



ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΝΕΥΡΟΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Διευθυντής ΠΜΣ: Αναπλ. Καθηγητής ΕΥΘΥΜΙΟΣ Γ. ΔΑΡΔΙΩΤΗΣ

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

**Η συμβολή της ρομποτικής τεχνολογίας στην αποκατάσταση του
άνω άκρου μετά από ΑΕΕ.**

Σταυρούλα Μπακογιάννη

Φυσικοθεραπεύτρια

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των
Απαιτήσεων για την απόκτηση του
Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης

«*ΝΕΥΡΟΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ*»

Λάρισα, Μάιος 2022

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

Υπογραφή»

ΣΤΑΥΡΟΥΛΑ ΜΠΑΚΟΓΙΑΝΝΗ

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Επιστημών Υγείας, Τμήμα Ιατρικής, 2022

ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΕΥΘΥΜΙΟΣ Γ. ΔΑΡΔΙΩΤΗΣ

ΑΝΑΠΛ. ΚΑΘΗΓΗΣΗΣ ΝΕΥΡΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Επιβλέπων:

ΓΕΩΡΓΙΑ ΞΗΡΟΜΕΡΗΣΙΟΥ, Επίκουρη καθηγήτρια νευρολογίας

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή:

1. ΞΗΡΟΜΕΡΗΣΙΟΥ ΓΕΩΡΓΙΑ, επίκουρη καθηγήτρια νευρολογίας
2. ΔΑΡΔΙΩΤΗΣ ΕΥΘΥΜΙΟΣ, αναπληρωτής καθηγητής νευρολογίας Π.Θ
3. ΦΩΛΙΑ ΒΑΣΙΛΙΚΗ, επίκουρη καθηγήτρια ψυχολογίας Α.Π.Θ

Αναπληρωματικό μέλος:

Τίτλος εργασίας στα αγγλικά:

The contribution of robotic technology in the rehabilitation of the upper limb after Stroke.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το οξύ ισχαιμικό εγκεφαλικό επεισόδιο ορίζεται ως η ξαφνική απώλεια ροής αίματος σε μια περιοχή του εγκεφάλου έχοντας ως συνέπεια την απώλεια νευρολογικής λειτουργίας. Πιο αναλυτικά, προκαλείται από θρόμβωση ή εμβολή ενός εγκεφαλικού αγγείου το οποίο τροφοδοτεί μια συγκεκριμένη περιοχή του εγκεφάλου. Σε παγκόσμιο επίπεδο, πάνω από 80 εκατομμύρια άνθρωποι έχουν επιβιώσει από ένα εγκεφαλικό επεισόδιο. Η νευροπλαστικότητα έχει οριστεί ως η ικανότητα του νευρικού συστήματος να αναδομείται ως συνέπεια μάθησης και διέγερσης. Οι ακόλουθες αρχές νευροαποκατάστασης έχουν βασιστεί σε νευροφυσιολογικούς μηχανισμούς, στην έννοια Bobath και στην κινητική εκμάθηση. Η ρομποτική τεχνολογία χρησιμοποιείται ευρέως στην αποκατάσταση του άνω άκρου μετά από αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο. Ο στόχος της συγκεκριμένης βιβλιογραφικής ανασκόπησης είναι η συμβολή της ρομποτικής τεχνολογίας στην αποκατάσταση του ημίπληκτου άνω άκρου. Γίνεται εκτενής αναφορά στις ρομποτικές συσκευές οι οποίες χρησιμοποιούνται για λόγους αποκατάστασης και στα θεραπευτικά τους αποτελέσματα. Επιπλέον, αναφέρεται η χρήση της ρομποτικής τεχνολογίας σε συνδυασμό με ηλεκτρικό ερεθισμό μυών. Ακόμη, εντοπίζεται ο ρόλος της ρομποτικής θεραπείας σε ασθενείς με χρόνιο εγκεφαλικό επεισόδιο. Η αναζήτηση της αρθρογραφία της συγκεκριμένης εργασίας βασίστηκε στις μηχανές αναζήτησης Google Scholar και PubMed. Ο χρονικός περιορισμός των άρθρων ήταν από το 2016 και έπειτα. Συνοπτικά, η ρομποτική τεχνολογία βοηθά στην αποκατάσταση του ημίπληκτου άνω άκρου λόγω του μεγάλου αριθμού των επαναλήψεων των κινήσεων και της συνεχούς ανατροφοδότησης σε συνδυασμό με ένα πρόγραμμα αποκατάστασης εξειδικευμένο με τις ανάγκες του ασθενούς.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:

Ρομποτική αποκατάσταση, νευροπλαστικότητα, κινητική εκμάθηση, ημίπληκτο άνω άκρο

ABSTRACT

Acute ischemic stroke is defined as the sudden loss of blood flow to an area of the brain resulting in a loss of neurological function. Specifically, it is caused by a thrombosis or embolism of a cerebral vessel that supplies a specific area of the brain. Worldwide, more than 80 million people have survived a stroke. Neuroplasticity has been defined as the ability of the nervous system to restructure as a consequence of learning and stimulation. The following neurorehabilitation principles are based on neurophysiological mechanisms, the Bobath concept and the motor learning. Robotic technology is widely used in upper limb rehabilitation after a stroke. The aim of this literature review is the contribution of robotic technology in the restoration of upper extremity after stroke. Extensive reference is made to robotic devices that are used for rehabilitation purposes and their therapeutic effects. In addition, the use of robotic technology in combination with electrical muscle stimulation is reported. The role of robotic therapy in patients with chronic stroke is also being identified. The search for this article was based on the Google Scholar and PubMed search engines. The time limit of the articles was from 2016 onwards. In short, robotic technology helps to rehabilitate the upper limb after stroke due to the large number of repetitions of movements and continuous feedback in combination with a rehabilitation program tailored to the needs of the patient.

KEYWORDS:

Robotic rehabilitation, neuroplasticity, motor learning, upper limb

Πίνακας περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	4
ABSTRACT	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΓΓΕΙΑΚΟ ΕΓΚΕΦΑΛΙΚΟ ΕΠΕΙΣΟΔΙΟ	8
1.1 Ορισμός	8
1.2 Επιδημιολογικά στοιχεία.....	8
1.3 Παθοφυσιολογία Ισχαιμικό Α.Ε.Ε.....	10
1.4 Παθοφυσιολογία Αιμορραγικό Α.Ε.Ε.....	10
1.5 Παροδικό ισχαιμικό επεισόδιο.....	11
1.6 Παράγοντες κινδύνου εμφάνισης Εγκεφαλικού Επεισοδίου.....	11
1.7 Στρατηγικές Πρόληψης και Θεραπείας Α.Ε.Ε	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΝΕΥΡΟΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ.....	15
2.1 Ορισμός	15
2.2 Ρομποτική αποκατάσταση και νευροπλαστικότητα.....	16
2.3 Αλλαγές στη διέγερση του κινητικού φλοιού του εγκεφάλου.....	17
2.4 Συναπτική πλαστικότητα	17
2.5 Νευρογένεση.....	17
2.6 Νευροτροφίνες	18
2.7 Ρομποτική τεχνολογία και άσκηση.....	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΚΙΝΗΤΙΚΗ ΕΚΜΑΘΗΣΗ	20
3.1 Εισαγωγή.....	20
3.2 Θεωρία μάθησης.....	20
3.3 Καθορισμός έντασης στη αποκατάσταση	21
3.4 Προοδευτικότητα άσκησης και κίνητρο	22
3.5 Είδη κινητικής εξάσκησης.....	22
3.6 Είδη ανατροφοδότησης.....	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ.....	25
4.1 Ιστορική αναδρομή.....	25
4.2 Εισαγωγή στην ρομποτική αποκατάσταση.....	28
4.3 Καθορισμός στόχων αποκατάστασης.....	30
4.4 Ταξινόμηση ρομποτικών συσκευών αποκατάστασης	31
4.5 Πρότυπα εκπαίδευσης	32
4.6 Παράγοντες αποκατάστασης	33
4.7 Πλεονεκτήματα και περιορισμοί	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΡΟΜΠΟΤΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΑΝΩ ΑΚΡΟΥ	37

5.1 Εισαγωγή.....	37
5.2 Motore (Humanware).....	39
5.3 Amadeo, Tyromotion.....	43
5.4 Σύστημα Diego.....	46
5.5 Pablo.....	56
5.6 MIT-MANUS.....	60
5.7 Armeo.....	61
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	62
6.1 Περιγραφή των κινήσεων του άνω άκρου.....	62
6.2 Στάδια παρακολούθησης Α.Ε.Ε.....	63
6.3 Ιατρικό πρωτόκολλο για ρομποτική αποκατάσταση σε ασθενείς μετά από εγκεφαλικό επεισόδιο στο οξύ στάδιο ανάρρωσης.....	64
6.4 Ιατρικό πρωτόκολλο για ρομποτική αποκατάσταση σε ασθενείς μετά από εγκεφαλικό επεισόδιο στο υποξύ και χρόνιο στάδιο ανάρρωσης.....	65
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΕΙΚΟΝΙΚΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ.....	67
7.1 Εισαγωγή.....	67
7.2 Αποτελεσματικότητα της εικονικής πραγματικότητας.....	68
7.3 Πρωτόκολλα παρέμβασης με την χρήση Amadeo (Tyromotion GmbH).....	71
7.3.1 VR-Based RGS and Transferring Environment.....	72
7.3.2 RGS—Flying Bird.....	73
7.3.3 RGS—Spaceship.....	73
7.3.4 Transferring VE.....	74
7.4 Nirvana: Σύστημα Εικονικής Πραγματικότητας.....	76
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 :ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΕΡΕΘΙΣΜΟΣ.....	77
8.1 Λειτουργικός Ηλεκτρικός Ερεθισμός.....	77
8.2 Νευρομυϊκός Ηλεκτρικός Ερεθισμός.....	79
8.3 Ηλεκτρομυογράφημα και Νευρομυϊκός ηλεκτρικός ερεθισμός.....	80
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΕ ΧΡΟΝΙΟ Α.Ε.Ε.....	85
9.1 Task specific training.....	85
9.2 The soft robotic hand consisted of five Soft-Elastic Composite Actuator (SECA).....	86
9.3 Φυσικοθεραπεία και εξωτερικός σκελετός L-EXOS.....	89
ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ.....	92
ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	93
ΑΡΘΡΟΓΡΑΦΙΑ.....	93

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΓΓΕΙΑΚΟ ΕΓΚΕΦΑΛΙΚΟ ΕΠΕΙΣΟΔΙΟ

Παγκοσμίως, ένας στους έξι ανθρώπους θα έχει ένα εγκεφαλικό επεισόδιο στη διάρκεια της ζωής τους, πάνω από 13,7 εκατομμύρια έχουν ένα εγκεφαλικό επεισόδιο κάθε χρόνο και 5,8 εκατομμύρια άνθρωποι ανά χρόνο πεθαίνουν ως συνέπεια του εγκεφαλικού επεισοδίου. Σε παγκόσμιο επίπεδο, πάνω από 80 εκατομμύρια άνθρωποι έχουν επιβιώσει από ένα εγκεφαλικό επεισόδιο. Περίπου το 70% των αγγειακών εγκεφαλικών επεισοδίων είναι ισχαιμικά (9,5 εκατομμύρια) και τα υπόλοιπα σχετίζονται με ενδοεγκεφαλική ή υπαραχνοειδή αιμορραγία (1).

1.1 Ορισμός

Το οξύ ισχαιμικό εγκεφαλικό επεισόδιο ορίζεται ως η ξαφνική απώλεια ροής αίματος σε μια περιοχή του εγκεφάλου έχοντας ως συνέπεια την απώλεια νευρολογικής λειτουργίας. Πιο αναλυτικά, προκαλείται από θρόμβωση ή εμβολή ενός εγκεφαλικού αγγείου το οποίο τροφοδοτεί μια συγκεκριμένη περιοχή του εγκεφάλου. Κατά τη διάρκεια απόφραξης ενός αγγείου, η μια περιοχή του εγκεφάλου τραυματίζεται ανεπανόρθωτα και η άλλη περιοχή του εγκεφάλου τραυματίζεται λόγω μειωμένης κυκλοφορίας του αίματος αλλά ο τραυματισμός δεν είναι ανεπανόρθωτος.

Οι θεραπείες της απόφραξης ενός αγγείου είναι η θρομβόλυση και η ενδοαγγειακή λήψη του θρόμβου, οι οποίες μπορούν να αφαιρέσουν το εμπόδιο και να αποκαταστήσουν την ροή του αίματος στις προσβεβλημένες περιοχές του εγκεφάλου. Οι συγκεκριμένες θεραπείες εμφανίζονται τα τελευταία χρόνια και είναι αποτελεσματικές στην αντιμετώπιση του οξέος αγγειακού εγκεφαλικού επεισοδίου, όταν εφαρμόζονται στους κατάλληλους ασθενείς. Η επιλογή των σωστών ασθενών περιλαμβάνει την κλινική αξιολόγηση των ασθενών, την εγκεφαλική και την αγγειακή απεικόνιση. Επίσης, η ταχύτητα με την οποία αντιμετωπίζεται ένα αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο, σχετίζεται άμεσα με την αποτελεσματικότητα (1).

1.2 Επιδημιολογικά στοιχεία

Η συχνότητα του εγκεφαλικού αυξάνεται με την ηλικία και διπλασιάζεται μετά την ηλικία των 55 ετών. Ωστόσο, υπάρχει μια ανησυχητική αυξητική τάση εμφάνισης των εγκεφαλικών επεισοδίων σε άτομα ηλικίας 20–54 ετών, από 12,9% σε 18,6% παγκοσμίως μεταξύ 1990 και 2016. Ωστόσο, τα ποσοστά θνησιμότητας που αποδίδονται σύμφωνα με την ηλικία μειώθηκαν κατά 36,2% την ίδια περίοδο. Η υψηλότερη αναφερόμενη συχνότητα εγκεφαλικού επεισοδίου είναι στην Κίνα, όπου δρα περίπου σε 331–378 άτομα ανά 100.000 χρόνια ζωής. Το δεύτερο υψηλότερο ποσοστό είναι στην Ανατολική Ευρώπη

(181–218 ανά 100.000 έτη ζωής) και το χαμηλότερο στη Λατινική Αμερική (85–100 ανά 100.000 χρόνια ζωής (2)

Η εμφάνιση εγκεφαλικού επεισοδίου σε άνδρες και γυναίκες εξαρτάται επίσης από την ηλικία. Είναι υψηλότερο το ποσοστό εμφάνισης σε νεότερες γυναίκες, ενώ η επίπτωση αυξάνεται ελαφρώς σε άνδρες μεγαλύτερης ηλικίας. Ο κίνδυνος εμφάνισης εγκεφαλικού επεισοδίου στις γυναίκες οφείλεται σε παράγοντες που σχετίζονται με την εγκυμοσύνη, όπως η προ εκλαμψία, η χρήση αντισυλληπτικών και η ορμονική θεραπεία. Η κολπική μαρμαρυγή αυξάνει τον κίνδυνο εγκεφαλικού σε γυναίκες άνω των 75 ετών κατά 20%.(2)

Το εγκεφαλικό έμφρακτο και η ενδοεγκεφαλική αιμορραγία είναι πιο συχνές στους άνδρες, αλλά το καρδιοεμβολικό εγκεφαλικό επεισόδιο, το πιο αποτελεί την πιο σοβαρή μορφή του εγκεφαλικού, είναι πιο διαδεδομένο στις γυναίκες. Το ποσοστό θνησιμότητας του εγκεφαλικού είναι επίσης υψηλότερο μεταξύ των γυναικών. Οι γυναίκες ζουν περισσότερο από τους άνδρες, κάτι που είναι ένας λόγος για την υψηλότερη συχνότητα εγκεφαλικού επεισοδίου. Για τους άνδρες, οι πιο συχνές αιτίες εγκεφαλικού είναι το κάπνισμα, η υπερβολική κατανάλωση αλκοόλ, το έμφραγμα του μυοκαρδίου και οι αρτηριακές διαταραχές (2)

Εξετάστηκε μια παγκόσμια πληθυσμιακή μελέτη εμφάνισης του εγκεφαλικού επεισοδίου και αποκαλύφθηκε ότι η έκθεση στην ατμοσφαιρική ρύπανση και τα σωματίδια στην ατμόσφαιρα προκαλούν εγκεφαλικά επεισόδια. Σε μία μελέτη με βάση τον πληθυσμό, που διεξήχθη στη βορειοανατολική Κίνα, πιστεύεται ότι είναι σε γενικές γραμμές αντιπροσωπευτική κατάσταση της νόσου στις αναπτυσσόμενες χώρες. Βρήκε ότι η υπέρταση είναι ένας στατιστικά σημαντικός κίνδυνος για ανάπτυξη εγκεφαλικού επεισοδίου και συγκεκριμένα το ισχαιμικό εγκεφαλικό επεισόδιο. Μια μελέτη που διεξήχθη στις Ηνωμένες Πολιτείες (ΗΠΑ) εντόπισε επίσης πως η υπέρταση είναι η κύρια αιτία εγκεφαλικού επεισοδίου. Η ανεπαρκής σωματική δραστηριότητα, οι κακές διατροφικές συνήθειες, η χρήση νικοτίνης και η κατανάλωση αλκοόλ θεωρήθηκαν πρόσθετοι κίνδυνοι εμφάνισης του εγκεφαλικού επεισοδίου. Η έκθεση σε περιβαλλοντικούς ρύπους, όπως ο μόλυβδος και το κάδμιο, επηρέασαν επίσης τα περιστατικά εγκεφαλικών επεισοδίων σε όλες τις περιοχές. (2)

Υπάρχει μια ισχυρή αντίστροφη σχέση μεταξύ του εγκεφαλικού επεισοδίου και της κοινωνικοοικονομικής κατάστασης, η οποία αποδίδεται σε ανεπαρκείς νοσοκομειακές εγκαταστάσεις και φροντίδα μετά το εγκεφαλικό σε πληθυσμούς με χαμηλά εισοδήματα. Μια μελέτη περίπτωσης που πραγματοποιήθηκε στις ΗΠΑ έδειξε ότι άτομα με υψηλή οικονομική κατάσταση είχαν καλύτερες επιλογές θεραπείας για το εγκεφαλικό συγκριτικά με οικονομικά ασθενέστερα άτομα (2).

1.3 Παθοφυσιολογία Ισχαιμικό Α.Ε.Ε.

Το εγκεφαλικό επεισόδιο ορίζεται ως μία απότομη νευρολογική διαταραχή, η οποία προκαλείται από την εξασθενημένη αιμάτωση των αιμοφόρων αγγείων του εγκεφάλου. Η ροή του αίματος στον εγκέφαλο πραγματοποιείται από τις δύο έσω καρωτίδες πρόσθια και τις δύο σπονδυλικές αρτηρίες οπίσθια (ο κύκλος του Willis). Το ισχαιμικό εγκεφαλικό προκαλείται από την ελλιπή παροχή αίματος και οξυγόνου στον εγκέφαλο. Το αιμορραγικό εγκεφαλικό προκαλείται από αιμορραγία ή διαρροή των αιμοφόρων αγγείων.

Οι ισχαιμικές αποφράξεις συμβαίνουν στο 85% περίπου των ασθενών με εγκεφαλικό και το υπόλοιπο ποσοστό συμβαίνει σε καταστάσεις ενδοεγκεφαλικής αιμορραγίας. Η ισχαιμική απόφραξη προκαλεί θρομβωτικές και εμβολικές καταστάσεις στον εγκέφαλο. Στη θρόμβωση, η ροή του αίματος προκαλείται από στένωση των αγγείων λόγω αθηροσκλήρωσης. Η συσσώρευση πλάκας θα σχηματίσει θρόμβους, προκαλώντας θρομβωτικό εγκεφαλικό επεισόδιο. Σε ένα εμβολικό εγκεφαλικό επεισόδιο, προκαλείται μειωμένη ροή αίματος στην περιοχή του εγκεφάλου. Το γεγονός αυτό οδηγεί σε έντονο στρες και πρόωρο κυτταρικό θάνατο (νέκρωση). Η νέκρωση ακολουθείται από διάρρηξη της πλασματικής μεμβράνης, οίδημα οργανιδίων, διαρροή κυτταρικού περιεχομένου στον εξωκυτταρικό χώρο και απώλεια νευρωνικής λειτουργίας. Άλλα βασικά συμβάντα που συμβάλλουν στην παθολογία του εγκεφαλικού επεισοδίου είναι η φλεγμονή, η ενεργειακή ανεπάρκεια, η απώλεια της ομοιόστασης, η οξέωση, τα αυξημένα ενδοκυτταρικά επίπεδα ασβεστίου, η τοξικότητα που προκαλείται από ελεύθερες ρίζες, η κυτταροτοξικότητα με μεσολάβηση κυτοκίνης, η βλάβη του αιματοεγκεφαλικού φραγμού, το οξειδωτικό στρες και η διήθηση λευκοκυττάρων(2).

1.4 Παθοφυσιολογία Αιμορραγικό Α.Ε.Ε.

Το αιμορραγικό εγκεφαλικό αντιπροσωπεύει περίπου το 10-15% όλων των εγκεφαλικών επεισοδίων και έχει υψηλό ποσοστό θνησιμότητας. Σε αυτή την κατάσταση, το στρες στον εγκεφαλικό ιστό και ο εσωτερικός τραυματισμός προκαλούν ρήξη των αιμοφόρων αγγείων. Παράγει τοξικές αντιδράσεις στο αγγειακό σύστημα, με αποτέλεσμα το έμφρακτο. Κατατάσσεται σε ενδοεγκεφαλική και υπαραχνοειδής αιμορραγία. Στην ενδοεγκεφαλική αιμορραγία, τα αιμοφόρα αγγεία σπάνε και προκαλούν ανώμαλη συσσώρευση αίματος μέσα στον εγκέφαλο. Οι κύριοι λόγοι για την ενδοεγκεφαλική αιμορραγία είναι η υπέρταση, η διαταραχή των αγγείων, η υπερβολική χρήση αντιπηκτικών και θρομβολυτικών παραγόντων. Στην υπαραχνοειδή αιμορραγία, το αίμα συσσωρεύεται στον υπαραχνοειδή χώρο του εγκεφάλου λόγω τραυματισμού στο κεφάλι ή εγκεφαλικού ανευρύσματος(2)

1.5 Παροδικό ισχαιμικό επεισόδιο

Το παροδικό ισχαιμικό επεισόδιο ταξινομείται ως μικρό εγκεφαλικό επεισόδιο. Ο υποκείμενος μηχανισμός είναι ο ίδιος με ένα πλήρες εγκεφαλικό επεισόδιο. Στο παροδικό ισχαιμικό επεισόδιο η παροχή του αίματος σε ένα μέρος του εγκεφάλου εμποδίζεται προσωρινά. Λειτουργεί ως ένα προειδοποιητικό σημάδι πριν από το πραγματικό γεγονός, που παρέχει την ευκαιρία στον ασθενή να αλλάξει τον τρόπο ζωής και να ξεκινήσει την φαρμακευτική αγωγή για τη μείωση της πιθανότητας εγκεφαλικού (2).

1.6 Παράγοντες κινδύνου εμφάνισης Εγκεφαλικού Επεισοδίου

Ο κίνδυνος εγκεφαλικού αυξάνεται με την ηλικία και διπλασιάζεται στην ηλικία των 55 ετών και στους άνδρες και στις γυναίκες. Ο κίνδυνος αυξάνεται περαιτέρω όταν ένα άτομο έχει μια υπάρχουσα ιατρική κατάσταση όπως υπέρταση, στεφανιαία νόσο ή υπερλιπιδαιμία. Σχεδόν το 60% των εγκεφαλικών επεισοδίων είναι σε ασθενείς με ιστορικό παροδικού ισχαιμικού επεισοδίου. Οι παράγοντες κινδύνου εμφάνισης εγκεφαλικού επεισοδίου είναι τροποποιήσιμοι και μη τροποποιήσιμοι (2-5).

ΜΗ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΙΜΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ	ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΙΜΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ
Ηλικία	Αρτηριακή υπέρταση
Φύλλο	Κάπνισμα
Εθνικότητα	Χρήση ουσιών και αλκοόλ
Παροδικό Ισχαιμικό Επεισόδιο	Φυσική δραστηριότητα
Γενετική προδιάθεση	Υπερλιπιδαιμία
	Διατροφή
	Σακχαρώδης διαβήτης
	Κολπική μαρμαρυγή

Η γενετική προδιάθεση συμμετέχει τόσο στους τροποποιήσιμους όσο και στους μη τροποποιήσιμους παράγοντες κινδύνου για εγκεφαλικό επεισόδιο. Η γενετική προδιάθεση είναι ανάλογη με την ηλικία, το

φύλο και τη φυλή του ατόμου. Ένα οικογενειακό ιστορικό αυξάνει την πιθανότητα ενός εμφάνισης ενός εγκεφαλικού επεισοδίου.

