in Sitting Test (FIST, primary outcome measure), Ottawa Sitting Scale, Reaching Performance Scale, Wolf Motor Function Test (WMFT).	The experimental group did VRT non-immersive Jintronix software and Kinect 2 three dimensional motion-tracking camera that required leaning and reaching, whereas the control group had their trunk restrained and performed VRT that involved only small upper extremity movements to minimize trunk movement. Both groups performed 10-12 sessions of 30-45 minutes.	Sitting balance and UE function: experimental program via VRT = control intervention. This study does not support the use of sitting balance exercises provided via VRT for the rehabilitation of sitting balance after stroke. More research, using more challenging exercises and a greater treatment intensity, is required before definitive conclusions are made.
Effects of virtual reality training intervention on predictive motor control of children with DCD - A randomized controlled trial (EbrahimiSani et al.2020)	N=40 female children aged 7-10, VR group (n=20) and Control Group (CG) (n=20).	Children aged 7-10, Problems in movement skill that interfered with ADL and impact academic/leisure activities, Parents' consent Common comorbidities of movement and physical or neurological disorders, and intellectual disabilities, BOTMP total	Predictive motor control functions	TOT (total time on target), CTT (consecutive time on target) and DT (distance from target), SFIQ = Short Form Scale Intelligence Questioner, DCDQ = Developmental Coordination Disorder Questioner, PMOQ-T = Persian Motor Observation Questionnaire for Teachers.	Non-immersive Xbox 360 Kinect games that were performed for 30min sessions, x2/week, over 8 weeks , An initial pilot study carried out by 3 children with DCD. Three tasks of (a) hand rotation task, (b) sword task, and (c)	VRG ↑↑ in the three components of online anticipatory action control (TOT, CTT and DT). DP: VRG=CG. VRG ↑↑ hand rotation task performance and in the sword task performance . develop and modify the internal models of

		percentile scores <16th.			pursuit rotatory. VR intervention for two months and after that, post-test and two month follow-up tests. Training sessions program included: 1- attending class, 2- training to control objects by warming up 3- practicing at least two games 4- routine activities such as balance and stretching the next level of play would begin to prevent them from immobility. The control group had no intervention. The pre- and post-intervention and two-month follow-up assessments were executed.	movements, and their predictive modeling has probably improved. VR games offer an opportunity to immersive experience, involvement and promoting active learning for DCD children, but these games were not recommended as a replacement for actual environments.
--	--	--------------------------	--	--	---	--

Virtual Reality Training for Upper Extremity in Subacute Stroke (VIRTUES): A multicenter RCT (Brunner et al.2017)	N=120 initially, N=102 in the end, with upper extremity motor impairment within 12 weeks after stroke. Experimental Group (n=50) and Control Group (n=52), 18 drop-outs.	Diagnosis of stroke (cerebral infarction or hemorrhage) admitted to the participating rehabilitation centers, Patients>18 years of age, able and willing to give informed consent, confirmed by CT or MRI and were within 3 months of stroke. Only patients with first-ever stroke or former stroke without any lasting motor impairment. Motor criteria included impaired arm motor function but some residual arm motor activity as defined by a score of <52 on the Action Research Arm Test (ARAT) as an upper limit and ability to execute at least 20o of active shoulder flexion and abduction against gravity as a lower limit.	Upper extremity function.	Action Research Arm Test (ARAT), Box and Blocks Test and Functional Independence Measure. assessed at baseline, after intervention, and at the 3-month follow-up.	A minimum of 16 60-minute sessions over 4 weeks. For up to 30 days with a target of 4 to 5 training sessions/week. The amount of physical and occupational therapy provided was registered for each patient. Experimental Group (EC):VR training with thenon-immersive YouGrabber system. control group: CT under supervision of a therapist to match the therapy time provided in the experimental group. Conventional arm training was based on a set of standardized exercises with an emphasis on task-related practice. Exercises for different gross movements and dexterity using a variety of grips and	For all outcome measures: EG=CG. Additional upper extremity VR training was not superior but equally as effective as additional CT in the subacute phase after stroke for patients with mild to moderate and severe wrist and hand impairment. VR may constitute a motivating training alternative as a supplement to standard rehabilitation. In most patients, even those with initially severe distal paresis, arm motor function increased substantially. This implies that different training modalities can contribute to improvement and may be applied according to patient preference.
--	---	--	---	--	--	--

					selective finger movements.	
Artificial Intelligence Limb Rehabilitation System on Account of Virtual Reality Technology on Long-Term Health Management of Stroke Patients in the Context of the Internet (Bai et al.2022)	Stroke, N=50, EG(experimental group): n=25, 18 males and 7 females, aged 47-68 years old, AI limb rehabilitation system on account of VR technology, CG (control group): n=25,15 males and 10 females, aged 43-67 years old, treated with traditional drug therapy.	Symptom of patient in line with Key Points of Diagnosis of Various Cerebrovascular Diseases in the 4th National Academic Conference on Cerebrovascular Diseases in 1996, and it was confirmed by brain computed tomography or nuclear magnetic resonance examination. All patients had primary stroke. Patients had UE and LE hemiplegia. Patients were clearly conscious and could fully understand test requirements and effectively cooperate. Patients	Physical movement ability and daily living activity ability.	Fugl-Meyer assessment-upper extremity (FMA-UE), Fugl-Meyer assessment-lower extremity (FMA-LE), the Hong Kong version of functional test for the hemiplegic upper extremity (FTHUE-HK), Barthel index (BI) daily living (ADL) activities, and Berg balance scale (BBS), 10 m maximum walking speed (MWS).	CG received general traditional rehabilitation training methods, training were traditional medicine, physical therapy, speech therapy, and occupational therapy (OT). EG received training tasks on account of immersive VR technology in addition to traditional treatments for stroke patients such as traditional medicine, physical therapy, speech therapy, and OT. VR training lasts 40~60 min a day, 5 days a	↑↑ rehabilitation effect, it was still recommended to wait for the development of virtual reality technology. Expensive and not suitable for large-scale clinical popularization. Because the system was a new industry, the types of matching software are not perfect at present. VR technology could better improve the rehabilitation efficiency of stroke patients and play an obvious role in the recovery of all physiological

		voluntarily participated in the study and signed informed consents.			week for 10 weeks.	l motor functions of patients, bring more fun , guarantee a certain novelty, improve the dependability of the rehabilitation training in patients with cerebral apoplexy and initiative, and the effect of rehabilitation training brought about by the immersive VR technology and creativity to users' touch, vision, and hearing stimulated at the same time, Biofeedback, higher patience and carefulness.
Virtual reality-induced cortical reorganization and associated locomotor recovery in chronic stroke: an experimenter-blind randomized study (You, S. H. et al. 2005)	N=10 chronic hemiparetic stroke patients, CG (control group), IG (intervention group) IREX, Country: Korea, (6 men; mean age 57.19.8 years.	>1 year after first stroke, Plateau in the maximum motor recovery after a conventional neurorehabilitation, Ability to extend 60° at knee, Informed consent.	Cortical reorganization and associated locomotor recovery.	Functional MRI (fMRI), standardized functional ambulation category (FAC) and modified motor assessment scale (MMAS; walking item only)	The CG did not receive any intervention, whereas the IG received the non-immersive VR training. Each game was played x5, and depending on a game, within each game, there were 3 levels of 88 to 131 opportunities to	VR ↑↑ in LI for the CG.the interval changes in the other ROIs: CG=VRG. VR could induce cortical reorganization from aberrant ipsilateral to contralateral SMC activation.VR may have contributed to positive

					perform the exercise. 60 mins/day, x5/week for 4 weeks.	changes in neural organization and associated functional ambulation.
Is Wii-based motor training better than task-specific matched training for children with developmental coordination disorder? A randomized controlled trial (Cavalcante Neto, J. L. et al. 2020)	N=38 initially, 6 drop-outs, N=32 lastly, aged 7-10 years. Wii Group (WG) n=16. Task-specific training group (TSTG) n=16.	Eligible participants were children with DCD, aged 7–10 years, enrolled in public and private schools. Identification of DCD was based on the Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fifth edition (DSM-5). Children with suspected motor problems were referred into the study by children with probable DCD and assessed using both the Developmental Coordination Disorder Questionnaire (DCDQ) Brazilian version and MABC-2.	Movement skill, manual dexterity, aiming/catching, and balance component scores.	Movement Assessment Battery for Children-2 (MABC-2). Measures included total standard scores (TSS), manual dexterity, aiming/catching, and balance component scores. Children's demographic and biometric data (weight, height, and body mass index (BMI)).	Both interventions consisted of 16, 60-min sessions over an 8-week period . Two main domains of movement skill – upperlimb skills and balance/lower limb skills domain. For each 60-min training session, each task was performed for 7 min in a randomized order, giving 42 min of on-task training recorded by a stop-watch, previously defined; 18 min was dedicated to set-up and transitions between tasks. Each intervention comprised 16 training sessions, administered at a rate of	Both groups ↑↑ TSS and balance. The Wii intervention group ↑ manual dexterity (There was a weak effect on Wii, but none shown for TST). Wii=TST: no difference in aiming/catching. Both the Wii and TST ↑ overall motor performance and balance. TST ↑↑↑ balance skills. TST ↑ general motor skill > Wii-based training. the magnitude of the effect was greater for TST.

					twice per week over 8 weeks. Training completion was deemed to be attendance at a minimum of 80% of the intervention sessions. non-immersive Nintendo Wii console	
The Effect of a Virtual Reality Game Intervention on Balance for Patients with Stroke: A Randomized Controlled Trial. (Lee et al. 2017)	N=50, VRG n=26, STG n=24 (3 drop-outs so n=21), age:20-75 years.	Age 20-75 years, Chronicity >6 months, Ability to understand game instructions, Ability to stand for 15 minutes, Having Brunnstrom stage qIII.	Balance, ADL ability, balance confidence, quality of life.	Assessed at three time points (pretest, post-test, and follow-up). Berg Balance Scale (BBS), Functional Reach Test, and Timed Up and Go Test (cognitive; TUG-cog) for balance evaluations; Modified Barthel Index for activities of daily living ability; Activities-specific Balance Confidence Scale for balance confidence; and Stroke Impact Scale for quality of life. The pleasure scale and adverse events were also recorded after each training session.	12 training sessions (90 min/session, x2/week) were conducted in both groups. The VRG received 45 minutes of ST and 45 minutes of interactive VR balance-related games. The STG received ST for 90 minutes. VRG: non-immersive Kinect for Xbox games. Nine games based on common balance problems experienced after stroke. In each session, 15 mins of warm up and 15 mins each for two selected games according to their ability, requirements, and choice.	Both groups ↑↑↑ BBS and TUG test. No significant difference in other outcome measures within or between the groups. No serious adverse events were observed during the treatment in either group. VR balance training by using Kinect for Xbox games plus the traditional method had positive effects on the balance ability. Both groups ↑ partial balance in the BBS and TUG-cog test. No significant improvement was observed in balance confidence,

