



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΤΟΜΕΑΣ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Η Επίδραση της εικονικής πραγματικότητας στην ισορροπία σε νεαρά άτομα»

ΚΑΖΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

Επιβλέπων Καθηγητής: Μανδαλίδης Δημήτριος

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2020

© Copyright

Καζακόπουλος Γεώργιος

Σχολή Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού

Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Εθνικής Αντιστάσεως 41, 172 37, Δάφνη, Αθήνα

Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΕΙΚΟΝΙΚΗΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ ΣΕ ΝΕΑΡΑ ΑΤΟΜΑ

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να αναδείξει την σημαντική επιρροή που μπορεί να έχει η εικονική πραγματικότητα μέσω παιχνιδιών και εφαρμογών στην στατική και δυναμική ισορροπία νεαρών ατόμων. Το δείγμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν δέκα υγιείς άρρενες ηλικίας 18-23 ετών με στοιχεία καλής φυσικής κατάστασης. Σε όλους τους δοκιμαζόμενους έγινε έλεγχος στατικής και δυναμικής ισορροπίας πριν, αμέσως μετά και δέκα λεπτά μετά το πέρας της παρέμβασης-εμβύθισης. Η διαδικασία παρέμβασης-εμβύθισης περιελάμβανε παιχνίδι σε συνθήκες εικονικής πραγματικότητας χαμηλής ποιότητας εικόνας και ευκρίνειας, μέσω της χρήσης στερεοσκοπικών γυαλιών εικονικής πραγματικότητας τύπου TURBO-X και κινητού τηλεφώνου. Για την επιτυχή εκτέλεση του παιχνιδιού απαιτούνταν κυρίως προσθιοπίσθιες κινήσεις της κεφαλής και περιστροφές του κορμού έως και 360 μοίρες. Η συνολική διάρκεια παρέμβασης-εμβύθισης ήταν 15 λεπτά ύστερα από 5 λεπτά εξοικείωσης με το παιχνίδι. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων μας έδειξαν ότι παιχνίδι διάρκειας 15 λεπτών σε συνθήκες μη υψηλής ευκρίνειας εικονικής πραγματικότητας και με έντονη κινητική συμμετοχή της κεφαλής και του κορμού, έχει μηδαμινές επιδράσεις στην δυναμική ισορροπία σε αντίθεση με την στατική ισορροπία η οποία επηρεάστηκε αρνητικά. Οι τιμές των μετρήσεων της στατικής ισορροπίας αμέσως μετά την διαδικασία εμβύθισης ήταν μειωμένες σε σχέση με τις αρχικές μετρήσεις, γεγονός που δεν παρατηρήθηκε στις τιμές των μετρήσεων 10 λεπτών μετά από τη διαδικασία εμβύθισης, οι οποίες έδειξαν ανοδική πορεία. Συμπερασματικά η διαδικασία εμβύθισης υπό αυτές τις συνθήκες μπορεί να επιφέρει χειροτέρευση της στατικής ισορροπίας αμέσως μετά την λήξη του παιχνιδιού μέσω αυξημένης ακούσιας ελαφρράς ταλάντωσης του σώματος, η οποία όμως υποχωρεί αισθητά ύστερα από 10 λεπτά αποχής.

Λέξεις κλειδιά: Στατική ισορροπία, Δυναμική ισορροπία , Εικονική πραγματικότητα (VR), Εικονικό περιβάλλον (Virtual environment), Εμβύθιση (Immersion),Στερεοσκοπικά γυαλιά εικονικής πραγματικότητας (HMD), Ακούσια ελαφρά ταλάντωση για τη διατήρηση στατικής ισορροπίας (Body sway).

Περίληψη	i
Πίνακας Περιεχομένων	ii
Κατάλογος Σχημάτων	iii
Κατάλογος Πινάκων	iv

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	σελ.5-14
1.1. Ορισμός και διατύπωση του προβλήματος.....	σελ.5-7
1.2. Σημασία της έρευνας.....	σελ.8
1.3. Ερευνητικά ερωτήματα και υποθέσεις	σελ.8
1.4. Οριοθετήσεις και περιορισμοί της έρευνας.....	σελ.8-9
1.5. Διευκρίνιση όρων	σελ.9-14
1.6. Σκοπός της μελέτης	σελ.14

II.ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	σελ.15-21
--	------------------

III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	σελ.22-25
3.1 Στατική ισορροπία.....	σελ.22-23
3.2 Δυναμική ισορροπία.....	σελ.23-24
3.3 Εμβύθιση – Παρέμβαση	σελ.24-25
3.4 Πρώτη και Δεύτερη επαναμέτρηση	σελ.25

IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	σελ.26-33
4.1. Αποτελέσματα	σελ.26-33

V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	σελ.34-36
--------------------------	------------------

5.1.	Συζήτηση.....σελ.34-36
------	------------------------

VI. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ, ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ, ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ σελ.37

6.1.	Ανακεφαλαίωση, συμπεράσματα, προτάσεις..... σελ.37
------	--

VII. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....σελ.38-44

I.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ορισμός και διατύπωση του προβλήματος.

Τα τελευταία χρόνια η ραγδαία τεχνολογική ανάπτυξη και η ευρέως διαδεδομένη χρήση ηλεκτρονικών συσκευών και συγκεκριμένα του ηλεκτρονικού υπολογιστή, για ψυχαγωγικούς και μη σκοπούς δημιούργησε την ανάγκη για τη συνεχή ανανέωση και εξέλιξη των τεχνολογιών αυτών. Η μετατροπή της δισδιάστατης ηλεκτρονικής προβολής σε τρισδιάστατη, είναι ένα από τα μέχρι τώρα μεγαλύτερα επιτεύγματα της εξελικτικής πορείας των υπολογιστικών ειδών και συνέβαλλε σημαντικά στη δημιουργία ενός νέου όρου, της εικονικής πραγματικότητας.

Η εικονική πραγματικότητα εξελίσσεται ταχέως και κερδίζει τη δημοτικότητα, καθώς έχουν κυκλοφορήσει νέες συσκευές και εφαρμογές. Χρησιμοποιείται σε πολλούς τομείς όπως η ψυχαγωγία, η υγεία και η επιστήμη. Η αίσθηση παρουσίας είναι ένα από τα κρίσιμα συστατικά που απαιτούνται από οποιοδήποτε αποτελεσματικό εικονικό περιβάλλον (Nichols et al. 2000). Με τον όρο «εικονικό περιβάλλον» εννοούμε το εικονικό περιβάλλον, που αποτελείται από περιεχόμενο (αντικείμενα και δράστες, γεωμετρία και δυναμική) με ένα εγωκεντρικό πλαίσιο αναφοράς, που περιλαμβάνει την αντίληψη των αντικειμένων σε βάθος και εγείρει διάφορες αισθήσεις ταυτόχρονα. (Nemire & Ellis 1993). Σε μια τέτοιου είδους τρισδιάστατη αναπαράσταση ενός αληθινού ή φανταστικού περιβάλλοντος στον υπολογιστή, ο χρήστης μπορεί ανεξάρτητα να αλληλοεπιδράσει με το περιβάλλον αυτό, με τον ίδιο ρυθμό, που θα βίωνε

αντίστοιχα γεγονότα στον αληθινό κόσμο (Mitchell et al 2007). Όπως προαναφέρθηκε η αποτελεσματικότητα των εικονικών περιβαλλόντων συχνά συνδέεται με την αίσθηση παρουσίας που αναφέρουν οι χρήστες αυτών (Η παρουσία ορίζεται ως η υποκειμενική εμπειρία της ύπαρξης σε ένα μέρος ή περιβάλλον, ακόμη και όταν κάποιος βρίσκεται φυσικά σε ένα άλλο). Πιστεύεται ότι η παρουσία είναι ένα φυσιολογικό φαινόμενο συνειδητοποίησης που απαιτεί κατευθυνόμενη προσοχή και βασίζεται στην αλληλεπίδραση μεταξύ της αισθητικής διέγερσης, παράγοντες που ενθαρρύνουν τη συμμετοχή και επιτρέπουν την εμπύθιση και τις εσωτερικές τάσεις για συμμετοχή (Witmer & Singer 1998).

Η εικονική πραγματικότητα χαρακτηρίζεται από συσκευές, οι οποίες εφαρμόζονται στην κεφαλή και μπορούν να προκαλέσουν εμπύθιση του χρήστη στο εικονικό περιβάλλον (Tiito, 2018). Οι συσκευές αυτές ονομάζονται στερεοσκοπικά γυαλιά ή κράνος εικονικής πραγματικότητας και αποτελούνται από ένα στερεοφωνικό ζεύγος από μικρές οθόνες που καλύπτουν τα μάτια. Πρόκειται για μια συσκευή ανίχνευσης της κεφαλής, που παρέχει τη θέση και τον προσανατολισμό του θεατή για να προσομοιώνει τη σωστή προβολή (Cruz-Neira et al 1992). Αυτά τα νέα συστήματα έχουν αποκτήσει ευρύτατο ενδιαφέρον καθώς περιλαμβάνουν βελτιώσεις στην οπτική εμφάνιση, όπως είναι η ανάλυση του χώρου. Ίσως το πιο σημαντικό στοιχείο, που κάνει αξιοσημείωτα τα στερεοσκοπικά γυαλιά εικονικής πραγματικότητας, είναι οι βελτιώσεις που διαθέτουν για την ανίχνευση κίνησης του χρήστη και η χρήση αυτής της πληροφορίας ως εισόδους ελέγχου στην οθόνη σε πραγματικό χρόνο. Στα σύγχρονα αυτά συστήματα, η κίνηση της κεφαλής και του σώματος ανάλογα με τα οπτικά ερεθίσματα αλλάζει ρεαλιστικά την οπτική αναπαράσταση του περιεχομένου. Είναι δυνατόν ο χρήστης να κοιτάξει γύρω του, να γυρίσει και ακόμη και να περπατήσει μέσα σε ένα εικονικό περιβάλλον. Παραδείγματα τέτοιων συστημάτων αναπτύχθηκαν από την Oculus (Oculus Rift), τη Samsung (Samsung Gear VR) και τη Google (Google cardboard) (Munafò et al., 2017).

Τα στερεοσκοπικά γυαλιά εικονικής πραγματικότητας είναι αξιοσημείωτα τεχνολογικά επιτεύγματα και γενικά δημιουργούν πολύ ζωντανές εμπειρίες

εμβύθισης στο υποκείμενο. Με βάση αυτή τη άποψη τα συστήματα αυτά είναι πολύ επιτυχημένα. Δυστυχώς, όμως, η εμπειρία του χρήστη δεν είναι πάντα καθόλα ευχάριστη. Διάφορες ανεξάρτητες έρευνες καθιστούν σαφές το γεγονός ότι ένα σημαντικό ποσοστό των χρηστών μεταβαίνουν ταχέως από μια ευχάριστη αίσθηση της εμβύθισης σε μια ιδιαίτερα αποσπασματική αίσθηση δυσφορίας, αποπροσανατολισμού και ναυτίας (Lewis 2015; Boyd 2014). Όταν η κεφαλή περιστρέφεται σε ένα εικονικό περιβάλλον μέσω της χρήσης Στερεοσκοπικών Γυαλιών ή κράνους εικονικής πραγματικότητας (Head mounted display, HMD), πρέπει να πραγματοποιηθεί μια προσαρμογή στην έκθεση της καινούργιας εικόνας και εξαιτίας της καθυστέρησης της διαδικασίας προσαρμογής, κάποιοι χρήστες παρουσιάζουν ασθένεια των κινήσεων (motion sickness) καθώς και διαταραχή της στάσης (postural stability) (Kolasinski1999 & Regan, 1994). Η συσκευή στερεοσκοπικών γυαλιών εικονικής πραγματικότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο σε καθιστή όσο και σε όρθια στάση. Ωστόσο, επί του παρόντος, ο αντίκτυπος της συσκευής στην ισορροπία παραμένει σε μεγάλο βαθμό άγνωστο. Επομένως, είναι κρίσιμο να εξεταστεί ο αντίκτυπος της προβολής ενός εικονικού περιβάλλοντος μέσω ενός τέτοιου συστήματος στην ισορροπία κατά την καθιστή και όρθια θέση (Robert et al., 2016).

Ο ορισμός του προβλήματος της συγκεκριμένης έρευνας είναι εάν κάποια συγκεκριμένα παιχνίδια και εφαρμογές, μέσω της χρήσης στερεοσκοπικών γυαλιών εικονικής πραγματικότητας χαμηλής ευκρίνειας επηρεάζουν την στατική και δυναμική ισορροπία νεαρών ατόμων. Ως γνωστόν, η διατάραξη της στατικής ή/και της δυναμικής ισορροπίας ενός ατόμου μπορεί να επιφέρει υψηλά επίπεδα δυσλειτουργίας στην επίτευξη βασικών καθημερινών συνηθειών όπως για παράδειγμα η οδήγηση ενός οχήματος ή το πέρασμα του δρόμου. Επομένως η επίλυση του προβλήματος και η εξαγωγή συμπερασμάτων είναι υψίστης σημασίας καθώς σχετίζεται άμεσα με την υγεία και την ασφάλεια των ατόμων που επιλέγουν την ενασχόληση με τέτοιου είδους εφαρμογές.

1.2 Σημασία της έρευνας

Η σημασία της συγκεκριμένης έρευνας είναι να διερευνηθεί η επίδραση των εάσεων εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας στη στατική ή/και τη δυναμική ισορροπία νεαρών ατόμων. Τα αποτελέσματα της μελέτης θα βοηθήσουν στην κατανόηση των διαχρονικών επιδράσεων των χαμηλής ευκρίνειας τρισδιάστατων παιχνιδιών εικονικής πραγματικότητας στην ισορροπία του σώματος και στην λήψη προληπτικών μέτρων για την αποφυγή τραυματισμών.

Ερευνητικά ερωτήματα και υποθέσεις

Το ερευνητικό ερώτημα της παρούσας μελέτης επικεντρώνεται στη διαχρονική επίδραση (αμέσως μετά και μετά από 10 λεπτά μετά το πέρας της εμβύθισης)–της ενασχόλησης με ένα παιχνίδι εικονικής πραγματικότητας μέσω στερεοσκοπικών γυαλιών χαμηλής ευκρίνειας στην στατική και δυναμική ισορροπία αρρένων νεαρής ηλικίας.