Οι τροποποιήσιμοι παράγοντες κινδύνου είναι υψίστης σημασίας, γιατί η έγκαιρη και κατάλληλη ιατρική παρέμβαση μπορεί να μειώσει τον κίνδυνο εγκεφαλικού επεισοδίου σε ευπαθή άτομα. Οι κύριοι τροποποιήσιμοι παράγοντες κινδύνου για εγκεφαλικό είναι η υπέρταση, ο διαβήτης, η έλλειψη σωματικής άσκησης, η κατάχρηση αλκοόλ και ναρκωτικών, η χοληστερόλη και ο διατροφικές συνήθειες (2).

Η υπέρταση είναι ένας από τους κυρίαρχους παράγοντες κινδύνου για εγκεφαλικό. Σε μια μελέτη, μια αρτηριακή πίεση τουλάχιστον 160/90 mmHg και το ιστορικό υπέρτασης θεωρήθηκαν εξίσου προδιαθεσικοί παράγοντες εμφάνισης εγκεφαλικού επεισοδίου. Η αρτηριακή πίεση και ο επιπολασμός του εγκεφαλικού συσχετίζονται τόσο σε υπερτασικά όσο και σε φυσιολογικά άτομα. Μια μελέτη ανέφερε ότι μια μείωση της ΑΠ κατά 5-6 mm Hg μείωσε τον σχετικό κίνδυνο εγκεφαλικού επεισοδίου κατά 42%(2)

Ο σακχαρώδης διαβήτης διπλασιάζει τον κίνδυνο εμφάνισης ενός ισχαιμικού εγκεφαλικού και προσδίδει περίπου 20% υψηλότερη θνησιμότητα. Επιπλέον, η πρόγνωση για τα διαβητικά άτομα μετά από εγκεφαλικό είναι χειρότερη από ό,τι για τα μη διαβητικά ασθενείς, συμπεριλαμβανομένων υψηλότερων ποσοστών σοβαρής αναπηρίας και βραδύτερης ανάρρωσης. Η αυστηρή ρύθμιση των γλυκαιμικών επιπέδων είναι αποτελεσματική. Τα γλυκαιμικά επίπεδα από μόνα τους είναι αναποτελεσματικά, η ιατρική παρέμβαση και τροποποιήσεις της συμπεριφοράς του ατόμου, θα μπορούσαν να βοηθήσουν(2)

Η κολπική μαρμαρυγή είναι ένας σημαντικός παράγοντας κινδύνου για εγκεφαλικό, αυξάνοντας τον κίνδυνο δύο έως πέντε φορές ανάλογα με την ηλικία το ατόμου. Συμβάλλει στο 15% όλων των εγκεφαλικών και προκαλεί πιο σοβαρή αναπηρία και υψηλότερη θνησιμότητα από τα εγκεφαλικά που δεν σχετίζονται με κολπική μαρμαρυγή (2)

Υπερλιπιδαιμία: Συμβάλλει σημαντικά στη στεφανιαία νόσο, αλλά η σχέση της με το εγκεφαλικό είναι περίπλοκη. Η ολική χοληστερόλη σχετίζεται με τον κίνδυνο εγκεφαλικού, ενώ η λιποπρωτεΐνη υψηλής πυκνότητας (HDL) μειώνει τη συχνότητα εγκεφαλικού. Επομένως, η αξιολόγηση του λιπιδικού προφίλ επιτρέπει την εκτίμηση του κινδύνου εγκεφαλικού. Σε μια μελέτη, χαμηλά επίπεδα HDL (<0,90 mmol/L), υψηλά επίπεδα ολικών τριγλυκεριδίων (>2,30 mmol/L) και η υπέρταση συσχετίστηκαν με διπλάσια αύξηση του κινδύνου σχετιζόμενου με εγκεφαλικό θάνατος στον πληθυσμό.

Κάπνισμα: Το κάπνισμα συνδέεται άμεσα με αυξημένο κίνδυνο εγκεφαλικού. Ένας μέσος καπνιστής έχει διπλάσια πιθανότητα να υποστεί εγκεφαλικό σε μη καπνιστή. Το κάπνισμα συμβάλλει στο 15% των εγκεφαλικών επεισοδίων θνησιμότητα. Έρευνες δείχνουν ότι ένα άτομο που κόβει το κάπνισμα μειώνει

τον σχετικό κίνδυνο εγκεφαλικού, ενώ το παρατεταμένο παθητικό κάπνισμα αυξάνει κατά 30% τον κίνδυνο εγκεφαλικού.(2)

Η ανεπαρκής σωματική αδράνεια και η κακή διατροφή συνδέονται με αυξημένο κίνδυνο για εγκεφαλικό. Η έλλειψη της άσκησης αυξάνει τις πιθανότητες εγκεφαλικού επεισοδίου σε ένα άτομο. Η ανεπαρκής σωματική δραστηριότητα συνδέεται με άλλα θέματα υγείας όπως η υψηλή αρτηριακή πίεση, η παχυσαρκία και ο διαβήτης, όλες οι παθήσεις που σχετίζονται με το υψηλή πιθανότητα εμφάνισης εγκεφαλικού επεισοδίου.

Η κακή διατροφή επηρεάζει τον κίνδυνο εγκεφαλικού, συμβάλλοντας στην υπέρταση, την υπερλιπιδαιμία, παχυσαρκία και διαβήτη. Ορισμένα διατροφικά συστατικά είναι ευρέως γνωστό ότι αυξάνουν τον κίνδυνο. για παράδειγμα, Η υπερβολική πρόσληψη αλατιού συνδέεται με υψηλή υπέρταση και εγκεφαλικό. Αντίθετα, μια διατροφή πλούσια σε φρούτα και λαχανικά, κυρίως η μεσογειακή διατροφή, έχει αποδειχθεί ότι μειώνουν τον κίνδυνο εμφάνισης εγκεφαλικού επεισοδίου.(2)

1.7 Στρατηγικές Πρόληψης και Θεραπείας Α.Ε.Ε

Η πρόληψη του εγκεφαλικού περιλαμβάνει την τροποποίηση παραγόντων κινδύνου, ενώ η διαχείριση του εγκεφαλικού επεισοδίου εξαρτάται από την αντιμετώπιση της παθοφυσιολογίας του εγκεφαλικού (6, 7).

Το εγκεφαλικό επεισόδιο μπορεί να αφήσει τα άτομα με βραχυπρόθεσμη και μακροπρόθεσμη αναπηρία. Πιο αναλυτικά, οι καθημερινές δραστηριότητες όπως η βάδιση και η χρήση τουαλέτας επηρεάζονται και μπορεί να υπάρχουν αισθητικοκινητικές και οπτικές διαταραχές. Η αποκατάσταση στοχεύει στην ενίσχυση της λειτουργικής ανεξαρτησίας των ατόμων που έχουν υποστεί εγκεφαλικό. Περιλαμβάνει τη ενασχόληση τόσο με τους ασθενείς όσο και με τις οικογένειές τους για την παροχή υποστηρικτικών υπηρεσιών και καθοδήγησης μετά από 48 ώρες εμφάνισης του εγκεφαλικού σε αιμοδυναμικά σταθερούς ασθενείς.

Η αποκατάσταση του εγκεφαλικού μπορεί να περιλαμβάνει φυσικοθεραπεία, εργοθεραπεία και λογοθεραπεία. Έχει σχεδιαστεί για να βοηθά τους ασθενείς να ανακτήσουν τις κινητικές τους δεξιότητες, την πρόσβαση σε κοινωνική και ψυχολογική υποστήριξη, τη βελτίωση της κινητικότητάς τους και την επίτευξη ανεξάρτητης διαβίωσης.

Η αποκατάσταση μπορεί επίσης να περιλαμβάνει νευροβιολογικές εργασίες που έχουν σχεδιαστεί για να μειώσουν τον αντίκτυπο της γνωστικής δυσλειτουργίας και επάγουν την συναπτική πλαστικότητα, καθώς και μακροπρόθεσμη ενίσχυση. Οι νευροτροποποιητές παίζουν ζωτικό ρόλο στην ενεργοποίηση της

έκφρασης συγκεκριμένων γονιδίων που προάγουν την αναγέννηση του άξονα, την ανάπτυξη της δενδριτικής σπονδυλικής στήλης, σχηματισμός συνάψεων και θεραπεία κυτταρικής υποκατάστασης. Η εκπαίδευση του άνω άκρου και η βιάδισή, βοηθούν τους ασθενείς να διαχειριστούν την αδυναμία τους και η χρήση οπτικών παιχνιδιών στον υπολογιστή βοηθά στην ενίσχυση της οπτικοκινητικής νευρωνικής πλαστικότητας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΝΕΥΡΟΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ

2.1 Ορισμός

Η νευροπλαστικότητα έχει οριστεί ως η ικανότητα του νευρικού συστήματος να αναδομείται ως συνέπεια μάθησης και διέγερσης. Ένας από τους βασικούς μηχανισμούς μάθησης του νευρικού συστήματος εξηγήθηκε για πρώτη φορά από τον Ντόναλντ Hebb το 1949. Σύμφωνα με τα λόγια του: «Όταν ένας άξονας του κυττάρου A είναι αρκετά κοντά για να διεγείρει ένα κύτταρο B και συμμετέχει επανειλημμένα ή επίμονα στην πυροδότηση του, λαμβάνει χώρα κάποια διαδικασία ανάπτυξης ή μεταβολική αλλαγή σε ένα ή και στα δύο κύτταρα έτσι ώστε η απόδοση του A, ως ένα των κυττάρων που πυροδοτούν B, αυξάνεται» (Hebb, 1949). Η θεωρία πρότεινε ότι η συνδεσιμότητα μεταξύ δύο νευρώνων ενισχύεται όταν οι δραστηριότητές τους έχουν επίμονη συνειρμική σχέση. Η αναδιοργάνωση των νευρικών δομών μπορεί να είναι λόγω της τροποποίησης της αντοχής στις υπάρχουσες συνάψεις ή ο σχηματισμός νέων συνάψεων .

Οι διαδικασίες νευρικής αναδιοργάνωσης λαμβάνουν χώρα σε πολλαπλά χρονικά και χωρικά επίπεδα κατά τη διάρκεια της μάθησης, για παράδειγμα η αύξηση της αποτελεσματικότητας της μεταφοράς πληροφοριών ή η ενίσχυση της αποτελεσματικότητας και της ακρίβειας του ελέγχου με στόχο την αντιμετώπιση των τραυματισμών του κεντρικού νευρικού συστήματος. Κατά τη διάρκεια του κινητικής αποκατάστασης μετά από το εγκεφαλικό επεισόδιο έχουν εντοπιστεί διαφορετικές μοριακές, κυτταρικές και φυσιολογικές αλλαγές.

Η νευροπλαστικότητα ορίζεται ως οι δομικές και λειτουργικές αλλαγές στον εγκέφαλο που επιτρέπουν την προσαρμογή στη μάθηση, τη μνήμη, το περιβάλλον και την αποκατάσταση μετά από εγκεφαλική βλάβη. Είναι μια δυναμική διαδικασία που περιλαμβάνει αλλαγές στον αριθμό των πυρήνων και των δομών του εγκεφάλου, πολυάριθμες λειτουργίες και διάφορες αλληλεπιδράσεις. Αν και υπάρχουν αυθόρμητες αναδιαμορφώσεις μετά από εγκεφαλική βλάβη που ακολουθεί το ισχαιμικό εγκεφαλικό επεισόδιο, αυτές οι αλλαγές δεν επαρκούν για την πρόκληση λειτουργικής αποκατάστασης. Τόσο στον κανονικό όσο και στον τραυματισμένο εγκέφαλο, η αποκατάσταση μπορεί να προωθήσει δυναμικές διαδικασίες στο νευρικό σύστημα για να επιτρέψει την προσαρμογή σε διαφορετικές εμπειρίες (8).

Η νευροπλαστικότητα θεωρείται ως μηχανισμός αποκατάστασης της λειτουργικότητας μετά από αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο. Η νευροπλαστικότητα ορίζεται ως οι αλλαγές οι οποίες συμβαίνουν στη νευρωνική δομή ή λειτουργούν λόγω της εμπειρίας. Η ιδέα έχει εξελιχθεί από μια αλλαγή στη μάζα, τη λεπτή δομή και τη χημική σύνθεση των περιοχών του εγκεφάλου (8).

Η λειτουργική πλαστικότητα προέρχεται από την δομική πλαστικότητα του εγκεφάλου. Οι αρχές της νευροαποκατάστασης έχουν βασιστεί στους εξής θεωρητικούς λόγους: η ενεργή συμμετοχή του ασθενούς στην αποκατάσταση, η στοχευμένη εκπαίδευση σε λειτουργικές κινήσεις για τον ασθενή και ο καθορισμός κατάλληλης έντασης και συχνότητας των συνεδριών (9).

2.2 Ρομποτική αποκατάσταση και νευροπλαστικότητα

Τα προγράμματα αποκατάστασης με την χρήση ρομποτικών συσκευών είναι ιδανικά για την υλοποίηση των αρχών της νευροαποκατάστασης. Αρχικά, οι ρομποτικές συσκευές παράγουν πολλές επαναλήψεις κινήσεων με ελεγχόμενη ταχύτητα, χωρίς να προκαλείται κόπωση στον θεραπευτή. Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα να γίνεται εξατομίκευση του προγράμματος σχετικά με τις ανάγκες του κάθε ασθενή. Οι ρομποτικές συσκευές είναι εξοπλισμένες με αισθητήρες που ανιχνεύουν την κίνηση και την δύναμη των μυών, παρέχοντας με τον τρόπο αυτό ανάδραση και αντικειμενική αξιολόγηση των παραμέτρων κίνησης. Η ανατροφοδότηση με βάση την ανίχνευση των παραμέτρων κίνησης επιτρέπει τη δημιουργία ενός εικονικού περιβάλλοντος σε ένα υπολογιστή, ο οποίος είτε είναι σχεδόν πραγματικός είτε περιλαμβάνει στοιχεία παιχνιδιών, που αυξάνει το κίνητρο για συμμετοχή στην αποκατάσταση (9).

Η ρομποτική θεραπεία μμείται συνήθως μια στρατηγική που χρησιμοποιείται από θεραπευτές στα πλαίσια υποβοήθησης της ενεργητικής κίνησης και βασίζεται σε κίνητρα ή θεωρίες νευροπλαστικότητας. Η επιτυχία ενθαρρύνει τα κίνητρα, την αποτελεσματικότητα και διάθεση για άσκηση. Η ενεργητική βοήθεια αυξάνει την επιτυχία και επομένως πιθανώς ενεργοποιεί αυτά τα θετικά μαθησιακά χαρακτηριστικά. Εναλλακτικά, η ενεργή βοήθεια μπορεί να προωθήσει την πλαστικότητα του Hebbian αυξάνοντας την ποσότητα ιδιοδεκτικής εισροής με τρόπο που συσχετίζεται με το χρόνο και την κινητική δραστηριότητα. Το κίνητρο για συμμετοχή σε άσκηση είναι γενικά υψηλότερο στην ρομποτική θεραπεία συγκριτικά με την συμβατική εκπαίδευση. Ωστόσο, αυτό μπορεί να οφείλεται στο περιβάλλον βιντεοπαιχνιδιών, στην ανατροφοδότηση ή στην καινοτομία της ρομποτικής τεχνολογίας παρά την ενεργητική βοήθεια. Όσον αφορά τη διάρκεια, η ρομποτική θεραπεία μπορεί να είναι πιο αποτελεσματική επειδή οι ασθενείς επιχειρούν περισσότερες κινήσεις (10).

Η άσκηση θεωρείται αποτελεσματική και εφικτή στρατηγική αποκατάστασης για τη βελτίωση της γνωστικής και κινητικής λειτουργικότητας μέσω της διευκόλυνσης της νευροπλαστικότητας. Αναλυτικότερα, αυτό επιτυγχάνεται μέσω της αύξησης της νευρωνικής δραστηριότητας και της ενίσχυσης της μετασυναπτικής διέγερσης, καθώς και του σχεδιασμού δενδριτών και της αξονικής μυελίνωσης μετά από ισχαιμικό εγκεφαλικό επεισόδιο (8).

2.3 Αλλαγές στη διέγερση του κινητικού φλοιού του εγκεφάλου

Η έννοια της διέγερσης βασίζεται τη φυσιολογία των διεγερσιμων μεμβρανών, την ικανότητα που έχουν οι νευρώνες να πραγματοποιούν δυναμικά ενεργείας ως απόκριση στο ρεύμα εκπόλωσης. Σε κανονική λειτουργία το ρεύμα εγχέεται από την ενεργοποίηση των συνάψεων, οι οποίες μετατρέπουν την κατάσταση της μεμβράνης από ηρεμία σε δυναμική. Το δυναμικό ενεργείας μπορεί να φτάσει ως ένα κατώφλι, πάνω από το οποίο παράγεται δυναμικό δράσης, με αποτέλεσμα την διάδοση κύματος εκπόλωσης και μετά επανπόλωσης (8).

Αλλαγές στη διέγερση του κινητικού φλοιού του εγκεφάλου συμβαίνουν μετά από αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο και με την αποκατάσταση. Συμπληρωματική μέθοδος αποκατάστασης μετά από εγκεφαλικό επεισόδιο είναι η διακρανιακή διέγερση συνεχούς ρεύματος, η οποία φαίνεται ότι βελτιώνει την διέγερση του κινητικού φλοιού. Συνδυάζοντας όμως την διακρανιακή διέγερση συνεχούς ρεύματος με άλλες θεραπείες αποκατάστασης φαίνεται να μην βοηθούν στην διέγερση του κινητικού φλοιού. Εξαίρεση αποτελεί ο συνδυασμός εξάσκησης σε διάδρομο με διέγερση συνεχούς ρεύματος. (8)

2.4 Συναπτική πλαστικότητα

Η συναπτική πλαστικότητα είναι σημαντική για την ανάκαμψη των νευρώνων μετά την εγκεφαλική βλάβη. Η εγκεφαλική ισχαιμία μπορεί να οδηγήσει σε εξασθένηση της συναπτικής λειτουργίας και εμπλέκεται στην ανάπτυξη λειτουργικής δυσλειτουργίας. Η εκπαίδευση αποκατάστασης μπορεί να ενισχύσει τη σταθερότητα νέων συνάψεων που σχηματίστηκαν κατά τις πρώτες εβδομάδες σε αρουραίους μετά από έμφραγμα εγκεφάλου. Το μέγεθος της σταθερότητας σχετίζεται με βελτιώσεις στην απόδοση δεξιοτήτων κινητικότητας (11).

2.5 Νευρογένεση

Είναι σαφές ότι οι νευρώνες συνεχίζουν να γεννιούνται στον εγκέφαλο των ενηλίκων σπονδυλωτών, αλλά υπάρχουν περιορισμοί στο πού γεννιούνται, πού μεταναστεύουν και ποια είναι η λειτουργία τους. Για παράδειγμα, σε μοντέλα τρωκτικών με εγκεφαλικό επεισόδιο, υπάρχουν νέοι νευρώνες που γεννιούνται με υψηλότερο ρυθμό από φυσιολογικό, αλλά η σχέση με την ανάκτηση δεν είναι ξεκάθαρη. Οι νεογέννητοι νευρώνες στην υποκοιλιακή ζώνη μεταναστεύουν σε περιεμφραγματικές περιοχές και ενσωματώνονται σε νευρωνικά κυκλώματα. Στον ανθρώπινο εγκέφαλο, η σχετική έλλειψη νέων

νευρώνων που γεννιούνται, σε συνδυασμό με τις μεγάλες αποστάσεις στις οποίες θα έπρεπε να μεταναστεύσουν οι νέοι νευρώνες ενσωματώνονται μέσα ή κοντά σε έμφραγμα ή αιμορραγική περιοχή, κάνει απίθανη την νευρογένεση να είναι μια σημαντική διαδικασία για τη φυσική ανάκτηση. Φυσικά, εάν το σύστημα μπορούσε να χειραγωγηθεί με την αύξηση της γέννησης, της μετανάστευσης και της ενσωμάτωσης νέων νευρώνων μετά από εγκεφαλικό, υπάρχει πιθανότητα νευροαποκατάστασης (11).

2.6 Νευροτροφίνες

Ο νευρικός αυξητικός παράγοντας έχει πολλαπλές λειτουργίες, αλλά είναι πρωτίστως ένας αυξητικός παράγοντας που σχετίζεται με το περιφερικό αισθητικό και συμπαθητικό νευρικό σύστημα. Στην πραγματικότητα, ένας μικρός αριθμός νευροτροφινών (λιγότερο από επτά) σχετικές νευροτροφίνες έχουν ανακαλυφθεί ότι μοιράζονται έναν κοινό υποδοχέα και μια οικογένεια ειδικών υποδοχέων. Λογικά, τα τροφικά σήματα πρέπει να αλληλεπιδρούν με άλλους παράγοντες, όπως σήματα δραστηριότητας και καθοδήγησης, για τη διαμόρφωση νευρωνικών συνδέσεων (11).

Μία από τις νευροτροφίνες που ανακαλύφθηκαν είναι ο νευροτροφικός παράγοντας που προέρχεται από τον εγκέφαλο (BDNF). Το BDNF έχει πολλές ιδιότητες που το καθιστούν ενδιαφέρον ως σύνδεσμος μεταξύ δραστηριότητας και χρήσιμες αλλαγές στις νευρωνικές ιδιότητες. Αλλά είναι επίσης μπερδεμένο, επειδή έχει δράσεις τόσο κεντρικά όσο και περιφερειακά, παρά το όνομά του.

Για παράδειγμα, τα επίπεδα του BDNF στον ορό αυξήθηκαν με την άσκηση, αλλά το BDNF είναι ένα πεπτίδιο που δεν πρέπει μπορεί να διασχίσει τον αιματοεγκεφαλικό φραγμό. Το BDNF μεσολαβεί σε ορισμένες επιδράσεις της δραστηριότητας στο ΚΝΣ και που προάγει την συναπτική πλαστικότητα. Έτσι, ενώ το BDNF μπορεί να είναι υπεύθυνος για ορισμένα από τα ευεργετικά αποτελέσματα της πρακτικής άσκησης, είναι λιγότερο σαφές πώς να αξιοποιηθεί αυτή τη γνώση ή η εξατομίκευση της θεραπείας με βάση τον γονότυπο (8).

2.7 Ρομποτική τεχνολογία και άσκηση.

Η κίνηση με τη βοήθεια ρομπότ γίνεται ολοένα και περισσότερο θεραπεία αποκατάστασης σε ασθενείς μετά από εγκεφαλικό. Κλινικός έλεγχος σε 10 επιζώντες από οξύ εγκεφαλικό έδειξαν ότι μία φορητή ρομποτική συσκευή προώθησε τη δημιουργία ισομετρικής ροπής. Η έναρξη της αποκατάστασης αμέσως μετά από την εμφάνιση του εγκεφαλικού επεισοδίου χρησιμοποιώντας μια φορητή ρομποτική συσκευή σε συνδυασμό με ενεργητική και παθητική κινησιοθεραπεία συμβάλει στη βελτίωση της ικανότητας ελέγχου της κινητικότητας και στην προώθηση της νευροπλαστικότητας (11).

