



ΤΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΝΕΥΡΟΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Διευθυντής ΠΜΣ: Καθηγητής ΕΥΘΥΜΙΟΣ Γ. ΔΑΡΔΙΩΤΗΣ

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

**Η Εικονική Πραγματικότητα ως μέσο αποκατάστασης στην
εγκεφαλική παράλυση**

Καργάκη Ιωάννα

Εργοθεραπεύτρια

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των
απαιτήσεων για την απόκτηση του
Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης
«ΝΕΥΡΟΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ»

Λάρισα, Ιανουάριος 2024



DEPARTMENT OF MEDICINE
SCHOOL OF HEALTH SCIENCES
UNIVERSITY OF THESSALY



POSTGRADUATE PROGRAM
NEUROREHABILITATION

Director of the Postgraduate Program: Professor EFTHIMIOS G.
DARDIOTIS

POSTGRADUATE THESIS

The Rehabilitative Effects of Virtual Reality on Cerebral Palsy

Kargaki Ioanna
Occupational Therapist

Submitted for partial completion of
requirements in order to obtain the
Master of Science Degree on
«NEUROREHABILITATION»

Larisa, January 2024

«Βεβαιώνω ότι η παρούσα διπλωματική εργασία είναι αποτέλεσμα δικής μου δουλειάς και δεν αποτελεί προϊόν αντιγραφής. Στις δημοσιευμένες ή μη δημοσιευμένες πηγές έχω χρησιμοποιήσει εισαγωγικά και όπου απαιτείται έχω παραθέσει της πηγές τους στο τμήμα της βιβλιογραφίας:

Υπογραφή: Καργάκη Ιωάννα »

ΚΑΡΓΑΚΗ ΙΩΑΝΝΑ

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Επιστημών Υγείας, Τμήμα Ιατρικής, 2024

ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΕΥΘΥΜΙΟΣ Γ. ΔΑΡΔΙΩΤΗΣ

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΝΕΥΡΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Επιβλέπων:

Σγάντζος Μάρκος, Αναπλ. Καθηγητής Ανατομίας-Ιστορίας της Ιατρικής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή:

1. Σγάντζος Μάρκος, Αναπλ. Καθηγητής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας
2. Δαρδιώτης Ευθύμιος, Καθηγητής Νευρολογίας Πανεπιστημίου Θεσσαλίας
3. Σιώκας Βασίλειος, Διδάκτορας Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Αναπληρωματικό μέλος:

.....

Τίτλος εργασίας στα αγγλικά:

The Rehabilitative Effects of Virtual Reality on Cerebral Palsy

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή μου, κ. Σγάντζο Μάρκο για την καθοδήγηση για την υλοποίηση της διπλωματικής μου εργασίας. Επίσης, θα ήθελα να αναφέρω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου και στους κοντινούς μου ανθρώπους που με στηρίζουν σε κάθε μου νέο ξεκίνημα.

Περίληψη

Εισαγωγή: Οι νευρολογικές διαταραχές αποτελούν την κύρια αιτία αναπηρίας παγκοσμίως. Στην παιδική ηλικία, η νευρολογική διαταραχή που εμφανίζεται με μεγαλύτερη συχνότητα είναι η εγκεφαλική παράλυση (CP). Η εγκεφαλική παράλυση (CP) οφείλεται σε μη προοδευτική βλάβη που συμβαίνει στον αναπτυσσόμενο εγκέφαλο. Οι κινητικές εκδηλώσεις της ποικίλουν σε μορφή και σε σοβαρότητα. Οι κινητικές διαταραχές σχετίζονται σημαντικά με περιορισμούς στην λειτουργικότητα των παιδιών. Η εξέλιξη των συστημάτων εικονικής πραγματικότητας οδήγησε την ένταξη τους σε προγράμματα κινητικής νευροαποκατάστασης σε παιδιατρικούς ασθενείς με εγκεφαλική παράλυση (CP).

Σκοπός: Βασικός σκοπός της παρούσας έρευνας είναι η μελέτη της επίδρασης των θεραπειών που βασίζονται στην χρήση συστημάτων εικονικής πραγματικότητας στο πλαίσιο κινητικής νευροαποκατάστασης παιδιατρικών ασθενών με εγκεφαλική παράλυση.

Μεθοδολογία: Πραγματοποιήθηκε μία βιβλιογραφική ανασκόπηση, για την οποία αναζητήθηκαν σχετικά άρθρα στις βάσεις δεδομένων PubMed και Scopus, με λέξεις κλειδιά «Cerebral Palsy», «Virtual Reality», «Upper Limb» και «Lower Limb». Από τα αποτελέσματα των αναζητήσεων επιλέχθηκαν τα κατάλληλα για την παρούσα βιβλιογραφική ανασκόπηση, με γνώμονα συγκεκριμένων κριτηρίων εισαγωγής και αποκλεισμού.

Αποτελέσματα: Συνολικά επιλέχθηκαν και αναλύθηκαν 13 μετά – αναλύσεις. Τα ευρήματα των μετά – αναλύσεων κατηγοριοποιήθηκαν βάσει των αποτελέσματα της κινητικής αποκατάστασης (λειτουργία άνω άκρων, δεξιότητες αδρής κινητικότητας, ισορροπία και στατικός έλεγχος) και της διερεύνησης των χαρακτηριστικών της παρέμβασης με χρήση συστημάτων εικονικής πραγματικότητας.

Συζήτηση – Συμπεράσματα: Οι παρεμβάσεις που βασίζονται σε συστήματα εικονικής πραγματικότητας φαίνεται να είναι αποτελεσματικές στο πλαίσιο της κινητικής νευροαποκατάστασης των παιδιών με εγκεφαλική παράλυση (CP). Είναι σημαντική η συμβολή τους σε συνδυασμό με άλλες συμβατές θεραπείες. Κρίνεται αναγκαία η διερεύνηση της αποτελεσματικότητας σε όλους τους φαινότυπους της εγκεφαλικής παράλυσης και η ανάπτυξη κατευθυντήριων οδηγιών αξιοποίησης της εικονικής πραγματικότητας στο χώρο της παιδιατρικής αποκατάστασης.

Λέξεις κλειδιά: εγκεφαλική παράλυση, παιδιά, αποκατάσταση, κινητική αποκατάσταση, εικονική πραγματικότητα

ABSTRACT

Introduction: Neurological disorders are the leading cause of disability worldwide. In childhood the main representative of these disorders is cerebral palsy (CP). Cerebral palsy (CP) is caused by non-progressive damage that occurs in the developing brain. Its motor disorders vary in type and severity, and they are significantly related to functional limitations in children. The progress in virtual reality systems has led to their inclusion in motor neurorehabilitation programs for pediatric patients with cerebral palsy (CP).

Purpose: The main purpose of this research is to study the effect of treatments based on the use of virtual reality systems during motor neurorehabilitation sessions of pediatric patients with cerebral palsy.

Methodology: A literature review was conducted, for which relevant articles were searched in the PubMed and Scopus databases, using the keywords 'Cerebral Palsy', 'Virtual Reality', 'Upper Limb' and 'Lower Limb'. From the results of the searches, those suitable for the present bibliographical review were selected, guided by specific inclusion and exclusion criteria.

Results: Thirteen post-analyses were selected and analyzed. Their data were categorized based on motor rehabilitation outcomes (upper extremity function, gross motor skills, balance and static control) and investigation of intervention characteristics using virtual reality systems.

Discussion-Conclusions: Interventions based on virtual reality systems appear to be effective in the context of motor neurorehabilitation of children with cerebral palsy (CP). Their contribution in combination with other compatible treatments is important. It is considered necessary to investigate the effectiveness in all cerebral palsy phenotypes and to develop guidelines for the use of virtual reality in the field of pediatric rehabilitation.

Key words: Cerebral palsy, Children, Rehabilitation, Motor Rehabilitation, Virtual Reality

Περιεχόμενα

Εισαγωγή	9
Γενικό Μέρος	10
Κεφάλαιο 1. Εγκεφαλική Παράλυση	10
1.1 Ορισμός της εγκεφαλικής παράλυσης.....	10
1.2 Σύστημα ταξινόμησης εγκεφαλικής παράλυσης	11
Κεφάλαιο 2 Εικονική Πραγματικότητα.....	14
2.1 Ορισμός Εικονικής Πραγματικότητας.....	14
2.2 Εικονική πραγματικότητα στην ιατρική κοινότητα	15
Κεφάλαιο 3. Μέθοδοι παρέμβασης στην εγκεφαλική παράλυση	16
Κεφάλαιο 4. Εικονική Πραγματικότητα στη Εγκεφαλική Παράλυση	18
Ειδικό μέρος	22
Σκοπός και Επιμέρους Στόχοι.....	22
Μεθοδολογία.....	23
Αποτελέσματα.....	25
Συζήτηση	46
Συμπεράσματα.....	50
Βιβλιογραφία	51

Εισαγωγή

Οι νευρολογικές διαταραχές αποτελούν την κύρια αιτία αναπηρίας παγκοσμίως. Στην παιδική ηλικία, η νευρολογική διαταραχή που εμφανίζεται με μεγαλύτερη συχνότητα είναι η εγκεφαλική παράλυση (CP). Η εγκεφαλική παράλυση (CP) οφείλεται σε μη προοδευτική βλάβη που συμβαίνει στον αναπτυσσόμενο εγκέφαλο. Η αιτιολογία και ο φαινότυπος της εμφανίζουν μεγάλη ποικιλία. Οι εκδηλώσεις της σχετίζονται με διαταραχές στην κινητική λειτουργία, στις ανώτερες γνωστικές λειτουργίες, τη συμπεριφορά και μία σειρά άλλων διαταραχών σε διάφορα συστήματα του ανθρώπινου οργανισμού. Η διεπιστημονική προσέγγιση των ασθενών και της οικογένειας αποτελεί το κλειδί για μια αποτελεσματική παρέμβαση, με απώτερο σκοπό την αύξηση της λειτουργικότητας των παιδιών με εγκεφαλική παράλυση (CP).

Οι κινητικές διαταραχές αποτελούν σημαντικό εμπόδιο στην καθημερινότητα των παιδιών. Συναντάται μια πληθώρα μεθόδων παρέμβασης σχετιζόμενη με την κινητική νευροαποκατάσταση στην ιατρική κοινότητα. Η ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας οδήγησε στην όλο και αυξανόμενη είσοδο της στο επιστημονικό πεδίο της αποκατάστασης, τόσο στον τομέα της αξιολόγησης όσο και της παρέμβασης. Ιδιαίτερα, τα συστήματα εικονικής πραγματικότητας, ως ένα νέο εξελισσόμενο εργαλείο του σύγχρονου κόσμου, τείνουν να εδραιωθούν στον χώρο της νευροαποκατάστασης. Η ευελιξία των συστημάτων αυτών όσον αφορά την προσαρμοστικότητα των παραμέτρων τους σε διάφορες κλινικές οντότητες αποτελεί το σπουδαιότερο χαρακτηριστικό τους για την ένταξή τους σε προγράμματα αποκατάστασης παιδιατρικών ασθενών με εγκεφαλική παράλυση.

Γενικό Μέρος

Κεφάλαιο 1. Εγκεφαλική Παράλυση

1.1 Ορισμός της εγκεφαλικής παράλυσης

Η εγκεφαλική παράλυση είναι η πιο συχνή αιτία ανικανότητας στην παιδική ηλικία. Το εύρος της σοβαρότητας κυμαίνεται από πλήρη εξάρτηση έως πλήρη ανεξαρτησία. Περιγράφηκε για πρώτη φορά από τον William Little το 1961 και μέχρι σήμερα αποτελεί σημαντικό πεδίο έρευνας στον ιατρικό χώρο. Ο πιο πρόσφατος και ολοκληρωμένος ορισμός της εγκεφαλικής παράλυσης δημοσιεύτηκε από μια ομάδα ερευνητών το 2005 και είναι ο ακόλουθος: «*Η εγκεφαλική παράλυση (CP) περιγράφει μια ομάδα διαταραχών της ανάπτυξης της κίνησης και της στάσης του σώματος, που προκαλούν περιορισμό της δραστηριότητας, που αποδίδονται σε μη προοδευτικές διαταραχές που εμφανίστηκαν στον αναπτυσσόμενο εμβρυϊκό ή βρεφικό εγκέφαλο. Οι κινητικές διαταραχές της εγκεφαλικής παράλυσης συχνά συνοδεύονται από διαταραχές της αίσθησης, της γνωστικής λειτουργίας, της επικοινωνίας, της αντίληψης ή/και της συμπεριφοράς και από διαταραχή επιληπτικών κρίσεων*». (Bax et al, 2005; Arseniou et al., 2020; Liampas et al. 2024).

Με γνώμονα τον ορισμό γίνεται αντιληπτό πως πρόκειται για μία μόνιμη διαταραχή, μη εξελισσόμενη στο κεντρικό νευρικό σύστημα, που λαμβάνει χώρα από την εμβρυϊκή ζωή έως τα δύο πρώτα χρόνια ζωής του παιδιού. Η βλάβη είναι μη προοδευτική παρόλα αυτά η κλινική εικόνα του παιδιού μεταβάλλεται εξαιτίας της αναπτυξιακής πορείας. Πέρα από τα κινητικά ελλείματα που την χαρακτηρίζουν, μπορεί να ανιχνευτούν μία πληθώρα ελλειμάτων σε διάφορους τομείς ανάπτυξης του παιδιού. Τα συνοδά ελλείματα σε συνδυασμό με τα κινητικά είναι αυτά που θα καθορίσουν τους λειτουργικούς περιορισμούς του ατόμου. Αυτός ο πιο πρόσφατος ορισμός αναγνωρίζει την πολυπλοκότητα της κατάστασης και τον αντίκτυπο των σχετικών βλαβών. (McIntyre et al, 2011) Η εγκεφαλική παράλυση αποτελεί μια κλινική οντότητα, η οποία χαρακτηρίζεται από σημαντική ετερογένεια.

Παγκοσμίως, ο επιπολασμός της εγκεφαλικής παράλυσης παραμένει σταθερός σε 2 με 3 περιστατικά ανά 1000 ζωντανές γεννήσεις, παρά την σημαντική εξέλιξη στην μαιευτική και νεογνική φροντίδα. (Moreno-De-Luca κ.ά., 2012; Liampas et al. 2020; Rikos et al., 2022) Τα αίτια της εγκεφαλικής παράλυσης έχουν αποδοθεί σε ένα ευρύ φάσμα προγεννητικών, περιγεννητικών και μεταγεννητικών παραγόντων. Τα πιο συχνά προγεννητικά αίτια είναι η λοίμωξη της μητέρας, η δίδυμη κύηση, επιπλοκές της κύησης, διάρκεια κύησης μικρότερη των 38 εβδομάδων και οι γενετικές δυσπλασίες. Όσον αφορά τα περιγεννητικά αίτια είναι ο νεογνικός ίκτερος, ισχαιμία,

εγκεφαλική αιμορραγία, τραύματα κεφαλής και μολύνσεις του Κεντρικού Νευρικού Συστήματος (ΚΝΣ). Τα τελευταία δύο μπορούν να συμπεριληφθούν και στα μεταγεννητικά αίτια. Η διάγνωση της εγκεφαλικής παράλυσης βασίζεται σε ένα συνδυασμό αξιολογητικών μέσων, συγκεκριμένα της νευρολογικής εξέτασης του νεογνού, διαφόρων μεθόδων νευροαπεικόνισης και του εντοπισμού παραγόντων κινδύνου μέσω του λεπτομερούς ιατρικού ιστορικού. Η νευροαπεικόνιση, ιδιαίτερα η συμβατική μαγνητική τομογραφία εγκεφάλου (MRI), αποτελεί ένα ισχυρό εργαλείο στην αξιολόγηση του παιδιού με υποψία εγκεφαλικής παράλυσης. Η μαγνητική τομογραφία μπορεί να διασαφηνίσει το χρόνο του τραυματισμού και να συμβάλει στην κατανόηση της αιτιολογίας και της παθογένειας που κρύβεται πίσω από την κλινική εικόνα του παιδιού (Krägeloh-Mann & Horber, 2007; Siokas et al., 2020; Siokas et al., 2022). Το μοτίβο των ευρημάτων της νευροαπεικόνισης έχει αποδειχθεί ότι σχετίζεται με το φαινότυπο της εγκεφαλικής παράλυσης (Krägeloh-Mann & Horber, 2007; Towsley et al, 2011; Sokratous et al., 2016; Stamati et al. 2019; Yagolovich et al. 2024). Επιπλέον, με βάση την σύγχρονη βιογραφία, εντοπίζονται μεταβολικές, γενετικές και γονιδιακές αιτίες που σχετίζονται με την εκδήλωση της, συμβάλλοντας στην διάγνωση ασθενών με αρνητικά ευρήματα στην νευροαπεικόνιση και με απουσία παραγόντων κινδύνου κατά την λήψη ιατρικού ιστορικού. Έχουν καταγραφεί έξι γονίδια που ενοχοποιούνται για την εμφάνιση φαινοτύπου εγκεφαλικής παράλυσης (Moreno-De-Luca et al, 2012; Chelban et al., 2019; Clarimon et al., 2005; Dardiotis et al., 2014).

1.2 Σύστημα ταξινόμησης εγκεφαλικής παράλυσης

Υπάρχει μια πληθώρα συστημάτων ταξινόμησης της εγκεφαλικής παράλυσης, εξαιτίας της μεγάλης ετερογένειας τόσο στο φαινότυπο όσο και στην αιτιολογία της. Οι πιο συχνές ταξινομήσεις και διεθνώς αναγνωρισμένες είναι τρεις σε αριθμό. Με βάση το τύπο της κινητική διαταραχής και της διαταραχής του μυϊκού τόνου, αναφέρονται οι παρακάτω τύποι:

1. **Σπαστική εγκεφαλική παράλυση:** χαρακτηρίζεται από υπερτονία – σπαστικότητα. Η σπαστικότητα αποτελεί μια διαταραχή του αισθητικοκινητικού ελέγχου που προκύπτει από βλάβη του ανώτερου κινητικού νευρώνα, που παρουσιάζεται ως διαλείπουσα ή παρατεταμένη ακούσια ενεργοποίηση των μυών. (BurrIDGE et al, 2005; Dardiotis et al., 2019; Dardiotis et al., 2017; Dardiotis et al., 2020).
2. **Δυσκινητική εγκεφαλική παράλυση:** χαρακτηρίζεται είτε από αθέτωση είτε από δυστονία. Η αθέτωση παρουσιάζεται με υπερκινησίες, ενώ η δυστονία με υποτονία και υπερκινησία.

3. **Αταξική εγκεφαλική παράλυση:** χαρακτηρίζεται από ελλείματα στον μυϊκό συντονισμό, με αποτέλεσμα οι κινήσεις να υπολείπονται σε ρυθμό, δύναμη και ακρίβεια.
4. **Υποτονική εγκεφαλική παράλυση :** χαρακτηρίζεται από υποτονία.
5. **Μεικτή εγκεφαλική παράλυση:** χαρακτηρίζεται κυρίως από συνδυασμό σπαστικότητας και δυστονίας.

Η σπαστικού τύπου εγκεφαλική παράλυση είναι η πιο συχνά εκδηλωμένη μορφή σε ποσοστό που πλησιάζει το 85 με 95 % των περιστατικών. Ακολουθεί ο δυσκινητικός τύπος με ποσοστό 7 % και ο αταξικός με 4 %.

Με βάση τη τοπογραφία – κατανομή της κινητικής διαταραχής είναι οι επακόλουθοι τύποι:

1. **Μονοπληγία:** η προσβολή περιορίζεται σε ένα μόνο άκρο.
2. **Ημιπληγία:** προσβάλλεται η μία πλευρά του σώματος
3. **Διπληγία:** προσβάλλονται και τα τέσσερα άκρα του σώματος. Η κατανομή της προσβολής είναι άνιση, με τα άνω άκρα να επηρεάζονται περισσότερο από τα κάτω άκρα.
4. **Τετραπληγία:** προσβάλλονται και τα τέσσερα άκρα.