1.3 Οριοθετήσεις και περιορισμοί της έρευνας

Ωστόσο, υπάρχουν κάποιοι περιορισμοί και όρια, που πρέπει να οριοθετηθούν, τα οποία όμως επηρεάζουν τα αποτελέσματα των μετρήσεων γιατί ποικίλουν. Πρώτα απ' όλα, ο βασικός περιορισμός, ο οποίος πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη, είναι η χρήση συγκεκριμένης εφαρμογής/παιχνιδιού για την μελέτη, η οποία είναι χαμηλής ευκρίνειας και απαιτεί συγκεκριμένες σωματικές κινήσεις. Η συμμετοχή στο συγκεκριμένο παιχνίδι απαιτεί επαναλαμβανόμενες στροφές του κορμού δεξιά αριστερά, περιστροφές 360 μοιρών καθώς και επαναλαμβανόμενες κινήσεις κάμψης-έκτασης καθώς και περιαγωγής της κεφαλής σε καθιστή θέση. Επιπλέον βασικός περιορισμός είναι η χρονική διάρκεια της εμβύθισης καθώς ήταν μόνο 12 λεπτά λόγω χρονικού περιορισμού

της συσκευής των μετρήσεων όπως και η ηλικία των συμμετεχόντων (καθώς δεν έχουν όλοι την ίδια ηλικία, αφού οι συμμετέχοντες στην έρευνα είναι από 18 – 23 ετών). Πίσης οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε διαφορετικές ώρες της ημέρας γεγονός που μπορεί να επηρεάσει σημαντικά τα αποτελέσματα των μετρήσεων καθώς ο βιορυθμός κάθε ανθρώπου διαφέρει σημαντικά. Τέλος, δεν είχαν δοθεί διατροφικές οδηγίες στους δοκιμαζόμενους, επομένως η κατανάλωση ή μη φαγητού πριν την έναρξη της διαδικασίας μπορεί να επηρεάσει σημαντικά τα αποτελέσματα των μετρήσεων.

1.5 Διευκρίνιση όρων

Εικονική πραγματικότητα

Εικονική πραγματικότητα είναι μια τεχνολογία, που συνήθως θεωρείται ως μια φυσική επέκταση των γραφικών τριών διαστάσεων του υπολογιστή και υποστηρίζεται από εξελιγμένες συσκευές, οι οποίες βρίσκονται εσωτερικά ή εξωτερικά του συστήματος. Απλούστερα, η εικονική πραγματικότητα μπορεί να οριστεί ως ένα συνθετικό ή εικονικό περιβάλλον, το οποίο δίνει στο άτομο την αίσθηση της πραγματικότητας (Jayaram et al., 1997). Μπορούμε να μιλήσουμε δηλαδή για ένα αλληλεπιδραστικό, τρισδιάστατο περιβάλλον, παραγόμενο από υπολογιστή, στο οποίο μπορεί κάποιος να βυθιστεί (Conn et al., 1989).

Εμβύθιση

Για να εξηγήσουμε τον όρο «εμβύθιση» θα πρέπει να αναφέρουμε με ποιο τρόπο επιτυγχάνεται η αίσθηση της παρουσίας του ατόμου σε ένα τρισδιάστατο περιβάλλον. Αυτή η αίσθηση της παρουσίας μπορεί να επιτευχθεί βασιζόμενη σε τέσσερις πυλώνες που είναι: η εμβύθιση (immersion), η αλληλεπίδραση (interaction), τα συναισθήματα πραγματικού χρόνου και η γνωστική επιστήμη (gognitive science). Η εμβύθιση είναι η αισθητηριακή διέγερση, η οποία επιτρέπει την αντίληψη και κατανόηση του εικονικού περιβάλλοντος. Η αλληλεπίδραση

επιτρέπει στο χρήστη να μην παραμείνει θεατής του πειράματος, αλλά να δράσει επ' αυτού. Με τον όρο πραγματικός χρόνος εννοούμε τη διατήρηση του βρόγχου δράσης-αντίληψης. Τα συναισθήματα προερχόμενα από την εμπειρία βοηθούν τον χρήστη να αποδεχτεί το πείραμα αποσπώντας την προσοχή του από το περιβάλλον του πραγματικού κόσμου, συμπεριλαμβανομένων των συσκευών αλληλεπίδρασης και των ελλείψεων της εφαρμογής. Ο τελευταίος πυλώνας είναι η γνωστική επιστήμη που επιτρέπει την κατανόηση μεταξύ άλλων του τρόπου με τον οποίο ο άνθρωπος κατανοεί το περιβάλλον του, ένα πολύ χρήσιμο κομμάτι για να βελτιωθεί η εμπύθιση και η αποτελεσματικότητα της αλληλεπίδρασης. (Bouvier et al., 2008).

Περιβάλλον εμπύθισης

Όταν αναφερόμαστε στον όρο «του περιβάλλοντος εμπύθισης» εννοούμε την ψευδαίσθηση που έχει ο χρήστης αναφορικά με την ύπαρξή του μέσα σε ένα εικονικό περιβάλλον. Πρακτικά με τον όρο «εμπύθιση» προσεγγίζεται ως ο βαθμός στον οποίο το σύστημα εικονικής πραγματικότητας επιτυγχάνει να απομονώσει το χρήστη από το φυσικό του περιβάλλον (Slater & Usoh, 1994). Μια άλλη μελέτη αναφέρει ότι ο στόχος των εικονικών περιβαλλόντων εμπύθισης είναι να επιτρέψει στον χρήστη να βιώσει έναν εικονικό κόσμο δημιουργημένο στον υπολογιστή, σαν να ήταν πραγματικότητα - δημιουργώντας μια αίσθηση παρουσίας ή «ύπαρξης» στο μυαλό του χρήστη. Διαφορετικοί χρήστες μπορούν να βιώσουν διαφορετικά επίπεδα παρουσίας με το ίδιο σύστημα εικονικής πραγματικότητας και ένας χρήστης μπορεί να βιώνει διαφορετικά επίπεδα παρουσίας και σε διαφορετικές στιγμές ανάλογα με την κατάσταση του νου, το πρόσφατο ιστορικό και άλλους παράγοντες (Bowman & McMahan, 2007).

Στερεοσκοπικά γυαλιά εικονικής πραγματικότητας

Η εικονική πραγματικότητα χαρακτηρίζεται από συσκευές, οι οποίες εφαρμόζονται στην κεφαλή και μπορούν να προκαλέσουν εμπύθιση του χρήστη

στο εικονικό περιβάλλον (ArttuTiiro, 2018). Οι συσκευές αυτές ονομάζονται στερεοσκοπικά γυαλιά ή κράνος εικονικής πραγματικότητας και αποτελούνται από ένα στερεοφωνικό ζεύγος από μικρές οθόνες που καλύπτουν τα μάτια. Πρόκειται για μια συσκευή ανίχνευσης της κεφαλής, που παρέχει τη θέση και τον προσανατολισμό του θεατή για να προσομοιώνει τη σωστή προβολή (Cruz-Neira et al 1992) ανάλογα με τα οπτικά ερεθίσματα αλλάζει ρεαλιστικά την οπτική αναπαράσταση του περιεχομένου. Είναι δυνατόν ο χρήστης να κοιτάξει γύρω του, να γυρίσει και ακόμη και να περπατήσει μέσα σε ένα εικονικό περιβάλλον εμπύθισης. Παραδείγματα τέτοιων συστημάτων αναπτύχθηκαν από την Oculus (Oculus Rift), τη Samsung (Samsung Gear VR) και τη Google (Google cardboard) (Munafo et al., 2017).

Οπτικός ρεαλισμός (Visual realism)

Ο βαθμός στον οποίο μια εικόνα εμφανίζεται στους ανθρώπους ως φωτογραφία, η οποία δεν έχει φτιαχτεί με υπολογιστή (Fan et al. (2018).

Ισορροπία του σώματος

Η ισορροπία στη βιομηχανική, είναι η ικανότητα να διατηρείται η γραμμή βαρύτητας (κάθετη γραμμή από το κέντρο μάζας) ενός σώματος μέσα στη βάση του στηρίγματος με ελάχιστη ορθό στατική ταλάντωση (Shumway-Cook A et al, 1988)

Συγκεκριμένα στο ανθρώπινο σώμα είναι η ικανότητα διατήρησης μιας θέσης και εκτέλεσης μιας κίνησης ενάντια στη βαρύτητα με την κατάλληλη ευθυγράμμιση όλων των αρθρώσεων όλων των τμημάτων του σώματος. Χωρίζεται σε στατική, η οποία παρουσιάζεται κατά την ήρεμη όρθια στάση ή την καθιστή και σε δυναμική, η οποία περιλαμβάνει την ισορροπία όταν το κέντρο βάρους του σώματος κινείται εκτός βάσης στήριξης του. (Woollacott & Tong 1997)

Στατική ισορροπία

Η στατική ισορροπία είναι η ικανότητα να διατηρείται σταθερή η όρθια στάση και ο προσανατολισμός με το κέντρο μάζας πάνω από τη βάση στήριξης του σώματος όταν αυτό βρίσκεται σε ηρεμία (Sullivan et al. 2014).

Δυναμική ισορροπία

Δυναμική ισορροπία είναι η ικανότητα ενός σώματος να ισορροπεί κατά την κίνηση ή την εναλλαγή μεταξύ θέσεων. (Gusi et al, 2010)

Η δυναμική ισορροπία είναι η ικανότητα ενός ατόμου να διατηρεί σταθερή τη στάση του σώματος του κατά την κίνηση (Shin & Demura, 2012)

Ακούσια ταλάντωση για διατήρηση της στατικής ισορροπίας (Body sway)

Μπορεί να οριστεί ως η κινητικότητα του σώματος που πραγματοποιείται από ένα άτομο για τη διατήρηση της ισορροπίας κατά την όρθια στάση και μπορεί να μετρηθεί από το σύνολο των μετατοπίσεων του κέντρου μάζας σώματος σε σχέση με τη βάση στήριξης του ανά τον χρόνο. (Wang et al., 2010)

Παιχνίδι εικονικής πραγματικότητας (virtual reality game)

Οι διεπαφές της εικονικής πραγματικότητας μπορούν να δημιουργήσουν την ψευδαίσθηση ότι το άτομο είναι μέρος του παιχνιδιού. Οι κινήσεις του παίχτη ελέγχουν το παιχνίδι εικονικής πραγματικότητας. Οι ενέργειες εντός αυτής της ρύθμισης μπορεί να είναι πιο ρεαλιστικές από αυτές που συναντήθηκαν σε προηγούμενες τεχνολογίες, επειδή οι πληροφορίες παρουσιάζονται σε μια τρισδιάστατη μορφή που ανταποκρίνεται στις κινήσεις του παίχτη. (Calvert et al, 1994). Οι χρήστες αλληλεπιδρούν με τις εμφανιζόμενες εικόνες, μετακινούν και χειρίζονται εικονικά αντικείμενα και εκτελούν άλλες ενέργειες με τρόπο που προσπαθεί να τους εμβυθίσει μέσα στο προσομοιωμένο περιβάλλον,

δημιουργώντας έτσι ένα αίσθημα παρουσίας μέσα στον εικονικό κόσμο. (Nash et al., 2000).

Ναυτία ασθένεια των κινήσεων (motion sickness)

Η ασθένεια των κινήσεων είναι δυνατόν να προκληθεί από πολλά διαφορετικά περιβάλλοντα είτε είναι στη γη, στη θάλασσα, στον αέρα και στο διάστημα. Η ασθένεια των κινήσεων δεν περιορίζεται πλέον σε ταξίδια. Είναι όλο και συχνότερα εμφανιζόμενη μεταξύ των χρηστών διαδραστικών τεχνολογιών, όπως κονσόλα βιντεοπαιχνιδιών (Stoffregen et al., 2008) και υπολογιστών τύπου tablet (Stoffregen et al., 2014). Η ασθένεια των κινήσεων αναφέρεται επίσης και ανάμεσα σε χρήστες στεροσκοπικών γυαλιών/κράνους εικονικής πραγματικότητας (Lewis 2015; Boyd 2014). Αρχικά, ο όρος «ναυτία» δημιουργήθηκε για να προσδιορίζει μια νοσολογική κατηγορία διαταραχών προκαλούμενων από την έκθεση σε ασυνήθιστα πρότυπα κίνησης κατά τη διάρκεια παθητικής μεταφοράς, όπως το πλοίο και το τρένο (Squire et al, 2009). Η ασθένεια των κινήσεων προκύπτει όταν οι πληροφορίες από όλα τα μέρη των ισορροπιστικών οργάνων - αυτιά, μύς και μάτια - δεν στέλνουν σταθερές πληροφορίες στον εγκέφαλο (Kölnhofer, 2009). Η διαμάχη των αισθήσεων ή αλλιώς η αναντιστοιχία των αισθήσεων πραγματοποιείται μεταξύ των πραγματικών και αναμενόμενων αναλλοίωτων προτύπων εισροής στο αιθουσαίο, οπτικό και κιναισθητικό σύστημα (Claremont, 1931) και περιλαμβάνει μια σειρά συμπτωμάτων. Η ναυτία αποτελεί ίσως το πιο έντονο σύμπτωμα της ασθένειας των κινήσεων καθώς η αποτρεπτική φύση της ναυτίας και της τάσης για εμετό λόγω της ασθένειας των κινήσεων χρησιμοποιούταν σε ιστορικούς χρόνους και ως ασυνήθιστη μορφή τιμωρίας (Reason et al, 1975). Άλλα σχετικά συμπτώματα περιλαμβάνουν την ευαισθησία στο στομάχι, την εφίδρωση και την οσμή του προσώπου (μερικές φορές ονομάζεται " κρύος ιδρώτας "), αυξημένη σιελόρροια, αίσθηση υψηλής θερμοκρασίας, ζάλη, υπνηλία (που επίσης αναφέρεται ως «σύνδρομο sopite»), μερικές φορές κεφαλαλγία, και αναμφίβολα απώλεια της όρεξης και αυξημένη ευαισθησία στις οσμές (Golding, 2016). Η εμφάνιση

οφθαλμοκινητικών συμπτωμάτων (όπως η καταπόνηση των ματιών, η δυσκολία εστίασης και η κεφαλαλγία) είναι σχετικά υψηλότερες σε καταστάσεις, όπου η οπτική ασυμβατότητα μπορεί να είναι το ερέθισμα πρόκλησης της κατάστασης αυτής, όπως συμβαίνει σε προσομοιωτές και συστήματα εικονικής πραγματικότητας, σε αντίθεση με την ασθένεια των κινήσεων η οποία μπορεί να προκληθεί από την επιτάχυνση ολόκληρου του σώματος, όπως συμβαίνει σε μια ναυτική αποστολή. Ο πονοκέφαλος προκαλείται περισσότερο από μια οπτική εικόνα παρά από μια πραγματική κίνηση, ακόμα και όταν η πραγματική κίνηση είναι δύο φορές πιο έντονη από την οπτική εικόνα με βάση την πρόκληση ναυτίας (Bijveld et al 2008). Για ταχύτερη αξιολόγηση, η ακόλουθη παγκόσμια κλίμακα αξιολόγησης της ασθένειας έχει αποδειχθεί αξιόπιστη και χρήσιμη: 1 = όχι συμπτώματα; 2 = αρχικά συμπτώματα ασθένειας των κινήσεων αλλά όχι ναυτίας; 3 = ήπια ναυτία; 4 = μέτρια ναυτία; 5 = σοβαρή ναυτία/ή τάση για εμετό; 6 = εμετός (Golding et al., 2003). Επίσης, αξίζει να σημειωθεί ότι η ιατρική έκφραση της ασθένειας των κινήσεων ονομάζεται κινέτωση (Kölnhofer, 2009)

1.6 Σκοπός της μελέτης

Στην παρούσα μελέτη πραγματοποιήσαμε μέτρηση δυναμικής και στατικής ισορροπίας σε νεαρούς ενήλικες αρένες, οι οποίοι δεν είχαν προηγούμενη εμπειρία εμβύθισης, μέσω της χρήσης συσκευής μέτρησης ακούσιων ελαφρών ταλαντώσεων για τη διατήρηση της στατικής ισορροπίας και της κινητικής δοκιμασίας Y Balance. Σε αντίθεση με άλλες μελέτες, η έρευνα μας επικεντρώθηκε στην παιγνιώδη χρήση των γυαλιών στερεοσκοπικής πραγματικότητας σε καθιστή θέση και για την επίτευξη της μέγιστης εγκυρότητας των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις πριν, αμέσως μετά και 10 λεπτά μετά από την εμβύθιση.

