



ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΝΕΥΡΟΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Διευθυντής ΠΜΣ: Αναπλ. Καθηγητής ΕΥΘΥΜΙΟΣ Γ. ΔΑΡΔΙΩΤΗΣ

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

*«Σκλήρυνση κατά πλάκας: virtual reality για ισορροπία και
εκπαίδευση βάδισης»*

ΓΙΑΝΝΗ ΝΙΚΟΛΕΤΑ
ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΥΤΡΙΑ

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους
των απαιτήσεων για την απόκτηση του
μεταπτυχιακού διπλώματος ειδίκευσης
<<ΝΕΥΡΟΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ>>

Λάρισα, Οκτώβριος 2021

<<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 τις πηγές τους στο τμήμα της βιβλιογραφίας

Υπογραφή: >>

ΓΙΑΝΝΗ ΝΙΚΟΛΕΤΑ

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας ,Σχολή Επιστημών Υγείας , Τμήμα Ιατρικής , 2021

ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΕΥΘΥΜΙΟΣ Γ. ΔΑΡΔΙΩΤΗΣ

ΑΝΑΠΛ.ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΝΕΥΡΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Επιβλέπων

ΣΓΑΝΤΖΟΣ ΜΑΡΚΟΣ

Τριμελής συμβουλευτική επιτροπή

1.ΣΓΑΝΤΖΟΣ ΜΑΡΚΟΣ (Επιβλέπων)

2.ΔΑΡΔΙΩΤΗΣ ΕΥΘΥΜΙΟΣ

3.ΠΑΤΕΡΑΚΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

Τίτλος εργασίας στα Αγγλικά:

«Multiple sclerosis: virtual reality for balance and gait training»

Περιεχόμενα

Περίληψη	5
Abstract.....	6
Εισαγωγή.....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο : Η ΣΚΛΗΡΥΝΣΗ ΚΑΤΑ ΠΛΑΚΑΣ	10
1.1. Εννοιολογική προσέγγιση	10
1.2. Ιστορική αναδρομή	11
1.3. Επιδημιολογικά δεδομένα.....	12
1.4. Αιτιολογία της νόσου.....	13
1.5. Κλινική ταξινόμηση.....	15
1.6. Συμπτωματολογία της νόσου.....	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο : ΕΙΚΟΝΙΚΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ (Virtual Reality).....	25
2.1. Εννοιολογική προσέγγιση – Χαρακτηριστικά εικονικού περιβάλλοντος.....	25
2.2. Μορφές και μέθοδοι.....	26
2.3. Ορισμοί και ιστορική εξέλιξη	28
2.4. Ιδιότητες εικονικής πραγματικότητας.....	31
2.5. Η χρήση της εικονικής πραγματικότητας στο χώρο της υγείας	33
2.6. Η εφαρμογή της επαυξημένης πραγματικότητας	37
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	41
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο : ΣΚΛΗΡΥΝΣΗ ΚΑΤΑ ΠΛΑΚΑΣ ΚΑΙ VIRTUAL REALITY	42
3.1. Η συμβολή της εικονικής πραγματικότητας στην αποκατάσταση σε ασθενείς με Σκλήρυνση κατά Πλάκας.....	42
3.1.1. Εκπαίδευση ισορροπίας και Virtual Reality	44
3.1.2. Εκπαίδευση βάδισης και Virtual Reality	45
3.2. Η χρήση των διαδραστικών παιχνιδιών από τους ασθενείς με Σκλήρυνση κατά Πλάκας.....	46
3.2.1. Microsoft Kinect	47
3.2.2. Nintendo Wii.....	49
3.2.3. Sony PlayStation Eye/Toy.....	53
3.3. Virtual Reality για ισορροπία και εκπαίδευση βάδισης στη Σκλήρυνση κατά Πλάκας: Ερευνητικά δεδομένα.....	54
Συμπεράσματα.....	59
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	61

Περίληψη

Η Σκλήρυνση Κατά Πλάκας (ΣΚΠ) αποτελεί μια απομυελινωτική νευροεκφυλιστική νόσο με βλάβες που αφορούν το κεντρικό νευρικό σύστημα. Τα κλινικά συμπτώματα περιλαμβάνουν διαταραχές σε πολλά λειτουργικά συστήματα του ανθρώπινου οργανισμού, με βασικά τα κινητικά ελλείμματα που δυσχεραίνουν την καθημερινότητα και υποβαθμίζουν την ποιότητα ζωής των ασθενών. Μελέτες που έχουν διεξαχθεί αποδεικνύουν ότι η χρήση εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας βοηθά τους ασθενείς με Σκλήρυνση Κατά Πλάκας να σημειώσουν σημαντική βελτίωση στις κινητικές τους δεξιότητες (ιδιαίτερα το βάδισμα και την ισορροπία). Η αποκατάσταση μέσω των ψηφιακών εργαλείων εικονικής πραγματικότητας θα μπορούσε να επηρεάσει θετικά την πρόοδο των ασθενών, ενισχύοντας το κίνητρο και τη συμμετοχή στις θεραπευτικές παρεμβάσεις, με καλύτερα τελικά αποτελέσματα. Η ανάκτηση του κινητικού ελέγχου έχει μεγάλη σημασία για τους νευρολογικούς ασθενείς και θα έπρεπε να αποτελεί στόχο όλων των προγραμμάτων αποκατάστασης. Οι καινοτόμες μέθοδοι των εικονικών περιβαλλόντων προσφέρουν εναλλακτικές λύσεις υψηλής ασφάλειας και αποτελεσματικότητας σε περιστατικά κινητικών διαταραχών ισορροπίας και βάδισης στη Σκλήρυνση κατά Πλάκας.

Λέξεις-κλειδιά: Σκλήρυνση κατά Πλάκας, ισορροπία, βάδιση, εικονική πραγματικότητα, virtual reality

Abstract

Multiple sclerosis (MS) is a demyelinating neurodegenerative disease with damage to the central nervous system. Clinical symptoms include disorders in many functional systems of the human body, mainly motor deficits that complicate daily life and degrade the quality of life of patients. Studies have shown that the use of virtual reality applications helps MS patients with significant improvement in their motor skills (especially gait and balance). Rehabilitation through digital VR tools could positively affect patients' progress, enhancing motivation and participation in therapeutic interventions, with better end results. Regaining control of motor muscles is very important for neurological patients and should be a goal of all rehabilitation programs. Innovative virtual environment methods offer high safety and efficiency alternatives in cases of motor disorders of balance and gait in Multiple Sclerosis.

Keywords: Multiple Sclerosis, balance, gait, virtual reality, virtual reality

Εισαγωγή

Η Σκλήρυνση κατά Πλάκας (ΣΚΠ) είναι μια νευροεκφυλιστική ασθένεια που χαρακτηρίζεται από την καταστροφή της μυελίνης στη λευκή ουσία του Κεντρικού Νευρικού Συστήματος (ΚΝΣ). Η μυελίνη είναι η προστατευτική επικάλυψη που περιβάλλει τους νευράξονες των κυττάρων που συμβάλλουν στη μεταφορά των πληροφοριών στο νευρικό σύστημα. Χωρίς μυελίνη, τα σήματα που μεταφέρονται από το ΚΝΣ στις περιφερειακές νευρικές οδούς καθυστερούν ή χάνονται με αποτέλεσμα τη μειωμένη κινητική ισχύ των εκτελεστικών οργάνων και μυών. Οι περιοχές του εγκεφάλου που πλήττονται από την καταστροφή της μυελίνης είναι ο εγκέφαλος, η παρεγκεφαλίδα, ο νωτιαίος μυελός και τα οπτικά νεύρα (Goldenberg, 2012). Αυτές οι περιοχές του εγκεφάλου ελέγχουν μια πληθώρα λειτουργιών όπως οι γνωστικές δεξιότητες, η μεταβολική ρύθμιση, η ισορροπία, ο συντονισμός, η μυϊκή κίνηση, η αντίδραση σε διάφορα ερεθίσματα και η όραση. Λόγω της τεράστιας ποικιλίας των περιοχών του εγκεφάλου που επηρεάζονται, τα συμπτώματα της ΣΚΠ μπορεί να κυμαίνονται από ήπια έως σοβαρά και ο ρυθμός εξέλιξης μπορεί να διαφέρει από άτομο σε άτομο. Ωστόσο, η ασθένεια καταλήγει τελικά σε αλλαγές της κινητικής δραστηριότητας, σε αισθητηριακές διαταραχές και σε προβλήματα όρασης. Μπορεί επίσης να επιβραδύνει τις γνωστικές λειτουργίες, προκαλώντας ελλείμματα προσοχής και διαταραγμένα πρότυπα συμπεριφοράς. Στο 60% -80% των περιπτώσεων ΣΚΠ, τα συμπτώματα γίνονται χρόνια και εξελίσσονται με την πάροδο του χρόνου, ενώ οι τρέχουσες θεραπείες για τη ΣΚΠ αποσκοπούν στην επιβράδυνση της εξέλιξης της νόσου επιτρέποντας καλύτερη ποιότητα ζωής (Huang et al., 2017).

Τα ελλείμματα ισορροπίας και βάδισης που συνοδεύουν την εκδήλωση της νόσου είναι ένα σημαντικό πρόβλημα υγείας που θέτει σε κίνδυνο την ποιότητα ζωής και την ανεξαρτησία των πασχόντων στις δραστηριότητες της καθημερινής ζωής. Οι κλινικές παρεμβάσεις που υιοθετούνται για την αποκατάσταση της ισορροπίας και της βάδισης βασίζονται συνήθως στις αρχές της νευροπλαστικότητας και της κινητικής μάθησης και περιλαμβάνουν φυσικοθεραπείες και εργοθεραπείες, οι οποίες επικεντρώνονται σε υψηλής έντασης, επαναλαμβανόμενες και συγκεκριμένες ασκήσεις (De Rooij et al., 2016). Αυτές οι παρεμβάσεις στοχεύουν στην προώθηση της εξατομικευμένης προσέγγισης που προσαρμόζεται στις ατομικές βλάβες του εκάστοτε ασθενή, προκειμένου να βελτιωθούν οι αισθητηριακές, κινητικές και γνωστικές δεξιότητές του μέσω εντατικής, εξειδικευμένης, επαναλαμβανόμενης εκπαίδευσης (Levac et al., 2016). Ωστόσο, οι συμβατικές τεχνικές αποκατάστασης

είναι συχνά δαπανηρές, κουραστικές, με αποτελέσματα που πολλές φορές καθυστερούν να διαφανούν απογοητεύοντας τους ασθενείς. Επιπλέον, η συχνότητα και η ένταση των συμβατικών θεραπειών όπως εκτελούνται στην κλινική πρακτική έχει βρεθεί ότι είναι ανεπαρκείς για να επιτευχθεί η μέγιστη αποκατάσταση (Veerbeek et al., 2014).

Οι τελευταίες εξελίξεις της τεχνολογίας έχουν δώσει την ευκαιρία να χρησιμοποιηθούν εναλλακτικές μέθοδοι για την αντιμετώπιση των συμπτωμάτων της ΣΚΠ. Μία σύγχρονη μέθοδος περιλαμβάνει θεραπεία με τη χρήση εικονικής πραγματικότητας (VR) και έχει αποδειχθεί ότι είναι ελπιδοφόρα όχι μόνο για την αύξηση της κινητικής απόδοσης, αλλά και για τη βελτίωση της ψυχικής κατάστασης όσων πάσχουν από τη νόσο (Pogras et al., 2018). Ολοένα και περισσότερα συγγράμματα της σύγχρονης επιστημονικής βιβλιογραφίας αναγνωρίζουν ότι η εικονική αποκατάσταση αποτελεί ένα αναδυόμενο εργαλείο που έχει αποδειχθεί ότι έχει επιπλέον οφέλη στην αποκατάσταση της ισορροπίας και της βάδισης, στη νευρωνική οργάνωση, βοηθά στην παροχή κινήτρων και προάγει την αυτο-αποτελεσματικότητα στους ασθενείς, οδηγώντας σε πιο θετικές ψυχολογικές καταστάσεις και αποτρέποντας τα κινητικά ελλείμματα. Η χρήση των εργαλείων εικονικής πραγματικότητας έχει τη δυνατότητα να παρέχει εξωτερική πολυαισθητηριακή ανατροφοδότηση σε πραγματικό χρόνο και διευκολύνει την παραλλαγή εργασιών μέσω της εφαρμογής διαφόρων εικονικών περιβαλλόντων που προσομοιώνουν εργασίες πραγματικής και καθημερινής ζωής. Παρά την εκτεταμένη, βέβαια, έρευνα, η μετάβαση στην κλινική εφαρμογή της αποκατάστασης που βασίζεται σε εικονική πραγματικότητα είναι ακόμα στα αρχικά της βήματα (Pogras et al., 2019), ενώ πρέπει να αναφερθεί ότι έχουν δημοσιευθεί τυχαίοποιημένες ελεγχόμενες δοκιμές που συγκρίνουν την επίδραση της αποκατάστασης εικονικής πραγματικότητας με τη συμβατική θεραπεία θεωρώντας ότι δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία που να δίνουν προβάδισμα στην αποτελεσματικότητα της εικονικής πραγματικότητας στην εκπαίδευση ισορροπίας και βάδισης των νευρολογικών ασθενών έναντι των συμβατικών μεθόδων (De Rooij et al., 2016).

Η παρούσα εργασία, λοιπόν, έχει σκοπό να διερευνήσει κατά πόσο οι εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας μπορούν να συμβάλουν στην αποκατάσταση της ισορροπίας και στην εκπαίδευση βάδισης στους ασθενείς με ΣΚΠ. Αρχικά, επιχειρείται η εννοιολογική προσέγγιση της νόσου, ώστε να κατανοηθούν οι αιτιολογικοί παράγοντες και η συμπτωματολογία της πάθησης που ταλαιπωρεί

μεγάλο ποσοστό ασθενών. Στη συνέχεια, κρίθηκε απαραίτητο να διευκρινιστεί η έννοια της εικονικής πραγματικότητας, μιας σύγχρονης ψηφιακής μεθόδου με πολλές εφαρμογές σε πληθώρα πεδίων. Ένα από αυτά είναι ο χώρος της υγείας και, συγκεκριμένα, οι περιπτώσεις των ασθενών με ΣΚΠ, που στις εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας μπορούν να ανακαλύψουν εργαλεία που θα τους βοηθήσουν σημαντικά στην αποκατάσταση της ισορροπίας, της βάδισης και του κινητικού ελέγχου, που κλονίζονται λόγω της νόσου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: Η ΣΚΛΗΡΥΝΣΗ ΚΑΤΑ ΠΛΑΚΑΣ

1.1. Εννοιολογική προσέγγιση

Η Σκλήρυνση Κατά Πλάκας (ΣΚΠ) ή Πολλαπλή Σκλήρυνση αποτελεί μια ο νευρολογική αιτιολογία που αφορά κυρίως ενήλικα άτομα νεαρής ηλικίας. Προσβάλλει τους ιστούς του κεντρικού νευρικού συστήματος, που περιλαμβάνει το νωτιαίο μυελό, τον εγκέφαλο στέλεχος, την παρεγκεφαλίδα, τα εγκεφαλικά ημισφαίρια, τα οπτικά νεύρα (Goldenberg, 2012). Τα νευρικά κύτταρα των ιστών διαθέτουν νευρικές ίνες, που είναι υπεύθυνες για τη διαβίβαση πληροφοριών προς και από τον εγκέφαλο, έτσι ώστε να πραγματοποιηθούν οι αντίστοιχες εκτελεστικές ενέργειες (Τριάντης και συν., 2020). Στην περίπτωση της ΣΚΠ δημιουργούνται πολλαπλές διάσπαρτες πλάκες μη φυσιολογικού ιστού στη λευκή ουσία που προστατεύει τις νευρικές ίνες, τη μυελίνη (απομυελίνωση). Η μυελίνη εκτός από προστατευτικό κάλυμμα των νευρικών ινών διαδραματίζει ρόλο και στη μεταφορά των εγκεφαλικών εντολών. Η καταστροφή της έχει ως αποτέλεσμα τη δυσλειτουργία του εγκεφάλου και του νωτιαίου μυελού, κάτι που προκαλεί σοβαρές νευρολογικές διαταραχές στους ασθενείς με ΣΚΠ (Dobson & Giannoni, 2019).

Η ΣΚΠ είναι ένα νόσημα αυτοάνοσης αιτιολογίας, χωρίς να είναι σαφείς μέχρι σήμερα οι ακριβείς μηχανισμοί δημιουργίας του. Προκαλεί φλεγμονώδεις αντιδράσεις σε διάφορα σημεία του εγκεφάλου και του νωτιαίου μυελού, κυρίως λόγω της εισόδου ενεργοποιημένων λεμφοκυττάρων από την περιφέρεια προς το κεντρικό νευρικό σύστημα, με αποτέλεσμα να ενεργοποιείται το ανοσοποιητικό σύστημα του οργανισμού και να επιτίθεται λανθασμένα στα κύτταρά του (Τριάντης και συν., 2020). Η αντίδραση αυτή πλήττει τους νευράξονες και προκαλεί συμπτώματα που παραπέμπουν σε βλάβη του κεντρικού νευρικού συστήματος: κινητικά ελλείμματα, αστάθεια στη βάδιση, αδυναμία άκρων, σπαστικότητα, σύνδρομο κόπωσης και χρόνιου πόνου, διαταραχές στη λειτουργία της ουροδόχου κύστης και του εντέρου, οπτικές διαταραχές, σεξουαλική δυσλειτουργία, έκπτωση γνωστικών λειτουργιών, συναισθηματική αστάθεια (Goldenberg, 2012). Η συμπτωματολογία γνωρίζει περιόδους έξαρσης και ύφεσης, με διάφορες μορφές σε επίπεδο έντασης και συχνότητας. Ενώ δεν υπάρχει συγκεκριμένη επιστημονική εξήγηση για το αιτιολογικό υπόβαθρο της νόσου, οι ειδικοί κάνουν λόγο για

πολυπαραγοντική πάθηση θεωρώντας ότι υπάρχουν πολλές παράμετροι που αλληλοεπιδρούν συμβάλλοντας στην εμφάνισή της (Dobson & Giannopoli, 2019).

1.2. Ιστορική αναδρομή

Η ιστορική πορεία της νόσου είναι μακρά. Η πρώτη εμφάνιση διαπιστώνεται το 14^ο αιώνα με την καταγραφή του περιστατικού της St. Lidwina of Schiedam (1380-1433) στη Γερμανία, η οποία εμφάνισε συμπτώματα που παραπέμπουν στη συγκεκριμένη νόσο. Οι πληροφορίες αναφέρουν ότι η 16χρονη νεαρή μετά από πτώση στην παγοδρομία παρουσίασε κινητικές δυσκολίες και έντονους πονοκεφάλους. Στα 19 της χρόνια ήταν ήδη παραπληγική, με σοβαρά προβλήματα όρασης και η κατάσταση της υγείας της ακολούθησε σταδιακή φθίνουσα πορεία μέχρι τα 53 της χρόνια, που τελικά απεβίωσε (Vespignani, 2020).

Το 1838 ο σκωτσέζος καθηγητής παθολογίας R. Carswell (1793-1857) παρατήρησε σε μία αυτοψία την σπονδυλική στήλη ενός ασθενούς, την οποία απεικόνισε σε μία υδατογραφία. Στη μία πλευρά της διακρίνονταν διασκορπισμένες κηλίδες σκληρυντικού και αποχρωματισμένου ιστού στον υγιή μυελό, χωρίς, βέβαια, να υπάρχουν άλλες κλινικές λεπτομέρειες για τη συγκεκριμένη ιατρική περίπτωση, πέρα από το ότι ο ασθενής ήταν κινητικά ανάπηρος (Murray, 2009). Αντίστοιχα, ο Γάλλος καθηγητής ανατομίας J. Cruveilhier (1791-1874) έδωσε στη δημοσιότητα μια εικόνα με βλάβες στον εγκέφαλο και τη σπονδυλική στήλη 4 ασθενών, για τις οποίες ο ίδιος χρησιμοποίησε τον όρο «sclerosis», κάτι που δημιουργεί υπόνοιες ότι ίσως επρόκειτο για περιστατικά πολλαπλής σκλήρυνσης (Kosif, 2019).

Την ίδια περίοδο υπάρχει αναφορά για την περίπτωση του Αυγούστου Φρειδερίκου ντ' Έστε (1794-1848), εγγονιού του βασιλιά Γεωργίου Γ' του Ηνωμένου Βασιλείου, ο οποίος παρουσίασε συμπτώματα παρόμοια με αυτά της ΣΚΠ. Σύμφωνα με αυτά που ο ίδιος κατέγραφε στο ημερολόγιό του, υπέφερε από κάποια νόσο που οι εκδηλώσεις της περιλάμβαναν μειωμένη όραση, αδυναμία και αταξία άκρων, μούδιασμα, αστάθεια στο βάδισμα, γενικότερη μυϊκή αδυναμία και η οποία τον οδήγησε τελικά στο θάνατο σε ηλικία 54 ετών (Landtblom et al., 2010).

Επίσης ο όρος Σκλήρυνση Κατά Πλάκας («Sclerose au Plaques Disseminees») χρησιμοποιήθηκε το 1868 από το Γάλλο καθηγητή παθολογικής ανατομίας στο Πανεπιστήμιο στο Παρίσι και νευρολόγο J.M. Charcot (1825-1893), που συσχέτισε για πρώτη φορά τα συμπτώματα της αδυναμίας, της αταξίας των άκρων, των διαταραχών ομιλίας και όρασης και της μυϊκής παράλυσης με τη

συγκεκριμένη νόσο. Ο ίδιος παρακολουθώντας μία νεαρή ασθενή με αυτά τα συμπτώματα διαπίστωσε, μετά το θάνατό της, την ύπαρξη χαρακτηριστικών πλακών στον εγκέφαλο της, που συνοδεύουν την εκδήλωση της νόσου (Kumar et al., 2011).

Στα χρόνια που ακολούθησαν η νόσος της ΣΚΠ αποτέλεσε αντικείμενο έρευνας για την επιστημονική κοινότητα ανοίγοντας το δρόμο για την περαιτέρω εξέλιξη της κλινικής νευρολογίας και της παθολογικής ανατομίας. Η τεχνολογική πρόοδος που έδωσε τη δυνατότητα για εξέταση του εγκεφαλονωτιαίου υγρού και τη χρήση της μαγνητικής τομογραφίας συνέβαλε στη διερεύνηση της νόσου και το συσχετισμό της με την καταστροφή της μυελίνης των νευρικών ιστών (Giesser, 2016). Το 1946 ιδρύθηκε στην Αμερική η Εθνική Εταιρεία Πολλαπλής Σκλήρυνσης (National Multiple Sclerosis Society – NMSS) που καθόρισε και τα διαγνωστικά κριτήρια της ασθένειας, ενώ επιχειρήθηκε να σχεδιαστούν κάποιες φαρμακευτικές παρεμβάσεις με στόχο την επιβράδυνση της εξέλιξής της (<https://www.nationalmssociety.org/>). Αυτό που αξίζει να αναφερθεί είναι ότι μέχρι και σήμερα δεν έχει διευκρινιστεί το αιτιολογικό υπόβαθρο της εμφάνισης των σκληρυντικών βλαβών, έτσι ώστε να υπάρξει προληπτική ή θεραπευτική προσέγγισή τους (Giesser, 2016).

1.3. Επιδημιολογικά δεδομένα

Η ΣΚΠ σήμερα κατατάσσεται ανάμεσα στις πιο σημαντικές νόσους νευρολογικής φύσης και αποτελεί σημαντικό πεδίο επιστημονικής έρευνας λόγω της συχνότητάς της, της χρονιότητάς της και του επιπολασμού της σε νεαρούς ενήλικες. Σύμφωνα με τα επιδημιολογικά δεδομένα, η νόσος εκδηλώνεται κυρίως σε νέους ηλικίας 20-40 ετών, αλλά σπάνια μπορεί να εμφανιστεί και πριν την ηλικία των 10 ετών ή και μετά τα 60 (Βοζίκης & Σωτηροπούλου, 2012). Η νόσος πλήττει σε διπλάσιο ποσοστό τις γυναίκες έναντι των ανδρών (2:1), ενώ εντοπίζεται συχνότερα σε περιοχές με βορειοευρωπαϊκούς πληθυσμούς και σε ανθρώπους που ζουν μακριά από τον Ισημερινό, χωρίς να αναφέρεται ιδιαίτερος λόγος για τη γεωγραφική αυτή κατανομή (Koutsouraki et al., 2010), αν και έχει διατυπωθεί η υπόνοια ότι μπορεί να σχετίζεται με μειωμένη παραγωγή βιταμίνης D στους πληθυσμούς που έρχονται σε περιορισμένη έκθεση στο φως του ήλιου (Ascherio et al., 2010).

Σύμφωνα με στοιχεία του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας περίπου 2,5 εκατομμύρια άτομα νοσούν με ΣΚΠ στον κόσμο, με το ποσοστό να αυξάνεται περισσότερο, αν συνυπολογισθούν οι αδιάγνωστες περιπτώσεις των αναπτυσσόμενων

χωρών, στις οποίες δεν υπάρχει δυνατότητα πλήρους νευρολογικού ελέγχου (Wallin et al., 2019). Τα περισσότερα περιστατικά σημειώνονται στην Ευρώπη (80/100.000), ενώ η συχνότητα είναι χαμηλή στις χώρες της Αφρικής (2,1/100.000). Από τις Ευρωπαϊκές χώρες η μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης της νόσου παρατηρείται στην Ουγγαρία (176/100.000), τη Σλοβενία (150/100.000) και τη Γερμανία (120/100.000). Στην Ελλάδα υπολογίζεται ότι έχουν καταγραφεί περίπου 100.000 πάσχοντες με ΣΚΠ (Τριάντης και συν., 2020).