Οι δύο παραπάνω ταξινομήσεις παραθέτουν χρήσιμες πληροφορίες για την κλινική εικόνα του ατόμου, δίχως να πληροφορούν για τις λειτουργικές ικανότητες του. Το έλλειμα αυτό εντοπίστηκε από την ιατρική κοινότητα, με αποτέλεσμα το 1997 δημιουργήθηκε από μια ομάδα ερευνητών ένα λειτουργικό σύστημα ταξινόμησης, το Gross Motor Functional Classification System (GMFCS) που απευθυνόταν σε παιδιά από 2 έως 12 ετών. (R. Palisano et al, 1997). Μέσα στο πέραςμα των χρόνων, δημοσιεύτηκε η αναθεωρημένη μορφή του, που καλύπτει ηλικίες από 2 έως 18 ετών. Η ταξινόμηση αυτή επικεντρώνεται στη αδρή κινητική λειτουργία και την χωρίζει σε 5 επίπεδα. Το επίπεδο της λειτουργικότητας ελαττώνεται από το Επίπεδο 1 έως το Επίπεδο 5. Σε κάθε ηλικία οι κινητικές δεξιότητες που αναπτύσσονται είναι διαφορετικές. Εξαιτίας αυτού έχουν δημοσιευτεί διαφορετικά επίπεδα λειτουργικότητας με βάση τα αναπτυξιακά ορόσημα για τις ηλικιακές ομάδες, 1 έως 2 ετών, 2 έως 4 ετών, 4 έως 6 ετών, 6 έως 12 ετών και 12 έως 18 ετών (Paulson & Vargus-Adams, 2017; Dardiotis et al., 2019; Dewan et al., 2021; Hadjigeorgiou et al., 2019). Ενδεικτικά, δίνονται στον Πίνακα 1 τα επίπεδα λειτουργικότητας με βάση το Gross Motor Functional Classification System για την ηλικιακή ομάδα 6 έως 12 ετών, (R. J. Palisano et al, 2008).

Πίνακας 1: Επίπεδα λειτουργικότητας παιδιών 6-12 ετών με βάση GMFCS

Επίπεδο 1	Τα παιδιά βαδίζουν στο σπίτι, στο σχολείο, σε εξωτερικούς χώρους και στην κοινότητα. Μπορούν να ανεβαίνουν τη σκάλα χωρίς τη χρήση κουπαστής. Τα παιδιά εκτελούν αδρές κινητικές δεξιότητες, όπως τρέξιμο και άλμα, αλλά η ταχύτητα, η ισορροπία και ο συντονισμός είναι περιορισμένα.
Επίπεδο 2	Τα παιδιά βαδίζουν στους περισσότερους χώρους και ανεβαίνουν τη σκάλα κρατώντας την κουπαστή. Ενδεχομένως δυσκολεύονται να βαδίσουν μεγάλες αποστάσεις και να ισορροπήσουν σε ανώμαλο έδαφος, ανηφόρες-κατηφόρες, πολυκοσμία ή περιορισμένο χώρο. Τα παιδιά ενδεχομένως βαδίζουν με σωματική βοήθεια, βοήθημα βάδισης ή χρησιμοποιούν αναπηρικό αμαξίδιο σε μεγάλες αποστάσεις. Τα παιδιά έχουν πολύ περιορισμένη ικανότητα να εκτελέσουν αδρές κινητικές δεξιότητες, όπως τρέξιμο και άλμα.
Επίπεδο 3	Τα παιδιά βαδίζουν χρησιμοποιώντας βοήθημα βάδισης στους περισσότερους εσωτερικούς χώρους. Ενδεχομένως ανεβαίνουν τη σκάλα κρατώντας την κουπαστή με επίβλεψη ή βοήθεια. Όταν κάνουν μεγάλες αποστάσεις, τα παιδιά χρησιμοποιούν αναπηρικό αμαξίδιο, το οποίο είναι πιθανόν χειροκίνητο για τις μικρότερες αποστάσεις.
Επίπεδο 4	Τα παιδιά χρησιμοποιούν τρόπους μετακίνησης που απαιτούν σωματική βοήθεια ή μηχανοκίνητο αναπηρικό αμαξίδιο στους περισσότερους χώρους. Ενδεχομένως βαδίζουν μικρές αποστάσεις στο σπίτι με σωματική βοήθεια ή χρησιμοποιώντας μηχανοκίνητο αναπηρικό αμαξίδιο ή περιπατητήρα με στήριξη σώματος, αφού τοποθετηθούν από άλλους. Στο σχολείο, στους εξωτερικούς χώρους και στην κοινότητα τα παιδιά μεταφέρονται από άλλους με χειροκίνητο αναπηρικό αμαξίδιο ή χρησιμοποιούν μηχανοκίνητο αναπηρικό αμαξίδιο.
Επίπεδο 5	Τα παιδιά μεταφέρονται από άλλους με χειροκίνητο αναπηρικό αμαξίδιο σε όλους τους χώρους. Τα παιδιά περιορίζονται ως προς την ικανότητά τους να διατηρήσουν τις αντιβαρυντικές στάσεις κεφαλής και κορμού και να ελέγξουν τις κινήσεις των άνω και κάτω άκρων.

Επιστημονική απόδοση στα Ελληνικά: Βασίλειος Χ. Σκουτέλης, Ζαχαρίας Δημητριάδης και Ευστρατία Καλαμβόκη, 2018.

Κεφάλαιο 2 Εικονική Πραγματικότητα

2.1 Ορισμός Εικονικής Πραγματικότητας

Η Εικονική Πραγματικότητα αφορά τη χρήση αλληλεπιδραστικών αναπαραστάσεων, που δημιουργούνται μέσω της χρήσης λογισμικού (software) και εξαρτημάτων του ηλεκτρονικού υπολογιστή (hardware), παρέχοντας στους χρήστες τη δυνατότητα να εμπλακούν σε περιβάλλοντα που προσομοιάζουν γεγονότα και αντικείμενα του πραγματικού κόσμου. Έτσι, οι χρήστες έχουν τη ευκαιρία να αλληλεπιδρούν με εικόνες, να χειρίζονται και να μετακινούν εικονικά αντικείμενα, να εκτελούν ενέργειες, δημιουργώντας την αίσθηση της εμπύθισης και της παρουσίας στον εικονικό κόσμο (Weiss et al, 2004; Jang et al., 2018; Liampas et al., 2024; Liampas et al., 2020).

Τα εικονικά περιβάλλοντα βιώνονται με τη βοήθεια ειδικού λογισμικού (software) και εξοπλισμού (hardware) του υπολογιστή, που επιτρέπουν την είσοδο και έξοδο πληροφοριών. Η είσοδος σε ένα εικονικό περιβάλλον επιτρέπει στο χρήστη την πλοήγηση και τον χειρισμό αντικειμένων σε ένα εικονικό πλαίσιο. Η είσοδος μπορεί να επιτευχθεί μέσω διάφορων συσκευών εισόδου. Οι συσκευές εισόδου ποικίλουν από συμβατές συσκευές, όπως ποντίκι, πληκτρολόγιο και χειριστήριο, έως και κάμερες και αισθητήρες κίνησης. Μέσω των συσκευών εξόδου μεταφέρονται οι πληροφορίες από το σύστημα στο χρήστη. Οι συσκευές εξόδου είναι αυτές που προσφέρουν ανατροφοδότηση στο χρήστη σε πραγματικό χρόνο. Στα περισσότερα συστήματα εικονικού περιβάλλοντος η ανατροφοδότηση αυτή είναι οπτική, μέσω οθονών διαφόρων τύπων. Ωστόσο, η ανατροφοδότηση μπορεί να παρέχεται και μέσω άλλων αισθήσεων, για παράδειγμα, ακοή, αφή, κίνηση, και όσφρηση.

Βασικές έννοιες που σχετίζονται με την εικονική πραγματικότητα είναι η εμπύθιση και η αίσθηση της παρουσίας. Η εμπύθιση αφορά στο βαθμό στον οποίο ο χρήστης αντιλαμβάνεται ότι βρίσκεται στο εικονικό περιβάλλον. Τα εικονικά περιβάλλοντα μπορούν να ποικίλουν ως προς το βαθμό εμπύθισης, ο οποίος εξαρτάται από το σχεδιασμό του λογισμικού και του εξοπλισμού του ηλεκτρονικού υπολογιστή. Υπάρχουν τρία συστήματα εμπύθισης, τα οποία είναι τα εξής:

1. Συστήματα μη – εμπύθισης
2. Συστήματα ημι – εμπύθισης
3. Συστήματα πλήρους εμπύθισης

Τα συστήματα που περιλαμβάνουν προβολή σε οθόνη τοποθετημένη στη κεφαλή του χρήστη (Head-Mounted Displays) και σε μεγάλη οθόνη που αναπαριστά τον χρήστη μέσω της χρήσης κάμερας χαρακτηρίζονται ως συστήματα πλήρους εμπύθισης και ημι- εμπύθισης αντίστοιχα. Η

προβολή εικόνων - σχημάτων σε συμβατική οθόνη υπολογιστή χαρακτηρίζεται ως σύστημα μη – εμπύθισης. Η παρουσία είναι η υποκειμενική εμπειρία του χρήστη και εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του συστήματος εικονικής πραγματικότητας, την ενέργεια που πραγματοποιείται στο εικονικό περιβάλλον και τα χαρακτηριστικά του χρήστη.(Laver et al, 2017)

2.2 Εικονική πραγματικότητα στην ιατρική κοινότητα

Κατά τα μέσα έως τα τέλη της δεκαετίας του 1990, οι τεχνολογίες εικονικής πραγματικότητας άρχισαν να αναπτύσσονται και να μελετώνται ως πιθανά εργαλεία αξιολόγησης, αποκατάστασης και θεραπευτικής παρέμβασης στην ιατρική κοινότητα (Weiss κ.ά., 2004). Η εικονική πραγματικότητα χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στην ιατρική κοινότητα το 1996, για την εκπαίδευση φοιτητών ιατρικής σε χειρουργικές επεμβάσεις. Την ίδια δεκαετία αξιοποιήθηκε ως μέθοδος θεραπείας σε ψυχιατρικές διαταραχές, όπως μετατραυματικό στρες, φοβίες και διατροφικές διαταραχές, καθώς και στην διαχείριση του πόνου σε ιατρικές παρεμβάσεις. Τέλος, καταγράφηκαν αρκετές έρευνες για την χρήση της στην αξιολόγηση και αποκατάσταση γνωστικών λειτουργιών, όπως η οπτική αντίληψη και οι εκτελεστικές λειτουργίες (Schultheis & Rizzo, 2001).

Η χρήση της εικονικής πραγματικότητας δεν περιορίστηκε μόνο σε γνωστικές και ψυχιατρικές διαταραχές. Ήδη από τη δεκαετία του 1990 αναπτύχθηκαν εξειδικευμένα λογισμικά και εξοπλισμοί που συμβάλλουν στην κινητική αποκατάσταση ασθενών. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι η δημιουργία απτικών συσκευών (haptic devices) για την αξιολόγηση και αποκατάσταση κινητικού συντονισμού σε ασθενείς, εξειδικευμένα γάντια κατάλληλης τεχνολογίας για την ενδυνάμωση της άκρας χείρας και τη βελτίωση του εύρους και της ταχύτητας κίνησης της. Οι εφαρμογές της εικονικής πραγματικότητας στην αποκατάσταση είχαν ως κοινό στόχο στην ανάπτυξη ενός εικονικού περιβάλλοντος που προσομοιάζει τη πραγματικότητα, μέσα στο οποίο ο χρήστης – ασθενής βελτιώνει κινητικές, γνωστικές και μεταγνωστικές δεξιότητες, με απώτερο στόχο την αύξηση της λειτουργικότητάς του και τη συμμετοχής του στη κοινότητα (Weiss et al, 2004).

Κεφάλαιο 3. Μέθοδοι παρέμβασης στην εγκεφαλική παράλυση

Η εγκεφαλική παράλυση είναι η πιο συχνή αιτία αναπηρίας της παιδικής ηλικίας. Η αιτιολογική βλάβη του εγκεφάλου χαρακτηρίζεται στατική, οι κινητικές εκδηλώσεις όμως και τα δευτερογενή μυοσκελετικά προβλήματα μεταβάλλονται με τη πάροδο του χρόνου. Πέραν των κινητικών εκδηλώσεων, παρουσιάζεται μια πληθώρα διαταραχών που αφορά τις αισθήσεις, την συμπεριφορά, τις γνωστικές λειτουργίες, το ουροποιητικό και γαστρεντερολογικό σύστημα, τη σίτιση ακόμη και την εκδήλωση κρίσεων επιληψίας. Με γνώμονα την ετερογένεια της πάθησης, προκύπτουν λειτουργικοί περιορισμοί που πρέπει να αξιολογηθούν και να τεθούν υπό την διαχείριση μίας διεπιστημονικής ομάδας ειδικών.

Η διεπιστημονική ομάδα αποτελείται από ιατρούς διαφόρων ειδικοτήτων και θεραπειών εξειδικευμένων στην αποκατάσταση. Οι πιο συχνές ιατρικές ειδικότητες που εμπλέκονται είναι φυσίατρος, παιδονευρολόγος, παιδοορθοπαιδικός, παιδοχειρουργός και παιδίατρος. Ενώ η ομάδα συμπληρώνεται από εργοθεραπευτές, φυσικοθεραπευτές, λογοθεραπευτές, ψυχολόγους και ειδικούς παιδαγωγούς (Paul et al, 2022). Τα λειτουργικά ελλείματα που προκύπτουν από τις κινητικές και συνοδές διαταραχές επηρεάζουν αρκετές από τις πτυχές της ζωής του ατόμου. Τα αποκαταστασιακά προγράμματα έχουν μεγάλη διάρκεια στο χρόνο. Ως εκ τούτου, η εμπλοκή των ειδικών μπορεί να αλλάζει με τη πάροδο του χρόνου (Faccioli et al, 2023; Luijten et al., 2021; Mamalaki et al., 2018; Michelakakis et al., 2012).

Η παρέμβαση στη εγκεφαλική παράλυση αποσκοπεί στη βελτίωση της λειτουργικής ικανότητας, στην επίτευξη ανεξαρτησίας και στη διαχείριση δευτερογενών επιπλοκών. Οι κλινικοί ιατροί και θεραπευτές είναι ωφέλιμο να επιλέγουν τεκμηριωμένες μεθόδους παρέμβασης σε επίπεδο δραστηριοτήτων και συμμετοχής, με γνώμονα την ενίσχυση των δυνατών σημείων του παιδιού, τα ενδιαφέροντά και τα κίνητρά του. Αυτό είναι σημαντικό καθώς θα συμβάλλει στην διασφάλιση μίας ποιοτικής καθημερινότητας χωρίς αποκλεισμούς (Novak et al, 2013). Με βάση το Διεθνές Σύστημα Ταξινόμησης της Λειτουργικότητας, της Αναπηρίας και της Υγείας (World Health Organization's International Classification of Functioning, Disability and Health, ICF) η εγκεφαλική παράλυση έχει επιπτώσεις στη δομή και τη λειτουργία του σώματος (body structure and function), στη δραστηριότητα (activity) καθώς και στη συμμετοχή των παιδιών (participation).

Τα τελευταία χρόνια οι ειδικοί αξιοποιούν όλο και πιο συχνά μεθόδους παρέμβασης που επικεντρώνονται άμεσα στη δραστηριότητα και τη συμμετοχή του παιδιού σε σχέση με το παρελθόν που εστίαζαν στις δομές και τις λειτουργίες του σώματος (Tooney et al, 2017). Οι

μέθοδοι αυτοί ακολουθούν το μοντέλο «top – down approach» και την θεωρία της νευροπλαστικότητας (Novak et al, 2013).

Οι πιο συχνές διαταραχές του μυϊκού τόνου που παρατηρούνται στην εγκεφαλική παράλυση είναι η σπαστικότητα και η δυστονία. Αποτελεί μεγάλη πρόκληση η διαχείριση της υπεرتونίας – σπαστικότητας διότι προκαλεί μεταγενέστερα δευτερογενείς επιπλοκές, όπως είναι οι παραμορφώσεις, ο περιορισμός εύρους κίνησης των αρθρώσεων, ο πόνος και οι λειτουργικοί περιορισμοί. Ευρέως διαδεδομένοι μέθοδοι παρέμβασης είναι οι ενέσεις βοτουλινικής τοξίνης (BoNT-A injections), η ενδοραχιαία αντλία μπακλοφένης (ITB) και η φαρμακευτική αγωγή από το στόμα (μπακλοφένη, τιζανιδίνη και διαζεπάμη). Στη σύγχρονη βιβλιογραφία επισημαίνεται η σπουδαιότητα της επικέντρωσης των κλινικών, πέραν από την διαχείριση του διαταραγμένου μυϊκού τόνου, με την μυϊκή αδυναμία που επιφέρει εξίσου σημαντικούς λειτουργικούς περιορισμούς (Basu et al, 2015; Kerr Graham et al, 2016).

Οι παρεμβάσεις μέσω στοχοκατευθυνόμενων δραστηριοτήτων (task specific, goal directed skill training) χαρακτηρίζονται αποτελεσματικές για την βελτίωση του κινητικού συντονισμού και της απόδοσης. Τα αποτελέσματα της μεθόδου είναι πιο θετικά στην κινητική αποκατάσταση των άνω άκρων σε σχέση με τα κάτω άκρα (Kerr Graham et al, 2016). Σε σύγχρονη ανασκόπηση τεχνικών παρέμβασης κάτω άκρων φαίνεται πως τα προγράμματα που επικεντρώνονται στην ενδυνάμωση συγκεκριμένων αδύναμων μυϊκών ομάδων φέρουν θετικά αποτελέσματα στη ισορροπία και την αδρή κινητικότητα (Franki et al, 2012).

Πολλά υποσχόμενες παρεμβάσεις αποκατάστασης του άνω άκρου σε παιδιά με εγκεφαλική παράλυση αποτελούν η Constraint- Induced Movement Therapy (CIMT) καθώς και η παρέμβαση Hand-Arm Bimanual training (HABIT). Η πρώτη επικεντρώνεται στη χρήση του πιο προσβεβλημένου άνω άκρου, ενώ η δεύτερη εστιάζει στην ταυτόχρονη χρήση και των δύο. Επιπλέον, η παρέμβαση μέσω παρατήρησης (observation training) που βασίζεται στη θεωρία των αντικατροπτικών νευρών είναι αρκετά υποσχόμενη. Τέλος, αναφέρονται παρεμβάσεις που επικεντρώνονται στη χρήση ορθωτικών μέσων και η ελαστική περίδεση. (Basu et al, 2015)

Οι Faccioli et al (2023) σε μία πρόσφατη συστηματική ανασκόπηση για την κινητική αποκατάσταση παιδιών με εγκεφαλική παράλυση επισημαίνουν την χρησιμότητα της εκπαίδευσης πάνω σε κυλινόμενο διάδρομο (treadmill training), την χρήση της εικονικής πραγματικότητας (Virtual Reality) στην αποκατάσταση, το μη επεμβατικό κρανιακό ερεθισμό (Non- Invasive Brain Stimulation – NIBS) και τα προγράμματα παρέμβασης στο σπίτι.

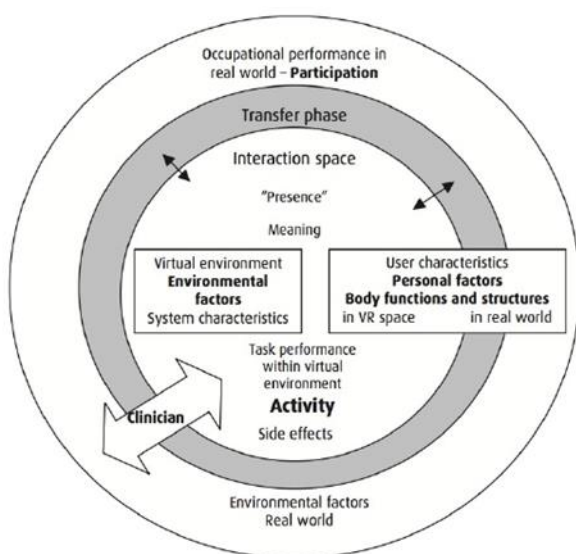
Κεφάλαιο 4. Εικονική Πραγματικότητα στη Εγκεφαλική Παράλυση

Η νευρολογική και κινητική ανάπτυξη των παιδιών με Εγκεφαλική Παράλυση επηρεάζεται από διάφορες νευρομυϊκές και μυοσκελετικές διαταραχές. Μελέτες έχουν εντοπίσει πως η σοβαρότητα των διαταραχών της κινητικής λειτουργίας είναι προγνωστικός παράγοντας για περιορισμούς στην λειτουργική κινητικότητα, την αυτοφροντίδα, την επικοινωνία, την κοινωνική αλληλεπίδραση, οι οποίοι επηρεάζουν την ανεξαρτησία των παιδιών στις δραστηριότητες καθημερινής ζωής. (Şahin et al. 2020; Nousia et al., 2021; Siokas et al., 2017; Tsika et al., 2024; Zafiriou et al., 2021). Οι επαγγελματίες αποκατάστασης στοχεύουν στη ενίσχυση των κινητικών λειτουργιών των ασθενών με απώτερο σκοπό την επίτευξη της αυτονομίας τους στις καθημερινές δραστηριότητες.