II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Στην «Εικονική Πραγματικότητα» χρησιμοποιούνται ηλεκτρονικοί υπολογιστές, με σκοπό την δημιουργία και την προσομοίωση υπαρκτών ή μη περιβαλλόντων, από τα οποία ο χρήστης διατηρεί την ψευδαίσθηση ότι περιβάλλεται και στα οποία ενδέχεται να κινείται με ελευθερία, ασκώντας αλληλεπίδραση ταυτόχρονα με τα αντικείμενα που περιλαμβάνουν, όπως γινόταν και στον πραγματικό κόσμο. Η εμπύθιση ενός χρήστη στο περιβάλλον της Εικονικής Πραγματικότητας για να είναι περισσότερο επιτυχημένη, είναι σημαντικό να απομονώνεται ο ίδιος ο χρήστης και οι αισθήσεις του από τον πραγματικό κόσμο, επικαλύπτοντας τα ερεθίσματα από τον πραγματικό κόσμο με αντίστοιχα εικονικά, προερχόμενα από το σύστημα της Εικονικής Πραγματικότητας. Οι κυριότερες από τις πέντε αισθήσεις είναι η όραση, η ακοή και η αφή. Για αυτό ένα σύστημα Εικονικής Πραγματικότητας είναι πρωταρχικής σημασίας να παρέχει στερεοσκοπική εικόνα, δηλαδή δύο εικόνες από διαφορετική οπτική γωνία, μια για κάθε μάτι του χρήστη, με σκοπό την δημιουργία της αίσθησης του βάθους στο χώρο. Ταυτόχρονα, ο χρήστης βοηθιέται από τον στερεοσκοπικό ήχο για την κατανόηση το τι γίνεται γύρω του στον εικονικό χώρο που τον περιβάλλει με φυσικό τρόπο, ενώ παράλληλα αποκλείει τον χρήστη από τους ήχους του πραγματικού κόσμου, που θα μπορούσαν να καταστρέψουν την εικονική εμπειρία. Εντέλει, η αφή ενδέχεται να χρησιμοποιηθεί με κατάλληλες συσκευές ή για να μπορεί ο χρήστης να νιώθει τον κόσμο ή για να καθοδηγηθεί διευκολύνοντάς τον στην εκτέλεση κάποιων ενεργειών. Εάν συνδυαστούν όλα τα παραπάνω και με κατάλληλες συσκευές ανίχνευσης για την ανίχνευση των κινήσεων του χρήστη, έτσι ώστε το εικονικό περιβάλλον να συμπεριφέρεται σαν να είναι πραγματικό, τότε ολόκληρη η εμπειρία που θα αποκτήσει ο χρήστης μπορεί να είναι ρεαλιστική.

Η τεχνολογία εικονικής πραγματικότητας (VR) χρησιμοποιείται τα τελευταία χρόνια με αυξανόμενη συχνότητα ως μέσο εκπαίδευσης Παρόλα αυτά όμως ήδη από την αρχή της χρήση της, δεν άργησαν να φανούν κάποιες αρνητικές

επιπτώσεις. Οι επιπτώσεις αυτές ήταν κινητικές και ήταν παρόμοιες με την «κινητική ασθένεια» ή ασθένεια των κινήσεων (motion sickness)

Ένας τομέας στον οποίο χρησιμοποιείται κατά κόρων είναι η εκπαίδευση και προετοιμασία των στρατιωτών και κυρίως των χειριστών αεροσκαφών και αρμάτων μάχης. Παρά την άρτια φυσική τους κατάσταση και την αυστηρή επιλογή δεν άργησε να παρατηρηθεί σε αυτά τα άτομα μία επιπλοκή που ονομάστηκε «Ασθένεια προσομοίωσης» (Simulation sickness). Ο όρος ασθένεια προσομοίωσής αποδόθηκε πρώτη φορά σε μέλη πληρώματος αεροσκαφών και περιλαμβάνει συμπτώματα όπως απλή παροδική μείωση συντονισμού/συναρμογής αλλά και άλλα πιο λιγότερο συχνά για τα πληρώματα (Crowley, 1987, Bork, 1992). Το πρόβλημα φαίνεται να μην έχει ξεπεραστεί παρά την βελτίωση των μέσων που χρησιμοποιούνται σήμερα. Όπως χαρακτηριστικά το αποκαλούν οι Geyer & Biggs (2018) σε πρόσφατο άρθρο τους, το πρόβλημα αυτό είναι «επιμένον» και δεν έχει επιλυθεί παρά τις προσπάθειες της βιομηχανίας αμυντικών συστημάτων και συστημάτων εκπαίδευσης. Η ασθένεια προσομοίωσης βέβαια είναι υποκειμενική καθώς μετριέται με τεστ ιδίας δήλωσης (self-reported test) σε μια κλίμακα 1-5 (five like-scaled) στα οποία οι ασκούμενοι απάντησαν σε ερωτήσεις όπως αίσθηση προσανατολισμού, άνεση στην βάδιση, αίσθηση ζαλάδας καθώς και μια γενική αυτοαξιολόγηση της λειτουργικότητας τους μετά την χρήση της προσομοίωσης. Αυτό δεν μας επιτρέπει να ξέρουμε την ακριβή επίδραση, το γεγονός όμως ότι οι πιλότοι δρούν σε ένα άκρως ανταγωνιστικό και απαιτητικό χώρο στον οποίο η αξιολόγηση είναι ικανή να τους κάνει να χάσουν την θέση τους υποθέτουμε ότι η κατάσταση τους θα μπορούσε πιθανόν να είναι και χειρότερη από ότι την παρουσιάζουν (Niessen et al., 2018)

Οι αρνητικές συνέπειες της εμβύθισης πλέον δεν μελετώνται μόνο στα σώματα στρατού αλλά αναρίθμητες έρευνες έχουν αυτές ως αντικείμενο χρησιμοποιώντας κυρίως τον όρο ψηφιακή ασθένεια “cyber sickness” (Rebenitsch & Owen, 2016). Παρά την αρχική αντίληψη ότι οι δύο ορολογίες αναφέρονται στην ίδια πάθηση, ερευνητές αναφέρουν πως υπάρχουν διαφορές ανάμεσα σε αυτά τα δύο φαινόμενα (Stanney et al, 1997). Η σοβαρότητα των

επιπτώσεων της ψηφιακής ασθένειας βρέθηκε να είναι ως και 3 φορές μεγαλύτερη κάτι που μπορεί να χρεωθεί στα διαφορετικά δείγματα των ερευνών, από την μια εκπαιδευμένα και αυστηρά επιλεγμένα άτομα και απ την άλλη τυχαία δείγματα. Τα υποκειμενικά συμπτώματα των χρηστών εκτός από το ότι επηρεάζουν την ευχαρίστηση της χρήσης, μπορούν επίσης να αποτελέσουν ζήτημα ασφάλειας καθώς οι παρενέργειες μπορούν να επηρεάσουν την ικανότητα του χρήστη να περπατά, να οδηγεί αυτοκίνητο, να χρησιμοποιεί μηχανήματα ή να εκτελεί άλλες αισθητικοκινητικά απαιτητικές εργασίες. Επιπλέον, στη χειρότερη περίπτωση τα συμπτώματα μπορούν να παραμείνουν για ώρες μετά τη βύθιση γεγονός που (Kennedy et al, 1996).

Μελετώντας λοιπόν δείγματα πιο αντιπροσωπευτικά του μέσου χρήστη πάλι βρέθηκαν αρνητικές επιπτώσεις, παρά τις χαμηλότερες απαιτήσεις που έχουν οι δοκιμασίες των συμμετεχόντων. Τέτοιες έρευνες έχουν διερευνήσει την επίδραση των παιχνιδιών εικονικής πραγματικότητας με τη χρήση στερεοσκοπικών γυαλιών σε υγιείς ενήλικες, σε άτομα που έχουν υποστεί εγκεφαλικό επεισόδιο και σε υγιή αναπτυσσόμενα παιδιά. (Weiss et al, 2014, Knaut et al; 2009 Magdalonetal, 2011). Οι μελέτες αυτές έχουν αποδείξει πιθανές επιδράσεις στην σωματική και ψυχική υγεία μας, οι οποίες συμπεριλαμβάνουν γενική δυσφορία, ναυτία και στομαχικές διαταραχές, δυσκολία στη συγκέντρωση, οφθαλμική καταπόνηση, πνευματική κόπωση, αίσθημα κνησμού καθώς και διαταραχή της σταθερότητας της στάσης υπό στατικές και δυναμικές συνθήκες (Hakkinen et al., 2002). Οι επιπτώσεις αυτές είναι αποτέλεσμα των κινήσεων της κεφαλής ανεξαρτήτως, οι οποίες ήταν ανέκαθεν συνδεδεμένες με την «κινητική ασθένεια», την εμφάνιση αυτών των συμπτωμάτων δηλαδή χωρίς την χρήση εικονικής πραγματικότητας (Walker et al., 2010). Σε έρευνες που έγιναν με σκοπό την πρόκληση φαινομένου “motion sickness” είτε σε όρθια στατική θέση είτε σε κίνηση είτε σε καθιστή θέση το μεγαλύτερο αποτέλεσμα επήλθε με πρωτόκολλα στα οποία ο δοκιμαζόμενος έπρεπε να εφαρμόσει κινήσεις κεφαλιού δεχόμενος οπτικά ερεθίσματα (Golding & Stott, 1995, Kolh et al., 1991) Τα αποτελέσματα από τις μελέτες που διερευνούν την διαταραχή της σταθερότητας της στάσης υπό στατικές (Postural steadiness) και δυναμικές (Postural stability) συνθήκες ύστερα

από την χρήση στερεοσκοπικών γυαλιών εικονικής πραγματικότητας ή προσομοιωτή πτήσης έχουν δείξει μεταβλητά αποτελέσματα. Μερικές μελέτες έδειξαν πως ύστερα από εμβύθιση ο βαθμός επιρροής της ακούσιας ταλάντωσης για διατήρηση της στατικής ισορροπίας (Body sway) ήταν μικρός (Cobbetal, 1999). Ωστόσο, λόγω των διαφορετικών εξοπλισμών, των δοκιμασιών, του χρόνου εμβύθισης καθώς και των μεθόδων μέτρησης των ακούσιων ελαφρών ταλαντώσεων για τη διατήρηση της στατικής ισορροπίας παρατηρήθηκαν μεγάλες διαφορές στα αποτελέσματα (Kennedy et al., 1997, Kennedy 1996, Hamilton et al., 1989). Από τους Park & Lee (2020) προσδιορίστηκε ότι το παιχνίδι ενός 15λεπτου παιχνιδιού (PlayStation 4 Pro and PlayStation® VR headset) πλήρους εμβύθισης είχε αρνητική επίδραση στη στατική ισορροπία και παρήγαγε πολλές δυσμενείς επιπτώσεις, όπως κόπωση των ματιών και ζάλη. Τα παραπάνω δεδομένα ενισχύθηκαν από τα αποτελέσματα μιας μελέτης η οποία εξέτασε την επίδραση της χρήσης έξυπνων συσκευών (smart devices) και στερεοσκοπικών γυαλιών εικονικής πραγματικότητας (HMD) μεταξύ άλλων και στην στατική ισορροπία. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η διάρκεια 20 λεπτών εμβύθιση σε εικονικό περιβάλλον ή έκθεση σε έξυπνη συσκευή, επιδρά αρνητικά στην στατική ισορροπία σε σχέση με την έκθεση διάρκειας 5 λεπτών. (Lee et al, 2019). Υποστηρικτικά στα παραπάνω δεδομένα ήταν και το πόρισμα της μελέτης του Erupt και των συνεργατών του το 2014. Στην συγκεκριμένη μελέτη μεσήλικες και γηραιοί με διαταραχή στην ισορροπία αλλά και υγιείς νέοι άνδρες εκτέθηκαν σε συνθήκες εικονικής πραγματικότητας καθώς και σε απλή οθόνη (Monitor). Το αποτέλεσμα ήταν ότι σε αντίθεση με την απλή οθόνη, το HMD, που χρησιμοποιείται σε αυτή τη μελέτη, οδηγεί σε διαταραχή της στάσης και στα δυο είδη δοκιμαζομένων.

Στην περίπτωση της δυναμικής ισορροπίας τα αποτελέσματα διαφόρων μελετών παρουσιάζονται εξίσου αντιφατικά. Ο Robert και οι συνεργάτες του (2016) συμπέραναν πως όταν ένα παιχνίδι εικονικής πραγματικότητας φέρνει το σώμα σε πιο απαιτητικές δυναμικές συνθήκες (Μεγάλη κίνηση της κεφαλής, περιστροφή κορμού) μπορεί να επιφέρει αρνητικές επιπτώσεις στη δυναμική ισορροπία. Στην ίδια μελέτη (2016) αναφέρεται πως οι μεγάλες κινήσεις της

κεφαλής όπου δεν ανιχνεύονται σωστά από το HMD, μπορεί να οδηγήσουν σε σύγκρουση μεταξύ οπτικών και αιθουσαίων πληροφοριών. Αυτή η σύγκρουση μπορεί να προκαλέσει πονοκεφάλους και ναυτία κατά τη σχετιζόμενη με την εμβύθιση χρονική στιγμή, τα οποία με τη σειρά τους μπορούν να επηρεάσουν το χρόνο απόκρισης. Το πιο σημαντικό, είναι πιθανό ότι αυτές οι συγκρούσεις μπορούν να εμποδίσουν σε μεγάλο βαθμό την ισορροπία και, επομένως, την ασφάλεια του χρήστη (Akiduki et al, 2003, Akizuki et al, 2005, Virk et al, 2006, Reed-Jones et al, 2008) .