					The therapist demonstrated the game control and instructions, which prevented compensatory movements through oral feedback. STG: Both groups performed 45 mins of the ST rehabilitative protocol, focusing on strengthening, endurance training, ambulation, and ADL training. 15 minutes of warm-up exercises for stretching and 30 minutes of functional balance exercises.	ADL, or QOL. ↑↑ level of pleasure in the VRG > CG.
Virtual Reality in Upper Extremity Rehabilitation of Stroke Patients: a Randomized Controlled Trial (Afsar et al. 2018)	N=42 stroke patients initially, N=35 lastly, 15 females and 20 males, 7 drop-outs, n=19 Virtual reality group (VRG), n=16 control group (CG).	First episode of unilateral stroke with hemiparesis, Stroke duration less than 6 months and more than 1 month, Medically stable enough to participate in active rehabilitation, Mild to moderate motor upper extremity deficits (Brunnstrom stage for the upper extremity, Ability to execute at	Upper limb motor functions: muscle function, gross manual dexterity, and performance of activities of daily living.	Box & Block Test (BBT), Functional independence measure (FIM) self-care score, Brunnstrom stage and Fugl-Meyer upper extremity motor function scale (FMA-UE) were used as outcome measures.	All patients received 60 mins of conventional therapy for upper extremity, x5/week, for 4 weeks. VRG additionally received Xbox Kinect game system 30 min/day. Conventional rehabilitation program aimed to normalize movement patterns and minimize spasticity.	The Brunnstrom stages and the scores on the Fugl-Meyer upper extremity, Box & Block Test and Functional independence measure ↑↑↑ both the EG and CG. ↑↑ in upper extremity Brunnstrom stage and BBT scores in the EG > CG. Brunnstrom stage-hand, the FIM gain and Fugl-

		least 20 degrees of active shoulder flexion and abduction against gravity, No problems with auditory or visual functioning, Ttotal score of 23 or greater on the Mini Mental State Examination.			Physical therapy included static and dynamic control of position, balance skills, weight shift, and activities of daily living. Moreover, proprioceptive neuromuscular facilitation and neurodevelopmental facilitation techniques were selected by the physical therapists based on the requirement of each patient.	Meyer gain: EG=CG. the results indicate that Kinect-based gaming therapy contributes to upper extremity motor and functional recovery when implemented in addition to conventional rehabilitation in subacute stroke patients. This treatment was not superior to the control group in the improvement of daily living activities, but these results may change with long term follow-up.
Augmented reality-based postural control training improves gait function in patients with stroke: randomized controlled trial' (Lee et al. 2014)	N=21. Experimental Group (EG): n=10. Control Group (CG): n=11.	Diagnosis of stroke for at least 6 months (chronic stroke), not taking medication that can affect balance, Mini-Mental State Examination (MMSE) score <24, no pain or disability associated with acute musculoskeletal conditions, sitting to sidelying with	Balance and gait function: spatiotemporal parameters, including gait velocity, cadence, step length, and stride length.	Timed up-and-go test, Berg Balance Scale test, and spatiotemporal parameters (velocity, cadence, step length and stride length of paretic and nonparetic sides) using the GAITRite system.	In both groups received a general PT program for a duration of 30 min/session, x5/week, for 4 weeks. The experimental group received additional AR-based postural control training for 30 min/day, x3/week, for	No difference in performance in the TUG test in comparison of the 2 groups. No significant group -time interaction on the BBS score. EG↑↑ in several gait variables (gait velocity, step length, and

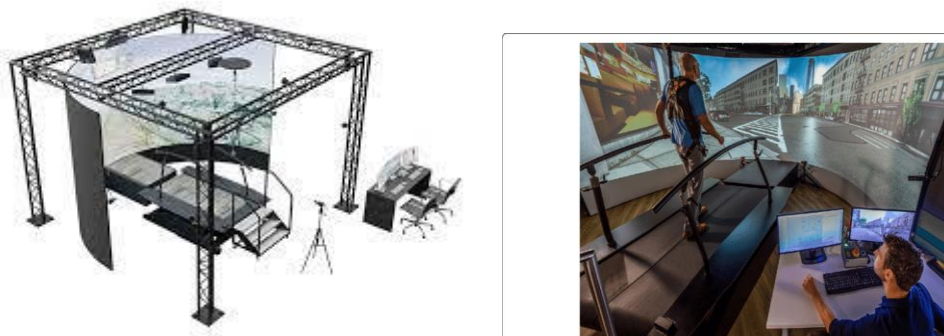
		moderate assistance, sitting for longer than 10 seconds without support, and standing without support for 1 minute.			4 weeks. AR-based postural control training consisted of three stages and 16 subordinate scopes. Stage 1 includes six subordinated exercise programs that were conducted without the use of any tool in a lying position. Stage 2 involved four subordinated exercise programs performed while sitting. Stage 3 consisted of six subordinated exercise programs in the standing position performed using a therapeutic ball or a foothold. The patients were given 5 minutes to familiarise themselves with the AR program prior to the commencement of the experiment.	stride length)>>C G.
--	--	---	--	--	---	----------------------

Comparison between virtual reality training using x-box 360 kinect and conventional physiotherapy on trunk, postural control and quality of life in chronic stroke survivors (Kulkarni et al. 2018)	N=28, age:18-60 years old. Group A (n=15):virtual reality training (VRT), 11-left side and 4 – right side stroke, Male-12 and Female-3. Group B (n=13):Conventional Physiotherapy (CPT), 8 left and 2 right side stroke, Male-11 and Female-2.	Stroke from past 6 months,Mini mental score of 24 or higher, Participants having Brunnstrom stages 3, 4 and 5, Participants having spasticity on MODIFIED ASHWORTH SCALE less than grade 2 for the upper extremity muscles, Can sit for at least 30 minutes without support, Can provide informed consent, No known visual, auditory and disorder.	Trunk and postural control in terms of sitting limit of stability, maintaining and changing posture and quality of life (QOL).	Mini-Mental Scale, Trunk Impairment Scale, Limit of Stability, Postural Assessment Scale for Stroke, Stroke Specific Quality of Life.	Group A was trained using non-immersive X BOX 360 kinect for 6 weeks (30mins/day , 3 days/week). Participants with low trunk control and low PASS scale were given games in sitting position on wooden table which has wide base and appropriate height with respect to screen and progress to standing after 2 weeks with putting belt against trunk to maintain balance while playing. Having trunk and postural control at least to the mark that they maintain standing without support for 1 minute are progress to standing games 1 week after sitting games. Pre sessions and post sessions all the vitals are checked in every	Static balance at the beginning of study was better in both groups because of the inclusion criteria. This could be the reason at the end of the study static balance has not shown any significant improvement in both the group. Directional control no significant improvement. VRG> CT in ↑↑ trunk control, postural control in terms of sitting LOS and PASS and quality of life (SSQOL).
--	---	---	--	--	--	---

					session. Before starting any new game, participants are given instructions about every game and given one demo of every game for 5 minutes. Following games have been performed with increasing difficulty level. Group B underwent mobility, facilitating movement control of limbs, balance and trunk specific exercises for same period. Trunk specific exercises like bridging, trunk rotation in lying and sitting, reach outs in different directions on plinth progressed to physio ball as well as in standing positions.	
--	--	--	--	--	--	--

Από τις **19** έρευνες που συμπεριλήφθηκαν στη συστηματική ανασκόπηση, αναφορικά με τον βαθμό Εμβύθισης του μέσου παρέμβασης, οι **3** χρησιμοποίησαν καθηλωτικό (immersive) VR μέσο, οι 16 μη εμβυθιστικό (non-immersive) VR μέσο (μία εκ των οποίων έκανε χρήση ενός serious game και μία χρήση AR).

Αρχικά, οι de Rooij, I. J. M.. et al 2021, μελέτησαν ως πρωταρχικό μέτρο έκβασης τη **συμμετοχή** (participation) των ασθενών με Α.Ε.Ε. σε υποξεία φάση και ως δευτερεύον την υποκειμενική σωματική λειτουργικότητα, τη λειτουργική κινητικότητα, την ικανότητα βάδισης, τη δυναμική ισορροπία, την κόπωση, το άγχος, την κατάθλιψη, την αποτελεσματικότητα στη μείωση πτώσεων και συνολικά την ποιότητα ζωής. Κατέληξαν πως η παρέμβαση με VR και συγκεκριμένα GAIL (Gait Real-time Analysis Interactive Lab), που θεωρείται εμβυθιστικό μέσο (immersive), είχε σημαντικά ευεργετικά οφέλη στη διάθεση και τη συμμετοχή των ασθενών, καθώς επίσης και στη δυναμική τους ισορροπία. Δεν παρατηρήθηκαν όμως σημαντικές διαφορές σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου σε οποιαδήποτε άλλη παράμετρο. Οι Sharan et al. 2012 μελετώντας δευτερευόντως το επίπεδο συμμετοχής, το κίνητρο, τη συνεργασία και την ικανοποίηση του παιδιού, με χρήση non-immersive Nintendo Wii Sports και Wii Fit παρατήρησαν, ότι όλες οι παράμετροι αυξήθηκαν σημαντικά και θεώρησαν ως πιθανή εξήγηση της αύξησης αυτής, οφείλονταν στο σύστημα παιχνιδιών, το οποίο ήταν πλήρως κατανοητό από τα παιδιά σχετικά με το σκοπός – δραστηριότητα που έπρεπε να εκτελέσουν.



Εικόνες 7.1 και 7.2.:GAIL (Gait Real-time Analysis Interactive Lab)

Στα άρθρα των Jha, K. K.et al. 2020, Tefertiller C. et al. 2019, Kannan L. et al. 2019, Lee et al. 2014 και Neto J.L. et al. 2020, μετρήθηκε βασικά η **ισορροπία**, στατική και δυναμική, ιδίως στην όρθια θέση. Στην πλειονότητα αυτών, τα αποτελέσματα έδειξαν βελτίωση και στις δυο ομάδες, αλλά σημαντικότερη στην πειραματική ομάδα. Σύμφωνα με τους Tefertiller C. et al. 2019 δεν παρατηρήθηκε καμία διαφορά μεταξύ των ομάδων. Ακόμα, οι Jha, K. et al. 2020 υποστήριξαν ότι ο συνδυασμός παιχνιδιών VR με χρήση non-immersive Kinect και φυσικοθεραπείας δεν υπερτερεί έναντι της φυσικοθεραπείας στην αδρή κινητικότητα και στις δραστηριότητες καθημερινής ζωής. Οι Neto J.L. et al. 2020 υποστήριξαν μάλιστα ότι υπήρχε εξίσου σημαντική βελτίωση της ισορροπίας και των δυο ομάδων. Εξάιρεση αποτελούν τα άρθρα των Sheehy L. et al. 2020 και Kulkarni et al. 2018, που ενασχολήθηκαν με την ισορροπία και τον έλεγχο του κορμού στην καθιστή θέση. Δεν

παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές όσον αφορά στην στατική και τη δυναμική ισορροπία, αλλά βελτιώθηκε στην ομάδα με V.R. ο έλεγχος του κορμού και της στάσης.

Στο άρθρο των Lee et al. 2014 με μέσο το immersive GAITRite system με HMD, πέραν της ισορροπίας, αναφέρονται και χωροχρονικές **παράμετροι βάδισης**, συμπεριλαμβανομένης της ταχύτητας βάδισης, του ρυθμού, του μήκους του βήματος και του μήκους διασκελισμού. Ως αποτέλεσμα προέκυψε πως, αν και δεν υπήρχαν διαφορές στην απόδοση στα TUG και BBS tests, ενώ οι χωροχρονικές παράμετροι της βάδισης βελτιώθηκαν ιδίως στην πειραματική ομάδα.

Όσον αφορά τις **δραστηριότητες καθημερινής ζωής (Δ.Κ.Ζ.) και τη γενική λειτουργικότητα**, ερευνήθηκε εκτενώς από τους Brunner et al. 2017, Bai et al. 2022, Lee et al. 2017 και Afsar et al. 2018. Σύμφωνα με τους Bai et al. 2022, η τεχνολογία της εικονικής πραγματικότητας θα μπορούσε να βελτιώσει την αποτελεσματικότητα της λειτουργικής και συνολικής αποκατάστασης των ασθενών με Α.Ε.Ε. και ημιπληγία και να διαδραματίσει προφανή ρόλο στην αποκατάσταση όλων των φυσιολογικών κινητικών λειτουργιών των ασθενών. Ωστόσο, συνιστούν την ανάπτυξη της τεχνολογίας V.R. , καθώς κρίνεται ακριβό και ακατάλληλο εργαλείο για κλινική χρήση μεγάλης κλίμακας. Οι Afsar et al. 2018 κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η θεραπεία με την χρήση παιχνιδιών με βάση το non-immersive Microsoft Xbox 360 Kinect, δεν παράγει καλύτερα αποτελέσματα από αυτά της ομάδας ελέγχου, στη βελτίωση των καθημερινών δραστηριοτήτων ζωής, ωστόσο τα αποτελέσματα μπορεί να αλλάξουν με τη μακροχρόνια παρακολούθηση και εξέλιξη των τεχνολογιών.