Βασικές αρχές της νευροαποκατάστασης σχετικά με την κινητική μάθηση υπογραμμίζουν την σπουδαιότητα της επαναλαμβανόμενης μαζικής άσκησης, της δοσολογίας/συχνότητας της άσκησης, της στοχοκατευθυνόμενης σε έργο άσκησης, της πολυαισθητηριακής διέγερσής και της διακυμαινόμενης δυσκολίας (Choi et al, 2021). Βιβλιογραφικά σχετικά για τη νευροπλαστικότητα επισημαίνεται η σπουδαιότητα του κινήτρου ως ένας κρίσιμος παράγοντας διαμόρφωσης της λειτουργικής πλαστικότητας. Η νευρική αναδιοργάνωση (neural reorganization) λαμβάνει χώρα σε μοριακό και συμπεριφορικό επίπεδο και σχετίζεται με παράγοντες όπως είναι η φυσιολογική ανάπτυξη, η παθοφυσιολογία, το περιβάλλον και η μέθοδος θεραπείας. Οι κλινικοί αποκατάστασης μπορούν να διαμορφώσουν ένα κατάλληλο αισθητικοκινητικό περιβάλλον χρησιμοποιώντας κίνητρα για να ενισχύσουν την αναδιοργάνωση και να βελτιστοποιήσουν τα αποτελέσματα αποκατάστασης μέσω της ενισχυμένης δέσμευσης. Αντίθετα, η έλλειψη κινήτρων μπορεί να περιορίσει τα παιδιά από το να φτάσουν τις λειτουργικές τους δυνατότητες (Tatla et al, 2013).

Μέσα από τη χρήση της εικονικής πραγματικότητας στην αποκατάσταση κατασκευάζεται ένα εικονικό περιβάλλον με απώτερο σκοπό τη προσομοίωση του πραγματικού κόσμου. Προτέρημα του αποτελεί η δυνατότητα να προσαρμόζεται με ευκολία στις ιδιαίτερες ανάγκες και χαρακτηριστικά του χρήστη. Αρκετά ωφέλιμο για την μεγάλη ποικιλομορφία που εμφανίζει ο φαινότυπος της εγκεφαλικής παράλυσης. Ένα προτεινόμενο μοντέλο για την εικονική πραγματικότητα στην αποκατάσταση που βασίζεται στην ορολογία της Διεθνούς Ταξινόμησης της Λειτουργικότητας, της Αναπηρίας και της Υγείας (ICF) είναι το μοντέλο που αποτελείται από τρεις ένθετους κύκλους: τον «χώρο αλληλεπίδρασης», τη «φάση μεταφοράς» και τον «πραγματικό κόσμο». Οι δύο παράγοντες που περικλείονται στο «χώρο αλληλεπίδρασης» επηρεάζουν τη φύση της αλληλεπίδρασης μεταξύ του χρήστη και του εικονικού περιβάλλοντος. Πρώτος παράγοντας είναι τα χαρακτηριστικά του ίδιου του χρήστη, ενώ ο δεύτερος σχετίζεται με τα χαρακτηριστικά

του εικονικού περιβάλλοντος. Τα χαρακτηριστικά του χρήστη αφορούν τις σωματικές δομές και λειτουργίες του, ενώ του εικονικού περιβάλλοντος αφορά το είδος συστήματος της εικονικής πραγματικότητας, το είδος της τεχνολογίας και τις απαιτήσεις των δραστηριοτήτων που περιλαμβάνει. Ο χρήστης αλληλοεπιδρά με το εικονικό περιβάλλον, εμπλεκόμενος σε λειτουργικές ή παιγνιώδεις δραστηριότητες διαφόρων επιπέδων δυσκολίας. Ο επόμενος κύκλος είναι η «φάση μεταφοράς», δηλαδή η μεταφορά των διαδεχθέντων δεξιοτήτων και των κατάλληλων προσαρμογών από τον εικονικό στο πραγματικό κόσμο. Τέλος, είναι ο κύκλος «πραγματικός κόσμος», σχετίζεται με τη συμμετοχή του ασθενή στις δραστηριότητες καθημερινής ζωής σε ρεαλιστικές συνθήκες, αντιμετωπίζοντας όλες τις προκλήσεις της ζωής (P. Weiss et al, 2006).



Εικόνα 1: Μοντέλο αποκατάστασης βασισμένο στην εικονική πραγματικότητα (P.Weiss et al, 2006)

Η θεραπεία μέσω εικονικής πραγματικότητας παρέχει τη δυνατότητα δημιουργίας ενός εικονικού περιβάλλοντος αποκατάστασης όπου η ένταση της άσκησης και η αισθητηριακή ανατροφοδότηση μπορούν να τροποποιηθούν ώστε να γίνει εφικτή η παροχή κατάλληλης, εξατομικευμένης και βασισμένης στο παιχνίδι κινητικής επανεκπαίδευσης στα παιδιά ή/και σε ενήλικες με νευρολογικές βλάβες (You et al, 2005). Επιπλέον, αυτή η μέθοδος ενσωματώνει θεμελιώδεις αρχές της θεωρίας της κινητικής μάθησης, επιτρέποντας στους χρήστες να παρακολουθούν την απόδοση τους μέσω χωρικών αναπαραστάσεων στις οθόνες. Με απώτερο στόχο την αύξηση της λειτουργικής ανεξαρτησίας στις καθημερινές δραστηριότητες, η εικονική πραγματικότητα παρέχει ευκαιρίες επαναλαμβανόμενης εξάσκησης και θετικής ανατροφοδότησης (Snider et al, 2010).

Η επαναληψιμότητα της άσκησης και η μεγάλη διάρκεια παρεμβάσεων είναι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά το κίνητρο συμμετοχής των παιδιών στα αποκαταστασιακά προγράμματα με συνέπειες στην επίτευξη της κινητικής μάθησης (Choi et al, 2021b). Έρευνες υποστηρίζουν πως η θεραπεία μέσω εικονικής πραγματικότητας ενισχύει το κίνητρο συμμετοχής των χρηστών.(Masseti et al, 2018)

Οι Feitosa κ.α. 2022 σε μία συστηματική ανασκόπηση, που μελετούσε την αποτελεσματικότητα της χρήσης της εικονικής πραγματικότητας στον τομέα της αποκατάστασης, επισήμαναν πως η εικονική πραγματικότητα σε συνδυασμό με παραδοσιακούς μεθόδους παρέμβασης ενίσχυσε το θεραπευτικό αποτέλεσμα σε νευρολογικούς ασθενείς. Επιπλέον, αναλύσεις λειτουργικών μαγνητικών (fMRI) αποδείχθηκαν ως αποτελεσματική μέθοδος αξιολόγησης των εγκεφαλικών αλλαγών που προκαλούνται από αποκαταστασιακά προγράμματα που βασίζονται στην εικονική πραγματικότητα.

Μία τυχαιοποιημένη κλινική μελέτη, στην οποία έλαβαν μέρος 22 παιδιά με εγκεφαλική παράλυση με ημιπληγία, η οποία μελετούσε τα αποτελέσματα της χρήσης συστημάτων εικονικής πραγματικότητας (non-immersive) ως συμπληρωματική μέθοδος θεραπείας στην λειτουργική κινητικότητα και τη βάδιση, έδειξε σημαντικές διαφορές στην λειτουργική κινητικότητα και στην κινητικότητα των αρθρώσεων που ενεργοποιούνται κατά τη βάδιση σε σχέση με την ομάδα ελέγχου. (Arnoni et al, 2022)

Κλινική μελέτη, που συμμετείχαν 8 παιδιά με σπαστικού τύπου εγκεφαλική παράλυση σύγκρινε την αποτελεσματικότητα της εκπαίδευσης σε κυλιόμενο διάδρομο (treadmill training) με ή χωρίς την χρήση της εικονικής πραγματικότητας στην βάδιση, ισορροπία, την μυϊκή δύναμη και την αδρή κινητική λειτουργία. Βρέθηκε στατιστική σημαντική διαφορά ανάμεσα στην ομάδα παρέμβασης και στην ομάδα ελέγχου, στο Gross Motor Functional Measurement (GMFM) , στο Pediatric Balance Scale (PBS), στο 10m walk test (10mWT) και στο 3m walk test (3mWT) (Cho et al, 2016).

Τυχαιοποιημένη κλινική μελέτη σύγκρινε την αποτελεσματικότητα της παρέμβασης άνω άκρου μέσω του ρομποτικού συστήματος ARMEO Spring και της συμβατικής μεθόδου παρέμβασης. Συνολικά συμμετείχαν 30 παιδιά με εγκεφαλική παράλυση ημιπληγικού τύπου, τα οποία αξιολογήθηκαν πριν και μετά τη παρέμβαση με το Modified Ashworth Scale (MAS) και το Quality of Upper Extremity Skills Test (QUEST). Στατιστικά σημαντική διαφορά καταγράφηκε, με θετικά αποτελέσματα να υπερισχύουν στην ομάδα παρέμβασης μέσω της χρήσης της εικονικής πραγματικότητας (El-Shamy, 2018).

Τυχαιοποιημένη μελέτη, όπου έλαβαν μέρος 18 παιδιά με εγκεφαλική παράλυση ημιπληγικού τύπου, μελέτησε την αποτελεσματικότητα της χρήσης εικονικής πραγματικότητας ως συμπληρωματική μέθοδος παρέμβασης στην αποκατάσταση του άνω άκρου. Πραγματοποιήθηκε αξιολόγηση πριν και μετά τη παρέμβαση με το Assisting Hand Assessment (AHA), το ABILHAND-Kids και Quality of Upper Extremity Skills Test (QUEST). Σημαντική βελτίωση σημείωσε η ομάδα παρέμβασης και στα τρία αξιολογητικά εργαλεία. Επιπλέον, εντοπίστηκε σημαντική βελτίωση στο ενεργητικό εύρος κίνησης της κάμψης των δαχτύλων, στην κάμψη και υπερέκταση της άρθρωσης του καρπού, στον πρηνισμό του αντιβραχίου (Menekseoglu et al, 2023).

Μελετήθηκε η αποτελεσματικότητα της αξιοποίησης ευρείας χρήσης συστήματος εικονικής πραγματικότητας, το Nintendo Wii-Fit video game, στην ισορροπία σε περιπατητικά παιδιά με εγκεφαλική παράλυση. Συνολικά συμμετείχαν 30 άτομα, τα οποία χωρίστηκαν σε δύο ομάδες, ομάδα παρέμβασης και ομάδα ελέγχου, με την πρώτη να παρακολουθεί αποκαταστασιακό πρόγραμμα ισορροπίας με το Nintendo Wii- Fit και η δεύτερη συμβατικό πρόγραμμα παρέμβασης. Στατιστική σημαντική διαφορά, με υπεροχή της ομάδας παρέμβασης, καταγράφηκε στα αποτελέσματα των αξιολογήσεων της ισορροπίας και του Wee-Functional Independence Measure (Wee FIM) (Tarakci et al, 2016).

Μεγαλύτερα θετικά αποτελέσματα καταγράφονται σε προγράμματα αποκατάστασης κάτω άκρων μέσω της εικονικής πραγματικότητας σε συνδυασμό με διάφορους μεθόδους όπως περπάτημα σε διάδρομο, ασκήσεις ισορροπίας, που παρέχονται μέσω εμπορικών διαθέσιμων συστημάτων εικονικής πραγματικότητας ή μέσω συστημάτων πλήρως κατασκευασμένων για αποκατάσταση. Παράλληλα οι παρεμβάσεις με εικονική πραγματικότητα που στοχεύουν στην βελτίωση της λειτουργίας των άνω άκρων φαίνεται να έχουν λιγότερο θετικά αποτελέσματα (Voinescu et al, 2021).

Ειδικό μέρος

Σκοπός και Επιμέρους Στόχοι

Βασικός σκοπός της παρούσας έρευνας είναι η μελέτη της επίδρασης της χρήσης της εικονικής πραγματικότητας στην κινητική αποκατάσταση των παιδιατρικών ασθενών με εγκεφαλική παράλυση. Λόγω της ύπαρξης μεγάλης ετερογένειας στα συστήματα εικονικής πραγματικότητας και στα προγράμματα κινητικής αποκατάστασης των παιδιατρικών ασθενών με εγκεφαλική παράλυση, κρίθηκε σκόπιμη η διερεύνηση των παραγόντων που επιδρούν θετικά ή αρνητικά στην έκβαση των αποκαταστασιακών προγραμμάτων με τη χρήση εικονικής πραγματικότητας. Στο πλαίσιο αυτό, μπορούν να διακριθούν οι παρακάτω επιμέρους στόχοι:

- Η εξέταση της αποτελεσματικότητας θεραπειών που βασίζονται στη χρήση εικονικής πραγματικότητας σε παιδιατρικούς ασθενείς με εγκεφαλική παράλυση.
- Η σύγκριση των θεραπειών που βασίζονται στη χρήση εικονικής πραγματικότητας με άλλες, συμβατικές ή μη θεραπευτικές μεθόδους σε παιδιατρικούς ασθενείς με εγκεφαλική παράλυση.
- Η σύγκριση της αποτελεσματικότητας ανάμεσα στα διάφορα συστήματα εικονικής πραγματικότητας, δηλαδή διαχωρισμό των συστημάτων με βάση των βαθμό εμπύθισης ή με βάση τον σκοπό κατασκευής τους (ευρείας χρήσης και σχεδιασμένα αμιγώς για χρήση σε προγράμματα αποκατάστασης).
- Η εξέταση των παραμέτρων της παρέμβασης και της επίδρασής τους στην έκβαση του αποτελέσματος, δηλαδή τη διάρκεια της κάθε συνεδρίας, τη συχνότητα των συνεδριών, και τον συνολικό χρόνο παρέμβασης.

Μεθοδολογία

Για την πληρέστερη κάλυψη του παραπάνω σκοπού και των επιμέρους στόχων, πραγματοποιήθηκε μία βιβλιογραφική ανασκόπηση. Τα κριτήρια εισαγωγής βάσει των οποίων επιλέχθηκαν τα άρθρα που εντάχθηκαν στην παρούσα βιβλιογραφική ανασκόπηση διατυπώθηκαν με τη προσέγγιση **PICOS** (Population, Intervention, Comparison, Outcomes, Study Design). Τα κριτήρια εισαγωγής είναι τα εξής:

- **Population:** Οι μελέτες που συμπεριλήφθηκαν μελετούσαν παιδιατρικούς ασθενείς με εγκεφαλική παράλυση. Η χρονολογική τους ηλικία κυμαίνεται από 2 έως 18 ετών. Συμπεριλήφθηκαν όλοι οι τύποι εγκεφαλικής παράλυσης και με τις τρεις ταξινομήσεις, δηλαδή με βάση το τύπο της κινητικής διαταραχής (σπαστικός, δυσκινητικός, αταξικός, υποτονικός, μεικτός), με βάση τη τοπογραφία της κινητικής διαταραχής (μονοπληγία, ημιπληγία, διπληγία, τετραπληγία) και με βάση τη λειτουργική ταξινόμηση (GMFCS 1 έως 5).
- **Intervention:** Η χρήση εικονικής πραγματικότητας να αποτελεί τη κύρια μέθοδο κινητικής αποκατάστασης ή να συνδυάζεται με συμβατικές μεθόδους παρέμβασης.
- **Comparison:** Η παρέμβαση με τη χρήση εικονικής πραγματικότητας να συγκρίνεται με συμβατές μεθόδους παρέμβασης ή/και με απουσία παρέμβασης. Επιπλέον, να συγκρίνονται τα αποτελέσματα της χρήσης εικονικής πραγματικότητας πριν και μετά τη παρέμβαση.
- **Outcomes:** Τα αποτελέσματα των μελετών που συμπεριλήφθηκαν έπρεπε να σχετίζονται με εκβάσεις της κινητικής αποκατάστασης όπως η κινητική λειτουργία των άνω άκρων, των κάτω άκρων, η ισορροπία, η βάδιση κ.α. Επιπλέον, τα αξιολογητικά εργαλεία που αξιοποιήθηκαν για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων να έχουν εγκυρότητα και αξιοπιστία στη συγκεκριμένη πληθυσμιακή ομάδα.
- **Study Design:** Συμπεριλήφθηκαν μόνο μετά- αναλύσεις που είχαν δημοσιευτεί τη χρονική περίοδο 2013 έως 2023 και ήταν γραμμένες ή/ και μεταφρασμένες στην αγγλική γλώσσα.

Κατά την αρχική αναζήτηση ερευνήθηκαν δύο ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένων, η PubMed και η SCOPUS, με σκοπό την ανεύρεση κατάλληλων μελετών με βάση τα κριτήρια εισαγωγής και αποκλεισμού. Η αναζήτηση των μελετών ξεκίνησε τον Οκτώβριο του 2023 και ολοκληρώθηκε το Νοέμβριο του ίδιου έτους. Οι λέξεις κλειδιά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν οι εξής:

- Cerebral Palsy
- Virtual Reality
- Upper Limb
- Lower Limb

Οι συνδυασμοί των λέξεων που χρησιμοποιήθηκαν ήτα οι εξής:

- «Cerebral Palsy» AND «Virtual reality»
- «Cerebral Palsy» AND «Virtual reality» AND «Upper Limb»
- «Cerebral Palsy» AND «Virtual reality» AND «Lower Limb»

Έπειτα από την αρχική αναζήτηση ακολούθησε η επιλογή των κατάλληλων μελετών με βάση τον τίτλο και την διαθέσιμη περίληψη. Ακολούθησε η επιλογή των μελετών, με βάση τα κριτήρια εισαγωγής και αποκλεισμού μετά τη μελέτη του πλήρους κειμένου για την τελική επιλογή, και η συλλογή των δεδομένων από τις επιλεγθείσες μελέτες. Καταγράφηκαν δεδομένα σχετικά με τον συνολικό αριθμό συμμετεχόντων, τον τύπο εγκεφαλικής παράλυσης, τα δημογραφικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων, ο τύπος συστήματος της εικονικής πραγματικότητας που χρησιμοποιήθηκε στην παρέμβαση, τα χαρακτηριστικά της παρέμβασης (χρόνος συνεδριών, συχνότητα, συνολική διάρκεια) και η μέθοδος παρέμβασης των ομάδων σύγκρισης. Επιπλέον, καταγράφηκαν πληροφορίες σχετικά με τον αριθμό και την ποιοτική αξιολόγηση των πρωταρχικών μελετών, τις μεθόδους σύνθεσης, την ύπαρξη ετερογένειας και τα μέτρα έκβασης που χρησιμοποιήθηκαν.

Τα ευρήματα από τις μετά - αναλύσεις ομαδοποιήθηκαν είτε προς την αποτελεσματικότητά της εικονικής πραγματικότητας στις κινητικές δομές και λειτουργίες σε παιδιατρικούς ασθενείς με εγκεφαλική παράλυση είτε προς την επίδραση θετική ή αρνητική των παραμέτρων της παρέμβασης και των διάφορων συστημάτων εικονικής πραγματικότητας στην έκβαση του αποκαταστασιακού προγράμματος με τη χρήση αυτών. Τέλος, ακολούθησε περιγραφική ανάλυση.

Αποτελέσματα

Επιλογή μελετών

Η αναζήτηση των άρθρων πραγματοποιήθηκε με βάση τις κατευθυντήριες οδηγίες του PRISMA. Κατά την αρχική αναζήτηση προέκυψαν 774 μελέτες, με μόνο περιορισμό στην μηχανή αναζήτησης το έτος δημοσίευσης, από 2013 έως το 2023 (PubMed: 264, Scopus: 510). Στην πρώτη αναζήτηση χρησιμοποιήθηκε ο συνδυασμός λέξεων- κλειδιών, «Cerebral Palsy» AND «Virtual Reality», με συνολικά αποτελέσματα 610 (PubMed: 214, Scopus: 396). Στην δεύτερη αναζήτηση χρησιμοποιήθηκε ο συνδυασμός λέξεων – κλειδιών, «Cerebral Palsy» AND «Virtual Reality» AND «Upper Limb», με συνολικά αποτελέσματα 126 (PubMed: 39, Scopus: 87). Στην τελευταία αναζήτηση χρησιμοποιήθηκε ο συνδυασμός λέξεων – κλειδιών, «Cerebral Palsy» AND «Virtual Reality» AND «Lower Limb», με συνολικά αποτελέσματα 38 (PubMed: 11, Scopus: 27).

