



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικό και Καποδιστριακό
Πανεπιστήμιο Αθηνών

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

«ΚΛΙΝΙΚΗ ΕΡΓΟΣΠΙΡΟΜΕΤΡΙΑ ΑΣΚΗΣΗ ΠΡΟΗΓΜΕΝΗ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ»

ΕΠΑΝΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ ΜΕΣΩ
ΧΡΗΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΑΓΓΕΙΑΚΟ
ΕΓΚΕΦΑΛΙΚΟ ΕΠΕΙΣΟΔΙΟ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ
ΜΗΛΙΔΑΚΗ ΔΙΟΝΥΣΙΟΥ

Επιβλέπων καθηγητής:

Φίλιππιδης Φίλιππος

MD PhD, School of Public Health, Faculty
of Medicine, Imperial College, London, UK

ΑΘΗΝΑ 2020



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικό και Καποδιστριακό
Πανεπιστήμιο Αθηνών

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

«ΚΛΙΝΙΚΗ ΕΡΓΟΣΠΙΡΟΜΕΤΡΙΑ ΑΣΚΗΣΗ ΠΡΟΗΓΜΕΝΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ»

ΕΠΑΝΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ ΜΕΣΩ
ΧΡΗΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΑΓΓΕΙΑΚΟ
ΕΓΚΕΦΑΛΙΚΟ ΕΠΕΙΣΟΔΙΟ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ
ΜΗΛΙΔΑΚΗ ΔΙΟΝΥΣΙΟΥ
Α.Μ 20160756

Μέλη Συμβουλευτικής επιτροπής:

1^ο: **Φίλιππιδης Φίλιππος,**

MD PhD, School of Public Health, Faculty of
Medicine, Imperial College, London, UK

2^ο: **Νανάς Σεραφείμ,**

Καθηγητής, Α' Κλινικής Εντατικής Θεραπείας,
Ιατρικής Σχολής ΕΚΠΑ Διευθυντής ΠΤΜΣ
"Κλινική Εργοσπιρομετρία, Άσκηση, Προηγμένη
Τεχνολογία και Αποκατάσταση"

3^ο: **Φιλίππου Αναστάσιος,**

Επίκ. Καθηγητής Πειραματικής Φυσιολογίας,
Ιατρική Σχολή, ΕΚΠΑ

ΑΘΗΝΑ 2020

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον διευθυντή σπουδών του συγκεκριμένου Π.Μ.Σ κ. **Σεραφείμ Νανά** καθώς και όλο το επιστημονικό προσωπικό των διδασκόντων για την ευκαιρία που μου δόθηκε να συμμετάσχω και να εκπαιδευτώ σε αυτό το πρόγραμμα.

Ιδιαίτερως όμως, θέλω να ευχαριστήσω τον Καθηγητή και καθοδηγητή μου σε αυτή την διατριβή κ. **Φίλιππο Φιλιππίδη** που μαζί με την κ. **Βασιλική Γεροβασίλη**, στάθηκαν στο πλευρό μου και με υποστήριξαν με τον καλύτερο τρόπο σε κάθε μου βήμα και σε κάθε μου δυσκολία.

Επίσης, το **Εθνικό Κέντρο Αποκατάστασης** και τις δύο κλινικές ΦΙΑΠ που μου παρείχαν την άδεια να διενεργήσω την παρούσα έρευνα, καθώς και ιδιαιτέρως τους συναδέλφους μου στο **τμήμα Φυσικοθεραπείας** που με υποστήριξαν, με βοήθησαν και με διευκόλυναν να παρακολουθήσω το πρόγραμμα και να διεξάγω την παρούσα έρευνα.

Τέλος αλλά όχι τελευταία, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου, που με ανέχτηκε και με υποστήριξε ταυτόχρονα όλον αυτό τον καιρό σε κάθε μου αναγκαιότητα.

Στον Άρη και στον Αιμίλιο που
περάσαμε τόσες υπέροχες ώρες
γεμάτες έμπνευση, εξερευνώντας και
παίζοντας

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ-ΑΚΡΩΝΥΜΙΩΝ-ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

ΑΕΕ	Αγγειακό Εγκεφαλικό Επεισόδιο
ΚΝΣ	Κεντρικό Νευρικό Σύστημα
ΠΔΚ	Ποδοκνημική (Άρθρωση)
ΕΚΑ	Εθνικό Κέντρο Αποκατάσταση
Η/Υ	Ηλεκτρονικός Υπολογιστής
BBS	Berg Balance Scale - Κλίμακα Αξιολόγησης Berg
COP	Centre of Pressure - Κέντρο της Πίεσης
BF	Biofeedback - Βιοανάδραση
VR	Virtual Reality - Εικονική Πραγματικότητα
VRWII	Virtual Reality on Wii - Εικονική πραγματικότητα μέσω του Wii
WBB	Wii Balance Board - Πλατφόρμα ισορροπίας του Wii
NWF	Nintendo Wii Fit
DEV	Deviation - Απόκλιση

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Εισαγωγή: Το εγκεφαλικό επεισόδιο είναι μία από τις πρώτες αιτίες θανάτου και αναπηρίας. Η απότοκη του επεισοδίου ημιπληγία συνοδεύεται από μείωση της ορθοστατικής σταθερότητας, αυξημένη ταλάντευση κατά την ορθοστάτηση και ασύμμετρη κατανομή βάρους.

Η εικονική πραγματικότητα και η διαδραστική έκδοση βιντεοπαιχνιδιών όπως το Nintendo Wii μαζί με την ηλεκτρονική πλατφόρμα ισορροπίας (WBB) που το συνοδεύει, είναι εύκολα αποδεκτά και δύνανται να ενσωματώνονται και να επικουρούν τη συμβατική θεραπεία.

Σκοπός: Ο σκοπός της παρούσης μελέτης είναι να διερευνηθεί εάν μέσω της χρήσης της ηλεκτρονικής πλατφόρμας του Wii και των δραστηριοτήτων - ασκήσεων που την συνοδεύουν, υπάρχουν θετικά αποτελέσματα στην κατάκτηση της ισορροπίας σε ασθενείς με ΑΕΕ εκτός οξείας φάσης. Επιπλέον να διερευνηθεί η υπόθεση εάν το λογισμικό PhysioFun Balance Training παρέχει ισοδύναμο αποτέλεσμα με την κλίμακα Berg, που είναι η πιο διαδεδομένη κλίμακα αξιολόγησης της ισορροπίας.

Μέθοδος: Είκοσι τέσσερις (24) ασθενείς με ΑΕΕ και εικόνα ημιπληγίας από το Εθνικό Κέντρο Αποκατάστασης, σχημάτισαν 2 ομάδες με μη τυχαία σειρά. Η ομάδα παρέμβασης εκτέλεσε 10 συνεδρίες με την χρήση του WBB και με δραστηριότητες από το WiiFit Plus, διάρκειας 30 λεπτών, 3 φορές την εβδομάδα και 2 συνεδρίες αξιολόγησης. Όλοι οι ασθενείς αξιολογήθηκαν στην αρχή και στο τέλος της μελέτης, με δύο τρόπους, την κλίμακα Berg και το πρόγραμμα αξιολόγησης Physiofun Balance training, με την χρήση του WBB. Τις άλλες 2 ημέρες της εβδομάδας, οι ασθενείς της ομάδας παρέμβασης ακολούθησαν το γενικό πρόγραμμα αποκατάστασης, όπως το ακολούθησε καθ' όλη την διάρκεια της μελέτης, η ομάδα ελέγχου.

Εξετάστηκαν 6 διαφορετικές παράμετροι. Η κλίμακα Berg (BBS) και οι παράμετροι AREA (επιφάνεια που κινήθηκε το κέντρο πίεσης), COP L-R (απόκλιση του

κέντρου πίεσης στο μετωπιαίο επίπεδο), COP F-B (απόκλιση του κέντρου πίεσης στο προσθιοπίσθιο επίπεδο), DEV L-R (απόκλιση από την ισόποση τοποθέτηση βάρους μεταξύ των σκελών), κατά την στατική αξιολόγηση των 30" επί της ψηφιακής πλατφόρμας του Wii και τέλος, το συνολικό σκορ της αξιολόγησης όπως καταγράφεται από το λογισμικό PhysioFun Balance training. Τέλος, συγκρίθηκαν οι μεταβολές των τιμών κάθε παραμέτρου μεταξύ των ομάδων.

Αποτελέσματα: . Οι τιμές και των 6 παραμέτρων βελτιώθηκαν σε στατιστικά σημαντικό βαθμό στην Ομάδα Παρέμβασης, ενώ στην Ομάδα Ελέγχου βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μόνο στην κλίμακα Berg, όπου η Ομάδα Ελέγχου αύξησε το σκορ πριν και μετά κατά 3,5 ($p=0,02$), ενώ η Ομάδα Παρέμβασης κατά 8,83 ($p<0,01$) παρουσιάζοντας στατιστικά σημαντική μεταβολή ($p<0,01$). Ιδιαίτερα στην παράμετρο AREA, η Ομάδα Παρέμβασης μείωσε την επιφάνεια κατά $132,48\text{cm}^2$ ($p=0,03$), ενώ απεναντίας η Ομάδα Ελέγχου την αύξησε κατά $16,44\text{cm}^2$ ($p=0,79$), χωρίς όμως στατιστικά σημαντική μεταβολή ($p=0,22$).

Συμπεράσματα: Η παρούσα μελέτη βρήκε ενδείξεις ότι η ηλεκτρονική πλατφόρμα του WII με το συνοδευτικό της λογισμικό, μπορεί να προσφέρει θετικά αποτελέσματα διότι η στατιστικά σημαντική πρόοδος στην BBS ταυτίζεται με τις επιμέρους προόδους της ομάδας παρέμβασης. Καθώς όμως οι διαφορές στις μεταβολές μεταξύ των ομάδων δεν ήταν σημαντικά διαφοροποιημένες, εγείρεται η αναγκαιότητα για περισσότερες μελέτες με μεγαλύτερα δείγματα και περισσότερες συνεδρίες. Το δε αξιολογητικό εργαλείο που δοκιμάστηκε, φαίνεται πως επικουρικά είναι σε θέση να δείξει μία τάση ως προς την πορεία προόδου στις επιμέρους παραμέτρους που ελέγχει.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:

Εγκεφαλικό Επεισόδιο, πλατφόρμα ισορροπίας Wii, Αποκατάσταση

ABSTRACT

Introduction: Cerebral vascular accident is one of the main causes of death and disability. Hemiplegia after a stroke is accompanied by reduced standing up ability, increased oscillation while standing and non symmetric weight distribution. Virtual Reality and interactive video games like Nintendo Wii and its electronic balance board (WBB), are well accepted and may be easily adapted along the conventional treatment.

Aim: The aim of this study is to investigate if patients with CVA at the post acute phase may have positive results in regaining balance by using the Wii platform and its activity games. Furthermore we wanted to find out if the software PhysioFun Balance Training may give us results similar to Berg Scale, which is the most popular scale for balance evaluation.

Method: Twenty four (24) patients with hemiplegia after CVA at the National Rehabilitation Center were separated into two groups by non random order. The intervention group had 10 sessions of 30 minutes each, by using WBB and activities of WiiFit Plus, 3 times per week and 2 sessions for assessment. All the patients were evaluated in the beginning and at the end of this study both by Berg scale and the built in evaluation program of Physiofun Balance training and WBB. For the remaining 2 days of the week the intervention group was following the custom rehabilitation program and so did the control group during the whole study. Six (6) different parameters were studied; Berg Scale (BBS), parameters of 30" standing evaluation of Wii Balance Board as AREA (area that the center of pressure was moved), COP L-R (deviation of the center of pressure at the frontal plane), COP F-B (deviation of the pressure center at the sagittal plane), DEV L-R (deviation of the weight distribution through the legs) and the total score of PhysioFun Balance training. Finally, the changes of each parameter between the two groups were compared.

Results: The scores of the 6 parameters were significantly improved at the intervention group; statistically significant difference was found at the control group only at Berg scale, with higher scores by 3,5 ($p=0,02$), while the intervention group had plus 8,83 ($p < 0,01$). Particularly at AREA parameter, the intervention group eliminated the surface by $132,48\text{cm}^2$ ($p=0,03$), while the control group increased it by $16,44\text{cm}^2$ ($p=0,79$), without though statistically significant difference ($p=0,22$).

Conclusion: By this study it was at some point shown that electronical balance board of WII and its software may contribute positively, as a statistically significant progress was revealed by the individual progress of the intervention group. The results of each group were not significantly different; therefore the necessity for more studies on larger sample and more sessions is raised. As for the evaluation tool used, it seems it can be auxiliary used to show the tendency of improvement on the parameters it measures.

KEYWORDS:

Stroke, Wii balance board, rehabilitation.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΤΙΤΛΟΣ	i
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	ii
ΑΦΙΕΡΩΣΗ	iii
ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ-ΑΚΡΩΝΥΜΙΩΝ-ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ.....	iv
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	v
ABSTRACT	vii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	ix
A. ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	1
1. Το αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο.....	1
1.1. Ορισμός	1
1.2 Κλινική εικόνα – διαταραχές.....	2
1.3 Η αναγκαιότητα της άσκησης στις επιπτώσεις του εγκεφαλικού επεισοδίου	4
2. Η ισορροπία	5
2.1 Ορισμός	5
2.2 Η ισορροπία στο εγκεφαλικό επεισόδιο.	6
2.3 Μηχανισμοί ελέγχου ισορροπίας	8
2.3.1 Οι Αισθητηριακές διαδικασίες και η ενσωμάτωσή τους:.....	9
2.3.2 Οι εμβιομηχανικοί περιορισμοί:.....	9
2.3.3 Οι στρατηγικές κίνησης:.....	10
2.3.4 Η γνωστική επεξεργασία:.....	11
2.3.5 Η αντίληψη της καθετότητας:.....	11
2.4 Η εκτίμηση της ισορροπίας.....	12
2.5 Η αξιολόγηση της ισορροπίας	13
2.5.1 Τυποποιημένες κλίμακες αξιολόγησης ισορροπίας.....	14
2.5.2 Ψηφιακός τρόπος αξιολόγησης ισορροπίας.	15
2.5.3 Η κλίμακα αξιολόγησης Berg (BBS).....	18
2.5.4 Αξιολόγηση με ηλεκτρονική πλατφόρμα.....	21

3. Η εικονική πραγματικότητα	23
4. Το σύστημα εικονικής πραγματικότητας Wii (WiiVr)	26
4.1 Η ηλεκτρονική πλατφόρμα ισορροπίας Wii Balance Board (WBB)	28
4.1.1 Το σύστημα WiiFit – WBB στην αποκατάσταση	31
4.1.2 Τα παιχνίδια	33
B. ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	37
1. Εισαγωγή.....	37
2. Σκοπός της μελέτης	37
3. Μεθοδολογία	39
3.1 Τόπος και χρόνος έρευνας	39
3.2 Στρατολόγηση δείγματος, κατανομή σε ομάδες και κριτήρια εισόδου	39
3.3 Διάρκεια και συχνότητα προγράμματος	40
3.4 Τρόπος και μέσα αξιολόγησης.....	41
3.4.1 εξοικείωση με την ηλεκτρονική πλατφόρμα	41
3.4.2 η αξιολόγηση μέσω της ηλεκτρονικής πλατφόρμας	42
3.4.3 Συλλογή δεδομένων από την ηλεκτρονική πλατφόρμα.....	44
3.4.3.1 Μετρήσιμα δεδομένα	44
3.4.3.2 Περιγραφικά δεδομένα χρήσιμα στην επιλογή θεραπευτικής δραστηριότητας	45
4. Η θεραπευτική δραστηριότητα.....	45
5. Στατιστική Ανάλυση	48
6. Συσχετισμός αποτελεσμάτων	50
7. Αποτελέσματα	50
7.1 Αποτελέσματα κλίμακας Berg.....	52
7.2 Αποτελέσματα παραμέτρου AREA.....	53
7.3 Αποτελέσματα παραμέτρου COP L or R	55
7.4 Αποτελέσματα παραμέτρου COP B or F	56
7.6 Αποτελέσματα παραμέτρου DEV L or R.....	58
7.7 Αποτελέσματα παραμέτρου WBB.	59
8. Συζήτηση	61
8.1 Περιορισμοί.....	64
9. Συμπεράσματα - Επίλογος	65
10. Βιβλιογραφία - Αρθρογραφία.....	67

A. ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. Το αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο.

1.1. Ορισμός

Σύμφωνα με τον ορισμό του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας το αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο (ΑΕΕ) είναι το αιφνίδιας έναρξης εστιακό νευρολογικό έλλειμμα που διαρκεί για περισσότερο από 24 ώρες και οφείλεται, αφού έχουν αποκλειστεί όλες οι άλλες αιτίες, σε ισχαιμία λόγω μιας αθηροσκληρωτικής στένωσης, εμβολής από κάποιο θρόμβο, αιμορραγίας μετά από ρήξη ή άλλα αίτια, κάποιου αγγείου που αιματώνει την αντίστοιχη περιοχή.

Το εγκεφαλικό επεισόδιο είναι μία από τις πρώτες αιτίες θανάτου και αναπηρίας και έχει χαρακτηριστεί ως μια παγκόσμια επιδημία , κατατάσσεται τρίτο από τις πιο κοινές αιτίες θανάτου στις Ηνωμένες Πολιτείες, και το δεύτερο σε άλλες ανεπτυγμένες χώρες (1), ενώ τα αποτελέσματα ενός εγκεφαλικού επεισοδίου μπορεί να περιλαμβάνουν αισθητηριακές, κινητικές και γνωστικές διαταραχές, καθώς και μειωμένη ικανότητα να εκτελούν την αυτοφροντίδα και να συμμετέχουν σε κοινωνικές δραστηριότητες (2) .

Ημιπληγία, μυϊκή αδυναμία, μούδιασμα, σπαστικότητα, αισθητηριακές και κινητικές ελλείψεις είναι κοινά κλινικά χαρακτηριστικά του εγκεφαλικού επεισοδίου (3).

Παρότι η αυτόματη ανάρρωση θεωρείται ότι γίνεται κατά τις πρώτες εβδομάδες μετά το εγκεφαλικό επεισόδιο, βελτιώσεις σε λειτουργικές επιδόσεις μπορούν να παρατηρηθούν ακόμα και πολλούς μήνες μετά από ένα εγκεφαλικό επεισόδιο (4).

Ως αυτόματη νευρολογική ανάρρωση ορίζεται η ανάκτηση απολεσθέντων λειτουργιών ως αποτέλεσμα της αναδιοργάνωσης του εγκεφάλου, μια διαδικασία που φαίνεται ολοένα και περισσότερο να επηρεάζεται από τις παρεμβάσεις αποκατάστασης

(5). Η διαφορά στην ανάκτηση μετά από ισχαιμικό ή αιμορραγικό εγκεφαλικό επεισόδιο φαίνεται να οφείλεται στις νευρολογικές διεργασίες που συμβαίνουν σε κάθε εγκεφαλικό επεισόδιο. Οι νευρολογικές λειτουργίες, επανακτώνται καθώς ένα αιμάτωμα απορροφάται και η συμπίεση που προκαλεί στον εγκέφαλο μειώνεται, σε σύγκριση με την ανάπτυξη των νευραξόνων και την αναμόρφωση του φλοιού μετά από ισχαιμικό θάνατο κυττάρων (6).

Όμως, από τους περίπου 800,000 Αμερικανούς που είτε θα πάθουν ή θα έχουν ένα νέο εγκεφαλικό επεισόδιο, οι μισοί θα συνεχίσουν να παρουσιάζουν ημιπάρεση 6 μήνες μετά, ενώ τουλάχιστον το ένα τέταρτο των ατόμων θα έχουν διαρκή ελλείμματα που επηρεάζουν την ικανότητά τους να εκτελούν καθημερινές δραστηριότητες ανεξάρτητα (7)

Έτσι, μόνο το 53% των ασθενών με εγκεφαλικό επεισόδιο θα επανακτήσει ανεξάρτητο περπάτημα μετά από 4 εβδομάδες αποκατάστασης (8) και μόνο μερικά περιστατικά από αυτά θα επιτύχουν μια ταχύτητα που να τους επιτρέπει την ασφαλή μετακίνηση σε εξωτερικούς χώρους.

Η συχνότητα και ο επιπολασμός του εγκεφαλικού επεισοδίου είναι κατά 25 - 30% υψηλότερη μεταξύ των ανδρών από ότι στις γυναίκες, ο δε μέσος όρος ηλικίας των γυναικών κατά πρώτο επεισόδιο είναι κατά 4.5 έτη μεγαλύτερος από εκείνο των ανδρών (9). Έχει αποδειχθεί όμως, ότι τόσο οι άνδρες όσο και οι γυναίκες αντλούν ίσα οφέλη κατά την αποκατάσταση μετά από εγκεφαλικό επεισόδιο (Perna, Perkey, and Le, 2014) (10).

1.2 Κλινική εικόνα - διαταραχές

Οι ασθενείς με εγκεφαλικό επεισόδιο έχουν μια σειρά σωματικών διαταραχών, συμπεριλαμβανομένων των κινητικών, γνωστικών, αισθητηριακών, οπτικών και διαταραχών του λόγου (11). Η συσχέτιση μεταξύ της τοπογραφίας της βλάβης και της βάρδους και της ισορροπίας, είναι ελάχιστα κατανοητή, αλλά κρίσιμη για την κατανόηση

της σύνθετης σχέσης μεταξύ των ανώτερων λειτουργιών του φλοιού και των επηρεαζόμενων ανατομικών δομών του εγκεφάλου. Η βλάβη στον πρωτογενή κινητικό φλοιό έχει επανειλημμένα αναφερθεί ως ένας σημαντικός και καθοριστικός παράγοντας του κλινικού αποτελέσματος σε ασθενείς με εγκεφαλικό επεισόδιο (12). Μεταξύ αυτών, οι διαταραχές της κίνησης επηρεάζουν και περιορίζουν τον έλεγχο των μυών ή και την κινητικότητα, καθώς παρατηρείται επίσης μια υποβάθμιση των ικανοτήτων ελέγχου ισορροπίας. Η ημιπληγία συνοδεύεται από αύξηση της ορθοστατικής αστάθειας, ασύμμετρη κατανομή και δυσλειτουργία στην ικανότητα μεταφοράς σωματικού βάρους και μείωση της ορθοστατικής σταθερότητας (11).

Οι κινητικές διαταραχές δεν είναι κοινές σε όλους τους ασθενείς μετά από ένα ΑΕΕ. Μπορούν να προκύψουν αμέσως μετά από ένα εγκεφαλικό επεισόδιο ή αργότερα, αλλά συνήθως εμφανίζονται μετά από κάποιο χρονικό διάστημα. Πιο συχνά, παρατηρούνται: δυστονία, χορεία με ή χωρίς ημιβαλλισμό, τρόμος, Παρκινσονισμός, αθέτωση, και υπέρτονία (13). Οι κινητικές διαταραχές είναι περισσότερο συνδεδεμένες με αιμορραγικό και όχι με ισχαιμικό ΑΕΕ.

Αισθητηριακές διαταραχές παρατηρούνται σε περίπου 50% των ασθενών με ΑΕΕ. Οι ασθενείς με εγκεφαλικό επεισόδιο βιώνουν μια θαμπή αίσθηση στο κάτω άκρο λόγω αισθητηριακών διαταραχών, και αυτή η αισθητηριακή μείωση διαταράσσει τον κατάλληλο ορθοστατικό έλεγχο (14). Ένα φλοιώδες εγκεφαλικό επεισόδιο οδηγεί συνήθως σε αισθητηριακή δυσλειτουργία διάκρισης, με σχετικά άθικτες τις απλές αισθήσεις («πρωτοπαθητικές αισθήσεις»). Μερικές φορές, αυτή η βλάβη μπορεί να συνοδεύεται από έτερες νευρολογικές διαταραχές όπως η ημιανοψία, η αφασία ή η παραμέληση του ημιμορίου. Σε περισσότερο από 50% των περιπτώσεων, οι αισθητικές διαταραχές περιλαμβάνουν το πρόσωπο, το χέρι, τον κορμό και το πόδι της πληγείσας πλευράς. Συχνά επίσης, βλάβες που έχουν εντοπισμό στον οπίσθιο θάλαμο μπορεί να παρουσιάσουν το «σύνδρομο ώθησης» ("pusher syndrome"), δυσμενής για την αποκατάσταση της ισορροπίας διαταραχή, διότι επηρεάζεται σε διάφορο βαθμό η

αντίληψη περί της μέσης θέσης. Σε περίπτωση εμφράγματος της αρτηρίας του Percheron (θαλαμο-υποθαλαμική παράμεσος αρτηρία) 75% των ασθενών αντιμετωπίζουν αισθητικό έλλειμμα με συνακόλουθες διαταραχές της όρασης (73%) και γνωστικές συμπεριφορικές διαταραχές (43%) (15).

Εάν ένα ΑΕΕ εμφανιστεί στο αριστερό ημισφαίριο, οι ακόλουθες γνωστικές διαταραχές που παρατηρούνται συνήθως είναι: απραξία, αφασία, δυσαριθμησία, αμνησία, ενώ στο συναισθηματικό επίπεδο συχνά εκδηλώνεται υπερβολική ευερεθιστότητα και ανεπαρκείς αντιδράσεις (16)

Ένα ΑΕΕ που συμβαίνει στο δεξί ημισφαίριο μπορεί να οδηγήσει σε δυσκολία εντοπισμού αντικειμένων, δυσκολία στη διάκριση μεγεθών, και στη διαδικασία ένδυσης απόδυσης, επειδή αυτή η πλευρά του εγκεφάλου είναι υπεύθυνη για τις οπτικο-χωρικές λειτουργίες, όπως ο καθορισμός του μεγέθους, η θέση, και η ταχύτητα των αντικειμένων, αξιολόγηση των αποστάσεων, κλπ. (16)

Επιπλέον, οι βλάβες του δεξιού ημισφαιρίου μπορεί να έχουν σημαντικές κλινικές επιπτώσεις, συμπεριλαμβανομένων των τροποποιήσεων της αντίληψης του σχήματος σώματος, το σύνδρομο της παραμέλησης (neglect), της μεταβολής της ορθοστατικής ευθυγράμμισης και του οπτικοκινητικού συντονισμού (17).

Αποτελέσματα μελέτης έδειξαν ότι τα άτομα με Δεξιό ΑΕΕ και Αριστερό ΑΕΕ δεν διαφέρουν στη συνολική νευρολογική επίπτωση κατά τις δραστηριότητες καθημερινής ζωής, παρόλα τα διαφορετικά πρότυπα των υποκείμενων νευρολογικών βλαβών μεταξύ των ομάδων. (18)

1.3 Η αναγκαιότητα της άσκησης στις επιπτώσεις του εγκεφαλικού επεισοδίου

Τα άτομα που έχουν υποστεί εγκεφαλικό επεισόδιο, υιοθετούν μια καθιστική ζωή χωρίς ιδιαίτερη δραστηριότητα. Σε μια μελέτη παρατήρησης, τα άτομα με εγκεφαλικό επεισόδιο περνούν σχεδόν 11 ώρες την ημέρα καθήμενοι (19). Η μείωση του καθιστικού χρόνου σε ασθενείς με εγκεφαλικό επεισόδιο θα πρέπει να είναι υψηλή προτεραιότητα.

Η σωματική δραστηριότητα μειώνει τον κίνδυνο εγκεφαλικού επεισοδίου, στεφανιαίων καρδιακών παθήσεων και της πρόωρης θνησιμότητας, παράγοντες που σχετίζονται με το μεταβολικό σύνδρομο (π.χ. υπέρταση, διαβήτης, υπερλιπιδαιμία και συσσώρευση σωματικού λίπους).

Επιπλέον, η τακτική άσκηση και η σωματική δραστηριότητα σε άτομα μετά το εγκεφαλικό επεισόδιο έχουν αποδειχθεί ότι βελτιώνουν τη λειτουργική ικανότητα, τη νόηση, την ικανότητα να εκτελεί δραστηριότητες καθημερινής διαβίωσης και της ποιότητας ζωής (19, 20). Μια συσχέτιση μεταξύ υψηλότερων επιπέδων σωματικής δραστηριότητας και της ελάττωσης του κινδύνου θανάτων έχει αναφερθεί σε μελέτες (20, 21). Οφέλη από τη σωματική δραστηριότητα είναι ορατά σε όλες τις ηλικίες, συμπεριλαμβανομένων των ηλικιωμένων, παρότι η φυσική αδράνεια αυξάνεται σταδιακά με τη γήρανση, από 24,8% στα 18 - 44 χρόνια σε 51,1% σε 75 ετών (21).