1.4. Αιτιολογία της νόσου

Παρά το γεγονός ότι τα τελευταία χρόνια διεξάγονται πολλές ερευνητικές μελέτες σχετικά με την εμφάνιση της ΣΚΠ, δεν υπάρχουν συγκεκριμένα επιστημονικά δεδομένα που να προσδιορίζουν με σαφήνεια τις συνθήκες κάτω από τις οποίες ευνοείται η εκδήλωση της νόσου. Το μόνο που έχει τεκμηριωθεί είναι ότι πρόκειται για μια επίκτητη διαταραχή, χωρίς κληρονομική προδιάθεση, χωρίς μεταδοτικό χαρακτήρα, με αυτοάνοσα χαρακτηριστικά, αφού φαίνεται να συνδέεται με παθολογική ανοσολογική αντίδραση του οργανισμού στην εισβολή κάποιου ιού, χωρίς, όμως, να έχει ταυτοποιηθεί το αντιγόνο που οδηγεί στην ενεργοποίηση του ανοσοποιητικού συστήματος (Τριάντης και συν., 2020). Παρόλο που η ΣΚΠ δεν διαθέτει κληρονομικό χαρακτήρα, σε κάποιες περιπτώσεις έχει διαπιστωθεί ότι νοσούν άτομα της ίδιας οικογένειας. Για την εμφάνιση των αυτοάνοσων νοσημάτων πιθανόν να υπάρχει κάποιος ενδογενής παράγοντας που τα πυροδοτεί και που σχετίζεται με πιθανή γενετική προδιάθεση (Doshi & Chataway, 2016). Ωστόσο, οι ερευνητικές μελέτες εστιάζουν στον εντοπισμό εξωγενών παραγόντων που μπορεί να συσχετίζονται με την ενεργοποίηση των μηχανισμών που ευθύνονται για την εκδήλωση της νόσου:

- *Περιβαλλοντικοί παράγοντες*: η συχνότητα εμφάνισης της νόσου σε περιοχές διαφορετικού γεωγραφικού μήκους και πλάτους δημιουργεί εικασίες ότι μπορεί να υπάρχει κάποιος συσχετισμός του τόπου κατοικίας με την εκδήλωση της νόσου. Δεν είναι τυχαίο ότι τα ερευνητικά δεδομένα αναφέρουν πως, ενώ η λευκή φυλή εκδηλώνει σε μεγάλο βαθμό συμπτώματα της νόσου, τα ποσοστά στη μαύρη φυλή μειώνονται κατακόρυφα, ενώ στην κίτρινη φυλή η εμφάνιση της ασθένειας είναι ακόμα πιο σπάνια (O' Gorman et al., 012).

Υπάρχουν διάφορα ενδιαφέροντα στατιστικά στοιχεία που οδηγούν σε υποθέσεις για τον αιτιολογικό συσχετισμό της ΣΚΠ με συγκεκριμένους

περιβαλλοντικούς παράγοντες. Σύμφωνα με την Giesser (2016), ο τόπος κατοικίας φαίνεται να σχετίζεται με την προδιάθεση των ατόμων για νόσηση παρατηρώντας, μάλιστα, ότι, αν κάποιος μεταναστεύσει μετά την ηλικία των 15 ετών από μια περιοχή υψηλής συχνότητας της ασθένειας σε περιοχή χαμηλότερης συχνότητας εξακολουθεί να διατρέχει κίνδυνο εμφάνισης της νόσου σε αντίθεση με κάποιον που μεταναστεύει πριν την ηλικία των 15 ετών. Άλλες έρευνες εστιάζουν στο συσχετισμό κάποιων γεωλογικών χαρακτηριστικών της περιοχής διαμονής με την εμφάνιση της νόσου. Αναφέρονται, δηλαδή, στο χαμηλό Ph του εδάφους που φαίνεται να αυξάνει τη συχνότητα της ασθένειας, αφού η σύσταση του εδάφους επηρεάζει τη σύσταση του νερού και των τροφίμων που καταναλώνουν τα άτομα (Giesser, 2016). Αναφορά έχει γίνει και στις κλιματολογικές συνθήκες, αφού σε χώρες με ψυχρό κλίμα και περιορισμένη ηλιοφάνεια εκδηλώνονται περισσότερο περιστατικά ΣΚΠ (Pierrot-Deseilligny & Souberbielle, 2017).

- *Κοινωνικοπολιτισμικοί παράγοντες:* Παρόλο που δεν υπάρχουν συγκεκριμένες ενδείξεις για το συσχετισμό της εμφάνισης της νόσου με την κοινωνική τάξη, το οικονομικό ή το μορφωτικό υπόβαθρο, έχει παρατηρηθεί ότι εμφανίζονται περισσότερα κρούσματα σε άτομα ανώτερων κοινωνικών στρωμάτων. Ο αστικός τρόπος ζωής, οι επιβλαβείς συνήθειες (κάπνισμα), η διατροφή (τοξίνες και κορεσμένα λίπη) κατά καιρούς έχουν συσχετισθεί με τα επιδημιολογικά δεδομένα της νόσου (Simon et al., 2010).

Το κάπνισμα μπορεί να αποτελεί ανεξάρτητο παράγοντα κινδύνου για την ΣΚΠ. Το άγχος, επίσης, μπορεί να αποτελεί παράγοντα κινδύνου, αν και τα στοιχεία που το υποστηρίζουν είναι αδύναμα. Ο συσχετισμός με επαγγελματική έκθεση σε επιβαρυντικούς παράγοντες και τοξίνες - κυρίως οργανικοί διαλύτες έχει αξιολογηθεί, αλλά δεν υπάρχουν σαφή συμπεράσματα. Υπό εξέταση έχουν τεθεί και διάφοροι άλλοι πιθανοί παράγοντες κινδύνου, όπως η διατροφή και η πρόσληψη ορμονών χωρίς, ωστόσο, να υπάρχουν επαρκή στοιχεία που να ενοχοποιούν αυτούς τους παράγοντες για την εμφάνιση της νόσου (Ascherio & Munger, 2007). Έχει παρατηρηθεί ότι η ουρική αρθρίτιδα εμφανίζεται λιγότερο από το αναμενόμενο και έχουν βρεθεί χαμηλότερα επίπεδα ουρικού οξέος σε άτομα με ΣΚΠ. Αυτό οδήγησε στη θεωρία ότι το ουρικό οξύ είναι προστατευτικό, αν και η ακριβής σημασία του παραμένει άγνωστη (Amorini et al., 2009). Άλλες μελέτες έχουν υποστηρίξει ότι η παχυσαρκία κατά την εφηβεία και την ενήλικη ζωή αποτελεί παράγοντα κινδύνου για τη ΣΚΠ (Tarlinton et al., 2019).

- *Λοιμώξεις*: Για αρκετούς ευρέως διαδεδομένους ιούς που προσβάλλουν τον ανθρώπινο οργανισμό έχουν διατυπωθεί υπόνοιες ότι μπορεί να σχετίζονται αιτιολογικά με την εκδήλωση της ΣΚΠ, αφού συνδέονται με απομυελίνωση του κεντρικού νευρικού συστήματος. Καθώς η εμφάνιση λοιμώξεων και ιώσεων αποτελεί συχνό φαινόμενο στον άνθρωπο, θεωρείται ότι η εξέλιξη της νόσου αποδίδεται σε κάποια ασυνήθιστη επιπλοκή, γι' αυτό και δεν είναι δυνατόν να προβλεφθεί η εκδήλωση της ασθένειας. Ωστόσο, οι ερευνητικές μελέτες έχουν διερευνήσει πολλούς ιούς, σε μια προσπάθεια να εντοπισθεί ο συσχετισμός τους με κρούσματα της ΣΚΠ και η σύνδεσή τους με το φαινόμενο της απομυελίνωσης: ο ιός της ιλαράς, ο ιός της γρίπης, ο ιός Epstein-Barr, ο ανθρώπινος έρπης, ο ιός της ηπατίτιδας Β και ο ρετροϊός έχουν τεθεί στο επίκεντρο των επιστημονικών ερευνών, χωρίς, βέβαια, να εξάγονται διαφωτιστικά συμπεράσματα (Marrodan et al, 2019; Donati, 2020).

1.5. Κλινική ταξινόμηση

Ενώ η εξέλιξη και η έκβαση της νόσου μπορεί να διαφέρει στον εκάστοτε ασθενή, χωρίς να υπάρχει επιστημονικός τρόπος να προβλεφθεί με βεβαιότητα η ένταση και η έκταση της συμπτωματολογίας, η Διεθνής Συμβουλευτική Επιτροπή για τις Κλινικές Δοκιμές της ΣΚΠ καθόρισε το 2013 τέσσερις βασικούς τύπους της ασθένειας, προκειμένου να διευκολυνθεί η ερευνητική προσέγγισή της (Lublin et al., 2014). Μάλιστα, το 2020 η ίδια επιτροπή εξέδωσε συμπληρωματικές οδηγίες, ώστε να παρακολουθούνται με μεγαλύτερη ακρίβεια τα επιμέρους στάδια των νευρολογικών συμπτωμάτων που προσδιορίζουν την εξέλιξη της ασθένειας (<https://www.nationalmssociety.org/>). Έτσι, έχουν διαμορφωθεί οι εξής κλινικές μορφές της νόσου:

- *Κλινικά Απομονωμένο Σύνδρομο (Clinically Isolated Syndrome)*: πρόκειται για το πρώτο επεισόδιο νευρολογικής διαταραχής που σχετίζεται με ύπαρξη φλεγμονής και απομυελίνωσης του κεντρικού νευρικού συστήματος. Η συμπτωματολογία του επεισοδίου πρέπει να διαρκεί τουλάχιστον 24 ώρες και θα μπορούσε να θεωρηθεί χαρακτηριστικό της ΣΚΠ, χωρίς όμως να αποτελεί κριτήριο για τη διάγνωση της νόσου, αφού μπορεί να εξελιχθεί σε τέτοια ή και όχι.

- *Υποτροπιάζουσα-Διαλείπουσα Σκλήρυνση Κατά Πλάκας (Relapsing-Remitting MS)*: αποτελεί την πιο συνηθισμένη μορφή της ασθένειας και χαρακτηρίζεται από την εκδήλωση νέων ή επιδεινούμενων νευρολογικών διαταραχών. Οι διαταραχές αυτές σημειώνουν φάσεις έξαρσης και ύφεσης, με τα

συμπτώματα άλλοτε να υποχωρούν και άλλοτε να υποτροπιάζουν ή να προστίθενται νέα.

- *Δευτεροπαθής Προϊούσα Σκλήρυνση Κατά Πλάκας* (Secondary Progressive MS): είναι το επόμενο στάδιο της νόσου για κάποιους ασθενείς που θα διαγνωσθούν με υποτροπιάζουσα-διαλείπουσα μορφή. Στη φάση αυτή παρατηρείται επιδείνωση της ασθένειας (ελλείμματα στις νευρολογικές λειτουργίες), που όμως στην πάροδο του χρόνου μπορεί επίσης να εμφανίσει περιόδους έξαρσης ή ύφεσης, σύμφωνα με τα ευρήματα των μαγνητικών τομογραφιών.

- *Πρωτοπαθής Προϊούσα Σκλήρυνση Κατά Πλάκας* (Primary Progressive MS): στο 10% των περιπτώσεων η ασθένεια μετά την πρώτη εκδήλωσή της ακολουθεί σταθερά επιδεινούμενη πορεία και συνήθως λαμβάνει χρόνιο χαρακτήρα με τη νευρολογική εικόνα του ασθενή να υποβαθμίζεται σταδιακά, χωρίς να εμφανίζει περιόδους έξαρσης και ύφεσης. Η βαρύτητα των συμπτωμάτων και ο ρυθμός εξέλιξης διαφέρει από άτομο σε άτομο.

1.6. Συμπτωματολογία της νόσου

Η ΣΚΠ συνιστά ένα νόσημα με ιδιαίτερα ευρύ φάσμα συμπτωμάτων, διαφορετικής έκτασης και έντασης ανάλογα με την εκάστοτε περίπτωση του ασθενούς. Τα χαρακτηριστικά των συμπτωμάτων εξαρτώνται και από το τμήμα του κεντρικού νευρικού συστήματος που πλήττεται, ενώ μπορεί να εμφανιστούν σε οποιαδήποτε φάση της νόσου και να διαρκέσουν ώρες, ημέρες ή εβδομάδες, να εξαφανιστούν και να μεσολαβήσουν χρόνια μέχρι την επανεμφάνισή τους (Dobson & Giannopoli, 2019). Έτσι, τα συμπτώματα περιλαμβάνουν:

- *Μυϊκή αδυναμία/αίσθημα κόπωσης:*

Το αίσθημα κόπωσης, η μυϊκή αδυναμία, η εξάντληση των σωματικών δυνάμεων και η αίσθηση υποτονίας αποτελούν τις πιο συχνές ενδείξεις στα περιστατικά ΣΚΠ, με συχνότητα εμφάνισης στο 50%-90% των ασθενών (Gonzalez Campo et al., 2020). Η αίσθηση της κόπωσης διαφέρει από αυτή που χαρακτηρίζει άλλες χρόνιες διαταραχές και υποβαθμίζει την καθημερινότητα του ασθενή, τη διάθεση, την ποιότητα του ύπνου και της ζωής του, γενικότερα. Η Βρετανική Εταιρεία ΣΚΠ αποτυπώνει το αίσθημα κόπωσης της νόσου ως «*μία συντριπτική αίσθηση κόπωσης, χωρίς προφανή λόγο*», για να διαχωρίσει την έντασή της από

άλλες αισθήσεις αδιαθεσίας ή αδυναμίας που μπορεί να γίνονται αντιληπτές σε άλλες περιπτώσεις (Induruwa et al., 2012).

Σύμφωνα με τους Khan et al. (2014), το αίσθημα κόπωσης μπορεί να εκδηλωθεί χωρίς την ύπαρξη ιδιαίτερου λόγου ή μετά από σωματική δραστηριότητα, όπως και λόγω κλιματολογικών συνθηκών (υψηλή υγρασία-υψηλή θερμοκρασία), λόγω κάποιας λοίμωξης ή και μετά από κάποιες καθημερινές βιολογικές ανάγκες του ασθενή, π.χ. μπάνιο ή φαγητό. Η κόπωση που οφείλεται στη ΣΚΠ εμφανίζεται σε καθημερινή βάση και παρατηρείται συχνότερα στην πρωτοπαθή και δευτεροπαθή προϋόσα νόσο σε σύγκριση με τους ασθενείς της υποτροπιάζουσας διαλείπουσας νόσου. Συνήθως, το αίσθημα κόπωσης και ατονίας εμφανίζεται εντονότερα στο δεύτερο μισό της ημέρας και επιδεινώνεται σε περιβάλλοντα με υψηλή θερμοκρασία και υγρασία.

Οι ασθενείς έχουν την αίσθηση ότι καταβάλουν δυσανάλογα μεγάλη προσπάθεια από αυτή που απαιτείται για την εκτέλεση μιας εργασίας, κάτι που τους καταβάλλει σωματικά και ψυχικά (Bralely & Chervin, 2010). Σε άλλες ερευνητικές μελέτες, οι ασθενείς επισημαίνουν ότι το αίσθημα της αδυναμίας είναι τελείως διαφορετικό από την συνηθισμένη έλλειψη ενεργητικότητας ή την καθιερωμένη κούραση μετά από έντονη σωματική ή πνευματική δραστηριότητα. Μάλιστα, επιδεινώνεται ιδιαίτερα από μία πληθώρα παραμέτρων που, επίσης, σχετίζονται με τη ΣΚΠ: διαταραχές ύπνου, ψυχολογική κατάπτωση, παρενέργειες φαρμάκων δημιουργούν μία εξαιρετικά δυσχερή καθημερινότητα για τους ασθενείς, που, μάλιστα, δεν έχουν τη δυνατότητα να τη θέσουν υπό έλεγχο (Strober, 2015).

- *Δυσκολία στην πρόσληψη τροφής και την κατάποση:*

Η δυσφαγία υπολογίζεται ότι αφορά το 1/3 των ασθενών με ΣΚΠ, καθώς η νόσος επηρεάζει νευρολογικά τους μηχανισμούς που ελέγχουν τη διαδικασία πρόσληψης της τροφής. Τα συμπτώματα εκδηλώνονται με δυσκολία κατά τη διάρκεια της μασήσης και της κατάποσης της τροφής, κάτι που μπορεί να οδηγήσει σε επικίνδυνες επιπλοκές (πνιγμό, πνευμονία αναρρόφησης, υποσιτισμό, αφυδάτωση, απόφραξη των αεραγωγών). Παλαιότερα, η δυσφαγία θεωρούνταν σύμπτωμα προχωρημένου σταδίου της νόσου, όμως έχει παρατηρηθεί ότι μπορεί να εμφανιστεί και νωρίτερα. Η δυσκολία του ασθενή να διεκπεραιώσει τη διαδικασία σίτισης με τον επαρκή κίνδυνο να έρθει αντιμέτωπος με το ενδεχόμενο πνιγμού μπορεί να οδηγήσει σε διατροφικές διαταραχές, απώλεια όρεξης και μείωση σωματικού βάρους (Ansari

et al., 2020). Κατ' επέκταση, το άτομο προτιμά να απομονώνεται, να αποφεύγει τις κοινωνικές εκδηλώσεις, τη συναναστροφή σε οικογενειακές ή φιλικές συνεντεύξεις, ενώ συχνά καταφεύγει σε γεύματα χαμηλής διατροφικής αξίας, που, όμως, καταναλώνονται εύκολα (Mohamadirizi et al., 2016).

Οι βασικότερες δυσκολίες που συνεπάγεται η δυσφαγία είναι η δυσχέρεια στη μάσηση, η δυσκολία προώθησης της τροφής προς τα πίσω, ο βήχας, η σιελόρροια, η πνιγμονή. Συχνά συμβαίνει ποσότητες υγρής ή στερεής τροφής να εισέρχονται στους πνεύμονες χωρίς να το αντιλαμβάνεται ο ασθενής, κάτι που μπορεί τελικά να οδηγήσει σε σοβαρή πνευμονική λοίμωξη. Γι' αυτό επίμονες και επαναλαμβανόμενες αναπνευστικές λοιμώξεις πρέπει να προβληματίζουν και να διερευνώνται περισσότερο (Milewska et al., 2020). Αξίζει να σημειωθεί ότι συχνά οι διατροφικές διαταραχές της νόσου δεν απασχολούν ιδιαίτερα, με αποτέλεσμα να επιβαρύνεται ακόμα περισσότερο η καθημερινότητα και η ποιότητα ζωής των ασθενών.

- *Διαταραχές όρασης:*

Οι διαταραχές στην όραση πολύ συχνά αποτελούν τα πρώτα συμπτώματα της νόσου, παρόλο που οι ενδείξεις που οδηγούν στη διάγνωσή της δεν είναι ίδιες για όλους τους ασθενείς ως προς τη σοβαρότητα και τη συχνότητα. Η συγκεκριμένη πάθηση πλήττει τα οπτικά νεύρα, το εγκεφαλικό στέλεχος και την παρεγκεφαλίδα, οπότε και δημιουργεί ένα είδος φλεγμονής, την οπτική νευρίτιδα, που ακολουθεί διαρκώς επιδεινούμενη πορεία, όσο εξελίσσεται η νόσος. Η οπτική νευρίτιδα εμφανίζεται σε ποσοστό 50% στους πάσχοντες από ΣΚΠ (Graves & Balcer, 2010).

Οι ασθενείς βιώνουν τις διαταραχές όρασης σε διάφορες μορφές: θαμπή όραση, δυσχρωματοψία ή αχρωματοψία, πόνο κατά την κίνηση των ματιών, προβλήματα στην περιφερειακή όραση, διπλωπία, νυσταγμό, μερική ή ολική τύφλωση. Άλλες φορές τα προβλήματα εντοπίζονται στο ένα μάτι, αλλά συχνά επηρεάζεται η γενική όραση (Hickman et al., 2014). Επίσης, έχουν αναφερθεί δυσαναγνωσία, ίλιγγος και αίσθηση ταλάντωσης των σταθερών αντικειμένων, καθώς λόγω της νόσου προσβάλλεται το οφθαλμοκινητικό σύστημα, αλλά και οφθαλμικές δυσμετρίες ή οφθαλμική πάρεση (Bermel & Balcer, 2013).

Η συμπτωματολογία των οφθαλμικών διαταραχών διέρχεται από περιόδους έξαρσης και ύφεσης, χωρίς ωστόσο να είναι δυνατόν να αποκατασταθεί πλήρως η λειτουργία της όρασης. Τα προβλήματα αυτά επηρεάζουν σημαντικά την

καθημερινότητα των ασθενών περιορίζοντας την αυτονομία τους και υποβαθμίζοντας την ποιότητα ζωής τους (Costello, 2016).

- *Διαταραχές στη λειτουργία της ουροδόχου κύστης και του εντέρου:*

Τα προβλήματα στη λειτουργία του ουροποιητικού συστήματος αναφέρονται συχνά στους ασθενείς με ΣΚΠ, είτε από τα πρώτα στάδια της νόσου, είτε κατά τη διάρκεια της εξέλιξής της. Η συμπτωματολογία αφορά επιτακτική ούρηση ή επίσχεση ούρησης, ακράτεια, νυκτουρία, επίμονες και επαναλαμβανόμενες ουρολοιμώξεις. Σε κάποιους ασθενείς, παρά την επιτακτική ανάγκη για ούρηση, η ουροδόχος κύστη δεν αδειάζει επαρκώς ή αδειάζει με μεγάλη δυσκολία συγκρατώντας ποσότητα ούρων, κάτι που οδηγεί σε περαιτέρω δυσάρεστες επιπλοκές. Τα ερευνητικά δεδομένα κάνουν λόγο για ουρολογικά προβλήματα στο 80% περίπου των ασθενών με ΣΚΠ, μια διαταραχή που σχετίζεται με την έκπτωση της ικανότητας για νευρολογικό έλεγχο της κύστης (Ghezzi et al., 2011).

Η διαταραχή στη λειτουργία του εντέρου μπορεί να εκδηλωθεί με δυσκοιλιότητα ή διάρροια, με τη δυσκοιλιότητα να αποτελεί το συχνότερο σύμπτωμα. Η απώλεια του νευρολογικού ελέγχου των μυών που συμμετέχουν στη διαδικασία της κένωσης του εντερικού σωλήνα, αλλά και η αδυναμία να μεταφερθούν οι εντολές από τον εγκέφαλο στο γαστρεντερικό σύστημα προκαλούν μείωση της κινητικότητας του εντέρου και, κατ' επέκταση, φούσκωμα και δυσφορία, συμπτώματα που σχετίζονται με την εξέλιξη της νόσου και που επηρεάζουν την καθημερινότητα των ασθενών. Οι ερευνητικές μελέτες αναφέρουν ότι περίπου το 34% των ασθενών υποφέρουν από γαστρεντερολογικές διαταραχές, ενώ στην περίπτωση που δεν αντιμετωπιστούν εγκαίρως επιδεινώνουν σημαντικά τη γενικότερη κατάσταση του ασθενή (Levinthal et al., 2013).

- *Σπαστικότητα – κινητική δυσλειτουργία – τρόμος:*

Η σπαστικότητα εμφανίζεται περίπου στο 85% των ασθενών με ΣΚΠ και σχετίζεται με βλάβη στην κινητική οδό στο επίπεδο του εγκεφάλου ή του νωτιαίου μυελού. Κύρια χαρακτηριστικά της είναι η αύξηση του μυϊκού τόνου και η δυσλειτουργία στη διάρκεια ή στην αρμονία της κίνησης των άκρων. Οι ασθενείς έχουν την αίσθηση ότι κάτι εμποδίζει την κίνηση των άκρων τους, αντιλαμβάνονται μείωση της μυϊκής τους ισχύος, ενώ παρατηρούνται προβλήματα στη διατήρηση της ισορροπίας και διαταραχές κατά τη διάρκεια της βάδισης. Ανάλογα με τη

σοβαρότητα των συμπτωμάτων της σπαστικότητας αναφέρονται συνοδοί νευροπαθητικοί πόνοι, παρατεταμένες συσπάσεις μυών, κλώνος και διαταραχή της κυστικής λειτουργίας, προβλήματα που δυσχεραίνουν την ήδη επιβαρυσμένη καθημερινότητα των ασθενών (Bensmail & Vermersch, 2012).

Έτσι, οι ασθενείς αντιμετωπίζουν δυσκολία στο συντονισμό των κινήσεων, εμφανίζουν αστάθεια, έλλειψη ισορροπίας, ιλίγγους κατά τη βάρδιση. Στα πρώτα στάδια της νόσου, τα κινητικά προβλήματα εκδηλώνονται με τη μορφή της αδυναμίας και της μυϊκής ατονίας, αλλά και με ήπια ενόχληση κατά τη διάρκεια των κινήσεων. Η μερική αναστολή των κινητικών λειτουργιών ονομάζεται πάρεση, η οποία προϋπόθεση της νόσου μπορεί να εξελιχθεί σε παράλυση, εφόσον υπάρξει πλήρης απώλεια των κινητικών δεξιοτήτων. Οι κινητικές δυσκολίες μπορεί να παρατηρούνται σε ένα άκρο, μόνο στα πάνω ή τα κάτω άκρα ή και να έχουν καθολικό χαρακτήρα, οπότε και το άτομο καθιλώνεται και ακινητοποιείται, χωρίς να μπορεί να αυτοεξυπηρετηθεί (Svensson et al., 2014).

Η σπαστικότητα και η αδυναμία συντονισμού των κινήσεων συνοδεύεται από το σύμπτωμα του τρόμου που μπορεί να εμφανιστεί σε οποιοδήποτε σημείο του σώματος, ως αποτέλεσμα της καταστροφής των νευρικών οδών της παρεγκεφαλίδας που ελέγχουν τους μηχανισμούς της κίνησης. Ο τρόμος μπορεί να είναι λεπτός ή μεγαλύτερης έντασης και γίνεται κυρίως αισθητός στα άκρα ή στην κεφαλή. Συχνά εκδηλώνεται και αταξία (δυσκολία ελέγχου των κινήσεων), με κυριότερη αιτία την απομυελίνωση των κυττάρων του νωτιαίου μυελού, που παρεμποδίζει να φτάσουν στην παρεγκεφαλίδα οι πληροφορίες που απαιτούνται για να συντονιστούν οι κινήσεις των μελών του σώματος (Brandmeir et al., 2020).