Μελετήθηκαν οι τίτλοι και οι δημοσιευμένες περιλήψεις των 774 μελετών. Από την αξιολόγηση των τίτλων και των περιλήψεων προέκυψαν συνολικά 355 αποδεχθείσες μελέτες. Από αυτές αφαιρέθηκαν 114 μελέτες που εμφανίζονταν παραπάνω από μία φορά, 5 μελέτες δεν ήταν γραμμένες στην αγγλική γλώσσα και 13 μελέτες για τις οποίες δεν υπήρχε διαθέσιμη πρόσβαση σε ολόκληρο το άρθρο. Έτσι, προέκυψαν 189 διαθέσιμες μελέτες για την διερεύνηση των κριτηρίων εισαγωγής ή αποκλεισμού τους με βάση την ανάλυση ολόκληρου του διαθέσιμου άρθρου. Έπειτα την μελέτη ολόκληρων των άρθρων αφαιρέθηκαν 84 μελέτες και οι λόγοι αποκλεισμού είναι οι ακόλουθοι:

1. Η παρέμβαση προς μελέτη δεν ήταν η χρήση εικονικής πραγματικότητάς στην κινητική αποκατάσταση.
2. Ο πληθυσμός δεν ήταν μόνο παιδιατρικοί ασθενείς με εγκεφαλική παράλυση.
3. Απουσία αποτελεσμάτων κινητικής αποκατάστασης με αξιόπιστα και έγκυρα μέσα.

Έτσι, προέκυψαν 105 άρθρα που αξιολογήθηκαν εκ νέου βάσει των κριτηρίων εισαγωγής και αποκλεισμού. Από αυτά αφαιρέθηκαν 82 άρθρα εξαιτίας του είδους τους, συγκεκριμένα Μελέτες Περίπτωσης (Case Studies), Μελέτες με σύνολο μεμονωμένων περιπτώσεων (Case Series), Δοκιμαστικές Μελέτες (Pilot Studies), Μελέτες Σκοπιμότητας (Feasibility Studies), Τυχαιοποιημένες Κλινικές Μελέτες (Randomized controlled trials) και Ελεγχόμενες Κλινικές Δοκιμές (Controlled Clinical Trials). Εν συνεχεία τα 23 άρθρα που έμειναν μελετήθηκαν βάσει των κριτηρίων εισαγωγής και αποκλεισμού και από αυτά αφαιρέθηκαν 10 Συστηματικές Ανασκοπήσεις (Systematic Reviews). Εν κατακλείδι, προέκυψαν 13 μετά- αναλύσεις που

εντάχθηκαν στην παρούσα βιβλιογραφική ανασκόπηση. Το διάγραμμα ροής (flow diagram) της διαδικασίας επιλογής μελετών παρουσιάζεται στην *Εικόνα 2*.

PRISMA

Αναγνώριση μελετών μέσω βάσεων δεδομένων

Αναγνώριση

Καταγραφές που εντοπίστηκαν
από: PubMed (n=264) και Scopus (n=510)

Συνολικά (n= 774)

Αναλυτικά αποτελέσματα:

1^η αναζήτηση με λέξεις κλειδιά, «Cerebral Palsy» AND « Virtual Reality»:

PubMed (n=214) και Scopus (n=396)

2^η αναζήτηση με λέξεις κλειδιά, «Cerebral Palsy» AND « Virtual Reality» AND «Upper Limb» :

PubMed (n=39) και Scopus (n=87)

3^η αναζήτηση με λέξεις κλειδιά «Cerebral Palsy» AND « Virtual Reality» AND «Lower Limb» :

PubMed (n=11) και Scopus (n=27)

Καταγραφές που απορρίφθηκαν με
βάση το τίτλο και τη διαθέσιμη
περίληψη

(n=419)

Έλεγχος

Καταγραφές που πληρούσαν τα κριτήρια με βάση
το τίτλο και τη διαθέσιμη περίληψη
(n= 355)

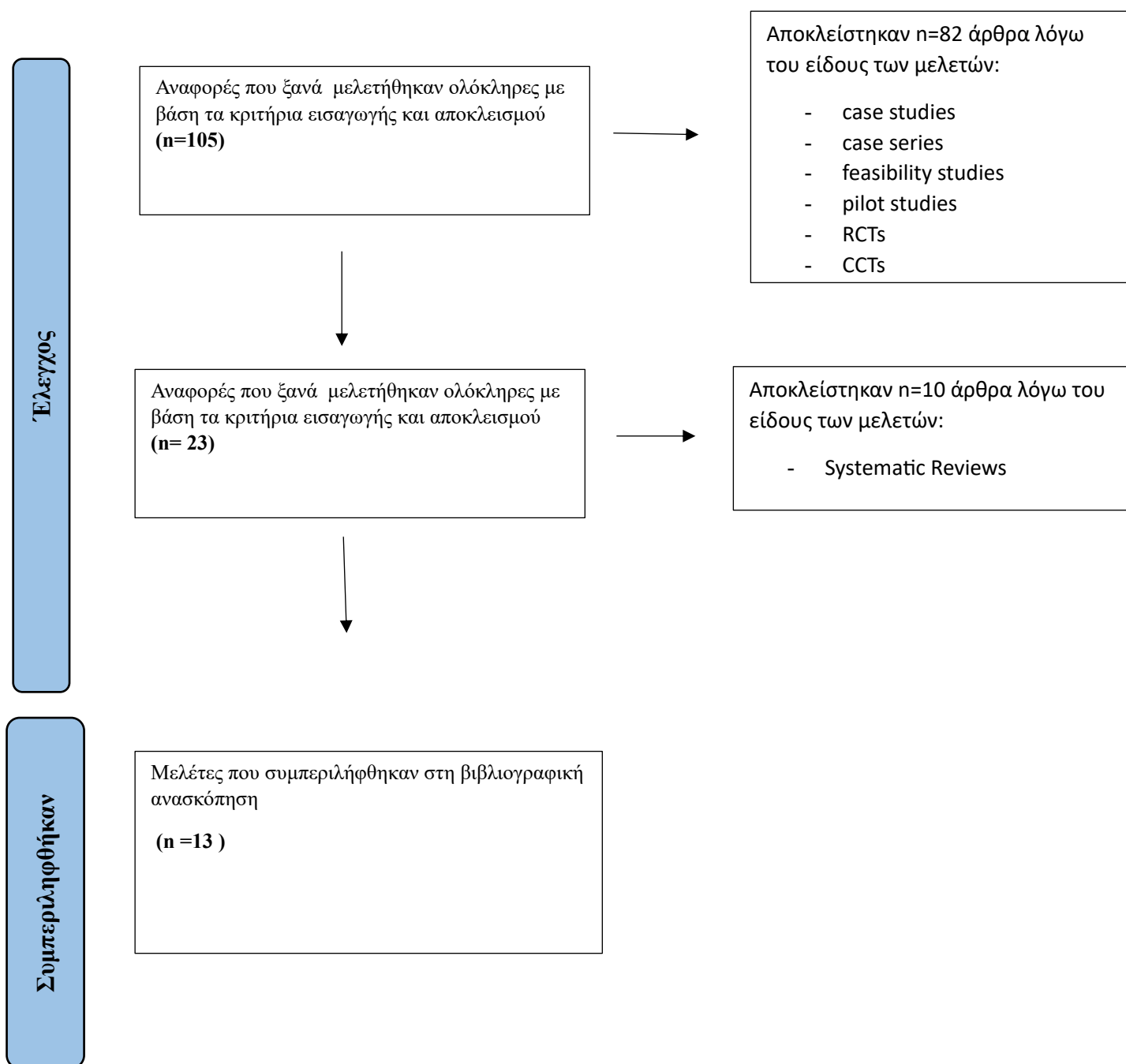
Αποκλείστηκαν **n=166** άρθρα διότι :

- Εμφανιζόντουσαν παραπάνω από μία φορές (n=144)
- Αδυναμία πρόσβασης σε ολόκληρο το άρθρο (n=13)
- Γλώσσα γραφής (n=5)

Αναφορές που μελετήθηκαν ολόκληρες με
βάση τα κριτήρια εισαγωγής και
αποκλεισμού **(n=189)**

Αποκλείστηκαν **n=84** διότι:

- Η παρέμβαση προς μελέτη δεν ήταν η χρήση εικονικής πραγματικότητας στην κινητική αποκατάσταση
- Ο πληθυσμός δεν ήταν μόνο παιδιατρική ασθενής με εγκεφαλική παράλυση
- Απουσία αποτελεσμάτων κινητικής αποκατάστασης με αξιόπιστα και έγκυρα μέσα



Εικόνα 2: Διάγραμμα ροής PRISMA

Χαρακτηριστικά μελετών

Οι μετά- αναλύσεις που έχουν συμπεριληφθεί στην παρούσα βιβλιογραφική ανασκόπηση έχουν δημοσιευτεί μεταξύ 2014 και 2023. Οι 10 μετά- αναλύσεις περιλαμβάνουν μόνο Τυχαιοποιημένες Κλινικές Δοκιμές (Randomized Clinical Trials, RCTs) ως πρωτογενής μελέτες. Η μετά- ανάλυση των Hao et al (2023) συμπεριλαμβάνει Τυχαιοποιημένες Κλινικές Δοκιμές (Randomized Clinical Trials, RCTs), Μελέτες Περίπτωσης (Case Studies), Pre – Post Single arm studies, ενώ η μετά - ανάλυση των Chen et al (2014) συγκαταλέγει Τυχαιοποιημένες Κλινικές Δοκιμές (Randomized Clinical Trials, RCTs) , Μελέτες Σειράς (Cohort Studies), Μελέτες Περίπτωσης (Case Series), Single Subject Design Studies. Τέλος, οι Ghai & Ghai (2019) συμπεριέλαβαν Τυχαιοποιημένες Κλινικές Δοκιμές (Randomized Clinical Trials, RCTs) και Ελεγχόμενες Κλινικές Δοκιμές (Controlled Clinical Trials, CCTs). Ο αριθμός των πρωτογενών μελετών σε κάθε μετά – ανάλυση κυμαίνεται από 9 έως 22 μελέτες. Το συνολικό πλήθος σε κάθε μελέτη κυμαίνεται από 119 έως 746 ασθενείς.

Ο πληθυσμός που μελετάται σε όλες τις συμπεριληφθείσες μελέτες είναι παιδιατρικοί ασθενείς, που έχουν διαγνωσθεί με Εγκεφαλική Παράλυση. Η ηλικία του πληθυσμού κυμαίνεται μεταξύ 3 και 18 ετών. Σε όλες τις μετά- αναλύσεις , παρουσιάζονται τρεις τύποι Εγκεφαλικής Παράλυσης με βάση τη τοπογραφική κατανομή, ημιπληγία, διπληγία και τετραπληγία. Στις 9 από τις 13 μελέτες καταγράφεται μόνο η σπαστικότητα ως διαταραχή του μυϊκού τόνου στον πληθυσμό, ενώ η μελέτη των Han & Park (2023) συμπεριλαμβάνει και τον δυσκινητικό τύπο εγκεφαλικής παράλυσης. Συνολικά 5 μετά – αναλύσεις αναφέρουν τον βαθμό λειτουργικότητας των ασθενών με βάση τη κλίμακα Gross Motor Functional Classification System (GMFCS), όπου περιλαμβάνονται και τα 5 επίπεδα λειτουργικότητας.

Όλες οι μετά- αναλύσεις εστιάζουν στην διερεύνηση της χρήσης εικονικής πραγματικότητας ως εργαλείο αποκατάστασης στους παιδιατρικούς ασθενείς. Οι 11 από τις 13 μελέτες αναφέρονται στην χρήση εικονικής πραγματικότητας ως μοναδικό μέσο παρέμβασης ή στο συνδυασμό της με συμβατές ή μη θεραπείες αποκατάστασης. Ορισμένες θεραπείες και μέθοδοι θεραπειών που εφαρμόστηκαν συνδυαστικά με την εικονική πραγματικότητα είναι οι ακόλουθες: εργοθεραπεία, φυσικοθεραπεία, υποστηρικτική τεχνολογία , Constraint-Induced Movement Therapy (CIMT), Treadmill Training, Neurodevelopmental Therapy (NDT) και Transcranial direct current stimulation (tDCS). Μόνο οι μετά- αναλύσεις των Pan et al (2022) και Wang et al (2023) εστίασαν στην χρήση της εικονικής πραγματικότητας ως το μοναδικό μέσο παρέμβασης στις ομάδες παρέμβασης.

Στις ομάδες ελέγχου των πρωτογενών μελετών οι ασθενείς παρακολουθούσαν συμβατικές μεθόδους θεραπείας ή δεν λάμβαναν κάποια παρέμβαση. Ορισμένες θεραπείες και μέθοδοι θεραπειών που εφαρμόστηκαν στις ομάδες ελέγχου είναι οι ακόλουθες: εργοθεραπεία, φυσικοθεραπεία, υποστηρικτική τεχνολογία, Constraint-Induced Movement Therapy (CIMT), Treadmill Training, Neurodevelopmental Therapy (NDT) και Φυσική άσκηση.

Συνολικά 7 μετά – αναλύσεις μελέτησαν την επίδραση της εικονικής πραγματικότητας στην αδρή κινητική λειτουργία (Abdelhaleem et al, 2022; Chen et al, 2018; Ghai & Ghai, 2019; Hao et al, 2023; Pan et al, 2022; Ren & Wu, 2019; Wang et al, 2023), ενώ μόνο η μελέτη των Han & Park (2023) διερεύνησε την αποτελεσματικότητα της εικονικής πραγματικότητας ως μέσο παρέμβασης για τη λειτουργικότητα των ασθενών στις δραστηριότητες καθημερινής ζωής. Επιπλέον, 4 μελέτες ασχολήθηκαν με τη επίδραση της εικονικής πραγματικότητας στην ισορροπία και τον στατικό έλεγχο σε ασθενείς με εγκεφαλική παράλυση (Chen et al, 2018, Liu et al, 2022; Wang et al, 2023; Wu et al, 2019). Τέλος, 6 μετά -αναλύσεις επικεντρώθηκαν στη χρήση εικονικής πραγματικότητας για την βελτίωση της λειτουργικότητας των άνω άκρων (Abdelhaleem et al, 2022; Burin-Chu et al, 2023; Chen et al, 2014, 2018; Hao et al, 2023; Montoro-Cárdenas et al, 2022). Οι μέθοδοι αξιολόγησης και τα αξιολογητικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν στις πρωτογενείς μελέτες για την ανίχνευση θετικής επίδρασης της εικονικής πραγματικότητας στην αδρή κινητική λειτουργία, στην λειτουργικότητα των άνω άκρων, στην ισορροπία, στον στατικό έλεγχο και στη καθημερινή λειτουργικότητα των παιδιατρικών ασθενών με εγκεφαλική παράλυση παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2: Χαρακτηριστικά μεταanalύσεων

Συγγραφείς, Έτος	Αριθμός πρωτογενών μελετών (n=) Είδος μελετών	Χαρακτηριστικά πληθυσμού (ηλικία, τύπος ΕΠ)	Συνολικός αριθμός συμμετεχόντων στη μετα-ανάλυση	Παρέμβαση VR	Παρέμβαση στην ομάδα ελέγχου	Αποτελέσματα (Αξιολογητικά μέσα)
Abdelhaleem, El Wahab, και Elshennawy, 2022	n=19 RCTs	<i>Ηλικία:</i> Ομάδα παρέμβασης 7,05 – 11,67 Ομάδα ελέγχου 7,25 – 12,4 <i>Τύπος Επ:</i> Τοπογραφική κατανομή Ημιπληγία, διπληγία, τετραπληγία, τριπληγία <i>Δ/χη μυϊκού τόνου</i> Σπαστικότητα	645	-Παρέμβαση αμιγώς με χρήση VR -Παρέμβαση VR σε συνδυασμό με 1)Συμβατικές θεραπείες φυσικοθεραπείας ή/και εργοθεραπείας -Treadmill training -Απουσία παρέμβασης - NDT - Παρέμβαση VR με sham tDCS - Εκπαίδευση βάδισης συνδυασμός με VR και sham tDCS 5)anodal tDCS	-Συμβατικές θεραπείες φυσικοθεραπείας ή/και εργοθεραπείας -Treadmill training -Απουσία παρέμβασης - NDT - Παρέμβαση VR με sham tDCS - Εκπαίδευση βάδισης συνδυασμός με VR και sham tDCS	-Fine Motor Coordination (VMI, JTHF, NHPT, PDMS-2, BOTMP) -Gross Motor Coordination (PBS, BBT, 10m WT , TUG,STST,κινηματική ανάλυση τριών διαστάσεων,Wii Nintendo Fit balance, game score)
Burin-Chu et al, 2023	n=22 RCTs	<i>Ηλικία:</i> 4 – 10 <i>Τύπος Επ:</i> Τοπογραφική κατανομή Ημιπληγία, διπληγία, τετραπληγία <i>Δ/χη μυϊκού τόνου</i> Σπαστικότητα <i>GMFCS</i> 1 – 5	746	-Παρέμβαση αμιγώς με VR -Παρέμβαση με VR σε συνδυασμό με 1) mCIMT 2) Συμβατικές θεραπείες	-Συμβατικές θεραπείες εργοθεραπείας ή/και φυσικοθεραπείας -CIMT	Κατηγοριοποίηση με βάση το ICF σχετικά με τη λειτουργία των άνω άκρων -Σωματικές δομές και λειτουργίες (Δυναμόμετρο, κινηματική ανάλυση τριών διαστάσεων, MAS) -Δραστηριότητα (PDMS-2, PMAL,BOTMP, BBT, QUEST, DHI,KDTRV-2, JTHFT, ABILAHAND kids, WeeFIM, NHPT, MUUL, AHA, BFMF, m ABC-2 , CHAQ) -Συμμετοχή (AMPS, COPM)
Chen, Lee, και Howard, 2014	n= 14 Single subject design (2) Cohort (2)	<i>Ηλικία:</i> 3-18 <i>Τύπος ΕΠ:</i>	119	-Παρέμβαση με VR	-Παρέμβαση με συμβατικές θεραπείες	Κατηγοριοποίηση με βάση το ICF για την λειτουργία των άνω άκρων -Σωματικές δομές και λειτουργίες

Συγγραφείς, Έτος	Αριθμός πρωτογενών μελετών (n=) Είδος μελετών	Χαρακτηριστικά πληθυσμού (ηλικία, τύπος ΕΠ)	Συνολικός αριθμός συμμετεχόντων στη μετα-ανάλυση	Παρέμβαση VR	Παρέμβαση στην ομάδα ελέγχου	Αποτελέσματα (Αξιολογητικά μέσα)
	Case series (7) RCTs (3)	Τοπογραφική κατανομή Ημιπληγία, διπληγία, τετραπληγία, Δ/χη μυϊκού τόνου Σπαστικότητα			εργοθεραπείας και φυσικοθεραπείας	(Δυναμόμετρο,, κινηματική ανάλυση τριών διαστάσεων,fMRI) -Δραστηριότητα (PDMS-2, PMAL,BOTMP, BBT, QUEST, JTHFT, ABILAHAND kids, MUUL, SHUEE) -Συμμετοχή (COPM)
Chen, Fanchiang, και Howard, 2018	n= 19 RCTs	Ηλικία: 4,6 – 12,1 Τύπος Επ: Τοπογραφική κατανομή Ημιπληγία, διπληγία Δ/χη μυϊκού τόνου Σπαστικότητα	504	-Παρέμβαση αμιγώς με VR -Παρέμβαση με VR σε συνδυασμό με 1) CIMT 2)NDT 3) Συμβατές θεραπείες	-Παρέμβαση με συμβατικές θεραπείες εργοθεραπείας και φυσικοθεραπείας -NDT - mCIMT - Treadmill training	Κατηγοριοποίηση με βάση το ICF για την λειτουργία των άνω άκρων, στατικός έλεγχος και βάδιση -Σωματικές δομές και λειτουργίες (BOTMP, Δυναμόμετρο,MACS, TVPS-3, MAS) -Δραστηριότητα (ABILJAND- kids, JTHFT,QUEST, WeeFIM,mABC-2, Wii Balance, BOTMP, NHPT, AHA, MUUL, 1m WT, 2m WT, 6m WT, 10m WT, PBS,PMAL,BBS,FRT,GMFM,NHPT,BBT, KDTVP-2) -Συμμετοχή (COPM, AMPS, PEDI, LIFE-H)
Ghai & Ghai, 2019	n=16 RCTs (5) CCTs (11)	Ηλικία 4-18	274	Δεν αναφέρθηκε	Δεν αναφέρθηκε	Παράμετροι βάδισης: Ταχύτητα βάδισης Μήκος διασκελισμού Πλάτος διασκελισμού Ρυθμός βάδισης
Han & Park, 2023	n= 11 RCTs	Ηλικία 4,33 – 11.8 Τύπος	442	-Παρέμβαση αμιγώς με VR	- Παρέμβαση με συμβατικές θεραπείες εργοθεραπείας	Δραστηριότητες Καθημερινής Ζωής (COPM, PMAL, PEDI, WeeFIM, LIFE-H, CHAQ)