2. Η ισορροπία

2.1 Ορισμός

Ισορροπία είναι η ικανότητα διατήρησης του κέντρου βάρους του σώματος εντός της βάσης στήριξης του με ελάχιστη ορθοστατική ταλάντωση. Η ισορροπία μπορεί να ταξινομηθεί σε δύο τύπους: στατικός και δυναμικός. Ο πρώτος αντιπροσωπεύει την ικανότητα διατήρησης της ισορροπίας υπό στατικές συνθήκες, όπως η όρθια και η καθιστή θέση, ενώ ο δεύτερος αντιπροσωπεύει την δυνατότητα διατήρησης της ισορροπίας κάτω από δυναμικές συνθήκες, όπως περπάτημα και τρέξιμο (22).

Σημειωτέο όμως, πως ο προσδιορισμός του κέντρου βάρους του ανθρώπινου σώματος δεν είναι μια εύκολη διαδικασία, δεδομένου ότι η πυκνότητά του δεν είναι

ομοιόμορφη, το σώμα δεν είναι ούτε άκαμπτο ούτε συμμετρικό, και ως εκ τούτου, το κέντρο βάρους δεν σχετίζεται με το κέντρο της μάζας, η οποία μπορεί να μεταβληθεί από τη στάση, το σωματικό βάρος και την αύξηση της βάσης στήριξης (23).

2.2 Η ισορροπία στο εγκεφαλικό επεισόδιο.

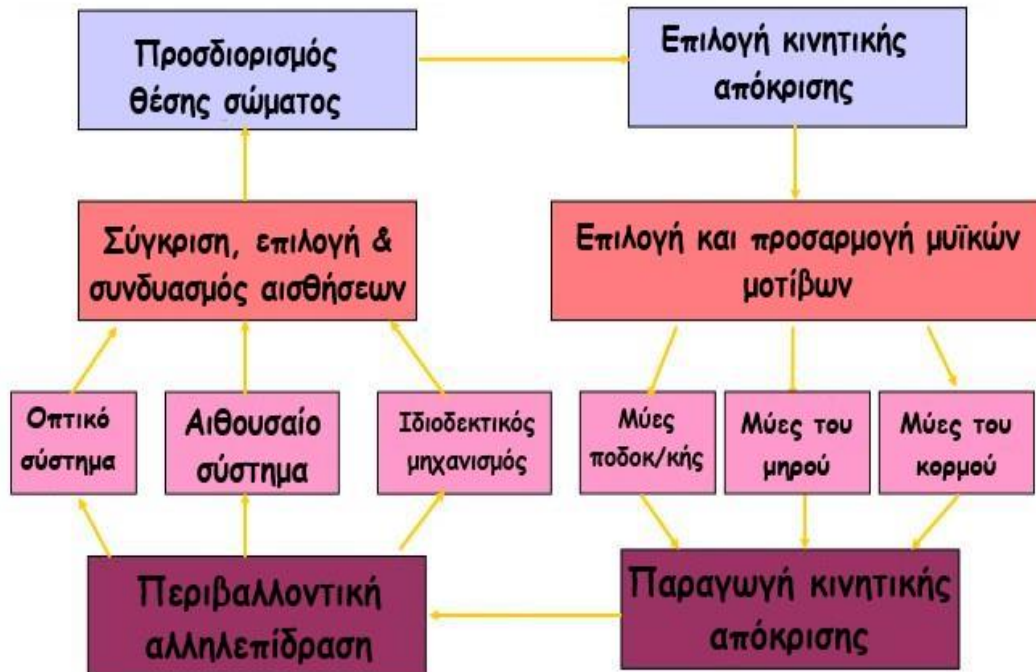
Μία από τις πιο κοινές και αρνητικές επιδράσεις του εγκεφαλικού επεισοδίου και συχνά σε υψηλή προτεραιότητα ως προς την αποκατάσταση σύμφωνα και με τους επαγγελματίες του τομέα υγείας, είναι ο περιορισμός της ισορροπίας και η κινητικότητα. (24)

Στους ασθενείς με εγκεφαλικό επεισόδιο, τα προβλήματα ισορροπίας παρουσιάζονται μέσω μιας σύνθετης αλληλεπίδρασης μεταξύ των αισθητηριακών, κινητικών, και γνωσιακών διαταραχών. Ως εκ τούτου, οι περισσότεροι ασθενείς με εγκεφαλικό επεισόδιο παρουσιάζουν αυξημένη ταλάντευση κατά τη διάρκεια της ορθοστάτησης και ασύμμετρη κατανομή βάρους (25) (22). Η ισορροπία τους επιβαρύνεται λόγω των ανεπαρκών κινητικών αντιδράσεων, της δυσκολίας υποστήριξης του σωματικού βάρους και της μεγάλης συνήθως ταλάντωσης (26). Η αστάθεια κατά την ορθοστάτηση παρατηρείται δύο φορές συχνότερα από ότι στα υγιή άτομα της ίδιας ηλικιακής ομάδας (27). Οι ασθενείς με εγκεφαλικό επεισόδιο βιώνουν μια θαμπή αίσθηση στο κάτω άκρο λόγω αισθητικών διαταραχών (28), και αυτή η αισθητηριακή μείωση διαταράσσει τον ορθοστατικό έλεγχο (14). Η ικανότητα του σώματος να διατηρεί την ισορροπία (Εικ. 1) - δηλαδή τη διατήρηση του κέντρου μάζας σώματος στη βάση της στήριξης - ρυθμίζεται συνεχώς από τα ανώτερα νευρολογικά κέντρα, μέσω προσαγωγών ερεθισμάτων, ανάλυσης, και απόδοσης αναλόγως ρυθμιζόμενων απαγωγών ερεθισμάτων (29)

ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

Αισθητηριακή οργάνωση

Κινητική συναρμογή



Εικόνα 1 αισθητηριακή οργάνωση και κινητική συναρμογή προς τη διατήρηση της ισορροπίας

. Οι πληροφορίες που λαμβάνονται από αισθητηριακά συστήματα συντίθεται στο κεντρικό νευρικό σύστημα (ΚΝΣ) με βάση τα εσωτερικά σχηματικά μοντέλα του σώματος, και στη συνέχεια μια αντίστοιχη απόκριση του σώματος σχηματίζεται μέσω της ενεργοποίησης μυϊκών συνεργειών ως προς την εξασφάλιση των αντίστοιχων κινήσεων του κεφαλιού, των ματιών, του κορμού και των άκρων, εξασφαλίζοντας έτσι τη διατήρηση της ισορροπίας (30).

Σύμφωνα με μια μελέτη, έχουν προσδιοριστεί τα ακόλουθα

Λειτουργικοί στόχοι του συστήματος ισορροπίας:

1. διατήρηση συγκεκριμένης ορθοστατικής ευθυγράμμισης, όπως στις θέσεις καθιστή ή όρθια

2. διευκόλυνση της εθελούσιας μετακίνησης, όπως η κίνηση

μεταφοράς μεταξύ των στάσεων, και

3. αντιδράσεις που ανακτούν την ισορροπία κατόπιν εξωτερικών διαταραχών της, όπως μια μετακίνηση, μια ολίσθηση, ή ένα σπρώξιμο (30).

Στα ΑΕΕ, ο έλεγχος ισορροπίας είναι μια επίσης σύνθετη διαδικασία που περιλαμβάνει τη διατήρηση της στάσης του σώματος, τη διευκόλυνση της μετακίνησης, και την ανάκτηση της ισορροπίας. Η ισορροπία διατηρείται μέσω μιας σύνθετης ολοκλήρωσης και του συντονισμού των πολλαπλών συστημάτων του σώματος, συμπεριλαμβανομένου του αιθουσαίου συστήματος, της όρασης, της ακοής, και των κινητικών και προ-κινητικών συστημάτων (30). Για τη διατήρηση της κάθετης θέσης του σώματος, τα κεντρικά και περιφερειακά κέντρα του νευρικού συστήματος συνεχώς αλληλοεπιδρούν, ελέγχοντας την τοποθέτηση των τμημάτων του σώματος και το κέντρο της μάζας του σώματος σε σχέση με τη βάση της υποστήριξής του. Το βάρος που φέρει στο πάσχον κάτω άκρο και η μεταφορά του βάρους από το ένα κάτω άκρο στο άλλο καθίστανται σημαντικοί στόχοι της αποκατάστασης (31).

2.3 Μηχανισμοί ελέγχου ισορροπίας

Λίγο πιο αναλυτικά, οι Oliveira et al., διακρίνουν τους ακόλουθους μηχανισμούς που σχετίζονται με τον έλεγχο της ισορροπίας (32)

- Αισθητηριακές διαδικασίες και την ενσωμάτωσή τους (αισθητηριακές προσαγωγές).
- Εμβιομηχανικοί περιορισμοί.
- Στρατηγικές κίνησης.
- Γνωστική επεξεργασία.
- Η αντίληψη της καθετότητας

2.3.1 Οι Αισθητηριακές διαδικασίες και η ενσωμάτωσή τους:

Υπάρχουν τρεις κύριοι αισθητήριοι μηχανισμοί που συμμετέχουν στον έλεγχο της θέσης του σώματος:

ο σωματοαισθητικός μηχανισμός (το ιδιοδεκτικό σύστημα, το οποίο παρέχει πληροφορίες σχετικά με τη θέση των διαφόρων τμημάτων του σώματος σε σχέση με το άλλο),

ο οπτικός μηχανισμός που καθορίζει τη θέση και τις κινήσεις της κεφαλής σε σχέση με τα γύρω αντικείμενα) και

το αιθουσαίο σύστημα (καθορίζει την κατεύθυνση και την επιτάχυνση των κινήσεων του σώματος σε σχέση με τη βαρύτητα) (32, 33).

Οι αισθητηριακές πληροφορίες ρυθμίζονται δυναμικά και μεταβάλλονται ανάλογα με τις μεταβαλλόμενες περιβαλλοντικές συνθήκες (33). Παρά τις πολλαπλές πιθανές αισθητηριακές πηγές, το ΚΝΣ εναλλάσσει τα συστήματα από όπου αντλεί τις κυρίως πληροφορίες του, προκειμένου να διατηρεί την ισορροπία στην κάθετη θέση (33). Αυτή η ικανότητα επιλογής και χρήσης των αντίστοιχων αισθητηριακών συνεισφορών σε διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες ονομάζεται αισθητηριακή επαναστάθμιση (32, 34). Για παράδειγμα, όταν στέκεται σε μια ασταθή επιφάνεια, το ΚΝΣ αυξάνει την ευαισθησία στην αισθητήρια ανατροφοδότηση που λαμβάνεται από την όραση και το αιθουσαίο σύστημα, μειώνοντας την ευαισθησία στις πληροφορίες που λαμβάνονται από το σωματοαισθητικό σύστημα. Εν τω μεταξύ, στο σκοτάδι, ο έλεγχος της ισορροπίας εξαρτάται κυρίως από την ανατροφοδότηση από το σωματοαισθητικό σύστημα και το αιθουσαίο σύστημα (32).

2.3.2 Οι εμβιομηχανικοί περιορισμοί:

Ο έλεγχος του κέντρου μάζας του σώματος σε σχέση με τη βάση στήριξης είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες στον έλεγχο ισορροπίας (34). Η βάση στήριξης δεν είναι σταθερή και μπορεί να ποικίλει ανάλογα με την εργασία, την κίνηση, την ατομική εμβιομηχανική και τους περιβαλλοντικούς παράγοντες. Οποιαδήποτε αλλοίωση στη μυϊκή δύναμη, στο εύρος κίνησης, στον μυϊκό τόνο ή στον έλεγχο των μυών θα επηρεάσει τη διατήρηση της ισορροπίας (32). Κατά την ορθοστάτηση, τα όρια της σταθερότητας είναι η περιοχή στην οποία το άτομο μπορεί να μετατοπίσει το κέντρο της μάζας του σώματος του και διατηρεί ισορροπία χωρίς να αλλάζει τα όρια της βάσης στήριξης. Αυτή η βάση μοιάζει με κώνο στο σχήμα της. Έτσι, η ισορροπία δεν είναι απλώς κάποια σταθερή θέση, αλλά περιλαμβάνει και μια ορισμένη περιοχή που ορίζεται όχι μόνο από το μέγεθος της βάσης της στήριξης αλλά και από το εύρος κίνησης, τη δύναμη των μυών και την αισθητηριακή ανατροφοδότηση του ατόμου (34).

2.3.3 Οι στρατηγικές κίνησης:

Υπάρχουν τρεις κύριες στρατηγικές κίνησης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αποκατάσταση της ισορροπίας στο σώμα: της ποδοκνημικής (ΠΔΚ), του ισχίου και του βηματισμού (32, 34, 35). Αυτές οι αντισταθμιστικές στρατηγικές είναι σημαντικά ταχύτερες από τις εθελούσιες κινήσεις των άκρων και είναι χρήσιμες για τη μείωση των ταλαντώσεων του κέντρου μάζας σώματος που προκαλούνται λόγω της απότομης και απροσδόκητης απώλειας της ισορροπίας (35). Αυτές οι στρατηγικές περιλαμβάνουν κάποιες μυϊκές συνέργειες, μοντέλα κίνησης, ροπές περιστροφής των αρθρώσεων και κάθετες δυνάμεις έναντι της βάσης στήριξης (32). Η στρατηγική της ΠΔΚ εφαρμόζεται για τη συντήρηση της ισορροπίας σε περιπτώσεις όπου η κλίση είναι σχετικά ήπια και η βάση στήριξης είναι σταθερή. Η στρατηγική του ισχίου χρησιμοποιείται όταν υπάρχουν μεγαλύτερες ή ταχύτερες διαταραχές ή όταν η βάση στήριξης είναι στενή ή κεκλιμένη και η στρατηγική της ΠΔΚ είναι ανεπαρκής για την επαναφορά της ισορροπίας. Η στρατηγική βηματισμού είναι μια εξ ολοκλήρου ανεξάρτητη στρατηγική. Όταν χρησιμοποιούμε αυτή τη στρατηγική, η προσαρμογή στη

βάση στήριξης επιτυγχάνεται με τη μετατόπιση του κέντρου μάζας σώματος διαφορετικά από τις άλλες δύο στρατηγικές (32, 34).

2.3.4 Η γνωστική επεξεργασία:

Οι κινητικές αντιδράσεις και η ενεργοποίηση των μυϊκών συνεργειών για τη διατήρηση της ισορροπίας επηρεάζονται από την αισθητηριακή ανατροφοδότηση και εξαρτώνται επίσης από την προσοχή, την εμπειρία, τα περιβαλλοντικά πλαίσια και τις προθέσεις (32). Η σημασία της γνωστικής επεξεργασίας σχετίζεται άμεσα με το επίπεδο δυσκολίας της εργασίας που πρέπει να εκτελεστεί, η οποία με τη σειρά της σχετίζεται με τη στάση που υιοθετείται. Οι ασθενείς των οποίων η γνωστική επεξεργασία έχει υποστεί βλάβη λόγω νευρολογικών διαταραχών ενδέχεται να χρειάζονται περισσότερους γνωστικούς πόρους για τη διατήρηση της ισορροπίας (34). Οι ασθενείς μετά το εγκεφαλικό επεισόδιο ίσως χρειαστούν περισσότερες προσπάθειες εστίασης όταν εκτελούν εργασίες που απαιτούν στατικό έλεγχο στάσης - ειδικά με την αυξανόμενη πολυπλοκότητα των εργασιών. Η ανεπαρκής κατανομή της προσοχής μπορεί να αυξήσει τον κίνδυνο αστάθειας και την πιθανότητα πτώσεων (32).

2.3.5 Η αντίληψη της καθετότητας:

Ο χωρικός προσανατολισμός σε σχέση με τις δυνάμεις βαρύτητας είναι απαραίτητος για τη διατήρηση της κατακόρυφης θέσης του σώματος όταν περπατάμε ή εκτελούμε διάφορες κινητικές εργασίες. Η βλάβη στο κεντρικό σύστημα που ενσωματώνει αιθουσαία, σωματο-αισθητηριακή και οπτική πληροφορία είτε στο κεντρικό είτε στο περιφερειακό αιθουσαίο σύστημα μπορεί να διαταράξει την κανονική αντίληψη της θέσης του σώματος στο χώρο και μπορεί να επηρεάσει ορισμένους μηχανισμούς που είναι υπεύθυνοι για την αντίληψη της κατακόρυφης στάσης (36). Συχνά, οι ασθενείς μετά από εγκεφαλικό επεισόδιο με διαταραχές ισορροπίας αποφεύγουν τη μετατόπιση του βάρους τους στην υγιή πλευρά. Αυτό το φαινόμενο αναφέρεται συχνά ως σύνδρομο ώθησης (pusher syndrome). Η κλινική του εκδήλωση είναι η τάση να μετατοπίζεται περισσότερο το σωματικό βάρος στην παρετική πλευρά

από φόβο να πέσει στην υγιή πλευρά. Τέτοιες περιπτώσεις δείχνουν μειωμένη αντίληψη της καθετότητας του σώματος σε σχέση με την αδρανειακή δύναμη (βαρυτική έλξη) (32). Οι ασθενείς αντιλαμβάνονται τη θέση του σώματος τους ως ευθεία, ενώ στην πραγματικότητα το σώμα τους κλίνει προς την παρετική πλευρά (32, 34). Είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί ότι τέτοιοι ασθενείς δεν έχουν καμία βλάβη στην επεξεργασία οπτικής και αισθησιακής ανατροφοδότησης που είναι υπεύθυνη για την οπτική αντίληψη της κατακόρυφης θέσης (καθετότητας) (32).

Ο έλεγχος της στάσης εξαρτάται από τις σωματοαισθητικές πληροφορίες που λαμβάνονται καθώς τα πόδια πιέζονται στην επιφάνεια υποστήριξης. Η ορθοστάτηση σε μια ασταθή επιφάνεια προκαλεί αυξημένη ταλάντωση του σώματος, η οποία διεγείρει το στατικό συντονισμό - δηλαδή το αισθητικό και το κινητικό σύστημα διεγείρονται ώστε να προσαρμόζονται γρήγορα. Όταν διατηρείται η ισορροπία σε μια ασταθή επιφάνεια, συμβαίνει η διέγερση των υποδοχέων των μυϊκών ατράκτων μέσω κινητικών νευρώνων γάμμα, εξασφαλίζοντας έτσι την κινητική απόκριση - η οποία με τη σειρά της επηρεάζει την σταθερότητα των αρθρώσεων (37).

Υπάρχει επίσης και μια άποψη ότι η ταλάντευση του σώματος, που είναι μια χαρακτηριστική συνέπεια του ΑΕΕ, ψυχολογικά αυξάνει το φόβο της πτώσης των ασθενών, περιορίζοντας κατά συνέπεια την αποτελεσματικότητα της προσπάθειας αποκατάστασης της ισορροπίας (38).

2.4 Η εκτίμηση της ισορροπίας

Η εκτίμηση της ισορροπίας πραγματοποιείται συνήθως προκειμένου να χαρακτηριστεί η ικανότητα ισορροπίας ενός ατόμου. Υπό την έννοια αυτή, κλινικές δοκιμές ισορροπίας συλλέγουν συνήθως υποκειμενικά δεδομένα, που λαμβάνονται γενικά από την κλίμακα ισορροπίας Berg (BBS) και την κλίμακα Romberg. Η κλίμακα ισορροπίας Berg ενσωματώνει στατικές και δυναμικές δοκιμασίες και είναι γνωστή ως ένα από τα «χρυσά πρότυπα» στην αξιολόγηση της ισορροπίας. Αξιολογεί συνολικά 14 λειτουργικές δοκιμασίες, που παράγουν μια μέγιστη βαθμολογία 56 πόντων. Η

υψηλότερη βαθμολογία αντιπροσωπεύει μια καλύτερη απόδοση ισορροπίας. Από την άλλη, η δοκιμή Romberg έχει χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση του αιθουσαίου. Ωστόσο, η δοκιμασία Romberg επεκτάθηκε επίσης για να αξιολογήσει την ικανότητα ισορροπίας. (39)

Καθώς ο ορθοστατικός έλεγχος και η ισορροπία είναι απαιτούμενα συστατικά για τη βάρδιση και την κινητικότητα μετά από εγκεφαλικό επεισόδιο (40), ερευνητές διερεύνησαν τη σχέση της πλευρίωσης της βλάβης μετά από ΑΕΕ, και την ικανότητα ισορροπίας και βάρδισης, και δεν βρέθηκε καμιά συσχέτιση (17). Ωστόσο, κρίνεται απαραίτητη κατά την θεραπευτική προσέγγιση η μεταφορά βάρους στο ημίπληκτο μέλος (40).

Οι διαταραχές ισορροπίας δεν βλάπτουν μόνο την καθημερινή λειτουργική δραστηριότητα, αλλά περιορίζουν και τη σωματική και κοινωνική δραστηριότητα (41). Τα προβλήματα ισορροπίας κάνουν τους χρόνιους ασθενείς να υποφέρουν από την απώλεια των δραστηριοτήτων της καθημερινής διαβίωσης και μεταγενέστερα επιφέρουν μείωση της ποιότητας ζωής τους (42, 43). Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο η κανονικοποίηση ή και η αποκατάσταση της μειωμένης λειτουργίας ισορροπίας έχει προσελκύσει πολύ μεγάλη προσοχή, καθώς οι προσπάθειες εστιάζονται όχι μόνο στην αναζήτηση των πιο αντικειμενικών και αξιόπιστων κλινικών δοκιμών και έρευνας με τεχνικά εργαλεία για λειτουργική αξιολόγηση, αλλά και στην εξεύρεση φυσικοθεραπευτικών τεχνικών και εξοπλισμού που θα αποφέρει τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα (41).

2.5 Η αξιολόγηση της ισορροπίας

Η ισορροπία είναι μία από τα λίγα επιμέρους χαρακτηριστικά που μπορεί να αξιολογηθεί από το πρώιμο ακόμα στάδιο και μπορεί να έχει αξία πρόβλεψης για την πρόωρη ανάκαμψη και τη βάρδιση (44). Διάφορες τεχνικές εφαρμόζονται πλέον για την αξιολόγηση της ισορροπίας σε ασθενείς μετά το εγκεφαλικό επεισόδιο (45). Ελέγχεται τόσο στατικά, όσο και δυναμικά, με τις τυποποιημένες κλίμακες αξιολόγησης, καθώς

πλέον και με νεότερους τρόπους, με τη χρήση της ψηφιακής τεχνολογίας. Οι στατικές δοκιμασίες χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της ικανότητας των ασθενών να διατηρήσουν το κέντρο μάζας του σώματός τους εντός του πλαισίου της βάσης στήριξης, καθώς παραμένουν σε σταθερή θέση, ενώ οι δυναμικές εφαρμόζονται για την αξιολόγηση της ισορροπίας κατά τη διάρκεια εθελοντικών κινήσεων ή ύστερα από εξωτερικές παρεμβάσεις προς αποσταθεροποίηση.

2.5.1 Τυποποιημένες κλίμακες αξιολόγησης ισορροπίας

Κατά τη διαδικασία δοκιμών λειτουργικής ισορροπίας, οι ασθενείς καλούνται να διατηρούν ισορροπία καθώς εκτελούν δραστηριότητες διαφορετικής πολυπλοκότητας, όπως όταν περιστρέφονται, κάθονται, μετατοπίζονται από την καθιστή στη όρθια θέση, στέκονται σε διάφορες θέσεις, περπατούν κλπ. Στις δοκιμές λειτουργικής ισορροπίας, το αποτέλεσμα της προσπάθειας συνήθως αξιολογείται σε κλίμακες 3-5 σημείων ή με την καταμέτρηση του χρόνου κατά τον οποίο το άτομο κατάφερε να διατηρήσει την απαιτούμενη θέση. Αυτές οι δοκιμασίες, χρησιμεύουν και κατά την αξιολόγηση, αλλά και στην επαναξιολόγηση, προσδιορίζοντας την επίδραση που μπορούν να έχουν οι διάφορες παρεμβάσεις (30).

Βιβλιογραφικά αναφέρονται πολλές τυποποιημένες κλίμακες αξιολόγησης της ισορροπίας. Πιο συχνά απαντάται η Berg Balance Scale, το Timed Up and Go Test, το Tinetti Assessment Tool, το Functional Reach Test, η κλίμακα ισορροπίας από την Fugl-Meyer Assessment, το Postural Assessment Scale for Stroke Patients (PASS), ο Dynamic Gait Index, το Multidirectional Reach Test, η Activities-Specific Balance Confidence Scale, και η Fullerton Advanced Balance Scale (26)

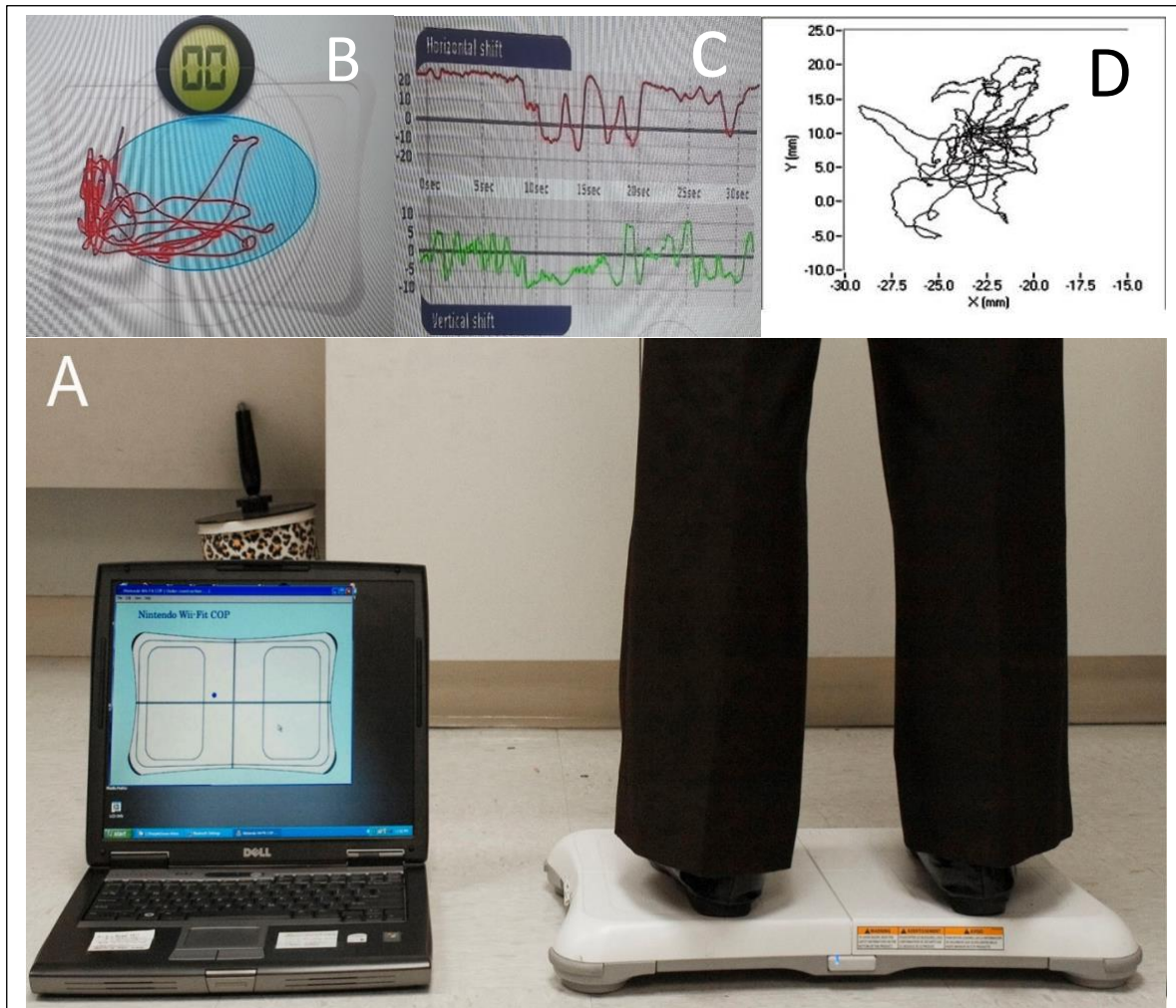
Παρόλο που αυτές οι δοκιμασίες και οι κλίμακες δεν απαιτούν δαπανηρό εξοπλισμό και είναι σχετικά γρήγορες, τα αποτελέσματα είναι υποκειμενικά και έχουν το χαρακτηριστικό φαινόμενο οροφής (ceiling effect) και συνεπώς οι τεχνικές αυτές είναι ανεπαρκώς ευαίσθητες για την ανίχνευση και την αξιολόγηση ελαφρών μεταβολών σχετικών με την ισορροπία (46).

2.5.2 Ψηφιακός τρόπος αξιολόγησης ισορροπίας.