• *Έκπτωση γνωστικών λειτουργιών – δυσαρθρία:*

Είναι γεγονός ότι οι νοσούντες της ΣΚΠ και οι κλινικοί ιατροί που τους παρακολουθούν ενδιαφέρονται ιδιαίτερα για την αντιμετώπιση των κινητικών ελλειμμάτων που προκαλεί η νόσος και που μπορεί να οδηγήσουν σε μερική ή ολική παράλυση. Αυτά τα συμπτώματα προβληματίζουν περισσότερο, καθώς περιορίζουν κατά πολύ την αυτονομία των ασθενών και δυσχεραίνουν σε μεγάλο βαθμό την καθημερινότητά τους. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια έχουν τεθεί στο επίκεντρο των μελετών και οι νοητικές διαταραχές που προκαλεί η πάθηση, μια που το 50% των νοσούντων υποφέρουν από έκπτωση των γνωστικών λειτουργιών ήδη από τα πρώτα στάδια της νόσου (Langdon, 2011). Οι λειτουργίες που συνήθως επηρεάζονται είναι η

επεισοδιακή μνήμη και η ταχύτητα επεξεργασίας πληροφοριών (Guimaraes & Sa, 2012), η επιλεκτική προσοχή, οι εκτελεστικές λειτουργίες, η γλωσσική ευχέρεια, η ικανότητα προσανατολισμού και προσδιορισμού του χώρου (Langdon, 2011).

Από τα πρώτα συμπτώματα που θεωρούνται ανησυχητικά και παραπέμπουν στη ΣΚΠ είναι οι διαταραχές στη μνήμη. Τα ερευνητικά δεδομένα κάνουν λόγο για πρόβλημα κυρίως στην καταχώρηση, επεξεργασία και ανάκληση νέων πληροφοριών και όχι τόσο στην αναδρομή σε αποθηκευμένες γνώσεις. Τα προβλήματα στη μνημονική λειτουργία δυσχεραίνουν τους πάσχοντες στη διαχείριση των καθημερινών τους υποθέσεων, στη λήψη αποφάσεων και στη δυνατότητα ανάληψης δράσεων και πρωτοβουλιών (Guimaraes & Sa, 2012).

Η αδυναμία ταχείας επεξεργασίας πληροφοριών απασχολεί περίπου το 20%-50% των ασθενών και αποτελεί ένα έλλειμμα που επηρεάζει τις καθημερινές υποχρεώσεις, όπως τους προγραμματικούς στόχους, την επίλυση προβλημάτων και την επιμονή στους προσωπικούς στόχους. Η γνωστική ταχύτητα επεξεργασίας πληροφοριών αποτελεί βασική δεξιότητα, η οποία επηρεάζει ένα πλήθος άλλων γνωστικών λειτουργιών και η δυσλειτουργία της είναι σύμπτωμα που, επίσης, εκδηλώνεται στα πρώτα στάδια της νόσου και επιδεινώνεται με την εξέλιξή της. Η αργή ταχύτητα επεξεργασίας πληροφοριών συνεπάγεται καθυστέρηση στο χρόνο αντίδρασης στα εξωτερικά ερεθίσματα, οπότε και δεν επιτρέπει το σχεδιασμό και την οργάνωση των δεδομένων για την αποτελεσματική επίλυση των καθημερινών προβλημάτων (Costa et al., 2017).

Τα γνωστικά ελλείμματα των ασθενών με ΣΚΠ σχετίζονται με τη δυσκολία αποτελεσματικής μεταβίβασης πληροφοριών από και προς τον εγκέφαλο λόγω της απομυελίνωσης. Η μειωμένη νοητική οξύτητα έχει καθοριστικό αντίκτυπο στις λειτουργίες της προσοχής και της συγκέντρωσης. Ο ασθενής δεν είναι σε θέση να αντιδράσει έγκαιρα και να αποκωδικοποιήσει τα ερεθίσματα του εξωτερικού περιβάλλοντος, αντιμετωπίζει δυσκολίες στο να βρίσκεται σε διαρκή εγρήγορση και συχνά αδυνατεί να συντονίσει την ταυτόχρονη εκτέλεση διαφορετικών εργασιών (Roth et al., 2015).

Η έκπτωση στις νοητικές λειτουργίες που προκαλούνται από τη νόσο της ΣΚΠ έχουν αντίκτυπο και στη διαχείριση του λόγου. Τα νευρολογικά προβλήματα που δημιουργεί η πάθηση αποσυντονίζουν το συγχρονισμό των μυών της ομιλίας και τους μηχανισμούς της άρθρωσης, της φώνησης, της αναπνοής. Έτσι, οι ασθενείς συχνά εκφέρουν το λόγο με τρόπο αργό και συρτό, κάποιες φορές ασυνάρτητο, με

διακοπές και με προβλήματα στη φωνητική και σημασιολογική λεκτική ροή. Τα συμπτώματα δεν εντοπίζονται από τα πρώτα στάδια της νόσου, όμως πολλές φορές εκδηλώνονται ξαφνικά, με ιδιαίτερη σοβαρότητα, ενώ η αποκατάσταση είναι πολύ δύσκολη (Feenaughty et al., 2013).

- *Αισθητικές διαταραχές και άλγος:*

Πολύ συχνό σύμπτωμα της νόσου αποτελεί η μειωμένη αίσθηση αφής, το μούδιασμα (*αιμωδίες*), ή η αίσθηση μυρμηγκιάσματος (*παραισθησίες*) με το ποσοστό να αγγίζει το 80%-90%, ενώ συχνά οι ενοχλήσεις αυτές αποτελούν τα πρώτα συμπτώματα της νόσου. Μπορεί να γίνουν αντιληπτά στα άκρα, στον κορμό ή στο πρόσωπο, με βαρύτητα και συχνότητα που ποικίλουν, ενώ συχνά αναφέρονται συνοδοί πόνοι ή αίσθηση καψίματος (Freiha et al., 2020).

Οι αισθητικές διαταραχές που αναφέρονται από τους ασθενείς συχνότερα και αποδίδονται στην καταστροφή της μυελίνης των κυττάρων από την εξέλιξη της νόσου είναι το σημείο *Lhermitte*, μια ενόχληση που δημιουργεί την αίσθηση ηλεκτρικού ρεύματος που διαπερνά τη σπονδυλική στήλη, όταν ο ασθενής εκτελεί καμπτικές κινήσεις με το κεφάλι και σχετίζεται με τις απομυελινωτικές εστίες στην περιοχή του αυχένα (Freiha et al., 2020), αλλά και η *νευραλγία τριδύμου*, ένα δυσάρεστο επώδυνο σύνδρομο που μπορεί να εντοπίζεται στη μία πλευρά του προσώπου, αλλά αντανακλά στα δόντια και τα ούλα, στους κροτάφους, το μέτωπο και τα μάτια (Zakrzewska et al., 2018).

Γενικά, η ΣΚΠ προκαλεί χρόνια άλγη στους ασθενείς, όπως και δυσαισθησίες άνω και κάτω άκρων, αλλά και μυϊκούς πόνους σε όλο το σώμα (Freiha et al., 2020).

- *Ψυχολογικές διαταραχές:*

Παρόλο που οι ασθενείς, αλλά και οι θεράποντες ιατροί τους ασχολούνται περισσότερο με τις διαταραχές της νόσου που πλήττουν τις σωματικές τους ικανότητες σε όλα τα επίπεδα, βασική πτυχή της πάθησης είναι και η ψυχολογική κατάπτωση των νοσούντων, μια παράμετρος στην οποία δεν δίνεται η δέουσα προσοχή, αν και η διατήρηση ακμιαίας ψυχολογίας συνιστά καθοριστικό παράγοντα για την εξέλιξη της υγείας τους. Έτσι, παρατηρείται συχνά αλλαγή της συμπεριφοράς των ασθενών, ειδικά μετά τη διάγνωση της νόσου, που προβληματίζει και τους ίδιους και τους οικείους τους (Heldner et al., 2017).

Το πιο συχνό ψυχολογικό πρόβλημα που αφορά τους ασθενείς με ΣΚΠ είναι το καταθλιπτικό συναίσθημα. Πάνω από το 50% των νοσούντων καταρρακώνεται ψυχολογικά μπροστά στην προοπτική της δραματικής αλλαγής των καθημερινών τους συνηθειών, στην αδυναμία ελέγχου της εξέλιξης της νόσου, την εναλλαγή των φάσεων έξαρσης-ύφεσης, την προοδευτική απώλεια δυνάμεων, συμπτώματα που δεν επιτρέπουν στα άτομα να ανταποκριθούν στις ανειλημμένες τους υποχρεώσεις (Briones-Buixassa et al., 2019). Ειδικά, η απώλεια της σωματικής ακεραιότητας και οι κάθε είδους αναπηρίες κλονίζουν συναισθηματικά τους πάσχοντες που βλέπουν να ανατρέπεται η προσωπική, οικογενειακή και επαγγελματική τους ζωή (Garg et al., 2016).

Η κακή ψυχολογία και τα αρνητικά συναισθήματα επιτείνονται και από τις ενοχλήσεις της πάθησης που επιδεινώνονται, όσο προχωρούν τα στάδιά της: το αίσθημα ατονίας και κόπωσης, τα χρόνια μυϊκά άλγη, η δυσκολία στη διαδικασία σίτισης, οι διαταραχές της όρασης, τα προβλήματα στις βιολογικές λειτουργίες του οργανισμού, οι κινητικές δυσκολίες καθιστούν πολύ δύσκολη την καθημερινότητα των ασθενών, που αντιλαμβάνονται ότι δεν υπάρχει προοπτική βελτίωσης (McKay et al., 2018). Εκτός από τα καταθλιπτικά συναισθήματα εκδηλώνονται και έντονες αγχώδεις διαταραχές τους ασθενείς και τον περίγυρό τους, καθώς η αδυναμία πρόγνωσης της πορείας και της έκβασης της ασθένειας συνιστά ιδιαίτερα στρεσογόνο παράγοντα που προκαλεί αισθήματα φόβου και ανασφάλειας. Τα συναισθήματα άγχους επιτείνει ο προβληματισμός σχετικά με τις επαγγελματικές υποχρεώσεις των πασχόντων, την αυτοαποτελεσματικότητά τους, τη δυνατότητα διαχείρισης των καθημερινών υποθέσεων, τις οικογενειακές τους υποχρεώσεις. Η ανατροπή στα δεδομένα της ζωής τους χωρίς να είναι οι ίδιοι σε θέση να παρέμβουν αποτελεσματικά στην αποκατάσταση της καθημερινότητάς τους δημιουργεί ασφυκτικά πιεστικές συνθήκες που επηρεάζουν καταλυτικά την ψυχική τους υγεία και ισορροπία (Hartoonian et al., 2015).

Έχουν αναφερθεί περιπτώσεις που οι ασθενείς με ΣΚΠ παρουσιάζουν ασυνήθιστη ευφορία, που θεωρείται παθολογική σε σχέση με την κατάστασή τους, που μπορεί και να επιδεινώνεται (Duncan et al., 2016). Η εμφάνισή της σχετίζεται με τις νευρολογικές διαταραχές που προκαλεί η νόσος, όπως και η περίπτωση του παθολογικού γέλιου ή κλάματος (ψευδοπρομηκική κατάσταση) που παρατηρείται και σε άλλες νόσους του νευρικού συστήματος. Σε αυτή την περίπτωση οι ασθενείς

ξεσπών σε γέλια ή σε κλάματα χωρίς να υπάρχει συγκεκριμένο ερέθισμα που να δικαιολογεί τη συμπεριφορά αυτή (Vidovic et al., 2015).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: ΕΙΚΟΝΙΚΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ (Virtual Reality)

2.1. Εννοιολογική προσέγγιση – Χαρακτηριστικά εικονικού περιβάλλοντος

Η εικονική πραγματικότητα (Virtual Reality/VR) αποτελεί ένα τεχνολογικό επίτευγμα, που υπόσχεται πολλά σε επίπεδο επικοινωνίας και αλληλεπίδρασης του ανθρώπου με το περιβάλλον του. Μέσω της εικονικής πραγματικότητας το άτομο έχει τη δυνατότητα να ενεργεί και να δραστηριοποιείται σε μία ψηφιακή διάσταση, με τρόπο παρόμοιο με αυτόν του πραγματικού περιβάλλοντος (Jerdan et al., 2018). Η εξέλιξη της τεχνολογίας και των υπολογιστών διευκολύνει τη χρήση εφαρμογών που δίνουν τη δυνατότητα στα άτομα να υπερβαίνουν τα στενά όρια της αλληλεπίδρασης με μια οθόνη, να περιηγούνται σε έναν ψηφιακό, εικονικό χώρο και να βιώνουν την ψευδαίσθηση μιας άμεσης, τρισδιάστατης πραγματικότητας που κατασκευάζεται μέσω του υπολογιστή (Yoo, 2010).

Για τη δημιουργία της εικονικής πραγματικότητας χρησιμοποιείται εξοπλισμός που περιλαμβάνει συσκευές, οι οποίες επιτρέπουν στους χρήστες να βιώσουν εικονικές εμπειρίες, παρόμοιες με αυτές της πραγματικότητας. Συνήθως χρησιμοποιείται μάσκα απεικόνισης ή εμβύθισης (Head Mounted Display), τηλεχειριστήριο ή απτική συσκευή που συνδέονται με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή και τροφοδοτούν με οπτικές, ακουστικές ή απτικές πληροφορίες μέσω ηλεκτρονικών αισθητήρων, με αποτέλεσμα να δημιουργείται μια εικονική απεικόνιση στα μάτια του χρήστη δίνοντας την ψευδαίσθηση της εμβύθισης (Jerdan et al., 2018).

Το εικονικό περιβάλλον επινοήθηκε σε μια προσπάθεια να δημιουργηθούν συνθήκες προσομοίωσης για διάφορες διαδικασίες και καλύτερης ποιότητας επικοινωνία ανάμεσα στον άνθρωπο και τον υπολογιστή. Η εφαρμογή του σε πολλά πεδία αναδεικνύει τη χρησιμότητά του και την ταχεία εξάπλωση του ψηφιακού αυτού εργαλείου, προκειμένου να δοκιμαστεί και να διασφαλιστεί η αποτελεσματικότητα των μεθόδων που χρησιμοποιούνται: στην ιατρική, την αρχιτεκτονική, το βιομηχανικό σχεδιασμό προϊόντων, στο σχεδιασμό οπλικών συστημάτων, σε μορφές τέχνης και ψυχαγωγίας, στην εκπαίδευση για το χειρισμό μηχανημάτων και οχημάτων, όπου χρησιμοποιούνται προσομοιωτές που βοηθούν τους χρήστες να απορροφηθούν σε εικονικές συνθήκες, να λάβουν εικονικά ερεθίσματα και να προβούν σε αντιδράσεις και χειρισμούς που θα επέλεγαν και σε πραγματικές συνθήκες (Xie et al., 2021).

Επί του παρόντος, τα τυπικά συστήματα εικονικής πραγματικότητας χρησιμοποιούν ακουστικά εικονικής πραγματικότητας ή περιβάλλοντα πολλαπλών προβολών για να δημιουργήσουν ρεαλιστικές εικόνες, ήχους και άλλες αισθήσεις που προσομοιώνουν τη φυσική παρουσία του χρήστη σε ένα εικονικό περιβάλλον. Ένα άτομο που χρησιμοποιεί εξοπλισμό εικονικής πραγματικότητας είναι σε θέση να συμμετάσχει στον τεχνητό κόσμο, να κυκλοφορήσει μέσα σε αυτόν και να αλληλοεπιδράσει με εικονικές δυνατότητες ή αντικείμενα. Τα εφέ δημιουργούνται συνήθως από ακουστικά εικονικής πραγματικότητας που συνδέονται με τη μάσκα εμφύθισης που τοποθετείται στο κεφάλι με μια μικρή οθόνη μπροστά στα μάτια, αλλά μπορεί επίσης να δημιουργηθούν μέσω ειδικά σχεδιασμένων δωματίων με πολλαπλές μεγάλες οθόνες. Η εικονική πραγματικότητα ενσωματώνει συνήθως πέρα από τα ακουστικά και βίντεο ανατροφοδότησης, αλλά μπορεί επίσης να επιτρέψει άλλους τύπους αισθητηριακών και δυναμικών ανατροφοδοτήσεων μέσω απτικής τεχνολογίας (Jerdan et al., 2018).

Τα συστήματα εικονικής πραγματικότητας, λοιπόν, θεωρείται ότι πρέπει να πληρούν συγκεκριμένες προϋποθέσεις:

- να στηρίζονται σε βάσεις δεδομένων που δημιουργούνται σε ηλεκτρονικό υπολογιστή
- να επιτρέπουν την αλληλεπίδραση του χρήστη
- να λειτουργούν μέσω διαισθητικών μεθόδων εισαγωγής δεδομένων που χρησιμοποιούνται από τους χρήστες
- να δημιουργούν την αίσθηση παρουσίας σε άλλο περιβάλλον από το πραγματικό (Radianti et al., 2020).

2.2. Μορφές και μέθοδοι

Μια μέθοδος με την οποία μπορεί να πραγματοποιηθεί η εικονική πραγματικότητα είναι αυτή που βασίζεται σε προσομοίωση. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι προσομοιωτές οδήγησης που δημιουργούν την αίσθηση ότι κάποιος οδηγεί στην πραγματικότητα ένα όχημα, που κινείται, επιταχύνει ή επιβραδύνει ανάλογα με το χειρισμό του τροφοδοτώντας αντίστοιχα οπτικά, κινητικά και ηχητικά μηνύματα στον οδηγό. Η προσομοιωμένη πραγματικότητα είναι μια υποθετική εικονική πραγματικότητα τόσο καθηλωτική όσο και οι πραγματικές συνθήκες επιτρέποντας μια προηγμένη εμπειρία ζωής (Merienne, 2017).

Με την εικονική πραγματικότητα που βασίζεται σε εικόνα avatar οι άνθρωποι μπορούν να συμμετάσχουν στο εικονικό περιβάλλον με τη μορφή πραγματικού βίντεο καθώς και ενός avatar. Οι χρήστες μπορούν να επιλέξουν τον δικό τους τύπο συμμετοχής με βάση τις δυνατότητες του συστήματος (Zhou, 2020).

Στην εικονική πραγματικότητα που βασίζεται στη χρήση προβολέων, η μοντελοποίηση του πραγματικού περιβάλλοντος διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο σε διάφορες εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας, όπως η κατασκευή ρομπότ, η κατασκευή μοντέλων και η προσομοίωση αεροπλάνου. Τα συστήματα εικονικής πραγματικότητας που βασίζονται σε εικόνα είναι τα πιο δημοφιλή στα γραφικά υπολογιστών. Συνήθως, χρησιμοποιείται μια κάμερα για τη μοντελοποίηση μικρών αντικειμένων σε μικρή απόσταση (Bohil et al., 2009).

Η εικονική πραγματικότητα που βασίζεται σε επιφάνεια εργασίας (Desktop-based virtual reality) αφορά την εμφάνιση ενός τρισδιάστατου εικονικού κόσμου σε μια κανονική οθόνη επιφάνειας εργασίας χωρίς τη χρήση ειδικού εξοπλισμού παρακολούθησης θέσης. Πολλά σύγχρονα βιντεοπαιχνίδια μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως παράδειγμα, χρησιμοποιώντας διάφορα ερεθίσματα, αποκριτικούς χαρακτήρες και άλλες διαδραστικές συσκευές, για να κάνουν τον χρήστη να αισθάνεται ότι βρίσκεται σε έναν εικονικό κόσμο. Συχνή κριτική για αυτήν τη μορφή βύθισης είναι ότι δεν υπάρχει αίσθηση περιφερειακής όρασης, περιορίζοντας την ικανότητα του χρήστη να γνωρίζει τι συμβαίνει γύρω του (Saggio & Ferrari, 2012).

Μια οθόνη κεφαλής (HMD) βυθίζει πλήρως τον χρήστη σε έναν εικονικό κόσμο. Ένα ακουστικό εικονικής πραγματικότητας περιλαμβάνει συνήθως δύο μικρές υψηλής ανάλυσης OLED ή LCD οθόνες που παρέχουν ξεχωριστές εικόνες σε κάθε μάτι για στερεοσκοπική απόδοση γραφικών σε 3D εικονικό κόσμο, ένα σύστημα δίφωνης ηχογράφησης και συστήματα για παρακολούθηση θέσης και περιστροφής σε πραγματικό χρόνο. Οι επιλογές περιλαμβάνουν χειριστήρια κίνησης με απτική ανατροφοδότηση για φυσική αλληλεπίδραση εντός του εικονικού κόσμου με διαισθητικό τρόπο και διάδρομο πολλών κατευθύνσεων για περισσότερη ελευθερία φυσικής κίνησης επιτρέποντας στο χρήστη να εκτελέσει κινήσεις προς οποιαδήποτε κατεύθυνση (Merienne, 2017).

Η επαυξημένη πραγματικότητα (AR) είναι ένας τύπος τεχνολογίας εικονικής πραγματικότητας που συνδυάζει αυτό που βλέπει ο χρήστης στο πραγματικό του περιβάλλον με ψηφιακό περιεχόμενο που δημιουργείται από λογισμικό υπολογιστών.

Οι πρόσθετες εικόνες που δημιουργούνται από το λογισμικό συνήθως βελτιώνουν την εμφάνιση του πραγματικού περιβάλλοντος. Τα συστήματα επαυξημένης πραγματικότητας προωθούν εικονικές πληροφορίες μέσω ζωντανής τροφοδοσίας κάμερας σε ακουστικά ή έξυπνα γυαλιά ή μέσω κινητής συσκευής, δίνοντας στον χρήστη τη δυνατότητα να βλέπει τρισδιάστατες εικόνες (Amin & Govilkar, 2015).

Η μικτή πραγματικότητα (MR) είναι η συγχώνευση του πραγματικού κόσμου και του εικονικού κόσμου για να δημιουργηθούν νέα περιβάλλοντα και οπτικοποιήσεις όπου φυσικά και ψηφιακά αντικείμενα συνυπάρχουν και αλληλοεπιδρούν σε πραγματικό χρόνο (Sobota et al., 2020).

2.3. Ορισμοί και ιστορική εξέλιξη

Η ιδέα της εικονικής πραγματικότητας θα μπορούσε να εντοπιστεί στα μέσα του 1960 όταν ο Ivan Sutherland προσπάθησε να την περιγράψει ως *«ένα παράθυρο μέσα από το οποίο ένας χρήστης αντιλαμβάνεται τον εικονικό κόσμο σαν να φαίνεται, να γίνεται αισθητός και να ακούγεται πραγματικός και στον οποίο μπορεί να ενεργήσει ρεαλιστικά»* (Cipresso et al., 2018).

Από τότε και ανάλογα με το πεδίο εφαρμογής, έχουν διατυπωθεί αρκετοί ορισμοί: οι Fuchs & Bishop (1992) όρισαν την εικονική πραγματικότητα ως *«διαδραστικά γραφικά σε πραγματικό χρόνο με τρισδιάστατα μοντέλα σε συνδυασμό με τεχνολογία προβολής που δίνει στον χρήστη την αίσθηση εμπύθισης στον κόσμο αυτών των μοντέλων»*. Ο Gigante (1993) περιέγραψε την εικονική πραγματικότητα ως *«η ψευδαίσθηση της συμμετοχής σε ένα συνθετικό περιβάλλον, μια συναρπαστική, πολυ-αισθητηριακή εμπειρία»*. *«Η εικονική πραγματικότητα αναφέρεται σε συναρπαστικά, διαδραστικά, πολυ-αισθητήρια, κεντρικά προγράμματα προβολής, τρισδιάστατα περιβάλλοντα που δημιουργούνται από υπολογιστή και το συνδυασμό τεχνολογιών που απαιτούνται για την οικοδόμηση αυτών των περιβαλλόντων»* (Cruz-Neira, 1993). Αλλά και ο Ellis (1993) κατέθεσε την δική του άποψη υποστηρίζοντας ότι *«ένα εικονικό περιβάλλον αποτελείται από περιεχόμενο, γεωμετρία και δυναμική, με ένα πλαίσιο αναφοράς, που περιλαμβάνει την αντίληψη των αντικειμένων σε βάθος και που εγείρει διάφορες αισθήσεις ταυτόχρονα»*.

Όπως γίνεται αντιληπτό, αυτοί οι ορισμοί, αν και διαφορετικοί, επισημαίνουν τρία κοινά χαρακτηριστικά των συστημάτων εικονικής πραγματικότητας: εμπύθιση, αίσθηση παρουσίας σε ένα περιβάλλον και αλληλεπίδραση με αυτό το περιβάλλον. Συγκεκριμένα, η εμπύθιση αφορά το βαθμό διέγερσης των αισθήσεων από τα

εικονικά ερεθίσματα, τις αλληλεπιδράσεις και την ομοιότητα της πραγματικότητας με τις εικονικές συνθήκες που χρησιμοποιούνται για την προσομοίωση των περιβαλλόντων. Αυτά τα χαρακτηριστικά μπορεί να εξαρτώνται, βέβαια, και από τις ιδιότητες του τεχνολογικού συστήματος που χρησιμοποιείται για την απομόνωση του χρήστη από την πραγματικότητα (Slater, 2009). Η αίσθηση της παρουσίας σε ένα περιβάλλον και η αλληλεπίδραση με αυτό το περιβάλλον διαμορφώνονται με βάση τις ψυχολογικές παραμέτρους, που ισχύουν και στην περίπτωση της φυσικής παρουσίας. Ο βαθμός ρεαλισμού της εικονικής εμπειρίας αντιστοιχεί στο βαθμό προσδοκίας που έχει ο χρήστης σχετικά με τα ερεθίσματα που δέχεται (Radianti et al., 2020). Εάν τα ερεθίσματα που παρουσιάζονται είναι παρόμοια με την πραγματικότητα, ενισχύεται η εμπειρία του εικονικού περιβάλλοντος. Με τον ίδιο τρόπο, όσο υψηλότερος είναι ο βαθμός προσομοίωσης της πραγματικότητας στην αλληλεπίδραση με τα εικονικά ερεθίσματα, τόσο υψηλότερο θα είναι το επίπεδο ρεαλισμού των αντιδράσεων του χρήστη (Radianti et al., 2020).