Από τους Ebrahimi Sani et al. 2020 διεξήχθησαν συμπεράσματα και αναφορικά με τον **προκινητικό έλεγχο** σε παιδιά με Αναπτυξιακή Διαταραχή Συντονισμού (D.C.D.), με χρήση non-immersive Xbox Kinect 360. Εφαρμόζοντας πρόγραμμα αποκατάστασης με μέτρα έκβασης τα TOT (συνολικός χρόνος στον στόχο), CTT (διαδοχικός χρόνος στο στόχο) και DT (απόσταση από τον στόχο), τα αποτελέσματα έδειξαν ότι στην πειραματική ομάδα υπήρξε σημαντική βελτίωση και στα τρία αυτά στοιχεία του ελέγχου προληπτικής δράσης. Παρόλα αυτά, η βελτίωση της DP ήταν ισοδύναμη μεταξύ της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου. Η ικανότητα των παιδιών να αναπτύσσουν και να τροποποιούν τα εσωτερικά κινητικά μοντέλα-πρότυπα και η προγνωστική τους μοντελοποίηση είχε πιθανώς βελτιωθεί. Συμπέραναν πως τα παιχνίδια μέσω συστημάτων οπτικής ανατροφοδότησης, προσφέρουν μια ευκαιρία για καθηλωτική εμπειρία, συμμετοχή και προώθηση της ενεργής μάθησης για τα παιδιά με DCD, αλλά δεν συνιστώνται ως υποκατάστατο των πραγματικών περιβαλλόντων.

Η έρευνα των You et al. 2005, μελέτησε σε ασθενείς με ημιπληγία λόγω Α.Ε.Ε. σε χρόνια φάση. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως το non-immersive VR θα μπορούσε να προκαλέσει **αναδιοργάνωση του φλοιού** από ανώμαλη ομόπλευρη σε ετερόπλευρη ενεργοποίηση SMC. Είναι πιθανό η αποκατάσταση με χρήση εικονικής πραγματικότητας να συμβάλει σε θετικές αλλαγές στη νευρική οργάνωση και στη σχετική λειτουργική ικανότητα. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει και η μελέτη των Chien-Yu Huang et al. 2022, οι οποίοι μέσα από ένα δείγμα 42 ατόμων με Α.Ε.Ε. σε χρόνια φάση μελέτησαν τις **φυσιολογικές αλλαγές του οργανισμού** αναφορικά με τη φλεγμονή, το οξειδωτικό στρες, τη νευροπλαστικότητα και την κινητική λειτουργία του άνω άκρου (AROM-Elbow Extension, AROM-Prearm Pronation, AROM-Shoulder Flexion, FMA-UE-Shoulder/Elbow/Forearm) χρησιμοποιώντας το εμβυθιστικό (immersive) VR headset HCT VIVE. Αναφορικά με τις κινητικές παραμέτρους, βρήκαν σημαντική αύξηση στο AROM-Elbow Extension και $\uparrow$ AROM-Forearm Pronation. Επίσης παρατηρήθηκε σημαντική συσχέτιση χρόνου αλληλεπίδραση και των στοιχείων των ομάδας της FMA-UE-Shoulder/Elbow/Forearm, FMA-UE-Total score, and AROM-Shoulder Flexion.

Εικόνες 7.3 και 7.4.: IREX Gesturetek Health



Πέραν των Chien-Yu Huang et al. 2022, των οποίων τα αποτελέσματα προαναφέρθηκαν, οι Choi et al. 2020, Saposnik et al. 2016, Henrique et al. 2019, Sheehy et al. 2020, Brunner et al. 2017, Neto et al. 2020, Lee et al. 2017 και Afsar et al. 2018 ερεύνουν το αντίκτυπο που έχει η αποκατάσταση με χρήση εικονικής πραγματικότητας στη **λειτουργική ικανότητα και κινητικότητα των άνω άκρων**. Σύμφωνα με τους Choi et al. 2020, μελέτησαν τη λειτουργία και επιδεξιότητα του άνω άκρου, την ικανότητα εκτέλεσης δραστηριοτήτων της καθημερινής ζωής και τον υπτιασμό του αντιβραχίου με κινηματική ανάλυση σε παιδιά με κρανιοεγκεφαλική κάκωση (Κ.Ε.Κ.) ή εγκεφαλική παράλυση (Ε.Π.), παρόλο που και οι δύο ομάδες (ομάδα ελέγχου και πειραματική ομάδα) είχαν βελτίωση, η

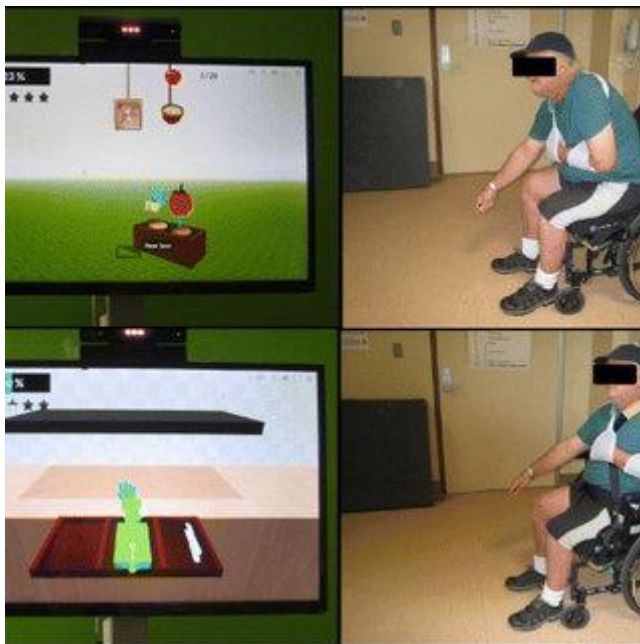
ομάδα του VR εμφάνισε σημαντικότερη βελτίωση. Χρησιμοποίησαν το RAPAE Smart Kids, μη εμβυθιστικό μέσο (non-immersive) κατασκευασμένο για σκοπούς αποκατάστασης.



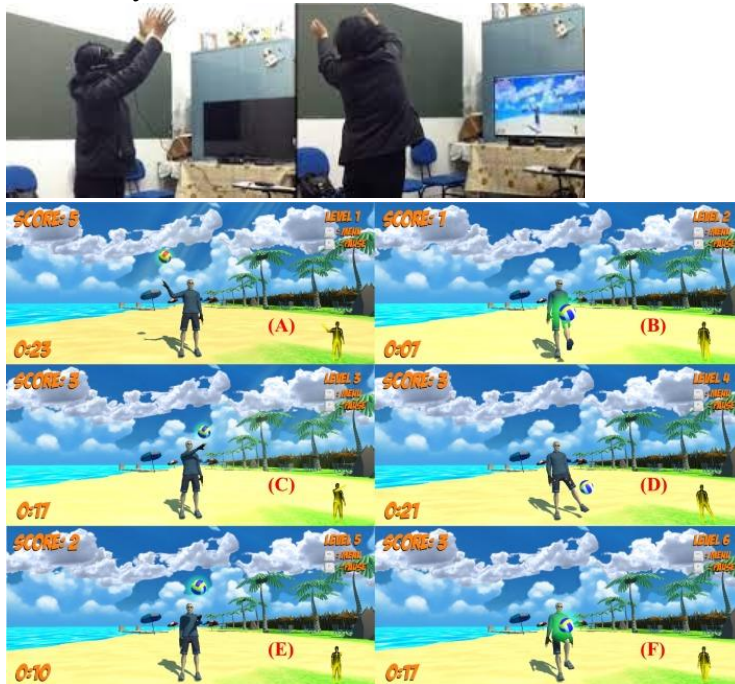
Εικόνα 7.5: RAPAE Smart Kids

Οι Saposnik et al. 2016 μελέτησαν τα αντίστοιχα μέτρα έκβασης σε άτομα με Α.Ε.Ε. μέσω του EVREST (non-immersive) και παρατήρησαν πως αν και οι δύο ομάδες βελτιώθηκαν κατά 30%-40%, καμία υποομάδα δεν φάνηκε να επωφελείται από την παρέμβαση VRWii, και δεν προσέφερε κανένα σημαντικό όφελος ως συμπληρωματική θεραπεία στη συμβατική αποκατάσταση σε σύγκριση με την ψυχαγωγική δραστηριότητα. Αντίστοιχα αποτελέσματα είχαν και οι Sheehy et al. 2020, καθώς βρήκαν ίση βελτίωση και στις δυο ομάδες, χρησιμοποιώντας μη εμβαπτιστικό (non-immersive) Jintronix software σε συνδυασμό με Kinect 2 three-dimensional motion-tracking camera, σημειώνοντας πως απαιτείται περισσότερη έρευνα, χρησιμοποιώντας πιο δύσκολες ασκήσεις και μεγαλύτερη ένταση θεραπείας, πριν εξαχθούν οριστικά συμπεράσματα. Άτομα με Α.Ε.Ε. μελέτησαν επίσης και οι Henrique et al. 2019 με τη χρήση non-immersive Motion Rehab AVE 3D exergaming, καταλήγοντας στο συμπέρασμα πως, παρόλο που και οι δύο θεραπείες κρίθηκαν αποτελεσματικές, η πειραματική ομάδα είχε καλύτερα αποτελέσματα από την ομάδα ελέγχου. Η πειραματική ομάδα επέδειξε καλύτερα αποτελέσματα σε δυο μεταβλητές, αποκαλύπτοντας ότι το κίνητρο συνέβαλε στην καλύτερη απόδοση στην ολοκλήρωση των εργασιών. Η παρέμβαση με exergaming θεωρήθηκε μια αποτελεσματική εναλλακτική λύση για την αποκατάσταση της ισορροπίας και της κινητικής λειτουργίας του άνω άκρου και δύναται ακόμη και να μειώσει τον χρόνο θεραπείας.

Εικόνα 7.6: Jintronix software



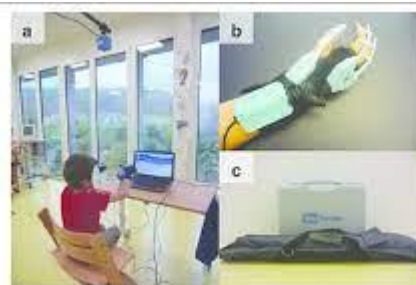
Εικόνες 7.7 και 7.8: Motion Rehab AVE 3D exergaming



Οι Brunner et al. 2017 είχαν επίσης ίδια αποτελέσματα σε όλα τα μέτρα έκβασης σε πρόγραμμα με τη χρήση του non-immersive YouGrabber system. Η πρόσθετη προπόνηση VR άνω άκρου δεν επέφερε επιπλέον βελτίωση, αλλά ήταν εξίσου αποτελεσματική με την πρόσθετη αξονική τομογραφία στην υποξεία φάση μετά από Α.Ε.Ε. για ασθενείς με ήπια έως μέτρια και σοβαρή αναπηρία του καρπού και της άκρας χείρας. Τα συστήματα VR

μπορούν να αποτελέσουν εναλλακτική μορφή θεραπείας, με το κίνητρο να λειτουργεί ως επιπρόσθετο στοιχείο στην τυπική αποκατάσταση. Στους περισσότερους ασθενείς, ακόμη και σε εκείνους με αρχικά σοβαρή περιφερική πάρεση, η κινητική λειτουργία του βραχίονα αυξήθηκε σημαντικά. Αυτό σημαίνει ότι διαφορετικές μέθοδοι εκπαίδευσης μπορούν να συμβάλουν στη βελτίωση και μπορούν να εφαρμοστούν ανάλογα με τις προτιμήσεις των ασθενών. Ούτε οι Lee et al. 2017 εντόπισαν σημαντική βελτίωση με non-immersive Kinect για παιχνίδια Xbox σε ασθενείς με Α.Ε.Ε. Οι Neto et al. 2020 συμπέραναν πως η ομάδα παρέμβασης με non-immersive Nintendo Wii Console είχε σημαντικότερη βελτίωση στη χειροκίνητη επιδεξιότητα, αν και αδύναμη. Καμία διαφορά σε δοκιμασίες με στόχο και πιάσιμο. Τόσο το Wii όσο και το TST βελτίωσαν τη συνολική απόδοση. Τέλος, οι Afsar et al. 2018 συμπέραναν πως η θεραπεία παιχνιδιών με βάση το Kinect συμβάλλει στην κινητική και λειτουργική αποκατάσταση των άνω άκρων όταν εφαρμόζεται ως επιπρόσθετη θεραπεία στο πλαίσιο της συμβατικής αποκατάστασης, σε άτομα με υποξεία εγκεφαλικά επεισόδια. Αυτή η θεραπεία δεν ήταν ανώτερη από την ομάδα ελέγχου στη βελτίωση των καθημερινών δραστηριοτήτων ζωής, αλλά αυτά τα αποτελέσματα πιθανόν να μπορούν να αλλάξουν με τη μακροχρόνια παρακολούθηση.