Σύμφωνα με τους Mancini και Horak, τα παραπάνω εργαλεία είναι πολύ απλά για να αξιολογήσουν το πολύπλοκο σύστημα ελέγχου της ισορροπίας και η αντικειμενικότητα των αποτελεσμάτων μπορεί να διαφέρει σημαντικά ανάλογα με το επίπεδο αμεροληψίας του ερευνητή (30). Η βέλτιστη τεχνική αξιολόγησης της ισορροπίας πρέπει να περιλαμβάνει αντικειμενικές και ποσοτικές μετρήσεις που θα προωθούν λεπτομερή, εύκολα κατανοητά και αξιόπιστα ευρήματα. Για το λόγο αυτό, η εφαρμογή τεχνολογιών πληροφορικής καθίσταται όλο και πιο κοινή στην κλινική πρακτική για μια αντικειμενική αξιολόγηση της ισορροπίας και των μηχανισμών επηρεασμού της (30). Οι εργαστηριακές μετρήσεις είναι σημαντικά πιο ευαίσθητες στην αξιολόγηση της ισορροπίας από τις κλινικές κλίμακες. Η γραφική παράσταση της στάσης (posturography) είναι μια από τις συνηθέστερες εργαστηριακές τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της ισορροπίας (45). Η ποσοτικοποίηση της γραφικής αναπαράστασης θέσης χρησιμοποιεί δυναμικές ηλεκτρονικές πλατφόρμες για τον προσδιορισμό της τροχιάς κίνησης του κέντρου πίεσης. Η τροχιά των παραλλαγών στο κέντρο της πίεσης αντανakλά την ικανότητα του νευρικού και του μυοσκελετικού συστήματος να ενσωματώνουν την ανατροφοδότηση από διάφορα αισθητηριακά συστήματα, συμπεριλαμβανομένης της όρασης και των σωματο-αισθητικών και αιθουσαίων συστημάτων που σχετίζονται με τη διατήρηση της ισορροπίας (26). Κατά τη διάρκεια της γραφικής παρατήρησης της στάσης του σώματος, οι πληροφορίες σχετικά με την ταλάντευση του σώματος από τους αισθητήρες της πλατφόρμας μεταδίδονται στον υπολογιστή και καταγράφονται καμπύλες ταλάντωσης. Η γραφική απεικόνιση της στάσης καταγράφεται προσμετρώντας το εύρος της - κατά μήκος και κατά πλάτος ταλάντωσης, το μήκος της τροχιάς κίνησης του κέντρου πίεσης και τη συχνότητα των ταλαντώσεων. Η γραφική παράσταση της στάσης αποτυπώνεται με δύο τεχνικές, την στατική και δυναμική γραφική αναπαράσταση θέσης (Posturography). Το στατικό

διάγραμμα στάσης (Εικ. 2) αξιολογεί την ικανότητα των υποκειμένων να διατηρούν ισορροπία ενώ παραμένουν ακίνητοι και χωρίς εξωτερικές διαταραχές.

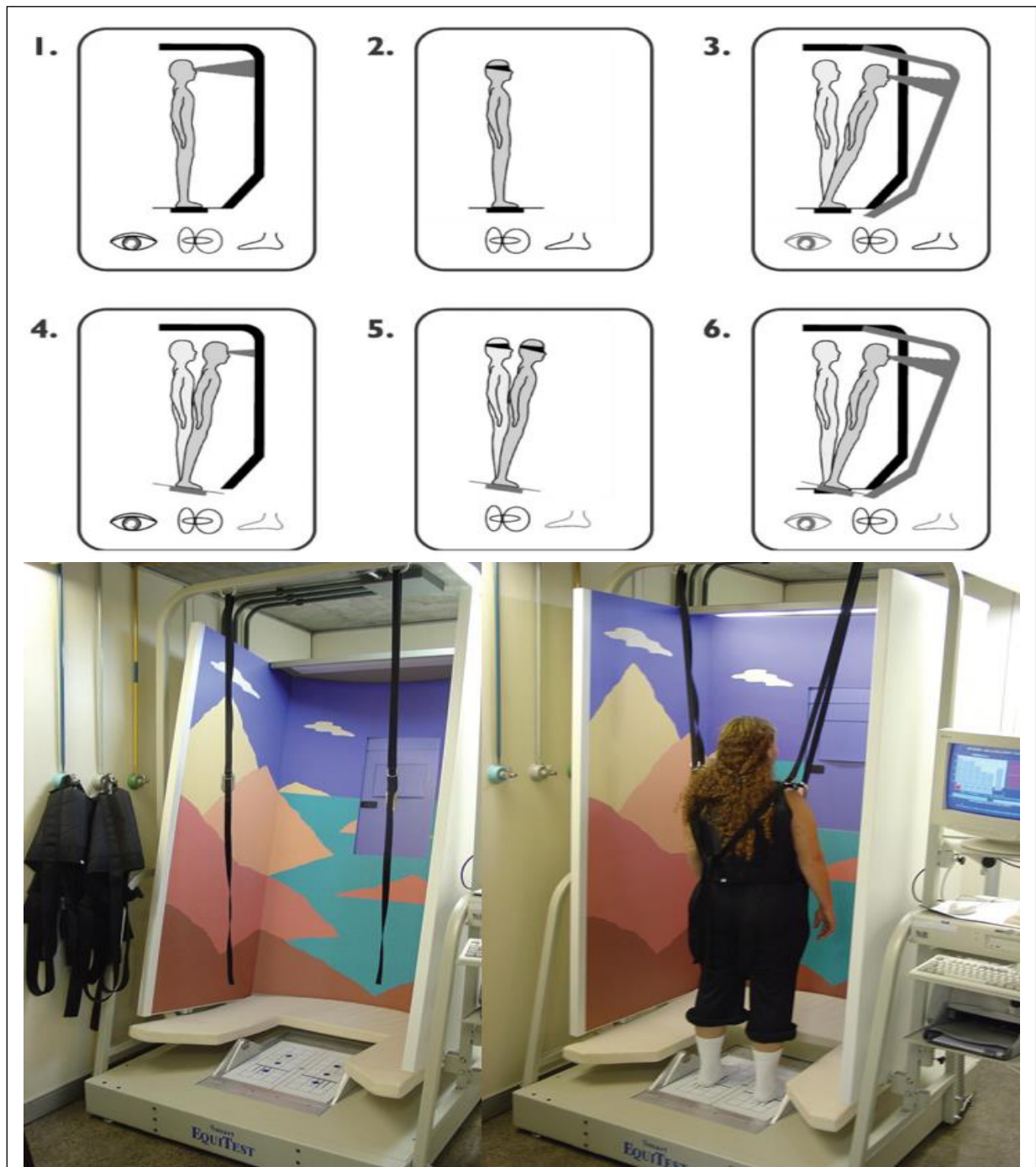
Το δυναμικό γράφημα στάσης αξιολογεί την ικανότητα των υποκειμένων να διατηρούν ισορροπία ενώ εκτίθενται σε διάφορα εξωτερικά ερεθίσματα που μπορεί να



Εικόνα 2 γραφική απεικόνιση κατά την αξιολόγηση στατικής ισορροπίας πάνω στην ηλεκτρονική πλατφόρμα του Wii.

- A. Απεικόνιση της αντιστοίχισης του COP σε εικονική πλατφόρμα του Wii σε pc σε πραγματικό χρόνο.
- B. Προβολή της κίνησης του COP και της επιφάνειας (AREA) που αυτό κινήθηκε κατά το 30" test από το λογισμικό PhysioFun Balance Training.
- C. Προβολή του εύρους ταλάντωσης του COP σε οριζόντιο και προσθιοπίσθιο άξονα στη γραμμή χρόνου κατά το 30" test από το λογισμικό PhysioFun Balance Training.
- D. Καταγραφή κίνησης του COP σε pc από άλλο λογισμικό σε προσαρμοζόμενη κλίμακα.

προκύψουν είτε από την κίνηση της βάσης στήριξης, είτε από μια άμεση παρεμβολή από άλλο άτομο - π.χ. σπρώχνοντας απαλά τον εξεταζόμενο, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.



Εικόνα 3 Συνθήκες και εξέταση δυναμικής ισορροπίας πάνω σε κινούμενη ηλεκτρονική πλατφόρμα ισορροπίας.

1. Με ανοιχτά μάτια, σταθερή πλατφόρμα, σταθερό παρασκήνιο
2. Με κλειστά μάτια, σταθερή πλατφόρμα, αδιάφορο παρασκήνιο
3. Με ανοιχτά μάτια, σταθερή πλατφόρμα, κινούμενο παρασκήνιο
4. Με ανοιχτά μάτια, κινούμενη πλατφόρμα, σταθερό παρασκήνιο
5. Με κλειστά μάτια, κινούμενη πλατφόρμα, αδιάφορο παρασκήνιο
6. Με ανοιχτά μάτια, κινούμενη πλατφόρμα, κινούμενο παρασκήνιο

Εικόνα από: NeuroCom Internacional Inc. Equitest system operator's manual. Clackamas (OR): NeuroCom International; 1998.

Κοιτάζοντας προς το μέλλον, θα συναντήσουμε την Επιταχυνσιομετρία (Accelerometry) που είναι μία από τις πιο πρόσφατες τεχνικές αξιολόγησης ισορροπίας. Παρότι προτάθηκε για πρώτη φορά το 1970, ήταν μόνο κατά τα τελευταία 10-15 χρόνια που η τεχνική αυτή βελτιώθηκε και προετοιμάστηκε για χρήση στην κλινική πρακτική. Η τεχνική αυτή σχετίζεται με το Posturography, αλλά δεν απαιτεί εργαστηριακές ρυθμίσεις. Τα επιταχυνσιόμετρα είναι όργανα που μετρούν την ταχύτητα κινήσεων και την επιτάχυνση των μερών σωμάτων σε τρεις άξονες, τον κατακόρυφο, τον οριζόντιο και τον εγκάρσιο (47). Αυτές οι συσκευές εφάπτονται στον κορμό και τα άκρα του εξεταζόμενου, και ένας υπολογιστής χρησιμοποιείται για να αναλύσει τα εισερχόμενα σήματα (48). Οι μετρήσεις μπορούν να πραγματοποιηθούν ενώ ο εξεταζόμενος εκτελεί δοκιμασίες ισορροπίας ή ασκεί καθημερινές δραστηριότητες (49). Η Επιταχυνσιομετρία βοηθά στην αξιολόγηση των κινήσεων, της ισορροπίας, της κατανάλωσης ενέργειας, καθώς και της ταχύτητας και της έντασης της κίνησης (47). Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των επιταχυνσιόμετρων είναι ότι είναι φορητά και εύκολα στη χρήση, και διαφοροποιούνται από τη γραφική αναπαράσταση θέσης (Posturography), η οποία απαιτεί ηλεκτρονική πλατφόρμα.

2.5.3 Η κλίμακα αξιολόγησης Berg (BBS)

Η BBS έχει προσδιοριστεί ως το πιο συχνά χρησιμοποιούμενο εργαλείο αξιολόγησης κατάλληλο για όλη την πορεία από την οξεία φάση έως και την επανένταξη του ασθενή στην Κοινότητα (39). Όντας κατάλληλη για κάθε φάση, η BBS είναι ένα ιδανικό μέτρο για το σκοπό αυτό, καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ασθενείς που έχουν πολύ χαμηλή λειτουργικότητα καθώς και με προκαταρκτικές περιπατητικές ικανότητες (50).

Είναι μια κλίμακα που χρησιμοποιείται συνήθως για την αξιολόγηση των διαταραχών ισορροπίας. Περιέχει 14 δοκιμασίες και ελέγχει δραστηριότητες όπως την καθιστή και όρθια θέση, με και χωρίς υποστήριξη, εγέρσεις από καθιστή σε όρθια θέση και ανάποδα, μεταφορές, ορθοστάτηση με τα μάτια κλειστά ή με τα πόδια ενωμένα,

μεταφορά του κορμού μπροστά ενώ στέκεται, συλλογή ενός αντικείμενου από το έδαφος, στροφές του κορμού, 360 μοίρες περιστροφή, εναλλαγή ποδιών πάνω σε σκαλί, να στέκεται με ένα πόδι προς τα εμπρός από το άλλο και η μονοποδική στήριξη. Κάθε δοκιμασία βαθμολογείται μεταξύ 0-4, σύμφωνα με τον βαθμό εκπλήρωσης της ή του χρόνου που δαπανήθηκε. Η ελάχιστη βαθμολογία ορίζεται ως 0, ενώ η υψηλότερη ορίζεται ως 4, η μέγιστη συνολική βαθμολογία είναι 56 (51). Η BBS έχει σταθμιστεί για διάφορες παθολογίες συμπεριλαμβανομένης του ΑΕΕ, και συγκεκριμένα αποτελέσματα έχουν καθοριστεί για τον εντοπισμό εκείνων που διατρέχουν κίνδυνο πτώσεων και εκείνων που χρειάζονται μια ενίσχυση βάδισης για βάδιση (39, 52)

Η βαθμολογία BBS προβλέπει την πλειονότητα των διακυμάνσεων της ικανότητας βάδισης μεταξύ των ασθενών που γίνονται δεκτοί με εγκεφαλικά επεισόδια σε κέντρα αποκατάστασης (44). Αποτελέσματα από 0 έως 20 σημαίνει υψηλό κίνδυνο πτώσης, 21 έως 40 σημαίνει μέτριος κίνδυνος πτώσης και 41 έως 56 σημαίνει χαμηλός κίνδυνος πτώσης (51) όπως επίσης αναφέρεται πως ένα σκορ από 12 και πάνω κατά την εισαγωγή στο νοσοκομείο προβλέπει την επανάκτηση της βάδισης, ενώ ένα σκορ από 29 και πάνω μια επαρκή ταχύτητα βάδισης (50). Μια άλλη μελέτη, από τους Makizako et al., καθόρισαν πως ένα σκορ 13 στην BBS κατά την εισαγωγή στην ενδονοσοκομειακή αποκατάσταση, προβλέπει ανεξάρτητο περπάτημα σε 12 εβδομάδες μετά το εγκεφαλικό επεισόδιο (53), ενώ σύμφωνα με μια άλλη προοπτική μελέτη, ένα σκορ 20 κατά την εισαγωγή θα οδηγήσει πιθανότατα σε μία ταχύτητα βάδισης μικρότερη των 0,4 m/s - κατάλληλη για εντός σπιτιού μετακινήσεις - κατά το εξιτήριο (44). Άλλη μελέτη έχει δείξει ότι ακόμη και μεταξύ των ασθενών με πλημμελή ισορροπία στην είσοδο, όσοι εμφανίζουν βελτίωση της βαθμολογίας BBS σε 27, ένα μήνα μετά την εισαγωγή, είναι πολύ πιο πιθανό να επιτύχουν ανεξάρτητο βάδισμα εντός 3 μηνών από την εισαγωγή (53).

Η καθιέρωση οροσήμων στα αποτελέσματα της BBS για την πρόβλεψη ή μη, ανεξάρτητης βάδισης ή την ικανότητα βάδισης σε μια ταχύτητα κοινωνικά αποδεκτή,

έχει πολλές επιπτώσεις για την κλινική πρακτική. Δεδομένου ότι η BBS είναι ήδη ένα ευρέως χρησιμοποιούμενο μέτρο για την αποκατάσταση, αυτή η ερμηνεία των αποτελεσμάτων - οροσίων, μπορεί να βοηθήσει και να καθοδηγήσει τους κλινικούς στο επίκεντρο της θεραπείας τους (50).

Μια σύντομη περιληπτική αναφορά της κλίμακας Berg, διατυπώνεται στον παρακάτω πίνακα 1 (39).

Κριτήριο	Αποτέλεσμα
Τι μετρά το εργαλείο;	Ισορροπία σε Ενήλικες
Σε ποιες περιπτώσεις μπορεί να εφαρμοστεί;	Η BBS αναπτύχθηκε για χρήση σε ηλικιωμένα άτομα. Είναι επίσης κατάλληλη και χρησιμοποιείται σε ασθενείς με Εγκεφαλικό επεισόδιο.
Είναι ένα εργαλείο παρατήρησης ή αξιολόγησης;	Αξιολόγησης
Χρόνος που χρειάζεται για την διεξαγωγή;	Περίπου 10-15 λεπτά για να ολοκληρωθεί με άμεση παρατήρηση.
Αξιοπιστία (Reliability)	Τρεις μελέτες που εξέτασαν την εσωτερική συνοχή (internal consistency) ανέφεραν εξαιρετική εσωτερική συνοχή.
	Εξαιρετική αξιοπιστία που αναφέρθηκε από 2 μελέτες. Μία μελέτη εξέτασε την μεταξύ αξιολογητών αξιοπιστία, και μία μελέτη εξέτασε την αξιοπιστία στη δοκιμή – επαναδοκιμή (test-retest).
Εγκυρότητα (Validity)	Εγκυρότητα του περιεχομένου: οι δοκιμασίες επιλέχθηκαν με βάση συνεντεύξεων με 12 ηλικιωμένα άτομα και 10 επαγγελματίες. Η λίστα των στοιχείων αναθεωρήθηκε μετά από μια προκαταρκτική δοκιμή σε όλες τις δοκιμασίες.
	Εγκυρότητα κριτηρίου: προβλεπόμενη διάρκεια παραμονής στη μονάδα αποκατάστασης, επόμενη δομή μετά το εξιτήριο, επίπεδο αναπηρίας, και κινητική ικανότητα 180 ημέρες μετά το εγκεφαλικό επεισόδιο.
	Δομική εγκυρότητας: άριστες συσχετίσεις με τον δείκτη Barthel, Postural Assessment Scale for Stroke Patients, και Functional Reach Test. Επαρκείς έως και εξαιρετικές συσχετίσεις με την Fugl-Meyer, την FIM και το Rivermead Mobility Index.
Υπερβολικά εύκολο / δύσκολο; (floor / ceiling effect)	Δύο μελέτες εντόπισαν υπερβολική ευκολία (floor effect) και μία μελέτη εντόπισε σημαντική δυσκολία (ceiling effect) στην επίτευξη των δραστηριοτήτων.
Το εργαλείο ανιχνεύει αλλαγές σε ασθενείς;	Από τις 8 μελέτες που εξετάστηκαν, όλες αναφέρουν μέτρια έως εξαιρετική ευαισθησία στις αλλαγές στην κατάσταση των ασθενών
Αποδοχή (Acceptability)	Η κλίμακα δεν είναι κατάλληλη για ασθενείς με σοβαρή επιβάρυνση, καθώς αξιολογεί μόνο μία δραστηριότητα που σχετίζεται με την ισορροπία στην καθιστή θέση. Απεναντίας, τα πολύ ελαφρά περιστατικά θα την βρουν πολύ απλή.
Σκοπιμότητας (Feasibility)	Η BBS δεν απαιτεί εξειδικευμένη εκπαίδευση για την εφαρμογή της. Ωστόσο, η εφαρμογή θα πρέπει να γίνεται από άτομα με γνώση του πώς να διαχειρίζονται με ασφάλεια ασθενείς με ΑΕΕ, διότι είναι μια επικίνδυνη αξιολόγηση κατά την οποία ένας ασθενής θα μπορούσε να πέσει αν δεν επιτηρείται από εξεταστή με εξειδίκευση στην αποκατάσταση του εγκεφαλικού επεισοδίου. Απαιτείται σχετικά λίγος εξοπλισμός ή χώρος.

Πίνακας 1 ιδιότητες αξιολογητικού εργαλείου Berg Balance Scale (τροποποιημένος από Lisa Blum, 2008)

2.5.4 Αξιολόγηση με ηλεκτρονική πλατφόρμα

Η ισορροπία και η στάση του σώματος μπορούν να επηρεαστούν σε διάφορες παθολογικές καταστάσεις, και σαφώς μετά από ένα εγκεφαλικό επεισόδιο (54). Η έλλειψη ισορροπίας αυξάνει τον κίνδυνο των πτώσεων με όλες τις συνέπειες που συνεπάγονται (νοσηρότητα, θνησιμότητα και κόστος για την κοινωνική ασφάλιση).

Η εκπαίδευση της είναι ένα σημαντικό μέρος της αποκατάστασης ώστε να αποφευχθούν οι προαναφερθείσες επιπλοκές (55). Για την πρώτη αξιολόγηση των ασθενών και, στη συνέχεια, για την ποσοτικοποίηση της προόδου των ασθενών, δύο είναι οι πιθανές επιλογές: ποσοτική αξιολόγηση της ισορροπίας με ηλεκτρονική πλατφόρμα ισορροπίας (Force plate) σε ένα εργαστήριο ή μια ποιοτική αξιολόγηση με τη χρήση κλίμακας όπως η κλίμακα ισορροπίας Berg (39). Και οι δύο προσεγγίσεις έχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Οι ηλεκτρονικές πλατφόρμες ισορροπίας μπορούν να ανιχνεύσουν τις δυνάμεις αντίδρασης κατά τις στιγμές που ο εξεταζόμενος προσπαθεί να ισορροπήσει όρθιος πάνω τους και να υπολογίσουν το κέντρο της πίεσης (COP) και, κατά συνέπεια, να το καταγράψουν και να εμφανίζουν τα διαδοχικά σημεία από όπου καταγράφηκε το κέντρο της πίεσης, και να το αποδώσουν ως δείκτη απόδοσης ισορροπίας: όσο μεγαλύτερη η περιοχή της έλλειψης που σχηματίζεται από την τροχιά COP, τόσο υψηλότερη η μέση ταχύτητα μετακίνησης του COP, καθώς και τα όρια του εύρους του. Η ποσοτική αξιολόγηση έχει μεγάλη ακρίβεια, αλλά η πρόσβαση σε αυτό το είδος εργαλείου μέχρι τώρα περιοριζόταν σε ειδικά εξοπλισμένα εργαστήρια και δεν επέτρεπαν την τακτική μέτρηση για την παρακολούθηση ή την αξιολόγηση των ασθενών.

Οι ηλεκτρονικές πλατφόρμες ισορροπίας χρησιμοποιούν το χαρακτηριστικό της ανάδρασης (feedback) οπτικά ή και ακουστικά και δύνανται να είναι χρηστικές σε ασθενείς με ΑΕΕ, επειδή οι ασθενείς με εγκεφαλικό επεισόδιο εμφανίζουν αισθητηριακές διαταραχές στο κάτω άκρο (14) και αυτή η μείωση της αισθητηριακής ολοκλήρωσης μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερη εξάρτηση από την οπτική πηγή

πληροφοριών για τη διατήρηση της ισορροπίας, μιας και η κινητική συμπεριφορά θα επηρεαστεί τόσο από την επιπλέον οπτική πληροφορία, όσο και από την αντίληψη του ασθενή για την ιδίαν αποτελεσματικότητα της προσπάθειας του (56). Πιο συγκεκριμένα, η εκπαίδευση της ισορροπίας με την εφαρμογή της οπτικής και ακουστικής ανάδρασης θεωρείται μια αποτελεσματική τεχνική για τη βελτίωση του ελέγχου ισορροπίας (57) Όσον αφορά τους ασθενείς με εγκεφαλικό επεισόδιο, η χρήση πρόσθετων οπτικών πληροφοριών σε ασθενείς μετά από ΑΕΕ πιστεύεται ότι βελτιώνει την αντίληψή τους για την πραγματική θέση του σώματος και τη μετατόπιση τους στο χώρο (58), όπως επίσης και την κατανομή του βάρους και τη στατική και δυναμική σταθερότητα (59), καθώς η χρήση ακόμα και ενός απλού συστήματος feedback (BF) απέδειξε ότι στα άτομα που στην αποκατάσταση έκαναν χρήση κατά τη διάρκεια της καθημερινής εκπαίδευσης βάρδισης κατόρθωσαν σημαντικά υψηλότερες ταχύτητες βάρδισης τόσο κατά την έξοδο όσο και 3 μήνες αργότερα από εκείνους που δεν έκαναν χρήση (60). Η αποκατάσταση πρέπει κατά προτίμηση να περιλαμβάνει την επανάληψη των απλών δραστηριοτήτων και να περιλαμβάνει την κατάλληλη ανάδραση και ενθάρρυνση εκ μέρους του φυσικοθεραπευτή (60). Η χρήση ενός συστήματος BF μπορεί να αυξήσει την αντικειμενικότητα της ανάδρασης και την ενθάρρυνση σε σχέση με εκείνη που παρέχεται από έναν θεραπευτή και είναι πιθανώς πιο αποτελεσματική για την αύξηση της αποτελεσματικότητας των εκπαιδευτικών ασκήσεων. Εξ' άλλου, η επανεκπαίδευση της ισορροπίας σε ηλεκτρονικές πλατφόρμες με οπτική ανάδραση παρέχει στους ασθενείς πληροφορίες σχετικά με την τρέχουσα θέση του σώματός τους και το κέντρο της πίεσης σε πραγματικό χρόνο, πράγμα το οποίο βοηθά τους ασθενείς να εξασφαλίσουν καλύτερο έλεγχο στη διατήρηση μιας ορισμένης στάσης ή να αντιλαμβάνονται όταν συντελείται μία αλλαγή θέσης του σώματος (57). Ωστόσο, το βέλτιστο σύστημα BF που θα συμβάλει στην τελειοποίηση της διαπροσωπικής ανάδρασης μεταξύ ασθενών και θεραπευτή δεν έχει προς το παρόν αναφερθεί.

Τα δε χαρακτηριστικά των σωστών προτύπων μετακίνησης δεν μπορούν να κατανοηθούν αντικειμενικά σε πραγματικό χρόνο από τις παρατηρήσεις του θεραπευτή

και μόνο (ιδιαίτερα, λεπτές κινήσεις κατά την ορθοστάτηση δεν μπορούν καν να ανιχνευθούν). Με την ανταλλαγή πληροφοριών μέσω του BF, το σύστημα αυτό παρέχει στον θεραπευτή ακριβείς αλλά και δυσδιάκριτες πληροφορίες σχετικά με το μοτίβο που παρουσιάζει το κέντρο πίεσης του ασθενή πάνω στην πλατφόρμα. Έτσι, ο θεραπευτής μπορεί αμέσως να υποστηρίξει τον ασθενή με ακριβή σχόλια και ενθάρρυνση κατά τη διάρκεια της επανεκπαίδευσης της ισορροπίας (61).

Επιπλέον πρόσφατες μελέτες έδειξαν ότι η ανταμοιβή ενισχύει τη διατήρηση μνήμης σε πολλαπλά μοντέλα κινητικής μάθησης σε υγιή άτομα (62) και ασθενείς με εγκεφαλικό επεισόδιο (63). Επειδή όμως το BF παρέχει ενθάρρυνση με βάση την αντικειμενικές πληροφορίες επί της άσκησης, είναι πιθανό ότι η χρήση του BF μπορεί να έχει αναγάγει το αποτέλεσμα της ενθάρρυνσης σε ανταμοιβή.

Συμπερασματικά, διαπιστώθηκε σημαντική βελτίωση στην ισορροπία και στον ορθοστατικό έλεγχο σε ασθενείς με εγκεφαλικό επεισόδιο όταν συγκρίνεται η χρήση της πλατφόρμας με τη συμβατική θεραπεία (51). Τα αποτελέσματα μελετών, έδειξαν ότι αν και η πλατφόρμα ισορροπίας ήταν ευεργετική για τη στατική ισορροπία και τη στάση του σώματος, ανεπαρκής κρίθηκε η βελτίωση που επιτεύχθηκε κατά τις λειτουργικές δραστηριότητες των ασθενών μετά από εγκεφαλικό επεισόδιο (51) και ως εκ τούτου η ευεργετικότητα της αμφισβητείται. Περαιτέρω μελέτες απαιτούνται για τον αντίκτυπό της στις δυναμικές λειτουργίες ισορροπίας.

3. Η εικονική πραγματικότητα

Η εικονική πραγματικότητα έχει οριστεί ως η «χρήση διαδραστικών προσομοιώσεων που δημιουργήθηκαν με υλικό και λογισμικό υπολογιστών για να παρουσιάσουν στους χρήστες τη δυνατότητα να εμπλακούν σε περιβάλλοντα που

εμφανίζονται και προσομοιώνουν παρόμοια με τα πραγματικά αντικείμενα και σενάρια» (64)

Η εικονική πραγματικότητα είναι μια σχετικά πρόσφατη προσέγγιση που μπορεί να επιτρέψει προσομοιωμένη πρακτική και εκπαίδευση λειτουργικών δραστηριοτήτων σε υψηλότερη δόσολογία από τις παραδοσιακές θεραπείες (65).

Τα δε εικονικά περιβάλλοντα μπορούν να κυμανθούν ανάλογα με τον τρόπο που αντιπροσωπεύεται ο χρήστης μέσα στο εικονικό περιβάλλον και περιγράφονται γενικά ως υψηλής και χαμηλής εμπύθισης (66).