Συγγραφείς, Έτος	Αριθμός πρωτογενών μελετών (n=) Είδος μελετών	Χαρακτηριστικά πληθυσμού (ηλικία, τύπος ΕΠ)	Συνολικός αριθμός συμμετεχόντων στη μετα-ανάλυση	Παρέμβαση VR	Παρέμβαση στην ομάδα ελέγχου	Αποτελέσματα (Αξιολογητικά μέσα)
		<i>Τοπογραφική κατανομή Ημιπληγία, διπληγία Δ/χη μυϊκού τόνου Σπαστικότητα Δυστονία, αθέτωση</i>		-Παρέμβαση με VR σε συνδυασμό με 1) CIMT 2) NDT 3) Συμβατές θεραπείες φυσικοθεραπείας ή/και εργοθεραπείας	ή/και φυσικοθεραπείας - NDT - CIMT	
Hao et al, 2023	n=18 RCTs (9) CCTs (1) Case studies (4) pre-post single-arm studies (4)	<i>Ηλικία:</i> 5 -18 <i>Τύπος Επ:</i> <i>Τοπογραφική κατανομή ημιπληγία Δ/χη μυϊκού τόνου Σπαστικότητα GMFCS</i> 1 – 3	589	-Παρέμβαση αμιγώς με VR -Παρέμβαση με VR σε συνδυασμό με 1) CIMT 2) Συμβατές θεραπείες 3) Ρομποτική τεχνολογία	-Παρέμβαση με συμβατικές θεραπείες - Φυσική άσκηση - Ελεύθερη χρήση συστημάτων VR -CIMT	-Λειτουργικότητα άνω άκρων (NHPT, JTHF, AHA, MUUL, BOTMP, ABILHAND – kids, BBT, δυναμόμετρο) -Αδρή κινητική λειτουργία (BOTMP, GMFM) -Ισορροπία (PBS, BOTMP) -Ικανότητα Βάδισης (6m WT) -Λειτουργικότητα (PMAL, COPM, WeeFIM)
Liu et al, 2022	n=16 RCTs	<i>Ηλικία:</i> 4 – 18 <i>GMFCS</i> 1 – 4	470	Δεν αναφέρθηκε	Δεν αναφέρθηκε	-Ισορροπία (force platform, PBS, FRT, TUG, MFRT, mABC-2 , PRT, BOTMP, DBT, CoP Kinematics)
Montoro-Cárdenas et al, 2022	n=9 RCTs	<i>Ηλικία:</i> Μέση ηλικία 9,56 <i>Τύπος:</i> Τοπογραφική κατανομή Διπληγία , τετραπληγία	274	-Παρέμβαση αμιγώς με VR -Παρέμβαση με VR σε συνδυασμό με συμβατικές θεραπείες	-Παρέμβαση με συμβατικές θεραπείες - Απουσία παρέμβασης	- Grip strength και Tip grip strength (Δυναμόμετρο, χειροκίνητα) -Λειτουργικότητα άνω ακρών (QUEST) -Επιδεξιότητα (JTHFT, MMDT, BBT, mABC-2, NHPT, KDTVP)

Συγγραφείς, Έτος	Αριθμός πρωτογενών μελετών (n=) Είδος μελετών	Χαρακτηριστικά πληθυσμού (ηλικία, τύπος ΕΠ)	Συνολικός αριθμός συμμετεχόντων στη μετα-ανάλυση	Παρέμβαση VR	Παρέμβαση στην ομάδα ελέγχου	Αποτελέσματα (Αξιολογητικά μέσα)
		Δ/χη μυϊκού τόνου Σπαστικότητα GMFCS 1 - 5				-Λειτουργική ικανότητα (PEDI, ABILHAND- kids, CHAQ)
Pan et al, 2022	n=13 RCTs	Ηλικία: 3 – 14	447	-Παρέμβαση αμιγώς με VR	-Παρέμβαση με συμβατικές θεραπείες	-Κινητικές δεξιότητες: βάδιση, τρέξιμο, άλματα (GMFM, PBS, TUG) -Δεξιότητες χειρισμού αντικειμένου: Πετάω, πιάνω (mABC-2, QUETS, GMFM. BOT -2) -Μη κινητικές δεξιότητες : δυναμική στατική ισορροπία, μονοποδική στήριξη (mABC-2, GMFM, BOT -2, SEBT, COP, PBS, TUG, BSA)
Ren & Wu, 2019	n= 9 RCTs	Ηλικία: 6 - 13 Τύπος ΕΠ: Τοπογραφική κατανομή Ημιπληγία, διπληγία, τετραπληγία Δ/χη μυϊκού τόνου Σπαστικότητα GMFCS 1 – 5	404	-Παρέμβαση αμιγώς με VR -Παρέμβαση με VR σε συνδυασμό με συμβατικές θεραπείες	-Παρέμβαση με συμβατικές θεραπείες - Απουσία παρέμβασης	- Αδρή κινητικότητα (GMFM, NHPT, mABC-2)
Wang et al, 2023	n=21 RCTs	Ηλικία: 3 – 18 Τύπος ΕΠ: Τοπογραφική κατανομή	779	-Παρέμβαση αμιγώς με VR	- Παρέμβαση με συμβατικές θεραπείες εργοθεραπείας ή/και φυσικοθεραπείας - NDT	-Λειτουργικότητα άνω άκρων (QUEST, JTHFT, PDMS-2) -Λειτουργικότητα κάτω άκρων (GMFM) -Ισορροπία (PBS,BBS)

Συγγραφείς, Έτος	Αριθμός πρωτογενών μελετών (n=) Είδος μελετών	Χαρακτηριστικά πληθυσμού (ηλικία, τύπος ΕΠ)	Συνολικός αριθμός συμμετεχόντων στη μετα-ανάλυση	Παρέμβαση VR	Παρέμβαση στην ομάδα ελέγχου	Αποτελέσματα (Αξιολογητικά μέσα)
		Ημιπληγία, διπληγία, τετραπληγία <i>Δ/χη μυϊκού τόνου</i> Μόνο σπαστικότητα			- Treadmill training	
Wu, Loprinzi, και Ren 2019	n=11 RCTs	<i>Ηλικία:</i> 6-15 <i>Τύπος ΕΠ:</i> <i>Τοπογραφική κατανομή</i> Ημιπληγία, διπληγία, τετραπληγία <i>Δ/χη μυϊκού τόνου</i> Σπαστικότητα	313	-Παρέμβαση αμιγώς με VR - Παρέμβαση με VR σε συνδυασμό με: 1)NDT 2)Συμβατές θεραπείες 3)Ασκήσεις ενδυνάμωσης	Δεν αναφέρθηκε	-Ισορροπία (mABC-2,PBS,BBS,PBM,TUG,Nintendo Wii Fit Balance Board Score)

BOTMP: Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency, **PMAL:** Pediatric Motor Activity Log, **JTTHF:** Jebsen Taylor Test of Hand Function, **BBT:** Box and Block Test, **QUEST:** Quality of Upper Extremity Skills Test, **PEDI:** Pediatric of Disability Inventory, **AMPS:** Assessment of Motor and Process Scale, **AHA:** Assisting Hand Assessment, **MUUL:** Melbourne Assessment of Unilateral Upper Limb Function, **COPM:** Canadian Occupational Performance Measure, **TUG:** Timed Up and Go Test, **FFRT:** Functional Forward Reach Test, **FSRT:** Functional Sideway Reach Test, **TGGT:** Timed Get Up and Go Test, **STST:** Sit-To-Stand Test, **10m WT:** 10 minute Walking Test, **GMFM:** Gross Motor Functional Measure, **COP:** Center of Pressure, **TVPS-2:** Test of Visual and Perceptual skills-2nd edition, **PDMS-2:** Peabody Development Motor Scale- 2nd edition, **WeeFIM:** Functional Independence Measure for Children, **PBS:** Pediatric Balance Scale, **RCTs:** Randomized Controlled Trials, **VR:** Virtual Reality, **CIMT:** Constraint – Induced Movement Therapy, **tDCs:** Transcranial Direct -Current stimulation , **VMI:** Test of Visual Motor Integration, **NHPT:** Nine Hole Peg Test, **KDTR-2:** Korean- Developmental Test of Visual Perception, **CHAQ:** Childhood Health Assessment Questionnaire, **DHI:** Duruoz Hand Index, **ABILAHAND-kids:** measure of manual ability in children, **BFMF:** Bimanual Fine Motor Function Classification in children, **m ABC-2:** Movement Assessment Battery for Children 2nd edition, **mCIMT:** Modified Constraint – Induced Movement Therapy, **MAS:** Modified Ashworth Scale, **fMRI:** functional magnetic resonance imaging, **SHUEE:** Shriner’s Hospital Upper Extremity Evaluation, **MACS:** Manual Ability Classification System, **NDT:** Neurodevelopmental Treatment, **1m WT:** 1minute Walking Test, **2m WT:** 2minute Walking Test, **6m WT:** 6minute Walking Test, **AMPS:** Assessment of Motor and Process Skills, **LIFE- H:** Assessment of life habits, **CCTs:** Controlled Clinical Trials, **GMFCS:** Gross Motor Functional Classification Scale, **MFRT:** Modified Functional Reach Test, **PRT:** Pediatric Reach Test, **MMDT:** Minnesota Manual Dexterity test, **SEBT:** Star Excursion Balance Test, **BSA:** Body Surface Area, **BBS:** Berg Balance Scale

Χαρακτηριστικά παρεμβάσεων με εικονική πραγματικότητα

Ο χρόνος κάθε συνεδρίας, η συχνότητα των συνεδριών εβδομαδιαίως και η συνολική διάρκεια του προγράμματος παρέμβασης με εικονική πραγματικότητα στις πρωτογενείς μελέτες των μετά – αναλύσεων διαφέρουν. Αναλυτικά, ο χρόνος μιας συνεδρίας κυμαίνεται μεταξύ 15 και 100 λεπτών της ώρας, η συχνότητα συνεδριών εβδομαδιαίως είναι από 1 έως 7 συνεδρίες. Στις μελέτες των Ghai & Ghai (2029), Han & Park (2023) δεν επισημαίνονται αναλυτικά ο χρόνος συνεδρίας και η συχνότητα συνεδριών εβδομαδιαίως. Η διάρκεια της συνολικής παρέμβασης με εικονική πραγματικότητα στις 12 μετά – αναλύσεις κυμαίνεται μεταξύ 3 και 20 εβδομάδων, ενώ οι Ghai & Ghai (2029) δεν αναφέρουν τον συνολικό χρόνο παρέμβασης. Ο χώρος διεξαγωγής των συνεδριών εικονικής πραγματικότητας στις περισσότερες μελέτες ήταν ο συνδυασμός των παρακάτω τοποθεσιών : σπίτι του ασθενή, κλινικά εργαστήρια, νοσοκομειακές δομές, κέντρα αποκατάστασης, κλινικές. Μόνο μία μελέτη διερεύνησε τη χρήση αποκαταστασιακών προγραμμάτων με εικονική πραγματικότητα στο σπίτι των ασθενών (Hao et al, 2023).

Η πλειοψηφία των μετά – αναλύσεων περιλαμβάνουν τόσο συστήματα εικονικής πραγματικότητας ευρείας χρήσης, όπως το Nintendo Wii , Xbox 360 και PlayStation 4 όσο και συστήματα σχεδιασμένα για εφαρμογή στο χώρο της αποκατάστασης, όπως Timoco VR, E-link και GestureXtreme. Η μετά-ανάλυση των Montoro- Cárdenas et al (2022) περιορίστηκε στη μελέτη της αποτελεσματικότητας του Nintendo Wii σε παιδιατρικούς ασθενείς με εγκεφαλική παράλυση. Στον Πίνακα 3 που ακολουθεί παρουσιάζονται αναλυτικά όλα τα χαρακτηριστικά των παρεμβάσεων με εικονική πραγματικότητα , που μελετήθηκαν από τις συμπεριληφθείσες μετά – αναλύσεις.

Πίνακας 3: Παράμετροι των παρεμβάσεων με χρήση εικονικής πραγματικότητας

Συγγραφείς, Έτος	Χαρακτηριστικά παρέμβασης με VR	Συστήματα VR	Χώρος διεξαγωγής συνεδριών	Σκοπιμότητα συστημάτων VR	Βαθμός εμπύθισης συστημάτων VR
Abdelhaleem, El Wahab, και Elshennawy, 2022	- <i>Διάρκεια Συνεδριών:</i> 15 – 90 λεπτά της ώρας - <i>Συχνότητα Συνεδριών:</i> 2 – 6 συνεδρίες εβδομαδιαίως - <i>Συνολικός Χρόνος Παρέμβασης:</i> 3 – 20 εβδομάδες	ElotonSimCycle Virtual Cycling System , Wii Nintendo , E-Link Evaluation and Exercise System , Lokomat , REA Plan , Internet-connected Computer , Xbox with Kinect , Wii-Fit Plus, Nintendo Wii Balance Board	-Σπίτι -Κλινική - Κλινικά εργαστήρια	-Ευρείας χρήσης -Σχεδιασμένα για προγράμματα αποκατάστασης	Δεν αναφέρθηκε
Burin-Chu et al, 2023	<i>Διάρκεια Συνεδριών:</i> 30 -145 λεπτά της ώρας <i>Συχνότητα Συνεδριών:</i> 1 – 6 συνεδρίες εβδομαδιαίως <i>Συνολικός Χρόνος Παρέμβασης:</i> 3 – 20 εβδομάδες	Nintendo Wii, Microsoft Kinect™ for Xbox™, Sony PlayStation , Fizyosoft games, Mitii, Mandala Gesture Xtreme IREX VR system, E-Link - Evaluation and Exercise System, Leap Motion Controller	-Σπίτι -Κλινική - Κλινικά εργαστήρια	-Ευρείας χρήσης -Σχεδιασμένα για προγράμματα αποκατάστασης	Δεν αναφέρθηκε
Chen, Lee, και Howard, 2014	<i>Διάρκεια Συνεδριών:</i> 20 – 90 λεπτά της ώρας <i>Συχνότητα Συνεδριών:</i> 1 – 5 συνεδρίες εβδομαδιαίως <i>Συνολικός Χρόνος Παρέμβασης:</i> 3 – 4 εβδομάδες (πλειοψηφία των πρωτογενών μελετών)	Gexture Extreme, IREX VR system, NJIT-RAVR, RE-ACTION, E-link Evaluation and Exercise System, 5DT 5 Ultra glove, Sony PlayStation, Nintendo Wii	-Κλινική - Κλινικά εργαστήρια	-Ευρείας χρήσης -Σχεδιασμένα για προγράμματα αποκατάστασης	Δεν αναφέρθηκε
Chen, Fanchiang, και Howard,2018	<i>Διάρκεια Συνεδριών:</i> 20 – 90 λεπτά της ώρας <i>Συχνότητα Συνεδριών:</i> 1 – 7 συνεδρίες εβδομαδιαίως	Nintendo Wii, Nintendo Wii Fit, Nintendo Wii Sports, PlayStation EyeToy , Xbox Kinect, Engineer-built seat	-Σπίτι -Κλινική - Κλινικά εργαστήρια	-Ευρείας χρήσης -Σχεδιασμένα για προγράμματα αποκατάστασης	Δεν αναφέρθηκε

Συγγραφείς, Έτος	Χαρακτηριστικά παρέμβασης με VR	Συστήματα VR	Χώρος διεξαγωγής συνεδριών	Σκοπιμότητα συστημάτων VR	Βαθμός εμπύθισης συστημάτων VR
	<i>Συνολικός Χρόνος Παρέμβασης:</i> 4 – 20 εβδομάδες	cushion, E-link, GestureXtreme, Q4, Mitii,			
Ghai & Ghai, 2019	<i>Διάρκεια Συνεδριών:</i> - <i>Συχνότητα Συνεδριών:</i> - <i>Συνολικός Χρόνος Παρέμβασης:</i> -	Δεν αναφέρθηκε	Δεν αναφέρθηκε	Δεν αναφέρθηκε	Δεν αναφέρθηκε
Han & Park, 2023	<i>Διάρκεια Συνεδριών:</i> - <i>Συχνότητα Συνεδριών:</i> - <i>Συνολικός Χρόνος Παρέμβασης:</i> 3 – 20 εβδομάδες	Web-based VR, Nintendo Wii, Kinect, LMC games, Mitii	Δεν αναφέρθηκε	Δεν αναφέρθηκε	Δεν αναφέρθηκε
Hao et al, 2023	<i>Διάρκεια Συνεδριών:</i> 20 – 60 λεπτά της ώρας (2 μελέτες σημείωσαν 2,25 ώρες) <i>Συχνότητα Συνεδριών:</i> 1-7 συνεδρίες εβδομαδιαίως <i>Συνολικός Χρόνος Παρέμβασης:</i> 6 – 20 εβδομάδες	Nintendo Wii, Nintendo Wii Fit, Nintendo Wii Balance, Kinect, Mitii, Computer assisted rehabilitation play system, Timoco VR, 5DT 5 Ultra glove, Sony PlayStation,	-Σπίτι	-Ευρείας χρήσης -Σχεδιασμένα για προγράμματα αποκατάστασης	Δεν αναφέρθηκε
Liu et al, 2022	<i>Διάρκεια Συνεδριών:</i> 20 – 60 λεπτά της ώρας <i>Συχνότητα Συνεδριών:</i> 2- 6 συνεδρίες εβδομαδιαίως <i>Συνολικός Χρόνος Παρέμβασης:</i> 2- 12 εβδομάδες	Nintendo Wii fit, Xbox 360 Kinect, Nintendo Wii balance board, Nintendo Wii jogging, Computer games	-Σπίτι -Κλινική	Δεν αναφέρθηκε	Δεν αναφέρθηκε

Συγγραφείς, Έτος	Χαρακτηριστικά παρέμβασης με VR	Συστήματα VR	Χώρος διεξαγωγής συνεδριών	Σκοπιμότητα συστημάτων VR	Βαθμός εμπύθισης συστημάτων VR
Montoro-Cárdenas et al, 2022	<i>Διάρκεια Συνεδριών:</i> 15 – 45 λεπτά της ώρας <i>Συχνότητα Συνεδριών:</i> 2 – 7 συνεδρίες εβδομαδιαίως <i>Συνολικός Χρόνος Παρέμβασης:</i> 3- 12 εβδομάδες	Μόνο Nintendo Wii	Δεν αναφέρθηκε	-Ευρείας χρήσης	Δεν αναφέρθηκε
Pan et al, 2022	<i>Διάρκεια Συνεδριών:</i> 20 -100 λεπτά της ώρας <i>Συχνότητα Συνεδριών:</i> 2 – 7 συνεδρίες εβδομαδιαίως <i>Συνολικός Χρόνος Παρέμβασης:</i> 3 – 12 εβδομάδες	Nintendo Wii, Nintendo Wii Fit, Nintendo Wii Sports, KMC1, Q4, Xbox 360	-Σπίτι -Κέντρο αποκατάστασης -Παιδιατρική κλινική	Δεν αναφέρθηκε	Δεν αναφέρθηκε
Ren & Wu, 2019	<i>Διάρκεια Συνεδριών:</i> 17 – 40 λεπτά της ώρας <i>Συχνότητα Συνεδριών:</i> 2 – 7 συνεδρίες εβδομαδιαίως <i>Συνολικός Χρόνος Παρέμβασης:</i> 4 – 9 εβδομάδες	The Eloton SimCycle Virtual Cycling System, Nintendo Wii-Fit Balance Board Game, Nintendo Wii-Fit, Microsoft Xbox Kinect, Q4 Situational Interactive Training System, Limb a2 feedback system	-Σπίτι - Σχολείο -Κέντρο αποκατάστασης -Νοσοκομείο -Εξωτερική δομή	Δεν αναφέρθηκε	Δεν αναφέρθηκε
Wang et al, 2023	<i>Διάρκεια Συνεδριών:</i> 15 – 60 λεπτά της ώρας <i>Συχνότητα Συνεδριών:</i> 2 – 5 συνεδρίες εβδομαδιαίως <i>Συνολικός Χρόνος Παρέμβασης:</i> 3 – 12 εβδομάδες	Nintendo Wii games, Nintendo Wii Sports Biomaster VR., Xbox Kinect, PlayStation 4,	Δεν αναφέρθηκε	Δεν αναφέρθηκε	Non – immersive
Wu, Loprinzi, και Ren, 2019	<i>Διάρκεια Συνεδριών:</i> 15 – 40 λεπτά της ώρας <i>Συχνότητα Συνεδριών:</i>	Biomaster VR, Xbox Kinect, Nintendo Wii-fit,	-Νοσοκομείο -Κλινική -Κέντρο αποκατάστασης	Δεν αναφέρθηκε	Δεν αναφέρθηκε

Συγγραφείς, Έτος	Χαρακτηριστικά παρέμβασης με VR	Συστήματα VR	Χώρος διεξαγωγής συνεδριών	Σκοπιμότητα συστημάτων VR	Βαθμός εμπύθισης συστημάτων VR
	2 – 5 συνεδρίες εβδομαδιαίως Συνολικός Χρόνος Παρέμβασης: 3 – 12 εβδομάδες	Q4 , Nintendo Wii Fit Balance Board	- Σπίτι		

Ερευνητικά αποτελέσματα

Αποτελεσματικότητα της εικονικής πραγματικότητας στην κινητική αποκατάσταση

Αδρή κινητική λειτουργία

Οι Abdelhaleem et al (2022) μελέτησαν την αποτελεσματικότητα της εικονικής πραγματικότητας ως μοναδική μέθοδο παρέμβασης ή συνδυασμένη με άλλες μεθόδους παρέμβασης σε σχέση με άλλες συμβατικές ή μη θεραπείες, στον τομέα του αδρού κινητικού συντονισμού. Κατέληξαν ότι η εικονική πραγματικότητα έχει μικρή επίδραση (SMD 0.15; 95% CI, 0.09 to 0.40) αμέσως μετά την παρέμβαση. Οι Chen et al (2018) απέδειξαν πως η εικονική πραγματικότητα σε σύγκριση με άλλες θεραπείες σημειώνει μέτριου βαθμού επίδραση ($d = 0.755$, 95% CI = 0.348–1.161) στην βάδιση. Επιπλέον, οι Ghai & Ghai (2019) διερευνήσαν αποκλειστικά την επίδραση της εικονικής πραγματικότητας στην βάδιση και τα χαρακτηριστικά της, δηλαδή την ταχύτητα βάδισης, το μήκος του διασκελισμού και το ρυθμό βάδισης. Συμπεράναν ότι η εικονική πραγματικότητα έχει μεγάλη επίδραση στην ταχύτητα βάδισης ($g = 0.76$, 95% CI: 0.44 to 1.07), μέτρια επίδραση στο μήκος του διασκελισμού ($g = 0.30$, 95% CI: -0.40 to 1.01) και στο ρυθμό βάδισης ($g = 0.66$, 95% CI: -0.52 to 1.84). Μετρήσαν ακόμη, και την αποτελεσματικότητά με βάση το Gross Motor Functional Measurement (GMFM), απέδειξαν μέτρια επίδραση ($g = 0.44$, 95% CI: 0.06 to 0.83). Οι Hao et al (2023), Pan et al (2022) και Ren & Wu (2019) μελέτησαν γενικά την επίδραση της εικονικής πραγματικότητας στην αδρή κινητικότητα, κατέληξαν στα παρακάτω ευρήματα, σημαντική βελτίωση (SMD = 0.56, 95% CI : 0.27 to 0.85), μεγάλη θετική επίδραση (SMD = 0.80, 95% CI : 0.55–1.05, $P < 0.00001$) και μικρή επίδραση (SMD = 0.23, $P = 0.02$), αντιστοίχως. Τέλος, οι Wang et al (2023) με την μετά- ανάλυση τους συμπεράναν σημαντική διαφορά στα αποτελέσματα του Gross Motor Functional Measurement (GMFM), ανάμεσα στην ομάδα παρέμβασης (VR) και την ομάδα ελέγχου, με υπεροχή της ομάδας παρέμβασης (MD = 3.93 95% CI: 0.97 to 6.88, $P = 0.009$).