Εικόνα 7.9.: YouGrabber System



Σημαντική προσθήκη ήταν η μελέτη των Kannan et al 2019, οι οποίοι ερεύνησαν τον **συνδυασμό γνωστικής και κινητικής αποκατάστασης** με μη εμβυθιστικά (non-immersive) παιχνίδια Wii Fit. Η ομάδα παρέμβασης εμφάνισε βελτίωση σε κινητικό και γνωστικό επίπεδο, ενώ η ομάδα ελέγχου μόνο σε κινητικό επίπεδο. Η γνωστική-κινητική άσκηση φαίνεται ότι εξισορροπεί τον έλεγχο και τη γνωστική λειτουργία και θα μπορούσε να εφαρμοστεί σε περιβάλλοντα κλινικής αποκατάστασης Α.Ε.Ε..

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8- ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στην παρούσα συστηματική ανασκόπηση τέθηκε από την αρχή της εκπόνησής της το **ερευνητικό ερώτημα** αν «η Εμβύθιση μπορεί και πρέπει να αποτελεί παράγοντα καθορισμού της αποτελεσματικότητας των συστημάτων οπτικής ανατροφοδότησης στην αποκατάσταση κινητικών διαταραχών σε νευρολογικούς ασθενείς», καθώς επίσης και κατά πόσο ο παράγοντας της Εμβύθισης αναφέρεται και λαμβάνεται υπόψη στις RCT's. Βάσει των αποτελεσμάτων της έρευνας, ένας πολύ μικρός αριθμός των άρθρων αναφορικά με τη χρήση συστημάτων οπτικής ανατροφοδότησης στην αποκατάσταση νευρολογικών ασθενών λαμβάνει υπόψη την Εμβύθιση. Οι περισσότερες μελέτες δεν κάνουν καμία αναφορά σε αυτή.

Σημαντική κρίθηκε η αναφορά ορισμένων προβληματισμών, πέραν των ερευνητικών σκοπών αυτής της συστηματικής ανασκόπησης, οι οποίοι προέκυψαν κατά την αναζήτηση και μελέτη της αρθρογραφίας.

8.1.Υγιείς-ασθενείς

Οι περιορισμοί των παιχνιδιών που χρησιμοποιούν τα συστήματα οπτικής ανατροφοδότησης (Commercial games), αφορούν την κατάλληλη βαθμονόμηση (calibration) του επιπέδου δυσκολίας του παιχνιδιού που σχεδιάζεται και κατασκευάζεται για υγιείς παίκτες και δεν λαμβάνει υπόψη τα άτομα με αναπηρίες. Σε έρευνες για τα σημερινά διαθέσιμα commercial games, μια ομάδα αποκατάστασης συχνά βασίζεται σε ειδικά προσαρμοσμένες εκδόσεις και παραλλαγές του παιχνιδιού για βελτίωση της απόδοσης. (Masseti, T. et al. 2018).

Επίσης, οι εμπορικές συσκευές οπτικής ανατροφοδότησης έχουν δείξει μέτρια αποτελέσματα στο πεδίο της αποκατάστασης, και εμφανίζουν περιορισμούς όταν εφαρμόζονται σε αυτή. Φαίνεται πως δεν θα ήταν δυνατό να εφαρμοστεί σε ασθενείς με σοβαρές βλάβες στα άνω άκρα και θα ήταν αρκετά δύσκολο να προσαρμοστεί το κινητικό και γνωσιακό επίπεδο κάθε χρήστη ανάλογα με τις ικανότητες που παρουσιάζει (Choi et al. 2021).

Επειδή τα συστήματα οπτικής ανατροφοδότησης αποτελούν νέο τομέα της βιομηχανίας, οι τύποι λογισμικού δεν είναι άρτια ολοκληρωμένοι προς το παρόν και συχνά απευθύνονται σε υγιή πληθυσμό, χωρίς διαθέτουν προσαρμογές ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν από άτομα με νευρολογικά ελλείμματα. Βέβαια είναι γεγονός ότι προσφέρουν περισσότερη διασκέδαση, είναι καινοτόμα μέσα και πιθανώς βελτιώνουν την

αξιοπιστία της εκπαιδευτικής αποκατάστασης, λόγω της καθηλωτικής τεχνολογικής τους υπόστασης και της «δέσμευσης» του ασθενή. Ακόμα, προσφέρουν σημαντικά απτικά, οπτικά και ακουστικά αισθητικά ερεθίσματα με ταυτόχρονη διέγερσή τους. Η βιοανάδραση (biofeedback) βοηθάει επίσης σημαντικά στη λειτουργική επανεκπαίδευση του ασθενή, ο οποίος διαθέτει μεγαλύτερη υπομονή και προσοχή.

8.2.IQ, κατανόηση, QoL

Η καλή **γνωστική ικανότητα** του ασθενούς κρίθηκε απαραίτητη από τους Choi et al. 2021 για την κατανόηση της παρέμβασης μέσω εικονικής πραγματικότητας. Ακόμη, φαίνεται πως τα παιδιά με καλή νοημοσύνη και αδρές κινητικές ικανότητες θα έχουν καλύτερη ποιότητα ζωής. (Cho et al. 2010).

Η γνωστική-κινητική άσκηση φαίνεται να είναι αποτελεσματική για τη βελτίωση του ελέγχου της ισορροπίας και της γνωστικής ικανότητας και θα μπορούσε να εφαρμοστεί σε περιβάλλοντα κλινικής αποκατάστασης Α.Ε.Ε.. Ωστόσο, η μελέτη των Kannan et al. 2019 περιελάμβανε μόνο άτομα με χρόνιο Α.Ε.Ε., εξαιρουμένων των ατόμων που είχαν σαφείς, κλινικά ανιχνεύσιμες γνωστικές διαταραχές, συνεπώς τα συμπεράσματά τους δεν καλύπτουν πλήρως το γνωστικό επίπεδο.

8.3.Συνταγογράφηση άσκησης (επίτευξη κινητικής επίδοσης-διάρκεια min)

Τα συστήματα οπτικής ανατροφοδότησης VR, η ηλικία των ατόμων καθώς και η καθημερινή δοσολογία της παρέμβασης με χρήση VR, αποδείχτηκαν σημαντικοί παράγοντες της αποτελεσματικότητας της εφαρμογής του. Οι Qian et al. 2020 πρότειναν κάποιες κατευθυντήριες οδηγίες (guidelines), και είναι οι εξής: ο χρόνος παρέμβασης κυμαίνονταν σε 17-40 λεπτά, η συχνότητα παρέμβασης πρέπει να είναι πάνω από 5 φορές την εβδομάδα, η συνολική διάρκεια παρέμβασης πρέπει να ξεπερνάει τις 12 εβδομάδες και ο συνολικός χρόνος παρέμβασης να αναλογεί σε πάνω από 1000 λεπτά.

Η συνολική δοσολογία της παρέμβασης είναι ένας άλλος σημαντικός παράγοντας για τον προσδιορισμό της αποτελεσματικότητάς της, ειδικά για την επιτυχία στα αποτελέσματα αποκατάστασης που επιτυγχάνονται στο οικιακό περιβάλλον. Οι Tefertiller et al. 2019 εφάρμοσαν ένα αρχείο καταγραφής δραστηριότητας αυτοαναφοράς για καταγραφή της δοσολογίας και συμμόρφωσης των συμμετεχόντων. Στη μελέτη των Choi et al. 2020, 600 λεπτά εικονικής πραγματικότητας και άλλα 600 λεπτά συμβατικής εργοθεραπείας για 4 εβδομάδες ήταν αρκετά για να προκαλέσουν λειτουργικές βελτιώσεις. Απεναντίας, οι Jha K, K., et al. 2021 συμπέραναν πως η ένταση της προπόνησης απαιτεί πιθανώς πέραν των 6

εβδομάδων διάρκεια για να βρεθούν γνήσια αποτελέσματα κινητικής εκμάθησης και πλαστικές αλλαγές. Τα αποτελέσματα όσων προαναφέρθηκαν δεν δίνουν μια σαφή εικόνα αναφορικά με τη διάρκεια του προγράμματος παρέμβασης, αν και ίσως υποδηλώνουν ότι μια εντατική παρέμβαση VR μπορεί να είναι πιο πιθανό να οδηγήσει σε βελτίωση.

Στο άρθρο των Saprosnik et al. 2016, με αναφορά στους Han CE et al. 2008, υποστηρίχθηκε πως παραμένουν ερωτήματα σχετικά με την ιδανική ένταση για τη βελτίωση της κινητικής λειτουργίας. Καθώς ο χρόνος για κάθε τμήμα του προγράμματος μπορεί να χρειαστεί να περιοριστεί στα 60 λεπτά με διαλείμματα κατά τη διάρκεια του, για να αποφευχθούν παρενέργειες, που σχετίζονται με την όραση. (Huang et al. 2022).

Θεωρείται ακόμα ότι μεγαλύτερη προσαρμογή της θεραπείας στους συγκεκριμένους στόχους αποκατάστασης των ατόμων μπορεί να έχει προσφέρει μεγαλύτερο όφελος (Sheehy et al. 2020). Βασικές παράμετροι θεωρούνται ο χρόνος, η συχνότητα και η διάρκεια εφαρμογής της παρέμβασης, ο τύπος των επιλεγμένων παιχνιδιών, η ηλικία, το γνωστικό και αντιληπτικό επίπεδο, οι ικανότητες/δεξιότητες και οι πιθανές συννοσηρότητες του ασθενή.

8.4. Αντιστοίχιση σε πραγματική ζωή

Παρόλο που στο εικονικό περιβάλλον διδάσκονται νέες ικανότητες και δεξιότητες, είναι ασαφές το αν και πώς αυτές μεταφέρονται στον πραγματικό κόσμο και αυτό φαίνεται να εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του χρήστη και συναφείς παράγοντες (Chen et al. 2018).

Την ίδια αμφιβολία μοιράζονται και οι Demers et al. 2021, που εκφράζουν πως παρόλο που η υψηλή περιβαλλοντική εγκυρότητα αυξάνει την πιθανότητα οι ικανότητες που αποκτήθηκαν σε εικονικό περιβάλλον να μεταφερθούν στον πραγματικό κόσμο, δεν έχει επαληθευτεί σε έρευνες με παρέμβαση VR. Ειδικότερα, παρατήρησαν πως δεν υπήρχε καμία απολύτως μεταφορά της μάθησης - νέας γνώσης και ικανότητας που αποκτήθηκαν στο εικονικό περιβάλλον, ενώ η απόδοση των ασθενών ήταν λιγότερο ακριβής σε ασαφείς εργασίες σε σύγκριση με την απόδοσή τους σε πιο πραγματικές εργασίες.

8.5. Συμμόρφωση-συμμετοχή

Η δημιουργία μιας βιωματικής και δεσμευτικής εμπειρίας για έναν χρήστη VR μπορεί να επιτευχθεί μέσω συνδυασμών μιας μεγάλης ποικιλίας διαδραστικών συσκευών, αισθητηριακών συστημάτων-τρόπων προβολής και του περιεχομένου που προβάλλεται στο εικονικό περιβάλλον, σύμφωνα με τους Massetti et al. 2018.

Σύμφωνα με τους Palaus M et al. 2017, η τόνωση των κινήτρων και η ενεργός συμμετοχή των χρηστών μπορεί να είναι πρόκληση σε ορισμένες περιπτώσεις. Ωστόσο, όταν παίζουν παιχνίδια εικονικής πραγματικότητας, τα άτομα εκφράζουν μεγαλύτερη διασκέδαση και απόλαυση, που χαρακτηρίζεται από το χαμόγελο, το γέλιο και το ουρλιαχτό, σε σύγκριση με τις τακτικές συνεδρίες φυσικοθεραπείας. Αυτό όχι μόνο επιτρέπει περισσότερες επαναλήψεις, αλλά επίσης εντείνει τα βιοηλεκτρικά σήματα στον εγκέφαλο που εμπλέκονται στη νευροπλαστικότητα. Με αυτή τη θέση συμφωνούν και οι (Bonnechere et al. 2017) που έθεσαν ότι τα παιχνίδια εικονικής πραγματικότητας είναι ο ασφαλέστερος και πιο συναρπαστικός τρόπος παρακίνησης των χρηστών και ειδικότερα των παιδιών, ώστε να εκτελούν κινήσεις που σχετίζονται με την ισορροπία σε ένα εμβυθιστικό περιβάλλον σε σύγκριση με αυτών των φυσικοθεραπευτικών ασκήσεων.