Η εικονική πραγματικότητα μπορεί να είναι επωφελής, δεδομένου ότι προσφέρει πολλά χρήσιμα χαρακτηριστικά, όπως η στοχοκατευθυντικότητα και η επανάληψη, που φαίνεται να είναι σημαντικά στη νευρολογική αποκατάσταση (67), όπως επίσης έχει τη δυνατότητα να παρέχει εμπλουτισμένο περιβάλλον μέσα στο οποίο οι άνθρωποι με εγκεφαλικό επεισόδιο καλούνται να επιλύσουν προβλήματα και να κατακτήσουν νέες δεξιότητες. Οι ασκήσεις μέσω εικονικής πραγματικότητας έχουν περιγραφεί ως πιο ενδιαφέρουσες και ευχάριστες τόσο από τα παιδιά, όσο και από τους ενήλικες, ενθαρρυνόμενοι έτσι για υψηλότερο αριθμό επαναλήψεων (68). Εξάλλου, σε πρώιμες ερευνητικές μελέτες, με τη χρήση VR, βρέθηκαν βελτιώσεις στην ταχύτητα βάδισης και στο μήκος βήματος σε ασθενείς με ΑΕΕ (69).

Η εικονική πραγματικότητα προσφέρει στους κλινικούς τη δυνατότητα να ελέγχουν και να βαθμολογούν τις δραστηριότητες ώστε να θέτουν νέες προκλήσεις στον ασθενή, καθώς τα προγράμματα συχνά ενσωματώνουν πολυτροπική ανατροφοδότηση που παρέχεται σε πραγματικό χρόνο. Επιπλέον, οι κλινικοί είναι σε θέση να επιλέξουν δραστηριότητες που δεν θα ήταν ασφαλείς στον πραγματικό κόσμο, όπως η διέλευση στο δρόμο (66).

Τα συστήματα βασισμένα στην εικονική πραγματικότητα (VR), δεδομένου ότι μπορούν να προσφέρουν ένα εξατομικευμένο, οικονομικά αποδοτικό, ασφαλές,

διαδραστικό και επαναλαμβανόμενο περιβάλλον με παραλλαγές (70) συχνά αποτελεί κίνητρο (71) για τους συμμετέχοντες. Διάφοροι ερευνητές έχουν ήδη αποδείξει την θετική συμβολή της χρήσης του VR στην αποκατάσταση της ισορροπίας, σε σύγκριση με την συμβατική θεραπεία σε άτομα με χρόνιο εγκεφαλικό επεισόδιο (70, 72). Τα περισσότερα από τα υφιστάμενα συστήματα VR που στοχεύουν στα προβλήματα ισορροπίας έχουν χρησιμοποιήσει εμπορικά παιχνίδια (σχεδιασμένα με προοπτική ψυχαγωγίας) για την αποκατάσταση (71, 73). Αυτά τα VR παιχνίδια που μιμούνται ορισμένες πτυχές των τυπικών προγραμμάτων νευρολογικής αποκατάστασης μπορούν και είναι επωφελή παρέχοντας μια εναλλακτική πλατφόρμα για την απόκτηση αυτών των δεξιοτήτων. Τα VR παιχνίδια θα μπορούσαν επίσης να χρησιμοποιηθούν ακόμα και ως υποκατάστατο σε ορισμένα τμήματα του τυπικού προγράμματος της φυσικοθεραπείας, για την διατήρηση ή και για την περαιτέρω προαγωγή αυτών των δεξιοτήτων (74).

Η εικονική πραγματικότητα και η διαδραστική έκδοση βιντεοπαιχνιδιών όπως το Nintendo Wii και το Microsoft Xbox Kinect 360 Systems είναι εύκολα αποδεκτά και δύνανται να ενσωματώνονται και να αναπτύσσονται στη συμβατική θεραπεία. Το πλεονέκτημα του τηλεοπτικού παιχνιδιού σε σχέση με την παραδοσιακή θεραπεία είναι η σημαντική αύξηση στο ποσό των κινήσεων που επιτυγχάνονται. Αυτή η αύξηση μπορεί να είναι περισσότερο από πεντέμισι φορές σε παρατηρούμενες εκούσιες κινήσεις σε ασθενείς με χρόνιο εγκεφαλικό επεισόδιο (75).

Ένα ακόμα από τα μοναδικά και συναρπαστικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα της τεχνολογίας VR στην αποκατάσταση, είναι η ικανότητα των συστημάτων αυτών να καταγράφουν και να αναλύουν τις επιδόσεις του χρήστη ποσοτικά. Αυτό είναι ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα που το στερούνται πολλά θεραπευτικά σχήματα που χρησιμοποιούνται στην κλινική άσκηση (76).

Τέλος, αναλογιζόμενοι πως τα προβλήματα στην ισορροπία είναι ένα κοινό γνώρισμα μετά από ΑΕΕ, το οποίο συχνά οδηγεί τα άτομα να συμμετέχουν σε μοναχικές

ασχολίες και να αφιερώνουν λιγότερο χρόνο με την οικογένεια και φίλους τους, η χρήση συστημάτων παιχνιδιών εικονικής πραγματικότητας (VR) όπως το Nintendo Wii μπορεί να διευκολύνει τις κινητικές λειτουργίες και να αυξήσει το κίνητρο για αποκατάσταση (77). Άλλωστε, δεδομένου ότι οι αντιδράσεις στο περιβάλλον VR είναι σε πραγματικό χρόνο, η προσομοίωση απαιτεί επίσης αντιδράσεις ισορροπίας σε πραγματικό χρόνο, όμοιες με εκείνες που απαιτούνται για τις εν λόγω δεξιότητες (78).

Αυτές οι τεχνολογίες gaming είναι χαμηλού κόστους και προσβάσιμες, και μπορούν να βελτιώσουν την ισορροπία, την εμπιστοσύνη του ασθενή στον εαυτό του, και να ελαττώσουν τον κίνδυνο πτώσης (79).

Επί πλέον, φορητά και οικονομικά προσιτά συστήματα διαδραστικών συστημάτων βιντεοπαιχνιδιών μπορούν να βελτιώσουν την εμπειρία άσκησης στο σπίτι μέσω της χρηστικότητας τους, της διασκεδαστικής τους φύσης και των αυτοματοποιημένων λειτουργιών ανατροφοδότησης, σε ένα μικρό μέρος του κόστους σε σύγκριση με άλλα, περίπλοκα ρομποτικά συστήματα. Οι ανατροφοδοτήσεις απόδοσης σε πραγματικό χρόνο και οι δυνατότητες τηλεπαρακολούθησης έχουν τη δυνατότητα να μεταφέρουν την αποκατάσταση από κάποιο κέντρο στο σπίτι. Οι παρεμβάσεις προγραμμάτων εικονικής πραγματικότητας μετά από ΑΕΕ με συστήματα παιχνιδιών- άλλα προσαρμοσμένων και άλλα εμπορικών- έχουν αποδείξει σημαντικά οφέλη στη λειτουργία των άνω άκρων, στις δραστηριότητες καθημερινής ζωής και στην ισορροπία σε σύγκριση με άλλες παρεμβάσεις, με το θετικό αντίκτυπο στις παραμέτρους του βηματισμού, να υποδηλώνει τη σημασία του VR στην κατάκτηση της κατάλληλης ταχύτητας βάδισης, ως προς την κοινωνική ενσωμάτωση (70).

4. Το σύστημα εικονικής πραγματικότητας Wii (WiiVr)

Ήταν μόλις το 2006 όταν η Nintendo εισήγαγε μία νέα εκδοχή στη χρήση της εικονικής πραγματικότητας (VR) χρησιμοποιώντας έναν ασύρματο ελεγκτή -

χειριστήριο που αλληλοεπιδρά με τον παίκτη μέσω ενός συστήματος ανίχνευσης κίνησης και της τεχνολογίας αναταρ (εκπροσώπηση του χρήστη μέσω μιας φιγούρας).

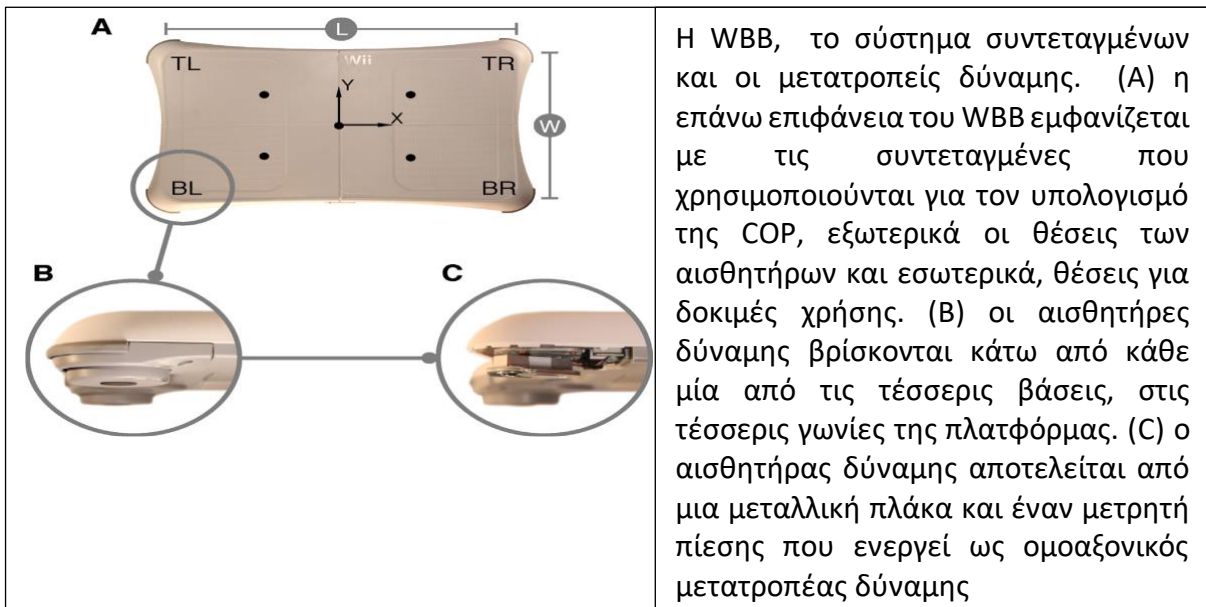
Οι ελεγκτές χρησιμοποιούν ενσωματωμένους αισθητήρες που ανταποκρίνονται σε αλλαγές κατεύθυνσης, ταχύτητας και επιτάχυνσης και επιτρέπουν στους συμμετέχοντες να αλληλοεπιδρούν με τα παιχνίδια ενώ εκτελούν κινήσεις του καρπού, του βραχίονα και του χεριού. Ένας αισθητήρας υπέρυθρου φωτός 2 σημείων, τοποθετημένος στην κορυφή μιας τηλεόρασης, καταγράφει και αναπαράγει στην οθόνη την κίνηση από το χειριστήριο όπως εκτελείται από τους συμμετέχοντες. Επειδή το Wii υποστηρίζεται από το κατάλληλο λογισμικό, δεν είναι απαραίτητες μεγάλες μετακινήσεις στα παιχνίδια. Η ανατροφοδότηση που παρέχεται από την οθόνη της τηλεόρασης καθώς και η ευκαιρία να παρατηρηθούν οι κινήσεις τους σε πραγματικό χρόνο δημιουργούν θετική ενίσχυση, διευκολύνοντας έτσι την εκπαίδευση και τη βελτίωση των εργασιών. (Περισσότερες τεχνικές λεπτομέρειες για τον τρόπο λειτουργίας περιγράφονται στο διαδίκτυο στη διεύθυνση <http://www.nintendo.com/wii/what.>)

Αρκετά χαρακτηριστικά γνωρίσματα ευνόησαν την επιλογή του VRWii σε σχέση με άλλα συστήματα VR, συμπεριλαμβανομένης της νέας και ευρέως διαθέσιμης τεχνολογίας 3D, τη χρήση παιχνιδιών προσομοίωσης, την οικονομική προσιτότητα και την κλινική εφαρμοσιμότητα. Χρησιμοποιώντας απλά γραφικά με ανατροφοδότηση σε πραγματικό χρόνο και ενίοτε με δυνατότητα μείωσης της ταχύτητας, κατέστη χρήσιμο σε ασθενείς μετά από ΑΕΕ ακόμα και σε εκείνους με γνωστικές δυσλειτουργίες δίνοντας παροχή άμεσης πολυτροπικής αισθητηριακής ανατροφοδότησης (οπτικής, απτικής και ακουστικής) μέσω του αναταρ, επιτρέποντας έτσι τις προσαρμογές κατά την εκτέλεση και την αυτοπαρατήρηση της εκτέλεσης διαφορετικών δραστηριοτήτων - ασκήσεων (80).

4.1 Η ηλεκτρονική πλατφόρμα ισορροπίας Wii Balance Board (WBB)

Πέραν του χειριστηρίου που χρησιμοποιείται για τη διαχείριση του μενού και κάποιων παιχνιδιών, το WII συνοδεύεται και από μία ηλεκτρονική πλατφόρμα, το WII BALANCE BOARD (WBB), η οποία λειτουργεί επίσης σαν χειριστήριο σε παιχνίδια ισορροπίας, σαν μία ηλεκτρονική πλατφόρμα ισορροπίας.

Πρόκειται για μια 23X43 εκατοστών άκαμπτη πλατφόρμα με τέσσερις ομοαξονικούς κάθετους μετατροπείς δύναμης που βρίσκονται στις γωνίες της πλατφόρμας και που εκπέμπουν ασύρματα δυνάμεις αντίδρασης εδάφους από κάτω από κάθε γωνιά, όπως ένας χρήστης στέκεται ή κινείται στην επιφάνειά του (81). Κάθε μετατροπέας (Εικ. 4) (81) είναι ένας ανιχνευτής φορτίου που αποτελείται από μια μεταλλική μπάρα με έναν μετρητή πίεσης που μετατρέπει την εφαρμοσμένη δύναμη σε μια τάση που ψηφιοποιείται και μεταδίδεται ασύρματα προς το WII (82).



Εικόνα 4 το Wii Balance Board

$$COP_x = \frac{L}{2} \frac{((TR + BR) - (TL + BL))}{TR + BR + TL + BL}$$

$$COP_y = \frac{L}{2} \frac{((TR + TL) - (BR + BL))}{TR + BR + TL + BL}$$

Εικόνα 5 μαθηματικοί τύποι που αποτυπώνουν την ταλάντωση και την κίνηση του COP επί του WBB, όπου TR/L= επάνω Δε-Αρ (top R/L), BR/L= κάτω Δε-Αρ (bottom R/L)

Καθώς στέκεται κάποιος πάνω στο WBB, το λογισμικό υπολογίζει και καταγράφει την ταλάντωση από την μία πλευρά προς την άλλη, δηλαδή στον οριζόντιο άξονα (COP_x) και από εμπρός προς τα πίσω, κατά τον κάθετο άξονα (COP_y), με βάση τα δεδομένα από τους αισθητήρες που προκύπτουν από την συνισταμένη των κάθετων φορτίων που δημιουργούνται σε κάθε γωνιά του WBB σύμφωνα με τις ακόλουθες εξισώσεις (Εικ.5). Σε αυτές τις εξισώσεις TR, TL, BR και BL είναι οι τιμές των δυνάμεων που καταγράφονται στους αισθητήρες από πάνω δεξιά, πάνω αριστερά, κάτω δεξιά και κάτω αριστερά γωνίες του WBB. Αυτές τις πληροφορίες, μαζί με τη συνολική πτωτική δύναμη (δηλ. την κάθετη δύναμη από την επίγεια αντίδραση), μεταδίδεται με ελάχιστη χρονική υστέρηση στην Κονσόλα Wii μέσω ασύρματης (Bluetooth) τεχνολογίας (83).

Οι αισθητήρες του WBB συγκεντρώνουν τις πληροφορίες με μία συχνότητα 100 Hz, η οποία είναι επάνω από την ελάχιστη 40 Hz που συστήνεται για την καταγραφή COP στην ορθοστατική ταλάντευση (84).

Αυτή τη συσκευή, ενώ περιορίζεται σε κάποιο βαθμό από την άποψη της ικανότητας αντοχής βάρους (~ 150 kg) και τη συχνότητα δειγματοληψίας (~ 30-50 Hz), μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μία επιστημονική δυναμική πλατφόρμα, με πλεονέκτημα όμως το πολύ χαμηλότερο κόστος (σήμερα η τιμή της είναι 50-100 €) και βέβαια την ευκολία μεταφοράς της. Οι αντίστοιχες δυναμικές πλατφόρμες ισορροπίας που θεωρούνται αυτήν την περίοδο ως «τα χρυσά πρότυπα» για την αξιολόγηση της ικανότητας ισορροπίας σε πολλά εργαστήρια και κλινικές, κοστίζουν μεταξύ \$5000-\$20000. Οι συσκευές αυτές παρέχουν ακριβείς μετρήσεις του κέντρου πίεσης (COP), η οποία είναι μια προσέγγιση του κέντρου μάζας (ή σημείο ισορροπίας) προβαλλόμενο

κάθετα στο πάτωμα. Το COP είναι ένα σημαντικό στοιχείο στην αξιολόγηση της σταθερότητας στην ισορροπία, δεδομένου ότι προβάλλει την ταλάντευση κατά την ορθοστάτηση (83).

Παρά το χαμηλό τους κόστος σε εργαστηριακές δοκιμές, δεν βρέθηκε καμία διαφορά μεταξύ των ομάδων που αποτελούνταν είτε από ελαφρώς χρησιμοποιημένα WBB, ή από βαρέως χρησιμοποιημένα WBB, ή σε όποιο βαθμό χρήσης WBB, στους αισθητήρες δύναμης. Βρέθηκε μάλιστα, ότι το WBB είναι πιθανώς ανθεκτικό σε υψηλή χρήση, καθώς ύστερα και από 4 χρόνια φθοράς, δεν επηρεάστηκε σημαντικά η απόδοση των συσκευών. Επομένως, το WBB μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως έχει (81), μιας και το WBB παρουσιάζει υψηλή ισχύ ως προς την αξιολόγηση του COP σε σχέση με τις εργαστηριακές δυναμικές πλατφόρμες (85).

Το WBB, επικοινωνεί μέσω πρωτοκόλλου BLUETOOTH. Έτσι, μπορεί με τα κατάλληλα λογισμικά, να υπάρχει παροχή δεδομένων σε Η/Υ ή ακόμα και σε κινητά τηλέφωνα, που υποστηρίζουν αντίστοιχα πρωτόκολλα σύνδεσης.

Η χρήση του WBB επιτρέπει στον ασθενή να δει στην οθόνη σε ποιο από τα κάτω άκρα του μετατοπίζει περισσότερο βάρος κατά τη διάρκεια των εναλλαγών κινήσεων των ισχίων με την επακόλουθη μετατόπιση του κέντρου βάρους. Ως εκ τούτου, τα αποτελέσματα που θα προκύψουν εδώ είναι επίσης στενά συνδεδεμένα με τη μετατόπιση του σωματικού βάρους στο πρόσθιο-οπίσθιο και μετωπιαίο επίπεδο (23).-

Το επίσημο λογισμικό όμως που συνοδεύει την πλατφόρμα, είναι το WII FIT και το WII FIT PLUS, το οποίο είναι μία μεταγενέστερη έκδοση του WiiFit με περισσότερες δραστηριότητες, σχηματίζοντας όλα μαζί (η κονσόλα WII, το WBB και το WiiFit-Plus), ένα καινοτόμο σύστημα, όπου η άσκηση γίνεται μέσα από μια ποικιλία διαδραστικών παιχνιδιών, χρησιμοποιώντας τις αλλαγές του COP ως τον τρόπο χειρισμού των παιχνιδιών και μέσω ενός ειδώλου (avatar) για ανάδραση (86). Σύμφωνα με τη Nintendo, ο σκοπός για την ανάπτυξη του Wii Fit ήταν να συνδυάσει τη διασκέδαση με την άσκηση με τρόπο κατάλληλο για όλες τις ηλικίες. Στοχεύει στην

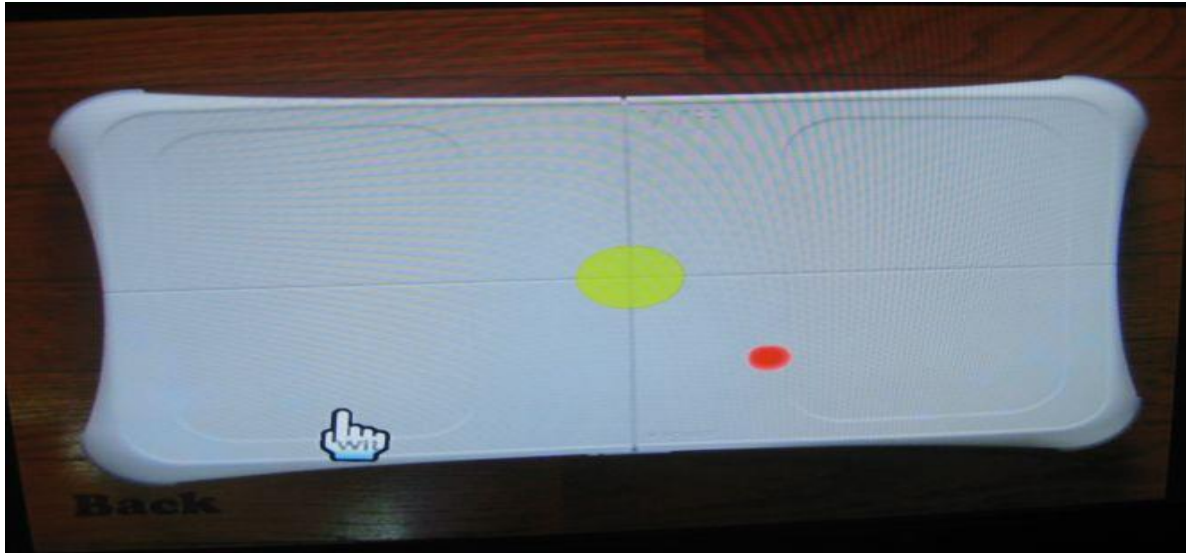
ελαστικότητα των αρθρώσεων, στη μυϊκή ενδυνάμωση και στην ισορροπία, ενώ παράλληλα, είναι εύκολο στην πρόσβαση και τα παιχνίδια είναι ιδιαίτερα ελκυστικά (87). Επίσης, μπορεί να προάγει την επανεκπαίδευση ιδιοδεκτικότητας μέσω των πελματιαίων υποδοχών, απαραίτητο για τη διατήρηση της ισορροπίας στις ασκήσεις - παιχνίδια (23).

4.1.1 Το σύστημα WiiFit - WBB στην αποκατάσταση

Πέρα από τη χρήση του στο γενικό πληθυσμό, το Wii Fit έχει δημιουργήσει σημαντικό ενδιαφέρον στον τομέα της έρευνας στην αποκατάσταση. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα σε σχέση με τη μελέτη του ελέγχου της ισορροπίας, όπου το λογισμικό Wii Fit και το WBB έχουν παράσχει ένα όλο και πιο ελκυστικό μέσο για την αξιολόγηση και την κατάρτιση των μεμονωμένων ικανοτήτων ισορροπίας. Αναμφίβολα, η έρευνα της ισορροπίας χρησιμοποιώντας το WiiFit κερδίζει σε δημοτικότητα, καθώς και την αποδοχή εντός της επιστημονικής κοινότητας (83), μιας και αρκετές μελέτες έχουν αναφέρει ότι η χρήση του WBB μπορεί να παρέχει προστιθέμενη αξία στην επανεκπαίδευση της ισορροπίας σε νευρολογικούς ασθενείς(70, 88), ενώ αποδείχθηκε ότι είναι ένα έγκυρο, αξιόπιστο, και προσιτό εργαλείο για την αξιολόγηση της κατάστασης ισορροπίας των ατόμων με εγκεφαλικό επεισόδιο (89). Το πλεονέκτημα του υψηλού κινήτρου (90) και των σχετικά ασφαλών συνθηκών εφαρμογής (91), συνηγορούν ώστε το WBB να θεωρείται κατάλληλη επιλογή για συμπληρωματική, αλλά και για ανεξάρτητη θεραπεία.

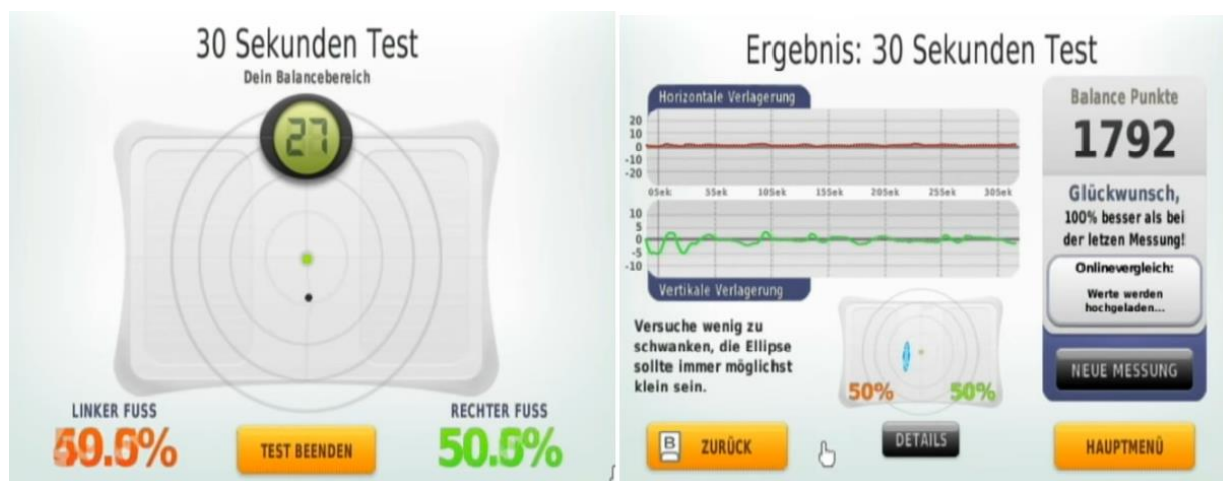
Πέραν όμως από τα επίσημα λογισμικά της Nintendo που συνοδεύουν το WBB, με το πέρασμα του καιρού και με τα θετικά αποτελέσματα που έχουν αναφερθεί στην χρήση του, έχουν αναπτυχθεί είτε από μεμονωμένους προγραμματιστές ή από εταιρίες που ασχολήθηκαν με την θετική θεραπευτική επίδραση του, και άλλα λογισμικά, περισσότερο προσανατολισμένα στην αποκατάσταση και στην αξιολόγηση παρά στο κομμάτι της ψυχαγωγίας.

Ένα πολύ χρήσιμο λογισμικό που μας επέτρεψε να βοηθήσουμε τους ασθενείς μας να εξοικειωθούν με την πλατφόρμα είναι το Balance Board Tools 1.0 (92). Με απλοϊκό τρόπο δίνει την δυνατότητα να γίνει κατανοητή η διαφορά ανάμεσα στο «μεταφορά βάρους» και στο «κινώ το σώμα μου με τα πόδια σταθερά», εκπαιδεύοντας και προετοιμάζοντας έτσι τους ασθενείς για τα πιο σύνθετα περιβάλλοντα (Εικ. 6).



Εικόνα 6 το λογισμικό Balance Board Tools 1.0. Η κόκκινη κουκίδα αντιπροσωπεύει το κέντρο πίεσης σε πραγματικό χρόνο

Επίσης, ένα ακόμα χρήσιμο λογισμικό το οποίο αξιολογεί αλλά και εκπαιδεύει την ισορροπία είναι το PHYSIO FUN Balance Training (2010) από την Kaasa Solution (93). Παρότι οι δραστηριότητες που συμπεριλαμβάνονται σε αυτό το λογισμικό απαιτούν δεξιότητες στην ισορροπία που σπάνια απαντώνται σε ασθενείς με ΑΕΕ, οι πληροφορίες σχετικά με την γραφική παράσταση θέσης (posturography), μπορούσαν ενδεχομένως να αποτελέσουν ένα ικανοποιητικό εργαλείο αξιολόγησης, μιας και μεταξύ άλλων δεδομένων, παρέχει και ένα τελικό σκορ, μια γενική βαθμολογία που αποτιμά την ικανότητα της ισορροπίας (εικ. 7).