Τα ρομποτικά μηχανήματα είναι ηλεκτρομηχανικές συσκευές που περιλαμβάνουν την ιδιοδεκτικότητα, δηλαδή την αίσθηση της θέσης της άρθρωσης και την κιναισθησία, την αίσθηση της κίνησης της άρθρωσης. Η εκπαίδευση με τη βοήθεια της ρομποτικής συσκευής για ένα μήνα μπορεί να βελτιώσει την ψυχολογική κατάσταση του ασθενούς, συμπεριλαμβανομένης της κινητικής μάθησης και της μνήμης σε ασθενείς με χρόνιο εγκεφαλικό επεισόδιο και η αποτελεσματικότητά του φαίνεται να προκύπτουν τουλάχιστον εν μέρει από ιδιοδεκτική διέγερση. Η ρομποτική αποκατάσταση με γνώμονα την εργασία αποτελεί μία προσέγγιση, η οποία βασίζεται στις τρέχουσες έννοιες της επαγόμενης από την πρακτική νευροπλαστικότητας, καθώς επίσης του κινητικού ελέγχου και της κινητικής μάθησης. (8)

Συνοπτικά, η θεραπεία με τη βοήθεια ρομπότ είναι αποτελεσματική στη βελτίωση της κινητικής λειτουργία, της μάθησης και της μνήμης του άνω άκρου ασθενείς με εγκεφαλικό και ο πιθανός μηχανισμός περιλαμβάνει βελτίωση της νευροπλαστικότητας (11).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΚΙΝΗΤΙΚΗ ΕΚΜΑΘΗΣΗ

3.1 Εισαγωγή

Οι τρεις κύριες δημοφιλείς κατευθύνσεις στην νευρολογική αποκατάσταση είναι οι θεωρίες της νευροφυσιολογίας, της νευροανάπτυξης και η κινητική μάθηση. Οι μηχανισμοί της νευροφυσιολογίας, όπως η πλαστικότητα και η αντισταθμιστική λειτουργία, είναι η θεωρητική βάση της ανάκτησης της κινητικής λειτουργίας μετά από εγκεφαλικό επεισόδιο. Η νευροαναπτυξιακή θεραπεία (NDT) ή η έννοια Bobath, η οποία ως επί το πλείστον διαμορφώθηκε από την κλινική εμπειρία, επικεντρώνεται στην ομαλοποίηση του μυϊκού τόνου και των κινητικών προτύπων με στόχο τη βελτίωση της ανάκτησης της ημιπαρετικής πλευράς και να εμπνεύσουν στρατηγικές εκπαίδευσης όπως η συνεχής παθητική κίνηση και η constraint-induced therapy. Οι θεωρίες μάθησης, όπως η Hebbian μάθηση ή κινητική επανεκμάθηση που καθοδήγησε πολλές στρατηγικές, συμπεριλαμβανομένης της εκπαίδευση προσανατολισμένη στο στόχο, ενεργή εκπαίδευση με κάθε είδους ανατροφοδότηση, αποτελούν την τρέχουσα τάση στη ρομποτική αποκατάσταση των άνω άκρων (12)

Η κινητική μάθηση περιλαμβάνει δεξιότητες απόκτηση, κινητική προσαρμογή, όπως προσαρμογή πρίσματος, και τη λήψη αποφάσεων, δηλαδή τη δυνατότητα επιλογής του σωστή κίνηση στο κατάλληλο πλαίσιο. Μια κινητική δεξιότητα είναι την ικανότητα να σχεδιάζει και να εκτελεί έναν στόχο κίνησης .

Η πιο θεμελιώδης αρχή στην κινητική μάθηση είναι ότι ο βαθμός βελτίωσης της απόδοσης εξαρτάται από το ποσό της πρακτικής εξάσκησης. Η εξάσκηση είναι η εκτέλεση της ίδιας κίνησης επανειλημμένα. Αν και αυτός μπορεί να είναι ο πιο αποτελεσματικός τρόπος βελτίωσης της απόδοσης κατά τη διάρκεια της ίδιας της προπόνησης, δεν είναι βέλτιστη για διατήρηση της μάθησης με την πάροδο του χρόνου

3.2 Θεωρία μάθησης

Οι παραδοσιακές προσεγγίσεις στην κινητική μάθηση βασίζονται στην έννοια της επεξεργασίας πληροφοριών στο νευρικό σύστημα. Η κινητική μάθηση λαμβάνει χώρα μέσω μιας σειράς από διαφορετικά συστήματα (π.χ. προσοχή, αντίληψη, βραχυπρόθεσμη μνήμη), τα οποία επεξεργάζονται και ενσωματώνουν πληροφορίες από το κινούμενο άκρο κατά τη διάρκεια της πρακτικής εξάσκησης (13).

Οι πληροφορίες χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία μιας κίνησης «σχήμα», η ισχύς του οποίου σχετίζεται με το ποσό και μεταβλητότητα της πρακτικής που χρησιμοποιείται για την ενίσχυση ενός γενικευμένου κινητικού προγράμματος (GMP). Το GMP περιέχει τις συγκεκριμένες λεπτομέρειες κίνησης

σχετικά με το πώς θα εκτελεστεί, το πρόγραμμα μπορεί να αποθηκευτεί και να ανακληθεί, όταν χρειάζεται. Αντίθετα, στη φυσική προσέγγιση, η πρακτική οδηγεί στο σχηματισμό κινητικών «τοπολογιών» ή γενικών δομών, ενώ τα ίδια τα μοτίβα κίνησης δεν είναι προσχεδιασμένα, αλλά προκύπτουν ως συνέπεια της αλληλεπίδρασης του άκρου με το περιβάλλον και το πλαίσιο εργασίας (13).

Το σύστημα ελέγχει τις παραμέτρους που διέπουν την κίνηση χωρίς να προσδιορίζει τις ακριβείς λεπτομέρειες της κίνησης. Το δυναμικό ή οικολογικό μοντέλο κινητικής μάθησης τονίζει επίσης τη σημασία της ίδιας της δομής της πρακτικής ως βασικής διαδικασίας στην κινητική εκμάθηση. Σύμφωνα με αυτή την άποψη, η κινητική μάθηση είναι μια διαδικασία που ενισχύει τη σχέση μεταξύ αντίληψης και δράσης με περιορισμούς εργασίας και περιβάλλοντος. Εν συντομία, η δυναμική προσέγγιση συνοψίστηκε σε ένα μοντέλο οργανισμών, με περιβαλλοντικούς περιορισμούς και περιορισμούς που σχετίζονται με εργασίες που οδηγούν στην εμφάνιση νέων προτύπων συντονισμού και ελέγχου της κίνησης(13)

Συγκεκριμένα, η εκμάθηση δεξιοτήτων αντικατοπτρίζεται στη μαεστρία των άφθονων βαθμών ελευθερίας, όπως προτείνεται από Bernstein. Η κυριαρχία των βαθμών ελευθερίας επιτυγχάνεται μέσω ενός συστήματος επίλυσης προβλημάτων που χρησιμοποιεί διαθέσιμους περιορισμούς και δυνατότητες ανακάλυψης λύσεων σε ένα πρόβλημα κίνησης (13).

Η δυναμική προσέγγιση επεκτείνει την παραδοσιακή προσέγγιση δίνοντας έμφαση στο ρόλο του ατόμου και του περιβάλλοντος στην κινητική μάθηση, να περιλαμβάνουν την αλληλεπίδραση του ατόμου και του περιβάλλοντος με την εργασία, προκειμένου να προσδιοριστεί η κίνηση που σχετίζεται με την εργασία δυναμική (13).

3.3 Καθορισμός έντασης στη αποκατάσταση

Οι παρεμβάσεις αποκατάστασης θα πρέπει να γίνονται σε υψηλή ένταση, σχετικά με την δόση, την συχνότητα και την διάρκεια της θεραπείας. Αυτά τα συστατικά στοιχεία είναι απαραίτητα για την αναδιοργάνωση του εγκεφάλου μετά από ένα αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο, έτσι ώστε να ενσωματωθεί το επηρεασμένο άκρο στο περιβάλλον. Ωστόσο, απαιτείται ο συγκεκριμένος αριθμός των επαναλήψεων των ασκήσεων μετά από εγκεφαλικό επεισόδιο είναι άγνωστος.

Σε άτομα με νευρολογική διαταραχή, ο αριθμός επαναλήψεων των κινήσεων για να επιτευχθεί κινητική βελτίωση είναι μεγαλύτερος συγκριτικά με υγιή άτομα, ειδικά για όσους έχουν πιο σοβαρές εγκεφαλικές βλάβες. Για παράδειγμα, οι υγιείς συμμετέχοντες χρειάζονταν περίπου 20 επαναλήψεις της κίνησης για να βελτιωθεί η απόδοση (ταχύτητα και ακρίβεια) σε ένα συγκεκριμένο, ενώ σε άτομα με εγκεφαλικό

απαιτείται περισσότερο από το διπλάσιο για την επίτευξη ισοδύναμου αποτελέσματος (έως 55 επαναλήψεις για άτομα με μέτρια έως σοβαρή πάρεση των άνω άκρων) (13).

Η ένταση της θεραπείας καθορίζεται από τον αριθμό των επαναλήψεων ανά μονάδα του χρόνου, καθώς και η διάρκεια κάθε προπόνησης και ο συνολικός αριθμός των συνεδριών και το πρόγραμμά τους (συνεδρίες ανά ημέρα ή εβδομάδα).

3.4 Προοδευτικότητα άσκησης και κίνητρο

Το πλάνο αποκατάστασης θα πρέπει να είναι προοδευτικό και να προσαρμόζεται βέλτιστα στις ανάγκες, την ικανότητα του ατόμου και το περιβαλλοντικό πλαίσιο. Έτσι, για να προκληθεί νέα μάθηση, η πρακτική θα πρέπει να είναι προκλητική για τους ασθενείς και να είναι ενεργός ο ασθενής στην επίλυση προβλημάτων(13).

Σύμφωνα με «Challenge Point Theory of motor learning», η μάθηση ενισχύεται με το βέλτιστο πρόκληση του ατόμου μέσω χειραγώγησης της δυσκολίας εργασίας ανάλογα με το επίπεδο κινητικών δεξιοτήτων και τη γνωστική τους ικανότητα. Η θεμελιώδης ιδέα είναι ότι η ίδια κινητική εργασία μπορεί να αντιπροσωπεύει διαφορετικούς βαθμούς δυσκολίας για άτομα που έχουν διαφορετικά επίπεδα δεξιοτήτων. Για παράδειγμα, η δυσκολία της εργασίας μπορεί να είναι αυξηθεί διαφοροποιώντας την τοποθέτηση διαφορετικών στόχων ή/και μειώνοντας τον επιτρεπόμενο χρόνο για κάθε κίνηση, αυξάνοντας δηλαδή την ταχύτητα κίνησης. Οι μαθητές μπορούν να προοδεύσουν μέσω των επιπέδων δυσκολίας σύμφωνα με την επίτευξη ενός προκαθορισμένου ποσοστού επιτυχίας στο κάθε επίπεδο (13).

Ο χειρισμός του επιπέδου πρόκλησης του μαθητή σχετίζεται επίσης στο επίπεδο των κινήτρων, ένας άλλος βασικός παράγοντας για την κινητική μάθηση. Σε κλινικούς και υγιείς πληθυσμούς, τα κίνητρα, όπως η αυτοπεποίθηση, η ελπίδα, η αυτονομία, η υποστήριξη, η κοινωνική συνάφεια και το παιχνίδι, διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην προώθηση της κινητικής μάθησης.

3.5 Είδη κινητικής εξάσκησης

Η εξάσκηση εργασιών οργανωμένα σύμφωνα με οργανικούς, περιβαλλοντικούς και κινητικούς περιορισμούς, διαδραματίζει ουσιαστικό ρόλο στην αισθητικοκινητική μάθηση. Τα διαφορετικά παραδείγματα πρακτικής εξάσκησης περιλαμβάνουν επαναλαμβανόμενες πρακτικές περιορισμένης ή ποικίλης εργασίας. Σε μια επαναλαμβανόμενη περιορισμένη εργασία, ο εκπαιδευόμενος εξασκεί κάθε

εργασία ξεχωριστά σε μία σειρά διαδοχικών δοκιμών. Αντίθετα, στην πρακτική ποικίλης εργασίας, γνωστή και ως τυχαία πρακτική, η σειρά παρουσίασης της εργασίας ποικίλλει από δοκιμή σε δοκιμή, χωρίς ο εκπαιδευόμενος να το γνωρίζει σε ποια εργασία θα εξασκηθεί στη συνέχεια (13).

Η εκμάθηση των δεξιοτήτων και η διατήρηση αυτών, μπορούν να επηρεαστούν από τα παραδείγματα πρακτικής εργασίας. Η μάθηση είναι μια διαδικασία που περιλαμβάνει την αναζήτηση για τη σταθερότητα ενός συνόλου λύσεων εργασιών και επιτρέπει στον εκπαιδευόμενο να ανακαλύψει τις πληροφορίες που προκύπτουν από την αντίληψη και την δράση.

Οι σχέσεις αντίληψης-δράσης διαφέρουν σύμφωνα με διαφορετικές αρχικές συνθήκες, οι οποίες επίσης οδηγούν σε πολλαπλές αποδεκτές λύσεις της εργασίας. Στο πλαίσιο αυτό, οι ποικίλες εργασίες μπορεί να είναι πιο ωφέλιμες για την κινητική εκμάθηση συγκριτικά με την περιορισμένη πρακτική, όσον αφορά την ενθάρρυνση της επίλυσης προβλημάτων (13).

3.6 Είδη ανατροφοδότησης

Ενώ η ένταση και η επανάληψη μπορεί να προκαλέσουν μακροχρόνιες νευρωνικές αλλαγές, η πρακτική της εργασίας θα πρέπει επίσης να περιλαμβάνει την παροχή ουσιαστικής ανατροφοδότησης κατά τη διάρκεια και/ή μετά την εργασία σχετικά με το αποτέλεσμα της κίνησης ή/και των στοιχείων της απόδοσης της κίνησης. Σε μία δυναμική προσέγγιση, η έμφαση δίνεται σε ποιες πληροφορίες μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη ρύθμιση της δράσης εντός του αντιληπτικού-κινητικού χώρο εργασίας. Η ανατροφοδότηση θεωρείται ότι περιορίζει την αναζήτηση για μια λύση εργασιών και βελτιστοποίηση δεξιοτήτων. Επομένως, θα είναι ωφέλιμο κατά την εξέλιξη της μάθησης, ο ασθενής να αναπτύσσει μόνος του δεξιότητες ώστε να βρει λύσεις για να επιτευχθεί ο κινητικός στόχος (13).

Η ανατροφοδότηση μπορεί να προσφέρει πληροφορίες σχετικά με τις προηγούμενες καταστάσεις της δυναμικής κίνησης που παράγονται από τον εκπαιδευόμενο και εξελισσόμενες πληροφορίες που σχετίζονται με την αλλαγή συντονισμού για την παροχή λύσης για την επόμενη δοκιμή. Σε προσπάθειες βελτίωσης της κινητικής λειτουργίας σε άτομα με νευρολογικές διαταραχές, η παροχή ανατροφοδότησης έχει εφαρμοστεί κυρίως από μια θεωρία πληροφοριών με στόχο τη μάθηση του τρόπου επεξεργασίας των πληροφοριών. Σε πληθυσμούς ασθενών, η ανατροφοδότηση χρησιμοποιείται με σκοπό οι ασθενείς να εντοπίζουν τα λάθη τους στην απόδοση ή στη χρήση του κίνησης. (13).

Η ανατροφοδότηση μπορεί να ταξινομηθεί ως ενδογενής και εξωγενής. Η ενδογενής ανατροφοδότηση είναι αισθητηριακές-αντιληπτικές πληροφορίες του ατόμου που εμφανίζονται κατά τη διάρκεια εκτέλεσης

μιας εργασίας. Η εξωτερική ανάδραση, που ονομάζεται επίσης ενισχυμένη ανάδραση, αναφέρεται σε πληροφορίες που παρέχονται από εξωτερική πηγή και μπορεί να είναι κατηγοριοποιούνται ως γνώση της απόδοσης ή γνώση του αποτελέσματος.

Η γνώση του αποτελέσματος σχετίζεται με το αποτέλεσμα της κίνησης σε σχέση με τον στόχο εργασίας. Πιο αναλυτικά, παρέχει πληροφορίες σχετικά με τα μοτίβα κίνησης ή την ποιότητα, κατά την ταυτόχρονη ή μετά την ολοκλήρωση της εργασίας. Ισχυρά κλινικά στοιχεία υποδηλώνουν ότι η παροχή της γνώσης του αποτελέσματος σε ασθενείς με εγκεφαλικό επεισόδιο στο χρόνιο στάδιο της ανάρρωσης, μπορεί να οδηγήσει σε καλύτερα κινητικά μαθησιακά αποτελέσματα και σε διατήρηση της κίνησης πρότυπα σε σύγκριση με την παροχή γνώση της απόδοσης (13). Επομένως, είναι σημαντικό να σχεδιαστεί προσεκτικά ένα πρόγραμμα αποκατάστασης με βάση τον τύπο της ανάδρασης, τη συχνότητα και την παράδοση που χρησιμοποιείται στην αποκατάσταση για την κινητική εκμάθηση.

Η επανάληψη μιας μεμονωμένης κίνησης χωρίς να δίνεται σημασία στη λειτουργικότητάς της ή στο πρακτικό νόημα δεν είναι αρκετή για να παράγει κινητικά αποτελέσματα. Η εφαρμογή της άσκησης χρειάζεται να ταιριάζει στην προσπάθεια του ασθενή με επαυξημένη εφαρμογή ανατροφοδότησης, η οποία θα λαμβάνει υπόψη τα γνωστικά και σωματικά ελλείμματα του ασθενή. Οι σκόπιμες κινητικές λειτουργίες αναπτύσσονται για τη βελτίωση των λειτουργικών ικανοτήτων του ατόμου. Η εκπαίδευση σε συγκεκριμένες εργασίες, σε σύγκριση με τις παραδοσιακές θεραπείες αποκατάστασης εγκεφαλικού, οδηγεί σε μακροχρόνια κινητική μάθηση. Η ρομποτική εκπαίδευση βοηθά τη νευρολογική μάθηση και παρέχει την δυνατότητα ποσοτικοποίησης της αξιολόγησης της προόδου (14).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

4.1 Ιστορική αναδρομή

Η ρομποτική τεχνολογία χρησιμοποιείται για λόγους αποκατάστασης από τη δεκαετία του 1960. Η εφαρμογή της ρομποτικής τεχνολογίας επικεντρώθηκε αρχικά στην αντικατάσταση των χαμένων λειτουργιών σε άτομα με κινητικές αναπηρίες μέσω της χρήσης συσκευών όπως, ρομποτικά ορθωτικά μέσα και ρομποτικά αναπηρικά αμαξίδια (15)

Στις τελευταίες δύο δεκαετίες, υπήρξαν αρκετές έρευνες οι οποίες μελετούσαν την χρήση της ρομποτικής τεχνολογίας στην φυσική ιατρική και αποκατάσταση. Η εφαρμογή της ρομποτικής τεχνολογίας στην ιατρική αποκατάσταση επεκτείνεται και περιλαμβάνει αρκετές ιδέες και λύσεις, οι οποίες μπορούν να βοηθήσουν στα στάδια της αποκατάστασης (15).

Η λέξη ρομποτική έχει σλαβική ρίζα και η λέξη ρομπότ προέρχεται από την τσέχικη λέξη "robotnik" που μπορεί να μεταφραστεί ως σκλάβος, εργάτης. Χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον Τσέχο συγγραφέα Karel Čapek στο δικό του παίζιτε το Rossum's Universal Robots (R. U. R.) [9]. Σε 1960, Joseph F. Engelberger and George C. Devol ανέπτυξε το πρώτο βιομηχανικό ρομπότ για τον Στρατηγό Εργοστάσιο αυτοκινήτων Motors και το πρώτο ινστιτούτο ρομποτικής ιδρύθηκε το 1965 (15)

Η ρομποτική αποκατάσταση αποτελεί ένα καινοτόμο και αναπτυσσόμενο πεδίο, με μεγάλη διείσδυση στην κλινική πράξη. Στα τέλη της δεκαετίας του 1980 και στις αρχές της δεκαετίας του 90 άρχισαν οι τεχνολογικές εξελίξεις σχετικά με την εκπαίδευση ανάκτησης της αισθητικοκινητικής λειτουργίας μετά από βλάβη στο κεντρικό νευρικό σύστημα (ΚΝΣ). Ο στόχος ήταν να ενισχύσει τα αποτελέσματα της λειτουργικής προπόνησης παρέχοντας αυξημένη ένταση θεραπείας και προσαρμοστική υποστήριξη με ελεγχόμενο τρόπο (16).

Η ιδέα της χρήσης μηχανημάτων για αποκατάσταση πίσω πολύ νωρίτερα. Σε ένα δίπλωμα ευρεσιτεχνίας του 1910, ο Theodor Bűdingen πρότεινε μια «συσκευή θεραπείας κίνησης», μια μηχανή κινούμενη από έναν ηλεκτρικό κινητήρα για να καθοδηγεί και να υποστηρίζει το βηματισμό κινήσεις σε ασθενείς με καρδιοπάθεια. Στη δεκαετία του 1930, Ο Richard Scherb ανέπτυξε τον «μεσημβρινό», μία συσκευή με σκοπό την κίνηση των αρθρώσεων ορθοπεδική θεραπεία. Η συσκευή μηχανοθεραπείας υποστηρίζει αρκετές λειτουργίες αλληλεπίδρασης, που κυμαίνονται από παθητικές σε ενεργητικές υποβοηθούμενες κινήσεις και ενεργητικές κινήσεις αντίστασης σε κινήσεις ενεργού υποβοηθούμενης και ενεργητικής αντίστασης. Το πρώτο ρομποτικό σύστημα αποκατάστασης, το οποίο βασίστηκε στην ιδέα

συνεχούς παθητικής κίνησης , μία λειτουργία κατά την οποία το μηχάνημα κινεί τις αρθρώσεις σε ένα προκαθορισμένο εύρος τροχιάς, ανεξάρτητα από την συμβολή του ασθενούς (16).

Οι πρώτοι ηλεκτροκίνητοι εξωσκελετικοί μηχανισμοί για θεραπευτικούς σκοπούς, εισήχθησαν την δεκαετία του 1970 σε ασθενείς με κάκωση νωτιαίου μυελού. Οι μηχανισμοί αυτοί χρησιμοποιούσαν πνευματικά, υδραυλικά ή ηλεκτρομαγνητικά συστήματα για τον έλεγχο της θέσης. Περιλάμβαναν προηγμένες λειτουργίες, όπως ενεργοποιημένη ραχιαία και πελματιαία κάμψη της ποδοκνημικής άρθρωσης, καθώς επίσης προσαγωγή και απαγωγή ισχίου για αυξημένη σταθερότητα. Επιπρόσθετα, περιλάμβαναν την ικανότητα συμμετοχής ενός θεραπευτή για τον έλεγχο της κίνησης του εξωσκελετικού μηχανισμού. Ο εξωσκελετικός μηχανισμός φοριέται από τον ίδιο τον ασθενή (16).

Μια νέα εποχή ρομποτικής νευροαποκατάστασης ξεκίνησε το 1989 με την ανάπτυξη του MIT-MANUS, το οποίο δοκιμάστηκε πρώτη φορά κλινικά το 1994. Σε σύγκριση με άλλα ρομποτικά μηχανήματα, η συγκεκριμένη συσκευή παρουσιάζει χαμηλό επίπεδο αποκλειστικού ελέγχου της κίνησης, διότι η κίνηση της συσκευής ήταν εξαρτώμενη από την κίνηση του ασθενούς, η οποία γινόταν αντιληπτή από το μηχάνημα. Παρέχει φόρτιση του άνω άκρου ενάντια στην βαρύτητα, επιτρέποντας έτσι την προσαρμογή της υποστήριξης από την συσκευή ανάλογα με την σοβαρότητα των ελλειμμάτων της κίνησης (16).

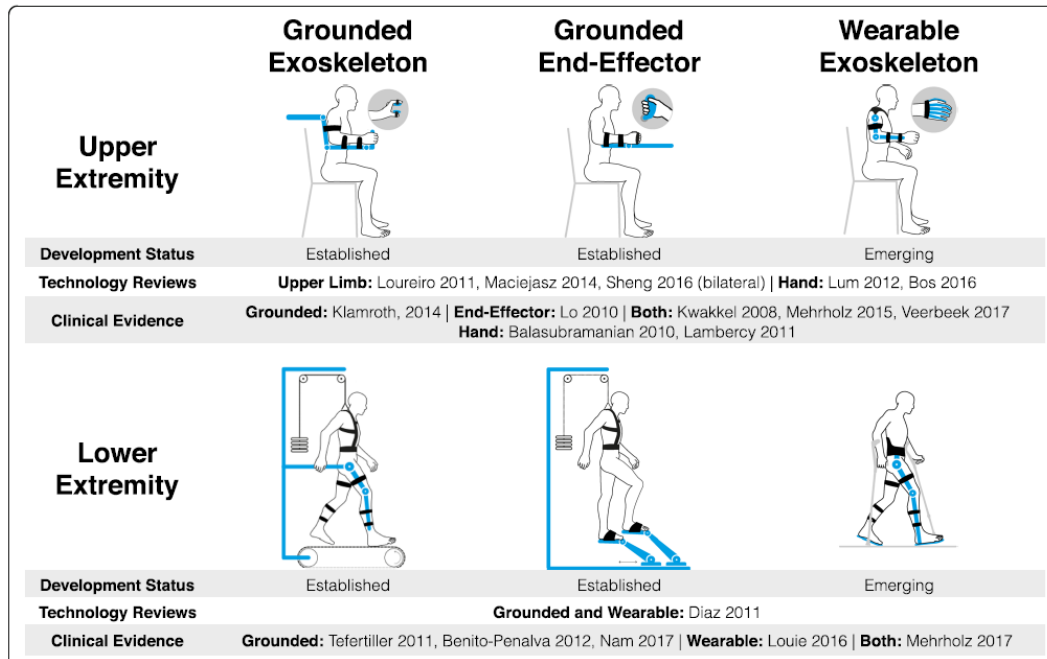
Λίγα χρόνια αργότερα, εισήχθησαν μηχανήματα για τον έλεγχο της δύναμης, της σύλληψης και της ανύψωσης. Αυτή η νέα γενιά συσκευών χρησιμοποίησε άμεση ενεργοποίηση μετάδοσης κίνησης με ελεγχόμενη ροπή, επιτρέποντας πιο προηγμένο έλεγχο αλληλεπίδρασης της κίνησης. Η κίνηση ήταν παθητική για ασθενείς με σοβαρή αναπηρία, ενεργητική υποβοηθούμενη κίνηση και ενεργητική κίνηση αντίστασης σε ασθενείς με μέτρια αναπηρία. Η βοήθεια της κίνησης από το μηχάνημα μπορούσε να προσαρμοστεί ανάλογα με την κινητική ικανότητα του ασθενούς (16)

Την ίδια περίπου εποχή, παρουσιάστηκε το Mirror Image Motion Enabler (MIME), το οποίο υποστήριξε τις παρετικές κινήσεις των άκρων με ένα άκαμπτο ρομποτικό μηχάνημα. Το συγκεκριμένο μηχάνημα ελέγχεται από το μη παρετικό άκρο μέσω ψηφιοποίησης της κίνησης (mirror-image therapy mode) (16).