Οι Sharan et al. 2012 δήλωσαν ότι πιθανή εξήγηση του υψηλότερου επιπέδου κινήτρων, συμμετοχής και συνεργασίας είναι ότι το σύστημα οπτικής ανατροφοδότησης με την χρήση παιχνιδιών ήταν πιο χρηστικά στον τομέα της αποκατάστασης. Αυτά τα χαρακτηριστικά της προπόνησης έχει αποδειχθεί ότι προάγουν τις αλλαγές συμπεριφοράς (Dodd K.J. et al. 2002), καθώς επίσης και τη νευροπλαστικότητα σε παιδιά (Ketelaar M. et al. 2001). Μια μελέτη από τους Snider L. et al. 2010 ανέφερε ότι η εικονική πραγματικότητα έχει πιθανά οφέλη για παιδιά με νευρολογικές διαταραχές και θα μπορούσε να επηρεάσει θετικά την πλαστικότητα του εγκεφάλου, την κινητική ικανότητα, τις οπτικές αντιληπτικές δεξιότητες, την κοινωνική συμμετοχή και τους προσωπικούς παράγοντες.

Άλλες μελέτες που δοκιμάζουν τα exergames στην αποκατάσταση του εγκεφαλικού έχουν δείξει υψηλά επίπεδα ικανοποίησης και συμμόρφωσης στην προπονητική παρέμβαση. (Chen MH. et al. 2015, Tobler-Ammann BC. et al. 2017).

Βέβαια η εικονική πραγματικότητα απαιτεί υψηλότερες γνωστικές απαιτήσεις μέσω πρόσθετου χωρικού μετασχηματισμού των ασύζευκτων κινήσεων ματιού-χεριού με οπτικά ερεθίσματα από την οθόνη σε σύγκριση με την άμεση οπτική και ιδιοδεκτική ανατροφοδότηση μιας ψυχαγωγικής δραστηριότητας. (Mousavi Hondori H. et al. 2016).

8.6.Εποπτεία-επίβλεψη

Ορισμένος αριθμός μελετών υποδηλώνουν ότι η συμμόρφωση και η επίβλεψη μπορούν να είναι σημαντικοί παράγοντες για την επιτυχία του προγράμματος αποκατάστασης στο οικιακό περιβάλλον (Winkler D, et al. 2006, Liao HF, et al. 2007, Dodd KJ, et al. 2003).

8.7. Παρενέργειες-ανεπιθύμητες ενέργειες

Οι προσεγγίσεις με Εμβύθιση μπορεί να είναι ιδιαίτερα αποπροσανατολιστικές για ασθενείς με βλάβες στην **ακοή**, ιδιαίτερα σε ασθενείς με **ψυχιατρικές διαταραχές**, καθώς μπορεί να είναι ιδιαίτερα επιρρεπείς σε παρενέργειες. Απαραίτητη κρίνεται η προσεκτική αξιολόγηση και εξέτασή τους για να μειωθεί κατά το δυνατόν η πιθανότητα εμφάνισης επιβλαβών ψυχολογικών επιπτώσεων. Ανησυχία αποτελεί επίσης και ο **εθισμός**, παρόμοιος με τον εθισμό στα βιντεοπαιχνίδια (“video game addiction”) που αναφέρεται συχνά σε παιδιά, εφήβους και νεαρούς ενήλικες, ιδίως όσους έχουν θέματα αντιμετώπισης της καθημερινότητας (Crosbie et al. 2007).

Επίσης ως πιθανές παρενέργειες ή ανεπιθύμητες ενέργειες αναφέρονται η οπτικά επαγόμενη ναυτία κίνησης (“cybersickness”), καταπόνηση των ματιών, παροδική μειωμένη αντίληψη βάθους μετά τη χρήση οθονών που τοποθετούνται στο κεφάλι (HMD: Head-Mounted Devices) και συμπτώματα που προκαλούνται από το αιθουσαίο σύστημα, όπως εφίδρωση, ναυτία, αποπροσανατολισμός και πονοκέφαλος. Η ηλικία, οι εργασίες (tasks), η εθνικότητα, η φυσική κατάσταση, η εμπειρία και το φύλο και μπορεί να διαδραματίζουν κάποιο ρόλο, αν και παραμένει ασαφές (Crosbie et al. 2007).

8.8. Είδη παιχνιδιών

Στη μελέτη των Vieira, C. et al. 2022 γίνεται αναφορά σε είδη παιχνιδιών, βάσει των χαρακτηριστικών σχεδίασής τους. Κατηγορίες στοιχείων σχεδίασης παιχνιδιών αποτελούν α) το είδος παιχνιδιού (game genre-GG), β) η φύση του παιχνιδιού (game nature-GN) (Rego P, et al. 2010, Lu AS et al. 2018, Arsenault D., 2019) και γ) η στρατηγική ανάπτυξης του παιχνιδιού (game development strategy-GDS). Τα παραπάνω κρίνονται απαραίτητα για τον σχεδιασμό, την ανάπτυξη και την εφαρμογή ενός βιντεοπαιχνιδιού.

Το είδος παιχνιδιού (GG) περιλαμβάνει παιχνίδια προσομοίωσης, ρόλων, στρατηγικής, παιχνίδια που αφορούν αθλήματα, μάχες κτλ. Η φύση του παιχνιδιού (GN) ορίζεται από κάποια χαρακτηριστικά, όπως από την οπτική γωνία του παίκτη (player perspective-taking), δηλαδή είτε first-person perspective (1PP) είτε third-person perspective (3PP), αν είναι ατομικό (ένας παίκτης) ή ομαδικό (περισσότεροι από έναν παίκτες) (game-play mode), ο τύπος σκηνικού-περιβάλλοντος παιχνιδιού (in-game environment) που διακρίνουμε αν είναι ρεαλιστικό βασισμένο σε φαντασία ή απλό (realistic, fantasy-themed vs simple), την παρουσία ή απουσία χαρακτήρων που μπορούν να παίξουν (avatars) και τον βαθμό

Εμβύθισης που εφαρμόζεται στη χρήση εμβυθιστικού (immersive) ή μη εμβυθιστικού (non-immersive) VR.

Το είδος που είχε τα βέλτιστα αποτελέσματα ήταν τα απλά παιχνίδια (casual games). Τα απλά βιντεοπαιχνίδια είναι όσα απαιτούν από τον παίκτη να ολοκληρώσει μοναδικές και απλές δοκιμασίες που γενικά δεν συνδέονται με κάποια ιστορία, σενάριο ή άλλο μέρος σειράς παιχνιδιών. Ακόμα, δεν απαιτούν πρότερη εμπειρία σε χρήση βιντεοπαιχνιδιών.

Ακόμα μια κατηγοριοποίηση αφορά τον σκοπό κατασκευής του παιχνιδιού. Τα επονομαζόμενα Serious Games (SGs) είναι παιχνίδια που «έχουν σαφή και διεξοδικά σχεδιασμένο εκπαιδευτικό σκοπό και δεν απευθύνονται για σκοπούς διασκέδασης-ψυχαγωγίας». Συνεπώς, από τον ορισμό τους αναφέρονται σε μία καινοτόμο προσέγγιση της εκπαιδευτικής διαδικασίας σε ποικίλες και νέες μορφές της. Ακόμη διακρίνεται μία υποκατηγορία τους, τα εξατομικευμένα SGs (custom-made SGs), παιχνίδια δηλαδή κατασκευασμένα και ανεπτυγμένα ειδικά για τους σκοπούς ή την εκπόνηση μιας έρευνας.

Επίσης, διακρίνουμε τα commercial off-the-shelf (COTS) titles παιχνίδια, τα οποία απευθύνονται άμεσα στο καταναλωτικό κοινό, όπως Nintendo Wii. Θεωρείται πως η χρήση εξατομικευμένα κατασκευασμένων παιχνιδιών στην αποκατάσταση έχει καλύτερα κλινικά αποτελέσματα συγκριτικά με τα commercial off-the-shelf games (COTS), παρόλο που τα COTS θεωρείται ότι παρέχουν μεγαλύτερο κίνητρο και είναι πιο διαδραστικά. Συγκεκριμένα, οι Choi et al. 2021 αναφέρουν ότι τα commercial gaming devices έχουν ικανοποιητικά αποτελέσματα, αλλά εμφανίζουν σημαντικούς περιορισμούς κατά την εφαρμογή τους στην αποκατάσταση. Βέβαια θα ήταν αδύνατο να χρησιμοποιηθούν από ασθενείς με σοβαρές διαταραχές άνω άκρου και επίσης θεωρείται δύσκολη η προσαρμογή του επιπέδου του παιχνιδιού ανάλογα με τις ικανότητες του χρήστη. Ακόμα, βάσει των Qian et al. 2020 τα commercial systems δεν είναι σχεδιασμένα για την εκπαίδευση παιδιών με Ε.Π. (Mills R., et al. 2018, Mills R., et al. 2018), επειδή αυτά τα συστήματα έχουν περισσότερους περιορισμούς κατά το αρχικό, προκαθορισμένο παιχνίδι και απαιτούν κάποιες προσαρμογές και προσεκτική επιλογή του παιχνιδιού πριν την εφαρμογή του.

Η χρήση μηχανικά κατασκευασμένου συστήματος (engineer-built system) μπορεί να παρέχει τη βέλτιστη πρόκληση στις ικανότητες και τη δυσκολία των παιδιών με Ε.Π., ώστε να μάθουν βέλτιστα την δεξιότητα βάσει θεωριών κινητικής μάθησης (challenge point theory), καθώς δύνανται να παρέχουν πιο εργοπροσανατολισμένη εκπαίδευση (task-specific training) από τα commercial systems.

Ως ξεχωριστή κατηγορία αναφέρουμε τα active video games ή exergames. Τα exergames απαιτούν από τον συμμετέχοντα να πραγματοποιήσει φυσική άσκηση. Παράλληλα εμφανίζουν πιθανότητα ουσιαστικής βελτίωσης της καρδιοαναπνευστικής ικανότητας του παίκτη, που μπορεί να υπάρχει όταν η άσκηση προκαλέσει μια συνεχή αύξηση καρδιακής συχνότητας. Η διατήρηση ή η βελτίωση της καρδιοαναπνευστικής αντοχής είναι σημαντική, καθώς πολλοί νευρολογικοί ασθενείς, έχουν δευτερεύοντα προβλήματα λόγω καθιστικής ζωής, με αποτέλεσμα την αύξηση των παραγόντων κινδύνου που αφορούν παθήσεις του καρδιαγγειακού συστήματος, τη παχυσαρκία και το μυοσκελετικό πόνο.

Εικόνες 8.1 και 8.2.: exergames



Τέλος, τα συστήματα Brain Computer Interface (BCI) μπορούν να συνδυαστούν με άλλες αναδυόμενες τεχνολογίες για να ενισχύσουν την αισθητηριακή ανατροφοδότηση στον

φλοιό που αποκαθίσταται. Τα συστήματα αυτά ανιχνεύουν δραστηριότητα σε συγκεκριμένες περιοχές του εγκεφάλου μέσω ηλεκτροεγκεφαλογράφηματος ή fMRI. Τα BCI μπορούν να παρέχουν αισθητηριακή ανατροφοδότηση και μέσω άλλων τεχνολογιών-προσαρμογών, όπως E-stim ή robotic locomotion, με στόχο την ενίσχυση της νευροπλαστικότητας μέσω ενίσχυσης συναπτικών συνδέσεων (Black et al. 2018).

Εικόνες 8.3 και 8.4.: CAREN



8.9. Προτάσεις για μελλοντικές έρευνες-μελέτες

Ένα άλλο σημαντικό ερώτημα που τίθεται από αυτή τη μελέτη είναι ότι ο πιο κοινός τομέας κλινικής εφαρμογής της τεχνολογίας παιχνιδιών (gaming technology) περιλαμβάνει μέχρι στιγμής την Ε.Π.. Αυτό οδήγησε σε περισσότερες ενδείξεις ότι η τεχνολογία παιχνιδιών είναι πιο αποτελεσματική στην αποκατάσταση στατικών τραυματισμών, όπως η εγκεφαλική παράλυση σε σχέση με άλλες καταστάσεις, όπως τραυματικές εγκεφαλικές κακώσεις ή γενετικές διαταραχές. Σχετικά, υπάρχουν πολλοί τομείς εφαρμογής της παιδονευρολογίας αντιμετωπίστηκαν ελάχιστα στις μελέτες που εξετάστηκαν, όπως οι σπάνιες παθήσεις (RD), καθώς είναι σύνθετες και ετερογενείς χρόνιες νόσοι.