Στην αντίπερα όχθη, στη μελέτη των Kim και οι συνεργάτες του (2018) διερευνήθηκε εάν η κινητική ασθένεια λόγω χρήσης VR προκαλεί αλλαγή στη δυναμική ισορροπία και επεισόδια πτώσεων σε υγιείς νεαρούς αλλά και όλων των ηλικιών άντρες. Έπειτα από 20λεπτη εμβύθιση (Samsung Gear VR), παρά το γεγονός ότι η ικανότητα σταθεροποίησης του σώματος μειώθηκε ελαφρώς και υπήρξαν συμπτώματα της ασθένειας των κινήσεων, δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές επιδράσεις στην δυναμική ισορροπία. Το συμπέρασμα της μελέτης ήταν ότι ένα παιχνίδι εικονικής πραγματικότητας προκαλεί ασθένεια κίνησης αλλά δεν επηρεάζει τη δυναμική ισορροπία.

Η διαταραχή της στατικής και δυναμικής σταθερότητας της στάσης προκαλείται από ασυμφωνίες μεταξύ των χωροχρονικών ερεθισμάτων προς τα αισθητήρια και κινητικά συστήματα του ανθρώπινου σώματος. Η ικανότητα διατήρησης της στάσης βασίζεται σε προβλέψιμες σχέσεις μεταξύ οπτικών, αιθουσαίων και σωματοαισθητικών αισθήσεων (αίσθηση της αφής, την ιδιοδεκτικότητα (αίσθηση θέσης και κίνησης) και ανάλογα με τη χρήση την απτική αντίληψη. Όταν αλλάζουν αυτές οι σχέσεις, η προκύπτουσα διαταραχή των αισθητικών ερεθισμάτων δημιουργεί μια ανάγκη προσαρμογής και τα συστήματα ελέγχου της στάσης είναι προσωρινά διαταραγμένα (Kennedy et al., 1997). Στην παρακάτω Μελέτη οι ερευνητές επιδίωξαν να εξετάσουν αυτή την οπτικο-αισθητική διαμάχη μέσω της εικονικής πραγματικότητας, Χρησιμοποίησαν για αυτό το σκοπό ένα εικονικό περιβάλλον το οποίο μετακινούταν σε διπλάσιο βαθμό από την κίνηση της κεφαλής γύρω από τον κατακόρυφο άξονα ή σε παρόμοιο βαθμό αλλά προς αντίθετη κατεύθυνση. Τα

αποτελέσματα έδειξαν ότι η ταυτόχρονη είσοδος συγκρουόμενων ερεθισμάτων από το οπτικό και το αιθουσαίο σύστημα προκαλεί τα συμπτώματα της ασθένειας των κινήσεων καθώς και διατάραξη της στατικής ισορροπίας αμέσως μετά το πέρας της χρήσης. (Akiduki et al, 2003). Επίσης σύμφωνα με τους T. Tossovainen et al (2003) τονίζεται ότι ανάλογα με το σχεδιασμό του ερεθίσματος που επιφέρει η εικονική πραγματικότητα μπορεί να προκαληθούν διαφορετικές επιπτώσεις στον έλεγχο της ισορροπίας. Έρευνες οι οποίες εξέτασαν την εικονική πραγματικότητα ως μέσο επίλυσης διαφόρων προβλημάτων, μεταξύ αυτών και προβλημάτων ισορροπίας, έδειξαν θετικά αποτελέσματα. Όταν η εμπύθιση πραγματοποιείται σε συγκεκριμένο περιβάλλον, με συγκεκριμένο σκοπό δύναται να επιφέρει θετικές προσαρμογές στην ισορροπία σύμφωνα με τους (Mao et al ,2014). Οι ίδιοι στην μελέτη τους συμπέραναν ότι η προπόνηση μέσω συστήματος εικονικής πραγματικότητας μπορεί να ενεργοποιήσει τον εγκεφαλικό φλοιό και να βελτιώσει την ικανότητα προσανατολισμού των ασθενών, διευκολύνοντας έτσι τον φλοιό να ελέγχει την ισορροπία και να αυξάνει τη λειτουργία κίνησης. Όλες οι μελέτες (εκτός από μία), σε ανασκόπηση για την βελτίωση της ισορροπίας μέσω της χρήσης συσκευών εικονικής πραγματικότητας σε ασθενείς που έχουν υποστεί εγκεφαλικό, έδειξαν σημαντική βελτίωση στη στατική ή δυναμική ισορροπία (Ling chen et al, 2016). Μια ακόμη μελέτη σε κοινότητες ηλικιωμένων έδειξε ότι η άσκηση των παιχνιδιών εικονικής πραγματικότητας μπορεί να βελτιώσει την ισορροπία και το βάδισμα των ατόμων μεγάλης ηλικίας (Park et al, 2015). Βελτίωση παρατηρήθηκε και σε υγιείς ενήλικες ύστερα από εξάσκηση μέσω χρήσης συσκευών εικονικής πραγματικότητας στον έλεγχο της ισορροπίας (Prasertsakul et al, 2018) . Με βάση την παραπάνω βιβλιογραφική ομοφωνία φαίνεται πως η στοχευμένη χρήση εικονικής πραγματικότητας για βελτίωση της ισορροπίας μεταξύ άλλων μπορεί να επιφέρει θετικά αποτελέσματα σε αντίθεση με την άναρχη εισροή οπτικό-αισθητικών ερεθισμάτων.

Πλέον, εκτός από τον επαγγελματικό εξοπλισμό, η εμπύθιση σε περιβάλλον εικονικής πραγματικότητας είναι επίσης εφικτή με τη χρήση μόνο ενός κατάλληλα προσαρμοσμένου πλαστικού περιβλήματος ή χάρτινου κουτιού

στο οποίο εισέρχεται το κινητό πχ. Google cardboard, Turbo-x VR, Google day dream και άλλα (Guna, et al,2019). Η χρήση αυτού του εξοπλισμού είναι ευρέως διαδεδομένη καθώς είναι πιο οικονομική σε σχέση με οποιοδήποτε άλλο είδος εξοπλισμού εικονικής πραγματικότητας (Castelvecchi, 2016). Κατά τη χρήση, παράγει εικόνες παρόμοιες με αυτές που παράγονται από επαγγελματικό εξοπλισμό και τα θέματα υγείας που σχετίζονται με τη χρήση έξυπνων συσκευών είναι πιθανό να αυξηθούν καθώς η αυξημένη χρήση αυτών των συσκευών μπορεί να οδηγήσει σε διαφορετικούς κινδύνους σε σύγκριση με την παρακολούθηση μιας απλής οθόνης (Donggeon Lee et al, 2019). Φυσικά τέτοιου είδους εξοπλισμός υστερεί σε μεγάλο βαθμό σε ποιότητα απεικόνισης του εικονικού περιβάλλοντος σε σχέση με ακριβότερο εξοπλισμό γεγονός που μπορεί να επιφέρει ταχύτερα συμπτώματα ασθένειας των κινήσεων (Steinicke et al, 2014) τα οποία με τη σειρά τους πιθανόν δημιουργούν διαταραχές στην ισορροπία μετά το πέρας της χρήσης (Bos et al, 2013). Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι το 2017 το συμπέρασμα της μελέτης των Munafo και συνεργάτες, ήταν ότι η επιρροή της χρήσης των συσκευών εικονικής πραγματικότητας είναι διαφορετική ανάλογα με το φύλο και επηρεάζει περισσότερο τις γυναίκες. Κατι τέτοιο διαψεύστηκε από τους Grassini και Laumann το 2020 καθώς το συμπέρασμα της ανασκόπησης τους ήταν ότι είναι δύσκολο να επιτευχθεί μια συνολική συναίνεση στη βιβλιογραφία για μια διαφορά στις επιδράσεις των δυο φύλων. Ένας πολύπλοκος συνδυασμός διαφορετικών μεμονωμένων παραγόντων και ανεξέλεγκτων πειραματικών μεταβλητών μπορεί να εξηγήσει καλύτερα τις διαφορές των αποτελεσμάτων που βρέθηκαν στη βιβλιογραφία μέχρι τώρα για αυτό το ζήτημα.

III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Δείγμα

Στην παρούσα μελέτη συμμετείχαν εννέα φοιτητές του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού (ΤΕΦΑΑ) ηλικίας $20. \pm 3$, μέσου βάρους 76,4kg και μέσου ύψους 178,9cm. Το 88.8% των συμμετεχόντων δεν είχε

καμία προηγούμενη εμπειρία εμπύθισης σε περιβάλλον εικονικής πραγματικότητας.

Διαδικασία μετρήσεων

Το πείραμα περιλάμβανε συνολικά 3 μετρήσεις από τις οποίες η πρώτη πραγματοποιούνταν πριν την παρέμβαση, η δεύτερη αμέσως μετά την παρέμβαση και η τρίτη δέκα λεπτά μετά το πέρας της παρέμβασης. Κάθε συνεδρία ξεκινούσε με τη μέτρηση της στατικής ισορροπίας και ολοκληρωνόταν με τη μέτρηση της δυναμικής ισορροπίας. Όλοι οι δοκιμαζόμενοι ακολούθησαν την ίδια τυποποιημένη διαδικασία μέτρησης και ο κάθε δοκιμαζόμενος πραγματοποιούσε τη δοκιμασία μόνος του με την παρουσία του εξεταστή.

Πληροφορίες οι οποίες αφορούσαν τη σωματική μάζα, το ύψος και την ηλικία συλλέχθηκαν κατά την έναρξη της διαδικασίας αμέσως μετά την άφιξη του δοκιμαζομένου. Η σωματική μάζα (kg) και το σωματικό ανάστημα (cm) μετρήθηκαν χωρίς υποδήματα σε ζυγαριά με ενσωματωμένο αναστημόμετρο.

3.1 Μέτρηση της στατικής ισορροπίας του σώματος

Ύστερα από αναλυτική περιγραφή της διαδικασίας και χωρίς να προηγηθεί εξοικείωση ξεκίνησε η μέτρηση της στατικής ισορροπίας. Ο δοκιμαζόμενος κλήθηκε να παραμείνει ακίνητος με τα χέρια στο ισχίο και τα πόδια στο άνοιγμα των ώμων πάνω σε μια ξύλινη βάση ύψους 2,50 cm τοποθετημένη 70 cm μακριά από το σημείο που ο ίδιος διατηρούσε οπτική επαφή, σύμφωνα με τις οδηγίες του εξεταστή. Ύστερα πραγματοποιήθηκαν 4 διαφορετικές δοκιμασίες διάρκειας 20 δευτερολέπτων από 2 φορές η κάθε μία. Οι δοκιμασίες ήταν οι εξής: α) Διποδική στήριξη με μάτια ανοιχτά, β) Διποδική στήριξη με μάτια κλειστά, γ) Μονοποδική στήριξη με μάτια ανοιχτά (δεξί πόδι) και δ) Μονοποδική στήριξη με μάτια κλειστά (δεξί πόδι). Για την ακριβή καταγραφή των ακούσιων ταλαντώσεων του σώματος κατά τον έλεγχο της στατικής ισορροπίας χρησιμοποιήθηκε αδρανειακός αισθητήρας (Gyko

Microgate, Mikrogate, Bolzano, Italy), ο οποίος ήταν τοποθετημένος με συγκεκριμένη ζώνη πρόσδεσης στο ύψος του ισχίου, ώστε να μην επηρεάζεται από την προσθιοπίσθια κίνηση του κοιλιακού τοιχώματος κατά τον κύκλο αναπνοής. Οι πληροφορίες συλλέγονταν σε ηλεκτρονικό υπολογιστή, ο οποίος ήταν συγχρονισμένος με την συσκευή.

3.2 Μέτρηση της δυναμικής ισορροπίας

Ύστερα από επίδειξη και χωρίς να πραγματοποιηθεί εξοικείωση με τη δοκιμασία ακολούθησε η μέτρηση της δυναμικής ισορροπίας του σώματος. Για την αξιολόγηση της δυναμικής ισορροπίας χρησιμοποιήθηκε η δοκιμασία Y-BALANCE TEST, με βάση την οποία μετράται η απόσταση που διανύεται από το ένα σκέλος προς διάφορες κατευθύνσεις κατά την στήριξη του σώματος στο ετερόπλευρο άκρο (Plisky et al, 2009). Η δοκιμασία απαιτούσε από το άτομο να στέκεται πάνω σε μια ορθογώνια ξύλινη βάση με το δεξί άκρο και να ολισθαίνει με το ελεύθερο σκέλος ένα ορθογώνιο ξύλινο πλακίδιο – δείκτη κατά μήκος 3 σωλήνων μήκους 1,54 μέτρων προσανατολισμένους οπίσθια, πρόσθια έσω και πρόσθια έξω. Η διανυόμενη απόσταση καταγράφονταν ως το κοντινότερο σημείο μεταξύ του ποδιού στήριξης και του πλαστικού ορθογώνιου πλακιδίου – δείκτη το οποίο έχει μετακινηθεί (Coughlan et al, 2012). Το πρωτόκολλο περιλάμβανε τρεις προσπάθειες προς κάθε κατεύθυνση με στήριξη στο αριστερό πόδι στο έδαφος κατά τις οποίες ο δοκιμαζόμενος είχε τα χέρια σε διαρκή επαφή με το ισχίο (Smith et al., 2015). Κάθε προσπάθεια κατά την οποία ο δοκιμαζόμενος έχανε την ισορροπία του και ερχόταν σε επαφή με το έδαφος, χαρακτηριζόταν ως άκυρη και επαναλαμβανόταν.

3.3 Εμβύθιση στο εικονικό περιβάλλον – παρέμβαση

Για την απεικόνιση του εικονικού περιβάλλοντος χρησιμοποιήθηκαν στερεοσκοπικά γυαλιά εικονικής πραγματικότητας Turbo-X VR glasses (Turbo-X VR, Greece) και κινητό τηλέφωνο Apple I-phone 8 plus (I-phone, Apple

California) με διαστάσεις οθόνης 5,7 ιντσών, με το οποίο ήταν συμβατή η συσκευή. Τα συγκεκριμένα στερεοσκοπικά γυαλιά διαθέτουν ιμάντες στήριξης για την πλήρη πρόσδεση στην κεφαλή και με αυτόν τον τρόπο υπάρχει ελευθερία κίνησης προς κάθε κατεύθυνση. Η συσκευή αξιοποιεί το γυροσκόπιο και την οθόνη του κινητού για την ψηφιακή απεικόνιση και παρέχει οπτικό πεδίο γωνίας 100 μοιρών (εκατό).