Οι εξελίξεις της ρομποτικής αποκατάστασης για τα κάτω άκρα ξεκίνησε το 1994, με το σχεδιασμό του Lokomat, συνδυάζοντας προπόνηση σε διάδρομο με υποστήριξη βάρους σώματος με τη βοήθεια ορθωτικών ρομποτικής βάρδισης. Σε παρόμοια ιδέα βασίστηκε και το Gait Trainer(16).

Με το πέρασμα των χρόνων, παρουσιάστηκαν αρκετά ρομποτικά μέσα αποκατάστασης, τόσο για τα άνω όσο και για τα κάτω άκρα. Ταξινομούνται σε grounded exoskeletons, grounded end-effector devices

και wearable exoskeletons. Αυτές οι ταξινομήσεις σχεδιασμού επηρεάζουν το επίπεδο ελέγχου μεταξύ συσκευής και ατόμου. Πιο αναλυτικά, μεμονωμένες αρθρώσεις ελέγχονται στο grounded exoskeletons, επιλεγμένες αρθρώσεις ή τμήματα των άκρων ελέγχονται στις συσκευές grounded end-effector (16).



Εικόνα 1. Σχηματική αναπαράσταση και ταξινόμηση συσκευών ρομποτικής αποκατάστασης (Gassert R, Dietz V. Rehabilitation robots for the treatment of sensorimotor deficits: a neurophysiological perspective. Journal of neuroengineering and rehabilitation. 2018;15(1):46).

Η ευελιξία και η πολυπλοκότητα του άνω άκρου όπως η σύλληψη, η συνέργεια και η δεξιότητα, διαφέρουν από τις κινήσεις του βηματισμού, διότι απαιτούν περισσότερο αυτόματο έλεγχο της κίνησης. Η απώλεια της λειτουργικότητας του άνω άκρου μετά από βλάβη του κεντρικού νευρικού συστήματος, είναι αρκετά συχνή και σημαντική γιατί οδηγούν τους ασθενείς σε αδυναμία εκτέλεσης καθημερινών δραστηριοτήτων (16).

Σε άτομα μετά από εγκεφαλικό επεισόδιο, η λειτουργία του άνω άκρου εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ακεραιότητα του πυραμιδικού δεματίου. Ένα εγκεφαλικό με βλάβη στο πυραμιδικό δεμάτιο οδηγεί σε μόνιμη βλάβη του χεριού και των δακτύλων. Πιο αναλυτικά, υπάρχει μη ισορροπημένος μυϊκός τόνος στο αντιβράχιο, με υπερτονία των καμπτήρων και αδυναμία των εκτεινόντων, με αποτέλεσμα την αδυναμία έκτασης των δακτύλων και του καρπού. Οι ασθενείς αυτοί υποφέρουν επίσης στην σύλληψη και τον χειρισμό αντικειμένων. Οι περισσότερες αναφορές δείχνουν ότι σε ασθενείς με βλάβη στο πυραμιδικό δεμάτιο, ακόμα και μετά από εντατική αποκατάσταση έχουν μικρή ανάκτηση λειτουργικότητας του χεριού (16).

Αντίθετα, οι ασθενείς με εγκεφαλικό επεισόδιο χωρίς να τους έχει επηρεαστεί το πυραμιδικό δεμάτιο, η ανάκτηση της λειτουργικότητας είναι περίπου το 70–80% της αρχικής βλάβης. Ωστόσο, υπάρχουν στοιχεία τα οποία δείχνουν ότι η υψηλότερη δόση εξάσκησης, ειδικά όταν εφαρμόζεται νωρίς μετά από εγκεφαλικό, οδηγεί σε καλύτερη έκβαση της κινητικής λειτουργίας του παρετικού άνω άκρου (16).

Στις πρώτες ημέρες μετά το εγκεφαλικό επεισόδιο, εμφανίζεται χαλαρή πάρεση μυών του άνω άκρου. Οι μύες των άνω άκρων είναι αδύναμοι και δεν αντιστέκονται στην παθητική κίνηση. Στην συνέχεια αναπτύσσεται παθολογική αύξηση του μυϊκού τόνου, οδηγώντας σε σπαστικότητα των μυών. Με την ανάπτυξη της σπαστικότητας, το άτομο αδυνατεί να εκτελέσει κινήσεις σύλληψης και λαβής. Στο στάδιο αυτό, η θεραπεία κατευθύνεται στην εκτέλεση απλών κινήσεων προσέγγισης και λαβής (16).

4.2 Εισαγωγή στην ρομποτική αποκατάσταση

Τα τελευταία χρόνια έχουν σημειωθεί ραγδαίες τεχνολογικές εξελίξεις στον τομέα της αποκατάστασης με την χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών, ρομποτικής τεχνολογίας και εικονικής πραγματικότητας. Το ανθρώπινο άνω άκρο αποτελείται από ένα πολύπλοκο σύστημα φυσιολογίας και ανατομίας, με ενεργοποιητές, αισθητήρες και ένα κινητικό σύστημα τελικού σκοπού, το οποίο ελέγχεται από ένα εξαιρετικά εξελιγμένο ελεγκτή για την εκτέλεση διαφορετικών καθημερινών δραστηριοτήτων διαβίωσης. Η προσέγγιση, η τοποθέτηση και η σύλληψη είναι συνδυασμένες κινήσεις, έτσι ώστε οι περισσότερες δραστηριότητες καθημερινής ζωής να μπορούν να εκτελεστούν με διαφορετικούς τρόπους (17).

Το εγκεφαλικό, όπως ορίζεται από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (ΠΟΥ), είναι ένα «νευρολογικό έλλειμμα εγκεφαλοαγγειακής αιτίας που επιμένει πέραν των 24 ωρών ή διακόπτεται από θάνατο εντός 24 ωρών». Μετά από ένα εγκεφαλικό επεισόδιο, οι ασθενείς έχουν βλάβες στους ακόλουθους τομείς: κίνηση, αίσθηση, όραση, ομιλία, γνωστική ικανότητα. Η πιο συνηθισμένη κινητική βλάβη είναι η ημιπληγία και επηρεάζει τον έλεγχο της κίνησης του προσώπου, του χεριού και του ποδιού της μίας πλευράς του σώματος (18).

Τα ρομποτικά συστήματα αποκατάστασης αντιπροσωπεύουν μια λύση τα οποία επιτρέπουν στους φυσικοθεραπευτές να αναπτύξουν προγράμματα αποκατάστασης προσανατολισμένα στον ασθενή, έτσι ώστε να μεγιστοποιούν τα θεραπευτικά αποτελέσματα με στόχο την καλύτερη ποιότητα ζωής στο πλαίσιο της δραστηριοτήτων καθημερινής ζωής (18).

Σύμφωνα με τον ορισμό των Η.Π.Α. National Bureau of Standards, ένα βιομηχανικό ρομπότ είναι «Ένας επαναπρογραμματιζόμενος χειριστής πολλαπλών λειτουργιών σχεδιασμένος για να μετακινεί υλικό, εξαρτήματα, εργαλεία ή εξειδικευμένες συσκευές μέσω διαφόρων προγραμματισμένων κινήσεων για την εκτέλεση ποικίλων εργασιών». Μία ρομποτική συσκευή θεραπείας μπορεί να οριστεί ως μία επαναπρογραμματιζόμενη και πολύ- λειτουργική συσκευή σχεδιασμένη να εκτελεί ποικίλες εργασίες αποκατάστασης μέσα από διάφορες προγραμματισμένες κινήσεις (17).

Ως εκ τούτου, χρειάζεται ένα ρομποτικό σύστημα το οποίο θα κινεί τον ώμο και ένα σύστημα το οποίο θα βασίζεται στην άκρα χείρα ώστε να ολοκληρωθεί η επιδιωκόμενη εργασία. Σε αντίθεση με το κάτω άκρο, όπου μπορεί να οριστεί ένα συγκεκριμένο μοτίβο βάρδισης, στο άνω άκρο δεν υπάρχει ένα τυπικό μοτίβο κίνησης. Εξαιτίας της πολυπλοκότητας του άνω άκρου και της άκρας χείρας ειδικά, και το πλήθος των διαθέσιμων μοτίβων κίνησης, είναι χρήσιμο να βρεθεί μία θεραπευτική στρατηγική. Παρόμοια με την εκμάθηση μουσικών κομματιών ή την εκπαίδευση ακολουθιών κίνησης στον αθλητισμό, οι θεραπευτικές κινήσεις μπορούν να αναλυθούν στα συστατικά τους στοιχεία: άπω επαναλαμβανόμενη σύλληψη και εγγύς λειτουργική προσέγγιση και τοποθέτηση. Από αυτή την άποψη, αξίζει να χρησιμοποιείται ένα σετ ρομποτικής θεραπείας, το ένα σύστημα θα αφορά την περιφερική άρθρωση και το άλλο σύστημα την εγγύς άρθρωση(17).

Το εγκεφαλικό επεισόδιο προκαλεί τον θάνατο των εγκεφαλικών κυττάρων και κατά συνέπεια την απώλεια των ικανοτήτων που ελέγχονται από την αναφερόμενη περιοχή του εγκεφάλου όπως ο έλεγχος της μνήμης και των μυών. The World Stroke Organization έχει δηλώσει το εγκεφαλικό επεισόδιο ως επιδημική ασθένεια: 1 στους 6 ανθρώπους παγκοσμίως θα πάθουν εγκεφαλικό στη διάρκεια της ζωής τους, 15 εκατομμύρια άνθρωποι σε όλο τον κόσμο παθαίνουν εγκεφαλικό κάθε χρόνο και 5,8 εκατομμύρια άνθρωποι πεθαίνουν από αυτό (19).

Επιπλέον, το εγκεφαλικό είναι μια κύρια αιτία μακροχρόνιας αναπηρίας. Πιο αναλυτικά, η National Stroke Association αναφέρει ότι το 10% των επιζώντων από εγκεφαλικό επεισόδιο κάνει σχεδόν πλήρη ανάκαμψη, ενώ ένα άλλο 25% ανακάμπτει με μικρές μόνο βλάβες. Ως εκ τούτου, η άμεση ανάρρωση και έναρξη της αποκατάστασης μετά από ένα εγκεφαλικό επεισόδιο είναι θεμελιώδης, χρησιμοποιώντας επίσης όλες τις νέες διαθέσιμες τεχνολογίες (19).

Στη σημερινή εποχή η ρομποτική τεχνολογία χρησιμοποιείται ευρέως στην κλινική αποκατάσταση μετά από εγκεφαλικό. Η ανασκόπηση Cochrane του 2018, δηλώνει ότι η υποβοηθούμενη ρομποτική αποκατάσταση μπορεί να συμβάλλει στην αποκατάσταση της λειτουργίας του βραχίονα μετά από εγκεφαλικό. Οι άνθρωποι μπορεί να βελτιώσουν τις καθημερινές τους δραστηριότητες, την λειτουργία των

χειρών και την δύναμη των μυών του βραχίονα . Ωστόσο, τα αποτελέσματα εξαρτώνται από την ένταση, τη διάρκεια, ποσότητα εκπαίδευσης, τύπος θεραπείας, τύπος συσκευής και τα χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων (20)

Η αποκατάσταση του άνω άκρου μετά από εγκεφαλικό θεωρείται ότι έχει χαμηλότερη προτεραιότητα την αποκατάσταση του άνω βραχίονα, διότι προτεραιότητα έχει η αποκατάσταση του κορμού και των κάτω άκρων, μέσω της επανεκπαίδευσης της βάδισης. Επομένως η αποκατάσταση του άνω άκρου χρειάζεται να ξεκινήσει αρκετά σύντομα. Έχουν παρατηρηθεί μικρές βελτιώσεις στην κίνηση με το πέρασμα των έξι μηνών. Ένα ρομποτικό πλαίσιο αποκατάστασης μπορεί να έχει τη δυνατότητα να βελτίωση της διαδικασίας θεραπείας (18)

4.3 Καθορισμός στόχων αποκατάστασης

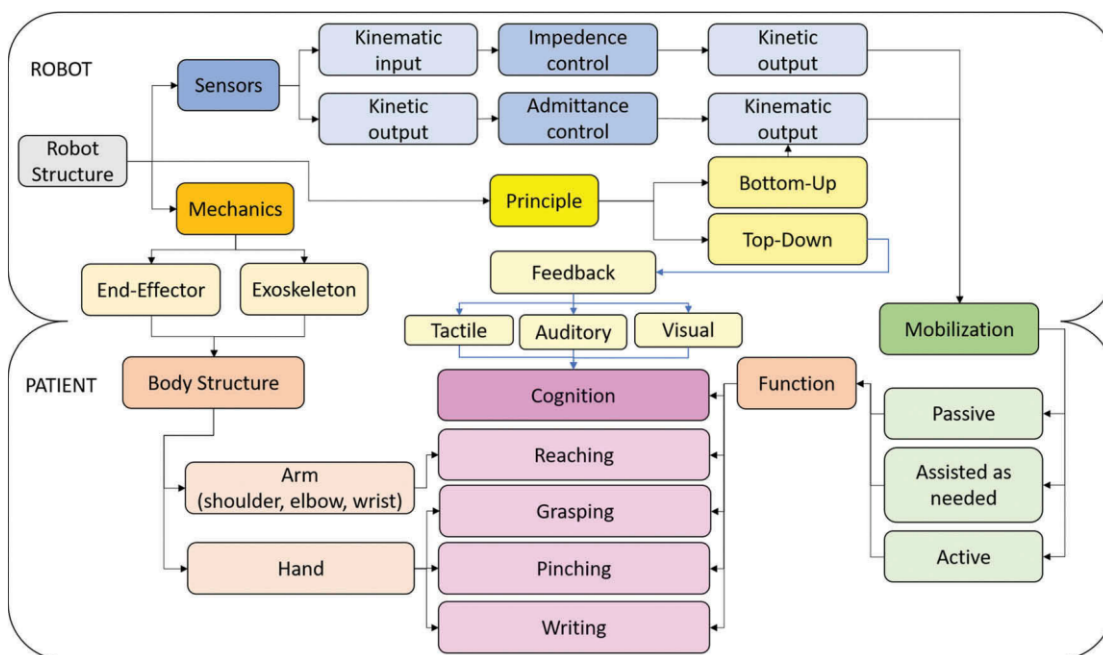
Αναπόσπαστο κομμάτι στο πλαίσιο ενός εξατομικευμένου προγράμματος νευροαποκατάστασης είναι ο καθορισμός των στόχων της ρομποτικής αποκατάστασης. Πιο αναλυτικά, οι στόχοι θα μπορούσαν να είναι πολλοί και διαφορετικοί στόχοι κατά τη διάρκεια της ρομποτικής θεραπείας. Για παράδειγμα, βελτίωση της κίνησης και της ικανότητας επίτευξης του στόχου, βελτίωση του συντονισμού των κινήσεων, βελτίωση των επιδόσεων σε ένα έργο που έχει επιτευχθεί, βελτίωση της σύλληψης, της συγκράτησης της υπερτονίας και βελτίωση της λειτουργικότητας σε ασθενείς με γνωστικά-κινητικά ελλείμματα. Η βελτίωση της γνωστικής ικανότητας διευκολύνεται με χρήση video games και ασκήσεων με ανατροφοδότηση, οι οποίες απαιτούν εγρήγορση και προσοχή (19).

Η ρομποτική θεραπεία με χρήση video games απαιτεί υψηλότερη ενεργή συμμετοχή των ατόμων, συγκριτικά με ρομποτική θεραπεία χωρίς ανατροφοδότηση. Στην πραγματικότητα, οι περισσότερες από τις ρομποτικές συσκευές έχουν ενσωματωμένα βίντεο ανατροφοδότησης ή ένα είδος βιντεοπαιχνιδιού. Ως εκ τούτου θα πρέπει να θεωρείται ότι ο ασθενής διαχειρίζεται μία διπλή εργασία, η οποία συνδυάζει κινητική και γνωστική εξάσκηση (19).

Η ρομποτική υποβοηθούμενη θεραπεία μπορεί να μειώσει τον νευροπαθητικό πόνο στην περιοχή της ωμικής ζώνη όταν ο ασθενής βρίσκεται σε ύπτια κατάκλιση και πάσχει από υποξύ εγκεφαλικό επεισόδιο. Επομένως, είναι θεμελιώδης σημασίας να προσδιοριστούν οι λειτουργικοί στόχοι της ρομποτικής θεραπείας για συγκεκριμένο ασθενή, σύμφωνα με ένα εξατομικευμένο πρόγραμμα νευροαποκατάστασης (19).

4.4 Ταξινόμηση ρομποτικών συσκευών αποκατάστασης

Η ρομποτική θεραπεία των άνω άκρων θα μπορούσε να ταξινομηθεί σύμφωνα με τα τεχνικά ή κλινικά κριτήρια και χαρακτηριστικά. Προφανώς, τα τεχνικά χαρακτηριστικά επηρεάζουν την κλινική έκβαση, αλλά έμμεσα. Το Σχήμα 1 συνοψίζει τα τυπογραφικά λάθη και τα χαρακτηριστικά των συσκευών ρομπότ και της αλληλεπίδρασής τους με το ασθενή, όπως εάν η μηχανική δομή του ρομπότ (exoskeleton vs. end-effector), ο τύπος ελέγχου (σύνθετη αντίσταση vs. αποδοχή), η αρχή της εργασίας (από κάτω προς τα πάνω έναντι από πάνω προς τα κάτω), το εμπλεκόμενο τμήμα του άνω άκρου (βραχίονας έναντι χεριού), το τύπος ανάδρασης (απτικής, ακουστικής ή οπτικής), ο τύπος κινητοποίηση (παθητική, υποβοηθούμενη όπως χρειάζεται ή ενεργητική) και η λειτουργία στόχου. Ο στόχος της αποκατάστασης θα μπορούσε να είναι εγγύς (όπως λειτουργίες βραχίονα) ή απομακρυσμένες (όπως λειτουργίες χεριού), αλλά μπορεί να μην συμπίπτει με τη θέση της διεπαφής ανθρώπινης μηχανής: για παράδειγμα, ένας τελικός τελεστής είναι συνήθως στοχευμένος στην αποκατάσταση του άνω άκρου (εγγύς), αλλά το Η διεπαφή βρίσκεται στο επίπεδο του χεριού (απώτερο) (19).



Εικόνα 2. Τεχνολογική και κλινική ταξινόμηση και χαρακτηριστικά των συσκευών ρομποτικής αποκατάστασης των άνω άκρων σε εγκεφαλικό επεισόδιο (Morone G, Cocchi I, Paolucci S, Iosa M. Robot-assisted therapy for arm recovery for stroke patients: state of the art and clinical implication. Expert review of medical devices. 2020;17(3):223-33).

4.5 Πρότυπα εκπαίδευσης

Τα πρότυπα εκπαίδευσης είναι σημαντικά σχετικά με την κινητική αποκατάσταση των ασθενών με εγκεφαλικό επεισόδιο. Για τον σχεδιασμό κατάλληλων προγραμμάτων αποκατάστασης με την χρήση της ρομποτικής τεχνολογίας υπάρχουν διαφορετικοί τρόποι εκπαίδευσης. Οι τρόποι εκπαίδευσης αφορούν την συμμετοχή του ασθενούς κατά τη διάρκεια εφαρμογής της ρομποτικής συσκευής και την δύναμη που εφαρμόζεται στο άνω άκρο. Για παράδειγμα, οι ενεργητικές ή παθητικές λειτουργίες υποδηλώνουν υπάρχει συμμετοχή ή όχι του ασθενούς στην κίνηση. Η υποβοηθούμενη κίνηση ή η κίνηση με αντίσταση αντικατοπτρίζει την προσφορά ρομποτικής συσκευής στην κίνηση του άνω άκρου (18).

Κατά τη διάρκεια εφαρμογής αντίστασης κατά την διάρκεια της κίνησης, ο ασθενής ολοκληρώνει την κίνηση υπό τη δύναμη αντίστασης που προσφέρει η ρομποτική συσκευή. Αυτό το είδος εκπαίδευσης επικεντρώνεται κυρίως στην εξάσκηση της δύναμης του ασθενούς. Η δύναμη αντίστασης προσαρμόζεται ανάλογα με την δυσλειτουργία του ημίπληκτου άνω άκρου στην αναπηρία του υποκειμένου. Ο περιορισμός του τρόπου προπόνησης με αντίσταση είναι ότι απαιτεί η υπολειπόμενη κινητική ικανότητα του ασθενούς είναι αρκετά ισχυρή για να ξεπεράσει την αντίσταση του ρομπότ. Επομένως, είναι καλύτερα να χρησιμοποιείται για ασθενείς σε μεταγενέστερη περίοδο εγκεφαλικού(18)

Στην ενεργητική μέθοδο εκπαίδευσης, ο ασθενής εκτελεί τη κίνηση με τη δική του ικανότητα, ενώ η λειτουργία της ρομποτικής συσκευής προσφέρει ανατροφοδότηση στους ασθενείς. Σε αυτό το είδος προπόνησης, η κίνηση ελέγχεται πλήρως από τον άνθρωπο, ενώ κανένα σύστημα ελέγχου δεν είναι χρειάζεται εδώ. η ενεργητική προπόνηση απαιτεί οι ασθενείς να έχουν αρκετή ικανότητα για ανεξάρτητη κίνηση (18).

Στη μέθοδο υποβοηθούμενης εκπαίδευσης, ο ασθενής εκτελεί εκούσια κίνηση του χεριού του με τη βοήθεια του ρομπότ. Το ρομπότ προσφέρει συνεχή δύναμη στο χέρι κατά τη διάρκεια τη κίνησης. Παρόλα αυτά, το βοηθητικό η μέθοδος εκπαίδευσης απαιτεί οι ασθενείς να έχουν υπολειμματικά κινητική ικανότητα. Στην ενεργητική υποβοηθούμενη αποκατάσταση ασθενής ολοκληρώνει την κίνηση με τη βοήθεια ρομπότ, αλλά εδώ, η ρομποτική συσκευή συμμετέχει μόνο όταν ο ασθενής δεν μπορεί να κουνήσει το χέρι μόνος του. Η συγκεκριμένη μέθοδος εκπαίδευσης χρησιμοποιείται ευρέως στο σύστημα ρομπότ αποκατάστασης. τρόπος υποστηρικτικής εκπαίδευσης απαιτεί το υπόλοιπο κινητική ικανότητα ή τουλάχιστον ότι ο ασθενής μπορεί να δημιουργήσει αρκετά κινητική πρόθεση(18).

Στην παθητική μέθοδο εκπαίδευσης, η κίνηση του άνω άκρου του ασθενούς εξαρτάται πλήρως από τη δύναμη που προσφέρει η ρομποτική συσκευή. Σύμφωνα με την έννοια της συνεχόμενης παθητικής κίνησης, η μαζική παθητική κίνηση θα βελτιώσει την κινητική ανάκαμψη. Η ρομποτική συσκευή παθητικής εκπαίδευσης ελέγχεται από μια θέση για επαναλαμβανόμενη προπόνηση κατά την οποία, η συσκευή μετακινεί το χέρι από την αρχική θέση στην τελική θέση και μετά μετακινείται πίσω στην αρχική θέση. Η παθητική εκπαίδευση έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως στο ρομποτικό σύστημα αποκατάστασης για το οποίο απαιτεί ικανότητα κίνησης του ασθενούς, εξακολουθεί να έχει περιορισμό για συμμετοχή των ασθενών και είναι πολύ σημαντική στην αποκατάσταση(18).