Ένα ακόμα θέμα που τίθεται προς διερεύνηση είναι το αν η οπτική αισθητική του βιντεοπαιχνιδιού είχε άμεση συσχέτιση με σημαντικά κλινικά αποτελέσματα. Παρά την εκτενή έρευνα των οι Vieira, C. et al. 2022 και τα ποικίλα συμπεράσματά τους, δεν κατάφερε να απαντηθεί. Ακόμη, δεν προέκυψαν συμπεράσματα αναφορικά με το κατά πόσο η ύπαρξη ενός σεναρίου, μπορεί να οδηγήσει σε πιο σημαντικές θετικές κλινικές μεταβολές.

Ιδιαίτερη προσοχή σε μελλοντικές έρευνες θα πρέπει να τεθεί σε ασθενείς με βλάβες στην όραση, την ακοή ή και με ψυχιατρικές διαταραχές, καθώς είναι επιρρεπείς σε ανεπιθύμητες ενέργειες και απαιτούν ειδική αντιμετώπιση.

Τα αποτελέσματα όσων προαναφέρθηκαν δεν δίνουν μια σαφή εικόνα αναφορικά με τη διάρκεια του προγράμματος παρέμβασης, αν και ίσως υποδηλώνουν ότι μια εντατική παρέμβαση VR μπορεί να είναι πιο πιθανό να οδηγήσει σε βελτίωση. Συμπερασματικά, προτείνεται η διεξαγωγή μελετών με σκοπό τον καθορισμό απαραίτητων και συγχρόνως ασφαλών και αποτελεσματικών παραμέτρων συνταγογράφησης παρέμβασης με χρήση VR. Βασικές παράμετροι που προτείνουμε προς διερεύνηση θεωρούνται ο χρόνος, η συχνότητα και η διάρκεια εφαρμογής της παρέμβασης, ο τύπος των επιλεγμένων παιχνιδιών, η ηλικία, το γνωστικό και αντιληπτικό επίπεδο, οι ικανότητες-δεξιότητες και οι πιθανές συννοσηρότητες του ασθενή. Τέλος, θεωρείται σημαντικό να εξετάσουμε τον βαθμό στον οποίο τα commercial games, και γενικότερα τα συστήματα οπτικής ανατροφοδότησης που χρησιμοποιούνται στην αποκατάσταση, είναι κατάλληλα κατασκευασμένα και βαθμονομημένα για να πληρούν τις ανάγκες και ικανότητες των ασθενών ατόμων που τα χρησιμοποιούν, αλλά και να ερευνηθεί η ανάγκη δημιουργίας προσβάσιμων, ειδικά κατασκευασμένων και κατάλληλων παιχνιδιών για σκοπούς εκπαίδευσης και αποκατάστασης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η εικονική πραγματικότητα χρησιμοποιείται συχνά ως συμπλήρωμα ενός καθιερωμένου, κυρίαρχου τρόπου θεραπείας. Η εικονική αποκατάσταση αναφέρεται σε παρεμβάσεις που είναι χτισμένες σε πλατφόρμες εικονικής πραγματικότητας για την επίτευξη των στόχων της αποκατάστασης. Περιλαμβάνει μια συνέχεια τεχνολογιών, διαφορετικών τύπων και τεχνικών πολυπλοκοτήτων, που κυμαίνονται από την πλήρως καθηλωτική τρισδιάστατη εικονική πραγματικότητα που προβάλλεται χρησιμοποιώντας εμπορικά διαθέσιμες οθόνες κεφαλής (π.χ. Oculus Rift, Facebook Technologies, LLC) έως ενεργά βιντεοπαιχνίδια (active video games) ή παιχνίδια άσκησης (exergames) (Demers, M.,

Fung, K., et al 2021). Παράλληλα, η εικονική πραγματικότητα περιλαμβάνει εκπαίδευση ισορροπίας με την αναπαραγωγή παιχνιδιών μέσω της χρήση ηλεκτρονικών συσκευών που δημιουργούν ένα εικονικό περιβάλλον, χρησιμοποιώντας τεχνητές αισθητηριακές πληροφορίες για την προσομοίωση εμπειριών ή δραστηριοτήτων της πραγματικής ζωής, δηλαδή η εικονική πραγματικότητα χρησιμοποιείται στην αποκατάσταση για την επίτευξη στόχων θεραπείας μέσα σε ένα περιβάλλον παιχνιδιού. (Dewar, R., et al 2015)

Από τις μελέτες που παρουσιάστηκαν καταλήξαμε στο συμπέρασμα πως η χρήση συστημάτων οπτικής ανατροφοδότησης θα πρέπει να αποτελεί ένα επικουρικό μέσο παρέμβασης, καθώς δεν υπήρξαν σημαντικά αποτελέσματα συγκριτικά με την συμβατική φυσικοθεραπεία. Φυσικά, αυτά τα μέσα μπορεί να διεγείρουν το ενδιαφέρον και το κίνητρο του χρήστη, να τονώνουν την αυτοπεποίθησή του και τελικά να συμβάλουν στην συμμόρφωση της συμπεριφοράς του. Παρόλα αυτά, είναι αναγκαίο να καθορίζονται συγκεκριμένες παράμετροι για τη χρήση των συστημάτων οπτικής ανατροφοδότησης στην αποκατάσταση ασθενών, όπως η Εμβύθιση, το ίδιο το σύστημα, η συνταγογράφηση της άσκησης και οι εξατομικευμένες ανάγκες και ικανότητες του χρήστη.

Αναφορικά με την ιδιότητα της Εμβύθισης θα πρέπει να καθορίζεται ο βαθμός που κρίνεται κατάλληλος για τον ασθενή, κατόπιν διεξοδικής αξιολόγησής του, για να ελέγχεται κατά πόσο αποτελεσματική είναι αυτή η μορφή παρέμβασης για τον ίδιο τον ασθενή, αλλά και κατά πόσο το κάθε σύστημα μπορεί να ανταποκριθεί στις ανάγκες του ασθενούς. Σημαντικό ρόλο παίζει και η αντιληπτική- γνωστική ικανότητα του χρήστη, η οποία πρέπει να εκτιμάται καθώς μπορεί να διαφοροποιήσει ακόμη και το επίπεδο εποπτείας που απαιτείται να παρέχεται σε αυτόν.

Ακόμη, θα ήταν χρήσιμο να πραγματοποιηθούν εκτενέστερες μελέτες παρέμβασης με χρήση συστημάτων οπτικής ανατροφοδότησης, ώστε να παραχθούν κατευθυντήριες οδηγίες σχετικά με την συνταγογράφηση τους, δηλαδή το χρόνο έκθεσης, την διάρκεια της παρέμβασης, την έντασή της και κατά πόσο και με ποιους τρόπους θα μπορούσαν να περιοριστούν ή και να εξαλειφθούν οι παρενέργειες που τείνουν να παρουσιάζουν οι χρήστες (πχ cybersickness, μειωμένη αντίληψη βάθους, κτλ).

Περιορισμοί

Αρχικά, στο σύνολο των μελετών που συμπεριλήφθηκαν, τα βασικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων, όπως ηλικία, φύλο, πάθηση και στάδιο της, ποίκιλλαν και παρουσίαζαν διαφορές προκαλώντας ετερογένεια. Συνεπώς υπάρχει μια δυσκολία στην γενίκευση των

αποτελεσμάτων της παρούσας μελέτης. Ένας ακόμη σχετικός περιορισμός είναι ότι ελήφθησαν υπόψη μόνο μελέτες που δημοσιεύτηκαν στην αγγλική γλώσσα, δημιουργώντας μια προκατάληψη. Επίσης, δεν ήταν δυνατή η εξαγωγή των παραπάνω πληροφοριών καθώς δεν ήταν διαθέσιμες στις επιλεγμένες μελέτες.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Al-Issa, H., Regenbrecht, H., & Hale, L. (2012). Augmented reality applications in rehabilitation to improve physical outcomes. *Physical Therapy Reviews*, 17(1), 16–28. doi:10.1179/1743288x11y.0000000051

Arsenault D. Video game genre, evolution and innovation. *Eludamos. J Comput Game Culture*. 2009;3(2):149–176.

Azuma, R., Baillot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., & MacIntyre, B. (2001). Recent advances in augmented reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 21(6), 34–47. doi:10.1109/38.963459

Bai, Y., Liu, F., & Zhang, H. (2022). Artificial Intelligence Limb Rehabilitation System on Account of Virtual Reality Technology on Long-Term Health Management of Stroke Patients in the Context of the Internet. *Computational and mathematical methods in medicine*, 2022, 2688003. <https://doi.org/10.1155/2022/2688003>

Bai, Y., Liu, F., & Zhang, H. (2022). Artificial Intelligence Limb Rehabilitation System on Account of Virtual Reality Technology on Long-Term Health Management of Stroke Patients in the Context of the Internet. *Computational and mathematical methods in medicine*, 2022, 2688003. <https://doi.org/10.1155/2022/2688003>

Barfield, W., Zeltzer, D., Sheridan, T., and Slater, M. (1995). “Presence and performance within virtual environments,” in *Virtual Environments and Advanced Interface Design*, eds W. Barfield and T. A. Furness (Oxford: Oxford University Press), 473–513

Baumgartner, T., Speck, D., Wettstein, D., Masnari, O., Beeli, G., & Jäncke, L. (2008). Feeling present in arousing virtual reality worlds: prefrontal brain regions differentially orchestrate presence experience in adults and children. *Frontiers in human neuroscience*, 2, 8. <https://doi.org/10.3389/neuro.09.008.2008>

Baumgartner, T., Valko, L., Esslen, M., and Jäncke, L. (2006). Neural correlate of spatial presence in an arousing and noninteractive virtual reality: an EEG and psychophysiology study. *Cyberpsychol. Behav.* 9, 30–45. doi: 10.1089/cpb. 2006.9.30

Blascovich, J., Loomis, J., Beall, A. C., Swinth, K. R., Hoyt, C. L., & Bailenson, J. N. (2002). Immersive Virtual Environment Technology as a Methodological Tool for Social Psychology. *Psychological Inquiry*, 13(2), 103–124. <http://www.jstor.org/stable/1449167>

Bonuzzi, G. M. G., de Freitas, T. B., Palma, G. C. D. S., Soares, M. A. A., Lange, B., Pompeu, J. E., & Torriani-Pasin, C. (2022). Effects of the brain-damaged side after stroke on the learning of a balance task in a non-immersive virtual reality

environment. *Physiotherapy theory and practice*, 38(1), 28–35. <https://doi.org/10.1080/09593985.2020.1731893>

Booth, A. T. C., Buizer, A. I., Meyns, P., Oude Lansink, I. L. B., Steenbrink, F., & van der Krogt, M. M. (2018). The efficacy of functional gait training in children and young adults with cerebral palsy: a systematic review and meta-analysis. *Developmental medicine and child neurology*, 60(9), 866–883. <https://doi.org/10.1111/dmcn.13708>

Brunner, I., Skouen, J. S., Hofstad, H., Aßmus, J., Becker, F., Sanders, A. M., Pallesen, H., Qvist Kristensen, L., Michielsen, M., Thijs, L., & Verheyden, G. (2017). Virtual Reality Training for Upper Extremity in Subacute Stroke (VIRTUES): A multicenter RCT. *Neurology*, 89(24), 2413–2421. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000004744>

Cashin, A. G., & McAuley, J. H. (2020). Clinimetrics: Physiotherapy Evidence Database (PEDro) Scale. *Journal of physiotherapy*, 66(1), 59. <https://doi.org/10.1016/j.jphys.2019.08.005>

Cassani, R., Novak, G. S., Falk, T. H., & Oliveira, A. A. (2020). Virtual reality and non-invasive brain stimulation for rehabilitation applications: a systematic review. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 17(1), 147. <https://doi.org/10.1186/s12984-020-00780-5>

Cavalcante Neto, J. L., Steenbergen, B., Wilson, P., Zamuner, A. R., & Tudella, E. (2020). Is Wii-based motor training better than task-specific matched training for children with developmental coordination disorder? A randomized controlled trial. *Disability and rehabilitation*, 42(18), 2611–2620. <https://doi.org/10.1080/09638288.2019.1572794>

Chen, Y., Fanchiang, H. D., & Howard, A. (2018). Effectiveness of Virtual Reality in Children With Cerebral Palsy: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Physical therapy*, 98(1), 63–77. <https://doi.org/10.1093/ptj/pzx107>

Clemente, M., Rey, B., Rodríguez-Pujadas, A., Barros-Loscertales, A., Baños, R. M., Botella, C., et al. (2013). An fMRI study to analyze neural correlates of presence during virtual reality experiences. *Interact. Comput.* 26, 269–284. doi: 10.1093/iwc/iwt037

Clemente, M., Rodríguez, A., Rey, B., and Alcañiz, M. (2014). Assessment of the influence of navigation control and screen size on the sense of presence in virtual reality using EEG. *Expert Syst. Appl.* 41, 1584–1592. doi: 10.1016/j.eswa. 2013.08.055

Crosbie JH, Lennon S, McGoldrick MC, McNeill MD, McDonough SM. Virtual reality in the rehabilitation of the arm after hemiplegic stroke: a randomized controlled pilot study. *Clin Rehabil.* 2012;26:798–806.