Η διαδικασία εμπύθισης βασίστηκε σε ένα τρισδιάστατο παιχνίδι, το οποίο ονομάζεται MazeWalkVR και περιλαμβάνει κινήσεις της κεφαλής και περιστροφικές κινήσεις του κορμού από καθιστή θέση. Κατά την έναρξη της διαδικασίας προηγήθηκε μια περίοδος εξοικείωσης με το εικονικό περιβάλλον διάρκειας 5 λεπτών, καθώς επίσης δόθηκαν βασικές οδηγίες χρήσης της εφαρμογής και κατόπιν ακολουθούσε η παρέμβαση - εμπύθιση διάρκειας 12 λεπτών. Το εικονικό περιβάλλον ήταν μια αναπαράσταση ενός λαβύρινθου όπου ο δοκιμαζόμενος έπρεπε να εξερευνήσει με σκοπό να ανακαλύψει την έξοδο. Η οπτική απεικόνιση ήταν πρώτου προσώπου (First person), δηλαδή το άτομο διατηρούσε οπτική επαφή με το εικονικό περιβάλλον μέσα από τα δικά του μάτια χωρίς να βλέπει κάποιο είδωλο του εαυτού του (avatar). Η ποιότητα της απεικόνισης του εικονικού περιβάλλοντος ήταν σχετικά χαμηλή, γεγονός το οποίο δημιούργησε δυσφορία και δυσκολία συνέχειας του παιχνιδιού, σε αρκετούς από τους δοκιμαζόμενους κατά τα τελευταία λεπτά της δοκιμασίας (Moss et al, 2011). Όλοι οι δοκιμαζόμενοι ολοκλήρωσαν την δοκιμασία κανονικά.



Εικόνα 1. Στιγμιότυπο του παιχνιδιού. Είναι διακριτή η απεικόνιση πρώτου προσώπου καθώς και η ποιότητα ανάλυσης

3.4 Πρώτη και δεύτερη επαναμέτρηση στατικής και δυναμικής ισορροπίας

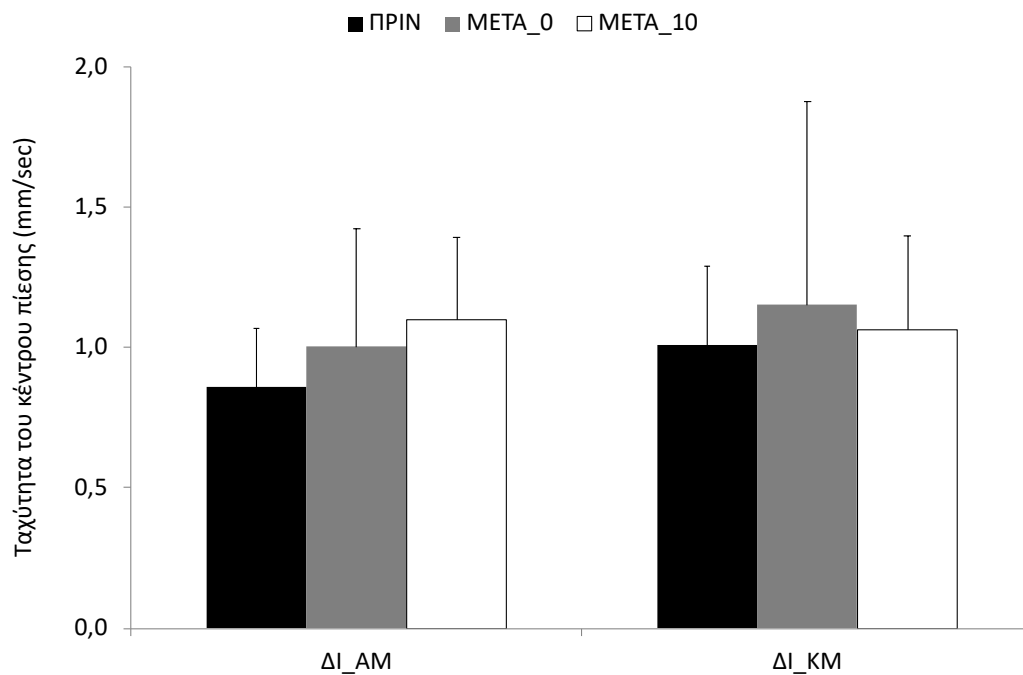
Αμέσως μετά το πέρας της διαδικασίας εμβύθισης καθώς και μετά από 10 λεπτά πραγματοποιήθηκε μέτρηση στατικής και δυναμικής ισορροπίας ακριβώς με την ίδια μέθοδο που είχε χρησιμοποιηθεί για την μέτρηση πριν από την παρέμβαση ώστε να ανιχνευτούν οι διαφορές.

IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

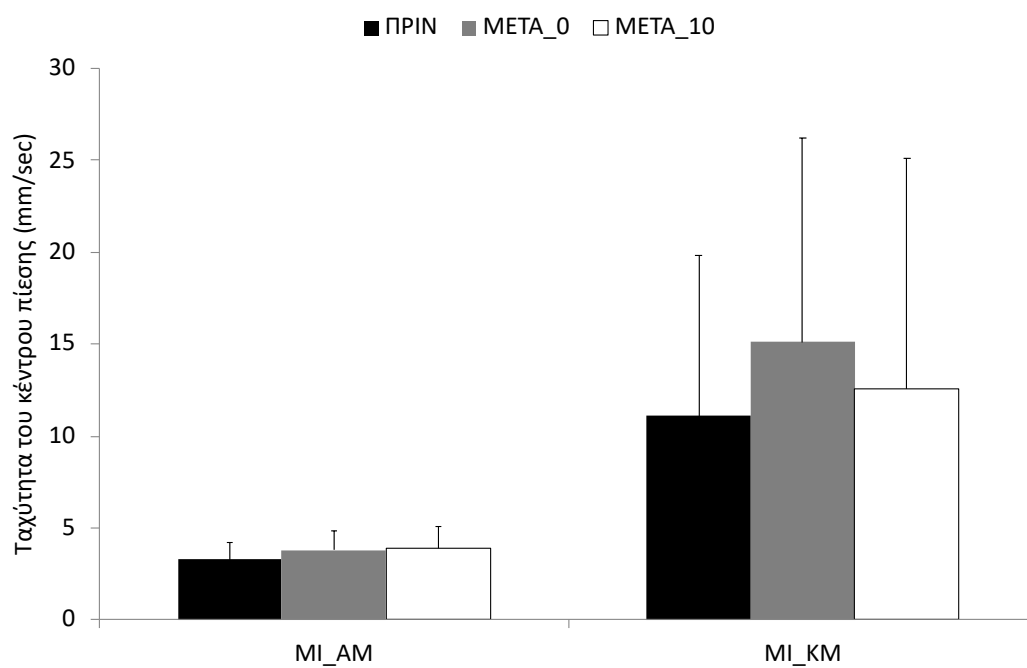
4.1 Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα, που προέκυψαν από τις μετρήσεις, έδειξαν ότι το παιχνίδι με 15λεπτη διάρκεια σε συνθήκες έντονης κινητικής συμμετοχής της κεφαλής και του κορμού και χαμηλής ευκρίνειας εικονικής πραγματικότητας έχει αρνητικές επιπτώσεις στην στατική ισορροπία. Αντιθέτως, στην δυναμική ισορροπία έχει ασήμαντες / ελάχιστες επιδράσεις. Αμέσως, μετά την διαδικασία εμβύθισης, οι τιμές των μετρήσεων στην στατική ισορροπία μειώθηκαν σε σχέση με τις αρχικές μετρήσεις, ενώ στην δυναμική ισορροπία διατηρήθηκαν ίδιες. Αυτό όμως δεν παρατηρήθηκε στις τιμές των μετρήσεων 10 λεπτών μετά από τη διαδικασία εμβύθισης, οι οποίες έδειξαν πορεία θετική και ανοδική. Καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η διαδικασία εμβύθισης μπορεί να χειροτερεύσει την στατική ισορροπία ακριβώς μετά το τέλος του παιχνιδιού μέσω της αυξημένης ακούσιας ελαφριάς ταλάντωσης του σώματος. Όμως, αυτό υποχωρεί αισθητά ύστερα από 10 λεπτά αποχής. Γενικότερα, όμως, η δυναμική ισορροπία σε όλη την φάση της μελέτης, δηλαδή πριν, μετά την εμβύθιση και δέκα λεπτά μετά την εμβύθιση έχει επηρεαστεί στο ελάχιστο.

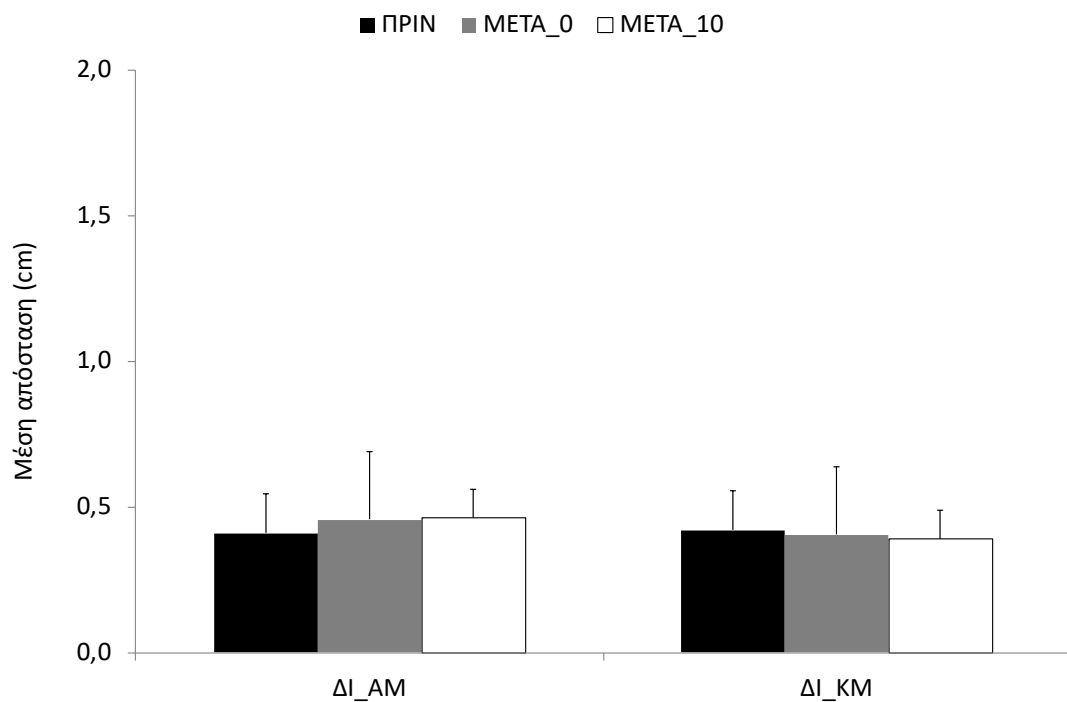
Οι υπόλοιπες μελέτες, που έχουν γίνει, ανέφεραν θετικά αποτελέσματα όσον αφορά την επίδραση και τη βελτίωση της ισορροπίας. Δεδομένου όμως ότι δεν υπάρχουν πολλές μελέτες με μεγάλα μεγέθη δείγματος και τα πρωτόκολλα παρέμβασης και τα μέτρα έκβασης για την αξιολόγηση ποικίλουν, απαιτούνται περαιτέρω έρευνες με ισχυρότερα επιστημονικά στοιχεία προκειμένου να μετρηθούν και να αξιολογηθούν τα αποτελέσματα της επίδρασης της εικονικής πραγματικότητας στην στατική και την δυναμική ισορροπία των νεαρών ατόμων. Τα αποτελέσματα της έρευνας είναι αξιόπιστα και έγκυρα. Οι μετρήσεις είναι σωστές και επιβεβαιωμένες καθώς προϋπήρχαν οι κατάλληλες συνθήκες και παρήχθησαν τα κατάλληλα μέτρα.



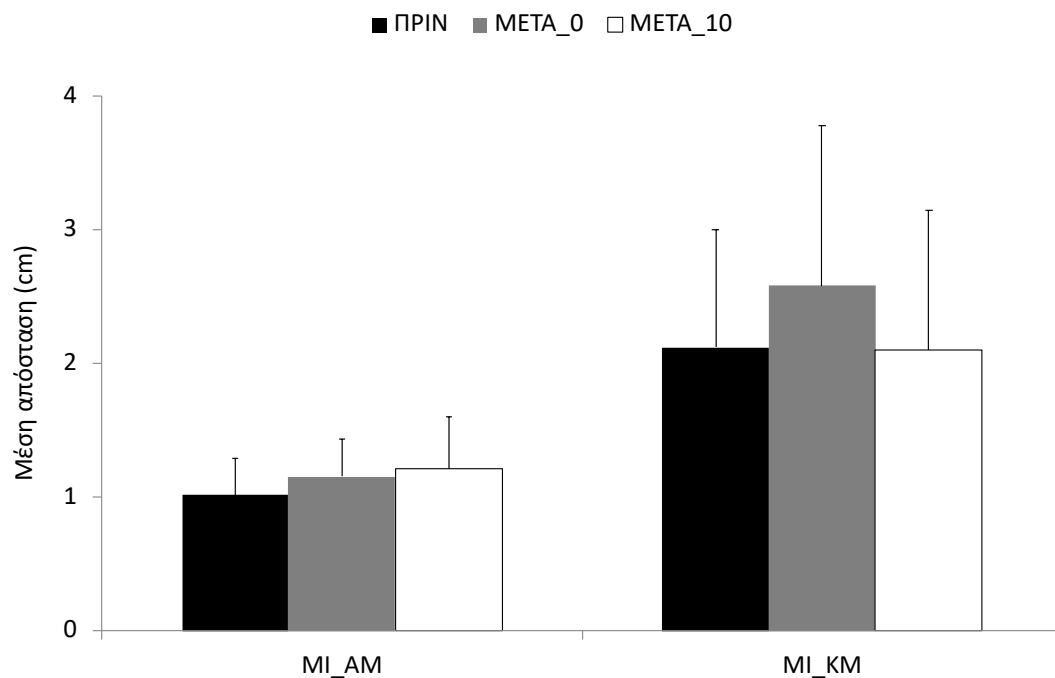
Εικόνα 2. Μέσοι όροι και σταθερές αποκλίσεις (ράβδοι) της ταχύτητας του κέντρου πίεσης κατά την διποδική ισορροπία (ΔΙ) με ανοικτά μάτια (ΑΜ) και κλειστά μάτια (ΚΜ) πριν και μετά την εμβύθιση με στερεοσκοπικά γυαλιά εικονικής πραγματικότητας.