Ήδη από τα χρόνια της Αναγέννησης η καλλιτεχνική δημιουργία τρισδιάστατων χώρων απεικόνισης με τη χρήση της τεχνοτροπίας της προοπτικής θα μπορούσε να θεωρηθεί πρόδρομος των τεχνικών εικονικής πραγματικότητας που εφαρμόστηκαν πολλά χρόνια αργότερα (Grau, 2003). Στα μέσα του 19ου αιώνα επινοήθηκε από τον Charles Wheatstone μια συσκευή στερεοσκοπικής οθόνης που επέτρεπε τη θέαση εικόνων με αίσθηση βάθους, κάτι που αργότερα εξελίχθηκε στο προϊόν ευρείας κατανάλωσης View-master (Pears & Liu, 2012). Την ίδια περίοδο ο Γάλλος συγγραφέας και θεωρητικός του υπερρεαλισμού Antonin Artaud ισχυριζόταν ότι η ψευδαίσθηση δεν ήταν διαφορετική από την πραγματικότητα, υποστηρίζοντας ότι *«οι θεατές σε ένα έργο πρέπει να αναστείλουν τη δυσπιστία και να θεωρήσουν το δράμα στη σκηνή ως πραγματικότητα»* (Walmsley, 2019).

Η πρώτη αναφορά σε τρισδιάστατο προσομοιωτή εμπύθισης γίνεται το 1962, όταν ο Morton Heilig δημιούργησε το Sensorama, μια εμπειρία προσομοίωσης μιας μοτοσυκλέτας που διασχίζει το Μπρούκλιν και περιλαμβάνει αρκετές αισθητηριακές προσλαμβάνουσες, όπως ηχητικά, οσφρητικά και απτικά ερεθίσματα, συμπεριλαμβανομένου και του ανέμου για να προσφέρει μια ρεαλιστική εμπειρία (Cipresso et al., 2018). Την ίδια χρονική περίοδο, ο Ivan Sutherland ανέπτυξε με τη βοήθεια του μαθητή του Bob Sproull στο πανεπιστήμιο της Γιούτα ένα σύστημα οθόνης κεφαλής που περιελάμβανε τρισδιάστατα γραφικά πολύ απλής μορφής

δημιουργώντας, έτσι, την ψευδαίσθηση ενός εικονικού περιβάλλοντος (Welch, 2009).

Στη δεκαετία του '70 ο Myron Kueger δημιούργησε το Videoplace, ένα εργαστήριο τεχνητής πραγματικότητας. Η ιδέα του αφορούσε τη δημιουργία μιας τεχνητής πραγματικότητας που περιβάλλει τους χρήστες και ανταποκρίνεται στις κινήσεις και τις ενέργειές τους. Το Videoplace χρησιμοποίησε βιντεοπροβολείς, βιντεοκάμερες, υλικό ειδικού σκοπού, για να τοποθετήσει τους χρήστες σε ένα διαδραστικό περιβάλλον. Οι χρήστες μπορούσαν να βρίσκονται σε διαφορετικά δωμάτια αλληλοεπιδρώντας μεταξύ τους και με αντικείμενα του χώρου μέσω αυτής της τεχνολογίας, έχοντας την αίσθηση της παρουσίας, παρόλο που δεν υπήρχε διαθέσιμη άμεση απτική ανάδραση (Kueger et al., 1985).

Το 1982 η Πολεμική Αεροπορία των ΗΠΑ δημιούργησε τον πρώτο προσομοιωτή πτήσης (Visual Coupled Airborne System-VCASS), στον οποίο ο πιλότος μέσω ενός HMD μπορούσε να ελέγξει τη διαδρομή και τους στόχους (Basu, 2019). Το 1982, επίσης, ο Thomas Zimmerman κατασκευάζει το πρώτο γάντι εισαγωγής δεδομένων (Data Glove) χρησιμοποιώντας σύστημα αισθητήρων που μετρούν την κάμψη, την έκταση, τον προσανατολισμό και τη θέση των δακτύλων και εντοπίζουν τις χειρονομίες των χεριών. Η συσκευή αυτή χρησιμοποιήθηκε για διάφορες εφαρμογές χειρισμού μέσω υπολογιστή, συμπεριλαμβανομένου του gaming και άνοιξε τους δρόμους προς τη ρομποτική χειρουργική (Dipietro et al., 2008). Το 1985 η εταιρεία VPL του Jaron Lanier, που θεωρείται το άτομο που επινόησε τον όρο «*εικονική πραγματικότητα*», εμπορεύτηκε το Data Glove καθιστώντας το ένα από τα πιο δημοφιλή σύμβολα της τεχνολογίας προσομοίωσης, αλλά και το Eyephone, το 1988, μια μονάδα προβολής που τοποθετείται στο κεφάλι του χρήστη και χρησιμοποιείται για να τον εμβυθίσει οπτικά σε ένα εικονικό περιβάλλον δημιουργώντας την ψευδαίσθηση του βάθους (Ambrosio & Fidalgo, 2020).

Στα τέλη της δεκαετίας του 80, η Fake Space Labs, μια εταιρεία έρευνας για επιστημονικές και κυβερνητικές εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας, δημιούργησε το Binocular-Omni-Orientational Monitor (BOOM), ένα σύνθετο σύστημα που αποτελείται από μια συσκευή τρισδιάστατης οθόνης στερεοσκοπικής προβολής αναρτημένης σε ένα μηχανικό σύστημα βραχιόνων που μπορούν να περιστρέφονται ελεύθερα. Το σύστημα BOOM χρησιμοποιούνταν ευρέως, όταν ακόμα οι συσκευές HMD ήταν δύσχρηστες λόγω του μεγάλου όγκου και βάρους τους. Ο θεατής κρατά τη θύρα προβολής της συσκευής στα μάτια του βλέποντας το τρισδιάστατο

περιβάλλον στερεοσκοπικά μέσα από αυτή (Cipresso et al., 2018). Το σύστημα BOOM και το Data Glove χρησιμοποιήθηκαν και από τη NASA για τη δημιουργία ενός πολυχρηστικού περιβάλλοντος διεπαφής ανθρώπου-υπολογιστή με σκοπό την εκπαίδευση των αστροναυτών (Liu et al., 2016).

Το 1992 το Εργαστήριο Ηλεκτρονικής Οπτικοποίησης του Πανεπιστημίου του Ιλινόις δημιούργησε το CAVE Automatic Virtual Environment, ένα συναρπαστικό σύστημα εικονικής πραγματικότητας που αποτελείται από προβολείς που κατευθύνονται σε τρεις ή περισσότερους τοίχους ενός δωματίου (Marai et al., 2019). Πιο πρόσφατα, πολλές εταιρείες βιντεοπαιχνιδιών έχουν βελτιώσει την ανάπτυξη και την ποιότητα συσκευών εικονικής πραγματικότητας, με τις συσκευές HMD να συνδυάζονται πλέον με συστήματα παρακολούθησης των ματιών και αισθητήρες κίνησης και προσανατολισμού (Roettl & Terlutter, 2018).

Ο 21^{ος} αιώνας έχει εγκαινιάσει μία εποχή σημαντικής και ταχείας προόδου για τις εφαρμογές της εικονικής πραγματικότητας. Οι ψηφιακές δυνατότητες των υπολογιστών, αλλά και οι κινητές τεχνολογίες έχουν εξελιχθεί με ραγδαίους ρυθμούς, η εξάπλωση των smartphones με οθόνες υψηλής πυκνότητας και δυνατότητες 3D γραφικών επέτρεψε τη δημιουργία μιας γενιάς συσκευών εικονικής πραγματικότητας εύχρηστων και πρακτικών. Η βιομηχανία βιντεοπαιχνιδιών συνέχισε να προωθεί την ανάπτυξη αναλώσιμων εικονικής πραγματικότητας, ενώ κάμερες με υψηλή ευκρίνεια και αίσθηση του βάθους, ελεγκτές κίνησης και φυσικές ανθρώπινες διεπαφές αποτελούν ήδη εξοπλισμό στις καθημερινές εργασίες του ανθρώπου (Γαβαλάς και συν., 2015).

2.4. Ιδιότητες εικονικής πραγματικότητας

Η επιτυχία της εικονικής πραγματικότητας στηρίζεται στην εικασία ότι ο ανθρώπινος εγκέφαλος αντιλαμβάνεται πιο αποτελεσματικά τα εξωτερικά ερεθίσματα, όταν συνδυάζονται οι διαστάσεις της εικόνας, του ήχου, της κίνησης, του χρώματος, της αφής. Σε αυτό το σημείο υπερτερεί η πρακτική της εικονικής πραγματικότητας σε σχέση με άλλου είδους ψηφιακές αναπαραστάσεις που δημιουργούνται μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή (Penn & Hout, 2018).

Για την υλοποίηση των εικονικών προγραμμάτων και την εξέλιξη της τεχνολογίας προσομοίωσης λαμβάνονται υπόψη οι μηχανισμοί του ανθρώπινου οργανισμού για τη συλλογή ερεθισμάτων από το περιβάλλον, βάσει των οποίων σχεδιάζονται τα συστήματα, ώστε να πραγματοποιηθούν οι εκάστοτε επιδιωκόμενοι

στόχοι, ανάλογα με το πεδίο εφαρμογής τους. Έτσι, ο σχεδιασμός των εικονικών περιβαλλόντων και των συστημάτων εμπύθισης αρχικά λαμβάνει υπόψη συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του οπτικού συστήματος (Baños et al., 2008):

- την προσαρμοστικότητα
- το βάθος πεδίου
- το οπτικό πεδίο
- τη στερεοσκοπική όραση
- τη χωρική αντίληψη
- την οξύτητα στερεοσκοπίας
- την οπτική αντίληψη κίνησης
- τη χρονική αναγωγή
- τη χρωματική αντίληψη.

Αντίστοιχα, η ακουστική αντίληψη του ανθρώπου συνδυάζει χαρακτηριστικά που αποδεικνύονται χρήσιμα στην αποτελεσματικότητα των εικονικών τεχνικών (Bohil et al., 2009):

- η ακουστική εστίαση/ο εντοπισμός της ηχητικής πηγής
- η ανάλυση φάσματος των συχνοτήτων
- ο τονικός διαχωρισμός.

Ωστόσο, καθοριστικό ρόλο διαδραματίζουν η απτική, όπως και η κιναισθητική αντίληψη, που προσδίδουν ιδιαίτερη διάσταση στην επεξεργασία των ερεθισμάτων. Η αφή συνιστά ένα ιδιαίτερα περίπλοκο και πολυπαραγοντικό αντιληπτικό χαρακτηριστικό. Οι αισθητήριοι δέκτες του δέρματος μεταδίδουν πολλών ειδών πληροφορίες του εξωτερικού περιβάλλοντος, που μπορεί να ποικίλουν ανάλογα με την ευαισθησία του δέρματος ή με το είδος των αντικειμένων που έρχονται σε επαφή με αυτό (Price et al., 2021). Η κιναισθησία, από την άλλη, είναι ο τρόπος που γίνονται αντιληπτές οι κινήσεις και οι θέσεις των μελών του σώματος. Οι πληροφορίες συλλέγονται από αισθητήρες που βρίσκονται στις αρθρώσεις, το δέρμα και τους μύες σε συνδυασμό με οπτικές πληροφορίες. Αυτό που αξίζει να αναφερθεί είναι ότι σημαντικό ρόλο στην κιναισθητική αντίληψη διαδραματίζει η μνήμη, κάτι που λαμβάνεται υπόψη στο σχεδιασμό των εικονικών περιβαλλόντων, αφού η τεχνική της εμπύθισης μπορεί να διαταράξει τη ροή των πληροφοριών από τους αισθητήρες στον εγκέφαλο (Jadhav et al., 2017).

2.5. Η χρήση της εικονικής πραγματικότητας στο χώρο της υγείας

Η τεχνητή αισθητηριακή εμπειρία μέσω των εικονικών περιβαλλόντων έχει εφαρμογές σε διάφορα πεδία, συμπεριλαμβανομένων των κλινικών και ερευνητικών αναγκών, με στόχο την προσομοίωση σε πραγματικές συνθήκες και την έγκυρη αξιολόγηση των μεθόδων και των πρακτικών που ακολουθούνται. Σε σχέση με άλλους τομείς, οι ιατρικές εφαρμογές της εικονικής πραγματικότητας χαρακτηρίζονται από ιδιαίτερα γνωρίσματα (Samadbeik et al., 2018):

- κρίνονται απαραίτητα η υψηλού βαθμού ακρίβεια, ο ρεαλισμός και η ταχύτητα στην εκτέλεση των ιατρικών διεργασιών,
- στις περιπτώσεις προσομοιώσεων που πραγματοποιούνται για ιατρικούς σκοπούς είναι απαραίτητη η αξιοποίηση όσο το δυνατόν περισσότερων αισθήσεων. Πέρα από την όραση και την ακοή, η αίσθηση της αφής, της θερμότητας ή και των οσφρητικών ερεθισμάτων εξασφαλίζουν σημαντικές πληροφορίες για τους επαγγελματίες υγείας,
- ο χώρος της ιατρικής επιδεικνύει ιδιαίτερη ευαισθησία σε θέματα ηθικών και νομικών ζητημάτων που μπορεί να προκύψουν μέσω της χρήσης της τεχνολογίας, όπως η εικονική πραγματικότητα, στο χώρο της υγείας,
- σημαντική παράμετρος που τίθεται για τη διεύρυνση της χρήσης των ψηφιακών εργαλείων στο χώρο της ιατρικής είναι το υψηλό κόστος του πανάκριβου εξοπλισμού ακριβείας που απαιτούν οι εφαρμογές της εικονικής πραγματικότητας. Έτσι, στο χώρο της υγείας η εικονική πραγματικότητα εφαρμόζεται σε διάφορα επίπεδα, όπως στην έρευνα, την εκπαίδευση των υποψήφιων ιατρών, τη διάγνωση ασθενειών, τη διενέργεια χειρουργικών επεμβάσεων, την αποκατάσταση κ.λπ.

Στον τομέα της έρευνας η χρήση της εικονικής πραγματικότητας διευκολύνει, καθώς μέσω των τρισδιάστατων μοντέλων προσφέρεται στους επιστήμονες μία ασφαλής, εναλλακτική λύση για τη διεξαγωγή δυνητικά σωτήριων μελετών και δοκιμών. Το εικονικό περιβάλλον θα μπορούσε να φέρει επανάσταση στον τρόπο συλλογής, δοκιμής και εφαρμογής της επιστημονικής γνώσης. Αποτελεί έναν ευέλικτο τρόπο συγκέντρωσης δεδομένων, ώστε να αξιολογηθούν οι ιατρικές υποθέσεις και να αναπτυχθούν προϊόντα και τεχνολογίες για την προαγωγή της δημόσιας υγείας (Javaid & Haleem, 2020). Ειδικά στην εποχή της πανδημίας Covid-19, που οι υγειονομικές συνθήκες επέβαλαν την αναστολή των εργασιών των ερευνητικών ιδρυμάτων, η παγκόσμια επιστημονική κοινότητα αναζητώντας ασφαλείς τρόπους για τη συνέχιση των κλινικών μελετών και δοκιμών της θεώρησε

ιδιαίτερα ελπιδοφόρα την επιλογή των πρακτικών εικονικής πραγματικότητας (Tabatabai, 2020).

Αντίστοιχα καθοριστικός θα μπορούσε να είναι ο ρόλος της ψηφιακής αναπαράστασης στο πεδίο της εκπαίδευσης των υποψήφιων ιατρών. Πέρα από τους παραδοσιακούς τρόπους ιατρικής εκπαίδευσης και κατάρτισης των μελλοντικών επαγγελματιών υγείας, η εφαρμογή εικονικών εργαλείων μπορεί να προσφέρει μια εναλλακτική μέθοδο εξοικείωσης με τις ιατρικές πρακτικές. Στο επίπεδο της ιατρικής εκπαίδευσης, η χρήση προσομοιωτών υψηλής ποιότητας εξασφαλίζει συνθήκες ακριβείας και αλληλεπίδραση σε πραγματικό χρόνο διευκολύνοντας τη διαδικασία μάθησης. Οι εκπαιδευόμενοι μέσω της τεχνολογίας εικονικής πραγματικότητας είναι σε θέση να πλοηγηθούν σε τρισδιάστατους ψηφιακούς κόσμους, να διερευνήσουν τις ανθρώπινες ανατομικές δομές, να εξοικειωθούν με χειρουργικές μεθόδους, να εξασκηθούν σε περιπτώσεις παθολογικών καταστάσεων που χρήζουν ιδιαίτερων χειρισμών (Kamphuis et al., 2014). Ο Pottle (2019) υποστηρίζει ότι οι προσομοιωτές δίνουν τη δυνατότητα στους εκπαιδευόμενους για επανάληψη των ιατρικών διαδικασιών και χειρισμών με στόχο την αποφυγή λαθών, τη βελτίωση των ιατρικών πρακτικών και τη μείωση του άγχους και της ψυχολογικής πίεσης που προκαλεί η εκπαίδευση κατά τη διάρκεια πραγματικών χειρουργικών επεμβάσεων.

Μια νέα εποχή εγκαινιάστηκε με τις ψηφιακές δυνατότητες των εικονικών περιβαλλόντων στο θέμα των ιατρικών διαγνώσεων. Με τη χρήση εικόνων που καταγράφονται από μαγνητικούς και αξονικούς τομογράφους δημιουργούνται τρισδιάστατα μοντέλα δίνοντας τη δυνατότητα να μελετηθούν οι ανατομικές ιδιαιτερότητες του κάθε ασθενή, να γίνει ακριβέστερη αξιολόγηση της παθολογικής κατάστασής του και να εντοπισθεί το πρόβλημα δρομολογώντας τις κατάλληλες παρεμβάσεις (Javaid & Haleem, 2020). Σημαντική διαγνωστική εφαρμογή της εικονικής πραγματικότητας αποτελεί η εικονική ενδοσκόπηση που οπτικοποιεί σε τρισδιάστατα μοντέλα τις εικόνες που αντλούνται από τις μη επεμβατικές μεθόδους (αξονική, μαγνητική τομογραφία, υπερηχογράφημα κ.λπ.) και επιτρέπει την εκτίμηση της παθολογικής κατάστασης από διάφορες οπτικές γωνίες απαλλάσσοντας τον ασθενή από τη δυσάρεστη εμπειρία της πραγματικής ενδοσκόπησης (Barnes et al., 2017).

Η χειρουργική αποτελεί το πεδίο που διαθέτει ευρύ έδαφος για την εφαρμογή των τεχνικών εικονικής πραγματικότητας. Μέσω των ψηφιακών εφαρμογών είναι δυνατός ο ποιοτικός προεγχειρητικός σχεδιασμός, ώστε να υπάρξει καλύτερη

προετοιμασία των επεμβάσεων με το λιγότερο δυνατό κίνδυνο επιπλοκών για τον ασθενή και τον περιορισμό της πιθανότητας ιατρικού λάθους. Η μελέτη των ανατομικών δομών του κάθε ασθενή σε τρισδιάστατες εικόνες δίνει τη δυνατότητα αποτελεσματικότερης προσέγγισης της κάθε περίπτωσης και επιτρέπει τον ακριβέστερο σχεδιασμό των χειρουργικών κινήσεων (Pantelidis et al., 2018). Αλλά και κατά τη διάρκεια της χειρουργικής επέμβασης η τεχνολογία της εικονικής πραγματικότητας μπορεί να λειτουργήσει βοηθητικά, αφού οι τρισδιάστατες εικόνες που καταγράφονται πριν την επέμβαση μπορούν να καθοδηγήσουν το ιατρικό προσωπικό στους διεγχειρητικούς χειρισμούς τους (Khor et al., 2016). Σημαντική παράμετρος για τις τρισδιάστατες απεικονίσεις που χρησιμοποιούνται στις χειρουργικές εφαρμογές είναι η ακρίβεια των δεδομένων, αλλά και η ευθυγράμμισή τους με το σώμα του ασθενή, ώστε ο ειδικός να προσεγγίζει το πρόβλημα από την ίδια οπτική γωνία αυξάνοντας τις πιθανότητες επιτυχίας της χειρουργικής επέμβασης (Vosburgh et al., 2013).

Νέα δεδομένα δημιουργεί η εικονική πραγματικότητα, καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε εξ αποστάσεως χειρουργικές επεμβάσεις (τηλε-χειρουργική). Σε αυτή την περίπτωση δίνεται η δυνατότητα διενέργειας επεμβάσεων σε απομακρυσμένες περιοχές ή συνεργασίας ειδικών που βρίσκονται σε διαφορετικές γεωγραφικές τοποθεσίες καθιστώντας τα εικονικά περιβάλλοντα και τις ψηφιακές εφαρμογές πολύτιμα εργαλεία στα χέρια των ειδικών (Choi et al., 2018).

Η εικονική πραγματικότητα έχει χρησιμοποιηθεί, επίσης, για τη διαχείριση του πόνου και της δυσφορίας που σχετίζεται με μια μεγάλη ποικιλία γνωστών επώδυνων ιατρικών διαδικασιών, καθώς υποστηρίζεται ότι η ενασχόληση με εικονικά εργαλεία αποσπά την προσοχή και έτσι ανακουφίζει τον πόνο τέτοιων ασθενών, ειδικά όταν αντενδείκνυται η χρήση αναισθησίας ή καταστολής. Σε κλινικές και πειραματικές μελέτες, οι συμμετέχοντες που βυθίστηκαν στην εμπειρία εικονικής πραγματικότητας βίωσαν μειωμένα επίπεδα πόνου και γενικής δυσφορίας και ανέφεραν την επιθυμία να χρησιμοποιήσουν ξανά το εικονικό περιβάλλον κατά τη διάρκεια επώδυνων ιατρικών διαδικασιών. Οι ερευνητές υποθέτουν ότι η εικονική πραγματικότητα δρα ως μια μη φαρμακολογική μορφή αναλγησίας ασκώντας μια σειρά συναισθηματικών και γνωστικών επιδράσεων στο περίπλοκο σύστημα ρύθμισης του πόνου του σώματος (Li et al., 2011).

Επίσης, κατά τη διάρκεια της φυσικοθεραπείας, η εικονική πραγματικότητα επιτρέπει τη συντόμευση των χρόνων ανάρρωσης διευκολύνοντας τους ασθενείς να

κάνουν τις ασκήσεις τους. Αυτό συμβαίνει επειδή η εικονική πραγματικότητα στρέφει την προσοχή του ασθενούς μακριά από τον πόνο, παρέχοντας μια εναλλακτική πραγματικότητα που εισάγει, παρακινεί και ενθαρρύνει ταυτόχρονα να ολοκληρώσει τη δραστηριότητα. Έτσι, οι ασθενείς με κινητικά προβλήματα που αναρρώνουν έχουν τη δυνατότητα να πραγματοποιήσουν συγκεκριμένες κινήσεις με ασφάλεια, κάτι που αυξάνει την αυτοπεποίθησή τους, όταν πρόκειται να μετακινηθούν στην πραγματική τους ζωή (Peng et al., 2021). Η ιατρική εικονική πραγματικότητα έχει δοκιμαστεί και σε περιπτώσεις διαταραχών εθισμού σε ουσίες, χρησιμοποιώντας τεχνικές σταδιακής έκθεσης μαζί με καθοδήγηση σχετικά με τη διαχείριση των ορμών εξάρτησης. Τα οφέλη της εικονικής πραγματικότητας μπορούν να εφαρμοστούν από τους ασθενείς ανεξάρτητα από το στάδιο της διαδικασίας που βρίσκονται. Προκειμένου να διευκολυνθεί η διαδικασία αποτοξίνωσης από τον εθισμό, μπορούν να χρησιμοποιηθούν τεχνικές εικονικής πραγματικότητας για να αποσπών το άτομο από τη δυσφορία της απόσυρσης και της αποτοξίνωσης. Βυθισμένοι σε αυτήν την εναλλακτική πραγματικότητα, πολλοί είναι πιο εύκολο να αντιμετωπίσουν τα συμπτώματά τους και να παραμείνουν αφοσιωμένοι στην νηφαλιότητά τους (Segawa et al., 2020).

Η θεραπεία έκθεσης είναι μία από τις τυπικές διαδικασίες για τη θεραπεία διαφόρων τύπων ψυχικών ασθενειών. Η εικονική πραγματικότητα αλλάζει σιγά-σιγά τον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιείται η θεραπεία έκθεσης για ασθενείς με ψυχικά προβλήματα, παρέχοντας μια χαμηλού κόστους, ευέλικτη και χαμηλού κινδύνου λύση για τη θεραπεία ψυχικών ασθενειών. Παρέχοντας νέους τρόπους για να διατηρηθεί το σώμα χαλαρό και ήρεμο, βοηθά επίσης στη θεραπεία του άγχους και των κρίσεων πανικού (Boeltd et al., 2019).

Η εικονική πραγματικότητα είναι μια ψηφιακή τεχνολογία που μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την ενίσχυση της ενσυναίσθησης. Η ικανότητα ενσυναίσθησης είναι απαραίτητη για την κλινική ιατρική. Η εμπειρία του γιατρού σχετικά με την ενσυναίσθηση στη φροντίδα των ασθενών έχει περιγραφεί ως «*μια ακολουθία συναισθηματικής δέσμευσης, συμπόνιας και παρότρυνσης να βοηθήσει τον ασθενή*» που παράγεται από «*επίγνωση του γιατρού για τις ανησυχίες του ασθενούς*» (Coverdale & McCullough, 2015). Η ενσυναίσθητική ταύτιση με τις δυσκολίες των ασθενών είναι η κινητήρια δύναμη πίσω από την πρόληψη και τον μετριασμό του πόνου και της αγωνίας, μια επαγγελματική υποχρέωση που δημιουργείται από τη

θεμελιώδη επαγγελματική αρετή της συμπόνιας για τις ανάγκες των ασθενών (Louie et al., 2018).