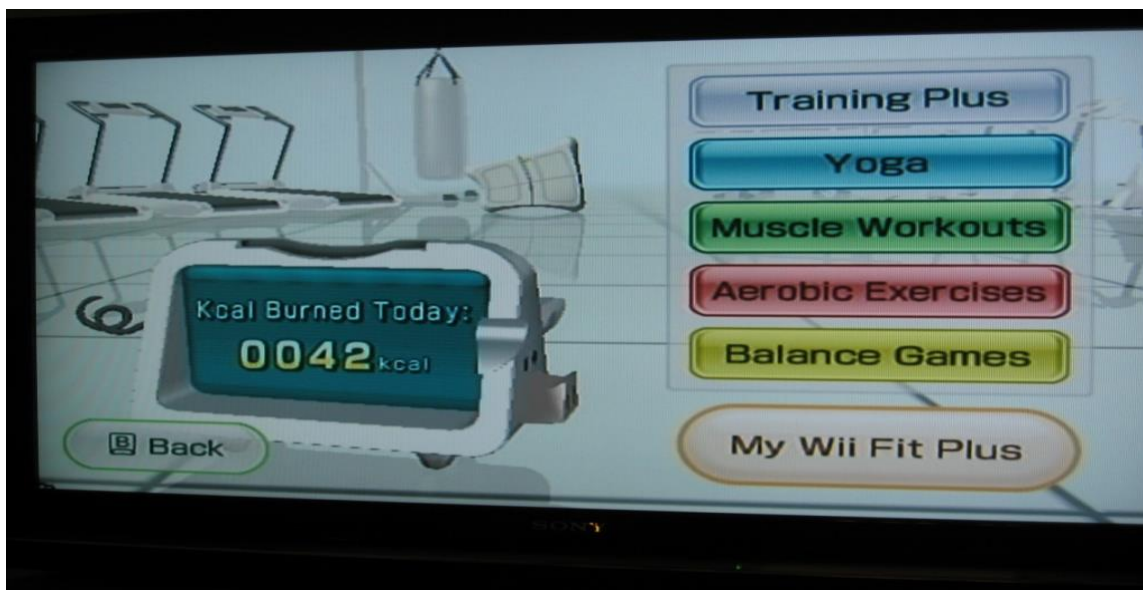


Εικόνα 7. Το λογισμικό αξιολόγησης του *Physiofun Balance Training*

4.1.2 Τα παιχνίδια

Το Nintendo Wii Fit (NWF) έχει προταθεί ως ένα νέο θεραπευτικό εργαλείο στην κινητική αποκατάσταση, όντας φορητό, εύκολο στη χρήση και χαμηλού κόστους που προσφέρει καλή αξιοπιστία. Πολλά από τα παιχνίδια NWF απαιτούν τη σωματική συμμετρία, τον ορθοστατικό έλεγχο και τη μεταφορά του βάρους στην παρρητική πλευρά (94). Σε μελέτη έχει φανεί πως αυτά τα παιχνίδια μπορούν να προσφέρουν περισσότερα στη θεραπεία σε σχέση με την μη χρήση τους, και μπορούν να βελτιώσουν την αποτελεσματικότητα της παρέμβασης στην ισορροπία, τη βάρδιση και τη λειτουργικότητα σε ασθενείς με χρόνια εγκεφαλικό επεισόδιο (94).

Το σύστημα του WII FIT με το BALANCE BOARD παλαισιώνεται από μια σειρά παιχνιδιών χωρισμένα σε διάφορες κατηγορίες σύμφωνα με τον χαρακτήρα τους (Εικ.8).



Εικόνα 8 οι κατηγορίες δραστηριοτήτων του λογισμικού WiiFit Plus

Από αυτές τις κατηγορίες, τα παιχνίδια ισορροπίας (Balance Games) (Εικ. 9), παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον διότι στοχεύουν ακριβώς στην ισορροπία, η οποία, όπως έχει ήδη αναφερθεί, έχει αναδειχθεί σε ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα στην αποκατάσταση μετά από ΑΕΕ.



Εικόνα 9 τα παιχνίδια ισορροπίας που προσφέρει το λογισμικό WiiFit Plus

Σε μελέτη του 2014 (78), ερευνήθηκε ένα πλήθος δραστηριοτήτων του συστήματος και βρέθηκε πως όλα τα παιχνίδια κάτω από τον ορισμό «παιχνίδια ισορροπίας», καθώς όμως και κάποια ακόμα που βρίσκονται σε άλλες ενότητες του

λογισμικού, εξασκούν τις δεξιότητες της ισορροπίας, της ταχύτητας και της ταχύτητας αντίδρασης (78)

Οι περισσότερες παρεμβάσεις του Wii Fit System που αφορούν την ισορροπία, έχουν βασιστεί σε ειδικά παιχνίδια- ασκήσεις που περιλαμβάνονται στο λογισμικό Wii Fit. Ο στόχος αυτών των παιχνιδιών ισορροπίας είναι να μετακινηθεί μια εικονική αναπαράσταση του συμμετέχοντα (ονομάζεται "Mii") σε μία τηλεοπτική οθόνη, μέσω μετατόπισης του COP του συμμετέχοντα πάνω στο WBB. Σε ορισμένα παιχνίδια, ο χειρισμός του παιχνιδιού απαιτεί μετατόπιση του COP μόνο κατά μήκος ενός μόνο άξονα (π.χ. πλευρικά), καθιστώντας τον έλεγχο του χαρακτήρα πιο απλοϊκό για τον χρήστη. Αντίθετα, άλλα παιχνίδια συνεπάγονται μεγαλύτερο έλεγχο COP μέσω της ταυτόχρονης μετατόπισης κατά μήκος και των δύο αξόνων. Τα περισσότερα παιχνίδια διαρκούν μεταξύ 30 δευτερολέπτων και 3 λεπτών ενώ ένα σκορ συνοδεύει την συνολική απόδοσή τους σε κάθε παιγνίδι-άσκηση. Μια περιγραφική ανάλυση των πιο χρησιμοποιούμενων παιχνιδιών που περιλαμβάνονται στο λογισμικό Wii Fit περιγράφεται στον παρακάτω πίνακα 2.

ΠΑΙΓΝΙΔΙΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΔΕΞΙΟΤΗΤΑ		
		<u>ισορροπία</u>	<u>ταχύτητα</u>	<u>Χρόνος αντίδρασης</u>
Βουτιές πιγκουίνου	Μετατόπιση βάρους πλευρικά σε διάφορες αποστάσεις και ταχύτητες εντός ορίου	✓	✓	✓
Κατάβαση ποταμού	Μετατόπιση βάρους προς όλες τις κατευθύνσεις με ελεγχόμενη ταχύτητα χωρίς να αγγίξει τις όχθες και τα εμπόδια	✓	✓	✓
Εικονική βάδιση σε τεντωμένο σχοινί	Ελεγχόμενες μετατοπίσεις βάρους πλευρικά, περιστασιακές αναπηδήσεις μηδενικού ύψους προς αποφυγή εμποδίων	✓	✓	✓
Πορεία μετ' εμποδίων	Επιτόπου βηματισμός με αλλαγές ταχύτητας, ημικαθίσματα και αναπηδήσεις προς αποφυγή εμποδίων	✓	✓	✓
Άλμα από βατήρα του σκι	Μετατόπιση βάρους εμπρός από ημικαθιστή θέση, έγκυρη εκτίναξη για άλμα και εύρεση κατάλληλης θέσης κατά την πτήση και την προσγείωση	✓	✓	✓
Αλπικό Σκι	Πλευρικές μεταφορές βάρους οδηγούν τον σκιέρ ανάμεσα από τις πόρτες, ενώ μέσω της προσθιοπίσθιας μετατόπισης, ελέγχεται η ταχύτητά του	✓	✓	✓
Ανακλινόμενα επίπεδα	Μεταφορά βάρους προς όλες τις κατευθύνσεις ώστε οι μπάλες να μετακινηθούν και να εισέλθουν στις υπάρχουσες επί των επιπέδων οπές.	✓	✓	✓

Πίνακας 2. Περιγραφή των πιο συχνά χρησιμοποιημένων παιχνιδιών και οι δεξιότητες που στοχεύουν και προάγουν

Β. ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. Εισαγωγή

Η αποκατάσταση της ισορροπίας είναι αναμφίβολα καίριας σημασίας μίας και σε μεγάλο βαθμό επηρεάζει την έκβαση της λειτουργικής αποκατάστασης και της βάδισης.

Καθώς η τεχνολογία προοδεύει και οι ψηφιακές εφαρμογές κατακτούν ολοένα και μεγαλύτερο χώρο στην αποκατάσταση, νέες πρακτικές και τρόποι αξιολόγησης τείνουν να αντικαταστήσουν ή να επικουρήσουν τους ήδη υπάρχοντες, ανοίγοντας νέες προοπτικές στην κατανόηση και στην αντιμετώπιση των κινητικών υπολειμμάτων ενός χρόνιου ΑΕΕ.

2. Σκοπός της μελέτης

Ο σκοπός της παρούσης μελέτης είναι να διερευνηθεί και να μετρηθεί εάν μέσω της χρήσης της ηλεκτρονικής πλατφόρμας του Wii (WBB) και των δραστηριοτήτων - ασκήσεων που την συνοδεύουν όπως αυτά έχουν περιγραφεί, υπάρχουν θετικά αποτελέσματα στην κατάκτηση της ισορροπίας σε ασθενείς που έχουν υποστεί ΑΕΕ και βρίσκονται εκτός της οξείας φάσης. Η μελέτη θα εκπονηθεί μέσω ενός προγράμματος 3 εβδομάδων και 10 συνολικά συνεδριών, και τα αποτελέσματα θα συγκριθούν με εκείνα από ένα πρόγραμμα φυσικοθεραπείας που θα έχει την ίδια διάρκεια, αλλά δεν θα περιλαμβάνει την χρήση ηλεκτρονικής πλατφόρμας.

Αυτό, θα διερευνηθεί μέσω των παρακάτω ερωτημάτων:

1. Εάν κατά την αρχή και το τέλος της μελέτης, υπήρξε διαφορά στις μετρήσεις της κλίμακας Berg (BBS) τόσο για την κάθε ομάδα χωριστά, όσο και μεταξύ των δύο ομάδων και εάν παρατηρήθηκε σε αυτές τις μεταβολές στατιστικά σημαντική διαφορά.

2. Εάν κατά την αρχή και το τέλος της μελέτης, υπήρξε διαφορά στις μετρήσεις της επιφάνειας (AREA) που κινήθηκε το κέντρο της πίεσης (COP), όπως αυτό μετρήθηκε από την ηλεκτρονική πλατφόρμα, τόσο για την κάθε ομάδα χωριστά, όσο και μεταξύ των δύο ομάδων και εάν παρατηρήθηκε σε αυτές τις μεταβολές στατιστικά σημαντική διαφορά.
3. Εάν κατά την αρχή και το τέλος της μελέτης, υπήρξε διαφορά στις μετρήσεις στο εύρος της απόκλισης από το κέντρο της πίεσης, α) στο μετωπιαίο επίπεδο (COP L-R) και β) στο προσθιοπίσθιο (COP B-F), όπως αυτό μετρήθηκε από την ηλεκτρονική πλατφόρμα, τόσο για την κάθε ομάδα χωριστά, όσο και μεταξύ των δύο ομάδων και εάν παρατηρήθηκε σε αυτές τις μεταβολές στατιστικά σημαντική διαφορά.
4. Εάν κατά την αρχή και το τέλος της μελέτης, υπήρξε διαφορά στον επιμερισμό του βάρους στα δύο κάτω άκρα, μετατρέποντας τον σε απόκλιση (dev) από το «0» το οποίο ορίζεται ως ισόποσος επιμερισμός βάρους (50%-50%), και όπως αυτός μετρήθηκε από την ηλεκτρονική πλατφόρμα, τόσο για την κάθε ομάδα χωριστά, όσο και μεταξύ των δύο ομάδων και εάν παρατηρήθηκε σε αυτές τις μεταβολές στατιστικά σημαντική διαφορά.

Επιπλέον θα διερευνηθεί η υπόθεση εάν το αποτέλεσμα που δίνεται από το λογισμικό FysioFun Balance Training, μπορεί να προσφέρει ισοδύναμο αποτέλεσμα με το αποτέλεσμα της κλίμακας Berg, όπου είναι η πιο διαδεδομένη κλίμακα αξιολόγησης της ισορροπίας, μέσω του παρακάτω ερωτήματος:

5. Εάν α) σχετίζεται η απόδοση του σκορ που δίνεται από το λογισμικό FysioFun balance training (WBB) με τα αποτελέσματα της κλίμακας Berg, κατά την αρχή και στο τέλος της μελέτης, τόσο στην ομάδα παρέμβασης όσο και στην

ομάδα ελέγχου και β) εάν παρατηρήθηκε σε αυτές τις μεταβολές στατιστικά σημαντική διαφορά.

3. Μεθοδολογία

3.1 Τόπος και χρόνος έρευνας

Η παρούσα έρευνα διενεργήθηκε στο Εθνικό Κέντρο Αποκατάστασης (Ε.Κ.Α) κατά την περίοδο Οκτ.2018-Απρ.2019 και το πρωτόκολλο εργασίας πήρε έγκριση από το επιστημονικό συμβούλιο του Νοσοκομείου ενώ όλοι οι συμμετέχοντες παραχώρησαν έγγραφη συναίνεση.

3.2 Στρατολόγηση δείγματος, κατανομή σε ομάδες και κριτήρια εισόδου

Είκοσι τέσσερις (24) ασθενείς με ΑΕΕ και εικόνα ημιπληγίας που νοσηλεύονταν στο Εθνικό Κέντρο Αποκατάστασης, σχημάτισαν 2 ομάδες όχι με τυχαία σειρά, αλλά με τον περιορισμό ότι στο ΕΚΑ οι διάφοροι ασθενείς μοιράζονται στους φυσικοθεραπευτές από τον προϊστάμενο ώστε ο συνολικός αριθμός περιστατικών ανά θεραπευτή να είναι ο ίδιος, καθώς και με γνώμονα τη βαρύτητα των περιστατικών ώστε να είναι ομοίως κατανεμημένη σε όλους τους θεραπευτές. Εφόσον η μελέτη πραγματοποιήθηκε εντός του συγκεκριμένου πλαισίου, η διαδικασία επιλογής ασθενών τροποποιήθηκε ως εξής:

Κάθε νέος ασθενής που πληρούσε τα κριτήρια εισόδου και συναίνεσε στο πρωτόκολλο της έρευνας, τοποθετήθηκε στην ομάδα παρέμβασης και παρακολούθησε το πρόγραμμα με τον ερευνητή. Όσοι υπάρχοντες ασθενείς που πληρούσαν τα κριτήρια εισόδου στην έρευνα, είχαν μοιραστεί σε άλλους θεραπευτές, και συναίνεσαν στο πρωτόκολλο της έρευνας, αποτέλεσαν την ομάδα ελέγχου και

αξιολογήθηκαν από τους θεραπευτές τους στην κλίμακα Berg και από τον συγγραφέα στην ηλεκτρονική πλατφόρμα.

Οι 24 συμμετέχοντες έπρεπε να πληρούν τα παρακάτω κριτήρια εισόδου:

1. Ασθενείς εκτός της οξείας φάσης μετά από ΑΕΕ
2. Με ικανότητα αυτόνομης ορθοστάτησης 30 δευτέρων κατ' ελάχιστον.
3. Χωρίς σοβαρά ελλείματα στην αντίληψη και την κατανόηση, σύμφωνα με το ιατρικό του φάκελο και το παραπεμπτικό προς Φυσικοθεραπεία από την ιατρική υπηρεσία
4. Χωρίς σοβαρές ψυχιατρικές διαταραχές, σύμφωνα με το ιατρικό του φάκελο και το παραπεμπτικό προς Φυσικοθεραπεία από την ιατρική υπηρεσία
5. Απουσία επιληπτικών κρίσεων ή υπό κατάλληλη αγωγή
6. Ικανοποιητική οπτική οξύτητα.

Επίσης, οι δύο ομάδες ελέγχθηκαν συγκριτικά μεταξύ τους στις μετρήσεις πριν την έναρξη του προγράμματος, ώστε να ερευνηθεί εάν τα δείγματα παρουσίαζαν ομοιότητες στα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους πριν την παρέμβαση.

3.3 Διάρκεια και συχνότητα προγράμματος

Το πρόγραμμα για την ομάδα παρέμβασης διήρκεσε 3,5 εβδομάδες με συχνότητα 3 φορές την εβδομάδα και μέχρι τις 10 συνεδρίες, καθώς και 2 συνεδρίες αξιολόγησης, κατά την έναρξη και τη λήξη της μελέτης, ενώ παράλληλα στις υπόλοιπες μέρες, συνεχίστηκε κανονικά το πρόγραμμα φυσικοθεραπείας. Η δε

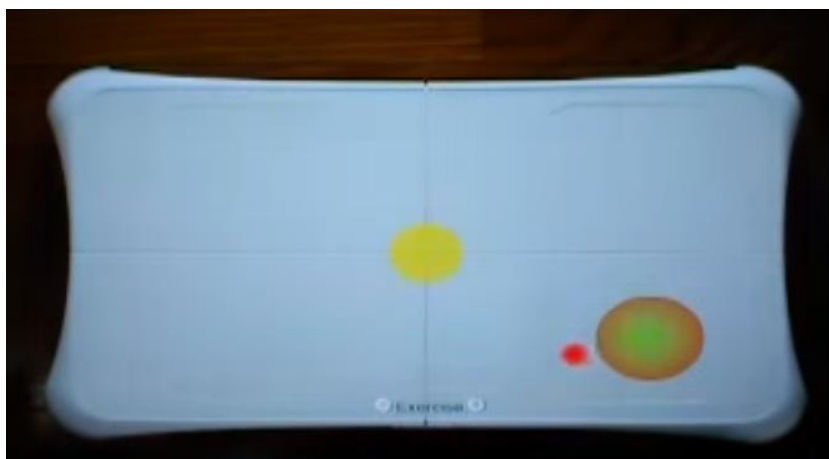
ομάδα ελέγχου, συμμετείχε μόνο στις αξιολογήσεις για το ίδιο χρονικό διάστημα και δεν της παρασχέθηκε το επιπλέον πρόγραμμα.

3.4 Τρόπος και μέσα αξιολόγησης

Όλοι οι ασθενείς αξιολογήθηκαν με δύο τρόπους, μία φορά στην αρχή και μία στο τέλος της μελέτης. Ο πρώτος τρόπος ήταν η κλίμακα αξιολόγησης της ισορροπίας Berg Balance Scale (BBS), ενώ ο δεύτερος τρόπος ήταν το πρόγραμμα αξιολόγησης που παρέχει το λογισμικό Fysiofun Balance training, με την χρήση της πλατφόρμας Wii Balance Board (WBB).

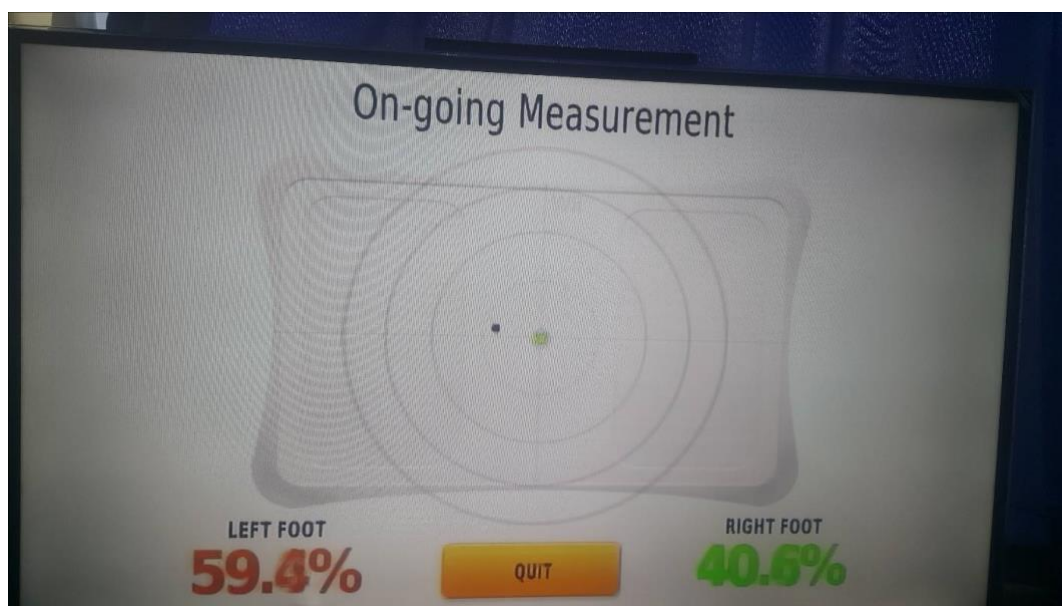
3.4.1 εξοικείωση με την ηλεκτρονική πλατφόρμα

Οι ασθενείς που συμμετείχαν στην ομάδα παρέμβασης, αρχικά αξιολογήθηκαν με την κλίμακα ισορροπίας Berg και το σκορ καταγράφηκε προς σύγκριση με εκείνο στο πέρας της μελέτης. Την επόμενη μέρα, στον ειδικά διαμορφωμένο χώρο όπου είχε τοποθετηθεί το σύστημα του wbb, οι ασθενείς είχαν πρώτα μια γνωριμία με το σύστημα και εξοικειώθηκαν με την ηλεκτρονική πλατφόρμα και τον τρόπο λειτουργίας της. Αρχικά, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Balance Board Tools 1.0 (92), διότι έχει πιο απλοϊκό περιβάλλον διάδρασης, για όσο χρόνο κρίθηκε απαραίτητο μέχρι να υπάρξει εξοικείωση του χρήστη με τον τρόπο λειτουργίας της πλατφόρμας, ενώ λεκτικές οδηγίες έως και υποστήριξη για τη σωστή σωματική τοποθέτηση εκ μέρους του θεραπευτή συνόδευσαν σε όλο τον απαιτούμενο χρόνο τη διαδικασία (Εικ.10).



Εικόνα 10. Wii Balance Board Tools v1.0 : Κατά την διαδικασία εξοικείωσης

Έπειτα, ο κάθε συμμετέχοντας ήρθε σε επαφή με το πρόγραμμα αξιολόγησης, όπου και πάλι χρειάστηκε επιπλέον εξοικείωση με το λογισμικό, διότι και το περιβάλλον είναι λίγο διαφορετικό και η πλατφόρμα παρουσιάζει μεγαλύτερη ευαισθησία (Εικ.11).



Εικόνα 11. Διαδικασία εξοικείωσης στο λογισμικό αξιολόγησης *Physio Fun Balance training*

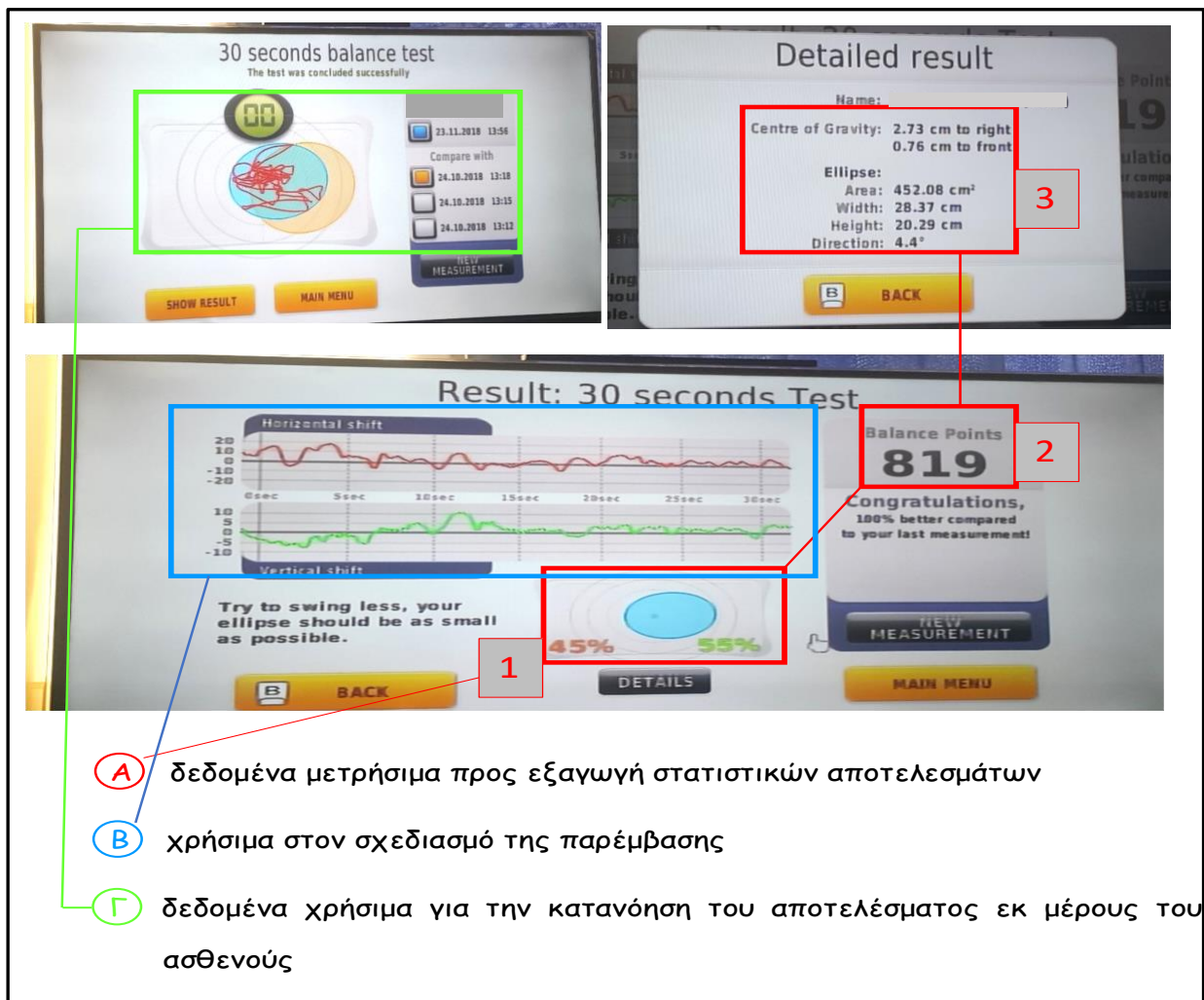
Κατά τη διαδικασία εξοικείωσης, οι εξεταζόμενοι δέχονταν οπτικά ερεθίσματα ανάδρασης με πληροφορίες που αφορούν την μετατόπιση του κέντρου πίεσης (cop) προς κάθε κατεύθυνση, καθώς και την ποσόστωση του καταμερισμού της πίεσης στο μετωπιαίο επίπεδο δηλαδή δεξιά - αριστερά. Παράλληλα, μια ρυθμικά διακοπτόμενη ηχητική ειδοποίηση, ενημερώνει με την αλλαγή του ρυθμού του ηχητικού σήματος της για την απομάκρυνση ή την προσέγγιση του κέντρου πίεσης από το κέντρο της πλατφόρμας.

3.4.2 η αξιολόγηση μέσω της ηλεκτρονικής πλατφόρμας

Κατά το επόμενο βήμα, οι εξεταζόμενοι μπήκαν στην φάση της αξιολόγησης. Εξοικειωμένοι πλέον με διαδικασία, θα προσπαθούσαν να κρατήσουν το κέντρο πίεσης του βάρους τους, όσο πιο κοντά μπορούσαν στην ένδειξη του κέντρου της πλατφόρμας για 30", χρόνος που έχει χρησιμοποιηθεί και σε άλλες έρευνες (85, 95, 96), ενώ

ταυτόχρονα θα προσπαθούσαν να διατηρήσουν αυτή τη θέση με τη μικρότερη δυνατή ταλάντευση (sway)

Από αυτή τη διαδικασία, τα δεδομένα που εξάγονται μπορούν να χωριστούν σε τρεις κατηγορίες (εικ. 12).



Εικόνα 12 Τα δεδομένα που εξάγονται από τα αποτελέσματα της αξιολόγησης μέσω του λογισμικού PhysioFun Balance Training

A. δεδομένα με αριθμητικό αποτέλεσμα τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εξαγωγή στατιστικών αποτελεσμάτων και αποτελούν τις μετρήσεις που καταδεικνύουν τα αποτελέσματα της παρέμβασης, όντας μετρήσιμα και επαναμετρήσιμα.

B. δεδομένα όπου δεν δίνονται με αριθμητικό παράγοντα, όμως αποδίδονται με τέτοιο τρόπο ώστε μπορούν να φανούν χρήσιμα στην επιλογή της παρέμβασης και στον σχεδιασμό της παρέμβασης για κάθε περιστατικό.

Γ. δεδομένα όπου κατά την επαναξιολόγηση δίνουν ένα οπτικό αποτέλεσμα το οποίο αντιπαραβάλλεται συγκρινόμενο με το αποτέλεσμα της αρχικής αξιολόγησης και δίνει μία αδρή εικόνα της εξέλιξης μεταξύ των δύο αξιολογήσεων. Η δε απλότητα του αποτελέσματος, είναι κατάλληλη ώστε να γίνει εύκολα και άμεσα αντιληπτό από κάθε εξεταζόμενο αυτής της έρευνας.