4.6 Παράγοντες αποκατάστασης

Ένα κρίσιμο ζήτημα σχετικά με τη χρήση της ρομποτικής στη νευροαποκατάσταση είναι ο καθορισμός των στόχων. Είναι κοινά αποδεκτό ότι ο στόχος της ρομποτικής αποκατάστασης είναι η λειτουργική βελτίωση του άνω άκρου. Αν και αυτός είναι ο κύριος στόχος, η ρομποτική τεχνολογία μπορεί να έχει πολλούς μεσοπρόθεσμους στόχους όπως: ο έλεγχος της σπαστικότητας, η βελτίωση της προσοχής και ο οπτικοκινητικός έλεγχος. Η νευροαποκατάσταση είναι μια ιατρική διαδικασία που στοχεύει στην ενίσχυση της λειτουργίας μέσω της πλαστικότητας. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, η αποκατάσταση είναι πολυπαραγοντική και με διαφορετικούς καθοριστικούς παράγοντες της νευροαποκατάστασης (19).

Καθοριστικοί παράγοντες στην αποκατάσταση του άνω άκρου μετά από βλάβες του κεντρικού νευρικού συστήματος αποτελούν: η ένταση, ο προσανατολισμός στην εργασία, η ανατροφοδότηση και η βιοανάδραση για αισθητηριακή κινητική ολοκλήρωση και ενίσχυση του κινήτρου της συμμετοχής. Η ανατροφοδότηση μέσω βίντεο, αυξάνει τη γνώση της ακρίβειας της κίνησης και της γνώσης της συνολικής απόδοσης και είναι αποτελεσματική για την ενίσχυση της ανάκτησης του φθάνοντας εργασία. Αυτή η ολοκλήρωση μεταξύ γνωστικής και κινητικής λειτουργίας θα συμβάλει τόσο στην ανάκτηση της κίνησης όσο και στη διαφορετική δοσολογία/ ολοκλήρωση του καθενός ανάλογα με το κινητικό και γνωστικό τομείς που επηρεάζουν τη συμπεριφορά και τη μάθηση στην εκτέλεση κινητικών εργασιών διαδικασία σε ασθενείς (19).

Σημαντικό στοιχείο στην κινητική εκμάθηση είναι η προσοχή. Πιο αναλυτικά, αποτελεί ένα βασικό συστατικό για την ενίσχυση της ανάκτησης που εξαρτάται από την πλαστικότητα. Τα γνωστικά συστήματα διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στην κινητική προσαρμογή, κινητική ανάκληση και κινητική απόκτηση νέας κινητικής συμπεριφοράς που συμβαίνει μέσω του σχηματισμού μακροπρόθεσμου κινήτρου μνήμες που κρύβουν τις αλλαγές της νευρικής συνδεσιμότητας στην παρεγκεφαλίδα- δίκτυο θαλαμο-φλοιού. Παραδόξως αυτή η πτυχή είναι ελάχιστα ενσωματωμένη και πολύ συχνά υποτιμάται στην αποκατάσταση

προγράμματα, αλλά αποτελεί βασικό στοιχείο στη Ρομποτική εκπαίδευση και σημείο του συζήτησης για την επόμενη γενιά ρομπότ (19).

Η πρόσφατη ανασκόπηση του Duret και των συνεργατών του ανέδειξε το ρόλος των ρομπότ για την αύξηση της έντασης της αποκατάστασης. Όπως το τόνισαν οι συγγραφείς, αυτό είναι σημαντικό επειδή ορισμένες μελέτες έδειξε ότι όσο μεγαλύτερος είναι ο χρόνος που αφιερώνεται στη θεραπεία, τόσο περισσότερο είναι η βελτίωση που επιτεύχθηκε (21). Ωστόσο, είναι δύσκολο να δοκιμαστεί αυτή η προσέγγιση με μια τυχαιοποιημένη ελεγχόμενη δοκιμή στην οποία πειραματική ομάδα έλαβε υψηλή δόση ρομποτικής αποκατάστασης και ομάδα ελέγχου χαμηλή δόση συμβατικής θεραπείας: τα δύο Οι ομάδες διέφεραν μεταξύ τους για δύο παράγοντες (χρόνο και είδος θεραπεία). Φέρνει στο παράδοξο της αποτελεσματικότητας που έχει ήδη επισημανθεί από την ομάδα μας, στην οποία η εξατομίκευση των θεραπειών μπορεί περιορίζουν παραδόξως τη σύγκριση μεταξύ των θεραπειών. Ωστόσο, η υψηλότερη ένταση σημαίνει μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, υποστηρίζοντας τον ορισμό της «έντασης» ως το ποσό της εργασίας που δαπανάται από τους ασθενείς καθώς εκτελούν μια κινητική εργασία σε ένα καθορισμένο χρονικό διάστημα. Πόσες κινήσεις εκτελούνται κατά τη διάρκεια ρομποτικό έναντι συμβατικού θεραπείας.

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό της ρομποτικής θεραπείας ο είδος και η ποσότητα της βοήθειας είναι άλλο, αλλά και της συμβατικής θεραπεία. Η διαφορά είναι το γεγονός ότι το ρομπότ μπορεί αντικειμενικά αναφέρετε αυτές τις παραμέτρους. Οδηγεί σε ένα άλλο χαρακτηριστικό των ρομπότ: τη δυνατότητα χρήσης τους και για αντικειμενική αξιολόγηση του Λειτουργίες άνω άκρου. Ο θεραπευτής θα μπορούσε να παρέχει μια ημιποσοτική αξιολόγηση της συμμετοχής του ασθενούς στο τη δική της αποκατάσταση, αλλά το ρομπότ μπορεί να ποσοτικοποιήσει κάποια φυσική παράμετρος που μπορεί να έχει το πλεονέκτημα ότι είναι περισσότερο σκοπός. (19)

Παρόλα αυτά, δεν είναι ξεκάθαρα όλες οι μετρήσιμες παράμετροι ερμηνεύσιμο από κλινική άποψη. Η μετα-ανάλυση του Οι Zhang et al. τόνισε ότι η ρομποτική θεραπεία ήταν πιο αποτελεσματική από το συμβατικό όταν χρησιμοποιείται επιπλέον σε αυτό, και όχι σε υποκατάστασης και όταν χρησιμοποιείται σε χρόνιους ασθενείς με εγκεφαλικό με σε σχέση με εκείνα που βρίσκονται σε υποξεία φάση (22). Σε αυτό το σενάριο, εμείς θα πρέπει να έχετε κατά νου ότι στις περισσότερες από τις δοκιμές η ρομποτική θεραπεία είναι σε συνδυασμό με συμβατική θεραπεία στις 2 ή 3 ώρες της ημέρας θεραπεία αλλά και με φαρμακολογικές παρεμβάσεις αποφασίστηκε από γιατρούς και με γνωστική αποκατάσταση όταν χρειάζεται. Προς το παρόν, η ρομποτική θεραπεία δεν χορηγείται μόνη της γιατί πολύ αλλοτριωτικό και υπερβολικά περιορισμένο σε λίγους συγκεκριμένες λειτουργίες

4.7 Πλεονεκτήματα και περιορισμοί

Η μέθοδος της ρομποτικής αποκατάστασης μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ασθενείς ανεξάρτητα από το επίπεδο της κινητικής δυσλειτουργίας. Η ρομποτική τεχνολογία προσφέρει ένα ποσοτικοποιήσιμο μέτρο της απόδοσης του ασθενούς, την επανάληψη των πρωτοκόλλων θεραπείας χωρίς την ανάγκη της συνεχούς συμμετοχής των θεραπειών σώζοντας μια σημαντική ποσότητα της ανθρώπινης εργασίας που μπορεί να οδηγήσει σε υψηλό κόστος. Στην πραγματικότητα, οι παραδοσιακές μέθοδοι που βασίζονται σε θεραπευτές απαιτούν αρκετές συνεδρίες εκπαίδευσης αποκατάστασης, προκαλώντας μη πρακτικές και μη προσιτές θεραπείες για πολλούς ασθενείς. Οι τεχνικές ρομποτικής θεραπείας εγγυώνται μια ασφαλή, εντατική και προσανατολισμένη στην εργασία αποκατάσταση σε σχετικά μέτριο κόστος. Μπορούν να εφαρμόσουν δυνάμεις με ακρίβεια για την ενίσχυση των μυών, την αύξηση του εύρους κίνησης των αρθρώσεων και την βελτίωση του συντονισμού (23). Η ρομποτική θεραπεία πλεονεκτεί σε σχέση με την συμβατική θεραπεία όσον αφορά την ικανότητα παροχής υψηλής δόσης και υψηλής έντασης θεραπείας. Το γεγονός αυτό καθιστά την ρομποτική αποκατάσταση μέθοδο θεραπείας σε ασθενείς μετά από εγκεφαλικό επεισόδιο ή ασθενείς με κάκωση του νωτιαίου μυελού (22).

Οι ρομποτικές συσκευές παρέχουν επίσης οπτική ανατροφοδότηση και μπορεί να διορθωθούν οι εξασθενημένες κινήσεις. Επιπλέον, οι θεραπείες μπορούν να ποσοτικοποιηθούν εύκολα και να συλλέξουν έναν αριθμό των παραμέτρων που είναι χρήσιμες για την παρακολούθηση της κατάστασης του ασθενούς σχετικά με την σπαστικότητα και το επίπεδο εκούσιου ελέγχου (23).

Ένα επιπλέον πλεονέκτημα της ρομποτικής αποκατάστασης είναι η δυνατότητα συνδυασμού με άλλα επιτεύγματα της τεχνολογίας, όπως είναι η εικονική πραγματικότητα. Ο συνδυασμός αυτός επιτρέπει τους ασθενείς να βελτιώσουν την απόδοσή τους, χωρίς τη συνεχή επίβλεψη από τον θεραπευτή. Από την άλλη, η ρομποτική θεραπεία αποκατάστασης δίνει τον χρόνο στο θεραπευτή ώστε να πραγματοποιεί θεραπεία με δύο ή περισσότερους ασθενείς ταυτόχρονα(23).

Τέλος, έχει σημειωθεί ότι η ρομποτική τεχνολογία μπορεί να βελτιώσει την προσβασιμότητα στην αποκατάσταση. Στην πραγματικότητα, ένας ασθενής προτιμά να χρησιμοποιεί το μη προσβεβλημένο μέλος σε καθημερινές δραστηριότητες, παραβλέποντας το προσβεβλημένο μέλος. Η ρομποτική τεχνολογία δίνει τη δυνατότητα αποκατάστασης και σε απομακρυσμένες τοποθεσίες, όπως το σπίτι με την χρήση ρομποτικών συσκευών (23).

Παρά αυτά τα σημειωμένα πλεονεκτήματα, υπάρχουν ορισμένα όρια και οι περιορισμοί αποκατάστασης που βασίζονται σε ρομπότ δεν μπορούν να παραλειφθούν. Πρώτον, υπάρχει ένα σημαντικό χάσμα μεταξύ της αποτελεσματικότητας των ρομποτικών συσκευών αποκατάστασης και των

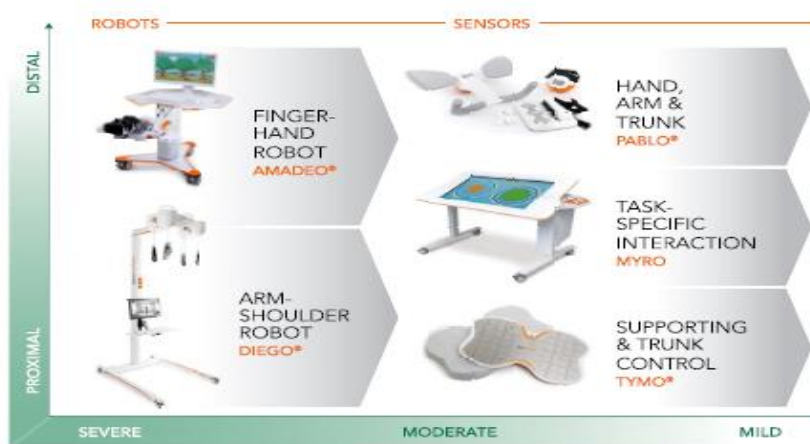
προσδοκιών των ανθρώπων. Αυτό το στοιχείο μπορεί να επηρεάσει αρνητικά τον ασθενή κατά τη διάρκεια της θεραπείας. Ειδικότερα, η εξατομίκευση εξακολουθεί να είναι δύσκολη λόγω της πολυπλοκότητας του σχεδιασμού των συσκευών. Ένα άλλο περαιτέρω ζήτημα είναι ο προσδιορισμός του στην πιο αποτελεσματική δόση προπόνησης αποκατάστασης (23).

Η ασφάλεια του χρήστη πρέπει να είναι εγγυημένη κατά τη διάρκεια της προπόνησης, αποφεύγοντας τη μη γραμμική κίνηση του ασθενούς. Επίσης, το υψηλό κόστος πρόσβασης στην θεραπεία οδηγεί τους ασθενείς στην απόρριψη της ρομποτικής θεραπείας. Η αναλογία μεταξύ της τιμής και οι επιδόσεις είναι μάλλον μη ικανοποιητικές λόγω του υψηλού κόστους ανάπτυξης σε συνδυασμό με ένα σχετικά όφελος για ασθενείς και κλινικές. Αυτά τα μειονεκτήματα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στη συνολική αξιολόγηση της ρομποτικής εφαρμογής. μόνο ένας περιορισμένος αριθμός από ασθενείς με εγκεφαλικό (5%-15%) που χρειάζονται υποβοήθηση συσκευές και τεχνολογίες ενδέχεται να έχουν πρόσβαση σε αυτήν την υπηρεσία. (23).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΡΟΜΠΟΤΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΑΝΩ ΑΚΡΟΥ

5.1 Εισαγωγή

Η ευρέως χρησιμοποιούμενη εμπορική σειρά συσκευών προσφέρεται από την Tyromotion GmbH (Graz, Αυστρία). Η σειρά περιλαμβάνει δύο ρομποτικές συσκευές, την AMADEO και DIEGO, καθώς επίσης και τρία συστήματα τα οποία βασίζονται σε αισθητήρες, PABLO, TYMO και MYRO (Εικόνα 1). Οι μέθοδοι θεραπείας εκτείνονται από παθητική κινητοποίηση σε ενεργά υποβοηθούμενη, ενεργητική και ασκήσεις αντίστασης. Για να μεγιστοποιηθεί η ενεργός συμμετοχή των ασθενών κατά τη διάρκεια της θεραπείας, η χρήση ρομπότ μεταβαίνει από μηχανοκίνητη βοήθεια, όταν δεν είναι πλέον ωφέλιμη στον ασθενή, σε συστήματα ανάδρασης που βασίζονται σε αισθητήρες. Για το άνω άκρο, 2 ρομποτικά και 3 συστήματα αισθητήρων καλύπτουν τις απαιτήσεις ολόκληρου του άνω άκρου και του κορμού με σκοπό την αποκατάσταση για Χρήση θεραπευτικής ρομποτικής τεχνολογίας(17)



Εικόνα 3 Εφαρμογή συστημάτων αποκατάστασης σε σχέση με τις ατομικές ανάγκες του ασθενούς (Morone G, Cocchi I, Paolucci S, Iosa M. Robot-assisted therapy for arm recovery for stroke patients: state of the art and clinical implication. Expert review of medical devices. 2020;17(3):223-33)

Η λειτουργία της άκρας χείρας και ιδιαίτερα η έκταση των δακτύλων είναι ζωτικής σημασίας για την ενασχόληση με καθημερινές δραστηριότητες όπως η σύλληψη ενός ποτηριού ή το κούμπωμα των ρούχων. Ασθενείς με σοβαρή βλάβη δεν μπορούν να εκτελέσουν τα παραπάνω καθήκοντα. Αυτά τα καθήκοντα είναι δύσκολα, εξαντλητικά και προκαλούν υψηλό επίπεδο απογοήτευσης που συχνά οδηγεί σε μη χρήση του άνω άκρου (17).

Μια ρομποτική συσκευή άκρας χείρας, όπως το AMADEO, βοηθά στην εκπαίδευση κινήσεων σύλληψης και έκτασης σε στοχευμένα δάκτυλα. Η ενεργή συμμετοχή του προσβεβλημένου χεριού του ασθενούς, προωθείται μέσω της βιοανάδρασης και της υποβοήθησης. Ασθενείς οι οποίοι είναι μετά βίας ικανοί ή ανίκανοι να εκτελέσουν κινήσεις σύλληψης, μπορούν να εκτελέσουν εκατοντάδες κινήσεις

σύλληψης με την βοήθεια μιας ρομποτικής συσκευής, η οποία παρέχει μέσω της κίνησης εντατική διέγερση στον εγκέφαλο (17).

Ολόκληρο το χέρι και μεμονωμένες ασκήσεις δακτύλων μπορούν να ελεγχθούν μέσω της ισομετρικής δύναμης, το εύρος κίνησης ή το επιφανειακό ηλεκτρομυογράφημα, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκπαίδευση σε διαφορετικές λειτουργικές δραστηριότητες. Η σπαστικότητα μπορεί να αντιμετωπίζονται με την εφαρμογή δόνησης και συνεχούς παθητική κίνηση, τα οποία είναι αποτελεσματικά εργαλεία για να προετοιμάστε το χέρι για ενεργή και λειτουργική χρήση κατά τη διάρκεια θεραπειών(17).

Η τοποθέτηση του βραχίονα μακριά από τον κορμό αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την λειτουργική χρήση του άκρου. Η κίνηση του χεριού με την παράλληλη σταθεροποίηση του κορμού αποτελεί πρόκληση για τον θεραπευτή. Μια ρομποτική συσκευή, όπως το DIEGO, βοηθά στη διευκόλυνση της θεραπείας χρησιμοποιώντας ένα έξυπνο σύστημα αντιστάθμισης βάρους του βραχίονα. Το ένα ή και τα δύο χέρια συνδέονται με τον καρπό και τον αγκώνα σφεντόνες σε ανασυρόμενα σχοινιά που ελέγχονται από 4 ανεξάρτητοι κινητήρες εξοπλισμένοι με αισθητήρες. Αυτό επιτρέπει τη μονομερή ή διμερή βοήθεια ανάλογα με τις ανάγκες προσαρμόζεται στην πραγματική θέση του άνω άκρου μέσα τρισδιάστατος χώρος. Η άπω βοήθεια καρπού και αγκώνα αυξάνει τη σταθερότητα του εγγύς κορμού και των ώμων και βοηθά στη μείωση των αντισταθμιστικών κινήσεων (17).

Οι λειτουργικές κινήσεις μπορούν να εκπαιδευτούν στο σύνολό τους και με έμφαση στην ανύψωση, την προσέγγιση και τη μεταφορά συνιστώσες της κίνησης ή στοχεύοντας ένα συγκεκριμένο κίνηση της άρθρωσης σε επίπεδο βλάβης. Στο ίδιο χρόνο, ο θεραπευτής έχει πλήρη πρόσβαση για πρακτική (π.χ. διευκόλυνση ωμοπλάτης και έλεγχος κορμού κατά τη διάρκεια εκπαίδευση). Εν συντομία, η ρομποτική στήριξη βραχίονα επιτρέπει λειτουργικές κινήσεις των χεριών με μεγάλους αριθμούς επαναλήψεων σε ένα θεραπευτικό περιβάλλον παιχνιδιού. (17).

Ρομποτική συσκευή που επιτρέπει την παθητική, ενεργητική και ενεργητική υποβοηθούμενη κίνηση στην άρθρωση του ώμου και του αγκώνα (Motore, Humanware, Italy). Μια ρομποτική συσκευή που επιτρέπει την παθητική, ενεργητική και ενεργητική υποβοηθούμενη κίνηση κάμψης και έκτασης δακτύλων (Amadeo, Tyromotion, Αυστρία). Ένα σύστημα που βασίζεται σε αισθητήρες που επιτρέπει μη υποστηριζόμενες τρισδιάστατες κινήσεις της άρθρωσης του ώμου, του αγκώνα και του καρπού, αμφότερες μη χειροκίνητες και bimanual (Pablo, Tyromotion, Αυστρία). Σύστημα που επιτρέπει την τρισδιάστατη, μη χειροκίνητη και αμφίχειρη, κινήσεις της άρθρωσης του ώμου, με στήριξη του βάρους του βραχίονα (Diego, Tyromotion, Αυστρία). Κατά τη διάρκεια της θεραπείας, τα υποκείμενα εκτελούσε τόσο κινητικές

όσο και γνωστικές εργασίες και τις συσκευές παρείχε οπτική και ακουστική ανατροφοδότηση. Επιπλέον, ένα δονητικό εφαρμόστηκε θεραπεία (με συχνότητα 60 Hz), χρησιμοποιώντας το σύστημα Amadeo, για αύξηση της ιδιοδεκτικότητας του χεριού, πριν την προπόνηση των δακτύλων (24)

Όσον αφορά τα πρωτόκολλα αποκατάστασης, οι λίστες ασκήσεων αναφέρονται σε μια τυπική συνεδρία αποκατάστασης 45 λεπτών. Για να προσαρμοστεί το πρωτόκολλο στο επίπεδο βλάβης του ασθενούς, κάθε ασθενής κατηγοριοποιήθηκε πρώτα ως «βαριά», «μέτρια» ή «ήπια», σύμφωνα με την αξιολόγηση Fugl-Meyer (FMA): σοβαρή (FMA 0 – 28). μέτρια (FMA 29 – 42); και ήπιο (FMA 43 – 66) (24).

5.2 Motore (Humanware)

Το MOTORE είναι μια επίπεδη end-effector συσκευή εξοπλισμένη με μια ενσωματωμένη υπολογιστική μονάδα, ένα σύστημα βασισμένο σε κωδικοποιητές και ένα ειδικά σχεδιασμένο παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού, το οποίο αναγνωρίζει μοτίβα στην επιφάνεια εργασίας).

Η συσκευή διαθέτει 3 κινητήρες συνεχούς ρεύματος ώστε να μπορεί (α) να βοηθήσει τον ασθενή όταν δεν είναι σε θέση να ολοκληρώσει την εργασία, (β) να αποτρέψει κινήσεις διαφορετικές από τις ιδανικές τροχιές, (γ) να παρέχει διαφορετικές συμπεριφορές βάρους δ) διατηρήστε έναν σωστό προσανατολισμό στο επίπεδο. Η συσκευή παράγει ανάδραση δύναμης χωρίς καμία ενδιάμεση σύνδεση με το έδαφος ή το πλαίσιο, χάρη στην κίνηση των τροχών και χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες που λαμβάνονται από την κυψέλη φορτίου.

Μια σύνδεση Bluetooth συνδέει τη συσκευή με μια μονάδα υπολογιστή, όπου ένα λογισμικό εμφανίζει στόχους που πρέπει να επιτευχθούν και τροχιές που πρέπει να ακολουθηθούν καθώς και μια διεπαφή χρήστη/θεραπευτή για την επιλογή των παραμέτρων άσκησης.





Εικόνα 4 Motore (Humanware) (Aprile I, Germanotta M, Cruciani A, Loreti S, Pecchioli C, Cecchi F, et al. Upper Limb Robotic Rehabilitation After Stroke: A Multicenter, Randomized Clinical Trial. *Journal of neurologic physical therapy : JNPT.* 2020;44(1):3-14).

Τρόποι βοήθειας που χρησιμοποιούνται στα πρωτόκολλα

- Παθητικός ασθενής. Ο χειρισμός καθοδηγεί τον ασθενή ανεξάρτητα από την ικανότητα του τελευταίου. Πρακτικά, αυτό επιτρέπει στον ασθενή να εκτελέσει την άσκηση με παθητικό τρόπο. Αυτή η λειτουργία είναι επίσης χρήσιμη για να δείξει στον ασθενή πώς να κάνει σωστά την άσκηση.