Ο εικονικός κόσμος θεραπείας και αποκατάστασης απευθύνεται σε ασθενείς όλων των ηλικιών. Αποτελεί μια αποτελεσματική συμπληρωματική θεραπευτική μέθοδο που χρησιμοποιεί ψυχαγωγικές τεχνικές με επίδραση στο αιθουσαίο σύστημα και τη διαδικασία της νευρο-αποκατάστασης (Masseti et al., 2018). Λειτουργεί με στόχο την ανατροφοδότηση των βιολογικών λειτουργιών και δίνει την ευκαιρία μέσω των ψηφιακών εφαρμογών για την αποτελεσματικότερη διαχείριση των γνωστικών και κινητικών ελλειμμάτων που μπορεί να προκύψουν από διάφορες διαταραχές ή παθολογικές καταστάσεις. Η αποκατάσταση που βασίζεται σε εργαλεία εικονικής πραγματικότητας μπορεί να προσαρμοστεί στις ανάγκες του κάθε ασθενή δίνοντας απεριόριστες δυνατότητες για το σχεδιασμό δραστηριοτήτων ανάλογα με τη σοβαρότητα των διαταραχών του ατόμου ή τις γνωστικές και σωματικές δυνατότητές του, παράγοντες που είναι καθοριστικοί για τη μέγιστη δυνατή αναδιοργάνωση του εγκεφάλου και την επανενεργοποίηση των περιοχών του που εμπλέκονται σε διαδικασίες μάθησης, κίνησης και εκτέλεσης εντολών (Aran et al., 2017).

Μέσω της εικονικής πραγματικότητας είναι δυνατόν να εξατομικευθούν τα διάφορα προγράμματα αποκατάστασης καλύπτοντας τις ιδιαίτερες ανάγκες του εκάστοτε ασθενή. Με αυτό τον τρόπο μπορούν να προσαρμοστούν στους στόχους της θεραπείας δίνοντας κίνητρο στους ασθενείς για ενεργό συμμετοχή, αλλά και επιτυγχάνοντας ένα λειτουργικό αποτέλεσμα. Το περιβάλλον που διαμορφώνουν οι εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας δημιουργεί ασφαλείς συνθήκες που προσομοιάζουν απόλυτα στις πραγματικές, ενώ είναι δυνατόν να σχεδιαστούν συστηματικές και επαναλαμβανόμενες εκπαιδευτικές δραστηριότητες με ρυθμιζόμενο επίπεδο δυσκολίας για την αποτελεσματικότερη αλληλεπίδραση των χρηστών με το εικονικό περιβάλλον τους (Matijević et al., 2013).

2.6. Η εφαρμογή της επαυξημένης πραγματικότητας

Ενώ η εικονική πραγματικότητα δημιουργεί ένα τελείως τεχνητό περιβάλλον μέσα στο οποίο βυθίζεται ο χρήστης χάνοντας την επαφή με τον πραγματικό κόσμο γύρω του, η επαυξημένη πραγματικότητα (Augmented Reality-AR) αποτελεί μια διαδραστική εμπειρία ενός πραγματικού κόσμου όπου τα φυσικά αντικείμενα ενισχύονται από αντιληπτικές πληροφορίες που παράγονται από υπολογιστή, μερικές

φορές με πολλαπλούς αισθητηριακούς τρόπους, συμπεριλαμβανομένων των οπτικών, ακουστικών, απτικών, σωματοαισθητικών και οσφρητικών ερεθισμάτων (Schueffel et al., 2017). Η επαυξημένη πραγματικότητα μπορεί να οριστεί ως ένα σύστημα που ενσωματώνει τρία βασικά χαρακτηριστικά: συνδυασμό πραγματικού και εικονικού κόσμου, αλληλεπίδραση σε πραγματικό χρόνο και ακριβή τρισδιάστατη καταχώριση εικονικών και πραγματικών αντικειμένων (Wu et al., 2013). Με αυτόν τον τρόπο, η επαυξημένη πραγματικότητα αλλάζει τη συνεχή αντίληψη κάποιου για ένα πραγματικό περιβάλλον, τη στιγμή που η εικονική πραγματικότητα αντικαθιστά πλήρως το πραγματικό περιβάλλον του χρήστη με ένα προσομοιωμένο.

Η πρωταρχική αξία της επαυξημένης πραγματικότητας είναι ο τρόπος με τον οποίο τα στοιχεία του ψηφιακού κόσμου ενσωματώνονται στην αντίληψη ενός ατόμου για τον πραγματικό κόσμο, όχι ως απλή εμφάνιση δεδομένων, αλλά μέσω της βίωσης συναρπαστικών αισθήσεων, οι οποίες γίνονται αντιληπτές ως φυσικά μέρη του περιβάλλοντος. Τα πρώτα λειτουργικά συστήματα επαυξημένης πραγματικότητας που παρείχαν συναρπαστικές εμπειρίες μεικτής πραγματικότητας στους χρήστες εφευρέθηκαν στις αρχές της δεκαετίας του 1990, ξεκινώντας με το σύστημα Virtual Fixtures που αναπτύχθηκε στο Εργαστήριο Armstrong της Πολεμικής Αεροπορίας των ΗΠΑ το 1992 (Dupzyk, 2016). Η εφαρμογή τους έγινε για πρώτη φορά σε επιχειρήσεις ψυχαγωγίας και τυχερών παιχνιδιών. Στη συνέχεια, η χρήση τους επεκτάθηκε σε κλάδους, όπως η εκπαίδευση, οι επικοινωνίες, η ιατρική και η ψυχαγωγία (Carmigniani et al., 2011).

Οι εργαζόμενοι στο χώρο της υγείας συνειδητοποίησαν γρήγορα τα οφέλη των τεχνολογιών επαυξημένης πραγματικότητας. Η εκπαίδευση είναι μια προφανής εφαρμογή της επαυξημένης πραγματικότητας στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης. Οι επαγγελματίες υγείας είναι αναγκασμένοι να διαχειριστούν έναν τεράστιο όγκο πληροφοριών σχετικά με την ανατομία και τον τρόπο λειτουργίας του ανθρώπινου οργανισμού. Οι εφαρμογές δίνουν στους εκπαιδευόμενους τη δυνατότητα να απεικονίζουν και να αλληλεπιδρούν με τρισδιάστατες αναπαραστάσεις σωμάτων. Ωστόσο, δεν είναι μόνο οι εργαζόμενοι στον τομέα της υγείας που επωφελούνται από την επαυξημένη πραγματικότητα. Αποδεικνύεται επίσης εξαιρετικά χρήσιμο ως εργαλείο για την εκπαίδευση των ασθενών, επιτρέποντας στους επαγγελματίες ιατρικής φροντίδας να τους βοηθήσουν να κατανοήσουν τις θεραπευτικές παρεμβάσεις και την αγωγή που πρέπει να ακολουθήσουν. Σήμερα, οι χειρουργοί χρησιμοποιούν διάφορες τεχνικές για να

απεικονίσουν την περιοχή στην οποία θα λειτουργήσουν, αλλά η επαυξημένη πραγματικότητα, η οποία μπορεί να προβάλει τρισδιάστατες αναπαραστάσεις της ανατομίας του ασθενούς στο οπτικό πεδίο του χειρουργού, είναι πιθανό να βελτιώσει την ακρίβεια και τα αποτελέσματα για τους ασθενείς (Madison, 2018).

Στον τομέα της αποκατάστασης η επαυξημένη πραγματικότητα μπορεί να θεωρηθεί ότι πλεονεκτεί σε σχέση με τη εικονική, καθώς ο χρήστης έχει καλύτερη αίσθηση της πραγματικότητας του φυσικού περιβάλλοντος. Στα συστήματα AR οι ασθενείς μπορούν, για παράδειγμα, να δουν τα χέρια και τα πόδια τους και πώς αλληλεπιδρούν με την εφαρμογή και το περιβάλλον, κάτι που επιταχύνει την κινητική μάθηση και ενισχύει το κίνητρο κατά τη διαδικασία της αποκατάστασης. Ο χρήστης βιώνει την εμπειρία με περισσότερο ρεαλισμό, καθώς αισθάνεται ότι έχει περισσότερο έλεγχο στα εικονικά αντικείμενα αλληλοεπιδρώντας με ερεθίσματα του πραγματικού κόσμου (Mubin et al., 2019).



Εικόνα 1. Εφαρμογή AR “kick ball”

Πηγή: An & Kim, 2019

Η τεχνολογία έχει τη δυνατότητα να δημιουργήσει ένα περιβάλλον όπου η ένταση των ασκήσεων και η θετική ανατροφοδότηση μπορούν να βρίσκονται υπό έλεγχο και να ενισχύονται συστηματικά, για να δημιουργήσουν την καταλληλότερη, εξατομικευμένη προσέγγιση κινητικής μάθησης. Η προσθήκη μηχανογραφημένων δυνατοτήτων εικονικής πραγματικότητας σε δραστηριότητες κινητικής εκμάθησης παρέχει μια τρισδιάστατη (3D) χωρική αντιστοιχία μεταξύ του βαθμού κίνησης στον πραγματικό κόσμο και του βαθμού κίνησης που εμφανίζεται στην οθόνη του υπολογιστή. Αυτή η ακριβής αναπαράσταση επιτρέπει οπτική ανατροφοδότηση και καθοδήγηση για τον ασθενή. Η άσκηση σε περιβάλλον επαυξημένης πραγματικότητας βρίσκεται στο αρχικό στάδιο της εξερεύνησης ως θεραπευτική παρέμβαση για την επανεκπαίδευση της συντονισμένης κίνησης. Τα υποσχόμενα ενθαρρυντικά αποτελέσματα της όμως υποστηρίζουν την περαιτέρω έρευνα στον τομέα της αποκατάστασης (Zhu et al., 2014).

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να γίνει μια καταγραφή των νέων δεδομένων σχετικά με Σκλήρυνση Κατά Πλάκας : virtual reality για ισορροπία και βάδιση.

Πραγματοποιήθηκε συστηματική ανασκόπηση στην ήδη υπάρχουσα βιβλιογραφία.

Χρησιμοποιήθηκαν λέξεις στα Ελληνικά : Σκλήρυνση κατά πλάκας , βάδιση, ισορροπία, εικονική πραγματικότητα.

Στα Αγγλικά : multiple sclerosis, balance, gait, virtual reality.

Πραγματοποιήθηκε αναζήτηση στις μηχανές : pub med και google scholar.

Επίσης χρησιμοποιήθηκαν και άρθρα που έχουν δημοσιευθεί σε παγκοσμίως επιστημονικά περιοδικά.

Συμπεριλήφθηκαν έρευνες που δημοσιεύθηκαν από το 2009 μέχρι και σήμερα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: ΣΚΛΗΡΥΝΣΗ ΚΑΤΑ ΠΛΑΚΑΣ ΚΑΙ VIRTUAL REALITY

3.1. Η συμβολή της εικονικής πραγματικότητας στην αποκατάσταση σε ασθενείς με Σκλήρυνση κατά Πλάκας

Η ΣΚΠ είναι μια νευρομυϊκή νόσος που προκαλεί διάφορους βαθμούς αναπηρίας στην κινητικότητα και τις λειτουργικές δραστηριότητες των ατόμων προκαλώντας περιορισμούς στην κοινωνική και επαγγελματική τους καθημερινότητα, δημιουργώντας προχωρημένα ελλείμματα και υποβαθμίζοντας την ποιότητα ζωής τους. Τα προβλήματα στην κινητικότητα των άκρων περιορίζουν τη λειτουργική αυτονομία των ασθενών, γι' αυτό και η ανάκτηση κάποιων περιορισμένων καθημερινών δεξιοτήτων (π.χ. ντύσιμο, φαγητό, προσωπική φροντίδα) αποτελεί έναν από τους κύριους στόχους των μεθόδων αποκατάστασης στη σκλήρυνση κατά πλάκας, ενώ, επί του παρόντος, χρησιμοποιούνται κυρίως συμβατικές μέθοδοι φυσιοθεραπείας και θεραπευτικών πρακτικών, προκειμένου να μειωθεί ο πόνος, να αυξηθεί το εύρος της κίνησης και να ενισχυθεί η μυϊκή δύναμη. (Videler et al., 2009). Με την αναπτυσσόμενη τεχνολογία διάφορες εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούνται πρόσφατα σε προγράμματα αποκατάστασης. Αυτές οι εφαρμογές χρησιμοποιούνται για να παρακινήσουν τον ασθενή και να διατηρήσουν το ενδιαφέρον του, ώστε να καταβάλει μεγαλύτερη προσωπική προσπάθεια για τη βελτίωση της κατάστασής του (Matijević et al., 2013).

Η χρήση της εικονικής πραγματικότητας στη θεραπευτική προσέγγιση των ατόμων με ΣΚΠ σε επίπεδο ισορροπίας και κινητικού ελέγχου είναι ένα νέο, αναδυόμενο πεδίο. Τα τελευταία χρόνια όλο και περισσότερα στοιχεία δείχνουν τα οφέλη της αποκατάστασης μέσω της χρήσης εικονικών εργαλείων για άτομα με τέτοιου είδους νευρομυϊκές παθήσεις. Η εικονική πραγματικότητα δίνει τη δυνατότητα στα άτομα να μετακινούνται σε περιβάλλοντα που δημιουργούνται από υπολογιστή επιτρέποντας στους χρήστες να ανακτήσουν στρατηγικές κίνησης και ισορροπίας, προκειμένου να ανταποκριθούν σε καταστάσεις του πραγματικού κόσμου. Τα προγράμματα εικονικής πραγματικότητας επιτρέπουν την εκπαίδευση βάσει δραστηριοτήτων που παρέχουν στους χρήστες εξατομικευμένα, προσανατολισμένη στο στόχο και συστηματική πρακτική εξάσκηση που παρέχει άμεση ανατροφοδότηση (Bohil et al., 2009).

Οι παρεμβάσεις, λοιπόν, μέσω εικονικών περιβαλλόντων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη νευροαποκατάσταση σε ασθενείς με ΣΚΠ ενισχύοντας την

αισθητηριακή διέγερση και την ανατροφοδότηση, τη δραστηριότητα του εγκεφάλου και τη νευροπλαστικότητα, καθώς και την κινητική μάθηση. Έχει υποστηριχθεί ότι η χρήση εικονικών εργαλείων έχει μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα στους ασθενείς με κινητικά ελλείμματα, αν εφαρμοστεί εγκαίρως, ιδανικά αμέσως μετά τη διάγνωση της ασθένειας (Lozano-Quilis et al., 2014). Για τους πάσχοντες από τη νόσο η τεχνολογία της εικονικής πραγματικότητας ενισχύει την ισορροπία, τον ορθοστατικό έλεγχο και την ικανότητα βάρδισης (Kalron et al., 2016). Άλλες έρευνες αναφέρουν ότι τα ψηφιακά εργαλεία εικονικής πραγματικότητας βελτιώνουν την κινητικότητα των άκρων, ακόμα και για τα άτομα που χρησιμοποιούν αναπηρικό αμαξίδιο. Για ασθενείς με προχωρημένο στάδιο νόσου οι διεπαφές εισόδου είναι πια διαθέσιμες για αναπηρικά αμαξίδια, ώστε να είναι δυνατή η συμμετοχή τους σε θεραπευτικές παρεμβάσεις εικονικής πραγματικότητας (Mahajan et al., 2013).

Γενικά, η αποκατάσταση μέσω εικονικών προγραμμάτων σε άτομα που πάσχουν από ΣΚΠ στοχεύει στην αξιολόγηση των λειτουργικών τους ικανοτήτων, στην ενίσχυση των διαθέσιμων δεξιοτήτων, στην επανεκπαίδευση σε όσες δεξιότητες έχουν πληγεί από τις νευροεμφυλιστικές διαταραχές της ασθένειας και στην αποφυγή μοτίβων κίνησης που δυσχεραίνουν την καθημερινότητα των ασθενών. Επιδίδονται, με αυτό τον τρόπο, σε δραστηριότητες μέσα σε ένα ρεαλιστικό περιβάλλον ενισχύοντας, έτσι, την αυτοπεποίθησή τους, την απόδοσή τους, την ύπαρξη κινήτρων και τη δέσμευση για βελτίωση της κατάστασής τους (Masseti et al., 2016).

Η τεχνολογία εικονικής πραγματικότητας ενσωματώνει και προγράμματα γνωσιακής συμπεριφορικής θεραπείας και, επομένως, βελτιώνει τον τρόπο με τον οποίο το άτομο αντιλαμβάνεται τον πόνο και διαχειρίζεται τις στρατηγικές αντιμετώπισής του. Τα ερεθίσματα που παρέχουν τα ψηφιακά εργαλεία και βασίζονται σε τεχνικές εικονικής πραγματικότητας αποσπούν την προσοχή του ασθενή από τα επώδυνα σύνδρομα που συνοδεύουν την ασθένεια (Malloy & Milling, 2010). Η βελτίωση, επίσης, της συμπεριφορικής και γνωστικής λειτουργίας των ασθενών με ΣΚΠ ανακουφίζει από τα συμπτώματα της κατάθλιψης, του άγχους και του στρες που συχνά συνοδεύουν την εξέλιξη της νόσου (Price, 2020).

3.1.1. Εκπαίδευση ισορροπίας και Virtual Reality

Η ανισορροπία είναι εμφανής στα περισσότερα άτομα με ΣΚΠ μπορεί να εμφανιστεί ως το αρχικό της σύμπτωμα, ακόμη και σε εκείνους με ήπιες ενδείξεις στην κλινική εξέταση. Στις περισσότερες περιπτώσεις, καθώς η ασθένεια εξελίσσεται,

οι δυσκολίες ισορροπίας επιμένουν και γίνονται πιο έντονες, ενώ ο κακός έλεγχος της ισορροπίας αποτελεί έναν από τους κύριους παράγοντες κινδύνου για πτώσεις, αλλά δημιουργεί και στους πάσχοντες φόβο για πτώση, κάτι που δυσχεραίνει την καθημερινότητά τους (Prosperini & Castelli, 2018). Τα προγράμματα παρέμβασης που στοχεύουν στη βελτίωση του ελέγχου της ισορροπίας χρησιμοποιούν διάφορες προσεγγίσεις αποσκοπώντας στην αποκατάσταση του ορθοστατικού ελέγχου και την ανάκτηση των κινητικών δεξιοτήτων.

Σύμφωνα με τους Gunn et al., (2015) η ισορροπία μπορεί να βελτιωθεί σε ασθενείς με ΣΚΠ μέσω παρεμβάσεων άσκησης εικονικής πραγματικότητας. Ωστόσο, οι συγγραφείς σημειώνουν ότι οι διαφορές που παρατηρούνται στα διάφορα ψηφιακά εργαλεία όσον αφορά τις προτεινόμενες παρεμβάσεις, την μεθοδολογία που ακολουθείται και τα αποτελέσματα που προκύπτουν πρέπει να αντιμετωπίζονται με προσοχή. Έτσι, δεδομένων των δυσμενών συνεπειών της διαταραχής της ισορροπίας, εξακολουθούν να δικαιολογούνται πρόσθετες στρατηγικές παρέμβασης για τη μείωση αυτού του φαινομένου.

Σε κάθε περίπτωση, η προπόνηση ισορροπίας ακολουθώντας ένα σύστημα εικονικής πραγματικότητας μπορεί να παρέχει εκπαίδευση σε ένα διεγερτικό και εμπλουτιστικό περιβάλλον. Οι Kalron et al. (2016) υποστηρίζουν ότι τα προγράμματα αυτά παρέχουν εκπαίδευση βοηθώντας στην εκμάθηση νέων στρατηγικών κίνησης με τρόπους που προσομοιάζουν σε πραγματικές συνθήκες (π.χ. περπάτημα σε ανώμαλη ή ολισθηρή επιφάνεια, σε πολυσύχναστη περιοχή κ.λπ.) ενισχύοντας την αυτοπεποίθηση, τη συμμόρφωση και την ικανοποίηση των χρηστών και αυξάνοντας την μακροπρόθεσμη αποτελεσματικότητα αυτών των προγραμμάτων αποκατάστασης.

Αντίστοιχες απόψεις έχουν υποστηρίξει και οι Ortiz-Gutierrez et al. (2013) που επισημαίνουν ότι η αποκατάσταση που χρησιμοποιεί την τεχνολογία εικονικής πραγματικότητας βελτιώνει πιο αποτελεσματικά σε σχέση με τις παραδοσιακές θεραπευτικές τεχνικές τον κινητικό έλεγχο, την αίσθηση του χώρου, το συντονισμό των κινήσεων, την ισορροπία και τον ορθοστατικό έλεγχο. Οι ίδιοι υποστηρίζουν ότι αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι τεχνολογίες προσομοίωσης ενισχύουν την οπτική και αισθητηριακή διέγερση και ανατροφοδότηση σε πραγματικό χρόνο, συμβάλλουν στην έκθεση του ασθενή σε διαφορετικά περιβάλλοντα και την πρόσληψη διαφορετικών κάθε φορά ερεθισμάτων, προσφέρουν κίνητρο που ενεργοποιεί τη

διάθεση του ασθενή για συμμετοχή και περιλαμβάνουν επαναλαμβανόμενες ασκήσεις που στοχεύουν στην κάλυψη των ελλειμμάτων των πασχόντων.

3.1.2. Εκπαίδευση βάρδισης και Virtual Reality

Ο επιπολασμός των διαταραχών βάρδισης που προκύπτουν από νευρολογικές διαταραχές, αναμένεται να αυξηθεί περαιτέρω τα επόμενα χρόνια λόγω της δημογραφικής αλλαγής (Koch-Henriksen & Sørensen, 2010). Οι περισσότεροι ασθενείς με ΣΚΠ υποφέρουν από προβλήματα βάρδισης ως κύριο πρόβλημα. Η εξασθενημένη βάρδιση μπορεί να εμφανιστεί νωρίς στην πορεία της νόσου, ενώ 15 χρόνια μετά τη διάγνωση, το 40% των ασθενών χρειάζονται βοηθήματα βάρδισης. Οι διαταραχές βάρδισης μπορεί να προκύψουν από γενική μυϊκή αδυναμία, παραισθησία, προβλήματα παρεγκεφαλιδικού συντονισμού, γενική κόπωση ή διαταραχή του κεντρικού ελέγχου της βάρδισης. Τυπικές εκδηλώσεις είναι μειωμένο μήκος διασκελισμού ή ταχύτητα βάρδισης και απώλεια ελέγχου ισορροπίας (Pirker & Katzenschlager, 2017).

Οι περιορισμοί στο περπάτημα προκαλούν σοβαρούς περιορισμούς στην καθημερινή ζωή, έχουν ως αποτέλεσμα αυξημένο κίνδυνο πτώσης και μειωμένη ποιότητα ζωής για τους πάσχοντες (Gunn et al., 2013). Για να διατηρηθεί η ανεξαρτησία του ασθενούς όσο το δυνατόν περισσότερο, μια διαταραχή βάρδισης πρέπει να αντιμετωπίζεται έγκαιρα και με συνέπεια. Πέρα από τους συμβατικούς τρόπους άσκησης και εκπαίδευσης βάρδισης μπορούν να χρησιμοποιηθούν εργαλεία εικονικής πραγματικότητας για να αυξηθεί η αποτελεσματικότητα των παρεμβάσεων και το κίνητρο των ασθενών, όπως αποδεικνύεται σε αρκετές μελέτες (Masseti et al., 2016; Calabro et al., 2017; Masseti et al., 2018).

Σύμφωνα με τους Calabro et al. (2017) επιχειρήθηκε μία εκπαίδευση βάρδισης με τη βοήθεια ρομπότ με μια ημι-εμβυθιστική παρουσίαση εικονικής πραγματικότητας μέσω μιας οθόνης. Στο τέλος μιας εκπαίδευσης οκτώ εβδομάδων, καταδείχθηκε βελτίωση 20% στο βάδισμα για ασθενείς με ΣΚΠ. Αυτό που θεωρείται σημαντικό είναι ότι η εκπαίδευση με μεθόδους εικονικής πραγματικότητας είχε θετικές επιδράσεις στη στάση των ασθενών και στις στρατηγικές αντιμετώπισης της ασθένειάς τους. Στην τυχαιοποιημένη ελεγχόμενη δοκιμή σε ασθενείς με ΣΚΠ των Peguzzi et al. (2016), η οποία συγκρίνει τη συμβατική προπόνηση με τη βασισμένη σε εικονική προπόνηση σε διάδρομο, αποτυπώνεται ότι οι χωροχρονικές παράμετροι βάρδισης βελτιώνονται σημαντικά και στις δύο περιπτώσεις, με την κινητική του

αστραγάλου και του ισχίου να παρουσιάζουν μεγαλύτερη βελτίωση στην παρέμβαση της εικονικής πραγματικότητας.

3.2. Η χρήση των διαδραστικών παιχνιδιών από τους ασθενείς με Σκλήρυνση κατά Πλάκας

Τα τελευταία χρόνια καταβάλλονται όλο και περισσότερες προσπάθειες να επινοηθούν τρόποι που να βοηθούν τους ασθενείς με ΣΚΠ να ξεπεράσουν τους περιορισμούς που θέτει η νόσος στο νευρικό τους σύστημα και να βελτιώσουν την ποιότητα ζωής τους. Τα διαδραστικά παιχνίδια εικονικής πραγματικότητας χρησιμοποιούνται τελευταία ως ένα νέο είδος θεραπείας που συμβάλλει στην αποκατάσταση των ατόμων που υποφέρουν από νευρολογικές διαταραχές. Σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιείται ο όρος *exergaming* που υποδηλώνει τα βιντεοπαιχνίδια σοβαρού σκοπού που συνδυάζουν το παιχνίδι με τη σωματική άσκηση και αποσκοπούν στη βελτίωση της φυσικής κατάστασης του χρήστη. Τα συγκεκριμένα διαδραστικά παιχνίδια προϋποθέτουν τη σωματική κίνηση του χρήστη, ώστε να αποκτήσει τον έλεγχο του παιχνιδιού και να χρησιμοποιήσει φυσικούς τρόπους που θα βελτιώσουν την κινητικότητα και την ευλυγισία τους (Jonsdottir et al., 2018).