3.4.3 Συλλογή δεδομένων από την ηλεκτρονική πλατφόρμα

3.4.3.1 Μετρήσιμα δεδομένα

Πρόκειται για τα μετρήσιμα και επαναμετρήσιμα δεδομένα τα οποία θα χρησιμοποιηθούν για την στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων. Τα δεδομένα που καταμετρούνται, σημειώνονται όπως φαίνονται και έχουν επισημανθεί στην εικόνα 12.

1. Το ποσοστό επί τοις εκατό (%) του καταμερισμού του βάρους μεταξύ των δύο κάτω άκρων καθ' όλη την χρονική διάρκεια της αξιολόγησης (A-1).
2. Ένα αριθμητικό συνολικό σκορ, που αξιολογεί την δοκιμασία. Το λογισμικό του FysioFun balance training, στο τέλος της δοκιμασίας των 30", παρουσιάζει μαζί με τα παραπάνω και ένα αριθμητικό αποτέλεσμα όπως φαίνεται στην εικόνα 11, αξιολογώντας το σύνολο των παραπάνω παραμέτρων, ξεκινώντας από το μηδέν ως ελάχιστη βαθμολογία και φτάνοντας στην τιμή των δέκα χιλιάδων (10000) ως μέγιστη (A-2).
3. Η συνολική επιφάνεια που διάνυσε το cor δοσμένη σε τετραγωνικά εκατοστά (cm^2), δηλαδή μία έλλειψη της οποίας τα όρια δίνονται από τη μέγιστη απόκλιση από το κέντρο προς κάθε κατεύθυνση, καταγράφοντας το μέγιστο ύψος και πλάτος της (A-3).
4. Την κατά μέσο όρο μετακίνηση του cor σε εκατοστά στο μετωπιαίο και στο προσθιοπίσθιο επίπεδο (A-3).

3.4.3.2 Περιγραφικά δεδομένα χρήσιμα στην επιλογή Θεραπευτικής δραστηριότητας

Η γραφική παράσταση που απεικονίζει την απόκλιση στους δύο άξονες ανά μονάδα χρόνου κατά την διεξαγωγή της δοκιμασίας, μπορεί να μην ενέχει εξαγωγίμο αριθμητικό αποτέλεσμα, όμως παρατηρώντας την, εύκολα μπορεί κανείς να αντιληφθεί εάν σε κάποιο από τα δυο επίπεδα υπάρχει μεγαλύτερη ταλάντευση ή και απόκλιση. Αυτό είναι ένα στοιχείο το οποίο χρησιμεύει στην επιλογή των κατάλληλων παιγνιδιών - δραστηριοτήτων.

Όταν για παράδειγμα παρατηρείται μεγάλη ταλάντευση ή και μεγάλες αποκλίσεις στο μετωπιαίο επίπεδο, τότε δίνεται περισσότερος χρόνος και έμφαση στα παιγνίδια που εξασκούν την μετατόπιση του βάρους δεξιά - αριστερά. Εάν οι αποκλίσεις είναι μεγαλύτερες στο προσθιοπίσθιο επίπεδο, τότε επιλέγονται παιγνίδια που εξασκούν τις μεταφορές βάρους προς τα εμπρός και προς τα πίσω, ενώ σε καμία περίπτωση δεν αμελούνται και εκείνα που αφορούν την ταυτόχρονη εκπαίδευση προς όλες τις κατευθύνσεις και τον συνδυασμό αυτών.

4. Η Θεραπευτική δραστηριότητα

Μετά την ολοκλήρωση της αξιολόγησης τα μετρήσιμα δεδομένα καταχωρήθηκαν σε πίνακες ενώ, με βάση τα δεδομένα που συλλέχθηκαν όπως περιγράφεται στην παράγραφο 5.2 και τον πίνακα 2, ο θεραπευτής σχεδίασε την παρέμβαση, δηλαδή, ποιες συγκεκριμένες δραστηριότητες - παιγνίδια ήταν τα καταλληλότερα για κάθε ασθενή της ομάδας παρέμβασης χωριστά, δίνοντας σε αυτά περισσότερο χρόνο εξάσκησης σε κάθε συνεδρία. Στην παρούσα μελέτη επιλέχθηκαν δραστηριότητες από το Nintendo WiiFit Plus.

Οι ασθενείς τοποθετούνται τουλάχιστον δύο μέτρα μακριά από την τηλεόραση ώστε να υπάρχει ευκολία στην όραση όλης της οθόνης χωρίς να προξενείται κόπωση. Η δε τηλεόραση, τοποθετήθηκε σε ένα μέσο ύψος ώστε να αποφεύγεται η κάμψη ή η έκταση κορμού και κεφαλής, προς καλύτερη θέαση της τηλεόρασης.

Η πλατφόρμα τοποθετήθηκε ακριβώς απέναντι από την τηλεόραση (εικ.13), ώστε να υπάρχει ευθυγράμμιση του σώματος σε σχέση με το τηλεοπτικό είδωλο (avatar).



Εικόνα 13 τοποθέτηση ασθενή πάνω στο WBB

Ο συνολικός χρόνος κάθε συνεδρίας ήταν τα 30 λεπτά για 3 συνεδρίες την εβδομάδα, μέρα παρά μέρα, σύμφωνα με το πρωτόκολλο και οι ασθενείς της ομάδας παρέμβασης εκπαιδεύτηκαν σε τουλάχιστον 3 διαφορετικές δραστηριότητες ανάλογα με τις δυνατότητες τους, τόσο σε σωματικό, όσο και σε πνευματικό επίπεδο. Ενδιάμεσα διαλείμματα μικρής σχετικά διάρκειας, γίνονταν σύμφωνα με τις αναγκαιότητες του κάθε ασθενή. Τις δε άλλες 2 ημέρες της εβδομάδας, οι ασθενείς της ομάδας παρέμβασης ακολούθησαν το γενικό πρόγραμμα αποκατάστασης, όπως το ακολούθησε καθ' όλη την διάρκεια της μελέτης, η ομάδα ελέγχου, το οποίο περιλάμβανε ασκήσεις λειτουργικής επανεκπαίδευσης με έμφαση σε όλους τους τομείς όπως η ορθή στάση, η διόρθωση λανθασμένων πρότυπων κίνησης, η ισορροπία και η βάρδιση και σύμφωνα με τις τυχόν οδηγίες των θεραπόντων ιατρών.

Δεδομένου ότι τα εν λόγω λογισμικά δεν προσφέρουν ψηφιακή εξαγωγή δεδομένων, η καταγραφή των στοιχείων έγινε χειροκίνητα, κατόπιν ψηφιακής φωτογράφισης των επί της οθόνης αποτελεσμάτων.

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν πριν και μετά τις παρεμβάσεις ήταν:

1. **Berg balance test score:** αφορά την καταγραφή του αποτελέσματος του τεστ έχοντας ως μέγιστη τιμή - άριστα το 56.
2. **WBB score:** γενικό συνολικό αριθμητικό αποτέλεσμα της αξιολόγησης της ισορροπίας όπως δίνεται από το χρησιμοποιηθέν λογισμικό.
3. **Deviation (Dev) L/R:** η μέση απόκλιση που προκύπτει από την αναλογία της τοποθέτησης βάρους σε κάθε κάτω άκρο κατά την διάρκεια της δοκιμασίας δοσμένη σε επί τοις εκατό (%). Ισομερής κατανομή του βάρους στα δύο κάτω άκρα σημαίνει ότι κάθε σκέλος δέχτηκε το 50% του συνολικού βάρους του σώματος (50% στο αριστερό και 50% στο δεξί ίσον με 100% του βάρους) και ως εκ τούτου η απόκλιση (dev) θα είναι 0. Νούμερα μεγαλύτερα του μηδενός καταδεικνύουν το ποσοστό της απόκλισης επί τοις εκατό (%) δοσμένα σε απόλυτες τιμές, διότι στην παρούσα έρευνα μετρήθηκε η απόκλιση, ανεξάρτητα εάν είναι προς τα δεξιά ή προς τα αριστερά. Οπότε, σε καταμέτρηση με λόγο πίεσης 60%-40%, γίνεται αντιληπτό πως το 60% του βάρους υποστηρίχθηκε από το αριστερό σκέλος ενώ το 40% από το δεξιό. Άρα υπάρχει μια απόκλιση κατά 10% σε κάθε σκέλος από την τιμή του 50% που ορίζει την μηδενική τιμή απόκλισης, και η τιμή "10" ορίζεται ως η καταγραφόμενη τιμή.
4. **Area:** η επιφάνεια σε cm^2 που σχηματίσθηκε κατά την κίνηση του κέντρου της πίεσης. Όσο μικρότερη η τιμή, τόσο πιο περιορισμένη η μετακίνηση του COP, άρα και τόσο λιγότερος ο χώρος που χρειάστηκε για να ισορροπήσει.
5. **COP L/R:** η μετατόπιση του κέντρου πίεσης στο μετωπιαίο επίπεδο, δηλαδή αριστερά ή δεξιά, σε εκατοστά (cm). Η τιμή "0" σημαίνει καμία μετατόπιση, αρνητικές τιμές σημαίνει μετατόπιση προς τα αριστερά ενώ οι θετικές τιμές μετατόπιση προς τα δεξιά. Στην παρούσα έρευνα όμως, μετράμε την μετατόπιση στο μετωπιαίο επίπεδο, ανεξάρτητα εάν είναι προς τα δεξιά ή προς

τα αριστερά. Για αυτόν τον λόγο, τα αποτελέσματα θα αποδοθούν στις απόλυτες τιμές τους ($|x|$)

6. **COP B/F**: η μετατόπιση του κέντρου πίεσης στο προσθιοπίσθιο επίπεδο, δηλαδή μπροστά ή πίσω σε εκατοστά (cm). Η τιμή "0" σημαίνει καμία μετατόπιση, αρνητικές τιμές σημαίνει μετατόπιση προς τα πίσω ενώ οι θετικές τιμές μετατόπιση προς τα μπροστά. . Στην παρούσα έρευνα όμως, μετράμε την απόκλιση στο προσθιοπίσθιο επίπεδο, ανεξάρτητα εάν είναι προς τα εμπρός ή προς τα πίσω. Για αυτόν τον λόγο, τα αποτελέσματα θα αποδοθούν στις απόλυτες τιμές τους ($|x|$)

7. **Μεταβολή τιμών**: πρόκειται για μια κατασκευασμένη μέτρηση που δεν αντλείται απευθείας από το σύστημα, αλλά παράγεται από την αφαίρεση της αρχικής τιμής από την τελική τιμή κάθε μίας από τις παραμέτρους που ελέγχονται σε αυτή την έρευνα. Το αποτέλεσμα, συγκρινόμενο μεταξύ των δύο ομάδων, καταδεικνύει ακριβώς την διαφορά της ενδεχόμενης προόδου της μίας ομάδας από την άλλη. Πέραν του μηδενός που σημαίνει καμία πρόοδος, σε όσες παραμέτρους θεωρείται πως η αύξηση του σκορ είναι θετικό αποτέλεσμα (BBS, WBB), διαφορά με θετικό πρόσημο δείχνει βελτίωση, ενώ σε εκείνες που η μείωση δείχνει βελτίωση (AREA, COP, DEV), διαφορά με αρνητικό πρόσημο καταδεικνύει πρόοδο.

5. Στατιστική Ανάλυση

Για την στατιστική ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό IBM SPSS statistics version 23.

Αρχικά, εξετάστηκε η ομοιογένεια του δείγματος ως προς την πλευρά της βλάβης, το φύλο και την ηλικία, και συγκρίθηκαν οι δύο ομάδες παρέμβασης και ελέγχου, κατά πόσο υπάρχουν σημαντικά στατιστικές διαφορές μεταξύ τους σε αυτές τις παραμέτρους.

Για την επίτευξη αυτών των συγκρίσεων χρησιμοποιήθηκε το Pearson chi-square (χ^2), κατάλληλο για τις σχέσεις των κατηγορικών μεταβλητών πλευράς πάθησης και φύλλου ως προς τις δύο ομάδες παρέμβασης και ελέγχου, ενώ για την συνεχή τιμή της ηλικίας έγινε χρήση της δοκιμασίας Kolmogorov-Smirnov ως προς την κανονική κατανομή.

Η ανεύρεση του είδους της κατανομής στην ανάλυση των μεταβλητών, είναι σημαντική και καθοριστική για τον τύπο της στατιστικής δοκιμασίας που χρησιμοποιήθηκε αργότερα για την σύγκρισή τους.

Έπειτα, με τη ίδια δοκιμασία Kolmogorov-Smirnov αναζητήθηκε η ύπαρξη ή μη κανονικής κατανομής σε όλες τις συνεχείς μεταβλητές που εξετάζει η έρευνα.

Η δε σύγκριση των μεταβλητών που βρέθηκαν με κανονική κατανομή (BBS, WBB, AREA) έγινε με το independent samples t-test, ενώ για εκείνες με μη κανονική κατανομή (rate L/R, COP L/R, COP B/F) χρησιμοποιήθηκε το Mann-Whitney test.

Σημειώνουμε ότι το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας ήταν το 5% το οποίο μεταφράζεται ως p-value μικρότερο του 0,05 ($p < 0,05$).

Στη συνέχεια, έγιναν οι συγκρίσεις των τιμών κατά την έναρξη της έρευνας με τις τιμές κατά την λήξη της, τόσο εντός της ίδιας της ομάδας με το paired sample t-test, όσο και μεταξύ των δύο συγκρινόμενων ομάδων με το independent sample t-test. Σε αυτές τις αναλύσεις, για τα ζεύγη συνεχών μεταβλητών που δεν είχαν κανονική κατανομή, χρησιμοποιήθηκε το Wilcoxon και το Mann-Whitney αντίστοιχα.

Στις δε αναλύσεις τιμών που ελέγχθηκαν ως προς την απόκλισή τους από κάποια σταθερή τιμή, χρησιμοποιήθηκε η one sample t-test για μεταβλητές με κανονική κατανομή και το Wilcoxon για τις μη κανονικής κατανομής αντίστοιχα.

6. Συσχετισμός αποτελεσμάτων

Ακολουθώντας τα ερωτήματα από τον σχεδιασμό της έρευνας η στατιστική ανάλυση χρειάστηκε να ελέγξει τις παρακάτω σχέσεις σε κάθε εξεταζόμενη δοκιμασία:

Α. ομάδα ελέγχου κατά την έναρξη, με την ομάδα παρέμβασης κατά την έναρξη. (το αποτέλεσμα ελέγχει εάν υπάρχει διαφορά στις εξεταζόμενες ικανότητες μεταξύ των δύο ομάδων και δίνει σημείο αναφοράς για σύγκριση κατά το πέρας της μελέτης).

Β. ομάδα ελέγχου κατά την έναρξη, με την ίδια ομάδα κατά τη λήξη του προγράμματος. (το αποτέλεσμα ελέγχει εάν υπάρχει διαφορά εντός της ίδιας ομάδας κατά το πέρας της μελέτης)

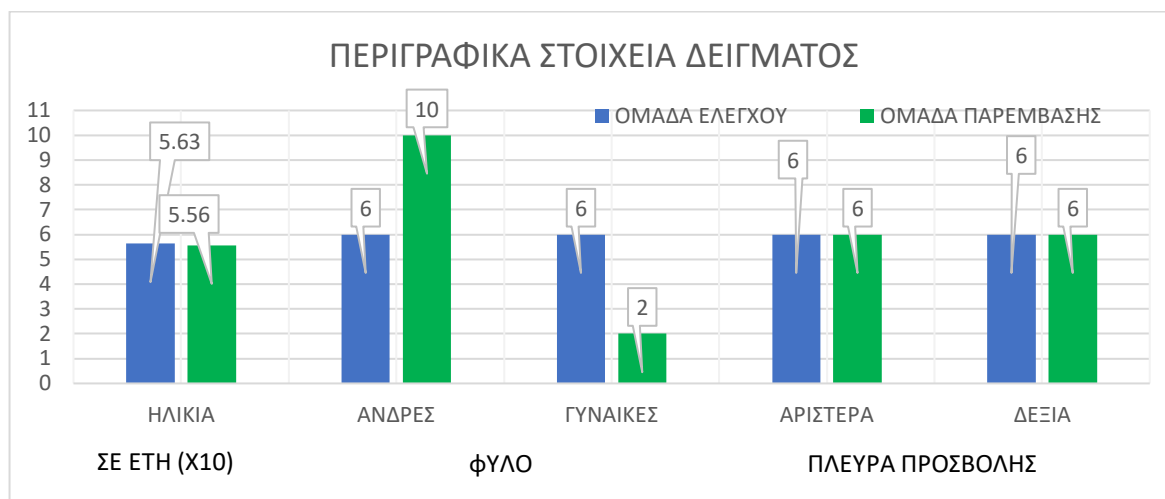
Γ. ομάδα παρέμβασης κατά την έναρξη, με την ίδια ομάδα κατά τη λήξη του προγράμματος. (το αποτέλεσμα ελέγχει εάν υπάρχει διαφορά εντός της ίδιας ομάδας κατά το πέρας της μελέτης)

Δ. ομάδα ελέγχου κατά τη λήξη, με την ομάδα παρέμβασης κατά την λήξη. (το αποτέλεσμα ελέγχει την νέα διαφορά που πιθανώς να προκύψει μεταξύ των δύο ομάδων κατά το πέρας πλέον της μελέτης).

Ε. σύγκριση των δύο μεταβολών που προκύπτουν αφαιρώντας για κάθε δοκιμασία τις τιμές κατά την έναρξη από τις τιμές κατά τη λήξη σε κάθε ομάδα. (το αποτέλεσμα θα συγκρίνει την πρόοδο της μίας ομάδας με την άλλη ανά δοκιμασία)

7. Αποτελέσματα

Τα δύο δείγματα ελέγχθηκαν ως προς την ομοιογένεια τους στα περιγραφικά χαρακτηριστικά (πίνακας 3) και βρέθηκαν οι ασθενείς να είναι απολύτως συμμετρικά μοιρασμένοι ως προς την προσβεβλημένη πλευρά ($p > 0,99$), καθώς και χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά στο φύλο ($p = 0,08$) και στην ηλικία ($p = 0,87$).



Πίνακας 3 Περιγραφικά στοιχεία δείγματος. Τα δείγματα φαίνεται να μη διαφέρουν στατιστικά

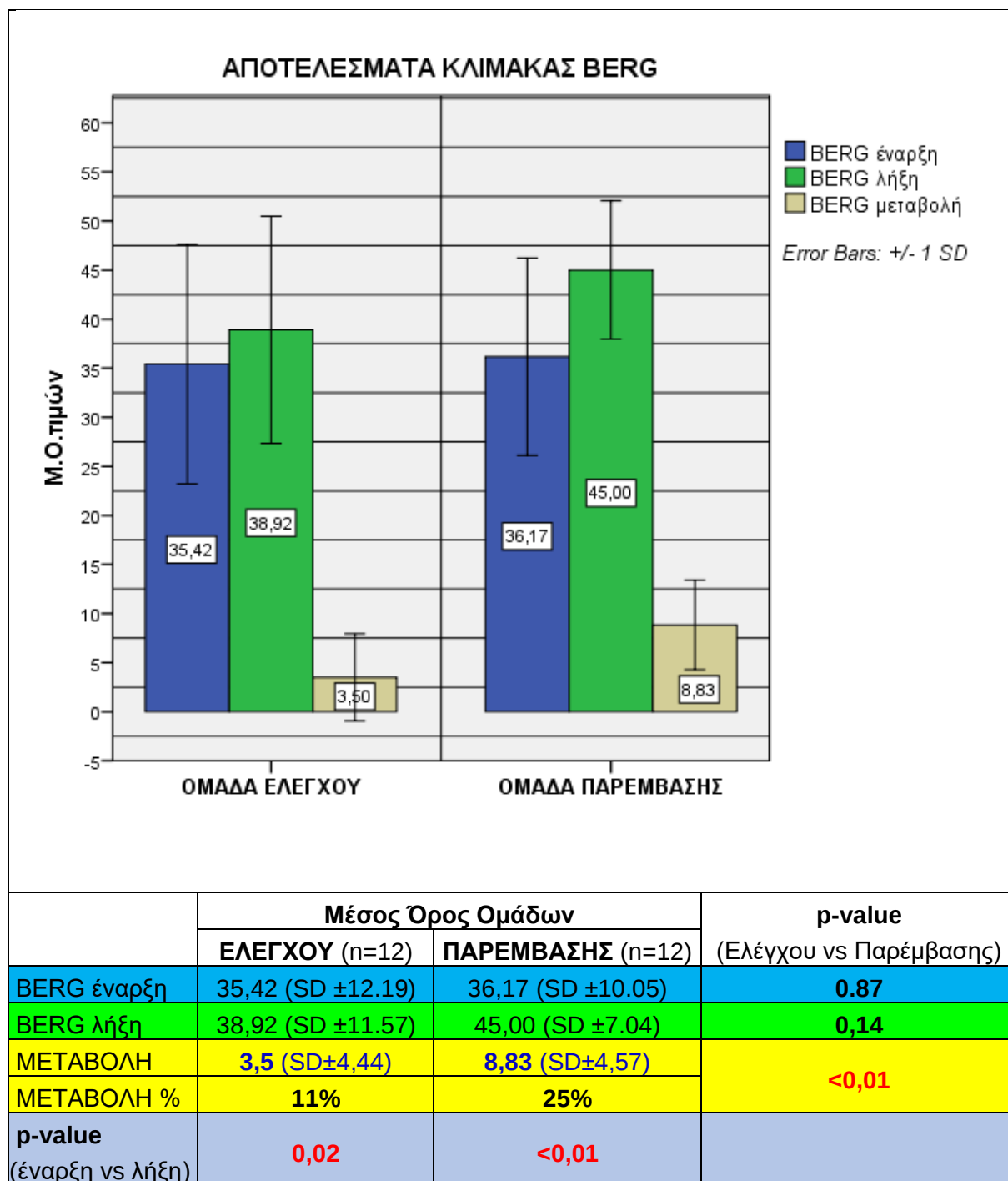
Ελεγχόμενες δε κατά την έναρξη, οι δύο ομάδες παρέμβασης και ελέγχου, δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις δοκιμασίες, καθώς το p-value βρέθηκε μεγαλύτερο του 0,05 ($p > 0,05$), όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα 4 .

	BERG			Deviation L/R	
	Ομ. Ελέγχου	Ομ. Παρέμβασης		Ομ. Ελέγχου	Ομ. Παρέμβασης
M.O	35,42	36,17	M.O	7	7,83
Διάμεσος	36	36	Διάμεσος	1,5	5,5
Τυπ. Αποκ.	12,19	10,05	Τυπ. Αποκ.	13,29	8,16
p-value	0,87		p-value	0,18	
	WBB			COP L/R	
	Ομ. Ελέγχου	Ομ. Παρέμβασης		Ομ. Ελέγχου	Ομ. Παρέμβασης
M.O	2824,17	3034,25	M.O	4,42	4,56
Διάμεσος	3466	2783	Διάμεσος	0,77	2,69
Τυπ. Αποκ.	2105,16	2501,23	Τυπ. Αποκ.	8,72	4,82
p-value	0,83		p-value	0,1	
	AREA			COP B/F	
	Ομ. Ελέγχου	Ομ. Παρέμβασης		Ομ. Ελέγχου	Ομ. Παρέμβασης
M.O	291,65	322,12	M.O	2,29	3,25
Διάμεσος	213,69	280,4	Διάμεσος	1,04	2,2
Τυπ. Αποκ.	225,46	255,33	Τυπ. Αποκ.	2,52	3,34
p-value	0,76		p-value	0,22	

Πίνακας 4. Έλεγχος των δύο ομάδων για στατιστικές διαφορές σε κάθε δοκιμασία κατά την έναρξη του προγράμματος

Τα αποτελέσματα ανά ερώτημα και ανά κατηγορία:

7.1 Αποτελέσματα κλίμακας Berg.



Εικόνα 14. Γράφημα και πίνακας με τα αποτελέσματα των μετρήσεων της κλίμακας BERG

Η παράμετρος κλίμακα Berg (BBS), μετράει το μέσω όρο των τιμών του σκορ της κλίμακας ισορροπίας Berg (εικ. 14).

Τόσο κατά την έναρξη, όπως και κατά τη λήξη του προγράμματος, οι 2 ομάδες δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους ($p=0,87$ & $p=0,14$), στα αποτελέσματα της κλίμακας Berg.

Η **ομάδα ελέγχου** καλυτέρευσε το σκορ της κατά 4 μονάδες, έχοντας μια στατιστικά σημαντική διαφορά ($p=0,02$) από το πριν στο μετά κατά **11%**, ενώ η **ομάδα παρέμβασης** καλυτέρευσε το σκορ της κατά 9 μονάδες, παρουσιάζοντας μια στατιστικά σημαντική διαφορά ($p<0,01$) από το πριν στο μετά κατά **25%**

Η μεταβολή στις τιμές και των δύο ομάδων κινήθηκε με θετικό πρόσημο, παρουσιάζοντας τιμή **3,5** για την **ομάδα ελέγχου** και **8,83** για την **ομάδα παρέμβασης**. Συγκρινόμενες οι δύο μεταβολές παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά ($p<0,01$)

7.2 Αποτελέσματα παραμέτρου AREA

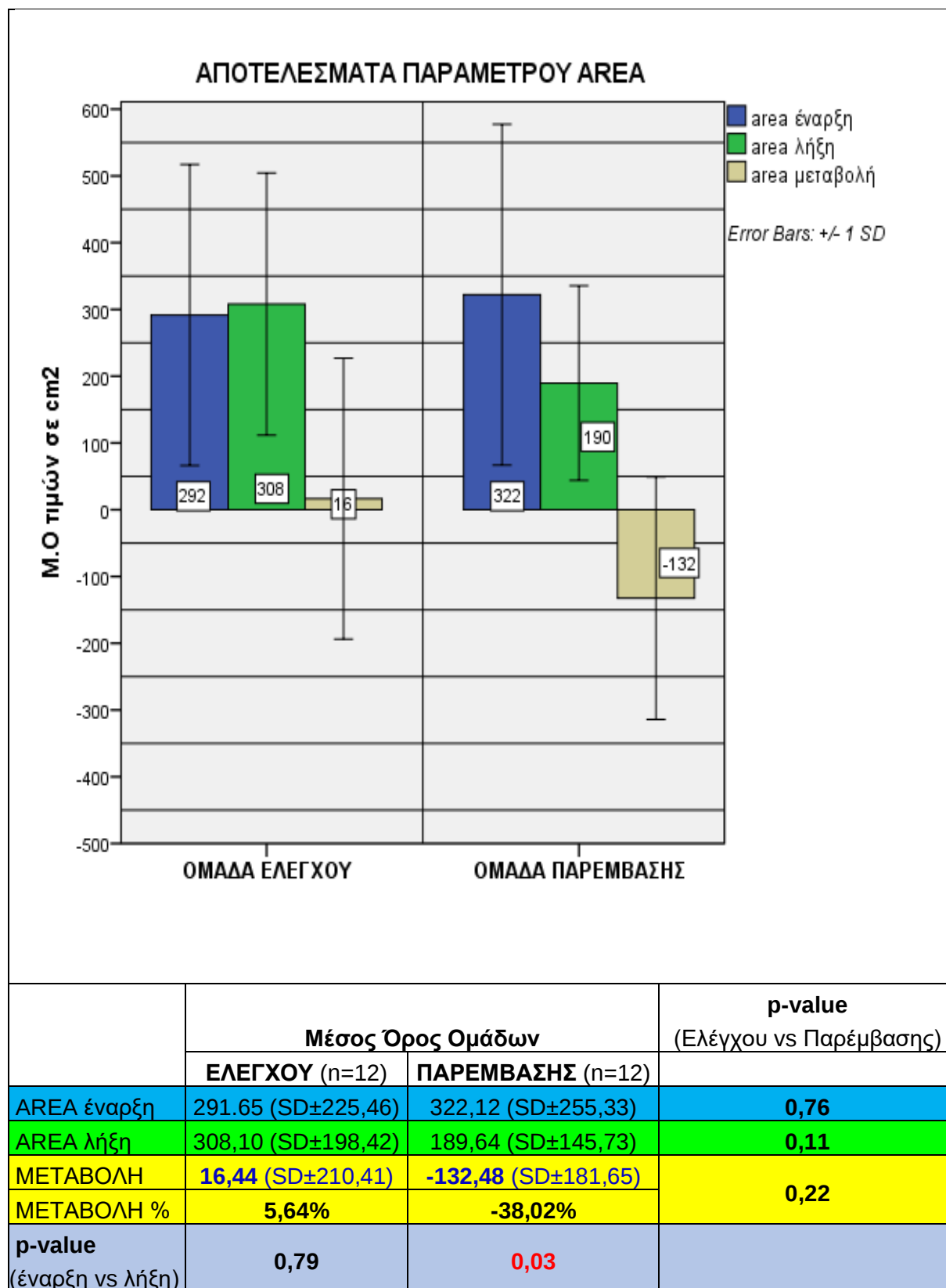
Η παράμετρος AREA μετράει σε cm^2 την επιφάνεια που κινήθηκε το κέντρο της πίεσης (εικ. 15)

Τόσο κατά την έναρξη, όπως και κατά τη λήξη του προγράμματος, οι 2 ομάδες δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους ($p=0,76$ & $p=0,11$), στα αποτελέσματα της παραμέτρου AREA.