Crosbie JH, Lennon S, McNeill MD, McDonough SM. Virtual reality in the rehabilitation of the upper limb after stroke: the user's perspective. *CyberPsychol Behav.* 2006;9:137–141.

Crosbie JH, McNeill MDJ, Burke J, McDonough S. Utilising technology for rehabilitation of the upper limb following stroke: the Ulster experience. *Phys Ther Rev.* 2009;14:336–347

Crosbie, J. H., Lennon, S., Basford, J. R., & McDonough, S. M. (2007). Virtual reality in stroke rehabilitation: still more virtual than real. *Disability and rehabilitation*, 29(14), 1139–1152. <https://doi.org/10.1080/09638280600960909>

de Araújo, A. V. L., Ribeiro, F. P. G., Massetti, T., Potter-Baker, K. A., Cortes, M., Plow, E. B., da Silva, T. D., Tonks, J., Anghinah, R., Magalhães, F. H., Fregni, F., & de Mello Monteiro, C. B. (2020). Effectiveness of anodal transcranial direct current stimulation to improve muscle strength and motor functionality after incomplete spinal cord injury: a systematic review and meta-analysis. *Spinal cord*, 58(6), 635–646. <https://doi.org/10.1038/s41393-020-0438-2>

De Miguel-Rubio, A., Rubio, M. D., Alba-Rueda, A., Salazar, A., Moral-Munoz, J. A., & Lucena-Anton, D. (2020). Virtual Reality Systems for Upper Limb Motor Function Recovery in Patients With Spinal Cord Injury: Systematic Review and Meta-Analysis. *JMIR mHealth and uHealth*, 8(12), e22537. <https://doi.org/10.2196/22537>

De Miguel-Rubio, A., Rubio, M. D., Alba-Rueda, A., Salazar, A., Moral-Munoz, J. A., & Lucena-Anton, D. (2020). Virtual Reality Systems for Upper Limb Motor Function Recovery in Patients With Spinal Cord Injury: Systematic Review and Meta-Analysis. *JMIR mHealth and uHealth*, 8(12), e22537. <https://doi.org/10.2196/22537>

de Oliveira, J. M., Fernandes, R. C., Pinto, C. S., Pinheiro, P. R., Ribeiro, S., & de Albuquerque, V. H. (2016). Novel Virtual Environment for Alternative Treatment of Children with Cerebral Palsy. *Computational intelligence and neuroscience*, 2016, 8984379. <https://doi.org/10.1155/2016/8984379>

de Rooij, I. J. M., van de Port, I. G. L., Punt, M., Abbink-van Moorsel, P. J. M., Kortsmit, M., van Eijk, R. P. A., Visser-Meily, J. M. A., & Meijer, J. G. (2021). Effect of Virtual Reality Gait Training on Participation in Survivors of Subacute Stroke: A Randomized Controlled Trial. *Physical therapy*, 101(5), pzab051. <https://doi.org/10.1093/ptj/pzab051> Virtual reality rehabilitation in children with brain injury: a randomized controlled trial, (Ja Young Choi et al. 2020)

Demers, M., Fung, K., Subramanian, S. K., Lemay, M., & Robert, M. T. (2021). Integration of Motor Learning Principles Into Virtual Reality Interventions for Individuals With Cerebral Palsy: Systematic Review. *JMIR serious games*, 9(2), e23822. <https://doi.org/10.2196/23822>

Demers, M., Fung, K., Subramanian, S. K., Lemay, M., & Robert, M. T. (2021). Integration of Motor Learning Principles Into Virtual Reality Interventions for Individuals With Cerebral Palsy: Systematic Review. *JMIR serious games*, 9(2), e23822. <https://doi.org/10.2196/23822SS>

Demers, M., Fung, K., Subramanian, S. K., Lemay, M., & Robert, M. T. (2021). Integration of Motor Learning Principles Into Virtual Reality Interventions for Individuals With Cerebral Palsy: Systematic Review. *JMIR serious games*, 9(2), e23822. <https://doi.org/10.2196/23822>

Dewar, R., Love, S., & Johnston, L. M. (2015). Exercise interventions improve postural control in children with cerebral palsy: a systematic review. *Developmental medicine and child neurology*, 57(6), 504–520. <https://doi.org/10.1111/dmcn.12660>

Dodd KJ, Taylor NF, Graham HK. A randomized clinical trial of strength training in young people with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2003;45:652–7.

- EbrahimiSani, S., Sohrabi, M., Taheri, H., Agdasi, M. T., & Amiri, S. (2020). Effects of virtual reality training intervention on predictive motor control of children with DCD - A randomized controlled trial. *Research in developmental disabilities*, 107, 103768. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2020.103768>
- Ellis, S. R., Breant, F., Manges, B., Jacoby, R., & Adelstein, B. D. (n.d.). Factors influencing operator interaction with virtual objects viewed via head-mounted see-through displays: viewing conditions and rendering latency. Proceedings of IEEE 1997 Annual International Symposium on Virtual Reality. doi:10.1109/vrais.1997.583063
- Feng, H., Li, C., Liu, J., Wang, L., Ma, J., Li, G., Gan, L., Shang, X., & Wu, Z. (2019). Virtual Reality Rehabilitation Versus Conventional Physical Therapy for Improving Balance and Gait in Parkinson's Disease Patients: A Randomized Controlled Trial. *Medical science monitor : international medical journal of experimental and clinical research*, 25, 4186–4192. <https://doi.org/10.12659/MSM.916455>
- Garcia-Munoz, C., & Casuso-Holgado, M. J. (2019). Efectividad de la Wii Fit Balance frente a otras intervenciones para la recuperacion del equilibrio en pacientes postictus. Revision sistematica y metaanalisis [Effectiveness of Wii Fit Balance board in comparison with other interventions for post-stroke balance rehabilitation. Systematic review and meta-analysis]. *Revista de neurologia*, 69(7), 271–279. <https://doi.org/10.33588/rn.6907.2019091>
- Glegg, S. M., Tatla, S. K., & Holsti, L. (2014). The GestureTek virtual reality system in rehabilitation: a scoping review. *Disability and rehabilitation. Assistive technology*, 9(2), 89–111. <https://doi.org/10.3109/17483107.2013.799236>
- Grabarczyk, P., and Pokropski, M. (2016). Perception of affordances and experience of presence in virtual reality. *AVANT 3*, 25–44. doi: 10.3389/fpsyg. 2015.01944
- Haidich, A. B. (2010). Meta-analysis in medical research. *Hippokratia*, 14(Suppl 1), 29– 37.
- Henrique, P. P. B., Colussi, E. L., & De Marchi, A. C. B. (2019). Effects of Exergame on Patients' Balance and Upper Limb Motor Function after Stroke: A Randomized Controlled Trial. *Journal of stroke and cerebrovascular diseases : the official journal of National Stroke Association*, 28(8), 2351–2357. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2019.05.031>
- Huang, C. Y., Chiang, W. C., Yeh, Y. C., Fan, S. C., Yang, W. H., Kuo, H. C., & Li, P. C. (2022). Effects of virtual reality-based motor control training on inflammation, oxidative stress, neuroplasticity and upper limb motor function in patients with chronic stroke: a randomized controlled trial. *BMC neurology*, 22(1), 21. <https://doi.org/10.1186/s12883-021-02547-4>
- Hussein, Z. A., Salem, I. A., & Ali, M. S. (2019). Effect of simultaneous proprioceptive-visual feedback on gait of children with spastic diplegic cerebral palsy. *Journal of musculoskeletal & neuronal interactions*, 19(4), 500–506.
- Ikbali Afsar, S., Mirzayev, I., Umit Yemisci, O., & Cosar Saracgil, S. N. (2018). Virtual Reality in Upper Extremity Rehabilitation of Stroke Patients: A Randomized Controlled Trial. *Journal of stroke and cerebrovascular diseases : the official journal of National Stroke Association*, 27(12), 3473–3478. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2018.08.007>

- Ikbali Afsar, S., Mirzayev, I., Umit Yemisci, O., & Cosar Saracgil, S. N. (2018). Virtual Reality in Upper Extremity Rehabilitation of Stroke Patients: A Randomized Controlled Trial. *Journal of stroke and cerebrovascular diseases : the official journal of National Stroke Association*, 27(12), 3473–3478. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2018.08.007>
- Imam B., Jarus T. Virtual Reality Rehabilitation from Social Cognitive and Motor Learning Theoretical Perspectives in Stroke Population. *Rehabil. Res. Pr.* 2014;2014:1–11. doi: 10.1155/2014/594540.
- Jha, K. K., Karunanithi, G. B., Sahana, A., & Karthikbabu, S. (2021). Randomised trial of virtual reality gaming and physiotherapy on balance, gross motor performance and daily functions among children with bilateral spastic cerebral palsy. *Somatosensory & motor research*, 38(2), 117–126. <https://doi.org/10.1080/08990220.2021.1876016>
- Johansen, T., Strøm, V., Simic, J., & Rike, P. O. (2019). Effectiveness of training with motion-controlled commercial video games on hand and arm function in young people with cerebral palsy: A systematic review and meta-analysis. *Journal of rehabilitation medicine*, 52(1), jrm00012. <https://doi.org/10.2340/16501977-2633>
- Kannan, L., Vora, J., Bhatt, T., & Hughes, S. L. (2019). Cognitive-motor exergaming for reducing fall risk in people with chronic stroke: A randomized controlled trial. *NeuroRehabilitation*, 44(4), 493–510. <https://doi.org/10.3233/NRE-182683>
- Kiltani, K., Groten, R., and Slater, M. (2012). The sense of embodiment in virtual reality. *Presence Teleoper. Virtual Environ.* 21, 373–387. doi: 10.1162/PRES_a_00124
- Kizony R, Raz L, Katz N, et al. Video-capture virtual reality system for patients with paraplegic spinal cord injury. *J RehabilRes Dev.* 2005;42:595-608.
- Lee, Chi-Ho & Kim, Yumi & Lee, Byoung-Hee. (2014). Augmented reality-based postural control training improves gait function in patients with stroke: Randomised controlled trial. *Hong Kong Physiotherapy Journal.* 32. 10.1016/j.hkpj.2014.04.002.
- Lee, H. C., Huang, C. L., Ho, S. H., & Sung, W. H. (2017). The Effect of a Virtual Reality Game Intervention on Balance for Patients with Stroke: A Randomized Controlled Trial. *Games for health journal*, 6(5), 303–311. <https://doi.org/10.1089/g4h.2016.0109>
- Lei, C., Sunzi, K., Dai, F., Liu, X., Wang, Y., Zhang, B., He, L., & Ju, M. (2019). Effects of virtual reality rehabilitation training on gait and balance in patients with Parkinson's disease: A systematic review. *PloS one*, 14(11), e0224819. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224819>
- Liao HF, Liu YC, Liu WY, Lin YT. Effectiveness of loaded sit-to-stand resistance exercise for children with mild spastic diplegia: a randomized clinical trial. *Arch Phys Med Rehabil* 2007;88:25–31. [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
- Linares-Espinós, E., Hernández, V., Domínguez-Escrig, J. L., Fernández-Pello, S., Hevia, V., Mayor, J., Padilla-Fernández, B., & Ribal, M. J. (2018). Methodology of a systematic review. *Metodología de una revisión sistemática. Actas urológicas españolas*, 42(8), 499–506. <https://doi.org/10.1016/j.acuro.2018.01.010>