Λειτουργικότητα άνω άκρων

Οι Burin-Chu et al (2023), Chen et al (2014) και Montoro-Cárdenas et al (2022) στις μελέτες τους διερευνήσαν την επίδραση της εικονικής πραγματικότητας ως μέσο παρέμβασης μόνο στην αποκατάσταση της κινητικής λειτουργίας των άνω άκρων. Οι Chen et al (2014) συγκρίνοντας την αποτελεσματικότητα της εικονικής πραγματικότητας στην ομάδα παρέμβασης πριν και μετά τη παρέμβαση, κατέληξαν ότι η εικονική πραγματικότητα παρουσιάζει σημαντική επίδραση στην αποκατάσταση των άνω άκρων ($d = 1.00$ 95% CI: 0.45 to 1.56). Οι Burin-Chu et al (2023) επέδειξε την υπεροχή της εικονικής πραγματικότητας σε συνδυασμό με συμβατές θεραπείες στην

αποκατάσταση άνω άκρων (SMD= 0,65 95% CI: 0,19 to 1,11). Οι Montoro-Cárdenas et al (2022) μελέτησαν διεξοδικά την χρήση ενός εμπορικού συστήματος εικονικής πραγματικότητας, συγκεκριμένα το Nintendo Wii, σε διάφορες τομείς της κινητικότητας των άνω άκρων. Αναλυτικά, συμπέρανε ότι ο συνδυασμός Nintendo Wii με συμβατικές θεραπείες υπερσχύει έναντι των συμβατικών θεραπειών στην ενδυνάμωση λαβής της άκρας χείρας (grip strength) (SMD= 0,5 95% CI: 0,08 to 0,91, P= 0,02), στην ενδυνάμωση της tip grip (tip grip strength) (SMD=0,95 95% CI: 0,3 to 1,61, P= 0,004) και στην ικανότητα σύλληψης (SMD= 0,72 95% CI:0,14 to 1,30, P= 0,014). Όσον αφορά την επιδεξιότητα των αδρών και λεπτών κινήσεων των άνω άκρων (Gross Manual Dexterity και Fine Manual Dexterity) δεν εντοπίστηκε στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στην ομάδα παρέμβασης και την ομάδα ελέγχου. Οι Abdelhaleem et al (2022) μελετώντας την επίδραση της εικονικής πραγματικότητας στον συντονισμό των λεπτών κινήσεων (Fine Motor Coordination) στην ομάδα παρέμβασης (VR) και στην ομάδα ελέγχου αμέσως μετά τη θεραπεία, κατέληξε πως η εικονική πραγματικότητα υπερέχει έναντι των άλλων θεραπειών (SMD=0,75 95% CI:0,02 – 1,51). Στην μετά – ανάλυση των Chen et al (2018), μελετήθηκε η επίδραση της εικονικής πραγματικότητας στην κινητική αποκατάσταση των παιδιών με Εγκεφαλική Παράλυση. Οι ερευνητές οδηγήθηκαν στο συμπέρασμα πως η εικονική πραγματικότητα ως μέσο παρέμβασης επιφέρει σημαντικά θετικά αποτελέσματα στην κινητικότητα του βραχίονα. Τέλος, οι Hao et al (2023) μελετώντας την αποτελεσματικότητα των προγραμμάτων παρέμβασης στο σπίτι με τη χρήση της εικονικής πραγματικότητας, κατέληξαν στα εξής συμπεράσματα: σημαντική βελτίωση στην λειτουργία του άνω άκρου (SMD= 0,56 95% CI: 0,27 to 0,85) και μηδαμινά αποτελέσματα στην ενδυνάμωση της λαβής της άκρας χείρας (SMD=0,33 95% CI:0,10 to 0,78).

Ισορροπία και Στατικός έλεγχος

Η μελέτη των Chen et al (2018) είναι η μοναδική που μελέτησε την επίδραση της εικονικής πραγματικότητας στον στατικό έλεγχο των παιδιών με εγκεφαλική παράλυση. Οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι φέρει σημαντική επίδραση ($d=1,003$ 95% CI: 0,503 to 1,509). Τέλος οι μελέτες των Liu et al (2022), Wang et al (2023) κα Wu et al (2019) απέδειξαν στατιστικά σημαντική υπεροχή της εικονικής πραγματικότητας έναντι άλλων μεθόδων στην αποκατάσταση της ισορροπίας.

Δραστηριότητες Καθημερινής Ζωής

Οι Han & Park (2023) μελέτησαν την αποτελεσματικότητα, της εικονικής πραγματικότητας ως μέσο παρέμβασης σε παιδιατρικούς ασθενείς με εγκεφαλική παράλυση, στην λειτουργικότητά τους στις καθημερινές δραστηριότητες. Κατέληξαν πως η εικονική αποκατάσταση παρουσιάζει μέτρια επίδραση στη λειτουργικότητα των παιδιών ($g=0,37$ CI:0,17 to 0,57).

Ανάλυση υποομάδων

Διάρκεια συνεδρίας, συχνότητα συνεδριών, και συνολικός χρόνος παρέμβασης με εικονική πραγματικότητα

Οι Ghai & Ghai (2019) αναλύοντας την αποτελεσματικότητα της εικονικής πραγματικότητας στις παραμέτρους της βάδισης (ταχύτητα βάδισης, μήκος διασκελισμού, ρυθμό βάδισης) και στην αδρή κινητική λειτουργία των παιδιατρικών ασθενών με εγκεφαλική παράλυση, οδηγήθηκαν σε συμπεράσματα σχετικά με την επίδραση των χαρακτηριστικών της παρέμβασης (διάρκεια συνεδρίας, συχνότητα συνεδριών και συνολικός χρόνος προγράμματος) στην τελική έκβαση. Συγκεκριμένα, κατέληξαν πως μεγαλύτερα οφέλη, για την ταχύτητα βάδισης και την αδρή κινητική λειτουργία, παρουσιάζει μια συνεδρία των 20 με 30 λεπτών σε σύγκριση με συνεδρίες που διαρκούν 40 με 45 λεπτά (gait velocity $g=0,88$ vs $g=0,26$ και GMFM $g=0,5$ vs $0,14$). Επιπλέον, καλύτερα αποτελέσματα για την ταχύτητα βάδισης φαίνεται να σημειώνονται όταν η συχνότητα των συνεδριών είναι ίση ή/και μικρότερη των τεσσάρων συνεδριών μέσα στην εβδομάδα σε σύγκριση με πέντε ή/και παραπάνω συνεδρίες εβδομαδιαίως (gait velocity $g=0,84$ vs $g=0,65$). Τέλος, διερευνήσαν την επιρροή του συνολικού χρόνου παρέμβασης στην τελική έκβαση. Επιπλέον, σημειώνεται πως τα μεγαλύτερα θετικά οφέλη σημειώνονται στα προγράμματα παρέμβασης που διαρκούν 8 ή/και παραπάνω εβδομάδες σε σχέση με τις θεραπείες που ολοκληρώνονται σε διάστημα μικρότερο ή ίσο των 7 εβδομάδων (gait velocity $g=0,83$ vs $0,65$).

Στη μετά- ανάλυση των Han & Park (2023) μελετήθηκε η επιρροή της διάρκειας μιας συνεδρίας και ο συνολικός χρόνος παρέμβασης με εικονική πραγματικότητα, στην αποτελεσματικότητα της μεθόδου σχετικά με τη λειτουργικότητα των παιδιών με εγκεφαλική παράλυση. Κατηγοριοποίησαν τη διάρκεια μιας συνεδρίας (minutes) σε 3 διαστήματα, 1 -100, 101 – 200, 201 – 300 και τα σύγκριναν μεταξύ τους. Τα τελικά αποτελέσματα έδειξαν υπεροχή του διαστήματος 101 έως 200 λεπτά της ώρας για τη διάρκεια της συνεδρίας (1 – 100 : SMD= 0,22, 101 – 200: SMD= 0,44, 201 – 300: SMD= 0,27). Επιπροσθέτως, κατηγοριοποίησαν τις συνολικές εβδομάδες παρέμβασης σε 4 διαφορετικά διαστήματα με τα εξής αποτελέσματα, 3 – 5 εβδομάδες (SMD = 0,70) , 6 – 8 εβδομάδες (SMD= 0,18), 9 – 12 εβδομάδες (SMD= 0,28) και 20 εβδομάδες (SMD= 0,39). Εμφανή υπεροχή σημειώνει το διάστημα 3 με 5 εβδομάδες σε σύγκριση με τα υπόλοιπα.

Οι υπόλοιπες 3 μετά- αναλύσεις που εξέτασαν την επίδραση των χαρακτηριστικών των παρεμβάσεων στη τελική έκβαση, δεν επέδειξαν κάποια συσχέτιση ανάμεσα στις δύο μεταβλητές (Εξαρτημένη μεταβλητή: έκβαση αποτελέσματος και ανεξάρτητες μεταβλητές: διάρκεια συνεδριών, συχνότητα συνεδριών και συνολικός χρόνος παρέμβασης) (Chen et al, 2014; Ren &

Wu, 2019; Wu et al, 2019). Συγκεκριμένα, οι Wu et al (2019) περιορίστηκαν στη μελέτη της αποτελεσματικότητας της εικονικής πραγματικότητας ως μέσο αποκατάστασης της ισορροπίας στα παιδιά με εγκεφαλική παράλυση. Διερευνήσαν τη σχέση ανάμεσα στη διάρκεια μιας συνεδρίας, τη συχνότητα συνεδριών εβδομαδιαίως και τις συνολικές εβδομάδες παρέμβασης, και στα αποτελέσματα της αποκατάστασης της ισορροπίας. Κατέληξαν πως οι τρεις παραπάνω παράμετροι δεν επιδρούν σημαντικά στα τελικά αποτελέσματα (διάρκεια συνεδρίας $P=0,70$, συχνότητα εβδομαδιαίως $P=0,96$ και διάρκεια παρέμβασης σε εβδομάδες $P=0,33$). Τέλος, οι Ren & Wu (2019) μελετώντας τα οφέλη της εικονικής πραγματικότητας στην αδρή κινητική λειτουργία των παιδιατρικών ασθενών με εγκεφαλική παράλυση, οδηγήθηκαν στην εξέταση της επιρροής των χρονικών παραμέτρων των παρεμβάσεων στην τελική έκβαση. Συμπεράναν ότι δεν επιδρούν σημαντικά (διάρκεια συνεδρίας $P=0,77$, συχνότητα συνεδριών εβδομαδιαίως $P=0,15$ και συνολικός χρόνος παρέμβασης $P=0,11$).

Σκοπός συστημάτων εικονικής πραγματικότητας

Οι Burin-Chu et al (2023) μελέτησαν τα οφέλη της εικονικής πραγματικότητας ως μέσο παρέμβασης σε προγράμματα κινητικής αποκατάστασης των άνω άκρων σε παιδιατρικούς ασθενείς με εγκεφαλική παράλυση. Επιπλέον, ακολούθησαν μια ανάλυση υποομάδων για να συγκρίνουν τα συστήματα εικονικής πραγματικότητας που είναι σχεδιασμένα για το χώρο της αποκατάστασης και τα συστήματα ευρείας χρήσης. Αρχικά, σύγκριναν την αποτελεσματικότητα ανάμεσα στη χρήση συστημάτων εικονικής ως συμπληρωματική θεραπεία και στη χρήση συστημάτων σχεδιασμένων για αποκατάσταση εξίσου ως συμπληρωματική θεραπεία. Δεν κατέληξαν σε κάποια σημαντική διαφορά ανάμεσα στα δύο συστήματα όταν αποτελούν συμπλήρωμα συμβατικών μεθόδων παρέμβασης ($P=0,62$). Εν συνεχεία, συγκρίναν την αποτελεσματικότητα των συστημάτων, όταν χρησιμοποιούνται ως μοναδική μέθοδος παρέμβασης. Δεν εντοπίστηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των συστημάτων ($P=0,8$). Επιπλέον, απέδειξαν πως ο συνδυασμός συστημάτων εικονικής πραγματικότητας ευρείας χρήσης ($SMD = 0.72$; 95% CI:0.06 to 1.39) ή συστημάτων σχεδιασμένων για αποκατάσταση ($SMD = 0.52$; 95% CI:0.08 to 0.96) με συμβατικές μεθόδους παρέμβασης είναι πιο αποτελεσματικός από τις συμβατικές παρεμβάσεις. Τέλος, επισήμαναν ότι κανένα από τα δύο συστήματα δεν είναι πιο αποτελεσματικό από τις συμβατικές θεραπείες.

Σε αντίθεση με τα αποτελέσματα των Burin- Chu et al (2023), οι Chen et al (2018) έδειξαν πως τα συστήματα ευρείας χρήσης είναι λιγότερο αποτελεσματικά από τα συστήματα σχεδιασμένα για αποκατάσταση ($d=0,628$ vs $d=1,572$, $P=0,05$). Οι Chen et al 2018 μελέτησαν την επίδραση της εικονικής αποκατάστασης στην κινητική αποκατάσταση των παιδιών.

Πραγματοποίησαν ανάλυση υποομάδων για να διερευνήσουν την διαφορετική επίδραση στην έκβαση που μπορεί να έχουν τα διάφορα συστήματα εικονικής πραγματικότητας. Στα ίδια ερευνητικά αποτελέσματα κατέληξαν και οι Chen et al (2014) σε προγενέστερη μετά – ανάλυση που σχετιζόταν αμιγώς για την αποκατάσταση των άνω άκρων (ευρείας χρήσης συστήματα $d=0,31$ και συστήματα σχεδιασμένα για αποκατάσταση $d=1,27$).

Βαθμός εμβύθισης

Η μετά- ανάλυση των Burin-Chu et al (2023) διερεύνησε τη διαφορετική επίδραση που μπορεί να έχουν οι τρεις διαφορετικοί βαθμοί εμβύθισης (immersive, non-immersive, semi-immersive) που παρουσιάζονται σε συστήματα σχεδιασμένα για αποκατάσταση. Όλα τα συστήματα είχαν χρησιμοποιηθεί ως συμπλήρωμα σε συμβατικές θεραπείες. Δεν κατέληξαν σε κάποια σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών συστημάτων εμβύθισης ($P=0,50$). Επιπλέον, ανέλυσαν τα τρία συστήματα εμβύθισης ξεχωριστά, κανένα από αυτά δεν υπερέχει έναντι της συμβατικής θεραπείας.

Χώρος διεξαγωγής συνεδριών

Η μελέτη των Chen et al (2014) είναι η μοναδική που διερεύνησε την επίδραση των διάφορων χώρων που έλαβαν χώρα οι παρεμβάσεις με εικονική πραγματικότητα. Κατέληξαν ότι φαίνεται πως οι παρεμβάσεις που έγιναν στο σπίτι ($d=1,30$) ή σε κλινικά εργαστήρια ($d=1,47$) είναι πιο αποτελεσματικές σε σχέση με αυτές που πραγματοποιήθηκαν σε κάποια κλινική ($d=0,28$).

Συζήτηση

Μακροπρόθεσμος στόχος της νευροαποκατάστασης σε προγράμματα με ή χωρίς τη χρήση εικονικής πραγματικότητας είναι η επίτευξη του μεγαλύτερου βαθμού αυτονομίας που είναι σε θέση να φτάσει το κάθε παιδί με εγκεφαλική παράλυση. Πιο συγκεκριμένα η κινητική αποκατάσταση στοχεύει στη κατάκτηση κινητικών δεξιοτήτων απαραίτητων για την ενεργή συμμετοχή του ασθενή στις δραστηριότητες καθημερινής ζωής. Στη παρούσα βιβλιογραφική ανασκόπηση μελετήθηκαν μετά – αναλύσεις που αφορούν την κινητική αποκατάσταση με τη συμβολή της εικονικής πραγματικότητας σε παιδιατρικούς ασθενείς με εγκεφαλική παράλυση. Καμία μετά – ανάλυση δεν αναφέρει πληροφορίες σχετικά με τη διατήρηση των κατακτηθέντων δεξιοτήτων μετά τη λήξη των προγραμμάτων παρέμβασης.

Η χρήση της εικονικής πραγματικότητας ως εκπαιδευτικού και θεραπευτικού εργαλείου επιτρέπει στους εκπαιδευτές και τους θεραπευτές να προσφέρουν τόσο ευελιξία όσο και πλήρη έλεγχο κατά τη χορήγηση θεραπειών, αυξάνοντας την πιθανότητα μεταφοράς των δεξιοτήτων και διασφαλίζοντας ασφάλεια κατά τη μάθηση. (de Mello Monteiro et al, 2014) Η εξατομίκευση των παρεμβάσεων με βάση τις ανάγκες και τις προτιμήσεις των ασθενών αποτελεί το κλειδί για μια επιτυχημένη παρέμβαση. Στις μελέτες που αναλύθηκαν, υπάρχει μια μεγάλη ποικιλομορφία στα χαρακτηριστικά των περιστατικών αλλά και απουσία συγκεκριμένων διαγνωστικών υποκατηγοριών. Αναλυτικά, η πλειοψηφία των ομάδων παρέμβασης αποτελείται σχεδόν με όλες τις τοπογραφικές κατανομές της εγκεφαλικής παράλυσης (ημιπληγία, διπληγία, τετραπληγία), αλλά με μοναδικό εκπρόσωπο των διαταραχών του μυϊκού τόνου, τη σπαστικότητα. Μόνο η μελέτη των Han & Park (2023) περιλαμβάνει και ασθενείς με δυσκινητικό τύπο εγκεφαλικής παράλυσης. Είναι αναμενόμενη η υπεροχή του σπαστικού τύπου εγκεφαλικής παράλυσης στα δείγματα λόγω του μεγαλύτερου ποσοστού εμφάνισής του σε σχέση με του υπόλοιπους τύπους στο γενικό πληθυσμό. Παρόλα αυτά, και οι υπόλοιπες διαταραχές του μυϊκού τόνου (δυστονία, αθέτωση, αταξία, υποτονία) επηρεάζουν σημαντικά την λειτουργικότητα των ασθενών. Επιπροσθέτως, στα δείγματα συμπεριλαμβάνονται περιστατικά που ταξινομούνται, με βάση το λειτουργικό σύστημα ταξινόμησης Gross Motor Functional Classification System (GMFCS), από το επίπεδο 1 έως το επίπεδο 5. Η διαφορά των κινητικών δεξιοτήτων που παρουσιάζουν οι ασθενείς σε κάθε επίπεδο είναι αξιοσημείωτη. Συνεπώς, ένα πρόγραμμα παρέμβασης διαφέρει ριζικά ανάλογα με το επίπεδο κινητικής λειτουργίας του κάθε παιδιού με εγκεφαλική παράλυση. Όπως αναφέρθηκε, ο χειριστής των προγραμμάτων εικονικής πραγματικότητας έχει τη δυνατότητα να τροποποιεί τους παράγοντες με βάση τα δυνατά και τα αδύναμα σημεία του χρήστη.