Η **ομάδα ελέγχου**, χωρίς να παρουσιάσει στατιστικά σημαντική διαφορά ($p=0,79$) αύξησε τις τιμές κατά **5,65%** από το πριν στο μετά, ενώ η **ομάδα παρέμβασης** παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά ($p=0,03$), παρουσιάζοντας μείωση στις τιμές της κατά **-38,02%**.

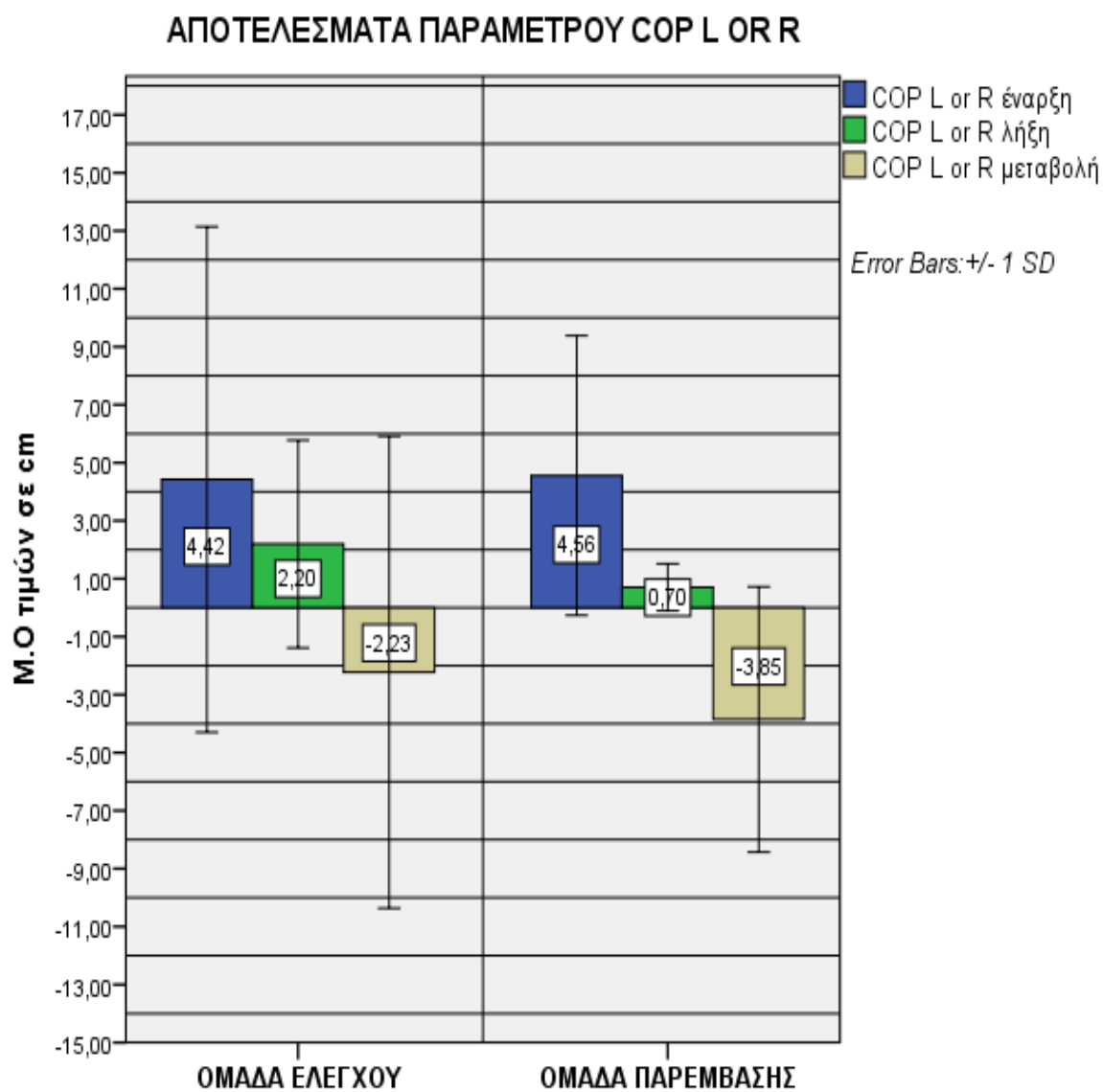
Η μεταβολή στις τιμές και των δύο ομάδων κινήθηκε με θετικό πρόσημο στην **ομάδα ελέγχου**, με τιμή **16,44**, ενώ με αρνητικό **-138,48** για την **ομάδα παρέμβασης**.

Συγκρινόμενες οι δύο μεταβολές, παρά την μεγάλη τους διαφορά, δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά ($p=0,22$)



Εικόνα 15. Γράφημα και πίνακας με τα αποτελέσματα των μετρήσεων της παραμέτρου AREA

7.3 Αποτελέσματα παραμέτρου COP L or R



	Μέσος Όρος Ομάδων		p-value (Ελέγχου vs Παρέμβασης)
	ΕΛΕΓΧΟΥ (n=12)	ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ (n=12)	
COP έναρξη	4,42 (SD±8,72)	4,55 (SD±4,82)	0,1
COP λήξη	2,19 (SD±3,58)	0,7 (SD±0,81)	0,44
ΜΕΤΑΒΟΛΗ	-2,23 (SD±8,14)	-3,85 (SD±4,57)	0,06
ΜΕΤΑΒΟΛΗ %	-50,4%	-84,6%	
p-value (έναρξη vs λήξη)	0,35	0,02	

Τόσο κατά την έναρξη, όπως και κατά τη λήξη του προγράμματος, οι 2 ομάδες δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους ($p=0,1$ & $p=0,44$), στα αποτελέσματα της παραμέτρου COP L or R. (εικ. 16)

Η ομάδα ελέγχου, μείωσε την απόκλιση κατά **50,4%** από το πριν στο μετά, χωρίς όμως στατιστικά σημαντική διαφορά ($p=0,35$), ενώ η ομάδα παρέμβασης παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά ($p=0,02$), μειώνοντας τις τιμές της κατά **84,6%**.

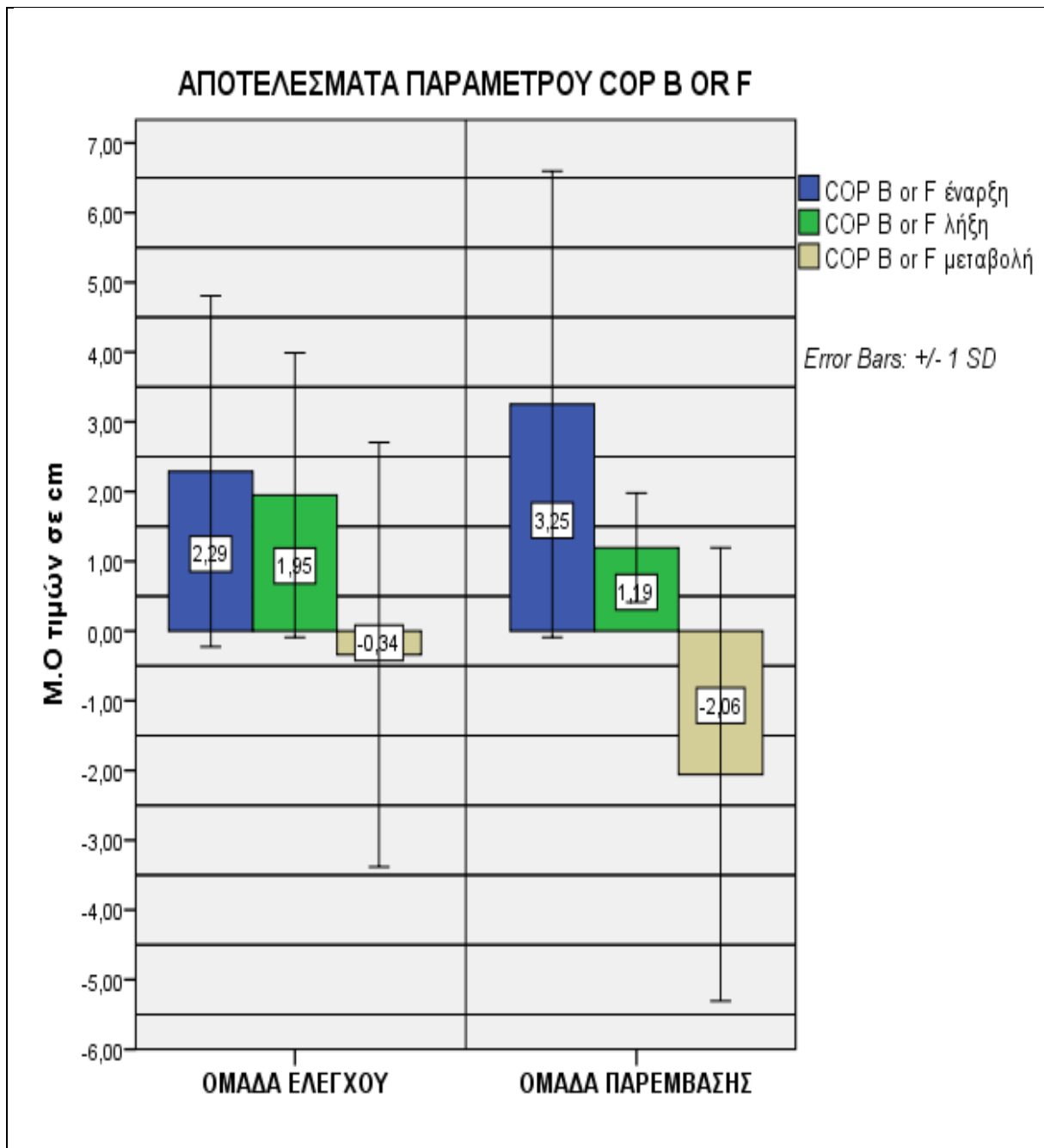
Συγκρινόμενες οι δύο μεταβολές, δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά ($p=0,06$)

7.4 Αποτελέσματα παραμέτρου COP B or F

Τόσο κατά την έναρξη, όπως και κατά τη λήξη του προγράμματος, οι 2 ομάδες δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους ($p=0,22$ & $p=0,85$), στα αποτελέσματα της παραμέτρου COP B or F (εικ. 17).

Η ομάδα ελέγχου, μείωσε την απόκλιση κατά **14,8%** από το πριν στο μετά, χωρίς όμως στατιστικά σημαντική διαφορά ($p=0,53$), ενώ η ομάδα παρέμβασης παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά ($p=0,05$), μειώνοντας τις τιμές της κατά **63,4%**.

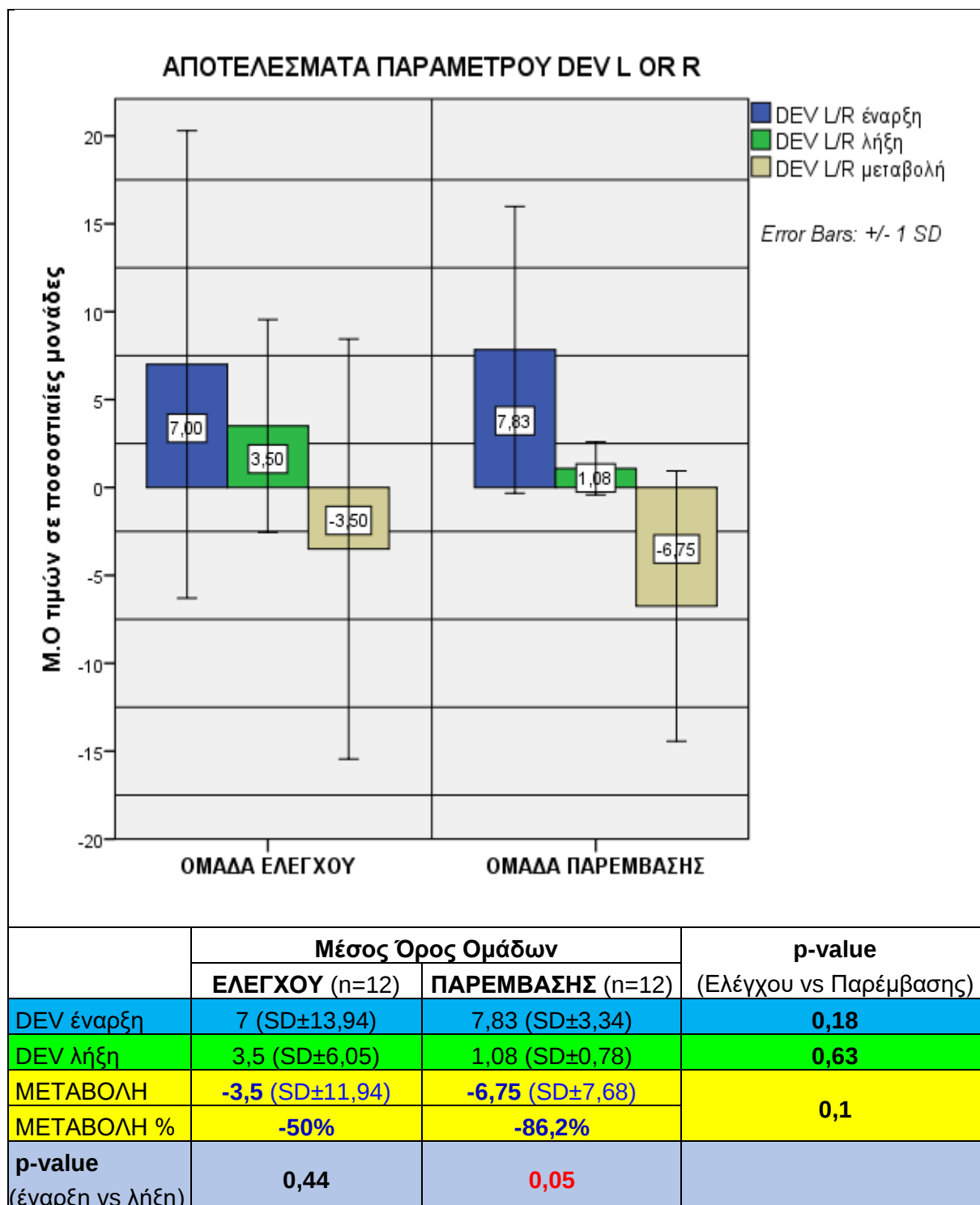
Συγκρινόμενες οι δύο μεταβολές, δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά ($p=0,2$).



	Μέσος Όρος Ομάδων		p-value (Ελέγχου vs Παρέμβασης)
	ΕΛΕΓΧΟΥ (n=12)	ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ (n=12)	
COP έναρξη	2,29 (SD±2,52)	3,25 (SD±3,34)	0,22
COP λήξη	1,95 (SD±2,04)	1,19 (SD±0,78)	0,85
ΜΕΤΑΒΟΛΗ	-0,34 (SD±3,04)	-2,05 (SD±3,25)	0,2
ΜΕΤΑΒΟΛΗ %	-14,8%	-63,4%	
p-value (έναρξη vs λήξη)	0,53	0,05	

Εικόνα 17. Γράφημα και πίνακας με τα αποτελέσματα των μετρήσεων της παραμέτρου COP B or F

7.6 Αποτελέσματα παραμέτρου DEV L or R.



Εικόνα 18. Γράφημα και πίνακας με τα αποτελέσματα των μετρήσεων της παραμέτρου DEV L or R

Τόσο κατά την έναρξη, όπως και κατά τη λήξη του προγράμματος, οι 2 ομάδες δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους ($p=0,18$ & $p=0,63$), στα αποτελέσματα της παραμέτρου DEV L or R.

Η ομάδα ελέγχου, μείωσε την απόκλιση κατά **50%** από το πριν στο μετά, χωρίς όμως στατιστικά σημαντική διαφορά ($p=0,44$), ενώ η ομάδα παρέμβασης παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά ($p=0,05$), μειώνοντας τις τιμές της κατά **86,2%**.

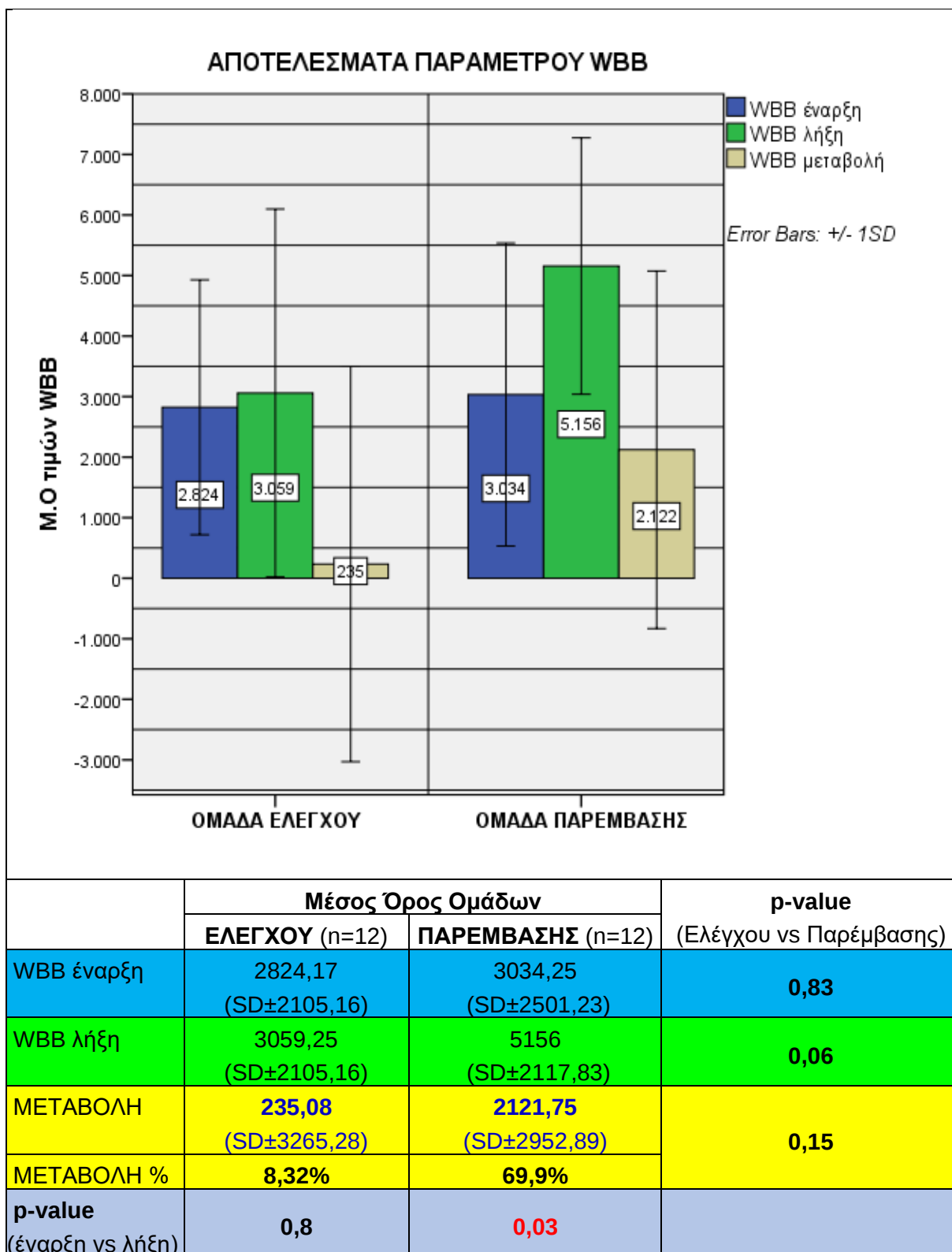
Συγκρινόμενες οι δύο μεταβολές, δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά ($p=0,1$).

7.7 Αποτελέσματα παραμέτρου WBB.

Τόσο κατά την έναρξη, όπως και κατά τη λήξη του προγράμματος, οι 2 ομάδες δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους ($p=0,83$ & $p=0,06$), στα αποτελέσματα της παραμέτρου WBB.

Η ομάδα ελέγχου, αύξησε το score της κατά **8,32%** από το πριν στο μετά, χωρίς όμως στατιστικά σημαντική διαφορά ($p=0,80$), ενώ η ομάδα παρέμβασης παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά ($p=0,03$), αυξάνοντας το score της κατά **69,9%**.

Συγκρινόμενες οι δύο μεταβολές, δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά ($p=0,15$).



Εικόνα 19 Γράφημα και πίνακας με τα αποτελέσματα των μετρήσεων της παραμέτρου WBB

8. Συζήτηση

Η παρούσα έρευνα διενεργήθηκε με σκοπό να ερευνήσει δύο διαφορετικούς τομείς στο πεδίο της αποκατάστασης της ισορροπίας μετά από εγκεφαλικό επεισόδιο. Κατά πρώτον, να διερευνηθεί η προσφορά ενός προγράμματος που θα χρησιμοποιούσε την εικονική πραγματικότητα και τα βιντεοπαιχνίδια ως προσεταιριστικό μέρος στο πρόγραμμα αποκατάστασης και κατά δεύτερον την δυνατότητα να έχουμε μία αντικειμενική αξιολόγηση μέσω της ηλεκτρονικής πλατφόρμας του Wii και πιο συγκεκριμένα μέσω του λογισμικού PhysioFun Balance Training.

Α. Ως προς το πρώτο, το σημαντικότερο εύρημα της μελέτης είναι ότι έχοντας σαν βασικό κριτήριο την απόδοση των δύο ομάδων βάση της σταθμισμένης κλίμακας αξιολόγησης Berg, η ομάδα παρέμβασης κατέγραψε στατιστικά σημαντική μεταβολή στην πρόοδο της, δίνοντας έτσι λόγους να πιστεύουμε πως η χρήση του προγράμματος που εφαρμόστηκε είχε ένα θετικό αποτέλεσμα. Η θέση αυτή ενισχύεται και από μία ακόμα έρευνα (97), όπου χρησιμοποιήθηκε περίπου το διπλάσιο δείγμα ($n=50$), σε πρόγραμμα κατά μία εβδομάδα (τρεις παραπάνω συνεδρίες) μεγαλύτερο και η οποία κατέγραψε εξίσου στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων κατά την κλίμακα Berg, καθώς και από μία ακόμα (98), η οποία με δύο ομάδες από 11 ασθενείς διενήργησε παρόμοια μελέτη 6 εβδομάδων και κατέγραψε επίσης στατιστικά σημαντικές διαφορές στην πρόοδο κατά Berg με την ομάδα παρέμβασης να βελτιώνεται κατά 4 μονάδες έναντι των 2,81 της ομάδας ελέγχου. Από την άλλη, μια μικρότερη σε αριθμό συμμετεχόντων ($n=20$) μελέτη (99), σε ένα πρόγραμμα επτά εβδομάδων, κατέγραψε πρόοδο και για τις δύο ομάδες, αξιολογώντας έτσι, πως η παρέμβαση με το Wii μπορεί να είναι επίσης εποικοδομητική, όπως και η συμβατική θεραπεία. Στην παρούσα μελέτη, δεν θα παραλείψουμε να σημειώσουμε πως και οι δύο ομάδες κατέγραψαν σημαντική πρόοδο, θα υπερθεματίσουμε όμως πως η καλύτερευση της ομάδας παρέμβασης διαφοροποιήθηκε στατιστικά από εκείνη της ομάδας ελέγχου.

Δευτερευόντως, η χρήση της ηλεκτρονικής πλατφόρμας του Wii με το λογισμικό του PhysioFun Balance Training, μας παρείχε τη δυνατότητα να συλλέξουμε και να συγκρίνουμε δεδομένα τα οποία, με την αποδεδειγμένη πιστότητα της πλατφόρμας, αποδίδουν χαρακτηριστικά της ικανότητας στατικής ισορροπίας παρόμοια με εκείνα που συλλέγονται από πολύ ακριβότερες ηλεκτρονικές πλατφόρμες που έχουν ήδη δοκιμαστεί για την εγκυρότητα τους στο παρελθόν. Τέτοια δεδομένα είναι το συνολικό εύρος που κινήθηκε το κέντρο πίεσης (COP) και αποδόθηκε με το όρο AREA καταγράφοντας την έκταση που χρειάστηκε ο κάθε συμμετέχοντας για να ισορροπήσει, η κίνηση του COP σε πλάγια τροχιά, η κίνησή του προσθοπίσθια, καθώς και ο συνολικός καταμερισμός του βάρους ανά σκέλος. Σε όλες αυτές τις δοκιμασίες η ομάδα παρέμβασης σημείωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές στο τέλος του προγράμματος σε σχέση με την αρχή, ενώ η ομάδα ελέγχου, αν και σημείωσε επίσης πρόοδο δεν σημείωσε στατιστικά σημαντική πρόοδο σε καμία δοκιμασία. Εξαίρεση στα θετικά αποτελέσματα της ομάδας ελέγχου αποτέλεσε η δοκιμασία AREA κατά την οποία στον έλεγχο στο τέλος της περιόδου της μελέτης παρουσίασε αύξηση της εν λόγω τιμής, κατά ένα μικρό όμως ποσοστό (5,65%). Αυτή η πρόοδος που καταγράφηκε στα επιμέρους χαρακτηριστικά, φαίνεται να προσθέτει λόγους που να συνηγορούν πως η εξάσκηση της ισορροπίας μέσω του Wii, ακόμα και σαν συμπληρωματικό μέσον, προάγει την συγκεκριμένη δεξιότητα. Συμπληρωματικά, αντίστοιχα αποτελέσματα άλλης έρευνας (98), παρότι δεν καταγράφει με τον ίδιο τρόπο τις παραμέτρους, η ομάδα που εξασκήθηκε επίσης με το Wii, παρουσίασε θετικά αποτελέσματα στις παραμέτρους όπου ελέγχθηκαν οι πλάγιες και οι προσθοπίσθιες κινήσεις του COP, καταγράφοντας ελάττωση στην ταχύτητα κίνησής του, που σημαίνει μικρότερο βαθμό ορθοστατικής ταλάντωσης (Sway), καθώς και περισσότερος έλεγχος στην ισορροπία. Αντίστοιχα, η έρευνα του Barcala (99), παρουσιάζει πρόοδο και στις δύο ομάδες, καταδεικνύοντας, πως η παρέμβαση έχει εξίσου θετικό πρόσημο. Στην παρούσα μελέτη σημειώνεται πως παρότι η ομάδα παρέμβασης στο τέλος του προγράμματος σημείωσε στατιστικά σημαντική πρόοδο σε όλες αυτές τις παραμέτρους, ενώ η ομάδα ελέγχου παρουσίασε

πρόοδο αλλά χωρίς στατιστική σημαντικότητα, η διαφορές του εύρους των μεταβολών που προέκυψαν ανά ομάδα και ανά παράμετρο δεν αγγίζουν σε καμία περίπτωση το όριο της στατιστικής σημαντικότητας. Πιθανώς, αυτό να αιτιολογείται από το μικρό σχετικά δείγμα των ομάδων.

Β. Κατά τη διαδικασία της αξιολόγησης πάνω στην ηλεκτρονική πλατφόρμα του WII, αξιολογείται η ικανότητα διατήρησης του κέντρου πίεσης (COP) όσο το δυνατόν εγγύτερα στο κέντρο της πλατφόρμας, στο χρονικό όριο των 30 δευτερολέπτων. Κατά τη διάρκεια αυτή, σημειώνονται και αξιολογούνται οι αποκλίσεις και το εύρος τους προς κάθε κατεύθυνση, η σταθερότητα και ο ισόποσος καταμερισμός βάρους ανά σκέλος.

Όλες αυτές οι παράμετροι, αποδίδονται στο τέλος ως ένα αριθμητικό σκορ, χωρίς όμως να προσδιορίζεται ο τρόπος συνυπολογισμού των αποτελεσμάτων στις καταμετρούμενες παραμέτρους.