- Loomis, J. M., Blascovich, J. J., & Beall, A. C. (1999). Immersive virtual environment technology as a basic research tool in psychology. *Behavior research methods, instruments, & computers : a journal of the Psychonomic Society, Inc*, 31(4), 557–564. <https://doi.org/10.3758/bf03200735>
- Smith J. W. (2015). Immersive Virtual Environment Technology to Supplement Environmental Perception, Preference and Behavior Research: A Review with Applications. *International journal of environmental research and public health*, 12(9), 11486–11505. <https://doi.org/10.3390/ijerph120911486>
- Lu AS, Kharrazi H. A state-of-the-art systematic content analysis of games for health. *Games Health J.* 2018 Feb;7(1):1–15. doi: 10.1089/g4h.2017.0095. <http://europepmc.org/abstract/MED/29293368>
- Maggio, M. G., Russo, M., Cuzzola, M. F., Destro, M., La Rosa, G., Molonia, F., Bramanti, P., Lombardo, G., De Luca, R., & Calabrò, R. S. (2019). Virtual reality in multiple sclerosis rehabilitation: A review on cognitive and motor outcomes. *Journal of clinical neuroscience : official journal of the Neurosurgical Society of Australasia*, 65, 106–111. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2019.03.017>
- Massetti, T., da Silva, T. D., Crocetta, T. B., Guarnieri, R., de Freitas, B. L., Bianchi Lopes, P., Watson, S., Tonks, J., & de Mello Monteiro, C. B. (2018). The Clinical Utility of Virtual Reality in Neurorehabilitation: A Systematic Review. *Journal of central nervous system disease*, 10, 1179573518813541. <https://doi.org/10.1177/1179573518813541>
- Mills R., Levac D., Sveistrup H. The Effects of a 5-Day Virtual-Reality Based Exercise Program on Kinematics and Postural Muscle Activity in Youth with Cerebral Palsy. *Phys. Occup. Pediatr.* 2018;39:388–403. doi: 10.1080/01942638.2018.1505801.
- Moreno-Verdu, M., Ferreira-Sanchez, M. R., Cano-de-la-Cuerda, R., & Jimenez-Antona, C. (2019). Eficacia de la realidad virtual sobre el equilibrio y la marcha en esclerosis múltiple. Revision sistematica de ensayos controlados aleatorizados [Efficacy of virtual reality on balance and gait in multiple sclerosis. Systematic review of randomized controlled trials]. *Revista de neurologia*, 68(9), 357–368. <https://doi.org/10.33588/rn.6809.2018350>
- Mubin, O., Alnajjar, F., Jishtu, N., Alsinglawi, B., & Al Mahmud, A. (2019). Exoskeletons With Virtual Reality, Augmented Reality, and Gamification for Stroke Patients' Rehabilitation: Systematic Review. *JMIR rehabilitation and assistive technologies*, 6(2), e12010. <https://doi.org/10.2196/12010>
- Nichols, S., Haldane, C., and Wilson, J. R. (2000). Measurement of presence and its consequences in virtual environments. *Int. J. Hum. Comput. Stud.* 52, 471–491. doi: 10.1006/ijhc.1999.0343
- Norouzi, E., Gerber, M., Pühse, U., Vaezmosavi, M., & Brand, S. (2021). Combined virtual reality and physical training improved the bimanual coordination of women with multiple sclerosis. *Neuropsychological rehabilitation*, 31(4), 552–569. <https://doi.org/10.1080/09602011.2020.1715231>
- Okoli, C., & Schabram, K. (2010). A Guide to Conducting a Systematic Literature Review of Information Systems Research. *SSRN Electronic Journal*. doi:10.2139/ssrn.1954824

Portalés, C., Lerma, J. L., & Navarro, S. (2010). Augmented reality and photogrammetry: A synergy to visualize physical and virtual city environments. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 65(1), 134–142. doi:10.1016/j.isprsjprs.2009.10.001

Pourmand, A., Davis, S., Lee, D., Barber, S., & Sikka, N. (2017). Emerging Utility of Virtual Reality as a Multidisciplinary Tool in Clinical Medicine. *Games for health journal*, 6(5), 263–270. <https://doi.org/10.1089/g4h.2017.0046>

Qian, J., McDonough, D. J., & Gao, Z. (2020). The Effectiveness of Virtual Reality Exercise on Individual's Physiological, Psychological and Rehabilitative Outcomes: A Systematic Review. *International journal of environmental research and public health*, 17(11), 4133. <https://doi.org/10.3390/ijerph17114133>

Rego P, Moreira PM, Reis LP. Serious games for rehabilitation: a survey and a classification towards a taxonomy. 5th Iberian Conference on Information Systems and Technologies; 16-19 June 2010; Santiago de Compostela, Spain. 2010. Aug 23

Rutkowski, S., Kiper, P., Cacciante, L., Cieřlik, B., Mazurek, J., Turolla, A., & Szczepańska-Gieracha, J. (2020). Use of virtual reality-based training in different fields of rehabilitation: A systematic review and meta-analysis. *Journal of rehabilitation medicine*, 52(11), jrm00121. <https://doi.org/10.2340/16501977-2755>

S.Kulkarni Deshmukh, Trupti & Karajgi, Asmita & Pandit, Unnati. (2018). COMPARISON BETWEEN VIRTUAL REALITY TRAINING USING X CONVENTIONAL PHYSIOTHERAPY ON TRUNK, POSTURAL CONTROL AND QUALITY. *International Journal of Current Advanced Research*. 7. 11567-11577.

Sacau, A., Laarni, J., and Hartmann, T. (2008). Influence of individual factors on presence. *Comput. Hum. Behav.* 24, 2255–2273. doi: 10.1016/j.chb.2007.11.001

Sale, P., Russo, E. F., Russo, M., Masiero, S., Piccione, F., Calabrò, R. S., & Filoni, S. (2016). Effects on mobility training and de-adaptations in subjects with Spinal Cord Injury due to a Wearable Robot: a preliminary report. *BMC neurology*, 16, 12. <https://doi.org/10.1186/s12883-016-0536-0>

Saposnik, G., Cohen, L. G., Mamdani, M., Pooyania, S., Ploughman, M., Cheung, D., Shaw, J., Hall, J., Nord, P., Dukelow, S., Nilanont, Y., De Los Rios, F., Olmos, L., Levin, M., Teasell, R., Cohen, A., Thorpe, K., Laupacis, A., Bayley, M., & Stroke Outcomes Research Canada (2016). Efficacy and safety of non-immersive virtual reality exercising in stroke rehabilitation (EVREST): a randomised, multicentre, single-blind, controlled trial. *The Lancet. Neurology*, 15(10), 1019–1027. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(16\)30121-1](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(16)30121-1)

Sharan, D., Ajeesh, P. S., Rameshkumar, R., Mathankumar, M., Paulina, R. J., & Manjula, M. (2012). Virtual reality based therapy for post operative rehabilitation of children with cerebral palsy. *Work (Reading, Mass.)*, 41 Suppl 1, 3612–3615. <https://doi.org/10.3233/WOR-2012-0667-3612>

Sheehy, L., Taillon-Hobson, A., Sveistrup, H., Bilodeau, M., Yang, C., & Finestone, H. (2020). Sitting Balance Exercise Performed Using Virtual Reality Training on a Stroke Rehabilitation Inpatient Service: A Randomized Controlled Study. *PM & R : the journal of injury, function, and rehabilitation*, 12(8), 754–765. <https://doi.org/10.1002/pmrj.12331>

- Slater, M., Linakis, V., Usoh, M., Kooper, R., and Street, G. (1996). "Immersion, presence, and performance in virtual environments: an experiment with tridimensional chess," in *ACM virtual reality software and technology (VRST)*, July 1996, Vol. 163, (New York, NY: ACM Press), 72. doi: 10.1145/3304181.3304216
- Slater, M., Pérez Marcos, D., Ehrsson, H., and Sanchez-Vives, M. V. (2009). Inducing illusory ownership of a virtual body. *Front. Neurosci.* 3, 214–220. doi: 10.3389/neuro.01.029.2009
- Snider, L., Majnemer, A., & Darsaklis, V. (2010). Virtual reality as a therapeutic modality for children with cerebral palsy. *Developmental neurorehabilitation*, 13(2), 120–128. <https://doi.org/10.3109/17518420903357753>
- Stanney, K. M., Mourant, R. R., and Kennedy, R. S. (1998). Human factors issues in virtual environments: a review of the literature. *Presence* 7, 327–351. doi: 10.1162/105474698565767
- Sveistrup, H. (2004). *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 1(1), 10. doi:10.1186/1743-0003-1-10
- Tefertiller, C., Hays, K., Natale, A., O'Dell, D., Ketchum, J., Sevigny, M., Eagye, C. B., Philippus, A., & Harrison-Felix, C. (2019). Results From a Randomized Controlled Trial to Address Balance Deficits After Traumatic Brain Injury. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 100(8), 1409–1416. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2019.03.015>
- Uman, L. S. (2011). Systematic reviews and meta-analyses. *Journal of the Canadian Academy of Child and Adolescent Psychiatry / Journal de l'Académie canadienne de psychiatrie de l'enfant et de l'adolescent*, 20(1), 57–59.
- Vieira, C., Ferreira da Silva Pais-Vieira, C., Novais, J., & Perrotta, A. (2021). Serious Game Design and Clinical Improvement in Physical Rehabilitation: Systematic Review. *JMIR serious games*, 9(3), e20066. <https://doi.org/10.2196/20066>
- Vinolo Gil, M. J., Gonzalez-Medina, G., Lucena-Anton, D., Perez-Cabezas, V., Ruiz-Molinero, M. D. C., & Martín-Valero, R. (2021). Augmented Reality in Physical Therapy: Systematic Review and Meta-analysis. *JMIR serious games*, 9(4), e30985. <https://doi.org/10.2196/30985>
- Vrontis, D. & Christofi, M. (2019). R&D internationalization and innovation: A systematic review, integrative framework and future research directions. *Journal of Business Research*
- Wang, M., & Reid, D. (2011). Virtual reality in pediatric neurorehabilitation: attention deficit hyperactivity disorder, autism and cerebral palsy. *Neuroepidemiology*, 36(1), 2–18. <https://doi.org/10.1159/000320847>
- Weech, S., Kenny, S., & Barnett-Cowan, M. (2019). Presence and Cybersickness in Virtual Reality Are Negatively Related: A Review. *Frontiers in psychology*, 10, 158. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00158>
- Weibel, D., Wissmath, B., & Mast, F. W. (2010). Immersion in mediated environments: the role of personality traits. *Cyberpsychology, behavior and social networking*, 13(3), 251–256. <https://doi.org/10.1089/cyber.2009.0171>

Weiss, P. L., Tirosh, E., & Fehlings, D. (2014). Role of virtual reality for cerebral palsy management. *Journal of child neurology*, 29(8), 1119–1124. <https://doi.org/10.1177/0883073814533007>

Winkler D, Unsworth C, Sloan S. Factors that lead to successful community integration following severe traumatic brain injury. *J Head Trauma Rehabil* 2006;21:8–21.

Witmer, B. G., and Singer, M. J. (1994). *Measuring Immersion in Virtual Environments*. Technical Report 1014. Alexandria, VA: U.S. Army Research Institute. doi: 10.21236/ADA286183

Witmer, B. G., and Singer, M. J. (1998). Measuring presence in virtual environments: a presence questionnaire. *Presence Teleoper. Virtual Environ.* 7, 225–240. doi: 10.1162/105474698565686

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Heeter, C. (1992). Being there: the subjective experience of presence. *Presence Teleoper. Virtual Environ.* 1, 262–271. doi: 10.1162/pres.1992.1.2.262

Sadowski, W., and Stanney, K. (2002). “Presence in virtual environments,” in *Handbook of Virtual Environments: Design, Implementation, and Applications*, ed. K. M. Stanney (Boca Raton: FL: CRC Press), 791–807