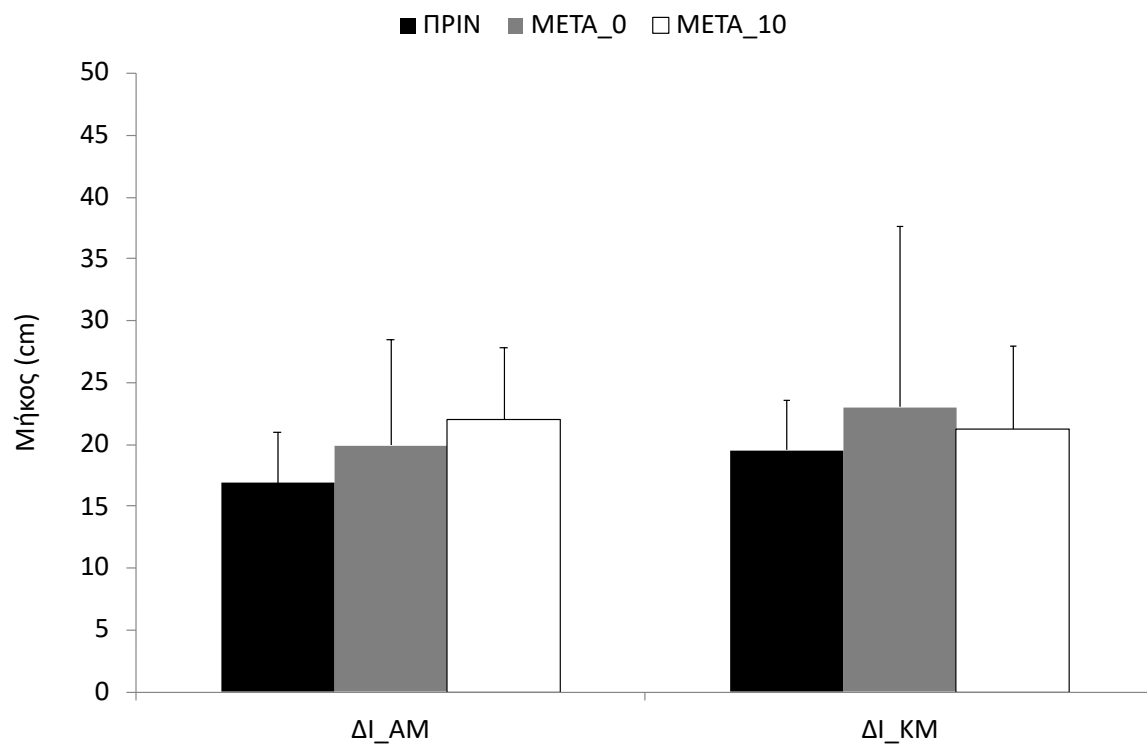
Εικόνα 3. Μέσοι όροι και σταθερές αποκλίσεις (ράβδοι) της ταχύτητας του κέντρου πίεσης κατά την μονοποδική ισορροπία (ΜΙ) με ανοικτά μάτια (ΑΜ) και κλειστά μάτια (ΚΜ) πριν και μετά την εμβύθιση με στερεοσκοπικά γυαλιά εικονικής πραγματικότητας.



Εικόνα 4. Μέσοι όροι και σταθερές αποκλίσεις (ράβδοι) της μέσης απόστασης κατά την διποδική ισορροπία (ΔΙ) με ανοικτά μάτια (ΑΜ) και κλειστά μάτια (ΚΜ) πριν και μετά την εμβύθιση με στερεοσκοπικά γυαλιά εικονικής πραγματικότητας.

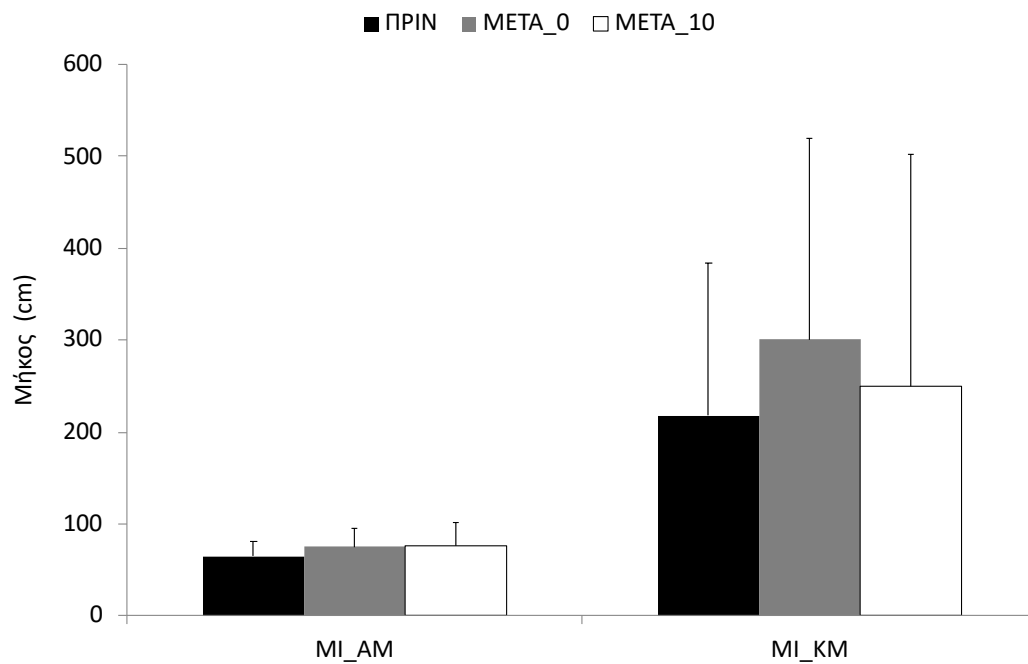


Εικόνα 5. Μέσοι όροι και σταθερές αποκλίσεις (ράβδοι) της μέσης απόστασης κατά την μονοποδική ισορροπία (ΜΙ) με ανοικτά μάτια (ΑΜ) και κλειστά μάτια (ΚΜ) πριν και μετά την εμβύθιση με στερεοσκοπικά γυαλιά εικονικής πραγματικότητας.

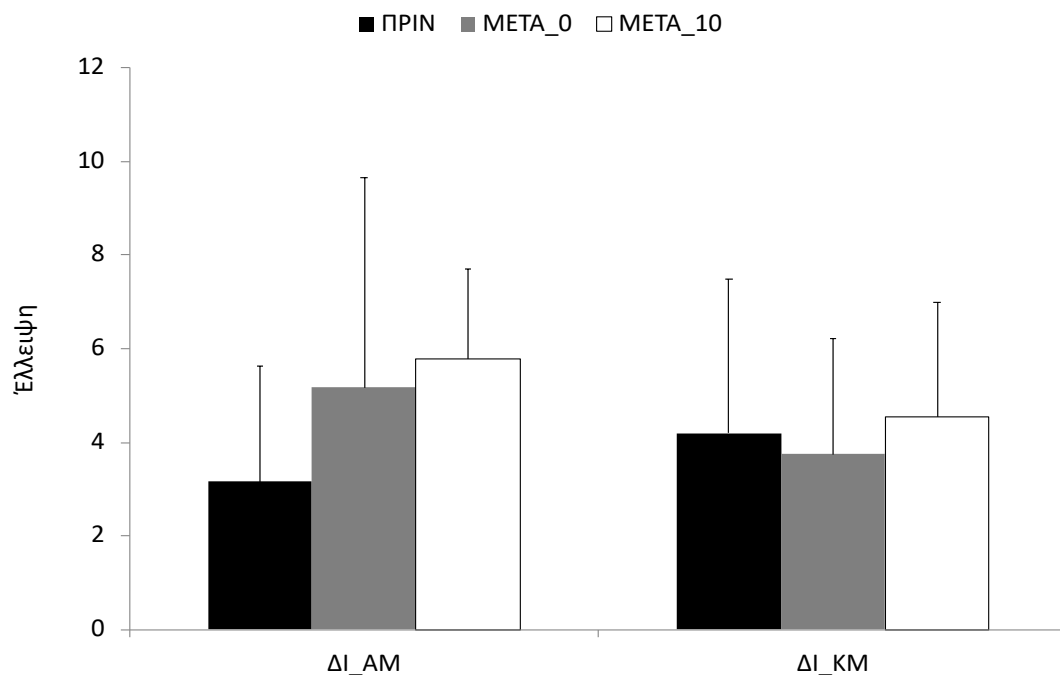


Εικόνα 6. Μέσοι όροι και σταθερές αποκλίσεις (ράβδοι) του μήκους κατά την

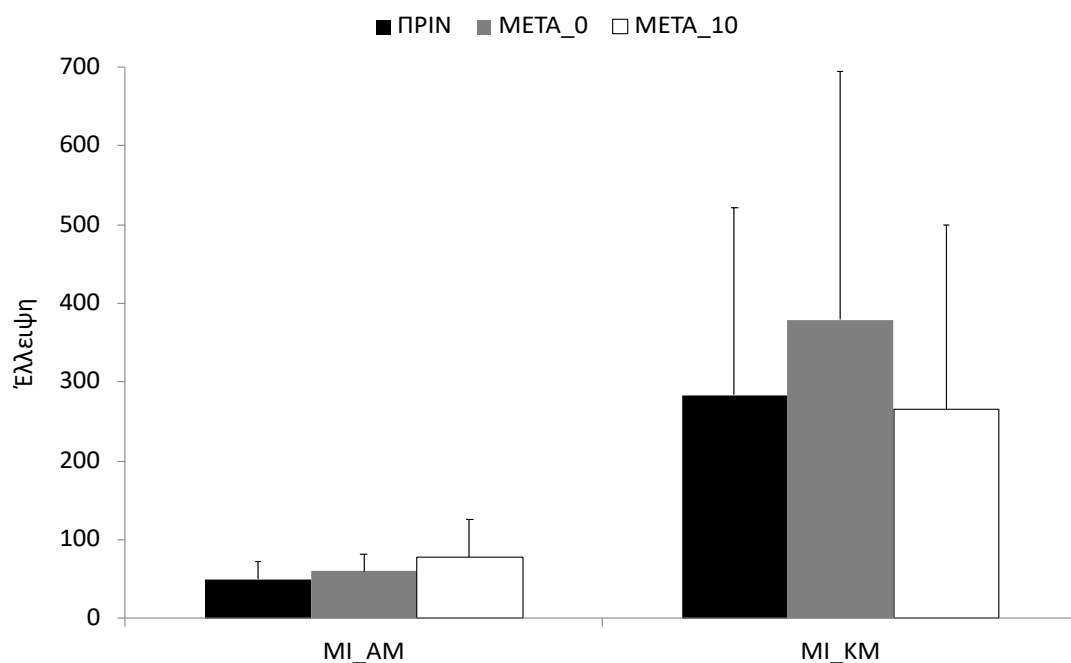
διποδική ισορροπία (ΔΙ) με ανοικτά μάτια (ΑΜ) και κλειστά μάτια (ΚΜ) πριν και μετά την εμβύθιση με στερεοσκοπικά γυαλιά εικονικής πραγματικότητας.



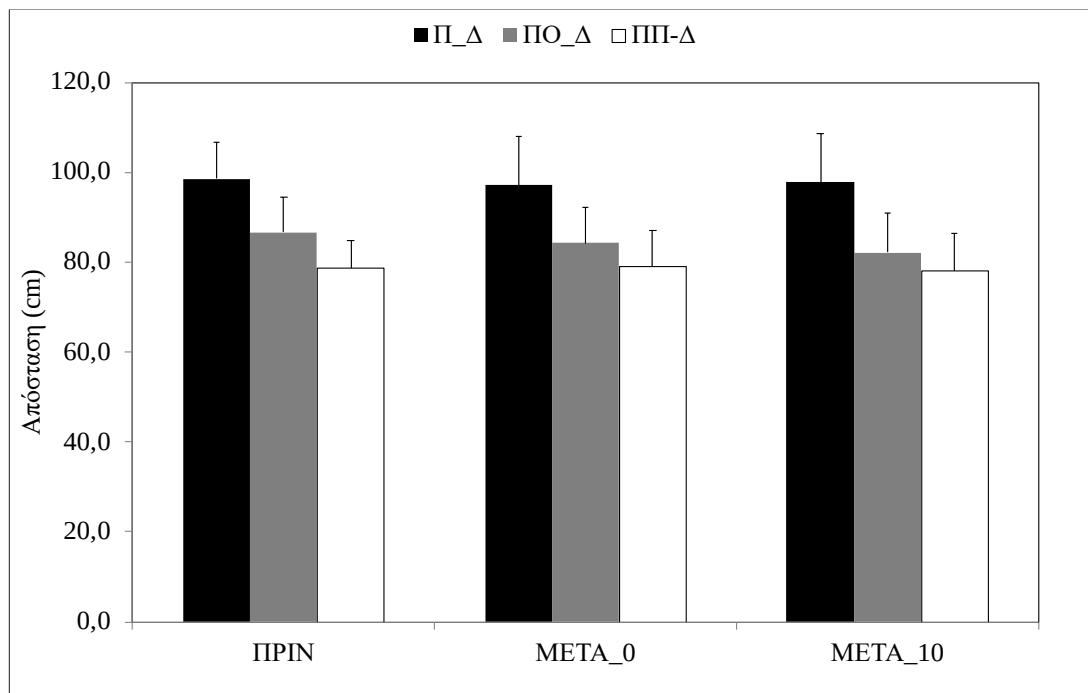
Εικόνα 7. Μέσοι όροι και σταθερές αποκλίσεις (ράβδοι) του μήκους κατά την μονοποδική ισορροπία (ΜΙ) με ανοικτά μάτια (ΑΜ) και κλειστά μάτια (ΚΜ) πριν και μετά την εμβύθιση με στερεοσκοπικά γυαλιά εικονικής πραγματικότητας.