Το τελευταίο διάστημα τα διαδραστικά βιντεοπαιχνίδια όλο και περισσότερο κερδίζουν έδαφος στο πεδίο της αποκατάστασης σε παθολογικές καταστάσεις που σχετίζονται με κινητικά και γνωστικά ελλείμματα. Αποτελούν σημαντικό θεραπευτικό εργαλείο σε θέματα κίνησης, βάδισης, ισορροπίας και αποκατάστασης των δεξιοτήτων που είναι απαραίτητες για τη λειτουργική αυτοεξυπηρέτηση των ασθενών. Τα άτομα μέσα από την εξάσκηση που προσφέρουν τα βιντεοπαιχνίδια ενισχύουν τον μυϊκό τους τόνο, βελτιώνουν την κινητικότητά τους, ανακτούν τις χαμένες τους δεξιότητες και αναβαθμίζουν την ποιότητα ζωής στην καθημερινότητά τους (Forsberg et al., 2015).

Τα διαδραστικά παιχνίδια υπερτερούν σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους αποκατάστασης. Δημιουργούν ένα εικονικό περιβάλλον που προσελκύει τους χρήστες και τους παρακινεί να συμμετάσχουν ενεργά σε κατάλληλες ασκήσεις με τρόπο ασφαλή, διασκεδαστικό και αποτελεσματικό. Στηρίζονται στη συνεχή οπτική ανατροφοδότηση που απαιτεί από τους χρήστες να συντονίζουν τις κινήσεις του σώματος με τα ερεθίσματα που δέχονται βελτιώνοντας, με αυτό τον τρόπο, τις κινητικές τους δεξιότητες. Βασικό πλεονέκτημα των παιχνιδιών εικονικής

πραγματικότητας είναι ότι αποτελούν εξατομικευμένο εργαλείο, με επίπεδα δυσκολίας προσαρμοσμένα στις ανάγκες και τις δυνατότητες του εκάστοτε ασθενή. Επιπλέον, επιτρέπουν την αλληλεπίδραση μεταξύ των παικτών ενισχύοντας το κίνητρο για προσπάθεια, τη συνεργασία και το συναγωνισμό, παραμέτρους που μπορεί να λειτουργήσουν ως παρακίνηση για ενεργότερη συμμετοχή του ασθενή στις θεραπευτικές παρεμβάσεις αποκατάστασης (Schattin et al., 2021).

Μια ενδιαφέρουσα πτυχή των διαδραστικών παιχνιδιών αποκαλύφθηκε λόγω των πρωτοφανών συνθηκών που δημιούργησε η εξάπλωση της πανδημίας Covid-19, η οποία ενέσκηψε το τελευταίο διάστημα. Ο εγκλεισμός και η απομόνωση που επιβλήθηκαν ως μέτρο αναστολής της διασποράς του ιού είχαν σοβαρό αντίκτυπο στη λειτουργική ικανότητα των νευρολογικών ασθενών καθιστώντας τους πιο ευάλωτους στην ευπάθεια και την εξάρτηση. Το exergaming και τα συστήματα εικονικών περιβαλλόντων που δημιουργεί μπορούν να προωθήσουν τη σωματική δραστηριότητα των πασχόντων, να αποτρέψουν τις πτώσεις και να διατηρήσουν ενεργούς τους ασθενείς ως αντιστάθμισμα των συνεπειών του εγκλεισμού. Μετά την αξιολόγηση των τριών πιο δημοφιλών παιχνιδομηχανών (Microsoft Kinect, Nintendo Wii, PlayStation) από επαγγελματίες θεραπευτές εξήχθη το συμπέρασμα ότι τα συγκεκριμένα βιντεοπαιχνίδια παρέχουν δραστηριότητες που εκπαιδεύουν τον έλεγχο της στάσης του σώματος, της ισορροπίας και της λειτουργικότητας των άκρων και που μπορούν να αποτελούν μέρος της θεραπείας αποκατάστασης των ατόμων.

3.2.1. Microsoft Kinect

Το Kinect είναι μια σειρά συσκευών εισόδου ανίχνευσης κίνησης που δημιουργήθηκε από τη Microsoft και κυκλοφόρησε για πρώτη φορά το 2010. Η τεχνολογία του Kinect περιλαμβάνει ένα σύνολο υλικού που αποτελείται από κάμερες υψηλής ανάλυσης RGB, προβολείς υπερύθρων και ανιχνευτές που χαρτογραφούν το χώρο σε βάθος, όπως και ένα μικρόφωνο, ενώ το λογισμικό και οι δυνατότητες τεχνητής νοημοσύνης που διαθέτει επιτρέπουν στη συσκευή να εκτελέσει σε πραγματικό χρόνο αναγνώριση χειρονομιών, ομιλίας καθώς και ανίχνευση σκελετού σώματος. Αυτό επιτρέπει στο Kinect να χρησιμοποιείται ως φυσική συσκευή διεπαφής των χρηστών με ένα σύστημα υπολογιστή. Ο αισθητήρας Kinect επιτρέπει στον υπολογιστή να αντιλαμβάνεται άμεσα την τρίτη διάσταση (βάθος) των παικτών και του περιβάλλοντος, να κατανοεί, επίσης, όταν οι χρήστες μιλούν, να γνωρίζει ποιοι είναι όταν το πλησιάζουν και να μπορεί να ερμηνεύσει τις κινήσεις τους και να

τις μεταφράσει σε μια μορφή που οι προγραμματιστές μπορούν να χρησιμοποιήσουν για να δημιουργήσουν νέες εμπειρίες (Han et al., 2013).

Το Kinect δημιουργήθηκε ανταγωνιζόμενο τις δυνατότητες ανίχνευσης κίνησης του Nintendo Wii ελπίζοντας να προσελκύσει ένα μεγαλύτερο κοινό πέρα από τους παραδοσιακούς παίκτες βιντεοπαιχνιδιών στο Xbox. Κυκλοφόρησε για πρώτη φορά ως πρόσθετο για το Xbox 360 τον Νοέμβριο του 2010 και μέσα σε λίγους μήνες είχαν πουληθεί περισσότερες από 10 εκατομμύρια μονάδες, καθιστώντας το ένα από τα ταχύτερα πωληθέντα προϊόντα υλικού υπολογιστών εκείνη την εποχή (Pagliari & Pinto, 2015).

Ωστόσο, οι πρόσφατες εξελίξεις σε τρισδιάστατες κάμερες βάθους, όπως οι αισθητήρες Microsoft Kinect, έχουν δημιουργήσει αντίκτυπο, που έχει επεκταθεί πολύ πέρα από τη βιομηχανία τυχερών παιχνιδιών. Με τη μεγάλη διαθεσιμότητα και το χαμηλό κόστος, πολλοί ερευνητές και επαγγελματίες στην επιστήμη των υπολογιστών, την ηλεκτρονική μηχανική και τη ρομποτική αξιοποιούν την τεχνολογία ανίχνευσης, για να αναπτύξουν νέους, δημιουργικούς τρόπους αλληλεπίδρασης με ψηφιακά εργαλεία και να διευκολύνουν την εκτέλεση άλλων καθηκόντων, από τη βοήθεια παιδιών με αυτισμό έως τη βοήθεια γιατρών χειρουργεία (Zhang, 2012).

Στην περίπτωση των ασθενών με ΣΚΠ το σύστημα Microsoft Kinect αποδείχθηκε ότι αποτελεί ένα χαμηλού κόστους εύχρηστο εργαλείο για την παρακολούθηση της πορείας των ασθενών σε επίπεδο κινητικών ελλειμμάτων, για την αντικειμενική αξιολόγηση της σοβαρότητας των συμπτωμάτων της νόσου και για την ανταπόκριση στη θεραπεία. Οι Gholami et al. (2017) στην εργασία τους για την αξιολόγηση της βάδισης μέσω Microsoft Kinect σε ασθενείς με ΣΚΠ μελέτησαν 10 περιπτώσεις πασχόντων που χρησιμοποίησαν το συγκεκριμένο διαδραστικό πλαίσιο. Οι δείκτες βάδισης που καταγράφηκαν έδωσαν τη δυνατότητα να ποσοτικοποιηθεί το επίπεδο εξέλιξης της νόσου στους ασθενείς, ενώ οι πληροφορίες που συλλέχθηκαν και τα αντίστοιχα συμπεράσματα που εξήχθησαν παρείχαν την ευκαιρία για παρακολούθηση της κατάστασης του βαδίσματος των ασθενών εξ αποστάσεως. Αντίστοιχα, οι Souza et al. (2014) διερεύνησαν κατά πόσο η τεχνική αισθητήρα βάθους Microsoft Kinect θα βοηθούσε στην κατηγοριοποίηση των ασθενών με βάση το επίπεδο κινητικών δυσλειτουργιών. Οι ίδιοι υποστήριζαν ότι η πρόληψη της νευρολογικής επιδείνωσης είναι ο πρωταρχικός στόχος της μακροχρόνιας θεραπείας στη ΣΚΠ. Η κλινική εκτίμηση της βλάβης και της αναπηρίας είναι ο πιο σημαντικός

παράγοντας στη φροντίδα των ασθενών και στις θεραπευτικές δοκιμές. Με βάση τον αισθητήρα βάθους Kinect έχουν αναπτυχθεί αλγόριθμοι ανάλυσης εικόνας, που επιτρέπουν την επεξεργασία κίνησης χρησιμοποιώντας προηγμένες τεχνικές μηχανικής μάθησης και όρασης υπολογιστή. Οι Lozano – Quilis et al(2014) σε έρευνα που πραγματοποίησαν σε 72 ασθενείς μ, χρησιμοποίησαν το Kinect, για να καταγράψουν καθορισμένες νευρολογικές κινήσεις που αντιπροσωπεύουν τις λειτουργίες των άνω και κάτω άκρων και τη σταθερότητα του κορμού και υπήρξε η δυνατότητα για αυτόματη εξαγωγή μετρήσεων βάσει των οποίων ποσοτικοποιήθηκαν οι κινητικές τους ανωμαλίες και αξιολογήθηκε το στάδιο της νόσου με στόχο την κατάλληλη θεραπευτική παρέμβαση. Επίσης, δημιούργησαν ένα λογισμικό το RemoníEM για ασθενείς με ΣΚΠ που περιέχει τρεις βασικές δραστηριότητες – παιχνίδια.

1. Δραστηριότητα touchball: Σκοπός αυτής της δραστηριότητας είναι η βελτίωση της ισορροπίας, η σωστή μεταφορά του βάρους του ασθενή και οι κινήσεις του κορμού σε μετωπιαίο επίπεδο, στοιχείων απαραίτητων για την βάδιση.
2. Δραστηριότητα takeball: Σκοπός αυτής της δραστηριότητας είναι η βελτίωση της λειτουργικότητας του άνω άκρου και της νευρομυϊκής συναρμογής(πατέντα PNF)
3. Δραστηριότητα sterball: Σκοπός αυτής της δραστηριότητας είναι η ισορροπία σε μονοποδική στήριξη και η εκπαίδευση μεταφοράς βάρους.



Εικόνα 1. Microsoft Kinect

Πηγή: Lozano-Quilis et al. (2014)



Εικόνα 2. Microsoft Kinect

Πηγή: Lozano-Quilis et al. (2014)



Εικόνα 3. Microsoft Kinect

Πηγή: Lozano-Quilis et al. (2014)

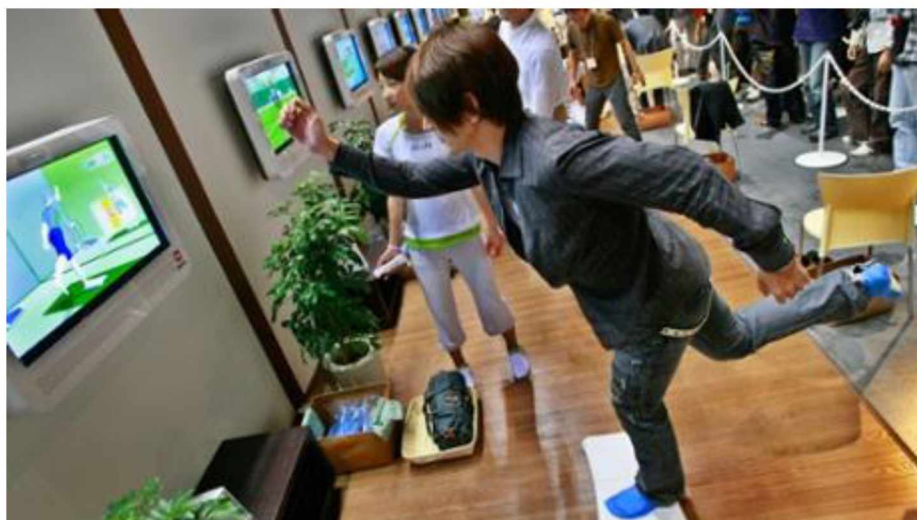
3.2.2. Nintendo Wii

Το Wii είναι μία κονσόλα βιντεοπαιχνιδιών που δημιουργήθηκε και κυκλοφόρησε από τη Nintendo. Η εμπορική της εμφάνιση έγινε στις 29 Νοεμβρίου 2006στη Βόρεια Αμερική και μέχρι το Δεκέμβριο του 2006 είχε κυκλοφορήσει στις περισσότερες χώρες. Αποτελεί κονσόλα έβδομης γενιάς μαζί με το Xbox 360 της Microsoft και το PlayStation της Sony. Ο πρόεδρος της Nintendo, Satory Iwata, κατά τη δημιουργία της κονσόλας προσπάθησε να αποφύγει τον ανταγωνισμό με τη

Microsoft και τη Sony και να στοχεύσει σε μία ευρύτερη δημογραφική ομάδα παικτών μέσω νέων παιχνιδιών. Έτσι, παρόλο που υστερεί σε τεχνικά χαρακτηριστικά σε σχέση με τις κονσόλες των άλλων εταιρειών, θεωρείται ότι υπερέχει στο θέμα του χειρισμού. Ο χειρισμός επιτυγχάνεται μέσω δύο εξαρτημάτων: το Remote, που μοιάζει με χειριστήριο και το Wii Balance Board. Τα δύο αυτά εξαρτήματα συνδέονται με καλώδιο μεταξύ τους, ενώ το Remote εμπεριέχει αισθητήρες κίνησης, οι οποίοι καταγράφουν τις κινήσεις των άκρων των παικτών, αλλά και τις αλλαγές κατεύθυνσης, ταχύτητας και επιτάχυνσης και τις μεταφέρουν στο παιχνίδι (Park & Park, 2016).

Το Nintendo Wii απαιτεί πλήρη αλληλεπίδραση του σώματος από τους παίκτες του. Με αυτό το δεδομένο, η χρήση του μπορεί να βελτιώσει την υγεία και την ευημερία των παικτών. Τα παιχνίδια Wii περιλαμβάνουν ενδιαφέρουσες δραστηριότητες για τη βελτίωση της φυσικής κατάστασης των χρηστών μέσω διατάσεων, ενδυνάμωσης των μυών, αεροβικής γυμναστικής και προπόνησης ισορροπίας (Nitz et al., 2010). Το σύστημα παρέχει συνεχώς οπτική ανατροφοδότηση και μετά την ολοκλήρωση των δραστηριοτήτων καταγράφονται δεδομένα για τη συνολική απόδοση του χρήστη (Anderson et al., 2010).

Το Wii θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως συσκευή φυσιοθεραπευτικής αποκατάστασης σε ασθενείς με κινητικά προβλήματα νευρολογικής φύσης. Διαθέτει μια περιφερειακή πλατφόρμα, το Wii Balance Board, πάνω στην οποία στέκεται ο χρήστης και η οποία έχει σχεδιαστεί για να ελέγχει το επίπεδο ορθοστατικού ελέγχου του. Το Wii Balance Board περιλαμβάνει τέσσερις αισθητήρες πίεσης που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση του κέντρου ισορροπίας και του βάρους του χρήστη αναμεταδίδοντας τις συντεταγμένες της θέσης του (Park & Lee, 2014). Η συγκεκριμένη πλατφόρμα χρησιμοποιείται και για την εφαρμογή του παιχνιδιού Wii Fit, ένα βιντεοπαιχνίδι άσκησης με πολλές δραστηριότητες, ασκήσεων μυϊκής ενδυνάμωσης, αεροβικής γυμναστικής και παιχνιδιών ισορροπίας που στοχεύουν στη βελτίωση της στάσης του σώματος. Το Wii Fit έχει λάβει γενικά θετικές κριτικές και έχει θεωρηθεί κατάλληλο για την αξιολόγηση των κινητικών δυσλειτουργιών σε κλινικά περιβάλλοντα (Park & Lee, 2014).



Εικόνα 5. Nintendo Wii

Πηγή: RSNA.org

Το Nintendo Wii Fit έχει θεωρηθεί αξιόπιστο εργαλείο για την κινητοποίηση και τη βελτίωση της σωματικής δραστηριότητας σε άτομα με ΣΚΠ. Οι Plow & Finlayson (2011) διεξήγαγαν έρευνα για τη φυσική δραστηριότητα, τις επιπτώσεις της κόπωσης και την κατάσταση υγείας σε 30 ασθενείς με ΣΚΠ που είχαν την ικανότητα να περπατούν με ή χωρίς μαστούνι. Τα δεδομένα που προέκυψαν από τη μελέτη τους έδειξαν ότι τα άτομα με ήπια συμπτώματα της νόσου μπορούσαν να χρησιμοποιούν με ασφάλεια το Wii Fit στο σπίτι τους βελτιώνοντας τη φυσική τους κατάσταση. Παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση σε προβλήματα ισορροπίας και κινητικότητας, ενώ το Wii Fit αποδείχθηκε αποτελεσματικό στη μείωση των πτώσεων. Αντίστοιχα, οι Bricchetto et al. (2013) στη μελέτη τους για τους τρόπους αποκατάστασης της ισορροπίας στους ασθενείς με ΣΚΠ διατύπωσαν την ανάγκη για βελτίωση των αισθητηριακών στρατηγικών. Αξιολογώντας την αποτελεσματικότητα των ασκήσεων οπτικής ανάδρασης μελέτησαν 36 ασθενείς που χρησιμοποίησαν πλατφόρμα Wii. Τα αποτελέσματα έδειξαν στατιστικά σημαντική βελτίωση στην κλίμακα ισορροπίας και στα επίπεδα σταθερότητας βάρδισης στους χρήστες της πλατφόρμας. Σε παρόμοια αποτελέσματα κατέληξε και η τυχαιοποιημένη ελεγχόμενη δοκιμή των Robinson et al. (2015) σε 56 ασθενείς με κλινική διάγνωση ΣΚΠ, οι οποίοι διαπίστωσαν ότι η χρήση Nintendo Wii Fit σε ασθενείς αυτής της νόσου αποτελεί μια πολλά υποσχόμενη νέα εναλλακτική λύση για αποκατάσταση, που μπορεί να είναι προτιμότερη και πιο αποτελεσματική από τους παραδοσιακούς τρόπους θεραπευτικής παρέμβασης.

3.2.3. Sony PlayStation Eyetoy/Eye

Το Eyetoy είναι μια έγχρωμη web κάμερα που κυκλοφόρησε τον Οκτώβριο του 2003 και που μπορεί να χρησιμοποιηθεί με την κονσόλα PlayStation 2. Τα υποστηριζόμενα παιχνίδια χρησιμοποιούν τις δυνατότητες μηχανικής όρασης του υπολογιστή και αναγνώρισης χειρονομιών για την επεξεργασία των εικόνων που λαμβάνονται από το Eyetoy. Αυτό επιτρέπει στους παίκτες να αλληλεπιδρούν με τα παιχνίδια χρησιμοποιώντας κίνηση, αντίχενυση χρωμάτων και ήχο μέσω του ενσωματωμένου μικροφώνου. Επτά χρόνια αργότερα από την πρώτη κυκλοφορία του PlayStation Eyetoy κυκλοφόρησε το PlayStation Move, ένα χειριστήριο που εξασφαλίζει ακόμη καλύτερη αίσθηση του χώρου και της δράσης (Marks, 2010). Το 2007 κυκλοφόρησε, επίσης, και το PlayStation Eye, που αποτελούσε μια περιφερειακή συσκευή για το PlayStation 3 έχοντας παρόμοια χαρακτηριστικά με το Eyetoy.

Παρόλο που η χρήση αυτών των συσκευών είχε σχεδιαστεί για ψυχαγωγία, η ικανότητα αλληλεπίδρασης με παιχνίδια άνοιξε το δρόμο για φυσιοθεραπευτικές παρεμβάσεις ενσωματώνοντας στα παιχνίδια τις επιθυμητές θεραπευτικές κινήσεις. Η ολοκλήρωση των παιχνιδιών ή η κατάκτηση υψηλών βαθμολογιών μπορεί να αποτελέσει σοβαρό κίνητρο, ώστε να εμπλακούν οι ασθενείς στη θεραπεία τους σε μεγαλύτερο βαθμό σε σχέση με τις συμβατικές θεραπείες (Neil et al., 2013). Οι Weiss et al. (2014) διαπιστώνουν ότι η κονσόλα Eyetoy διαθέτει αυξημένες δυνατότητες έντασης στους χειρισμούς κίνησης, οπότε και θεωρείται κατάλληλη για την αποκατάσταση νευρολογικών ελλειμμάτων. Οι Rand et al. (2008) επισημαίνουν ότι οι πλατφόρμες Eyetoy/Eye της Sony PlayStation αποτελούν μια λύση χαμηλού κόστους που προσφέρουν υψηλή αίσθηση παρουσίας, απόλαυσης, ελέγχου, επιτυχίας και αντιληπτής άσκησης. Τα χαρακτηριστικά αυτά καθιστούν λειτουργικές τις συγκεκριμένες πλατφόρμες για ασθενείς με κινητικές δυσλειτουργίες λόγω νευρολογικών διαταραχών.



Εικόνα 6. Eye toy

Πηγή: <https://www.gamespot.com/reviews/Sega-superstars-review/1900-6112263/>



Εικόνα 7. Eye toy

Πηγή: <https://www.gamespot.com/reviews/Sega-superstars-review/1900-6112263/>

3.3. Virtual Reality για ισορροπία και εκπαίδευση βάρδισης στη Σκλήρυνση κατά Πλάκας: Ερευνητικά δεδομένα

Οι διαταραχές σε θέματα ισορροπίας και βάρδισης παρατηρούνται συχνά σε άτομα με ΣΚΠ και θεωρείται ότι αποτελούν καθοριστικό σύμπτωμα αναπηρίας,

καθώς μειώνουν την κινητικότητα και την ανεξαρτησία των ασθενών και επηρεάζουν τη συνολική ποιότητα ζωής τους. Τα προβλήματα σε ισορροπία και βάδιση έχουν επίσης συσχετισθεί με αυξημένο κίνδυνο πτώσης στους πάσχοντες από το συγκεκριμένο νόσημα, γι' αυτό και καταβάλλεται προσπάθεια σχεδιασμού ειδικών προγραμμάτων αποκατάστασης των κινητικών δεξιοτήτων αυτού του πληθυσμού. Τα τελευταία χρόνια, η αποτελεσματικότητα της εικονικής πραγματικότητας ως θεραπευτικό εργαλείο αποτελεί ενδιαφέρον πεδίο έρευνας στη νευροαποκατάσταση. Η εικονική πραγματικότητα σε επίπεδο κινητικής μάθησης προσφέρει τη δυνατότητα για εξατομικευμένη και πολυαισθητηριακή εκπαίδευση ανατροφοδότησης (Casuso-Holgado et al., 2018).

Οι Casuso-Holgado et al. (2018) επισημαίνουν ότι ενώ έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές συστηματικές ανασκοπήσεις και μετα-ανάλυσεις σχετικά με τη χρήση της εικονικής πραγματικότητας για εκπαίδευση ισορροπίας και βάδισης σε ασθενείς με εγκεφαλικό επεισόδιο, πάσχοντες από τη νόσο του Πάρκινσον ή σε ηλικιωμένους ασθενείς, η κλινική αποτελεσματικότητα αυτών των εργαλείων στους πληθυσμούς με ΣΚΠ παραμένει ασαφής, επομένως απαιτούνται περισσότερες έρευνες που να εστιάζουν στο συγκεκριμένο πληθυσμό. Οι ίδιοι στη δική τους συστηματική ανασκόπηση συμπεριέλαβαν 11 μελέτες με συνολικά 466 συμμετέχοντες που διαγνώστηκαν με τη νόσο. Τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι η εκπαίδευση ισορροπίας και βάδισης μέσω εργαλείων εικονικής πραγματικότητας θα μπορούσε να θεωρηθεί εξίσου αποτελεσματική με τις συμβατικές μεθόδους θεραπευτικής παρέμβασης.

Αντίστοιχη βιβλιογραφική ανασκόπηση διεξήγαγαν και οι Masseti et al. (2016), οι οποίοι μελέτησαν 10 άρθρα που αφορούσαν την εικονική πραγματικότητα ως ένα δυνητικά χρήσιμο εργαλείο για την αξιολόγηση και την αποκατάσταση των κινητικών δυσλειτουργιών. Το συμπέρασμα στο οποίο κατέληξαν ήταν ότι τα προγράμματα εικονικής πραγματικότητας αντιπροσωπεύουν μια αποτελεσματική λύση στην κινητική αποκατάσταση για ασθενείς με σκλήρυνση κατά πλάκας. Και αυτοί, ωστόσο, επισημαίνουν ότι απαιτείται πρόσθετη έρευνα για την υποστήριξη των πρωτόκολλων αποκατάστασης με εργαλεία virtual reality και για την αύξηση της αποτελεσματικότητας των θεραπειών.

Στην τυχαιοποιημένη ελεγχόμενη δοκιμή τους οι Peguzzi et al. (2017) εξέτασαν την επίδραση μιας εκπαίδευσης βασισμένης στην εικονική πραγματικότητα στο βάδισμα των ατόμων με ΣΚΠ. Το δείγμα αποτελούνταν από 25 άτομα με ήπια

έως μέτρια αναπηρία λόγω της νόσου. Τα αποτελέσματα της έρευνάς τους έδειξαν βελτίωση στην αντοχή και την ταχύτητα της βάρδισης, στο ρυθμό και το μήκος του διασκελισμού, στο εύρος της κίνησης και τις δυνάμεις των αρθρώσεων των κάτω άκρων. Τα δεδομένα των κλινικών κινητικών δοκιμών έδειξαν βελτίωση και στο θέμα της ισορροπίας των ασθενών, οπότε και το συμπέρασμα της έρευνας ήταν πως τα προγράμματα εκπαίδευσης που ενσωματώνουν εργαλεία εικονικής πραγματικότητας οδηγούν σε βελτίωση των δεικτών βάρδισης και ισορροπίας στα άτομα με σκλήρυνση κατά πλάκας.