Η παρούσα έρευνα, είναι η μόνη που χρησιμοποίησε το συγκεκριμένο λογισμικό ως αξιολογητικό εργαλείο και θέτει το ερώτημα εάν θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί το σκορ του ώστε η μεταβολή του να περιγράψει την μεταβολή της ικανότητας των ασθενών στην στατική ισορροπία.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων έδειξαν επίσης πως η ομάδα παρέμβασης παρουσίασε στατιστικά σημαντική πρόοδο, ενώ πρόοδο σημείωσε και η ομάδα ελέγχου, χωρίς όμως στατιστική σημαντικότητα. Όμως η σύγκριση της μεταβολής που παρουσίασαν οι δύο ομάδες δεν απέφερε ένα στατιστικά σημαντικό αποτέλεσμα.

Συσχετίζοντας τα αποτελέσματα της κλίμακας BERG με αυτά από το λογισμικό αξιολόγησης PHYSIOFUN παρατηρείται ότι δεν υπάρχει ταύτιση. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της BERG και οι δύο ομάδες παρουσίασαν στατιστικά σημαντική διαφορά, ενώ σύμφωνα με το λογισμικό, μόνο η ομάδα παρέμβασης. Εκτιμάται πως για να υπάρξει κάποια ασφαλής προσέγγιση σε αυτό το ερώτημα, θα απαιτηθούν περισσότερες και εκτενέστερες έρευνες που να το ελέγχουν.

8.1 Περιορισμοί

1. Τυχαιοποίηση. Στην παρούσα έρευνα δεν έγινε τυχαιοποίηση διότι ο τρόπος λειτουργίας του κέντρου αποκατάστασης δεν το επέτρεπε. Οι ασθενείς κατόπιν ιατρικού παραπεμπτικού διανέμονται από τον προϊστάμενο στους Φυσικοθεραπευτές, χωρίς την δυνατότητα επιλογής ασθενών και χωρίς την δυνατότητα αναβολής της έναρξης θεραπείας τους. Ωστόσο, η σύγκριση τους ως προς τα βασικά χαρακτηριστικά δεν ανέδειξε διαφορές, οπότε δεν αναμένεται να προκύψει κάποιο μείζον πρόβλημα εξ αιτίας αυτού.
2. Διαφορετικοί Θεραπευτές στην ομάδα ελέγχου. Ενώ όλοι οι συμμετέχοντες στην ομάδα παρέμβασης εργάστηκαν με τον συγγραφέα, οι ασθενείς της ομάδας ελέγχου, παρακολούθησαν το πρόγραμμα που θα έκαναν εάν δεν θα συμμετείχαν στην έρευνα. Αυτό σημαίνει ότι είχαν ένα πρόγραμμα σαφώς προσαρμοσμένο στις ανάγκες τους, όμως ήταν διαφορετικοί οι θεραπευτές που το εφάρμοσαν.
3. Η μη εκτέλεση κοινού προγράμματος πέραν της παρέμβασης για την ομάδα παρέμβασης. Η παρέμβαση είχε μια συχνότητα τρεις φορές την εβδομάδα. Τις άλλες δύο ημέρες του πενθημέρου, οι ασθενείς ακολουθούσαν εξατομικευμένα και όχι γενικά ή ίδια προγράμματα κινητικής αποκατάστασης στο φυσικοθεραπευτήριο. Όμως δεν θα μπορούσε να γίνει διαφορετικά μιας και οι ασθενείς δεν ήταν όλοι στο ίδιο επίπεδο. Έτσι λάμβαναν το κατάλληλο πρόγραμμα ανάλογα του επιπέδου τους.
4. Περιορισμένος χρόνος διεξαγωγής της έρευνας, και ως εκ τούτου, περιορισμένος αριθμός συνεδριών για την ομάδα παρέμβασης. Το γεγονός ότι

ο χρόνος διαμονής εντός του κέντρου αποκατάστασης είναι περιορισμένος, απαιτήσε ένα πιο σύντομο πρόγραμμα. Πιθανώς ένα περισσότερο μακροσκελές πρόγραμμα, να απέδιδε περισσότερα ποιοτικά και ποσοτικά στοιχεία.

9. Συμπεράσματα - Επίλογος

Η συμμετοχή της τεχνολογίας στην αποκατάσταση ολοένα κερδίζει περισσότερο έδαφος. Καθώς από τη μία η αποκρυπτογράφηση και η κατανόηση του τρόπου που ο ανθρώπινος εγκέφαλος μπορεί να ανακάμπτει ύστερα από ένα εγκεφαλικό επεισόδιο μέσω της νευροπλαστικότητας και των οδών της μάθησης, και από την άλλη, η ραγδαία εξελισσόμενη πρόοδος της τεχνολογίας που στρέφεται στοχευμένα να συνδράμει σε αυτόν το σκοπό, καθιστά τη δυναμική παρουσία εξειδικευμένων λογισμικών που εφαρμόζονται σε ολοένα τεχνολογικά αρτιότερα μηχανήματα, να θεωρείται πλέον ως εκ των ουκ άνευ.

Η πιστότητα των μετρήσεων, η ακριβής επαναληψιμότητα τους καθώς και τα πολλά και ενδιαφέροντα περιβάλλοντα που μπορούν να σχεδιαστούν και να προσαρμοστούν στις ακριβείς ανάγκες του κάθε ασθενή, προσδίδουν μια ακόμα καλύτερης ποιότητας θεραπεία, σε συνδυασμό με τις γνωστές μεθόδους κινητικής αποκατάστασης που χρησιμοποιούνται εν γένει.

Η ηλεκτρονική πλατφόρμα του WII παρέχει την τεχνολογική αρτιότητα που χρειάζεται μια επιστημονική παρέμβαση στον τομέα για τον οποίο έχει σχεδιαστεί, ενώ το συνοδευτικό λογισμικό, παρότι δεν είναι παραμετροποιήσιμο, φάνηκε να μπορεί να προσφέρει ουσιαστικά υψηλής ποιότητας εξάσκηση, με θετικά αποτελέσματα.

Ως αξιολογητικό εργαλείο, προφανώς θα χρειαστούν αρκετές μελέτες στο μέλλον ώστε να υπάρξει κάποιο σταθμισμένο πρωτόκολλο. Επικουρικά όμως φαίνεται να είναι σε θέση να δείξει μία τάση ως προς την πορεία προόδου στις επιμέρους παραμέτρους που ελέγχει.

Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί πως αν και δεν καταμετρήθηκε, όλοι οι συμμετέχοντες εξέφρασαν ένα πολύ μεγάλο ενδιαφέρον τόσο για τις εν λόγω παρεμβάσεις, όσο και για τον διαφορετικό τρόπο προσέγγισης των θεραπευτικών στόχων, καθώς δεν υπήρξε κανένας που να εγκατέλειψε το πρωτόκολλο, όλοι δήλωσαν αυθορμήτως πως οι συνεδρίες τους ήταν πολύ ευχάριστες, εποικοδομητικές και έλαβαν την αίσθηση πως εργάστηκαν επί σκοπού και στόχου. Υπήρξε δε και ένας μικρός αριθμός (3-4 άτομα), που εκδήλωσαν επιθυμία για την προμήθεια ενός τέτοιου συστήματος προς περαιτέρω εξάσκηση αργότερα στο σπίτι, γεγονός που θα μπορούσε δυνητικά να ανοίξει νέους ορίζοντες στον πενιχρά έως τώρα διαδεδομένο τομέα της τήλε-αποκατάστασης.

10. Βιβλιογραφία - Αρθρογραφία

1. Gillen G. Stroke rehabilitation: a function-based approach: Elsevier Health Sciences; 2015.
2. Miller EL, Murray L, Richards L, Zorowitz RD, Bakas T, Clark P, et al. Comprehensive overview of nursing and interdisciplinary rehabilitation care of the stroke patient: a scientific statement from the American Heart Association. *Stroke*. 2010;41(10):2402-48.
3. Chen L, Lo WL, Mao YR, Ding MH, Lin Q, Li H, et al. Effect of Virtual Reality on Postural and Balance Control in Patients with Stroke: A Systematic Literature Review. *BioMed research international*. 2016;2016:7309272.
4. Teasell RW, Fernandez MM, McIntyre A, Mehta S. Rethinking the continuum of stroke rehabilitation. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2014;95(4):595-6.
5. Teasell R, Hussein N. Evidence-based review of stroke rehabilitation: Background concepts in stroke rehabilitation. 2013.
6. Jones TA, Adkins DL. Motor System Reorganization After Stroke: Stimulating and Training Toward Perfection. *Physiology*. 2015;30(5):358-70.
7. Roger VL, Go AS, Lloyd-Jones DM, Benjamin EJ, Berry JD, Borden WB, et al. Heart disease and stroke statistics--2012 update: a report from the American Heart Association. *Circulation*. 2012;125(1):e2-e220.
8. Shum ST, Chiu JK, Tsang CP, Wong CH, Tsang RC, Ma SL, et al. Predicting walking function of patients one month poststroke using modified Rivermead mobility index on admission. *Journal of stroke and cerebrovascular diseases : the official journal of National Stroke Association*. 2014;23(8):2117-21.
9. Phan HT, Blizzard CL, Reeves MJ, Thrift AG, Cadilhac D, Sturm J, et al. Sex Differences in Long-Term Mortality After Stroke in the INSTRUCT (INternational STroke oUtcomes sTudy): A Meta-Analysis of Individual Participant Data. *Circulation Cardiovascular quality and outcomes*. 2017;10(2).
10. Perna R, Perkey H, Le J. Gender differences in postacute stroke rehabilitation outcomes. *Austin Journal of Trauma and Treatment*. 2014;1(1):1-5.
11. Horstmann S, Koziol JA, Martinez-Torres F, Nagel S, Gardner H, Wagner S. Sonographic monitoring of mass effect in stroke patients treated with hypothermia. Correlation with intracranial pressure and matrix metalloproteinase 2 and 9 expression. *Journal of the neurological sciences*. 2009;276(1-2):75-8.
12. Puig MV, Gullledge AT. Serotonin and prefrontal cortex function: neurons, networks, and circuits. *Molecular neurobiology*. 2011;44(3):449-64.
13. Bansil S, Prakash N, Kaye J, Wrigley S, Manata C, Stevens-Haas C, et al. Movement disorders after stroke in adults: a review. *Tremor and other hyperkinetic movements*. 2012;2.

14. Parsons SL, Mansfield A, Inness EL, Patterson KK. The relationship of plantar cutaneous sensation and standing balance post-stroke. *Top Stroke Rehabil.* 2016;23(5):326-32.
15. Karen D Orjuela MD CRGM, Steven R Levine MD. Stroke syndromes and their anatomic localization [internet]. *MedLink Neurology* 2017 [updated dec. 13, 2017; cited 2018 nov. 27]. Available from: http://www.medlink.com/article/stroke_syndromes_and_their_anatomic_localization.
16. Simon Tan P, ABPP-CN. Right Brain, Left Brain: Memory and Cognition After Stroke 2011 [cited 2018 nov. 27]. Available from: <http://www.shlnnews.org/?p=397>.
17. Lopes PG, Lopes JA, Brito CM, Alfieri FM, Rizzo Battistella L. Relationships of Balance, Gait Performance, and Functional Outcome in Chronic Stroke Patients: A Comparison of Left and Right Lesions. *BioMed research international.* 2015;2015:716042.
18. Arnadottir G, Lofgren B, Fisher AG. Difference in impact of neurobehavioural dysfunction on Activities of daily living performance between right and left hemispheric stroke. *Journal of rehabilitation medicine.* 2010;42(10):903-7.
19. English C, Healy GN, Coates A, Lewis LK, Olds T, Bernhardt J. Sitting time and physical activity after stroke: physical ability is only part of the story. *Topics in Stroke Rehabilitation.* 2016;23(1).
20. Howard VJ, McDonnell MN. Physical activity in primary stroke prevention: just do it! *Stroke.* 2015;46(6):1735-9.
21. Writing Group M, Mozaffarian D, Benjamin EJ, Go AS, Arnett DK, Blaha MJ, et al. Heart Disease and Stroke Statistics-2016 Update: A Report From the American Heart Association. *Circulation.* 2016;133(4):e38-360.
22. Hendrickson J, Patterson KK, Inness EL, McIlroy WE, Mansfield A. Relationship between asymmetry of quiet standing balance control and walking post-stroke. *Gait & posture.* 2014;39(1):177-81.
23. Batista JS, Wibelinger LM, De Marchi ACB, Pasqualotti A. Evaluation and physiotherapeutic intervention in older with deficit balance through the Scale of Berg and Wii Balance Board platform. *Fisioterapia em Movimento.* 2014;27(1):21-8.
24. Plant S, Tyson SF. A multicentre study of how goal-setting is practised during inpatient stroke rehabilitation. *Clinical rehabilitation.* 2018;32(2):263-72.
25. Mansfield A, Danells CJ, Zettel JL, Black SE, McIlroy WE. Determinants and consequences for standing balance of spontaneous weight-bearing on the paretic side among individuals with chronic stroke. *Gait & posture.* 2013;38(3):428-32.
26. Sawacha Z, Carraro E, Contessa P, Guiotto A, Masiero S, Cobelli C. Relationship between clinical and instrumental balance assessments in chronic post-stroke hemiparesis subjects. *Journal of neuroengineering and rehabilitation.* 2013;10:95.

27. Shin WS, Lee SW, Lee YW, Choi SB, Song CH. Effects of combined exercise training on balance of hemiplegic stroke patients. *Journal of physical therapy science*. 2011;23(4):639-43.
28. Tyson SF, Crow JL, Connell L, Winward C, Hillier S. Sensory impairments of the lower limb after stroke: a pooled analysis of individual patient data. *Top Stroke Rehabil*. 2013;20(5):441-9.
29. Seo K, Kim H, Han J. Effects of dual-task balance exercise on stroke patients' balance performance. *Journal of physical therapy science*. 2012;24(7):593-5.
30. Mancini M, Horak FB. The relevance of clinical balance assessment tools to differentiate balance deficits. *European journal of physical and rehabilitation medicine*. 2010;46(2):239.
31. De Nunzio AM, Zucchella C, Spicciato F, Tortola P, Vecchione C, Pierelli F, et al. Biofeedback rehabilitation of posture and weight-bearing distribution in stroke: a center of foot pressure analysis. *Functional neurology*. 2014;29(2):127.
32. OLIVEIRA CBd, MEDEIROS IRTd, Frota NAF, Greters ME, Conforto AB. Balance control in hemiparetic stroke patients: main tools for evaluation. *Journal of rehabilitation research and development*. 2008;45(8):1215-26.
33. Peterka R. Sensorimotor integration in human postural control. *Journal of neurophysiology*. 2002;88(3):1097-118.
34. Horak FB. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age and ageing*. 2006;35(suppl_2):ii7-ii11.
35. Maki BE, McIlroy WE. Control of rapid limb movements for balance recovery: age-related changes and implications for fall prevention. *Age and ageing*. 2006;35(suppl_2):ii12-ii8.
36. Mazibrada G, Tariq S, Pérennou D, Gresty M, Greenwood R, Bronstein AM. The peripheral nervous system and the perception of verticality. *Gait & posture*. 2008;27(2):202-8.
37. yeun Lee J, Park J, Lee D, Roh H. The effects of exercising on unstable surfaces on the balance ability of stroke patients. *Journal of physical therapy science*. 2011;23(5):789-92.
38. Park J, Roh H. Postural balance of stroke survivors in aquatic and land environments. *Journal of physical therapy science*. 2011;23(6):905-8.
39. Blum L, Korner-Bitensky N. Usefulness of the Berg Balance Scale in stroke rehabilitation: a systematic review. *Physical therapy*. 2008;88(5):559-66.
40. Teasell R, Mehta S, Pereira S, McIntyre A, Janzen S, Allen L, et al. Time to rethink long-term rehabilitation management of stroke patients. *Topics in stroke rehabilitation*. 2012;19(6):457-62.
41. Lendraitiene E, Tamosauskaite A, Petruseviciene D, Savickas R. Balance evaluation techniques and physical therapy in post-stroke patients: A literature review. *Neurologia i neurochirurgia polska*. 2017;51(1):92-100.

42. Matsuo H, Sonoda S, Maeshima S, Watanabe M, Sasaki S, Okuyama Y, et al. Contribution of physical impairment or imaging findings in the prediction of ADL outcome in stroke patients with middle cerebral artery infarction. *Japanese Journal of Comprehensive Rehabilitation Science*. 2016;7:119-29.
43. Charfi N, Trabelsi S, Turki M, Maalej Bouali M, Zouari L, Dammak M, et al. [Impact of physical disability and concomitant emotional disturbances on post-stroke quality of life]. *L'Encephale*. 2017;43(5):429-34.
44. Bland MD, Sturmoski A, Whitson M, Connor LT, Fucetola R, Huskey T, et al. Prediction of discharge walking ability from initial assessment in a stroke inpatient rehabilitation facility population. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2012;93(8):1441-7.
45. Oliveira CB, Medeiros ÍR, Greters MG, Frota NA, Lucato LT, Scaff M, et al. Abnormal sensory integration affects balance control in hemiparetic patients within the first year after stroke. *Clinics*. 2011;66(12):2043-8.
46. Celinder D, Peoples H. Stroke patients' experiences with Wii Sports® during inpatient rehabilitation. *Scandinavian journal of occupational therapy*. 2012;19(5):457-63.
47. Dolinay J DV, Vašek V, Dostálek P. Posturography device based on accelerometer. *Int J Syst Appl Eng Develop* 2014;8:155-62.
48. Godfrey A CR, Meagher D, O'Laughlin G. . Direct measurement of human movement by accelerometry. . *Med Eng Phys* 2008;30:1364-86.
49. Kiliševičius A MV, Višinskienė D. Žmogaus kūno stabilumo tyrimai [Human body stability investigation]. *Sporto mokslas* 2013;3(73):18-21.
50. Louie DR, Eng JJ. Berg Balance Scale score at admission can predict walking suitable for community ambulation at discharge from inpatient stroke rehabilitation. *Journal of rehabilitation medicine*. 2018;50(1):37-44.
51. Ordahan B, Karahan AY, Basaran A, Turkoglu G, Kucuksarac S, Cubukcu M, et al. Impact of exercises administered to stroke patients with balance trainer on rehabilitation results: a randomized controlled study. *Hippokratia*. 2015;19(2):125-30.
52. Stevenson TJ, Connelly DM, Murray JM, Huggett D, Overend T. Threshold Berg balance scale scores for gait-aid use in elderly subjects: a secondary analysis. *Physiotherapy Canada Physiotherapie Canada*. 2010;62(2):133-40.
53. Makizako H, Kabe N, Takano A, Isobe K. Use of the Berg Balance Scale to predict independent gait after stroke: a study of an inpatient population in Japan. *PM & R : the journal of injury, function, and rehabilitation*. 2015;7(4):392-9.
54. Carette P, Kemoun G, Watelain E, Dugué B. Concomitant changes in clinical and posturographic data in elderly fallers during the course of an in-home anti-falling multimodal program-A preliminary investigation. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*. 2013;43(4):229-36.
55. Cabanas-Valdés R, Cuchi GU, Bagur-Calafat C. Trunk training exercises approaches for improving trunk performance and functional sitting balance in

- patients with stroke: a systematic review. *NeuroRehabilitation*. 2013;33(4):575-92.
56. Wulf G, Shea C, Lewthwaite R. Motor skill learning and performance: a review of influential factors. *Medical education*. 2010;44(1):75-84.
 57. Lee SW, Shin DC, Song CH. The effects of visual feedback training on sitting balance ability and visual perception of patients with chronic stroke. *Journal of physical therapy science*. 2013;25(5):635-9.
 58. Lange B, Flynn S, Proffitt R, Chang CY, Rizzo AS. Development of an interactive game-based rehabilitation tool for dynamic balance training. *Top Stroke Rehabil*. 2010;17(5):345-52.
 59. Tsaklis PV, Grooten WJ, Franzén E. Effects of weight-shift training on balance control and weight distribution in chronic stroke: a pilot study. *Topics in stroke rehabilitation*. 2012;19(1):23-31.
 60. Dobkin BH, Plummer-D'Amato P, Elashoff R, Lee J, Group S. International randomized clinical trial, stroke inpatient rehabilitation with reinforcement of walking speed (SIRROWS), improves outcomes. *Neurorehabilitation and neural repair*. 2010;24(3):235-42.
 61. Yasuda K, Saichi K, Kaibuki N, Harashima H, Iwata H. Haptic-based perception-empathy biofeedback system for balance rehabilitation in patients with chronic stroke: Concepts and initial feasibility study. *Gait & posture*. 2018;62:484-9.
 62. Galea JM, Mallia E, Rothwell J, Diedrichsen J. The dissociable effects of punishment and reward on motor learning. *Nature neuroscience*. 2015;18(4):597-602.
 63. Hardwick R, Celnik P. The carrot and the stick seem to enhance motor learning in patients with stroke. *Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry*. 2017;88(9):715.
 64. Weiss P, Kizony R, Feintuch U, Katz N. Virtual reality in neurorehabilitation2006. 182-97 p.
 65. Demain S, Burridge J, Ellis-Hill C, Hughes A-M, Yardley L, Tedesco-Triccas L, et al. Assistive technologies after stroke: self-management or fending for yourself? A focus group study. *BMC health services research*. 2013;13(1):334.
 66. Laver KE, George S, Thomas S, Deutsch JE, Crotty M. Virtual reality for stroke rehabilitation. *The Cochrane database of systematic reviews*. 2015(2):CD008349.
 67. Veerbeek JM, van Wegen E, van Peppen R, van der Wees PJ, Hendriks E, Rietberg M, et al. What is the evidence for physical therapy poststroke? A systematic review and meta-analysis. *PloS one*. 2014;9(2):e87987.
 68. Lewis GN, Rosie JA. Virtual reality games for movement rehabilitation in neurological conditions: how do we meet the needs and expectations of the users? *Disability and rehabilitation*. 2012;34(22):1880-6.

69. Walker ML, Ringleb SI, Maihafer GC, Walker R, Crouch JR, Van Lunen B, et al. Virtual reality-enhanced partial body weight-supported treadmill training poststroke: feasibility and effectiveness in 6 subjects. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2010;91(1):115-22.
70. Darekar A, McFadyen BJ, Lamontagne A, Fung J. Efficacy of virtual reality-based intervention on balance and mobility disorders post-stroke: a scoping review. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*. 2015;12:46.
71. Gil-Gomez JA, Llorens R, Alcaniz M, Colomer C. Effectiveness of a Wii balance board-based system (eBaViR) for balance rehabilitation: a pilot randomized clinical trial in patients with acquired brain injury. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*. 2011;8:30.
72. Lloréns R, Gil-Gómez J-A, Alcañiz M, Colomer C, Noé E. Improvement in balance using a virtual reality-based stepping exercise: a randomized controlled trial involving individuals with chronic stroke. *Clinical rehabilitation*. 2015;29(3):261-8.
73. Yatar GI, Yildirim SA. Wii Fit balance training or progressive balance training in patients with chronic stroke: a randomised controlled trial. *Journal of physical therapy science*. 2015;27(4):1145-51.
74. Singh DK, Mohd Nordin NA, Abd Aziz NA, Lim BK, Soh LC. Effects of substituting a portion of standard physiotherapy time with virtual reality games among community-dwelling stroke survivors. *BMC neurology*. 2013;13:199.
75. Rand D, Givon N, Weingarden H, Nota A, Zeilig G. Eliciting upper extremity purposeful movements using video games: a comparison with traditional therapy for stroke rehabilitation. *Neurorehabilitation and neural repair*. 2014;28(8):733-9.
76. Proffitt R, Lange B. Considerations in the efficacy and effectiveness of virtual reality interventions for stroke rehabilitation: moving the field forward. *Physical therapy*. 2015;95(3):441-8.
77. Fritz SL, Peters DM, Merlo AM, Donley J. Active video-gaming effects on balance and mobility in individuals with chronic stroke: a randomized controlled trial. *Top Stroke Rehabil*. 2013;20(3):218-25.
78. Wall T, Feinn R, Chui K, Cheng MS. The effects of the Nintendo Wii Fit on gait, balance, and quality of life in individuals with incomplete spinal cord injury. *The journal of spinal cord medicine*. 2015;38(6):777-83.
79. Lee G. Effects of training using video games on the muscle strength, muscle tone, and activities of daily living of chronic stroke patients. *Journal of physical therapy science*. 2013;25(5):595-7.
80. Saposnik G, Teasell R, Mamdani M, Hall J, McIlroy W, Cheung D, et al. Effectiveness of virtual reality using Wii gaming technology in stroke rehabilitation: a pilot randomized clinical trial and proof of principle. *Stroke*. 2010;41(7):1477-84.
81. Bartlett HL, Ting LH, Bingham JT. Accuracy of force and center of pressure measures of the Wii Balance Board. *Gait & posture*. 2014;39(1):224-8.

82. H. O. Wii balance board [cited 2013 01/10]. Available from: http://wiibrew.org/wiki/Wii_Balance_Board.
83. Goble DJ, Cone BL, Fling BW. Using the Wii Fit as a tool for balance assessment and neurorehabilitation: the first half decade of "Wii-search". *Journal of neuroengineering and rehabilitation*. 2014;11:12.
84. Scoppa F, Capra R, Gallamini M, Shiffer R. Clinical stabilometry standardization: basic definitions--acquisition interval--sampling frequency. *Gait & posture*. 2013;37(2):290-2.
85. Park DS, Lee G. Validity and reliability of balance assessment software using the Nintendo Wii balance board: usability and validation. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*. 2014;11:99.
86. Laufer Y, Dar G, Kodesh E. Does a Wii-based exercise program enhance balance control of independently functioning older adults? A systematic review. *Clinical interventions in aging*. 2014;9:1803-13.
87. Taylor MJ, McCormick D, Shawis T, Impson R, Griffin M. Activity-promoting gaming systems in exercise and rehabilitation. *Journal of rehabilitation research and development*. 2011;48(10):1171-86.
88. Bonnechere B, Jansen B, Omelina L, Van Sint Jan S. The use of commercial video games in rehabilitation: a systematic review. *International journal of rehabilitation research Internationale Zeitschrift fur Rehabilitationsforschung Revue internationale de recherches de readaptation*. 2016;39(4):277-90.
89. Llorens R, Latorre J, Noe E, Keshner EA. Posturography using the Wii Balance Board: A feasibility study with healthy adults and adults post-stroke. *Gait & posture*. 2016;43:228-32.
90. Molina KI, Ricci NA, de Moraes SA, Perracini MR. Virtual reality using games for improving physical functioning in older adults: a systematic review. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*. 2014;11:156.
91. Bower KJ, Clark RA, McGinley JL, Martin CL, Miller KJ. Clinical feasibility of the Nintendo Wii for balance training post-stroke: a phase II randomized controlled trial in an inpatient setting. *Clinical rehabilitation*. 2014;28(9):912-23.
92. Sherer E. Balance Board Tools [webpage]. https://wiibrew.org/wiki/Balance_Board_Tools2009 [updated 28/12/2012; cited 2019 03/03/2019]. Available from: https://wiibrew.org/wiki/Balance_Board_Tools.
93. Aaron S. PHYSIO FUN Balance Training (2010) <http://www.nintendolife.com2010> [cited 2019 03/03/2019]. Available from: http://www.nintendolife.com/reviews/2010/09/physio_fun_balance_training.
94. Oliveira TDP, Miranda CS, Gouvêa JXMD, Perez DB, Marques AP, Piemonte MEP. Improvement of balance and gait in patients with stroke after training based on Nintendo Wii Fit™ games: randomized controlled trial. *Physiotherapy*. 2015;101:e1207.

95. Bonnechère B, Jansen B, Omelina L, Rooze M, Jan SVS. Interchangeability of the Wii Balance Board for bipedal balance assessment. *JMIR rehabilitation and assistive technologies*. 2015;2(2).
96. Chen CH, Lin SF, Yu WH, Lin JH, Chen HL, Hsieh CL. Comparison of the test-retest reliability of the balance computerized adaptive test and a computerized posturography instrument in patients with stroke. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2014;95(8):1477-83.
97. Morone G, Tramontano M, Iosa M, Shofany J, Iemma A, Musicco M, et al. The efficacy of balance training with video game-based therapy in subacute stroke patients: a randomized controlled trial. *BioMed research international*. 2014;2014:580861.
98. Cho KH, Lee KJ, Song CH. Virtual-reality balance training with a video-game system improves dynamic balance in chronic stroke patients. *The Tohoku journal of experimental medicine*. 2012;228(1):69-74.
99. Barcala L, Grecco LA, Colella F, Lucareli PR, Salgado AS, Oliveira CS. Visual biofeedback balance training using wii fit after stroke: a randomized controlled trial. *Journal of physical therapy science*. 2013;25(8):1027-32.