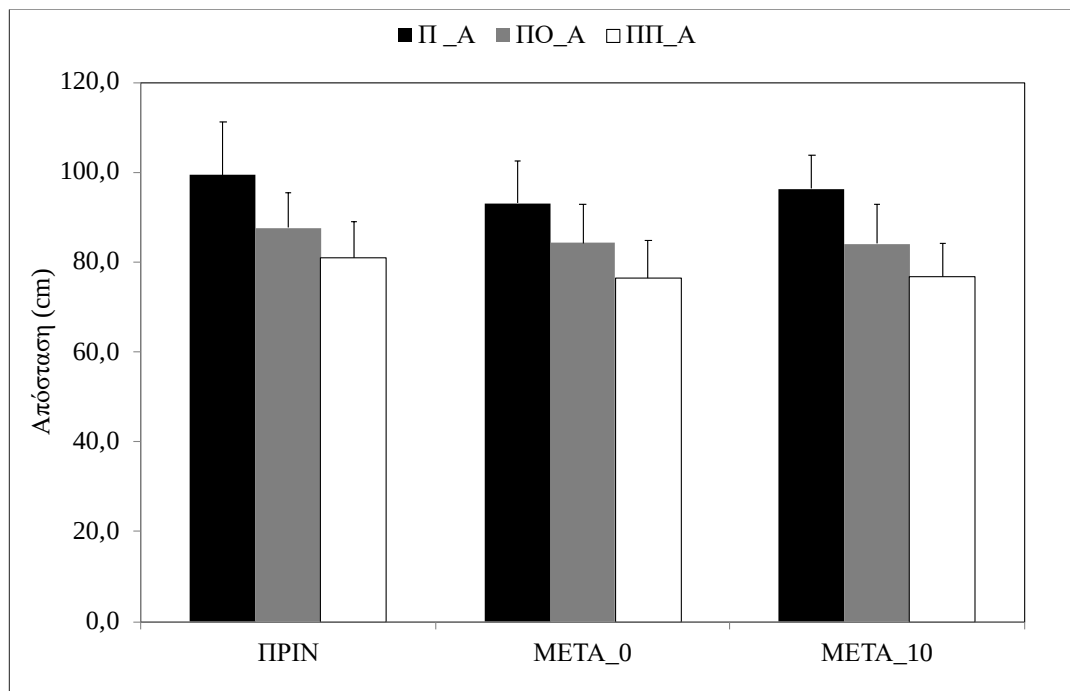
Εικόνα 8. Μέσοι όροι και σταθερές αποκλίσεις (ράβδοι) της έλλειψης κατά την διποδική ισορροπία (ΔΙ) με ανοικτά μάτια (ΑΜ) και κλειστά μάτια (ΚΜ) πριν και μετά την εμβύθιση με στερεοσκοπικά γυαλιά εικονικής πραγματικότητας



Εικόνα 9. Μέσοι όροι και σταθερές αποκλίσεις (ράβδοι) της έλλειψης κατά την μονοποδική ισορροπία (ΜΙ) με ανοικτά μάτια (ΑΜ) και κλειστά μάτια (ΚΜ) πριν και μετά την εμβύθιση με στερεοσκοπικά γυαλιά εικονικής πραγματικότητας



Εικόνα 10. Μέσοι όροι και σταθερές αποκλίσεις (ράβδοι) της απόστασης κατά την δοκιμασία δυναμικής ισορροπίας σε προσθιο επίπεδο δεξιού ποδιού (Π_Δ), προσθιοπίσθιο επίπεδο δεξιού ποδιού (ΠΟ_Δ) και προσθιοπλάγιο επίπεδο δεξιού ποδιού (ΠΠ_Δ) πριν και μετά την εμβύθιση με στερεοσκοπικά γυαλιά εικονικής πραγματικότητας.



Εικόνα 11. Μέσοι όροι και σταθερές αποκλίσεις (ράβδοι) της απόστασης κατά την δοκιμασία δυναμικής ισορροπίας σε προσθιο επίπεδο αρριστερού ποδιού (Π_A), προσθιοπίσθιο επίπεδο αρριστερού ποδιού (ΠΟ_A) και προσθιοπλάγιο επίπεδο αρριστερού ποδιού (ΠΠ_A) πριν και μετά την εμβύθιση με στερεοσκοπικά γυαλιά εικονικής πραγματικότητας.

V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στην παρούσα μελέτη εξετάστηκε εάν η 15λεπτη εμβύθιση σε τρισδιάστατο παιχνίδι μέσω της χρήσης στερεοσκοπικών γυαλιών εικονικής πραγματικότητας, επηρεάζει την δυναμική ή/και την στατική ισορροπία νεαρών δοκιμαζόμενων. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι η στατική ισορροπία επηρεάστηκε αρνητικά σε μεγαλύτερο βαθμό από ότι η δυναμική ισορροπία. Η εξέταση δυο διαφορετικών συνθηκών στατικής ισορροπίας (με κλειστά και με ανοιχτά μάτια) έφερε στην επιφάνεια μια παρατήρηση η οποία είναι άξια αναφοράς. Παρότι οι τιμές της στατικής ισορροπίας με κλειστά μάτια έδειξαν χειρότερηση στην πρώτη μέτρηση, στις επόμενες μετρήσεις παρατηρήθηκε σταδιακή και προοδευτική βελτίωση των τιμών αυτών. Η σημαντικότητα της παρατήρησης αυτής αφορά τις τιμές των μετρήσεων της στατικής ισορροπίας με ανοιχτά μάτια, οι οποίες δεν τήρησαν την παραπάνω ακολουθία αλλά αντίθετα παρατηρήθηκε σταδιακή χειρότερηση ακόμη και δέκα λεπτά μετά το πέρας της εμβύθισης. Η παρατήρηση αυτή δημιουργεί προβληματισμό ως προς την κυρίαρχη συμμετοχή του οπτικού συστήματος στο σύστημα ισορροπίας του ατόμου και κατά πόσο η έκθεση σε συνθήκες εικονικής πραγματικότητας το επηρεάζει αρνητικά. Σε έρευνα του Howarth το 1997 αναφέρεται ότι τα γυαλιά στερεοσκοπικής πραγματικότητας (HMDs) είναι ευάλωτα σε προβλήματα της κακής ευθυγράμμισης ανάμεσα στα μάτια του χρήστη και τη φυσική θέση της οπτικής του συστήματος και μπορεί να επιφέρουν οπτικά συμπτώματα δυσφορίας, όπως παροδική ετεροφορία ή ακόμα και μυϊκές ανισορροπίες. Επίσης, ο συγγραφέας σημείωσε ότι οι αλλαγές αυτές είναι προσωρινές αλλά αυτά είναι χωρίς να λαμβάνεται υπόψιν η εκτεταμένες χρήσεις των VR συσκευών. Επίσης ο ίδιος συγγραφέας αναφέρει σε άλλη μελέτη ότι τα στερεοσκοπικά γυαλιά εικονικής πραγματικότητας είναι άμεσα συνδεδεμένα με δυσφορία στο οπτικό σύστημα.

Η όρθια στάση εξασφαλίζεται από αντανakλαστικά που εκλύονται προς ευθυγράμμιση και αντιβαρική υποστήριξη του σώματος, τα οποία επιτρέπουν σε ένα άτομο να σηκώνεται από την κατακεκλιμένη ή καθιστή θέση στην όρθια διποδική στάση και να διατηρεί σταθερή έκταση των γονάτων, των ισχύων και της ράχης η οποία όμως μπορεί να τροποποιηθεί με μεταβολή της θέσης της κεφαλής και του τραχήλου. Αυτά τα αντανakλαστικά θέσεως εξαρτώνται από τα προσαγωγά αιθουσαία, σωματοαισθητικά (ιδιοδεκτικά, απτικά) και οπτικά ερεθίσματα που ολοκληρώνονται στον νωτιαίο μυελό, το εγκεφαλικό στέλεχος καθώς και στα βασικά γάγγλια (Maurice et al, 2003). Η διαταραχή ισορροπίας με αισθητική αταξία χαρακτηρίζεται από έντονη επιδείνωση όταν αφαιρείται η οπτική ανάδραση. Ο ασθενής μπορεί συχνά να λάβει την όρθια θέση με τα πόδια ενωμένα όταν έχει τα μάτια ανοιχτά ενώ όταν κλείνει τα μάτια η ισορροπία

χάνεται απευθείας. Έτσι αποκαλύπτεται μια μείωση της ιδιοδεκτικής αισθητικότητας στα δάκτυλα ποδιών και στην ποδοκνημική άρθρωση με ακόμη πιο εμφανή διαταραχή παλλαισθησίας (Hanson et al., 2003). Τα προβλήματα ισοροπίας που προκύπτουν από την χρήση στερεοσκοπικών γυαλιών εικονικής πραγματικότητας οφείλονται σε μια κατάσταση σύγκρουσης των οπτικοκινητικών αισθήσεων η οποία ονομάζεται ασθένεια των κινήσεων. Η παραπάνω κατάσταση προκύπτει καθώς τα όργανα ισορροπίας (οι ωτοί και τα ημικυκλικά κανάλια στα αυτιά) παρακολουθούν την κίνηση της κεφαλής και αναφέρουν μια αλλαγή στη θέση της κεφαλής, ενώ τα μάτια αναφέρουν ότι το κεφάλι δεν έχει κινηθεί.(McCauley, 1992)

Στην Ελλάδα, ο περισσότερος κόσμος δεν γνωρίζει ότι υπάρχουν συστήματα Εικονικής Πραγματικότητας και ερευνητικό έργο πάνω σε αυτόν τον τομέα. Βέβαια υστερούμε σε μέγιστο βαθμό, σε σχέση με άλλες χώρες, για παράδειγμα με τις αναπτυγμένες ευρωπαϊκές χώρες (όπως η Γερμανία), ή με τις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής επειδή η ενασχόληση με την Εικονική Πραγματικότητα έχει υψηλό κόστος. Κόστος όχι μόνο για το λογισμικό, καθώς υπάρχουν πολύ καλά εργαλεία ανοιχτού λογισμικού, αλλά κυρίως όσον αφορά τον υλικό εξοπλισμό, ο οποίος δεν διατίθεται σε μεγάλες ποσότητες και είναι πανάκριβος. Έρχομενοι σε αντίθεση με το παρελθόν, το οποίο έδινε πολλές υποσχέσεις, που ποτέ δεν πραγματοποιήθηκαν, επειδή οι συνθήκες και οι τεχνολογίες, που επικρατούσαν δεν ήταν ώριμες όσο έπρεπε, το μέλλον της Εικονικής Πραγματικότητας υπόσχεται μια συνεχόμενη ανάπτυξη σε περισσότερες στέρες και λιγότερο ουτοπικές βάσεις.

Οι μεγάλες αυτές παγκόσμιες εξελίξεις στην τεχνολογία οδήγησαν στην χρήση νέων μεθόδων παρέμβασης χρησιμοποιώντας την εικονική

πραγματικότητα (Virtual Reality ή VR) για να εκτελεσθούν διαφορετικές δραστηριότητες (Bryanton et al., 2006). Όπως προαναφέρθηκε, η εικονική πραγματικότητα επιτρέπει στο χρήστη την αλληλεπίδρασή του σε πραγματικό χρόνο σε ένα τρισδιάστατο περιβάλλον, το οποίο το δημιουργήσε ένας υπολογιστής, δίνοντας στους ανθρώπους εικονικές εμπειρίες, που είναι ίδιες με την πραγματικότητα (Saprosnik et al., 2010). Χρήζει επομένως ιδιαίτερης προσοχής η μελέτη και η παρατήρηση της επίδρασης της εικονικής πραγματικότητας όχι μόνο σε νέους και νέες αλλά και σε ηλικιωμένα άτομα που πιθανόν τα επόμενα χρόνια να έρθουν σε επαφή με τέτοιου είδους τεχνολογίες.

Η εμβύθιση (immersion), είναι μια έννοια στην οποία βασίστηκε η παρούσα μελέτη και αποτελεί βασική έννοια στην εικονική πραγματικότητα. Με απλούστερα λόγια, ο χρήστης απορροφάται (εμβαθύνει) στο εικονικό περιβάλλον με τη χρήση της μάσκας απεικόνισης HMD, παίρνοντας τα εικονικά ερεθίσματα, με αποτέλεσμα να αλληλοεπιδρά στον εικονικό κόσμο σαν να είναι πραγματικός κόσμος. Η VR προσφέρει δυνατότητες για δημιουργία διάφορων εικονικών περιβαλλόντων για θεραπεία, εκπαίδευση, παιχνίδι και επιτρέπει τον ακριβή έλεγχο των 3D παρουσιάσεων.

Τα στερεοσκοπικά γυαλιά εικονικής πραγματικότητας, που εδώ χρησιμοποιήθηκαν και μελετήθηκαν, είναι συσκευή προσαρμοζόμενη στο κεφάλι που παρέχει την εικονική πραγματικότητα στον χρήστη και είναι απαραίτητα για την απεικόνιση της εικονικής πραγματικότητας. Μελετήσαμε, όσο μπορούσαμε, τον αντίκτυπο της συσκευής αυτής στην στατική και στην δυναμική ισορροπία, ο οποίος παραμένει σε μεγάλο βαθμό άγνωστος. Προς το παρόν, τα αποτελέσματα από τις μετρήσεις μας απέδειξαν ότι το παιχνίδι με διάρκεια 15 λεπτών σε συνθήκες με έντονη κινητική συμμετοχή της κεφαλής και του κορμού και της μη υψηλής ευκρίνειας εικονικής πραγματικότητας έχει ασήμαντες επιδράσεις στην δυναμική ισορροπία ενώ στη στατική ισορροπία έχει αρνητικές. Επομένως, επιβάλλεται να εξεταστεί ο αντίκτυπος της προβολής του εικονικού περιβάλλοντος μέσω ενός τέτοιου συστήματος στην ισορροπία του ατόμου κατά την όρθια θέση και είναι αναγκαίο να γίνουν πολλές έρευνες.

VI. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ, ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Ανακεφαλαιώνοντας, σύμφωνα με την νεότερη βιβλιογραφία, η εικονική πραγματικότητα εφαρμόζεται μεταξύ άλλων στην εκπαίδευση και επαγγελματική κατάρτιση, στον πολιτισμό, στην ιατρική, στην αρχιτεκτονική, σε πολεοδομικές και στρατιωτικές εφαρμογές, στην βιομηχανία και κατασκευές, στην ψυχαγωγία (βιντεοπαιχνίδια, θεματικά πάρκα) και στο διαδίκτυο (με τον κυβερνοχώρο και τα μέσα κοινωνικής δικτύωσης). Τα τελευταία χρόνια, η εικονική πραγματικότητα χαρακτηρίζεται από συσκευές, όπως τα στερεοσκοπικά γυαλιά εικονικής πραγματικότητας, αξιοσημείωτα επιτεύγματα της τεχνολογίας που δημιουργούν ζωντανές εμπειρίες εμπύθισης στο άτομο και τα οποία χρησιμοποιήσαμε και στην μελέτη μας. Το μέλλον της εικονικής πραγματικότητας υπόσχεται μια συνεχή ανάπτυξη σε στέρεες και λιγότερο ουτοπικές βάσεις και για αυτό η επίδρασή της είναι αξιοσημείωτη και ερευνησίμη. Ωστόσο, στον τομέα της ισορροπίας (στατική και δυναμική) θα πρέπει να διεξαχθούν περισσότερες έρευνες για να μελετηθούν περισσότερα τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά της και να βελτιωθεί η χρήση τους.