Οι Poggas et al. (2018) διερεύνησαν στη συστηματική τους ανασκόπηση την εφαρμογή μεθόδων εικονικής πραγματικότητας για την αποκατάσταση ισορροπίας και βάρδισης σε νευρολογικούς ασθενείς, συμπεριλαμβανομένων αυτών με ΣΚΠ. Στα 97 άρθρα που μελέτησαν η διαπίστωση ήταν ότι οι πρακτικές αποκατάστασης που στηρίζονται σε εργαλεία ψηφιακής προσομοίωσης αναπτύσσονται ραγδαία, έχουν τη δυνατότητα να βελτιώσουν την ισορροπία και τη βάρδιση σε άτομα με νευρολογικά νοσήματα και καθίστανται ακόμα πιο αποτελεσματικές, όταν συνδυάζονται με συμβατικές θεραπευτικές μεθόδους.

Τα κινητικά ελλείμματα των ασθενών με ΣΚΠ επισημαίνουν και οι Maggio et al. (2019) στην ανασκόπηση τους θεωρώντας ότι είναι από τις βασικές διαταραχές της νόσου που δυσχεραίνουν την καθημερινότητα των πασχόντων. Οι ίδιοι εξετάζοντας μελέτες που δημοσιεύτηκαν το διάστημα 2010-2017 και αφορούσαν τη συμβολή των εργαλείων εικονικής πραγματικότητας στην κινητική αποκατάσταση των ασθενών, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι μετά την εφαρμογή της συγκεκριμένης θεραπευτικής προσέγγισης οι ασθενείς παρουσίασαν σημαντική βελτίωση στις κινητικές τους δεξιότητες, ειδικά στην ισορροπία και τη βάρδιση. Τα ευρήματα της μελέτης των Maggio et al. (2019) υποδεικνύουν ότι η αποκατάσταση μέσω προηγμένων εργαλείων εικονικής πραγματικότητας θα μπορούσε να επηρεάσει θετικά την εξέλιξη της υγείας των ασθενών ενισχύοντας το κίνητρο για ενεργότερη συμμετοχή και καλύτερη ανταπόκριση στη θεραπεία.

Την αποτελεσματικότητα ενός προγράμματος εκπαίδευσης ισορροπίας βασισμένης σε δεδομένα εικονικής πραγματικότητας στην κινητική αποκατάσταση ασθενών με σκλήρυνση κατά πλάκας μελετούν στην τυχαιοποιημένη τους έρευνα οι Eftekharsadat et al. (2015). Εξετάζοντας 30 ασθενείς με υποτροπιάζουσα-διαλείπουσα ή δευτεροπαθή ΣΚΠ εφάρμοσαν ένα πρόγραμμα που αποσκοπούσε στη βελτίωση της στάσης του σώματος, την καλύτερη ισορροπία και την αποφυγή του

κινδύνου πτώσης. Τα ευρήματα της μελέτης τους έδειξαν ότι μετά από 24 συνεδρίες με προγράμματα εικονικής πραγματικότητας οι δείκτες κινδύνου πτώσης και σταθερότητας της στάσης του σώματος βελτιώθηκαν σημαντικά. Ως εκ τούτου, θεώρησαν ότι τα προγράμματα αυτά είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικά στο θέμα της ισορροπίας των ασθενών με ΣΚΠ.

Οι Winter et al. (2021) στην έρευνά τους ασχολήθηκαν με την αξιολόγηση των διαδραστικών εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας σε άτομα με σκλήρυνση κατά πλάκας, όσον αφορά τις δεξιότητες βάδισης. Οι συμμετέχοντες ήταν 14 άτομα που παρουσίαζαν νευρολογικά ελλείμματα λόγω της συγκεκριμένης νόσου, οι οποίοι ακολούθησαν προγράμματα με συσκευές εμπύθισης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι αυξήθηκε σημαντικά η ταχύτητα βάδισης των ασθενών, ενώ σημαντικό κρίθηκε το ότι οι ασθενείς θεώρησαν συναρπαστική την εμπειρία και εκδήλωσαν την επιθυμία να υποβάλλονται συχνότερα σε τέτοιου είδους εκπαιδευτικά προγράμματα. Έτσι, οι Winter et al (2021) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η ενδεδειγμένη πρακτική είναι ο συνδυασμός των συμβατικών θεραπευτικών μεθόδων με εργαλεία εικονικής πραγματικότητας, τα οποία θεωρούνται ασφαλή και ικανά να βελτιώσουν και τα κίνητρα για συμμετοχή στα θεραπευτικά προγράμματα και τα αποτελέσματα των προγραμμάτων αυτών.

Σύμφωνα με τους Gutierrez et al. (2013) η βελτίωση της ισορροπίας και του ορθοστατικού ελέγχου είναι εφικτή σε άτομα με ΣΚΠ που χρησιμοποιούν συστήματα αποκατάστασης εικονικής πραγματικότητας. Σε 50 ασθενείς δοκιμάστηκαν πρακτικές που περιλάμβαναν χρήση υπολογιστή και διαδραστικών παιχνιδιών εικονικής πραγματικότητας και οι επιδόσεις τους σε θέματα απόκρισης και ανάκτησης κινητικών δεξιοτήτων οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι τα προγράμματα αυτού του είδους μπορεί να χρησιμεύσουν ως επιτυχής θεραπευτική εναλλακτική λύση.

Σε αντίστοιχα συμπεράσματα για την αποτελεσματικότητα των συνεδριών εικονικής πραγματικότητας στη βάδιση, το συντονισμό και την ισορροπία ασθενών με σκλήρυνση κατά πλάκας κατέληξαν και οι Calabro et al. (2017). Κατέγραψαν 40 ασθενείς που υποβλήθηκαν σε 40 συνεδρίες και τα αποτελέσματα συγκλίνουν στο ότι παρατηρείται σημαντική βελτίωση στα κινητικά ελλείμματα που παρατηρούνται λόγω της νόσου. Η εξήγησή τους είναι πως τα ερεθίσματα που δέχονται οι ασθενείς στις εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας κινητοποιούν περιοχές του εγκεφάλου που εμπλέκονται στην κινητικότητα και στη μάθηση. Έτσι, τα προγράμματα

προσομοίωσης μπορεί να αποτελέσουν ένα πολύτιμο εργαλείο στην αντιμετώπιση των διαταραχών βάδισης και ισορροπίας.

Την ασφάλεια και την αποτελεσματικότητα των συστημάτων προσομοίωσης των συστημάτων εικονικής πραγματικότητας σε ασθενείς με ΣΚΠ επισημαίνουν και οι Streicher et al. (2018), οι οποίοι μελέτησαν τα ιατρικά αρχεία 62 ασθενών, που υποβλήθηκαν σε υποβοηθούμενη υποστήριξη αποκατάστασης μέσω ψηφιακών εργαλείων. Η βελτίωση που καταγράφηκε στις δεξιότητες βάδισης και ισορροπίας των ασθενών ήταν τόσο αισθητή, ώστε θεωρήθηκε καθοριστικό στοιχείο για την περαιτέρω αξιοποίηση των μεθόδων αυτών σε θέματα λειτουργικής αποκατάστασης.

Οι Kilic et al. (2017) παρουσίασαν στη μελέτη τους ένα σύστημα αποκατάστασης που βασίζεται στην τεχνολογία εικονικής πραγματικότητας για ασθενείς με ΣΚΠ. Το εικονικό περιβάλλον που δημιουργήθηκε είχε στόχο να δώσει λύση στα προβλήματα ισορροπίας και συντονισμού της κίνησης από τα οποία πάσχουν, μεταξύ άλλων, οι νοσούντες με ΣΚΠ. Η αλληλεπίδραση των ασθενών με το εικονικό περιβάλλον βοήθησε στην αντιμετώπιση των προβλημάτων. Οι Kilic et al. (2017) ανέφεραν χαρακτηριστικά ότι το συγκεκριμένο σύστημα virtual reality επρόκειτο να εφαρμοστεί σε κέντρο αποκατάστασης της Τουρκίας, προκειμένου να γίνουν σε βάθος μελέτες και ερευνητικές δοκιμασίες.

Συμπέρασμα

Το βάδισμα, ο συντονισμός κινήσεων και η ισορροπία μπορεί να επηρεαστούν σοβαρά σε ασθενείς με ΣΚΠ, με σημαντικές συνέπειες στις καθημερινές δραστηριότητές τους, την ψυχολογική κατάσταση και την ποιότητα ζωής τους. Στη ΣΚΠ προκαλείται βλάβη στους νευράξονες των κυττάρων που έχει ως αποτέλεσμα την ατελή επεξεργασία των πληροφοριών μεταξύ του εγκεφάλου και του νωτιαίου μυελού. Τα συμπτώματα αυτής της κατάστασης μπορεί να περιλαμβάνουν απώλεια όρασης, μειωμένο συντονισμό, πόνο, κόπωση και επιδείνωση της κινητικής κατάστασης (Price, 2020). Η συνεισφορά των εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας στη γνωστική και κινητική αποκατάσταση των ασθενών με ΣΚΠ είναι καθοριστική, αφού δίνεται η δυνατότητα διενέργειας πολλαπλών εργασιών σε ένα περιβάλλον προσομοίωσης που μπορεί να αναπαράγει τις απαιτήσεις ενός φυσικού περιβάλλοντος αποτελώντας ένα έγκυρο εργαλείο αποκατάστασης (Tierl et al., 2018).

Ειδικότερα, η εκπαίδευση εικονικής πραγματικότητας έχει χρησιμοποιηθεί προς το παρόν ευρέως στη θεραπεία αποκατάστασης για δυσλειτουργία ισορροπίας. Πληθώρα μελετών επισημαίνουν ότι η εκπαίδευση εικονικής πραγματικότητας μπορεί να βελτιώσει τη δυσλειτουργία ισορροπίας σε ασθενείς με νευρολογικές παθήσεις, όπως η σκλήρυνση κατά πλάκας. Τα ψηφιακά εργαλεία ενεργοποιούν τις προμετωπιαίες, βρεγματικές περιοχές του φλοιού και άλλα κινητικά δίκτυα του εγκεφάλου. Βελτιώνεται, με αυτό τον τρόπο η ικανότητα προσανατολισμού των ασθενών στο χώρο, διευκολύνοντας έτσι τον φλοιό να ελέγχει την ισορροπία και να αυξάνει τη λειτουργία της κίνησης (Mao et al., 2014).

Από την άλλη, η εικονική πραγματικότητα μελετάται ολοένα και περισσότερο και στην αποκατάσταση της λειτουργίας βάδισης. Τα αποκλειστικά συστήματα εικονικής πραγματικότητας με τεχνολογία καταγραφής κίνησης παρέχουν ρεαλιστικά περιβάλλοντα στα οποία οι άνθρωποι μπορούν να έχουν αλληλεπίδραση σε πραγματικό χρόνο με αντικείμενα και συμβάντα. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα της εκπαίδευσης με εικονική πραγματικότητα είναι η δημιουργία ενός ασφαλούς περιβάλλοντος στο οποίο οι ασθενείς πρέπει να προσαρμόσουν τις βαδιστικές τους δεξιότητες σε απροσδόκητες καταστάσεις (π.χ. εμπόδια και διαταραχές). Η εκπαίδευση μπορεί εύκολα να προσαρμοστεί στις ικανότητες του εκάστοτε ασθενούς και η παροχή ανατροφοδότησης σε πραγματικό χρόνο πιστεύεται ότι συμβάλλει στην κινητική ανάκαμψη και ενισχύει το κίνητρο για προσπάθεια (De Rooij et al., 2021).

Μέσα από τις ερευνητικές μελέτες και τις πειραματικές δοκιμές που εξετάστηκαν στην παρούσα εργασία αναδείχθηκε ότι το εικονικό περιβάλλον μπορεί να αποτελέσει αποτελεσματικό εργαλείο, για να προωθήσει ένα επιθυμητό κινητικό αποτέλεσμα, έτσι ώστε να ενθαρρυνθεί η εμπλοκή των ασθενών στη θεραπεία τους και να διευκολυνθεί η διαδικασία του ενεργού κινητικού ελέγχου ακόμη και αν το περιβάλλον αποκλίνει από τη φυσική πραγματικότητα. Τα αποτελέσματα από τις μελέτες που παρουσιάζονται εδώ καταδεικνύουν σαφώς ότι μία από τις κύριες συνεισφορές της εικονικής πραγματικότητας στις παρεμβάσεις φυσικής αποκατάστασης είναι η ικανότητα συμμετοχής ολόκληρου του ατόμου στις διαδικασίες της κινητικής μάθησης και ελέγχου (Adamovich et al., 2009). Τα κύρια πλεονεκτήματα της χρήσης του εικονικού περιβάλλον για αποκατάσταση είναι ότι ενθαρρύνει την κινητική μάθηση μέσω εξάσκησης και επανάληψης χωρίς να προκαλεί την πλήξη που προκύπτει συχνά κατά τη διάρκεια συμβατικών προγραμμάτων άσκησης. Με αυτήν την τεχνολογία, μπορούν να σχεδιαστούν παρεμβάσεις για την αντιμετώπιση των ιδιαίτερων αναγκών κάθε ατόμου, η δραστηριότητα μπορεί να προκληθεί μέσω παρατήρησης και η ένταση της πρακτικής μπορεί να τροποποιηθεί ανταποκρινόμενη στις ατομικές ανάγκες. Αλλά, για να επιτευχθεί οποιοσδήποτε από αυτούς τους στόχους, είναι απαραίτητο οι κλινικοί ιατροί να κατανοήσουν πώς και γιατί επιλέγουν το εικονικό περιβάλλον για να επιτύχουν τους θεραπευτικούς τους στόχους και πώς να προσαρμόσουν βέλτιστα τις θεραπείες για το επιθυμητό αποτέλεσμα (Keshner & Lamontagne, 2021).

Η ΣΚΠ αποτελεί μία από τις πιο κοινές νευρολογικές διαταραχές και προσβάλλει κυρίως νέους ανθρώπους. Οι επιπτώσεις της επηρεάζουν ένα ευρύ φάσμα λειτουργιών του ανθρώπινου οργανισμού δυσχεραίνοντας την καθημερινότητα των ατόμων και υποβαθμίζοντας την ποιότητα ζωής τους. Τα κινητικά ελλείμματα συνιστούν μία από τις βασικές διαταραχές της νόσου, με τους ειδικούς να αναζητούν τρόπους για την μέγιστη δυνατή αποκατάστασή τους. Η εξέλιξη της τεχνολογίας έχει δημιουργήσει πρόσθετα μονοπάτια για την εκπαίδευση και την τροποποίηση της στάσης και της κινητικής συμπεριφοράς σε ένα πολυτροπικό εικονικό περιβάλλον που διευκολύνει την ανάκτηση του ελέγχου των νευροφυσιολογικών και μυοσκελετικών μηχανισμών που διέπουν τη λειτουργική κινητική συμπεριφορά.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνόγλωσση

1. Βοζίκης, Α, & Σωτηροπούλου, Ε. (2012). Πολλαπλή σκλήρυνση κατά πλάκας στην Ελλάδα. *Αρχεία Ελληνικής Ιατρικής*, 29(4), 448-453.
2. Γαβαλάς, Δ., Κασαπάκης, Β., Χατζηδημήτρης, Θ. (2015). *Κινητές τεχνολογίες: Κινητός ιστός - κινητές εφαρμογές στην πλατφόρμα Android - επαυξημένη πραγματικότητα*. Αθήνα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.
3. Τριάντης, Χ., Χατζημιχαήλ, Κ., Θεοδόσης-Νόμπελος, Π., & Ασημακοπούλου, Ε. (2020). Νεότερες φαρμακευτικές προσεγγίσεις στη θεραπεία της σκλήρυνσης κατά πλάκας. *Αρχεία Ελληνικής Ιατρικής*, 37(5), 602-611.

Ξενόγλωσση

1. Adamovich, S. V., Fluet, G. G., Tunik, E., & Merians, A. S. (2009). Sensorimotor training in virtual reality: a review. *NeuroRehabilitation*, 25(1), 29–44.
2. Ambrosio, A. P., & Fidalgo, M. I. R. (2020). Past, present and future of Virtual Reality: Analysis of its technological variables and definitions. *Culture & History Digital Journal*, 9(1), 010.
3. Amin, D., & Govilkar, S. (2015). Comparative study of augmented reality SDKs. *International Journal on Computational Science & Applications*, 5(1), 11-26.
4. Amorini, A. M., Petzold, A., Tavazzi, B., Eikelenboom, J., Keir, G., Belli, A., ... & Lazzarino, G. (2009). Increase of uric acid and purine compounds in biological fluids of multiple sclerosis patients. *Clinical biochemistry*, 42(10-11), 1001-1006.
5. An, C. M., & Kim, D. H. (2019). Clinical application of AR system in early rehabilitation program after stroke: 2 Case study. *The Journal of Korean Physical Therapy*, 31(3), 141-146.
6. Anderson, F., Annett, M., & Bischof, W. F. (2010). Lean on Wii: physical rehabilitation with virtual reality Wii peripherals. *Stud Health Technol Inform*, 154(154), 229-34.
7. Ansari, N. N., Tarameshlu, M., & Ghelichi, L. (2020). Dysphagia in Multiple Sclerosis Patients: Diagnostic and Evaluation Strategies. *Degenerative neurological and neuromuscular disease*, 10, 15–28.

8. Aran, O. T., Şahin, S., Torpil, B., Demirok, T., & Kayihan, H. L. (2017). Virtual reality and occupational therapy. *Occupational Therapy-Occupation Focused Holistic Practice in Rehabilitation*, 2017181.
9. Ascherio, A., & Munger, K. L. (2007). Environmental risk factors for multiple sclerosis. Part I: the role of infection. *Annals of neurology*, 61(4), 288-299.
10. Ascherio, A., Munger, K. L., & Simon, K. C. (2010). Vitamin D and multiple sclerosis. *The Lancet Neurology*, 9(6), 599–612.
11. Baños, R. M., Botella, C., Rubió, I., Quero, S., García-Palacios, A., & Alcañiz, M. (2008). Presence and emotions in virtual environments: The influence of stereoscopy. *CyberPsychology & Behavior*, 11(1), 1-8.
12. Barnes, D., Chacoff, J. G., Benegas, M., Perea, R. J., de Caralt, T. M., Ramirez, J., ... & Sanchez, M. (2017). Central airway pathology: clinic features, CT findings with pathologic and virtual endoscopy correlation. *Insights into imaging*, 8(2), 255-270.
13. Basu, A. (2019). A brief chronology of Virtual Reality. *arXiv preprint arXiv:1911.09605*.
14. Bensmail, D., & Vermersch, P. (2012). Epidemiology and clinical assessment of spasticity in multiple sclerosis. *Revue neurologique*, 168 Suppl 3, S45–S50.
15. Bermel, R. A., & Balcer, L. J. (2013). Optic neuritis and the evaluation of visual impairment in multiple sclerosis. *CONTINUUM: Lifelong Learning in Neurology*, 19(4), 1074-1086.
16. Boeldt, D., McMahon, E., McFaul, M., & Greenleaf, W. (2019). Using Virtual Reality Exposure Therapy to Enhance Treatment of Anxiety Disorders: Identifying Areas of Clinical Adoption and Potential Obstacles. *Frontiers in psychiatry*, 10, 773.
17. Bohil, C., Owen, C.B., Jeong, E.J. Alicea, B. (2009). Virtual reality and Presence. In: Eadie, W.F. (edit.). *21st Century Communication: a reference handbook*, 59, p. 22. Sage.
18. Braley, T. J., & Chervin, R. D. (2010). Fatigue in multiple sclerosis: mechanisms, evaluation, and treatment. *Sleep*, 33(8), 1061-1067.
19. Brandmeir, N. J., Murray, A., Cheyuo, C., Ferari, C., & Rezai, A. R. (2020). Deep Brain Stimulation for Multiple Sclerosis Tremor: A Meta-Analysis. *Neuromodulation: Technology at the Neural Interface*, 23(4), 463-468.

20. Bricchetto, G., Spallarossa, P., de Carvalho, M. L., & Battaglia, M. A. (2013). The effect of Nintendo® Wii® on balance in people with multiple sclerosis: a pilot randomized control study. *Multiple sclerosis (Houndmills, Basingstoke, England)*, *19*(9), 1219–1221.
21. Briones-Buixassa, L., Milà, R., Arrufat, F. X., Aragonès, J. M., Bufill, E., Luminet, O., & Moss-Morris, R. (2019). A case-control study of psychosocial factors and their relationship to impairment and functionality in multiple sclerosis. *Journal of health psychology*, *24*(8), 1023–1032.
22. Calabrò, R. S., Russo, M., Naro, A., De Luca, R., Leo, A., Tomasello, P., ... & Bramanti, P. (2017). Robotic gait training in multiple sclerosis rehabilitation: Can virtual reality make the difference? Findings from a randomized controlled trial. *Journal of the neurological sciences*, *377*, 25-30.
23. Carmigniani, J., Furht, B., Anisetti, M., Ceravolo, P., Damiani, E., & Ivkovic, M. (2011). Augmented reality technologies, systems and applications. *Multimedia tools and applications*, *51*(1), 341-377.
24. Casuso-Holgado, M. J., Martín-Valero, R., Carazo, A. F., Medrano-Sánchez, E. M., Cortés-Vega, M. D., & Montero-Bancalero, F. J. (2018). Effectiveness of virtual reality training for balance and gait rehabilitation in people with multiple sclerosis: a systematic review and meta-analysis. *Clinical rehabilitation*, *32*(9), 1220-1234.
25. Choi, P. J., Oskouian, R. J., & Tubbs, R. S. (2018). Telesurgery: Past, Present, and Future. *Cureus*, *10*(5), e2716.
26. Cipresso, P., Giglioli, I., Raya, M. A., & Riva, G. (2018). The Past, Present, and Future of Virtual and Augmented Reality Research: A Network and Cluster Analysis of the Literature. *Frontiers in psychology*, *9*, 2086.
27. Corregidor-Sánchez, A. I., Polonio-López, B., Martin-Conty, J. L., Rodríguez-Hernández, M., Mordillo-Mateos, L., Schez-Sobrino, S., & Criado-Álvarez, J. J. (2021). Exergames to Prevent the Secondary Functional Deterioration of Older Adults during Hospitalization and Isolation Periods during the COVID-19 Pandemic. *Sustainability*, *13*(14), 7932.
28. Costa, S. L., Genova, H. M., DeLuca, J., & Chiaravalloti, N. D. (2017). Information processing speed in multiple sclerosis: Past, present, and future. *Multiple sclerosis (Houndmills, Basingstoke, England)*, *23*(6), 772–789.

29. Costello, F. (2016). Vision disturbances in multiple sclerosis. *Seminars in neurology*, 36(2), 185-195.
30. Coverdale, J. H., & McCullough, L. B. (2015). Professionalism in medicine as a transnational and transcultural ethical concept. In *Professionalism and Ethics in Medicine* (pp. 71-82). Springer, New York, NY.
31. Cruz-Neira, C. (1993). Virtual reality overview. In *SIGGRAPH 93 Course Notes 21st International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques, Orange County Convention Center, Orlando, FL*.
32. De Rooij, I. J., Van De Port, I. G., & Meijer, J. W. G. (2016). Effect of virtual reality training on balance and gait ability in patients with stroke: systematic review and meta-analysis. *Physical therapy*, 96(12), 1905-1918.
33. De Rooij, I., van de Port, I., Punt, M., Abbink-van Moorsel, P., Kortsmits, M., van Eijk, R., Visser-Meily, J., & Meijer, J. G. (2021). Effect of Virtual Reality Gait Training on Participation in Survivors of Subacute Stroke: A Randomized Controlled Trial. *Physical therapy*, 101(5), pzab051.
34. Dipietro, L., Sabatini, A. M., & Dario, P. (2008). A survey of glove-based systems and their applications. *Ieee transactions on systems, man, and cybernetics, part c (applications and reviews)*, 38(4), 461-482.
35. Dobson, R., & Giovannoni, G. (2019). Multiple sclerosis—a review. *European Journal of neurology*, 26(1), 27-40.
36. Donati, D. (2020). Viral infections and multiple sclerosis. *Drug Discovery Today: Disease Models*, 32, 27-33.
37. Doshi, A., & Chataway, J. (2016). Multiple sclerosis, a treatable disease. *Clinical medicine (London, England)*, 16(Suppl 6), s53–s59.
38. Duncan, A., Malcolm-Smith, S., Ameen, O., & Solms, M. (2016). The Incidence of Euphoria in Multiple Sclerosis: Artefact of Measure. *Multiple sclerosis international*, 2016, 5738425.
39. Dupzyk, K. (2016). I Saw the Future Through Microsoft's Hololens. *Popular Mechanics*. Available at: <https://www.popularmechanics.com/technology/a22384/hololens-ar-breakthrough-awards/> (Assessed 10/9/2021)
40. Eftekharsadat, B., Babaei-Ghazani, A., Mohammadzadeh, M., Talebi, M., Eslamian, F., & Azari, E. (2015). Effect of virtual reality-based balance training in multiple sclerosis. *Neurological research*, 37(6), 539-544.