- Automode. Εάν ο ασθενής παραμείνει πολύ μακριά από την τροχιά, το ρομπότ θα ασκήσει μια αυξανόμενη ανθεκτική δύναμη για να τον επαναφέρει στην ιδανική τροχιά. Εάν ο ασθενής δεν ξεκινήσει ή παραμένει ακίνητος, το ρομπότ συνοδεύει τον ασθενή σε ένα μέρος της τροχιάς και περιμένει. Εάν ο ασθενής εξακολουθεί να μην ξεκινά ή παραμένει ακίνητος, το ρομπότ συνοδεύει τον ασθενή σε ένα άλλο τμήμα της τροχιάς

Άσκηση	Παράμετροι	Εικόνες
<p>Trajectories</p> <p>Ο ασθενής καλείται να οδηγήσει το αυτοκίνητό του κατά μήκος μιας από τις επιλέξιμες διαδρομές</p>	<p>Shape: Oval Number 8, Letter P or D Track position: center or lateral Direction: clockwise (CW) or counterclockwise (CCW)</p> <p>Size: small or large</p>	
<p>Coins</p> <p>Ζητείται από τον ασθενή να αρπάξει μερικά νομίσματα και να τα φέρει πίσω στο κέντρο του πάγκου εργασίας, όπου θα συσσωρευτούν</p>	<p>Direction: clockwise (CW) or counterclockwise (CCW) Size: small or large</p>	
<p>Washing dishes</p> <p>Ζητείται από τον ασθενή να πλύνει τα πιάτα σύμφωνα με μια προκαθορισμένη σειρά ενεργειών (φέρτε το πιάτο στο νεροχύτη,</p>	-	

<p>ανοίξτε τη βρύση, φτάστε το σφουγγάρι κ.λπ.).</p>		
--	--	---

Πρωτόκολλα αποκατάστασης

Motore: 45-min protocol for a patient with a severe disability

Τύπος	Άσκηση	Παράμετροι	Επαναλήψεις
Παθητικός ασθενής	Trajectory	Oval, lateral, CCW, small	10 laps
		Eight, lateral, CCW, small	10 laps
	Coins	CCW, small	100 movements
	Trajectory	Oval, lateral, CCW, small	10 laps
		Oval, lateral, CW, small	10 laps

Motore: 45-min protocol for a patient with a moderate disability

Τύπος	Άσκηση	Παράμετροι	Επαναλήψεις
Παθητικός ασθενής	Trajectory	Oval, Lateral, CCW, small or large	10 laps
	Washing Dishes	-	2 exercises
Automode (βοήθεια στο χέρι)	Trajectory	Oval, Lateral, CW, small or large	20 laps
		Oval, Center, CCW, small or large	10 laps
		D, Lateral, CCW, small or large	10 laps

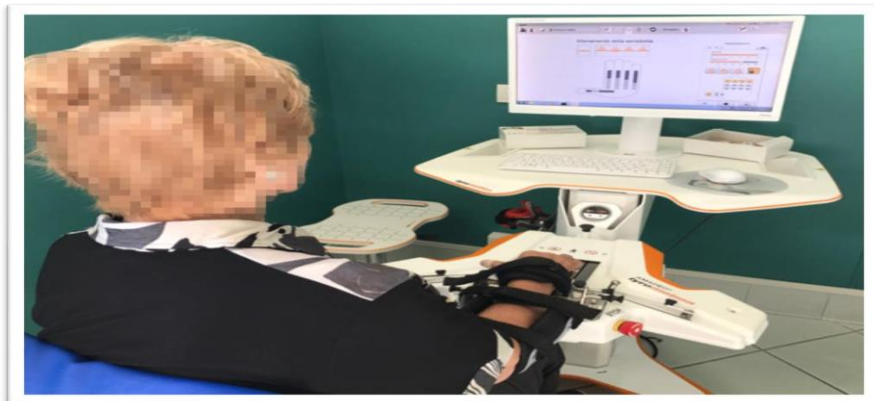
		Oval, Lateral, CCW, small or large	10 laps
	Cleaning Dishes	-	1 exercise
Automode	Trajectory	Oval, Lateral, CCW, small or large	10 laps

Motore: 45-min protocol for a patient with a mild disability



Τύπος	Άσκηση	Παράμετροι	Επανάληψεις
Παθητικός ασθενής	Trajectory	Oval, Lateral, CCW, small or large	10 laps
Automode	Trajectory	Oval, Lateral, CCW, small or large	30 laps
		Oval, Lateral, CW, small or large	10 laps
		Oval, Center, CCW, small or large	10 laps
		Eight, Center, CCW, small or large	20 laps
		D, Center, CCW, small or large	10 laps
		P, Center, CCW, small or large	10 laps
	Coins	CCW, small or large	100 movements
		CW, small or large	100 movements
	Washing Dishes	-	2 exercises


5.3 Amadeo, Tyromotion

Το Amadeo είναι ένα ρομπότ end-effector για την αποκατάσταση των δακτύλων, με 5 βαθμούς ελευθερίας. Παρέχει την κίνηση ενός ή και των πέντε δακτύλων, χάρη σε μια παθητική περιστροφική άρθρωση που τοποθετείται μεταξύ της άκρης του δακτύλου και μιας οντότητας που κινείται πλευρικά (ο αντίχειρας έχει δύο παθητικές περιστροφικές αρθρώσεις).. Η διάταξη περιελάμβανε τη στερέωση ενός μικρού μαγνητικού δίσκου σε κάθε δάκτυλο με ταινία για σύνδεση με τον τελικό τελεστή, ο οποίος θα κινούνταν εμπρός και πίσω σύμφωνα με λωρίδες ευθυγραμμισμένες με την κατεύθυνση κίνησης του δακτύλου. Ο καρπός ακινητοποιείται χρησιμοποιώντας λουράκι Velcro έτσι ώστε ο αγκώνας και ο ώμος να εμποδίζονται να κινηθούν. Το ρομπότ μπορεί να βαθμονομήσει το πλήρες παθητικό εύρος κίνησης για κάθε δάκτυλο πριν από την έναρξη μιας συνεδρίας και να παρέχει τη βοηθητική δύναμη στους ασθενείς για να ολοκληρώσουν το υπόλοιπο εύρος κίνησης κατά τη διάρκεια μιας άσκησης. Επιπλέον, καταγράφεται η μέγιστη δύναμη κάμψης και έκτασης για κάθε δάκτυλο για τη βαθμονόμηση της άσκησης όπου απαιτείται έλεγχος δύναμης.



Εικόνα 5 Amadeo, Tyromotion (Aprile J, Germanotta M, Cruciani A, Loreti S, Pecchioli C, Cecchi F, et al. Upper Limb Robotic Rehabilitation After Stroke: A Multicenter, Randomized Clinical Trial. *Journal of neurologic physical therapy* : JNPT. 2020;44(1):3-14).

Θεραπεία	Παράμετροι	Εικόνες
<p>Sensitivity training</p> <p>Μια δονητική θεραπεία για την αύξηση της ιδιοδεκτικότητας</p>	<p>Frequency (always 60 Hz in the protocol)</p>	
<p>CPM Plus</p> <p>Τα δάχτυλα κινούνται παθητικά από τη συσκευή σε όλο το προκαθορισμένο εύρος κίνησης. Οι ασθενείς καλούνται να συνεργαστούν μετακινώντας τα δάχτυλά του/της ταυτόχρονα με τη συσκευή. Εάν συμβεί σπαστικότητα, η κίνηση λαβής σταματάει αμέσως</p> <p>δάχτυλο υπερβαίνει το όριο αντοχής.</p>	<p>Παθητικό εύρος κίνησης</p>	
<p>Spasticity treatment</p> <p>Τα μεμονωμένα δάχτυλα κινούνται στη θεραπεία σπαστικότητας, όπως και για το «CPM Plus». Στη θεραπεία σπαστικότητας διακόπτεται μόνο το δάκτυλο που ξεπέρασε το όριο, σε αντίθεση με το «CPM Plus». Όλα τα άλλα δάχτυλα συνεχίζουν την κίνηση μέχρι να φτάσει το όριο δύναμης</p> <p>υπερβεί ή μέχρι να φτάσει στο τέλος του ρυθμισμένου εύρους κίνησης.</p>	<p>Παθητικό εύρος κίνησης</p>	
<p>Assistive therapy</p> <p>Αυτό το πρόγραμμα δίνει στον ασθενή τη δυνατότητα να εκτελεί ενεργά την κίνηση – όσο το δυνατόν περισσότερο – με τη δύναμη του δακτύλου του. Το</p>		

<p>σύστημα αναλαμβάνει και ολοκληρώνει την επέκταση ή την κάμψη εάν τα ρυθμιστικά των δακτύλων δεν μετακινούνται πλέον</p>	<p>Παθητικό εύρος κίνησης</p>	
--	-------------------------------	--

Πρωτόκολλα αποκατάστασης

Amadeo: 45-min protocol for a patient with a severe disability

Exercise	Repetition/times
Sensitivity therapy	5 minutes
Spasticity treatment	120 repetitions
Sensitivity therapy	5 minutes

Amadeo: 45-min protocol for a patient with a moderate disability

Exercise	Repetition/times
Sensitivity therapy	5 minutes
Spasticity treatment	30 repetitions
CPM Plus	60 repetitions
Spasticity treatment	30 repetitions
Sensitivity therapy	5 minutes

Amadeo: 45-min protocol for a patient with a mild disability

Exercise	Repetition/times
Sensitivity therapy	5 minutes
Spasticity treatment	30 repetitions
CPM Plus	60 repetitions
Assistive therapy	25 repetitions
Sensitivity therapy	5 minutes

5.4 Σύστημα Diego

Το σύστημα Diego είναι μια συσκευή αποκατάστασης ώμου-βραχίονα. Αποτελείται από δύο εξαρτήματα τα οποία κρέμονται πάνω από τον ασθενή και επιτρέπουν ξεχωριστές θεραπευτικές θεραπείες για κάθε βραχίονα. Δύο κρεμαστά σχοινιά τραβούν το χέρι του ασθενούς προς τα πάνω σε δύο θέσεις (προσαρτημένα στον καρπό και τον αγκώνα). Η δύναμη προς τα πάνω μπορεί να ρυθμιστεί ξεχωριστά. Το σύστημα μπορεί να λειτουργήσει με μία ή δύο εξαρτήματα. Και οι δύο βραχίονες μπορούν να αντιμετωπιστούν ταυτόχρονα εάν είναι ενεργοποιημένη η λειτουργία για δύο Arm Units. Κάθε Arm Unit περιέχει δύο ηλεκτρικούς κινητήρες, οι οποίοι επιτρέπουν μια ανεξάρτητα ρυθμιζόμενη μείωση βάρους του ενός βραχίονα στον αγκώνα και τον καρπό του ασθενούς. Η συσκευή μπορεί να εφαρμοστεί μονομερώς ή αμφίπλευρα και χρησιμοποιεί «έξυπνη αντιστάθμιση βαρύτητας» για να αφαιρέσει το βάρος του άκρου και να διευκολύνει την κίνηση σε τρεις διαστάσεις, όπως ένα κινητό στήριγμα βραχίονα (24).



Εικόνα 6 Diego (Aprile I, Germanotta M, Cruciani A, Loreti S, Pecchioli C, Cecchi F, et al. Upper Limb Robotic Rehabilitation After Stroke: A Multicenter, Randomized Clinical Trial. *Journal of neurologic physical therapy* : JNPT. 2020;44(1):3-14)

3.1. Ασκήσεις και τρόποι βοήθειας που χρησιμοποιούνται στα πρωτόκολλα

3.1.1. Θεραπείες κίνησης

- Υποβοηθητική θεραπεία. Κατά τη διάρκεια αυτού του προγράμματος, οι ασθενείς μπορούν να χρησιμοποιήσουν τη δική τους δύναμη για να κινήσουν ενεργά τα χέρια τους όσο το δυνατόν περισσότερο. Το σύστημα τελικά αναλαμβάνει και ολοκληρώνει τις κινήσεις ενάντια στη βαρύτητα εάν ο ασθενής δεν ασκεί πλέον καμία δύναμη στα σχοινιά.

- Θεραπεία συμμετρίας. Και τα δύο χέρια πρέπει να βρίσκονται σε συμμετρική θέση ή να εκτελούν μια συμμετρική κίνηση (όσο το δυνατόν πιο συμμετρική). Ο ένας βραχίονας ορίζει τη θέση ή την κίνηση, ενώ ο άλλος τραβιέται στο σωστό ύψος με τη ρυθμιζόμενη λειτουργία υποβοήθησης (ενάντια στη βαρύτητα).

3.1.2. Θεραπείες με χρήση παιχνιδιών

Ενεργή εκπαίδευση σε εικονικό περιβάλλον με την εκτέλεση διαφόρων στοχοθετημένων εργασιών. οι ασθενείς πρέπει να κινήσουν την άρθρωση του ώμου για να επιτύχουν πολλές στοχευμένες εργασίες (πιάνουν ένα μήλο με ένα καλάθι, μετακινούν ένα μπαλόνι αποφεύγοντας εμπόδια, κ.λπ., βλ. Πίνακας 7). Η συσκευή μπορεί να βοηθήσει τον ασθενή αφαιρώντας το βάρος του άκρου και να βοηθήσει την κίνηση ενάντια στη βαρύτητα. Ορισμένες από αυτές τις θεραπείες παρέχονται επίσης με απλοποιημένο γραφικό («βασική έκδοση»).

Οι ασκήσεις μπορούν να γίνουν:

- χρησιμοποιώντας μόνο τον προσβεβλημένο βραχίονα.
- ή διμερώς.

Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες ασκήσεων, οι οποίες μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

“1D precision” or *“1D reaction (επιλεκτικές κινήσεις, π.χ. κάμψη/έκταση ώμου ή ώμος και/προσαγωγή)*


“2D motricity” συνδυασμένες κινήσεις σε οβελιαίο και μετωπιαίο επίπεδο ή σε εγκάρσιο επίπεδο)





“2D cognitive (κινήσεις σε οβελιαίο και μετωπιαίο επίπεδο ή σε εγκάρσιο επίπεδο, με γνωστικά αιτήματα).


Virtual Reality (κινήσεις σε τρισδιάστατο χώρο).



κάθε παιχνίδι έχει πολλά επίπεδα, με αυξανόμενη δυσκολία (π.χ. στο παιχνίδι Apprehunter, ο αριθμός των μήλων που πέφτουν, καθώς και η ταχύτητά τους, αυξάνονται και το μέγεθος του καλάθιού μειώνεται προοδευτικά). Το παιχνίδι πηγαίνει στο επόμενο επίπεδο εάν οι ασθενείς εκτελέσουν τα απαιτούμενα αιτήματα που έχουν προκαθοριστεί στο λογισμικό.

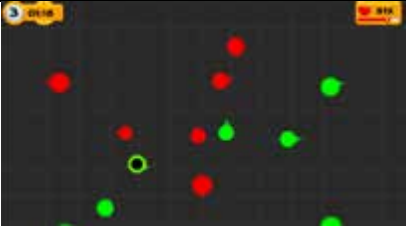
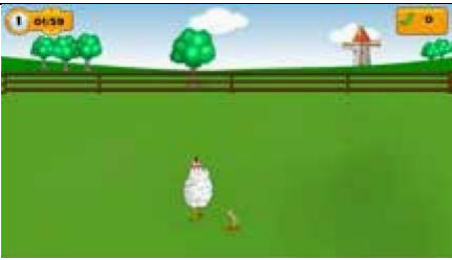

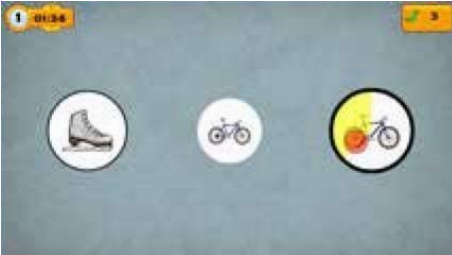
Το εύρος κίνησης και η υποστήριξη κατά της βαρύτητας που παρέχει η συσκευή ρυθμίζονται καθημερινά για κάθε ασθενή, ανάλογα με τον/την: (α) πόνος στον ώμο. (β) εύρος κίνησης. (γ) σπαστικότητα. και (δ) δύναμη.


Game names	Categories	
Elevator Λειτουργία ανελκυστήρα σε κτίριο. τα άτομα πρέπει να παραληφθούν και να οδηγηθούν στον σωστό όροφο.	1D precision	


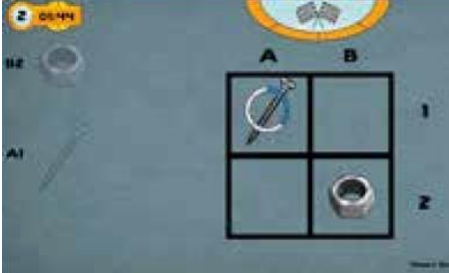
<p>Ballon</p> <p>Ελιγμός ενός μπαλονιού μέσα από μια πορεία και περασμένα εμπόδια</p>	<p>1D precision</p>	
<p>Applehunter</p> <p>Τα μήλα που πέφτουν πρέπει να πιάνονται με ένα καλάθι</p>	<p>1D precision</p>	
<p>Firefighters</p> <p>Οι φλόγες που φουντώνουν πρέπει να σβήνουν με πίδακα νερού όσο το δυνατόν ακριβέστερα, επιτυγχάνοντας και διατηρώντας την απαιτούμενη αντοχή ή/και επίπεδο κίνησης</p>	<p>1D precision</p>	
<p>Cars</p> <p>Διεύθυνση οχήματος στην κυκλοφορία</p>	<p>1D precision</p>	



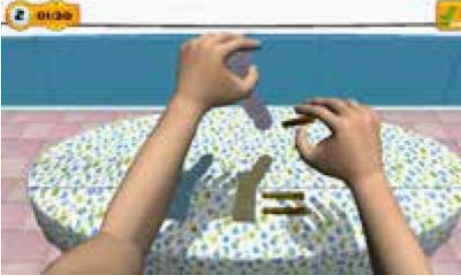
<p>Shooting Cans</p> <p>Οι κονσέρβες περνούν πέρα από ένα σταθερό πλέγμα στην οθόνη. Αν τραβήξετε τη σκανδάλη τη σωστή στιγμή, θα πυροβολήσετε τα δοχεία: έγκαιρη ενεργοποίηση της δύναμης ή/και των κινητικών παλμών</p>	<p>1D reaction</p>	
--	--------------------	--

<p>Recycle</p> <p>Μαζέψτε διαφορετικά κομμάτια απορριμμάτων με μια λαβή και αποθέστε τα στο αντίστοιχο δοχείο: Επίτευξη και διατήρηση της απαιτούμενης αντοχής ή/και κίνησης</p> <p>επίπεδο</p>	<p>1D reaction</p>	
<p>Dinner</p> <p>Σωστή τοποθέτηση των πιάτων, των ποτηριών, των μαχαιριών, των πιρουινιών και των κουταλιών στα πατάκια (σαν να στέκονται μπροστά στο τραπέζι).</p>	<p>2D motricity</p>	

<p>Get green</p> <p>Ο ασθενής ελέγχει μια κουκκίδα και πρέπει να την καθοδηγήσει στους πράσινους κύκλους και να αποφύγει τους κόκκινους κύκλους.</p>	<p>2D motricity</p>	
<p>Chicken and worm</p> <p>Ένα κοτόπουλο πρέπει να ελέγχεται ενώ μαζεύει σκουλήκια από το έδαφος.</p>	<p>2D motricity</p>	
<p>Crab</p> <p>Ένα καβούρι τρέχει στην παραλία. Η κατεύθυνση και η ταχύτητα ελέγχονται από τον ασθενή. Ο στόχος είναι να πιάσει όσο το δυνατόν περισσότερα από τα μυρμήγκια, τα οποία προσπαθούν να τρέξουν μακριά από το</p> <p>Κάβουρας.</p>	<p>2D motricity</p>	
<p>Symbols</p> <p>Εντοπισμός πανομοιότυπων συμβόλων και μετακίνηση της κόκκινης κουκκίδας (δρομέας) στο ίδιο σύμβολο σε μια επιλογή συμβόλων και παραμονή εκεί. Στη συνέχεια, επιστρέψτε στο κέντρο</p>	<p>2D cognitive</p>	

<p>της επιφάνειας παιχνιδιού για να ενεργοποιήσετε το επόμενο σύμβολο</p>		
<p>Missing symbols</p> <p>Λείπει ένα σύμβολο στην παρακάτω γραμμή και ο ασθενής πρέπει να το επιλέξει από την παραπάνω γραμμή και να το τοποθετήσει στη σωστή θέση.</p>	<p>2D cognitive</p>	

<p>Draw by numbers</p> <p>Ο ασθενής ελέγχει την πένα και πρέπει να συνδέσει τις τελείες με τη σωστή σειρά.</p>	<p>2D cognitive</p>	
<p>Grid</p> <p>Τοποθετήστε τα σύμβολα στις καθορισμένες θέσεις πλέγματος</p>	<p>2D cognitive</p>	

<p>Swimming</p> <p>Οι κινήσεις κολύμβησης πρέπει να εκτελούνται για να προχωρήσετε</p>	<p>Virtual reality</p>	
<p>Box and blocks</p> <p>Οι μικροί κύβοι πρέπει να σηκωθούν πάνω από ένα εμπόδιο</p>	<p>Virtual reality</p>	
<p>Hang up the laundry</p> <p>Τα ρούχα και οι καρφίτσες ρούχων πρέπει να αφαιρούνται από το τραπέζι και προσαρτημένο στη γραμμή ρούχων.</p>	<p>Virtual reality</p>	

Εικόνα 7 Πρωτόκολλα Αποκατάστασης (Aprile I, Germanotta M, Cruciani A, Loreti S, Pecchioli C, Cecchi F, et al. Upper Limb Robotic Rehabilitation After Stroke: A Multicenter, Randomized Clinical Trial. Journal of neurologic physical therapy : JNPT. 2020;44(1):3-14)

Πρωτόκολλα αποκατάστασης

Diego: 45-min protocol for a patient with a severe disability

Uni/bilateral	Shoulder Movement	Exercise	Levels/Repetition
Unilateral (with assistance from the unimpaired arm)	Flexion/extension	1D precision	Increasing / Depending on patients' ability
	Abd/adduction	1D precision	

Diego: 45-min protocol for a patient with a moderate disability

Unilateral/bilateral	Shoulder Movement	Exercise	Levels/Repetition
Unilateral or bilateral*	Flexion/extension	1D precision	Increasing / Depending on patients' ability
	Abd/adduction	1D precision	
	Combined	2D motricity	
	Combined	2D cognitive	

Diego: 45-min protocol for a patient with a mild disability

Unilateral/bilateral	Shoulder Movement	Exercise	Levels/Repetition
	Flexion/extension	1D precision	

Unilateral or bilateral*	Abd/adduction	1D precision	Increasing / Depending on patients' ability
	Combined	2D motricity	
	Combined	2D cognitive	
	Combined	Virtual reality	

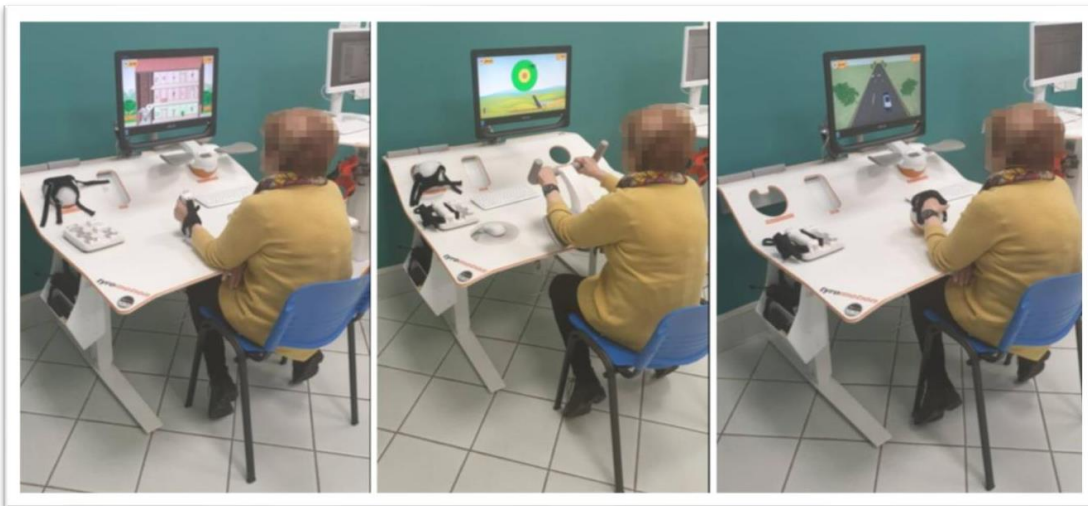
* during a single session, only a modality (unilateral or bilateral) is used.