Η ανάπτυξη της κινητικής λειτουργίας είναι σημαντική για την απόκτηση δεξιοτήτων ώστε τα παιδιά να εμπλέκονται πλήρως σε σχολικές και ψυχαγωγικές δραστηριότητες. Οι δεξιότητες αδρής κινητικότητας αφορούν την ενεργοποίηση μεγάλων μυϊκών ομάδων για συντονισμένες κινήσεις του σώματος όπως περπάτημα, τρέξιμο, άλματα και διατήρηση της ισορροπίας. Είναι θεμελιώδεις για την ανάπτυξη του παιδιού, καθώς επιτρέπουν την εκτέλεση λειτουργικών δραστηριοτήτων, την εμπλοκή στο παιχνίδι και την κοινωνική αλληλεπίδραση. Σε μεγαλύτερα παιδιά διευκολύνουν τη συμμετοχή σε αθλητικές δραστηριότητες. Μελέτες σε παιδιά σχολικής ηλικίας δείχνουν ότι οι δεξιότητες αδρής κινητικότητας είναι αναπόσπαστο μέρος της κοινωνικής, ψυχαγωγικής και ακαδημαϊκής συμμετοχής και έχουν συνδεθεί με την υγιή αυτοεκτίμηση και τη γνωστική ανάπτυξη (Lucas et al, 2016). Σε 7 συμπεριληφθείσες μετά -αναλύσεις της παρούσας εργασίας αξιολογήθηκε η αποτελεσματικότητα της χρήσης συστημάτων εικονικής πραγματικότητας σε αποκαταστατικά προγράμματα σχετιζόμενα με την αδρή κινητική λειτουργία.(Abdelhaleem et al, 2022; Chen et al, 2018; Ghai & Ghai, 2019; Hao et al, 2023; Pan et al, 2022; Ren & Wu, 2019; Wang et al, 2023) Όλες οι μετά – αναλύσεις κατέληξαν σε χαμηλή έως σημαντική θετική επίδραση της στην τελική έκβαση. Είναι ασφαλής η εξαγωγή του συμπεράσματος, ότι η εικονική πραγματικότητα ως συμπληρωματική μέθοδος παρέμβασης φαίνεται να ωφελεί στην αποκατάσταση της αδρής κινητικής λειτουργίας των παιδιατρικών ασθενών με εγκεφαλική παράλυση.

Η κινητική αλυσίδα του άνω άκρου αποτελείται από την ωμική ζώνη, την βραχιονοκερκιδική άρθρωση, την πηγεοκαρπική και τις αρθρώσεις της άκρας χείρας. Οι βλάβες στην κινητική αλυσίδα των άνω άκρων σε ασθενής με εγκεφαλική παράλυση είναι συχνές. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι η διαταραχή του μυϊκού τόνου, η εξάρθρωση και μακροπρόθεσμα οι μόνιμες παραμορφώσεις των αρθρώσεων, οι οποίες προκαλούν πόνο και περιορισμό στην κίνηση. Οι παραπάνω διαταραχές επηρεάζουν αρνητικά την ικανότητα των παιδιών να εκτελούν τις καθημερινές τους δραστηριότητες, όπως τη σίτιση, τη γραφή και το βούρτσισμα των δοντιών, αυξάνοντας την εξάρτησή τους από τους άλλους και μειώνοντας την ποιότητα ζωής τους.(Alrashidi et al, 2023; Rathinam et al, 2019) Σε 6 συμπεριληφθείσες μετά-αναλύσεις της παρούσας εργασίας αξιολογήθηκε η αποτελεσματικότητα της χρήσης συστημάτων εικονικής πραγματικότητας σε αποκαταστατικά προγράμματα σχετιζόμενα με την κινητική λειτουργία των άνω άκρων. Οι μελέτες των Burin-Chu et al (2023), Chen et al (2014) και Hao et al (2023) κατέληξαν σε θετική επίδραση της εικονικής πραγματικότητας ως συμπληρωματική μέθοδος παρέμβασης στην κινητική αποκατάσταση των άνω άκρων. Συνεπώς, φαίνεται να είναι ασφαλή η εξαγωγή ενός συμπεράσματος σχετικά με την υπεροχή της χρήσης εικονικής πραγματικότητας ως συμπλήρωμα στις συμβατικές μεθόδους συγκριτικά με τις συμβατικές θεραπείες για την κινητική

αποκατάσταση των άνω άκρων. Διφορούμενα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για την ενδυνάμωση της άκρας χείρας με τη χρήση εικονική πραγματικότητας, διότι μόνο δύο μελέτες αξιολόγησαν την επίδραση της σε αυτό το τομέα της κίνησης. Συγκεκριμένα, οι Montoro-Cárdenas et al (2022) έδειξαν θετικά οφέλη της χρήσης του Nintendo Wii για την ενδυνάμωση της άκρας χείρας, σε αντίθεση με τους Hao et al (2023) που δεν εντόπισαν σημαντική υπεροχή της εικονικής πραγματικότητας έναντι των άλλων παρεμβάσεων.

Η κινητική μάθηση είναι ένα φαινόμενο που αναφέρεται σε σχετικά μόνιμες αλλαγές επίπεδο νευρώνων, που οδηγούν στην επίκτητη ικανότητα εκτέλεσης κινητικών δεξιοτήτων. Οι αλλαγές αυτές προέρχονται από την εμπειρία και τη πρακτική, με αποτέλεσμα την απόκτηση, διατήρηση και μεταφορά κινητικών δεξιοτήτων (Massetti et al, 2018). Μία βασική αρχή της νευροαποκατάστασης σχετικά με τη κινητική μάθηση σχετίζεται με τη δοσολογία της άσκησης, δηλαδή του προγράμματος παρέμβασης. Σε 5 συμπεριληφθείσες μετά -αναλύσεις της παρούσας εργασίας αξιολογήθηκε η συσχέτιση της δοσολογίας της παρέμβασης με τη τελική έκβαση. Όσον αφορά την αδρή κινητική λειτουργία, οι Ghai & Ghai (2019), οι Han & Park (2023) και οι Ren & Wu (2019) μελέτησαν την ύπαρξη συσχέτισης ανάμεσα στο χρόνο της συνεδρίας και του συνολικού χρόνου παρέμβασης με την τελική έκβαση. Εντοπίζεται σαφή διαφοροποίηση μεταξύ των ευρημάτων των τριών μετά – αναλύσεων. Συγκεκριμένα, οι Ghai & Ghai (2019) κατέληξαν πως μικρότερες σε διάρκεια συνεδρίες σε συνδυασμό με μεγαλύτερο χρόνο παρεμβάσεων φαίνεται να φέρει θετική επίδραση στην τελική έκβαση, ενώ οι Han & Park (2023) επισημαίνουν την σημασία μεγαλύτερων σε διάρκεια συνεδριών αλλά μικρότερης διάρκειας παρέμβασης. Εν αντιθέσει με τους Ren & Wu (2019) που δεν εντόπισαν συσχέτιση ανάμεσα στις δύο παραμέτρους. Συνεπώς, είναι αδύνατη η εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων για τη επιρροή των χαρακτηριστικών της παρέμβασης στην αποκατάσταση της αδρής κινητικής λειτουργίας. Σχετικά με την κινητική αποκατάσταση των άνω άκρων και την ισορροπία, οι ερευνητές δεν κατέληξαν σε συσχέτιση ανάμεσα στην τελική έκβαση και τους παραμέτρους της παρέμβασης. (Chen et al, 2014; Wu et al, 2019)

Τα συστήματα εικονικής πραγματικότητας αποτελούνται από το λογισμικό (software) και από τα εξαρτήματα του ηλεκτρονικού υπολογιστή (hardware). Η χρήση των συστημάτων αυτών στη αποκατάσταση, απαιτεί τη πλήρη εμπλοκή του κλινικού. Ο κλινικός είναι εκείνος που θα λάβει τις αποφάσεις για την καταλληλότητα της παρέμβασης για τον εκάστοτε ασθενή, θα τροποποιήσει τους παραμέτρους της θεραπείας και θα εκτιμήσει την εξέλιξη του προγράμματος εφαρμόζοντας δραστηριότητες ή παιχνίδια στον εικονικό κόσμο με διαβαθμιζόμενη δυσκολία (Levac & Galvin, 2013). Πράγματι, οι μελέτες που αναλύθηκαν επισημαίνουν την σπουδαιότητα της εικονικής πραγματικότητας ως μίας μεθόδου που συμπληρώνει τις συμβατές θεραπείες και δεν τις αποκλείει.

Αναλυτικότερα, η μελέτη των Burin-Chu et al (2023) καταλήγει στο συμπέρασμα, πως όταν η κινητική αποκατάσταση των άνω άκρων με συμβατικές μεθόδους παρέμβασης συνδυάζεται με τη εικονική πραγματικότητα τα οφέλη είναι περισσότερα συγκριτικά με την εφαρμογή μόνο συμβατικών παρεμβάσεων. Οι μελέτες των Burin-Chu et al (2023), Chen et al (2014) και Chen et al (2018) σύγκριναν της επιρροή των συστημάτων εικονικής πραγματικότητας σε σχέση με το σκοπό κατασκευής τους. Συγκεκριμένα, διερευνήσαν αν τα συστήματα εικονικής πραγματικότητας σχεδιασμένα για αποκαταστασιακά προγράμματα υπερέχουν έναντι των εμπορικών συστημάτων. Καμία μελέτη δεν κατέληξε σε υπεροχή των πρώτων. Επιπλέον, η μετά-ανάλυση των Burin-Chu et al (2023) αξιολόγησε την αποτελεσματικότητα των συστημάτων εικονικής πραγματικότητας με γνώμονα τον βαθμό εμπύθισης, Οι ερευνητές δεν κατέληξαν σε στατιστική σημαντική διαφορά ανάμεσα στους τρεις βαθμούς εμπύθισης (συστήματα μη – εμπύθισης, συστήματα ημι – εμπύθισης, συστήματα πλήρους εμπύθισης). Εν κατακλείδι, φαίνεται πως τα συστήματα εικονικής πραγματικότητας ανεξαρτήτως από τον σχεδιασμό τους και τον βαθμό εμπύθισης επιφέρουν θετική επίδραση στην κινητική αποκατάσταση παιδιατρικών ασθενών με εγκεφαλική παράλυση.

Συμπεράσματα

Ο φαινότυπος και η αιτιολογία της εγκεφαλικής παράλυσης εμφανίζει μεγάλη ποικιλομορφία. Οι θεραπευτικές ανάγκες και προτιμήσεις του κάθε παιδιού είναι μοναδικές και σχετίζονται άμεσα με το κοινωνικό πλαίσιο και την οικογένεια που ανήκουν. Η εξέλιξη της τεχνολογίας και η άνθιση των συστημάτων εικονικής πραγματικότητας αποτέλεσε καθοριστικό παράγοντα για την θεαματική ένταξή τους στο χώρο της αποκατάστασης. Τα προγράμματα κινητικής αποκατάστασης με χρήση εικονικής πραγματικότητας σε παιδιατρικούς ασθενείς με εγκεφαλική παράλυση φαίνεται να έχουν θετικά αποτελέσματα σε όλους τους τομείς της κίνησης. Ωστόσο, απαιτείται η διενέργεια επιπλέον τυχαιοποιημένων κλινικών δοκιμών με δείγματα ασθενών πιο ομογενή, διερεύνηση της διατήρησης των κατακτηθέντων δεξιοτήτων μετά το πέρας της παρέμβασης και της σύνδεσης ανάμεσα στις δεξιότητες και την γενική λειτουργικότητα των ασθενών.

Βιβλιογραφία

Abdelhaleem, N., El Wahab, M. S. A., & Elshennawy, S. (2022). Effect of virtual reality on motor coordination in children with cerebral palsy: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Egyptian Journal of Medical Human Genetics*, 23(1). Scopus. <https://doi.org/10.1186/s43042-022-00258-0>

Alrashidi, M., Wadey, C. A., Tomlinson, R. J., Buckingham, G., & Williams, C. A. (2023). The efficacy of virtual reality interventions compared with conventional physiotherapy in improving the upper limb motor function of children with cerebral palsy: A systematic review of randomised controlled trials. *Disability and Rehabilitation*, 45(11), 1773–1783. <https://doi.org/10.1080/09638288.2022.2071484>

Arseniou S, Siokas V, Aloizou AM, Stamati P, Mentis AA, Tsouris Z, Dastamani M, Peristeri E, Valotassiou V, Bogdanos DP, Hadjigeorgiou GM, Dardiotis E. SLC2A3 rs12842 polymorphism and risk for Alzheimer's disease. *Neurol Res*. 2020;42(10):853-61. Epub 20200704. doi: 10.1080/01616412.2020.1786973. PubMed PMID: 32627711.

Arnoni, J. L. B., Lima, C. R. G., Verdério, B. N., Kleiner, A. F. R., de Campos, A. C., & Rocha, N. A. C. F. (2022). Active Videogame Training Combined with Conventional Therapy Alters Body Oscillation in Children with Cerebral Palsy: A Randomized Controlled Trial. *Games for Health Journal*, 11(4), 252–261. <https://doi.org/10.1089/g4h.2021.0158>

Basu, A. P., Pearse, J., Kelly, S., Wisher, V., & Kisler, J. (2015). Early intervention to improve hand function in hemiplegic cerebral palsy. *Frontiers in Neurology*, 5. Scopus. <https://doi.org/10.3389/fneur.2014.00281>

Bax, M., Goldstein, M., Rosenbaum, P., Leviton, A., Paneth, N., Dan, B., Jacobsson, B., & Damiano, D. (2005). Proposed definition and classification of cerebral palsy, April 2005. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 47(8), 571–576. <https://doi.org/10.1017/S001216220500112X>

Burin-Chu, S., Baillet, H., Leconte, P., Lejeune, L., Thouvarecq, R., & Benguigui, N. (2023). Effectiveness of virtual reality interventions of the upper limb in children and young adults with cerebral palsy: A systematic review with meta-analysis. *Clinical Rehabilitation*, 2692155231187858. <https://doi.org/10.1177/02692155231187858>

Burridge, J., Wood, D., Hermens, H., Voerman, G., Johnson, G., Wijck, F. V., Platz, T., Gregoric, M., Hitchcock, R., & Pandyan, A. (2005). Theoretical and methodological considerations in the measurement of spasticity. *Disability and Rehabilitation*, 27(1–2), 69–80. <https://doi.org/10.1080/09638280400014592>

Chelban V, Wilson MP, Warman Chardon J, Vandrovцова J, Zanetti MN, Zamba-Papanicolaou E, Efthymiou S, Pope S, Conte MR, Abis G, Liu YT, Tribollet E, Haridy NA, Botia JA, Ryten M, Nicolaou P, Minaidou A, Christodoulou K, Kernohan KD, Eaton A, Osmond M, Ito Y, Bourque P, Jepson JEC, Bello O, Bremner F, Cordivari C, Reilly MM, Foiani M, Heslegrave A, Zetterberg H, Heales SJR, Wood NW, Rothman JE, Boycott KM, Mills PB, Clayton PT, Houlden H. PDXK mutations cause polyneuropathy responsive to pyridoxal 5'-phosphate supplementation. *Ann Neurol*. 2019;86(2):225-40. Epub 20190701. doi: 10.1002/ana.25524. PubMed PMID: 31187503; PubMed Central PMCID: PMC6772106.

- 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>
- Chen, Y., Lee, S.-Y., & Howard, A. M. (2014). Effect of Virtual Reality on Upper Extremity Function in Children With Cerebral Palsy: A Meta-analysis. *Pediatric Physical Therapy*, 26(3), 289. <https://doi.org/10.1097/PEP.0000000000000046>
- Cho, C., Hwang, W., Hwang, S., & Chung, Y. (2016). Treadmill Training with Virtual Reality Improves Gait, Balance, and Muscle Strength in Children with Cerebral Palsy. *The Tohoku Journal of Experimental Medicine*, 238(3), 213–218. <https://doi.org/10.1620/tjem.238.213>
- Choi, J. Y., Yi, S.-H., Ao, L., Tang, X., Xu, X., Shim, D., Yoo, B., Park, E. S., & Rha, D.-W. (2021a). Virtual reality rehabilitation in children with brain injury: A randomized controlled trial. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 63(4), 480–487. <https://doi.org/10.1111/dmcn.14762>
- Choi, J. Y., Yi, S.-H., Ao, L., Tang, X., Xu, X., Shim, D., Yoo, B., Park, E. S., & Rha, D.-W. (2021b). Virtual reality rehabilitation in children with brain injury: A randomized controlled trial. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 63(4), 480–487. <https://doi.org/10.1111/dmcn.14762>
- Clarimon J, Xiromerisiou G, Eerola J, Gourbali V, Hellström O, Dardiotis E, Peuralinna T, Papadimitriou A, Hadjigeorgiou GM, Tienari PJ, Singleton AB. Lack of evidence for a genetic association between FGF20 and Parkinson's disease in Finnish and Greek patients. *BMC Neurol*. 2005;5:11. Epub 20050620. doi: 10.1186/1471-2377-5-11. PubMed PMID: 15967032; PubMed Central PMCID: Dardiotis E, Paterakis K, Tsivgoulis G, Tsintou M, Hadjigeorgiou GF, Dardioti M, Grigoriadis S, Simeonidou C, Komnos A, Kapsalaki E, Fountas K, Hadjigeorgiou GM. AQP4 tag single nucleotide polymorphisms in patients with traumatic brain injury. *J Neurotrauma*. 2014;31(23):1920-6. Epub 20141010. doi: 10.1089/neu.2014.3347. PubMed PMID: 24999750; PubMed Central PMCID: PMC4238262.
- Dardiotis E, Siokas V, Moza S, Kosmidis MH, Vogiatzi C, Aloizou AM, Geronikola N, Ntanasi E, Zalonis I, Yannakoulia M, Scarmeas N, Hadjigeorgiou GM. Pesticide exposure and cognitive function: Results from the Hellenic Longitudinal Investigation of Aging and Diet (HELIAD). *Environ Res*. 2019;177:108632. Epub 20190813. doi: 10.1016/j.envres.2019.108632. PubMed PMID: 31434017.
- Dardiotis E, Siokas V, Zafeiridis T, Paterakis K, Tsivgoulis G, Dardioti M, Grigoriadis S, Simeonidou C, Deretzi G, Zintzaras E, Jagiella J, Hadjigeorgiou GM. Integrins AV and B8 Gene Polymorphisms and Risk for Intracerebral Hemorrhage in Greek and Polish Populations. *Neuromolecular Med*. 2017;19(1):69-80. Epub 20160730. doi: 10.1007/s12017-016-8429-3. PubMed PMID: 27476161.
- Dardiotis E, Sokratous M, Tsouris Z, Siokas V, Mentis AA, Aloizou AM, Michalopoulou A, Bogdanos DP, Xiromerisiou G, Deretzi G, Kountouras J, Hadjigeorgiou GM. Association between *Helicobacter pylori* infection and Guillain-Barré Syndrome: A meta-analysis. *Eur J Clin Invest*. 2020;50(5):e13218. Epub 20200325. doi: 10.1111/eci.13218. PubMed PMID: 32124432.