VII. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Akizuki, A. Uno, K. Arai, S. Morioka, S. Ohyama, S. Nishiike, K. Tamura, N. Takeda, Effects of immersion in virtual reality on postural control, *Neurosci. Lett.* 379 (1 (April)) (2005) 23–26.
2. Akizuki, S. Nishiike, H. Watanabe, K. Matsuoka, T. Kubo, N. Takeda, Visual–vestibular conflict induced by virtual reality in humans, *Neurosci. Lett.* 340 (2003) 197–200.
3. Bos, J. E., Ledegang, W. D., Lubeck, A. J., & Stins, J. F. (2013). Cinerama sickness and postural instability. *Ergonomics*, 56(9), 1430-1436.
4. Bouvier, P., DeSorbier, F., Chaudeyrac, P., & Biri, V. (2008, May). Cross-benefits between virtual reality and games. In *International Conference and Industry Symposium on Computer Games, Animation, Multimedia, IPTV, Edutainment and Security (CGAT'08)* (No. 1, p. 10pp).
5. Bijveld MM, Bronstein AM, Golding JF et al. (2008). Nauseogenicity of off-vertical-axis rotation versus equivalent visual motion. *Aviat Space Environ Med* 79: 661–665.
6. Blok R. J. (1992). Simulator sickness in the U.S. Army UH-60A Blackhawk flight simulator. *Military medicine*, 157(3), 109–111.
7. Boyd D (2014). Is the Oculus Rift sexist? <http://qz.com/192874/is-the-oculus-rift-designed-to-be-sexist/> Bowman, D. A., & McMahan, R. P. (2007). Virtual reality: how much immersion is enough?. *Computer*, 40(7).
8. Bryanton, C., Bosse, J., Brien, M., Mclean, J., McCormick, A., Sveistrup, H. (2006). Feasibility, motivation, and selective motor control: virtual reality compared to conventional home exercise in children with cerebral palsy. *Cyberpsychol Behav.*, 9:123- 128.
9. Calvert, S. L., & Tan, S.-L. (1994). Impact of virtual reality on young adults' physiological arousal and aggressive thoughts: interaction versus observation. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 15(1), 125–39.
10. Castelvechi, D. (2016). Low-cost headsets boost virtual reality's lab appeal. *Nature*, 533(7602).

11. Claremont CA (1931). The psychology of sea-sickness. *Psyche* 11: 86–90
12. Cobb S.V.G, Nichols S., Ramsey A., and Wilson J.R., "Virtual Reality-Induced Symptoms and Effects (VRISE)", *Presence*, Vol. 8, pp. 169-186, 1999.
13. Conn, C., Lanier, J., Minsky, M., Fisher, S., &Druin, A. (1989, July). Virtual environments and interactivity: windows to the future. In *ACM SIGGRAPH Computer Graphics* (Vol. 23, No. 5, pp. 7-18).ACM
14. Gusi, N; Parraca, JA; Olivares, PR; Leal, A; Adsuar, JC (2010). "Tilt vibratory exercise and the dynamic balance in fibromyalgia: A randomized controlled trial". *Arthritis Care Res (Hoboken)*. **62**: 1072–8. doi:10.1002/acr.20180
15. Coughlan, G. F., Fullam, K., Delahunt, E., Gissane, C., Caulfield, B. M., & Sci, M. (2012). A Comparison Between Performance on Selected Directions of the Star Excursion Balance Test and the Y Balance Test. *Journal of Athletic Training*, 47(4), 366–371.doi:10.4085/1062-6050-47.4.03
16. Crowley J. S. (1987). Simulator sickness: a problem for Army aviation. *Aviation, space, and environmental medicine*, 58(4), 355–357.
17. Cruz-Neira, C., Sandin, D. J., DeFanti, T. A., Kenyon, R. V., & Hart, J. C. (1992). The CAVE: audio visual experience automatic virtual environment. *Communications of the ACM*, 35(6), 64-73.
18. Eric B. Nash, Gregory W. Edwards, Jennifer A. Thompson & Woodrow Barfield (2000) A Review of Presence and Performance in Virtual Environments, *International Journal of Human–Computer Interaction*, 12:1, 1-41,
19. Goldie PA, Bach TM, Evans OM. Force platform measures for evaluating postural control: reliability and validity. *Arch Phys Med Rehabil*. 1989;70(7):510-517.
20. Golding, J. F., & Stott, J. R. (1995). Effect of sickness severity on habituation to repeated motion challenges in aircrew referred for airsickness treatment. *Aviation, space, and environmental medicine*, 66(7), 625–630

21. Golding JF, Bles W, Bos JE, (2003). Motion sickness and tilts of the inertial force environment: active suspension systems versus active passengers. *Aviat Space Environ Med* 74: 220–227)
22. Golding, J. F. (2016). Motion sickness. In *Handbook of clinical neurology* (Vol. 137, pp. 371-390). Elsevier
23. Guna, J., Geršak, G., Humar, I., Krebl, M., Orel, M., Lu, H., & Pogačnik, M. (2019). Virtual reality sickness and challenges behind different technology and content settings. *Mobile Networks and Applications*, 1-10.
24. Hakkinen, J., Vuori, T., & Paakka, M. (2002, October). Postural stability and sickness symptoms after HMD use. In *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics* (Vol. 1, pp. 147-152). IEEE.
25. Hamilton K.M., Kantor L, and Magee L. E, "Limitations of postural equilibrium tests for examining simulator sickness", *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, Vol. 60, pp. 246-251, 1989.
26. Jayaram, S., Connacher, H. I., & Lyons, K. W. (1997). Virtual assembly using virtual reality techniques. *Computer-aided design*, 29(8), 575-584.
27. Kennedy R.S., Berbaum K.S, and Lilienthal M.G, "Disorientation and postural ataxia following flight simulation", *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, Vol. 68, pp. 1317, 1997.
28. Kennedy R.S. and Stanney K.M "Postural instability induced by virtual reality exposure: Development of a certification protocol", *International Journal of HumanComputer Interaction*, Vol. 8, No. 1, pp. 25-47, 1996
29. Kohl, R. L., Calkins, D. S., & Robinson, R. E. (1991). Control of nausea and autonomic dysfunction with terfenadine, a peripherally acting antihistamine. *Aviation, space, and environmental medicine*, 62(5), 392–396.
30. Kolasinski, E.M. and Gilson, R.D. (1999) Ataxia following exposure to a virtual environment, *Aviat. Space Environ. Med.* 70, pp.264–269.
31. Kölnendorfer, P. " Kinetosis/Motion Sickness: A new Approach for Adaptation in Virtual Reality"; Betreuer/in (nen): H. Kaufmann; *Institute for Software Technology and Interactive Systems*, 2009.

32. Lee, D., Hong, S., Jung, S., Lee, K., & Lee, G. (2019). The Effects of Viewing Smart Devices on Static Balance, Oculomotor Function, and Dizziness in Healthy Adults. *Medical Science Monitor: International Medical Journal of Experimental and Clinical Research*, 25, 8055.
33. Lewis T (2015) When will virtual-reality headsets stop making people sick? <http://www.livescience.com/50129-virtual-reality-nauseasickness.html>. Accessed June 23 2016
34. M.E. McCauley, T.J. Sharkey
Cybersickness: Perception of self-motion in virtual environments
Presence, 1 (1992), pp. 311-317
35. Magdalon E.C, Michaelsen S.M., Quevedo A.A., Levin M.F, Comparison of grasping movements made by healthy subjects in a 3-dimensional immersive virtual versus physical environment, *Acta Psychol.(Amst.)* 138 (1 (September)) (2011) 126–134.
36. McMahan R. P. and. Bowman D. A, "An Empirical Comparison of Task Sequences for Immersive Virtual Environments," *2007 IEEE Symposium on 3D User Interfaces*, Charlotte, NC, 2007, pp. , doi: 10.1109/3DUI.2007.340770.
37. Maki, B. E., Holliday, P. J., & Fernie, G. R. (1990). Ageing and postural control: a comparison of spontaneous-and induced-sway balance tests. *Journal of the American Geriatrics Society*, 38(1), 1-9.)
38. Mitchell, P., Parsons, S., & Leonard, A. (2007). Using virtual environments for teaching social understanding to 6 adolescents with autistic spectrum disorders. *Journal of autism and developmental disorders*, 37(3), 589-600.
39. Moss, E., Dubois-Comtois, K., Cyr, C., Tarabulsy, G., St-Laurent, D., & Bernier, A. (2011). Efficacy of a home-visiting intervention aimed at improving maternal sensitivity, child attachment, and behavioral outcomes for maltreated children: A randomized control trial. *Development and Psychopathology*, 23(1), 195-210.
40. Moss J.D. , Muth E.R, Characteristics of head-mounted displays and their effects on simulator sickness, *Hum. Factors* 53 (3 (June)) (2011) 308–319

41. Munafo, J., Diedrick, M., & Stoffregen, T. A. (2017). The virtual reality head-mounted display Oculus Rift induces motion sickness and is sexist in its effects. *Experimental brain research*, 235(3), 889-901.
42. Nichols, S., Haldane, C., & Wilson, J. R. (2000). Measurement of presence and its consequences in virtual environments. *International Journal of Human-Computer Studies*, 52(3), 471-491.
43. Niessen, A. S. M., Meijer, R. R., & Tendeiro, J. N. (2017). Measuring non-cognitive predictors in highstakes contexts: The effect of self-presentation on self-report instruments used in admission to higher education. *Personality and Individual Differences*, 106, 183-189.
<https://doi.org/10.1016/j.paid.2016.11.014>
44. Nemire, K., & Ellis, S. R. (1993, October). Calibration and evaluation of virtual environment displays. In *Proceedings of 1993 IEEE Research Properties in Virtual Reality Symposium* (pp. 33-40). IEEE
45. O'Sullivan, S. B., Schmitz, T. J., & Fulk, G. D. (2014). Examination of Motor Function: Motor Control and Motor Learning In *Physical rehabilitation* (6th ed.). F.A. Davis Company.
46. Park, E. C., Kim, S. G., & Lee, C. W. (2015). The effects of virtual reality game exercise on balance and gait of the elderly. *Journal of physical therapy science*, 27(4), 1157–1159. <https://doi.org/10.1589/jpts.27.1157>
47. Park, S., & Lee, G. (2020). Full-immersion virtual reality: Adverse effects related to static balance. *Neuroscience letters*, 733, 134974.
48. Patla, A., Frank, J., & Winter, D. (1990). Assessment of balance control in the elderly: major issues. *Physiotherapy Canada*, 42(2), 89-97.)
49. Plisky, P. J., Gorman, P. P., Butler, R. J., Kiesel, K. B., Underwood, F. B., & Elkins, B. (2009). The reliability of an instrumented device for measuring components of the star excursion balance test. *North American journal of sports physical therapy: NAJSPT*, 4(2), 92.)
50. Prasertsakul, T., Kaimuk, P., Chinjenpradit, W., Limroongreungrat, W., & Charoensuk, W. (2018). The effect of virtual reality-based balance training on

- motor learning and postural control in healthy adults: a randomized preliminary study. *Biomedical engineering online*, 17(1), 124.
51. Weiss P.L., Keshner E.A., Levin M.F., *Virtual Reality for Physical and Motor Rehabilitation*, Springer-Verlag, New York, 2014, pp. 232.
 52. Reason, J. T., & Brand, J. J. (1975). *Motion sickness*. Academic Press.
 53. Regan, E.C. and Price, K.R. (1994). The frequency of occurrence and severity of side-effects of immersion virtual reality, *Aviat. Space Environ. Med.* 65, pp.527–530.
 54. Rebenitsch, L., & Owen, C. (2016). Review on cybersickness in applications and visual displays. *Virtual Reality*, 20(2), 101–125. <https://doi.org/10.1007/s10055-016-0285-9>
 55. R.J. Reed-Jones, L.A. Vallis, J.G. Reed-Jones, L.M. Trick, The relationship between postural stability and virtual environment adaptation, *Neurosci. Lett.* 435 (3 (April)) (2008) 204–209.
 56. Robert, M. T., Ballaz, L., & Lemay, M. (2016). The effect of viewing a virtual environment through a head-mounted display on balance. *Gait & posture*, 48, 261-266.
 57. Saposnik, G., et al. (2010). Effectiveness of Virtual Reality Using Wii Gaming Technology in Stroke Rehabilitation. *Stroke*, 41(7): 1477–1484.
 58. Shin, S., & Demura, S. (2012). Examination of balance ability evaluated by a stipu- lated tempo step test. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 55(1), 45e48.
 59. Shumway-Cook A, Anson D, Haller S. Postural sway biofeedback: its effect on reestablishing stance stability in hemiplegic patients. *Arch Phys Med Rehabil.* 1988 Jun;69(6):395-400. PMID: 3377664.
 60. Slater, M., & Usoh, M. (1994). Body centred interaction in immersive virtual environments. *Artificial life and virtual reality*, 1(1994), 125-148.
 61. Smith, C. A., Chimera, N. J., & Warren, M. (2015). Association of y balance test reach asymmetry and injury in division I athletes. *Medicine and science in sports and exercise*, 47(1), 136-141.

62. Squire, L. R. (2009). Encyclopedia of neuroscience. Elsevier. INSERT-MISSING-U Tiirio, A. (2018). Effect of visual realism on cybersickness in virtual reality.RL
63. Stanney, K. M., Kennedy, R. S., & Drexler, J. M. (1997). Cybersickness is Not Simulator Sickness. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 41(2), 1138–1142.
64. Steinicke F, Bruder G (2014) A self-experimentation report about long-term use of fully-immersive technology. Proc 2nd ACM Symp Spatial User Interact. <https://doi.org/10.1145/2659766.2659767>
65. Stoffregen TA, Faugloire E, Yoshida K, Flanagan M, Merhi O (2008) Motion sickness and postural sway in console video games. *Hum Fact* 50:322–331
66. Stoffregen TA, Chen Y-C, Koslucher FC (2014) Motion control, motion sickness, and the postural dynamics of mobile devices. *Exp Brain Res* 232:1389–1397
67. S. Virk, K.M. McConville, Virtual reality applications in improving postural control and minimizing falls, Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. 1 (2006) 2694–2697 Review.
68. Walker, A. D., Muth, E. R., Switzer, F. S., & Hoover, A. (2010). Head movements and simulator sickness generated by a virtual environment. *Aviation Space and Environmental Medicine*, 81(10), 929–934. <https://doi.org/10.3357/ASEM.2735.2010>
69. Wang Y, Kenyon RV, Keshner EA. Identifying the control of physically and perceptually evoked sway responses with coincident visual scene velocities and tilt of the base of support. *Exp Brain Res*. 2010;201(4):663-672. doi:10.1007/s00221-009-2082-0.
70. Witmer, B. G., & Singer, M. J. (1998). Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire. *Presence*, 7(3), 225-240.
71. Woollacott, M., Shumway-Cook, A.T. and Nashner, L.M.(1982)Postural reflexes aging. In *The Aging Motor System* (ed J.A. Mortimer), Praeger, New York.