5.5 Pablo

Το Pablo είναι μια συσκευή που βασίζεται σε αισθητήρες για μονόπλευρη και αμφίπλευρη προπόνηση. Είναι εξοπλισμένο με επιταχυνσιόμετρο και δυναμόμετρο, ενσωματωμένα σε «λαβή αισθητήρα». Οι θεραπείες μπορούν να ελεγχθούν είτε με δύναμη είτε με κίνηση. Οι θεραπείες ελέγχονται από την κλίση (δηλαδή την περιστροφή) της λαβής του αισθητήρα ή από τη δύναμη που εφαρμόζεται σε αυτήν. Πριν από την έναρξη της εκπαίδευσης, απαιτείται βαθμονόμηση του αισθητήρα. Συγκεκριμένα, ο ασθενής καλείται να εκτείνει και να λυγίζει τα δάχτυλα όσο το δυνατόν περισσότερο. Όσον αφορά την κίνηση, οι πιθανές κινήσεις είναι: επέκταση/κάμψη αγκώνα. ραχιαία επέκταση καρπού/παλαμιαία κάμψη. απαγωγή/προσαγωγή της άρθρωσης του ώμου. Υπτιασμός/πρηνισμός κάτω βραχίονα. κάμψη/έκταση άρθρωσης ώμου (24)

Για ασθενέστερους ασθενείς, μπορούν να χρησιμοποιηθούν δύο πρόσθετες συσκευές:

- το Multiball, που εκπαιδεύει τον πρηνισμό και τον υπτιασμό του αντιβραχίου καθώς και την έκταση και την κάμψη του καρπού.
- το Multiboard, που βοηθούν τον ασθενή να εκτελεί επαναλαμβανόμενες κινήσεις που αφορούν ολόκληρο το άνω άκρο, τόσο περιφερικά όσο και εγγύς.



Εικόνα 8 Pablo (Aprile I, Germanotta M, Cruciani A, Loreti S, Pecchioli C, Cecchi F, et al. Upper Limb Robotic Rehabilitation After Stroke: A Multicenter, Randomized Clinical Trial. *Journal of neurologic physical therapy* : JNPT. 2020;44(1):3-14)

Λόγω των χαρακτηριστικών της συσκευής (απουσία ενεργοποιητών), όλες οι κινήσεις δεν υποβοηθούνται. Η εκπαίδευση παρέχεται με σοβαρή παιχνιδιοθεραπεία, δηλαδή ενεργή εκπαίδευση σε εικονικό περιβάλλον με την εκτέλεση διαφόρων στόχων στόχων. Ο ασθενής πρέπει να μετακινήσει τη λαβή του αισθητήρα (ή το Multiboard ή το Multiball) ή να πιάσει τη λαβή με μια μεταβλητή

δύναμη, για να επιτύχει πολλές στοχευμένες εργασίες (πιάστε ένα μήλο με ένα καλάθι, μετακινήστε ένα μπαλόνι αποφεύγοντας εμπόδια, κ.λπ.).

Για κάθε ασθενή, ο φυσιοθεραπευτής όρισε το εύρος των κινήσεων, σύμφωνα με (α) τον πόνο στον ώμο. (β) εύρος κίνησης. (γ) σπαστικότητα και τα όρια αντοχής, ανάλογα με τη μέγιστη δύναμη του ασθενούς.

Πρωτόκολλα αποκατάστασης

Pablo: 45-min protocol for a patient with a severe disability

Supporting device	Movement	Exercise	Levels/Repetition
Multiboard (with the hand fixed by a strap)	Elbow flex/extension	1D precision	Increasing / Depending on patients' ability
or			
Multiball (with unimpaired arm assistance)	Forearm prono/supination	1D precision	Increasing / Depending on patients' ability
	Wrist flex/extension	1D precision	

Pablo: 45-min protocol for a patient with a moderate disability

Supporting device	Movement	Exercise	Levels/Repetition
Multiboard	Elbow flex/extension	1D precision	Increasing /depending on
	Elbow flex/extension and trunk lateral flexion	2D motricity	

	Elbow flex/extension and trunk lateral flexion	2D cognitive	patients' ability
or			
Multiball	Forearm pronosupination	1D precision	Increasing /depending on patients' ability
	Wrist flex/extension	1D precision	
	Forearm pronosupination and wrist flex/extension	2D motricity	
	Forearm pronosupination and wrist flex/extension	2D cognitive	
or			
Sensor handle	Grasping	1D precision	Increasing difficulties/depending on patients' ability
	Elbow flex/extension	1D precision	

Pablo: 45-min protocol for a patient with a mild disability

Supporting device	Movement	Exercise	Levels/Repetition
Multiboard	Elbow flexion/extension	1D precision	Increasing /depending on patients' ability
	Elbow flexion/extension	1D reaction	
	Elbow flexion/extension and trunk lateral flexion	2D motricity	
	Elbow flexion/extension and trunk lateral flexion	2D cognitive	
or			
Multiball	Forearm prono/supination	1D precision	Increasing /depending on patients' ability
	Forearm prono/supination	1D reaction	
	Wrist flexion/extension	1D precision	
	Forearm prono/supination and wrist flex/extension	2D motricity	
	Forearm prono/supination and wrist flex/extension	2D cognitive	
or			
Sensor handle	Grasping	1D precision	Increasing /depending on patients' ability
	Elbow flex/extension	1D precision	
	Elbow flex/extension	1D reaction	

5.6 MIT-MANUS

Ένα από τα καλύτερα μελετημένα ρομπότ τελικού τελεστή για το Το άνω άκρο είναι το ρομποτικό σύστημα MIT-MANUS, εμπορικά διατίθεται ως η σειρά συσκευών InMotion (InMotion/Bionik). Αυτό το αρθρωτό σύστημα αποτελείται από εγγύς και περιφερικά εξαρτήματα, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν μεμονωμένα ή σε συνεννόηση για την εκγύμναση του άνω άκρου (25).

Αυτές οι διαμορφώσεις περιλαμβάνουν μια μονάδα για αγκώνα και κίνηση ώμου στο οριζόντιο επίπεδο, ώμος και λαβή χεριού στο κατακόρυφο επίπεδο και καρπό κίνηση σε όλα τα επίπεδα. Συνήθως, η συσκευή χρησιμοποιεί ένα παράδειγμα βοήθειας που χρειάζεται, με συνεχή αίσθηση κίνηση του άκρου και κινήσεις έναρξης ή ολοκλήρωσης για να ολοκληρώσετε μια προγραμματισμένη προσομοιωμένη εργασία. Ο πιο μελετημένος τρόπος ή η «θεραπευτική άσκηση» της συσκευής παιχνίδι» επιτυγχάνει περίπου 1000 κινήσεις σε α μεμονωμένη συνεδρία, χρησιμοποιώντας μια απλή στοχευμένη εργασία προσέγγισης παρόμοιο με το να φτάνετε γύρω από την όψη ενός ρολογιού (25). Στην υποξεία φάση της ανάρρωσης, το MITMANUS έχει αποδείξει αποτελεσματικότητα στη μείωση κινητική ανεπάρκεια, βελτίωση της λειτουργίας και εξαγωγή διαρκής αλλαγή.

Bilateral devices – Bi-Manu-Track robotic arm trainer

Μία σειρά με τεχνικές αποκατάστασης σχετικά με την λειτουργικότητα του άνω άκρου έχουν αναπτυχθεί την τελευταία δεκαετία. Αυτές περιλαμβάνουν την task – specific training, την θεραπεία με χρήση καθρέπτη και την αμφοτερόπλευρη κινητική εκπαίδευση. Για παράδειγμα, η αμφοτερόπλευρη κινητική εκπαίδευση, η οποία περιλαμβάνει συντονισμένη κίνηση των αμφοτερόπλευρων άνω άκρων, έχει αποδειχθεί σημαντική για την ενίσχυση της ανάκτησης των άνω άκρων και του συντονισμού μεταξύ των δύο άνω άκρων. Ακόμη, η αμφίπλευρη προπόνηση του άνω άκρου είναι πιο αποτελεσματική από τη μονόπλευρη προπόνηση κατά την αποκατάσταση εγγύς λειτουργίας του άνω άκρου γιατί φαίνεται να βελτιώνει τη λειτουργική επικοινωνία μεταξύ των ημισφαιρίων (26).

Εναλλακτική προσέγγιση στη ρομποτική θεραπεία άνω άκρου είναι μια διμερής θεραπευτική στρατηγική. Ένα παράδειγμα του αυτή η προσέγγιση φαίνεται στο Bi-Manu-Track (Reha-Stim, Γερμανία), που αποτελείται από διπλό αντιβράχιο τοποθετημένες σε επιτραπέζιο σταθμό εργασίας. το Manu-Track παρέχει κατοπτρικές κινήσεις στα άνω άκρα συμπεριλαμβανομένων του πρηνισμού/υπτιασμού του αντιβραχίου, κάμψη/έκταση καρπού και μετακαρποφαλαγγική επέκταση. Η συσκευή μπορεί να παρέχει παθητική αμφίπλευρη κίνηση, κινήσεις καθρέπτη που

παράγονται από το ανεπηρέαστο/προσβεβλημένο βραχίονα ή να παρέχει αντίσταση σε κίνηση (25).

Μια μικρή τυχαιοποιημένη ελεγχόμενη δοκιμή ($n = 20$) σε σύγκριση με τη θεραπεία Bi-Manu-Track σε συνδυασμό με λειτουργική προπόνηση με συμβατική δόση θεραπεία σε ασθενείς με χρόνια εγκεφαλικό. Μετά από τέσσερις εβδομάδες εντατικής θεραπείας (90–105 λεπτά, 5 ημέρες/εβδομάδα), υποβοηθούμενη από ρομπότ ομάδα θεραπείας απέδειξε σημαντικά αυξημένη κινητική λειτουργία, ημιπληγική δραστηριότητα του βραχίονα (όπως μετράται με αυτοαναφορά λειτουργικών δυνατοτήτων) και διμερής συντονισμός βραχίονα σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου (25).

5.7 Armeo

Το Armeo Power αποτελεί ένα προηγμένο ρομποτικό εξωσκελετικό μηχανισμό για την αποκατάσταση του άνω άκρου. Το σύστημα αποτελείται από έναν μεγάλο χώρο εργασίας εξωσκελετού που τυλίγεται γύρω από το χέρι του ασθενούς και μπορεί να τροποποιηθεί για το μήκος των άκρων και το ύψος του ώμου. Ο εξοπλισμός προσφέρει υποστήριξη στο βάρος του βραχίονα που αντισταθμίζει το βάρος της συσκευής καθώς και ένα ποσοστό του βάρους του άκρου του ασθενούς. Το προσαρμοσμένο λογισμικό του Armeo Power, βοηθά στην αποκατάσταση του ασθενούς με ποικίλους τρόπους. Περιλαμβάνει πλέον λειτουργική εκπαίδευση, παιχνίδια 3D και 2D και λειτουργία κινητικότητας με τη μορφή προσομοιωμένων καθημερινών εργασιών (27).

Το Armeo Power βελτιώνει τη συμμετοχή των ασθενών, προάγοντας επαναλαμβανόμενες κινήσεις με δυνατά γραφικά και απλές, αλλά συναρπαστικές δραστηριότητες. Το πρόγραμμα επιτρέπει στον θεραπευτή να επιλέξει τη σωστή εργασία προσαρμόζοντας την πολυπλοκότητα του οπτικού πεδίου, προσδιορίζοντας το εύρος κίνησης που απαιτείται και ρυθμίζοντας το ρυθμό του παιχνιδιού. Το Power, όπως και το MIT-MANUS, χρησιμοποιεί μια βοήθεια, η οποία επιτρέπει στον θεραπευτή να δώσει την καλύτερη εργασία σε όλα τα στάδια της αποκατάστασης (27).

Η αποκατάσταση της αισθητικοκινητικής λειτουργίας μετά από βλάβη του ΚΝΣ είναι βασίζεται στην αξιοποίηση της νευροπλαστικότητας, με έμφαση στην αποκατάσταση των κινήσεων που απαιτούνται για την αυτοεξυπηρέτηση. Αυτό απαιτεί φυσιολογική ενεργοποίηση μυών των άκρων, η οποία μπορεί να επιτευχθεί μέσω λειτουργικών ασκήσεων κίνησης του άνω άκρου και ενεργοποίησης των κατάλληλων περιφερειακών υποδοχέων. Η ρομποτική συσκευή Armeo Spring μπορεί να βελτιώσει την ανάκτηση της κίνησης του άνω άκρου μέσω της νευροπλαστικότητας. Υπάρχουν ενδείξεις ότι η χρήση των ρομποτικών συσκευών στην

αποκατάσταση του άνω άκρου μετά το εγκεφαλικό επεισόδιο είναι αποτελεσματική παρέμβαση (28).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

6.1 Περιγραφή των κινήσεων του άνω άκρου

Για την περιγραφή των κινήσεων τα ανατομικά επίπεδα του σώματος χρησιμοποιούνται, όπως ορίζει η ιατρική κοινότητα (18):

1. Το Στεφανιακό (Μετωπικό) επίπεδο: χωρίζει το σώμα σε πρόσθια και οπίσθια τμήματα.
2. Το οβελιαίο επίπεδο: χωρίζει το σώμα σε αριστερά και σωστές μερίδες
3. Το εγκάρσιο (διατομής) επίπεδο: χωρίζει το σώμα σε ανώτερο και κατώτερο μερίδες.

Κινήσεις της άρθρωσης του ώμου

1. Κάμψη και επέκταση ώμου (εκτελείται σε επίπεδο παράλληλο με το οβελιαίο επίπεδο του σώμα).

Αρχική θέση: ασθενής σε όρθια/καθιστή θέση, το άνω άκρο παράλληλα με το σώμα, η παλάμη βλέπει το οβελιαίο επίπεδο.

- Κάμψη ώμου χωρίς περιστροφή: η άνω άκρο, με τον αγκώνα σε έκταση είναι ανυψώθηκε από την αρχική θέση προς το μπροστά από τον ασθενή χωρίς καμία περιστροφή από την άρθρωση του ώμου

- Έκταση ώμου: το άνω άκρο είναι περιστρέφεται προς τα πίσω, μέχρι να είναι δυνατό, διατηρώντας ο αγκώνας σε έκταση.

2. Απαγωγή και προσαγωγή ώμου (που πραγματοποιείται σε ένα επίπεδο παράλληλο με το στεφανιαίο – μετωπικό επίπεδο):

Αρχική θέση: ασθενής σε όρθια/καθιστή θέση, το άνω άκρο παράλληλα με το σώμα, η παλάμη βλέπει το στεφανιαία αεροπλάνο.

- Προσαγωγή ώμου: από την αρχή θέση το άνω άκρο μετακινείται με α πλάγια κίνηση και έφερε μπροστά από το σώμα

- Απαγωγή ώμου: από την αρχή θέση το άνω άκρο είναι ανυψωμένο με α πλάγια κίνηση μέχρι το μέγιστο δυνατό η γωνία επιτυγχάνεται στον ώμο, τις παλάμες το πάτωμα.

3. Κινήσεις άρθρωσης του αγκώνα

Στο επίπεδο του αγκώνα είναι τρεις κινήσεις ορίζεται, όλα εκτελούνται σε ένα επίπεδο παράλληλο με το οβελιαίο.

Η κάμψη του αγκώνα γίνεται μόνη της, χωρίς το κάμψη όπως μερικοί άνθρωποι δεν μπορούν (φυσικά) εκτελέστε την επέκταση του αγκώνα.

Αρχική θέση: ασθενής σε καθιστή/όρθια θέση, το άνω άκρο σε έκταση, κάμψη 90 μοιρών προς τα μέσα τον ώμο, τον αγκώνα πλήρως τεντωμένο, τις παλάμες προς τα πάνω.

- Κάμψη αγκώνα: από την αρχική θέση ο αγκώνας κάμπτεται στο μέγιστο, φέρνοντας το αντιβράχιο πάνω από το μπράτσο.

4. Υπτιασμός/πρηνισμός αγκώνα.

Αρχική θέση: ασθενής σε καθιστή/όρθια θέση, ο βραχίονας είναι παράλληλος με τον κορμό, ο αγκώνας είναι λυγισμένος έως 90 μοίρες και η παλάμη είναι στραμμένη προς το οβελιαίο επίπεδο:

- Υπτιασμός αγκώνα: ο πήχης και το χέρι περιστρέφεται, με την παλάμη να δείχνει προς τα πάνω
- Πρηνισμός αγκώνα: ο πήχης και το χέρι περιστρέφεται, με την παλάμη να δείχνει προς τα κάτω

5. Για τον καρπό ορίζονται δύο κινήσεις.

Αρχική θέση: ασθενής σε όρθια/καθιστή θέση, το άνω άκρο κάμπτεται σε 90 μοίρες στον ώμο η άρθρωση, ο αγκώνας και ο καρπός εκτείνονται πλήρως, η βραχίονας που βρίσκεται σε επίπεδο παράλληλο με το εγκάρσια ένα.

1. Κάμψη καρπού: ο ασθενής κάμπτει τον καρπό προς τα πάνω;
2. Επέκταση καρπού: ο ασθενής επεκτείνει τον καρπό προς τα κάτω.

6.2 Στάδια παρακολούθησης Α.Ε.Ε.

Η θεραπεία με τη βοήθεια ρομποτική συσκευής άνω άκρου έχει τα χαρακτηριστικά της αυτοματοποιημένης επανάληψη, υψηλής έντασης και διαδραστικής ανατροφοδότησης και βρέθηκε ότι είναι πιο αποτελεσματική στη βελτίωση της κινητικής λειτουργίας σε ασθενείς με αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο. Η θεραπεία με τη βοήθεια ρομπότ προσφέρει κινητική εξάσκηση για εκ νέου μάθηση κινητικών δεξιοτήτων, χωρίς τη βοήθεια θεραπευτή. Οι περισσότερες ρομποτικές θεραπείας επιτρέπουν αφενός βοήθεια στην εκτέλεση της κίνησης και καθοδήγηση,

αφετέρου ακριβείς πληροφορίες ανατροφοδότησης. Οι περισσότερες ρομποτικές θεραπείες βασίζονται στην υπόθεση ότι η αποκατάσταση του εγκεφάλου περιλαμβάνει τη δραστηριότητα που εξαρτάται από την πλαστικότητα (29).

Η διαχείριση της αποκατάστασης διαφέρει ανάλογα με τα στάδια παρακολούθησης του εγκεφαλικού επεισοδίου. Τα στάδια μετά το εγκεφαλικό είναι η οξεία φάση, η οποία καλύπτει μια περίοδο μικρότερη των τριών μηνών, μετά την εμφάνιση του εγκεφαλικού επεισοδίου. Η υποξεία φάση, καλύπτει την περίοδο μεταξύ τριών και έξι μηνών μετά το εγκεφαλικό. Η χρόνια φάση, καλύπτει την περίοδο περισσότερων από έξι μήνες μετά το εγκεφαλικό επεισόδιο, με εξάπλωση έως δύο χρόνια, μετά από τα οποία περαιτέρω ασθενής παρουσιάζει χαμηλή πρόοδο και η αποκατάσταση έχει μόνο συντηρητικό ρόλο (18).

6.3 Ιατρικό πρωτόκολλο για ρομποτική αποκατάσταση σε ασθενείς μετά από εγκεφαλικό επεισόδιο στο οξύ στάδιο ανάρρωσης

Για να ξεκινήσει η αποκατάσταση, στην οξεία φάση, ο ασθενής πρέπει να έχει τις αισθήσεις του, αιμοδυναμικά σταθερός, χωρίς πυρετό και με CT/MRI επιβεβαίωση της εγκεφαλικής βλάβης (για να αποκλειστούν άλλες ασθένειες (18).

1. Αρχική αξιολόγηση του ασθενούς από φυσικοθεραπευτή της φυσικής κατάστασης . επόμενη αξιολόγηση σε ένα μήνα, τρεις μήνες, 6 μήνες, 12 μήνες.
2. Ρύθμιση κίνησης ρομποτικού μηχανήματος
3. Ο ασθενής τοποθετείται καθισμένος στο πλάι στο κρεβάτι ή σε μια καρέκλα αν είναι δυνατόν. Για περισσότερα ασθενείς που επηρεάζονται σοβαρά, οι ασκήσεις θα να πραγματοποιηθεί με τον ασθενή ξαπλωμένο στο κρεβάτι.
4. Η ρομποτική συσκευή συνδέεται με τον ασθενή
5. Ξεκινά η διαδικασία αποκατάστασης, με βάση τις συστάσεις του φυσικοθεραπευτή, προκαθορισμένες ασκήσεις (5 επαναλήψεις η καθεμία), ή σε έναν από τους παρακάτω τρόπους λειτουργίας:

Παθητική κίνηση με χρήση ηλεκτρομυογραφήματος:

Ωμος: κάμψη, έκταση, απαγωγή, προσαγωγή

Αγκώνας: κάμψη, έκταση, πρηνισμός, υπτιασμός

Κarpός: παλαμιαία και ραχιαία κάμψη

Δάκτυλα: κάμψη, έκταση

6. Αφαίρεση συσκευής
7. Ο φυσικοθεραπευτής αξιολογεί την ακεραιότητα των μυών και των συνδέσμων
8. Τα βήματα 2-8 επαναλαμβάνονται για το καθένα συνεδρία αποκατάστασης.

6.4 Ιατρικό πρωτόκολλο για ρομποτική αποκατάσταση σε ασθενείς μετά από εγκεφαλικό επεισόδιο στο υποξύ και χρόνιο στάδιο ανάρρωσης

Στο υποξύ και χρόνιο στάδιο ανάρρωσης είναι πολύ γνωστό το επίπεδο ημιπληγίας και ικανότητας του ασθενούς (18)

1. Ο ασθενής αξιολογείται από τον φυσικοθεραπευτή, με βάση τη βαθμολογία η θεραπεία αποκατάστασης, που εξαρτάται από την κινητικότητα των άκρων και τη συνολική κατάσταση του ασθενούς.
2. Ρύθμιση κίνησης ρομποτικού μηχανήματος
3. Ο ασθενής τοποθετείται σε όρθια θέση με την βοήθεια ενός ορθοστάτη ή, καθισμένος σε μια καρέκλα, όπου είναι δυνατόν. Αυτό επιτρέπει την εστίαση στο άνω άκρο αποκατάσταση, αποφεύγοντας την ισορροπία και το βάδισμα προβλήματα. Για ασθενείς με πιο σοβαρά εγκεφαλικά επεισόδια που δεν μπορεί να υποστηρίξει αυτή τη στάση, θα χρησιμοποιηθεί εναλλακτική θέση, ανάλογα σχετικά με την ικανότητα του ασθενούς
4. Η ρομποτική συσκευή συνδέεται με τον ασθενή
5. Ξεκινά η διαδικασία της θεραπείας, σύμφωνα με τις συστάσεις του φυσικοθεραπευτή. Προκαθορισμένες ασκήσεις, πραγματοποιώντας πέντε επαναλήψεις σε κάθε άσκηση.

Παθητικές κινήσεις με χρήση ηλεκτρομυογραφήματος

Ο ασθενής πρέπει να ακολουθεί μια τροχιά σε μια οθόνη υπολογιστή, με το ρομπότ που λειτουργεί ως μερικός οδηγός όταν

Ο ασθενής δεν μπορεί να ολοκληρώσει την κίνηση ή ως οδηγός αντίστασης στη μετέπειτα ανάκαμψη στάδια.

Για το προκαθορισμένο σύνολο ασκήσεων, η ρομποτική συσκευή ρυθμίζεται με τις παραμέτρους Resistive και Active,

Ενεργή και υποβοηθούμενη κίνηση για τις ακόλουθες κινήσεις

Ωμος: κάμψη, έκταση, απαγωγή, προσαγωγή

Αγκώνας: κάμψη, έκταση, πρηνισμός, υπτιασμός

Καρπός: παλαμιαία και ραχιαία κάμψη

Δάκτυλα: κάμψη, έκταση

6. Ο ασθενής εκτελεί πολλαπλές κινήσεις με βάση το πρόγραμμα αποκατάστασης
7. Στο τέλος της θεραπείας η συσκευή αποσυνδέεται
8. Ο φυσικοθεραπευτής αξιολογεί την ακεραιότητα των μυών και των συνδέσμων
9. Τα βήματα 2-8 επαναλαμβάνονται για το καθένα συνεδρία αποκατάστασης.
10. Με βάση την πρόοδο του ασθενούς, οι ασκήσεις προσαρμόζονται για την επόμενη συνεδρία

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΕΙΚΟΝΙΚΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ

7.1 Εισαγωγή

Το εγκεφαλικό επεισόδιο αντιπροσωπεύει την κύρια αιτία αναπηρίας στον σύγχρονο βιομηχανικό κόσμο. Η κινητική και η γνωστική εξασθένιση που προκύπτει από το εγκεφαλικό επεισόδιο επηρεάζει σημαντικά την ποιότητα ζωής του ασθενούς και της οικογένειάς τους. Ειδικότερα, η αποκατάσταση της λειτουργίας του άνω άκρου αποτελεί δύσκολο έργο. Στην πραγματικότητα, πάρεση των άνω άκρων, συνήθως χαρακτηρίζεται από κακό κινητικό έλεγχο με αποτέλεσμα να περιορίζει τον ασθενή στις δραστηριότητες της καθημερινής ζωής. Ως εκ τούτου, είναι απαραίτητο να εφαρμοστεί έγκαιρα η σωστή στρατηγική αποκατάστασης (30)

Η αποκατάσταση μετά από ένα εγκεφαλικό επεισόδιο πραγματοποιείται στην πρόωμη φάση έτσι ώστε να είναι πιο αποτελεσματική. Μελέτες έχουν δείξει σημαντικές βελτιώσεις στην κινητική ανάκαμψη των άνω και κάτω άκρων μέσω επαναλαμβανόμενων, εντατικών, υποβοηθούμενων κινήσεων σε συνδυασμό με κινητική προπόνηση προσανατολισμένη στην εργασία *task-oriented motor training*. Από την άποψη αυτή, οι ρομποτικές συσκευές είναι αρκετά χρήσιμες για την εκτέλεση τέτοιων κινητικών λειτουργιών (30).