41. Ellis, S. R. (1993). *Pictorial Communication: Pictures and the Synthetic Universe, Pictorial Communication in Virtual and Real Environments, 2nd ed.* London: Taylor & Francis.
42. Feenaughty, L., Tjaden, K., Benedict, R. H., & Weinstock-Guttman, B. (2013). Speech and pause characteristics in multiple sclerosis: a preliminary study of speakers with high and low neuropsychological test performance. *Clinical linguistics & phonetics*, 27(2), 134–151.
43. Forsberg, A., Nilsagård, Y., & Boström, K. (2015). Perceptions of using videogames in rehabilitation: a dual perspective of people with multiple sclerosis and physiotherapists. *Disability and rehabilitation*, 37(4), 338-344.
44. Freiha, J., Riachi, N., Chalah, M. A., Zoghaib, R., Ayache, S. S., & Ahdab, R. (2020). Paroxysmal Symptoms in Multiple Sclerosis—A Review of the Literature. *Journal of Clinical Medicine*, 9(10), 3100.
45. Fuchs H., Bishop G. (1992). *Research Directions in Virtual Environments*. Chapel Hill, NC: University of North Carolina at Chapel Hill.
46. Garg, H., Bush, S., & Gappmaier, E. (2016). Associations Between Fatigue and Disability, Functional Mobility, Depression, and Quality of Life in People with Multiple Sclerosis. *International journal of MS care*, 18(2), 71–77.
47. Ghezzi, A., Carone, R., Del Popolo, G., Amato, M. P., Bertolotto, A., Comola, M., Del Carro, U., Di Benedetto, P., Giannantoni, A., Lopes de Carvalho, M. L., Montanari, E., Patti, F., Protti, A., Rasia, S., Salonia, A., Scandellari, C., Sperli, F., Spinelli, M., Solaro, C., Ocelli, A., ... Multiple Sclerosis Study Group, Italian Society of Neurology (2011). Recommendations for the management of urinary disorders in multiple sclerosis: a consensus of the Italian Multiple Sclerosis Study Group. *Neurological sciences : official journal of the Italian Neurological Society and of the Italian Society of Clinical Neurophysiology*, 32(6), 1223–1231.
48. Gholami, F., Trojan, D. A., Kövecses, J., Haddad, W. M., & Gholami, B. (2016). A microsoft kinect-based point-of-care gait assessment framework for multiple sclerosis patients. *IEEE journal of biomedical and health informatics*, 21(5), 1376-1385.
49. Giesser, B. S. (Ed.). (2016). *Primer on multiple sclerosis*. Oxford University Press.
50. Gigante, M. A. (1993). Virtual reality: definitions, history and applications. In *Virtual reality systems* (pp. 3-14). Academic Press.

51. Goldenberg M. M. (2012). Multiple sclerosis review. *P & T: a peer-reviewed journal for formulary management*, 37(3), 175–184.
52. Graves, J., & Balcer, L. J. (2010). Eye disorders in patients with multiple sclerosis: natural history and management. *Clinical ophthalmology (Auckland, N.Z.)*, 4, 1409–1422.
53. Grau, O. (2003). *Virtual Art: from illusion to immersion*. MIT press.
54. Guimarães, J., & Sá, M. J. (2012). Cognitive dysfunction in multiple sclerosis. *Frontiers in Neurology*, 3, 74.
55. Gunn, H. J., Newell, P., Haas, B., Marsden, J. F., & Freeman, J. A. (2013). Identification of risk factors for falls in multiple sclerosis: a systematic review and meta-analysis. *Phys Ther*, 93(4), 504-13.
56. Gunn, H., Markevics, S., Haas, B., Marsden, J., & Freeman, J. (2015). Systematic review: the effectiveness of interventions to reduce falls and improve balance in adults with multiple sclerosis. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 96(10), 1898-1912.
57. Gutiérrez, R. O., Galán Del Río, F., Cano de la Cuerda, R., Alguacil Diego, I. M., González, R. A., & Page, J. C. (2013). A telerehabilitation program by virtual reality-video games improves balance and postural control in multiple sclerosis patients. *NeuroRehabilitation*, 33(4), 545–554.
58. Han, J., Shao, L., Xu, D., & Shotton, J. (2013). Enhanced computer vision with microsoft kinect sensor: A review. *IEEE transactions on cybernetics*, 43(5), 1318-1334.
59. Hartoonian, N., Terrill, A. L., Beier, M. L., Turner, A. P., Day, M. A., & Alschuler, K. N. (2015). Predictors of anxiety in multiple sclerosis. *Rehabilitation psychology*, 60(1), 91–98.
60. Heldner, M. R., Kaufmann-Ezra, S., Gutbrod, K., Bernasconi, C., Bigi, S., Blatter, V., ... & Kamm, C. P. (2017). Behavioral changes in Patients with Multiple sclerosis. *Frontiers in neurology*, 8, 437.
61. Huang, W. J., Chen, W. W., & Zhang, X. (2017). Multiple sclerosis: Pathology, diagnosis and treatments. *Experimental and therapeutic medicine*, 13(6), 3163–3166.
62. Induruwa, I., Constantinescu, C. S., & Gran, B. (2012). Fatigue in multiple sclerosis - a brief review. *Journal of the neurological sciences*, 323(1-2), 9–15.

63. Jadhav, S., Kannanda, V., Kang, B., Tolley, M. T., & Schulze, J. P. (2017). Soft robotic glove for kinesthetic haptic feedback in virtual reality environments. *Electronic Imaging*, 2017(3), 19-24.
64. Javaid, M., & Haleem, A. (2020). Virtual reality applications toward medical field. *Clinical Epidemiology and Global Health*, 8(2), 600-605.
65. Jerdan, S. W., Grindle, M., van Woerden, H. C., & Boulos, M. N. K. (2018). Head-mounted virtual reality and mental health: critical review of current research. *JMIR serious games*, 6(3), e9226.
66. Jonsdottir, J., Bertoni, R., Lawo, M., Montesano, A., Bowman, T., & Gabrielli, S. (2018). Serious games for arm rehabilitation of persons with multiple sclerosis. A randomized controlled pilot study. *Multiple sclerosis and related disorders*, 19, 25-29.
67. Kalron, A., Fonkatz, I., Frid, L., Baransi, H., & Achiron, A. (2016). The effect of balance training on postural control in people with multiple sclerosis using the CAREN virtual reality system: a pilot randomized controlled trial. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 13, 13.
68. Kamphuis, C., Barsom, E., Schijven, M., & Christoph, N. (2014). Augmented reality in medical education? *Perspectives on medical education*, 3(4), 300-311.
69. Keshner, E. A., & Lamontagne, A. (2021). The Untapped Potential of Virtual Reality in Rehabilitation of Balance and Gait in Neurological Disorders. *Frontiers in virtual reality*, 2, 6.
70. Khan, F., Amatya, B., & Galea, M. (2014). Management of fatigue in persons with multiple sclerosis. *Frontiers in Neurology*, 5, 177.
71. Khor, W. S., Baker, B., Amin, K., Chan, A., Patel, K., & Wong, J. (2016). Augmented and virtual reality in surgery-the digital surgical environment: applications, limitations and legal pitfalls. *Annals of translational medicine*, 4(23), 454.
72. Kılıc, M. M., Muratlı, O. C., & Catal, C. (2017). Virtual reality-based rehabilitation system for Parkinson and multiple sclerosis patients. In *2017 International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK)* (pp. 328-331). IEEE.

73. Koch-Henriksen, N., & Sørensen, P. S. (2010). The changing demographic pattern of multiple sclerosis epidemiology. *The Lancet Neurology*, 9(5), 520-532.
74. Kosif, R. (2019). Jean Cruveilhier and His Explorations. *World Journal of Research and Review*, 8(4), 29-31.
75. Koutsouraki, E., Costa, V., & Baloyannis, S. (2010). Epidemiology of multiple sclerosis in Europe: a review. *International review of psychiatry*, 22(1), 2-13.
76. Krueger, M. W., Gionfriddo, T., & Hinrichsen, K. (1985). VIDEOPLACE - an artificial reality. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (pp. 35-40).
77. Kumar, D. R., Aslinia, F., Yale, S. H., & Mazza, J. J. (2011). Jean-Martin Charcot: the father of neurology. *Clinical medicine & research*, 9(1), 46–49.
78. Landtblom, A. M., Fazio, P., Fredrikson, S., & Granieri, E. (2010). The first case history of multiple sclerosis: Augustus d'Esté (1794–1848). *Neurological sciences*, 31(1), 29-33.
79. Langdon, D. W. (2011). Cognition in multiple sclerosis. *Current opinion in neurology*, 24(3), 244-249.
80. Levac, D. E., Glegg, S. M., Sveistrup, H., Colquhoun, H., Miller, P., Finestone, H., ... & Velikonja, D. (2016). Promoting therapists' use of motor learning strategies within virtual reality-based stroke rehabilitation. *PloS one*, 11(12), e0168311.
81. Levinthal, D. J., Rahman, A., Nusrat, S., O'Leary, M., Heyman, R., & Bielefeldt, K. (2013). Adding to the burden: gastrointestinal symptoms and syndromes in multiple sclerosis. *Multiple sclerosis international*, 2013, 319201.
82. Li, A., Montañó, Z., Chen, V. J., & Gold, J. I. (2011). Virtual reality and pain management: current trends and future directions. *Pain management*, 1(2), 147–157.
83. Liu, J., Luo, Y., & Ju, Z. (2016). An Interactive Astronaut-Robot System with Gesture Control. *Computational intelligence and neuroscience*, 2016, 7845102.
84. Louie, A.K., Coverdale, J.H., Balon, R. *et al.* (2018). Enhancing Empathy: a Role for Virtual Reality? *Acad Psychiatry*, 42, 747–752.
85. Lozano-Quilis, J. A., Gil-Gómez, H., Gil-Gómez, J. A., Albiol-Pérez, S., Palacios-Navarro, G., Fardoun, H. M., & Mashat, A. S. (2014). Virtual

rehabilitation for multiple sclerosis using a kinect-based system: randomized controlled trial. *JMIR serious games*, 2(2), e2933.

86. Madison, D. (2028). The future of augmented reality in healthcare. *Health Management*, 18(1).

87. Maggio, M. G., Russo, M., Cuzzola, M. F., Destro, M., La Rosa, G., Molonia, F., ... & Calabrò, R. S. (2019). Virtual reality in multiple sclerosis rehabilitation: A review on cognitive and motor outcomes. *Journal of Clinical Neuroscience*, 65, 106-111.

88. Mahajan, H. P., Dicianno, B. E., Cooper, R. A., & Ding, D. (2013). Assessment of wheelchair driving performance in a virtual reality-based simulator. *The journal of spinal cord medicine*, 36(4), 322–332.

89. Malloy, K. M., & Milling, L. S. (2010). The effectiveness of virtual reality distraction for pain reduction: a systematic review. *Clinical psychology review*, 30(8), 1011–1018.

90. Mao, Y., Chen, P., Li, L., & Huang, D. (2014). Virtual reality training improves balance function. *Neural regeneration research*, 9(17), 1628–1634.

91. Marai, G. E., Leigh, J., & Johnson, A. (2019). Immersive Analytics Lessons From the Electronic Visualization Laboratory: A 25-Year Perspective. *IEEE computer graphics and applications*, 39(3), 54–66.

92. Marks, R. (2010). *EyeToy, Innovation and Beyond*. Available at: <https://blog.playstation.com/2010/11/03/eyetoy-innovation-and-beyond/> (Assessed 10/9/2021)

93. Marrodan, M., Alessandro, L., Farez, M. F., & Correale, J. (2019). The role of infections in multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis Journal*, 25(7), 891-901.

94. Massetti, T., Trevizan, I. L., Arab, C., Favero, F. M., Ribeiro-Papa, D. C., & de Mello Monteiro, C. B. (2016). Virtual reality in multiple sclerosis—a systematic review. *Multiple sclerosis and related disorders*, 8, 107-112.

95. 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.

96. Matijević, V., Secić, A., Masić, V., Sunić, M., Kolak, Z., & Znika, M. (2013). Virtual reality in rehabilitation and therapy. *Acta clinica Croatica*, 52(4), 453–457.

97. McKay, K. A., Tremlett, H., Fisk, J. D., Zhang, T., Patten, S. B., Kastrukoff, L., Campbell, T., Marrie, R. A., & CIHR Team in the Epidemiology and Impact of Comorbidity on Multiple Sclerosis (2018). Psychiatric comorbidity is associated with disability progression in multiple sclerosis. *Neurology*, *90*(15), e1316–e1323.
98. Merienne, F. (2017). *Virtual Reality: Principles and Applications*. Encyclopedia of Computer Science and Technology, Taylor and Francis, pp.1-11.
99. Milewska, M., Grabarczyk, K., Dąbrowska-Bender, M., Jamróz, B., Dziewulska, D., Staniszevska, A., ... & Szostak-Węgierek, D. (2020). The prevalence and types of oral-and pharyngeal-stage dysphagia in patients with demyelinating diseases based on subjective assessment by the study subjects. *Multiple sclerosis and related disorders*, *37*, 101484.
100. Mohamadirizi, S., Shaygannejad, V., Mohamadirizi, S., & Mohamadirizi, M. (2016). Eating Disorders in a Multiple Sclerosis Clinical Population and its Association with Social Anxiety. *J Mult Scler*, *3*(183), 2376-0389.
101. Mubin, O., Alnajjar, F., Jishtu, N., Alsinglawi, B., & Al Mahmud, A. (2019). Exoskeletons with virtual reality, augmented reality, and gamification for stroke patients' rehabilitation: systematic review. *JMIR rehabilitation and assistive technologies*, *6*(2), e12010.
102. Murray T. J. (2009). Robert Carswell: the first illustrator of MS. *International MS journal*, *16*(3), 98–101.
103. Neil, A., Ens, S., Pelletier, R., Jarus, T., & Rand, D. (2013). Sony PlayStation EyeToy elicits higher levels of movement than the Nintendo Wii: implications for stroke rehabilitation. *European journal of physical and rehabilitation medicine*, *49*(1), 13–21.
104. Nitz, J. C., Kuys, S., Isles, R., & Fu, S. (2010). Is the Wii Fit™ a new-generation tool for improving balance, health and well-being? A pilot study. *Climacteric*, *13*(5), 487-491.
105. O'Gorman, C., Lucas, R., & Taylor, B. (2012). Environmental risk factors for multiple sclerosis: a review with a focus on molecular mechanisms. *International journal of molecular sciences*, *13*(9), 11718–11752.
106. Ortiz Gutierrez, R., Galan del Rio, F., Cano de la Cuerda, R., Alguacil-Diego, I. M., Arroyo González, R., & Miangolarra Page, J. C. (2013). A

telerehabilitation program by virtual reality-video games improves balance and postural control in multiple sclerosis patients. *NeuroRehabilitation*, 33(4), 545-554.

107. Pagliari, D., & Pinto, L. (2015). Calibration of kinect for xbox one and comparison between the two generations of microsoft sensors. *Sensors*, 15(11), 27569-27589.

108. Pantelidis, P., Chorti, A., Papagiouvanni, I., Paparoidamis, G., Drosos, C., Panagiotakopoulos, T., ... & Sideris, M. (2018). Virtual and augmented reality in medical education. *Medical and surgical education-past, present and future*, 77-97.

109. Park, D. S., & Lee, G. (2014). Validity and reliability of balance assessment software using the Nintendo Wii balance board: usability and validation. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 11(1), 1-8.

110. Park, J. H., & Park, J. H. (2016). The effects of game-based virtual reality movement therapy plus mental practice on upper extremity function in chronic stroke patients with hemiparesis: a randomized controlled trial. *Journal of physical therapy science*, 28(3), 811-815.

111. Pears, N., & Liu, Y. (2012). *3D imaging, analysis and applications* (Vol. 3). P. Bunting (Ed.). London: Springer.

112. Peng, Q. C., Yin, L., & Cao, Y. (2021). Effectiveness of Virtual Reality in the Rehabilitation of Motor Function of Patients With Subacute Stroke: A Meta-Analysis. *Frontiers in neurology*, 12, 639535.

113. Penn, R. A., & Hout, M. C. (2018). Making reality virtual: How VR “Tricks” your brain. *Frontiers for Young Minds*, 6(62).

114. Peruzzi, A., Cereatti, A., Della Croce, U., & Mirelman, A. (2016). Effects of a virtual reality and treadmill training on gait of subjects with multiple sclerosis: a pilot study. *Multiple sclerosis and related disorders*, 5, 91-96.

115. Peruzzi, A., Zarbo, I. R., Cereatti, A., Della Croce, U., & Mirelman, A. (2017). An innovative training program based on virtual reality and treadmill: effects on gait of persons with multiple sclerosis. *Disability and rehabilitation*, 39(15), 1557–1563.

116. Pierrot-Deseilligny, C., & Souberbielle, J. C. (2017). Vitamin D and multiple sclerosis: An update. *Multiple sclerosis and related disorders*, 14, 35–45.

117. Pirker, W., & Katzenschlager, R. (2017). Gait disorders in adults and the elderly : A clinical guide. *Wiener klinische Wochenschrift*, 129(3-4), 81–95.

118. Plow, M., & Finlayson, M. (2011). Potential benefits of Nintendo Wii Fit among people with multiple sclerosis: a longitudinal pilot study. *International journal of MS care*, 13(1), 21–30.
119. Porras, D. C., Siemonsma, P., Inzelberg, R., Zeilig, G., & Plotnik, M. (2018). Advantages of virtual reality in the rehabilitation of balance and gait: systematic review. *Neurology*, 90(22), 1017-1025.
120. Porras, D.C., Sharon, H., Inzelberg, R., Ziv-Ner, Y., Zeilig, G., & Plotnik, M. (2019). Advanced virtual reality-based rehabilitation of balance and gait in clinical practice. *Therapeutic advances in chronic disease*, 10, 2040622319868379.
121. Pottle J. (2019). Virtual reality and the transformation of medical education. *Future healthcare journal*, 6(3), 181–185.
122. Price, M. (2020). The effects of virtual rehabilitation therapy on multiple sclerosis. *Honors Projects*, 787.
123. Price, S., Jewitt, C., & Yiannoutsou, N. (2021). Conceptualising touch in VR. *Virtual Reality*, 1-15.
124. Prosperini, L., & Castelli, L. (2018). Spotlight on postural control in patients with multiple sclerosis. *Degenerative neurological and neuromuscular disease*, 8, 25.
125. Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147, 103778.
126. Rand, D., Kizony, R., & Weiss, P. T. (2008). The Sony PlayStation II EyeToy: low-cost virtual reality for use in rehabilitation. *Journal of neurologic physical therapy: JNPT*, 32(4), 155–163.
127. Robinson, J., Dixon, J., Macsween, A., van Schaik, P., & Martin, D. (2015). The effects of exergaming on balance, gait, technology acceptance and flow experience in people with multiple sclerosis: a randomized controlled trial. *BMC sports science, medicine & rehabilitation*, 7, 8.
128. Roettl, J., & Terlutter, R. (2018). The same video game in 2D, 3D or virtual reality—How does technology impact game evaluation and brand placements? *PloS one*, 13(7), e0200724.
129. Roth, A. K., Denney, D. R., & Lynch, S. G. (2015). Information processing speed and attention in multiple sclerosis: Reconsidering the Attention

Network Test (ANT). *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, 37(5), 518-529.

130. RSNA Press Release (2014). *Wii Balance Board Induces Changes in the Brains of MS Patients*. Available at: [RSNA.org](https://www.rsna.org) (Assessed 10/9/2021)

131. Saggio, G., & Ferrari, M. (2012). New trends in virtual reality visualization of 3D scenarios. *Virtual Reality-Human Computer Interaction*.

132. Samadbeik, M., Yaaghobi, D., Bastani, P., Abhari, S., Rezaee, R., & Garavand, A. (2018). The Applications of Virtual Reality Technology in Medical Groups Teaching. *Journal of advances in medical education & professionalism*, 6(3), 123–129.

133. Schättin, A., Häfliger, S., Meyer, A., Früh, B., Böckler, S., Hungerbühler, Y., de Bruin, E. D., Frese, S., Steinlin Egli, R., Götz, U., Bauer, R., & Martin-Niedecken, A. L. (2021). Design and Evaluation of User-Centered Exergames for Patients with Multiple Sclerosis: Multilevel Usability and Feasibility Studies. *JMIR serious games*, 9(2), e22826.

134. Schueffel, P. (2017). The concise fintech compendium. *Fribourg: School of Management Fribourg/Switzerland*.

135. Segawa, T., Baudry, T., Bourla, A., Blanc, J. V., Peretti, C. S., Mouchabac, S., & Ferreri, F. (2020). Virtual Reality (VR) in Assessment and Treatment of Addictive Disorders: A Systematic Review. *Frontiers in neuroscience*, 13, 1409.

136. Simon, K. C., van der Mei, I. A., Munger, K. L., Ponsonby, A., Dickinson, J., Dwyer, T., Sundström, P., & Ascherio, A. (2010). Combined effects of smoking, anti-EBNA antibodies, and HLA-DRB1*1501 on multiple sclerosis risk. *Neurology*, 74(17), 1365–1371.

137. Slater, M. (2009). Place illusion and plausibility can lead to realistic behaviour in immersive virtual environments. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 364(1535), 3549–3557.

138. Sobota, B., Korečko, Š., Hudák, M., & Sivý, M. (2020). Mixed Reality: A Known Unknown. *Mixed Reality and Three-Dimensional Computer Graphics*, 143.

139. Souza, M. D., Kamm, C., Burggraaff, J., Tewarie, P., Glocker, B., Dorn, J., ... & Kappos, L. (2014). Assessment of Disability in Multiple Sclerosis

Using the Kinect-Camera System: A Proof-of-Concept Study. *Neurology*, 82 (10 Supplement) (P3. 139).

140. Streicher, M. C., Alberts, J. L., Sutliff, M. H., & Bethoux, F. (2018). Effects and feasibility of virtual reality system vs traditional physical therapy training in multiple sclerosis patients. *International Journal of Therapy and Rehabilitation*, 25(10), 522-528.

141. Strober, L. B. (2015). Fatigue in multiple sclerosis: a look at the role of poor sleep. *Frontiers in neurology*, 6, 21.

142. Svensson, J., Borg, S., & Nilsson, P. (2014). Costs and quality of life in multiple sclerosis patients with spasticity. *Acta neurologica Scandinavica*, 129(1), 13-20.

143. Tabatabai S. (2020). COVID-19 impact and virtual medical education. *Journal of advances in medical education & professionalism*, 8(3), 140–143.

144. Tarlinton, R. E., Khaibullin, T., Granatov, E., Martynova, E., Rizvanov, A., & Khaiboullina, S. (2019). The Interaction between Viral and Environmental Risk Factors in the Pathogenesis of Multiple Sclerosis. *International journal of molecular sciences*, 20(2), 303.

145. Tieri, G., Morone, G., Paolucci, S., & Iosa, M. (2018). Virtual reality in cognitive and motor rehabilitation: facts, fiction and fallacies. *Expert review of medical devices*, 15(2), 107-117.

146. Veerbeek, J. M., van Wegen, E., van Peppen, R., van der Wees, P. J., Hendriks, E., Rietberg, M., & Kwakkel, G. (2014). What is the evidence for physical therapy poststroke? A systematic review and meta-analysis. *PloS one*, 9(2), e87987.

147. Vespignani, M. (2020). Integrative Approaches to Multiple Sclerosis. *Integrative Neurology*, 219.

148. Videler, A. J., Beelen, A., van Schaik, I. N., de Visser, M., & Nollet, F. (2009). Limited upper limb functioning has impact on restrictions in participation and autonomy of patients with hereditary motor and sensory neuropathy 1a. *Journal of rehabilitation medicine*, 41(9).

149. Vidović, V., Rovazdi, M. Č., Kraml, O., & Kes, V. B. (2015). Pseudobulbar affect in multiple sclerosis patients. *Acta clinica Croatica*, 54(2), 159–163.

150. Vosburgh, K. G., Golby, A., & Pieper, S. D. (2013). Surgery, virtual reality, and the future. *Studies in health technology and informatics*, 184, vii–xiii.

151. Wallin, M. T., Culpepper, W. J., Nichols, E., Bhutta, Z. A., Gebrehiwot, T. T., Hay, S. I., ... & Murray, C. J. (2019). Global, regional, and national burden of multiple sclerosis 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *The Lancet Neurology*, *18*(3), 269-285.
152. Walmsley, B. (2019). *Audience engagement in the performing arts: A critical analysis*. Springer Nature.
153. Weiss, P.L., Kizony, R., Feintuch, U., Rand, D., Katz, N. (2014). Virtual reality applications in neurorehabilitation. In: Selzer, M., Clarke, S., Cohen, L., Kwakkel, G., & Miller, R. (Eds.). *Textbook of Neural Repair and Rehabilitation: Neural Repair and Plasticity*, *1*(19), 198-218. Cambridge University Press.
154. Welch, G. F. (2009). History: The use of the Kalman filter for human motion tracking in virtual reality. *Presence*, *18*(1), 72-91.
155. Winter, C., Kern, F., Gall, D., Latoschik, M. E., Pauli, P., & Käthner, I. (2021). Immersive virtual reality during gait rehabilitation increases walking speed and motivation: a usability evaluation with healthy participants and patients with multiple sclerosis and stroke. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, *18*(1), 1-14.
156. Wu, H. K., Lee, S. W. Y., Chang, H. Y., & Liang, J. C. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & education*, *62*, 41-49.
157. Xie, B., Liu, H., Alghofaili, R., Zhang, Y., Jiang, Y., Lobo, F. D., ... & Yu, L. F. (2021). A Review on Virtual Reality Skill Training Applications. *Frontiers in Virtual Reality*, *2*, 49.
158. Yoo, Y. (2010). Computing in everyday life: A call for research on experiential computing. *MIS quarterly*, 213-231.
159. Zakrzewska, J. M., Wu, J., & Brathwaite, T. S. L. (2018). A systematic review of the management of trigeminal neuralgia in patients with multiple sclerosis. *World neurosurgery*, *111*, 291-306.
160. Zhang, Z. (2012). Microsoft kinect sensor and its effect. *IEEE multimedia*, *19*(2), 4-10.
161. Zhou, S. (2020). Using Virtual Reality to Promote Physical Activity. *Journal of Software Engineering and Applications*, *13*(11), 312-326.
162. Zhu, E., Hadadgar, A., Masiello, I., & Zary, N. (2014). Augmented reality in healthcare education: an integrative review. *PeerJ*, *2*, e469.

Διαδικτυακή

1. National Multiple Sclerosis Society (NMSS). *Our Story*. Διαθέσιμο στο: <https://www.nationalmssociety.org/About-the-Society/Our-Story>
2. National Multiple Sclerosis Society (NMSS). *Types of MS*. Διαθέσιμο στο: <https://www.nationalmssociety.org/What-is-MS/Types-of-MS>