Dardiotis E, Tsouris Z, Aslanidou P, Aloizou AM, Sokratous M, Provatas A, Siokas V, Deretzi G, Hadjigeorgiou GM. Body mass index in patients with Multiple Sclerosis: a meta-analysis. *Neurol Res.* 2019;41(9):836-46. Epub 20190531. doi: 10.1080/01616412.2019.1622873. PubMed PMID: 31146649.

de Mello Monteiro, C. B., Massetti, T., da Silva, T. D., van der Kamp, J., de Abreu, L. C., Leone, C., & Savelsbergh, G. J. P. (2014). Transfer of motor learning from virtual to natural environments in individuals with cerebral palsy. *Research in Developmental Disabilities*, 35(10), 2430–2437. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2014.06.006>

Dewan R, Chia R, Ding J, Hickman RA, Stein TD, Abramzon Y, Ahmed S, Sabir MS, Portley MK, Tucci A, Ibáñez K, Shankaracharya FNU, Keagle P, Rossi G, Caroppo P, Tagliavini F, Waldo ML, Johansson PM, Nilsson CF, Rowe JB, Benussi L, Binetti G, Ghidoni R, Jabbari E, Viollet C, Glass JD, Singleton AB, Silani V, Ross OA, Ryten M, Torkamani A, Tanaka T, Ferrucci L, Resnick SM, Pickering-Brown S, Brady CB, Kowal N, Hardy JA, Van Deerlin V, Vonsattel JP, Harms MB, Morris HR, Ferrari R, Landers JE, Chiò A, Gibbs JR, Dalgard CL, Scholz SW, Traynor BJ. Pathogenic Huntingtin Repeat Expansions in Patients with Frontotemporal Dementia and Amyotrophic Lateral Sclerosis. *Neuron.* 2021;109(3):448-60.e4. Epub 20201126. doi: 10.1016/j.neuron.2020.11.005. PubMed PMID: 33242422; PubMed Central PMCID: PMCPMC7864894.PMCPMC1183215.

El-Shamy, S. M. (2018). Efficacy of Armeo® Robotic Therapy Versus Conventional Therapy on Upper Limb Function in Children With Hemiplegic Cerebral Palsy. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 97(3), 164. <https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000000852>

Faccioli, S., Pagliano, E., Ferrari, A., Maghini, C., Siani, M. F., Sgherri, G., Cappetta, G., Borelli, G., Farella, G. M., Foscan, M., Viganò, M., Sghedoni, S., Perazza, S., & Sassi, S. (2023). Evidence-based management and motor rehabilitation of cerebral palsy children and adolescents: A systematic review. *Frontiers in Neurology*, 14. Scopus. <https://doi.org/10.3389/fneur.2023.1171224>

Franki, I., Desloovere, K., De Cat, J., Feys, H., Molenaers, G., Calders, P., Vanderstraeten, G., Himpens, E., & Van Broeck, C. (2012). The evidence-base for basic physical therapy techniques targeting lower limb function in children with cerebral palsy: A systematic review using the International Classification of Functioning, Disability and Health as a conceptual framework. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 44(5), 385–395. <https://doi.org/10.2340/16501977-0983>

Ghai, S., & Ghai, I. (2019). Virtual Reality Enhances Gait in Cerebral Palsy: A Training Dose-Response Meta-Analysis. *Frontiers in Neurology*, 10, 236. <https://doi.org/10.3389/fneur.2019.00236>

Hadjigeorgiou GM, Kountra PM, Koutsis G, Tsimourtou V, Siokas V, Dardioti M, Rikos D, Marogianni C, Aloizou AM, Karadima G, Ralli S, Grigoriadis N, Bogdanos D, Panas M, Dardiotis E. Replication study of GWAS risk loci in Greek multiple sclerosis patients. *Neurol Sci.* 2019;40(2):253-60. Epub 20181026. doi: 10.1007/s10072-018-3617-6. PubMed PMID: 30361804.

Hao, J., Huang, B., Remis, A., & He, Z. (2023). The application of virtual reality to home-based rehabilitation for children and adolescents with cerebral palsy: A systematic review and meta-

analysis. *Physiotherapy Theory and Practice*, 1–21.
<https://doi.org/10.1080/09593985.2023.2184220>

International Multiple Sclerosis Genetics Consortium. A systems biology approach uncovers cell-specific gene regulatory effects of genetic associations in multiple sclerosis. *Nat Commun.* 2019;10(1):2236. Epub 20190520. doi: 10.1038/s41467-019-09773-y. PubMed PMID: 31110181; PubMed Central PMCID: PMC6527683.

Jang H, Bae JB, Dardiotis E, Scarmeas N, Sachdev PS, Lipnicki DM, Han JW, Kim TH, Kwak KP, Kim BJ, Kim SG, Kim JL, Moon SW, Park JH, Ryu SH, Youn JC, Lee DY, Lee DW, Lee SB, Lee JJ, Jhoo JH, Yannakoulia M, Kosmidis MH, Hadjigeorgiou GM, Sakka P, Kim KW. Differential effects of completed and incomplete pregnancies on the risk of Alzheimer disease. *Neurology.* 2018;91(7):e643-e51. Epub 20180718. doi: 10.1212/wnl.0000000000006000. PubMed PMID: 30021919; PubMed Central PMCID: PMC69811944.

Kerr Graham, H., Rosenbaum, P., Paneth, N., Dan, B., Lin, J.-P., Damiano, D. L., Becher, J. G., Gaebler-Spira, D., Colver, A., Reddihough, D. S., Crompton, K. E., & Lieber, R. L. (2016). Cerebral palsy. *Nature reviews. Disease primers*, 2, 15082. <https://doi.org/10.1038/nrdp.2015.82>

Krägeloh-Mann, I., & Horber, V. (2007). The role of magnetic resonance imaging in elucidating the pathogenesis of cerebral palsy: A systematic review. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 49(2), 144–151. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2007.00144.x>

Laver, K. E., Lange, B., George, S., Deutsch, J. E., Saposnik, G., & Crotty, M. (2017). Virtual reality for stroke rehabilitation. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 11. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD008349.pub4>

Levac, D. E., & Galvin, J. (2013). When Is Virtual Reality “Therapy”? *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 94(4), 795–798. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2012.10.021>

Liampas I, Kyriakouloupoulou P, Siokas V, Tsiamaki E, Stamati P, Kefalopoulou Z, Chroni E, Dardiotis E. Apolipoprotein E Gene in α -Synucleinopathies: A Narrative Review. *Int J Mol Sci.* 2024;25(3). Epub 20240201. doi: 10.3390/ijms25031795. PubMed PMID: 38339074; PubMed Central PMCID: PMC6955384.

Liampas I, Siokas V, Mentis A-FA, Aloizou A-M, Dastamani M, Tsouris Z, Aslanidou P, Brotis A, Dardiotis E. Serum Homocysteine, Pyridoxine, Folate, and Vitamin B12 Levels in Migraine: Systematic Review and Meta-Analysis. *Headache: The Journal of Head and Face Pain.* 2020;60(8):1508-34. doi: <https://doi.org/10.1111/head.13892>.

Liampas I, Danga F, Kyriakouloupoulou P, Siokas V, Stamati P, Messinis L, Dardiotis E, Nasios G. The Contribution of Functional Near-Infrared Spectroscopy (fNIRS) to the Study of Neurodegenerative Disorders: A Narrative Review. *Diagnostics (Basel).* 2024;14(6). Epub 20240321. doi: 10.3390/diagnostics14060663. PubMed PMID: 38535081; PubMed Central PMCID: PMC6969335.

Liampas I, Siokas V, Mentis AA, Aloizou AM, Dastamani M, Tsouris Z, Aslanidou P, Brotis A, Dardiotis E. Serum Homocysteine, Pyridoxine, Folate, and Vitamin B12 Levels in Migraine: Systematic Review and Meta-Analysis. *Headache.* 2020;60(8):1508-34. Epub 20200702. doi: 10.1111/head.13892. PubMed PMID: 32615014.

- Liu, W., Hu, Y., Li, J., & Chang, J. (2022). Effect of Virtual Reality on Balance Function in Children With Cerebral Palsy: A Systematic Review and Meta-analysis. *Frontiers in Public Health*, 10, 865474. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.865474>
- Lucas, B. R., Elliott, E. J., Coggan, S., Pinto, R. Z., Jirikowic, T., McCoy, S. W., & Latimer, J. (2016). Interventions to improve gross motor performance in children with neurodevelopmental disorders: A meta-analysis. *BMC Pediatrics*, 16(1), 193. <https://doi.org/10.1186/s12887-016-0731-6>
- Luijten LWG, Leonhard SE, van der Eijk AA, Doets AY, Appeltshauser L, Arends S, Attarian S, Benedetti L, Briani C, Casasnovas C, Castellani F, Dardiotis E, Echaniz-Laguna A, Garssen MPJ, Harbo T, Huizinga R, Humm AM, Jellema K, van der Kooi AJ, Kuitwaard K, Kuntzer T, Kusunoki S, Lascano AM, Martinez-Hernandez E, Rinaldi S, Samijn JPA, Scheidegger O, Tsouni P, Vicino A, Visser LH, Walgaard C, Wang Y, Wirtz PW, Ripellino P, Jacobs BC. Guillain-Barré syndrome after SARS-CoV-2 infection in an international prospective cohort study. *Brain*. 2021;144(11):3392-404. doi: 10.1093/brain/awab279. PubMed PMID: 34553216; PubMed Central PMCID: PMCPCMC8677532.
- Mamalaki E, Anastasiou CA, Ntanasi E, Tsapanou A, Kosmidis MH, Dardiotis E, Hadjigeorgiou GM, Sakka P, Scarmeas N, Yannakoulia M. Associations between the mediterranean diet and sleep in older adults: Results from the hellenic longitudinal investigation of aging and diet study. *Geriatr Gerontol Int*. 2018;18(11):1543-8. Epub 20180905. doi: 10.1111/ggi.13521. PubMed PMID: 30187649.
- 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>
- McIntyre, S., Morgan, C., Walker, K., & Novak, I. (2011). Cerebral Palsy—Don't Delay. *Developmental Disabilities Research Reviews*, 17(2), 114–129. <https://doi.org/10.1002/ddrr.1106>
- Menekseoglu, A. K., Capan, N., Arman, S., & Aydin, A. R. (2023). Effect of a Virtual Reality–Mediated Gamified Rehabilitation Program on Upper Limb Functions in Children With Hemiplegic Cerebral Palsy: A Prospective, Randomized Controlled Study. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 102(3), 198. <https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000002060>
- Michelakakis H, Xiromerisiou G, Dardiotis E, Bozi M, Vassilatis D, Kountra PM, Patramani G, Moraitou M, Papadimitriou D, Stamboulis E, Stefanis L, Zintzaras E, Hadjigeorgiou GM. Evidence of an association between the scavenger receptor class B member 2 gene and Parkinson's disease. *Mov Disord*. 2012;27(3):400-5. Epub 20120105. doi: 10.1002/mds.24886. PubMed PMID: 22223122.
- Montoro-Cárdenas, D., Cortés-Pérez, I., Ibancos-Losada, M. D. R., Zagalaz-Anula, N., Obrero-Gaitán, E., & Osuna-Pérez, M. C. (2022). Nintendo® Wii Therapy Improves Upper Extremity Motor Function in Children with Cerebral Palsy: A Systematic Review with Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(19), 12343. <https://doi.org/10.3390/ijerph191912343>

- Moreno-De-Luca, A., Ledbetter, D. H., & Martin, C. L. (2012). Genetic [corrected] insights into the causes and classification of [corrected] cerebral palsies. *The Lancet. Neurology*, 11(3), 283–292. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(11\)70287-3](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(11)70287-3)
- Novak, I., McIntyre, S., Morgan, C., Campbell, L., Dark, L., Morton, N., Stumbles, E., Wilson, S.-A., & Goldsmith, S. (2013). A systematic review of interventions for children with cerebral palsy: State of the evidence. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 55(10), 885–910. <https://doi.org/10.1111/dmcn.12246>
- Nousia A, Martzoukou M, Siokas V, Aretouli E, Aloizou AM, Folia V, Peristeri E, Messinis L, Nasios G, Dardiotis E. Beneficial effect of computer-based multidomain cognitive training in patients with mild cognitive impairment. *Appl Neuropsychol Adult*. 2021;28(6):717-26. Epub 20191229. doi: 10.1080/23279095.2019.1692842. PubMed PMID: 31885287.
- Palisano, R. J., Rosenbaum, P., Bartlett, D., & Livingston, M. H. (2008). Content validity of the expanded and revised Gross Motor Function Classification System. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 50(10), 744–750. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2008.03089.x>
- Palisano, R., Rosenbaum, P., Walter, S., Russell, D., Wood, E., & Galuppi, B. (1997). Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 39(4), 214–223. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.1997.tb07414.x>
- Pan, Y. H., Zhao, G. F., Liu, Q., & Li, S. (2022). Effect of video games training on the gross motor skills of children with cerebral palsy: Systematic review and meta-analysis. *Investigacion Clinica (Venezuela)*, 63(2), 185–201. Scopus. <https://doi.org/10.54817/IC.v63n2a08>
- Paul, S., Nahar, A., Bhagawati, M., & Kunwar, A. J. (2022). A Review on Recent Advances of Cerebral Palsy. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2022, e2622310. <https://doi.org/10.1155/2022/2622310>
- Paulson, A., & Vargus-Adams, J. (2017). Overview of Four Functional Classification Systems Commonly Used in Cerebral Palsy. *Children*, 4(4), 30. <https://doi.org/10.3390/children4040030>
- Rathinam, C., Mohan, V., Peirson, J., Skinner, J., Nethaji, K. S., & Kuhn, I. (2019). Effectiveness of virtual reality in the treatment of hand function in children with cerebral palsy: A systematic review. *Journal of Hand Therapy*, 32(4), 426-434.e1. <https://doi.org/10.1016/j.jht.2018.01.006>
- Ren, Z., & Wu, J. (2019). The Effect of Virtual Reality Games on the Gross Motor Skills of Children with Cerebral Palsy: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(20), 3885. <https://doi.org/10.3390/ijerph16203885>
- Rikos D, Siokas V, Mentis AA, Aloizou AM, Liampas I, Tsouris Z, Peristeri E, Stamati P, Hadjigeorgiou GM, Dardiotis E. TREM2 R47H variant and risk for Alzheimer's disease: assessment in a Greek population and updated meta-analysis. *Int J Neurosci*. 2022;1-9. Epub 20221206. doi: 10.1080/00207454.2022.2150844. PubMed PMID: 36408688.
- Schultheis, M., & Rizzo, A. (2001). The application of virtual reality technology in rehabilitation. *Rehabilitation Psychology*, 46, 296–311. <https://doi.org/10.1037/0090-5550.46.3.296>

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>

Siokas V, Aslanidou P, Aloizou A-M, Peristeri E, Stamati P, Liampas I, Arseniou S, Drakoulis N, Aschner M, Tsatsakis A, Mitsias PD, Bogdanos DP, Hadjigeorgiou GM, Dardiotis E. Does the CD33 rs3865444 Polymorphism Confer Susceptibility to Alzheimer's Disease? *Journal of Molecular Neuroscience*. 2020;70(6):851-60. doi: 10.1007/s12031-020-01507-w.

Siokas V, Stamati P, Pateraki G, Liampas I, Aloizou AM, Tsirelis D, Nousia A, Sgantzios M, Nasios G, Bogdanos DP, Dardiotis E. Analysis of SOD2 rs4880 Genetic Variant in Patients with Alzheimer's Disease. *Curr Issues Mol Biol*. 2022;44(10):4406-14. Epub 20220921. doi: 10.3390/cimb44100302. PubMed PMID: 36286017; PubMed Central PMCID: PMCPCMC9600469.

Siokas V, Dardiotis E, Tsironi EE, Tsvigoulis G, Rikos D, Sokratous M, Koutsias S, Paterakis K, Deretzi G, Hadjigeorgiou GM. The Role of TOR1A Polymorphisms in Dystonia: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLoS One*. 2017;12(1):e0169934. Epub 20170112. doi: 10.1371/journal.pone.0169934. PubMed PMID: 28081261; PubMed Central PMCID: PMCPCMC5231385.

Sokratous M, Dardiotis E, Tsouris Z, Bellou E, Michalopoulou A, Siokas V, Arseniou S, Stamati T, Tsvigoulis G, Bogdanos D, Hadjigeorgiou GM. Deciphering the role of DNA methylation in multiple sclerosis: emerging issues. *Auto Immun Highlights*. 2016;7(1):12. Epub 20160907. doi: 10.1007/s13317-016-0084-z. PubMed PMID: 27605361; PubMed Central PMCID: PMCPCMC5014764.

Stamati P, Siokas V, Aloizou AM, Karampinis E, Arseniou S, Rakitskii VN, Tsatsakis A, Spandidos DA, Gozes I, Mitsias PD, Bogdanos DP, Hadjigeorgiou GM, Dardiotis E. Does SCFD1 rs10139154 Polymorphism Decrease Alzheimer's Disease Risk? *J Mol Neurosci*. 2019;69(2):343-50. Epub 20190702. doi: 10.1007/s12031-019-01363-3. PubMed PMID: 31267315.

Tarakci, D., Ersoz Huseyinsinoglu, B., Tarakci, E., & Razak Ozdincler, A. (2016). Effects of Nintendo Wii-Fit® video games on balance in children with mild cerebral palsy. *Pediatrics International: Official Journal of the Japan Pediatric Society*, 58(10), 1042–1050. <https://doi.org/10.1111/ped.12942>

Tatla, S. K., Sauve, K., Virji-Babul, N., Holsti, L., Butler, C., & Van Der Loos, H. F. M. (2013). Evidence for outcomes of motivational rehabilitation interventions for children and adolescents with cerebral palsy: An American Academy for Cerebral Palsy and Developmental Medicine systematic review. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 55(7), 593–601. <https://doi.org/10.1111/dmcn.12147>

Tsika A, Stamati P, Tsouris Z, Provatas A, Papa A, Tsimoulis D, Ralli S, Siokas V, Dardiotis E. Acute Anterior Choroidal Artery Territory Infarction: A Case Series Report. *Neurol Int*. 2024;16(2):289-98. Epub 20240229. doi: 10.3390/neurolint16020020. PubMed PMID: 38525700; PubMed Central PMCID: PMCPCMC10961810.

Toovey, R., Bernie, C., Harvey, A. R., McGinley, J. L., & Spittle, A. J. (2017). Task-specific gross motor skills training for ambulant school-aged children with cerebral palsy: A systematic review. *BMJ Paediatrics Open*, 1(1), e000078. <https://doi.org/10.1136/bmjpo-2017-000078>

- Towsley, K., Shevell, M. I., Dagenais, L., & REPACQ Consortium. (2011). Population-based study of neuroimaging findings in children with cerebral palsy. *European Journal of Paediatric Neurology: EJPN: Official Journal of the European Paediatric Neurology Society*, 15(1), 29–35. <https://doi.org/10.1016/j.ejpn.2010.07.005>
- Voinescu, A., Sui, J., & Stanton Fraser, D. (2021). Virtual Reality in Neurorehabilitation: An Umbrella Review of Meta-Analyses. *Journal of Clinical Medicine*, 10(7), 1478. <https://doi.org/10.3390/jcm10071478>
- Wang, N., Liu, N., Liu, S., & Gao, Y. (2023). Effects of non-immersive virtual reality intervention on children with spastic cerebral palsy: A meta-analysis and systematic review. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. <https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000002321>
- Weiss, P. L., Kizony, R., Feintuch, U., & Katz, N. (2006). Virtual reality in neurorehabilitation (M. Selzer, S. Clarke, L. Cohen, P. Duncan, & F. Gage, Επιμ.; 1η έκδ., σσ. 182–197). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511545078.015>
- Weiss, P. L., Rand, D., Katz, N., & Kizony, R. (2004). Video capture virtual reality as a flexible and effective rehabilitation tool. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 1(1), 12. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-1-12>
- Wu, J., Loprinzi, P. D., & Ren, Z. (2019). The Rehabilitative Effects of Virtual Reality Games on Balance Performance among Children with Cerebral Palsy: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(21), 4161. <https://doi.org/10.3390/ijerph16214161>
- Yagolovich AV, Kuskov AN, Kulikov PP, Bagrov DV, Petrova PA, Kukovyakina EV, Isakova AA, Khan, II, Pokrovsky VS, Nosyrev AE, Stamati PC, Markvicheva EA, Gasparian ME, Spandidos DA, Tsatsakis AM. Assessment of the effects of amphiphilic poly (N-vinylpyrrolidone) nanoparticles loaded with bortezomib on glioblastoma cell lines and zebrafish embryos. *Biomed Rep.* 2024;20(3):37. Epub 20240117. doi: 10.3892/br.2024.1725. PubMed PMID: 38343660; PubMed Central PMCID: PMCPMC10853758.
- You, S. H., Jang, S. H., Kim, Y.-H., Kwon, Y.-H., Barrow, I., & Hallett, M. (2005). Cortical reorganization induced by virtual reality therapy in a child with hemiparetic cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 47(9), 628–635. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2005.tb01216.x>
- Zafiriou E, Daponte AI, Siokas V, Tsigalou C, Dardiotis E, Bogdanos DP. Depression and Obesity in Patients With Psoriasis and Psoriatic Arthritis: Is IL-17-Mediated Immune Dysregulation the Connecting Link? *Front Immunol.* 2021;12:699848. Epub 20210721. doi: 10.3389/fimmu.2021.699848. PubMed PMID: 34367160; PubMed Central PMCID: PMCPMC8334867.