Η ρομποτική αποκατάσταση συνεπάγεται λιγότερη προσπάθεια από τους θεραπευτές και μπορεί να παρέχει μια πιο αντικειμενική και ποσοτική αξιολόγηση την αναπηρία, η οποία μπορεί να παρακολουθείται με την πάροδο του χρόνου. Συγκεκριμένα, αρκετές μελέτες πρότειναν ότι η εκπαίδευση με τη βοήθεια ρομπότ, ενσωματώνεται σε ένα πολυεπιστημονικό πρόγραμμα, μπορεί να οδηγήσει σε πρόσθετη μείωση των κινητικών βλαβών σε σύγκριση με τη συνήθη φροντίδα μόνο σε διαφορετικά στάδια ανάρρωσης από εγκεφαλικό (30)

Από αυτή την άποψη, η αποτελεσματικότητα της χρήσης μίας *end – effector* ρομποτικής συσκευής *Amadeo TM* είναι αρκετά ισχυρή. Αναλυτικότερα, το κύριο πλεονέκτημα αυτής της συσκευής βασίζεται στο γεγονός ότι ο ασθενής δεσμεύεται να εκτελεί πρακτικές, προσεκτικές και οπτικοχωρικές εργασίες σε ένα ημι-εικονικό περιβάλλον. Η κατάσταση αυτή ενισχύει την αισθητηριοκινητική επανεκπαίδευση και συνεπώς την λειτουργική αποκατάσταση, με σύζευξη επαναλαμβανόμενων κινητικών πρακτικών και γνωστικής ψυχαγωγίας (30).

Η μελέτη των Michele Torrisi et al, αξιολόγησε την επίδραση της γνωστικής βελτίωσης σε ασθενείς μετά από εγκεφαλικό επεισόδιο που προκαλείται από ρομποτική θεραπεία χεριών χρησιμοποιώντας συσκευή AmadeoTM, AHT, σε σύγκριση με την συμβατική θεραπεία αποκατάστασης του άνω άκρου (30).

Η συμβατική θεραπεία βασίστηκε σε πρακτικές δραστηριότητες με στόχο τη βελτίωση της λειτουργικότητας της άκρας χείρας. Η προσέγγιση που επιλέχθηκε ήταν Cognitive Orientation to Daily Occupational Performance, η εκπαίδευση σε συγκεκριμένες εργασίες, με επίκεντρο τον ασθενή και την απόδοση του, χρησιμοποιώντας γνωστικές και μεταγνωστικές στρατηγικές. Σε αυτή την προσέγγιση, οι συμμετέχοντες διδάσκονται να αναλύουν τις εργασίες τους, να αυτοπαρακολουθήσουν της δραστηριότητάς τους και να ανακαλύψουν τις σωστές στρατηγικές, καθοδηγούμενες από συνθήματα και ερωτήσεις και όχι ρητές οδηγίες. Επιπλέον, ο στόχος που θέτει ο θεραπευτής ήταν συνεπής με όλη την εργασία, όπως το ντύσιμο, το μαγείρεμα, η αυτοφροντίδα αντί για τα στοιχεία της εργασίας, όπως η σύλληψη ή η προσέγγιση ως στη συμβατική προσέγγιση εκπαίδευσης εργασιών (30).

Το AmadeoTM είναι μια συσκευή end-effector που καλύπτει τα δάχτυλα του χεριού στον χώρο εργασίας. Το χέρι κρατιέται στη θέση του με την κίνηση του δακτύλου σύστημα μέσω ελαστικών λωρίδων, ενώ οι καρποί στερεώνονται στη θέση τους με λουρί Velcro. Το AmadeoTM έχει πέντε ανεξάρτητα μεταφραστικούς βαθμούς ελευθερίας και επιτρέπει κινήσεις όλων των δακτύλων (μεμονωμένα ή σύγχρονα) μέσω περιστροφικών αρθρώσεων τοποθετείται μεταξύ της άκρης του δακτύλου και του βραχίονα, στηρίζοντας τον αντίχειρα πλευρικά (εξοπλισμένο με δύο περιστροφικούς αρμούς). Ως εκ τούτου, ο ασθενής έχει εντολή να εκτελεί γνωστικές εργασίες, ιδιαίτερα προσεκτικές και οπτικο-χωρικά, όπως η παρακολούθηση και η σύλληψη ερεθισμάτων σε ένα χρόνο κλάσμα και συλλογή και/ή αποφυγή αντικειμένων που κατανέμονται τυχαία στο εικονικό σενάριο (30).

7.2 Αποτελεσματικότητα της εικονικής πραγματικότητας

Η εικονική πραγματικότητα περιλαμβάνει τη χρήση διαδραστικών προσομοιώσεων που παράγονται μέσω των υπολογιστών για να επιτρέπουν στους χρήστες να συμμετέχουν σε περιβάλλοντα που μοιάζουν πολύ με το πραγματικό κόσμο. Η εικονική πραγματικότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για προσομοίωση σε υψηλότερες δόσεις από αυτή που θα μπορούσε να επιτευχθεί μέσω της συμβατικής θεραπείας. Οι τεχνολογίες αυτές έχουν κάποια κοινά χαρακτηριστικά με την ρομποτική τεχνολογία όπως η αυξημένη ένταση της θεραπείας και οι

πολλές επαναλήψεις. Ωστόσο, τα συστήματα χαμηλής βύθισης που περιλαμβάνουν μία επίπεδη οθόνη είναι πολύ πιο συνηθισμένα (31).

Η παροχή οπτικής και συχνά πολυαισθητηριακής ανατροφοδότησης είναι ένα βασικό χαρακτηριστικό της εικονικής πραγματικότητας. Η ανατροφοδότηση παίζει σημαντικό ρόλο στην απόκτηση των κινητικών δεξιοτήτων και αποτελεί ουσιαστικό στοιχείο στην πλαστικότητα που εξαρτάται από την εμπειρία. Ο συνδυασμός της εικονικής πραγματικότητας και της ρομποτικής τεχνολογίας είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρον καθώς μπορεί θεωρητικά να ενεργοποιήσει περισσότερα από τα νευρωνικά κυκλώματα που εμπλέκονται στην κινητική μάθηση και ως εκ τούτου προάγοντας τη νευροπλαστικότητα (31).

Οι ασκήσεις προσαρμόστηκαν στις κινητικές και γνωστικές ικανότητες και στις συγκεκριμένες ανάγκες του ασθενή, προσαρμόζοντας έτσι την ένταση και το επίπεδο δυσκολίας λήψη εξατομικευμένης ανατροφοδότησης. Αξιοσημείωτο, η συσκευή AmadeoTM χρησιμοποιεί την εικονική πραγματικότητα (VR)-2D η οποία παρέχεται μέσω μιας οθόνης που τοποθετείται μπροστά στον ασθενή. Η εικονική πραγματικότητα είναι μία καινοτόμος, διαδραστική και προσαρμοστική μέθοδος θεραπείας, η οποία έχει αποδειχθεί αποτελεσματική στη θεραπεία συναισθηματικών διαταραχών και γνωστικών αλλοιώσεων. Ως εκ τούτου, οι συνεδρίες πραγματοποιήθηκαν σε ρύθμιση μη εμβυθιστικού VR, στην οποία η κίνηση του τα δάχτυλα ενεργοποίησαν μια δράση βασισμένη στα ερεθίσματα/κίνηση παρόν στην οθόνη (30).

Η θεραπεία με την χρήση της ρομποτικής συσκευής Amadeo είχε ανώτερες επιδράσεις στη γνωστική εξασθένηση και στην λειτουργικότητα της άκρας χείρας μετά από εγκεφαλικό, με ιδιαίτερη προσοχή στην προσεκτική, εκτελεστική και οπτικο-χωρικές ικανότητες, σε σύγκριση με την συμβατική θεραπεία με βάση τις αρχές Cognitive Orientation to Daily Occupational Performance (30).

Προηγούμενες μελέτες ανέφεραν τις θετικές, μη κινητικές επιδράσεις εκπαίδευσης με τη βοήθεια ρομπότ, όπως η ποιότητα ζωής, η ψυχολογική ευημερία και παγκόσμιο γνωστικό επίπεδο σε ασθενείς μετά από εγκεφαλικό. Ωστόσο, ως κύρια καινοτομία της μελέτης μας, εμείς αξιολόγησε τις επιπτώσεις της ρομποτικής εκπαίδευσης χεριών σε συγκεκριμένα γνωστικά τομείς σε σχέση με την ανάκτηση της λειτουργίας του χεριού (30).

Συγκεκριμένα, γνωστική εκπαίδευση με χρήση διαδραστικού παιχνιδιού υπολογιστή έχει αποδειχθεί ότι βελτιώνει τόσο τη φυσική (συμπεριλαμβανομένων ισορροπία, επιλογή χρόνου αντίδρασης και ικανότητα διπλής εργασίας) και γνωστικές λειτουργίες (συμπεριλαμβανομένης της ταχύτητας επεξεργασίας, της προσοχής, οπτικοχωρικές δεξιότητες και εκτελεστική λειτουργία). Η κινητική προπόνηση έχει επίσης θετικά αποτελέσματα σε διάφορους γνωστικούς

τομείς, μεταξύ των οποίων μνήμη, προσοχή, αναστολή και ταχύτητα επεξεργασίας, πέρα από τη διάθεση, την κινητικότητα, την ισορροπία και τον λεπτό έλεγχο των άνω άκρων. Τέλος, εξετάζονται και προγράμματα γνωστικής-κινητικής εκπαίδευσης ελπιδοφόρες στρατηγικές για τη βελτίωση της σωματικής και γνωστικής συναρτήσεων (30).

Η ρομποτική εκπαίδευση μπορεί να προκαλέσει μια μακροχρόνια αναδιοργάνωση στο επίπεδο συναπτικού και νευρωνικού δικτύου. Ειδικότερα, αυτό φαίνεται ότι οι εργασίες που αφορούν τους άνω μύες των άκρων κατά τη διάρκεια του AmadeoTM. Η εκπαίδευση μπορεί να προκαλέσει διμερή ενεργοποίηση των αισθητηριοκινητικών περιοχών, με μια αναμόρφωση της νευροπλαστικότητας. Επιπλέον, κινητική εξάσκηση σε περιβάλλον VR και χρήση συγκεκριμένων κινητικών εργασιών που περιλαμβάνει κινητική παρατήρηση (μέσω της ανάδρασης VR) και μίμηση κινητήρα (εκτελώντας μια εργασία στην οποία βρίσκεται ένα κινούμενο χέρι εμφανίζεται στην οθόνη) μπορεί να ευνοήσει την ενεργοποίηση του καθρέφτη νευρωνικό σύστημα, συμπαρασύροντας έτσι πιο πολύπλοκο γνωστικό-κινητικό διαδικασίες (30).

Η πλήρης ή μερική απώλεια κινητικότητας του άνω άκρου είναι η πιο συχνά αναφερόμενη δυσλειτουργία μετά από εγκεφαλικό επεισόδιο. Η συγκεκριμένη κατάσταση, μπορεί να εμποδίσει την εκτέλεση των δραστηριοτήτων της καθημερινής ζωής και να υπονομεύσει την ποιότητα ζωής του ασθενούς με εγκεφαλικό επεισόδιο. Πρόσφατες μελέτες σχετικά με την νευροπλαστικότητα δείχνουν ότι οι αρκετές επαναλήψεις και η εκπαίδευση σε συγκεκριμένες εργασίες μπορεί να προκαλέσουν αλλαγές στον εγκέφαλο, και αυτή η απόκριση μπορεί να βελτιστοποιηθεί εάν η το έργο είναι αρκετά δύσκολο. Αυτή η προσέγγιση υπόσχεται για τη βελτίωση ή και την ανάρρωση των πληγέντων δεξιότητες κίνησης (32).

Οι συμβατικές θεραπείες, όπως η φυσικοθεραπεία και η εργοθεραπεία απαιτούν αρκετές συνεδρίες με τον ασθενή και απαιτούν αρκετό χρόνο. Η θεραπεία με την χρήση της ρομποτικής τεχνολογίας παρέχει μια εξαιρετικά επαναλαμβανόμενη προπόνηση κίνησης και προσφέρει ακριβή και αυτοματοποιημένο έλεγχο κίνησης με ποσοτικοποίηση της απόδοσης του ασθενούς (32).

Η πολυαισθητηριακή ανατροφοδότηση έχει αποδειχθεί ότι είναι κρίσιμη στην αποκατάσταση των νευρικών οδών που έχουν υποστεί βλάβη από εγκεφαλικό και κλείσιμο του βρόχου κινητήρα αισθητήρα. Η εικονική πραγματικότητα έχει πρόσφατα χρησιμοποιηθεί ευρέως στον τομέα της αποκατάστασης του εγκεφαλικού επεισοδίου. Η εικονική πραγματικότητα επιτρέπει στους χρήστες να αλληλοεπιδρούν με ένα πολυαισθητηριακό προσομοιωμένο περιβάλλον και λαμβάνετε ανατροφοδότηση σε πραγματικό χρόνο για την απόδοση, επιτρέποντας έτσι ασθενείς

να διορθώσουν την κίνησή τους. Επιπλέον, διευκολύνεται η επανάληψη, η ένταση και η προπόνηση με γνώμονα την εργασία και όλα αυτά προάγουν την εκούσια ενεργητική κίνηση (32).

Η ρομποτική θεραπεία η οποία βασίζεται στην εικονική πραγματικότητα προσφέρει τη δυνατότητα να προωθούν ή/και ενισχύουν την ανάκτηση λειτουργικών κινήσεων. Τα συστήματα εικονικής πραγματικότητας μπορούν να παρέχουν ασφαλή, οικολογικά και εξατομικευμένα Τρισδιάστατα περιβάλλοντα όπου οι ασθενείς μπορούν εκτελούν συγκεκριμένες ενέργειες για την επίτευξη ενός στόχου. Άλλο ένα πλεονέκτημα μιας παρέμβασης VR είναι ότι οι ασθενείς μπορούν να αντιληφθούν τέτοιες παρεμβάσεις ως ευχάριστα παιχνίδια άσκησης παρά μεθόδους θεραπείας και, ως εκ τούτου, αύξηση των κινήτρων και συμμόρφωση με τη θεραπεία.⁸ VR μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ως αξιολόγηση μέθοδος με καταγραφή και αντικειμενική μέτρηση την απόδοση των ασθενών και τις συμπεριφορές τους αντιδράσεις μέσα στον εικονικό κόσμο (32).

Το RT που βασίζεται σε VR έχει επομένως τη δυνατότητα χρήσης αρχών κινητικής μάθησης σε σχέση σε εκπαίδευση προσανατολισμένη στην εργασία. Ωστόσο, η ένταση και πτυχές δόσης-απόκρισης μιας παρέμβασης βασισμένης σε παιχνίδι VR εκπαίδευση με τεκμηριωμένη αποτελεσματικότητα και σαφή οι στόχοι και τα αποτελέσματα πρέπει να καθοριστούν περαιτέρω (32). Τα προγράμματα ρομποτικής αποκατάστασης αφενός βελτιώνουν την λειτουργικότητα του άνω άκρου, αφετέρου είναι ευεργετικά σχετικά με την συναισθηματική και γνωστική κατάσταση των ασθενών όταν συνδυάζονται με την κλασική αποκατάσταση (33).

7.3 Πρωτόκολλα παρέμβασης με την χρήση Amadeo (Tyromotion GmbH).

Οι ασθενείς πραγματοποίησαν συνολικά 18 εβδομάδες εκπαίδευσης χρησιμοποιώντας την αποκατάσταση χεριών Amadeo (Tyromotion GmbH). Η ρομποτική θεραπεία πραγματοποιείται μία φορά την ημέρα για 3 ημέρες την εβδομάδα, συνολικά 54 προπονήσεις με κάθε προπόνηση διάρκειας 30 λεπτών (1620 λεπτά συνολικά). Ο στόχος της έρευνας ήταν να διερευνηθεί εάν η ο ασθενής είναι σε θέση να συνεχίσει να βελτιώνεται ακόμα και μετά το δυναμικό πρόοδος (αν υπάρχει) της Amadeo's (Tyromotion GmbH) τυπικό πρωτόκολλο εκπαίδευσης. Έτσι σχεδιάστηκε η παρέμβαση να έχει 2 ξεχωριστές φάσεις. Τα πρωτόκολλα εκπαίδευσης ήταν οι εξής(32)

Παρέμβαση Φάση Α: 12 εβδομάδες Amadeo (Tyromotion GmbH) τυπικό πρωτόκολλο εκπαίδευσης που αποτελείται από 10 λεπτά της «παθητικής προπόνησης» κατά την οποία διεγείρεται το χέρι σε συνεχή παθητική κινητική θεραπεία. 10 λεπτά της «θεραπείας ενεργού τρόπου» στην οποία είναι η κίνηση του χεριού με τη βοήθεια του ρομπότ. και 10 λεπτά παιχνίδια που περιλάμβαναν ενεργητική εκπαίδευση σε προσομοιωμένο περιβάλλον (32).

Παρέμβαση Φάση Β: 6 εβδομάδες της προτεινόμενης εκπαίδευσης πρωτόκολλο. Μετά την παρέμβαση Φάση Α, ο ασθενής ήταν υποβάλλονται σε μια νέα δυναμική προσαρμοστική υποστηρικτική δύναμη που βασίζεται σε έναν αλγόριθμο ελέγχου νευρωνικών δικτύων ενισχυτικής εκμάθησης και τα νέα εκπαιδευτικά παιχνίδια VR (32).

Κάθε συνεδρία περιλάμβανε 10 λεπτά εκπαίδευσης «παθητικής λειτουργίας», 10 λεπτά εκπαίδευσης «προσαρμοστικής λειτουργίας AAN» και 10 λεπτά εκπαίδευσης «νέου VR RGS». Στο "νέο RGS βασισμένο σε VR προσανατολισμένο σε εργασίες" για παρέμβαση Φάση Β, διαδραστικά παιχνίδια VR προσανατολισμένα σε εργασίες όπως ως σενάρια χειρισμού αντικειμένων και προσομοίωσης μαγειρέματος χρησιμοποιήθηκαν για την ενίσχυση της ενεργού συμμετοχής και την προώθηση η μετατροπή των επίκτητων κινητικών δεξιοτήτων σε ικανότητες για την εκτέλεση ADL στην πραγματική ζωή (32).

Στο τέλος κάθε συνεδρίας, το ενεργό εύρος κίνησης (ROM) και την ένταση της δύναμης των δακτύλων (τόσο εκτεινόμενα όσο και πιάσιμο) εξετάστηκαν χρησιμοποιώντας Amadeo (Tyromotion GmbH) ενσωματωμένοι αισθητήρες. Πραγματοποιήθηκαν τρεις κλινικές δοκιμές στην αρχή όλων των συνεδριών (εβδομάδα 0), στο τέλος των 12 εβδομάδων προπόνησης και στο τέλος όλων τις 18 εβδομάδες εκπαίδευσης RT. Κατά τη διάρκεια αυτών των δοκιμών, καλό χέρι Οι κινητικές δεξιότητες κάθε υποκειμένου αξιολογήθηκαν χρησιμοποιώντας πρότυπα διαδικασίες κλινικής αξιολόγησης: η βαθμολογία χεριών FMA και το MAS.

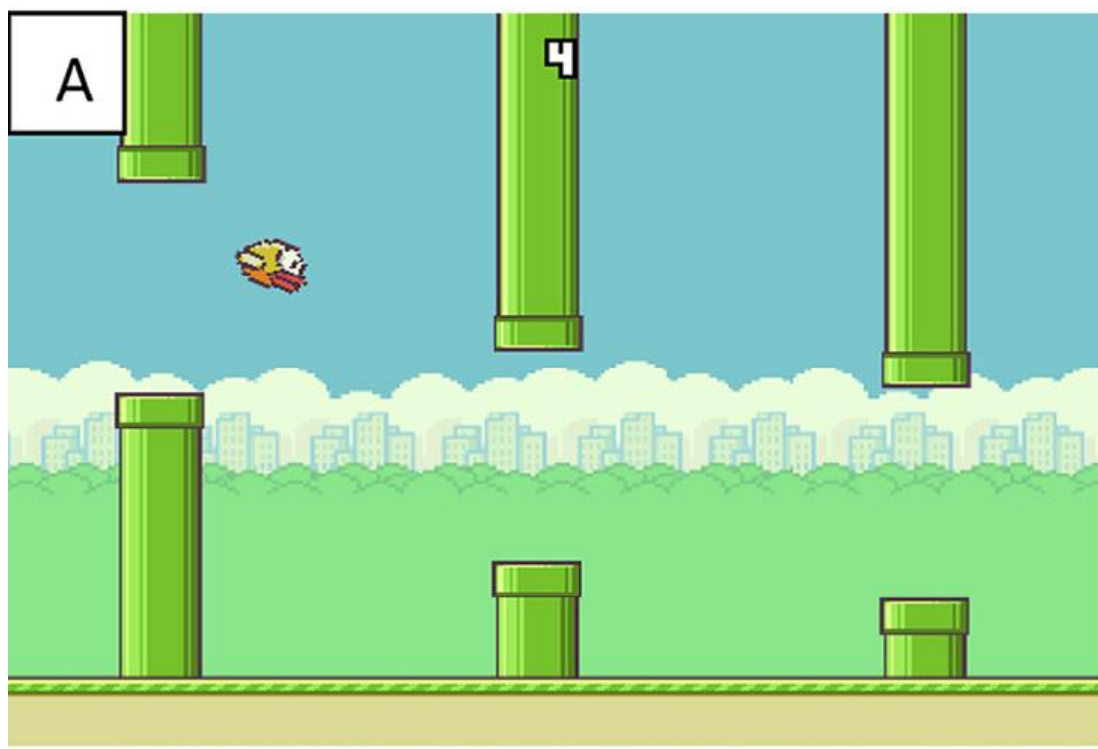
7.3.1 VR-Based RGS and Transferring Environment

Για να γίνει η προπόνηση λιγότερο βαρετή και μονότονη επίσης ως κίνητρο για την εθελοντική και ενεργό συμμετοχή του ασθενούς στην εκπαίδευση, σχεδιάστηκαν 2 διαδραστικά RGS βασισμένα σε VR και 1 εικονικό περιβάλλον μεταφοράς (VE). Η θεραπεία χρησιμοποιείται με την ρομποτική συσκευή Amadeo (Tyromotion GmbH), με αρκετές επαναλήψεις και λειτουργικές εργασίες που χρησιμεύουν ως εμπλουτισμένο κίνητρο σε ένα περιβάλλον με προκλητικό και προσαρμόσιμο σε επίπεδα δυσκολίας (32).

Το RGS ενισχύει την έκταση και την σύλληψη των δακτύλων και το VE προσομοιώνει την διαχείριση των αντικειμένων στην πραγματική ζωή. Σε αυτά τα συστήματα VR, ενσωματώθηκαν σήματα δύναμης και θέσης σε πραγματικό χρόνο ο βρόχος ανατροφοδότησης για την παροχή άμεσης ανατροφοδότησης για το απόδοση του ασθενούς (32).

7.3.2 RGS—Flying Bird

Το Flying bird είναι ένα διαδραστικό παιχνίδι. Ο χρήστης ελέγχει το ύψος ενός πουλιού που πετά μέσα από μια σειρά από κάθετες στήλες και αποστέλλεται άμεση ανατροφοδότηση μέσω καλωδίου Ethernet. Η βαθμολογία, που υποδεικνύει την απόδοση του χρήστη, υπολογίζεται ως ο συνολικός αριθμός στηλών το πουλί μπορεί να περάσει χωρίς σύγκρουση. Αυτό το παιχνίδι παρουσιάζεται με λειτουργία θέσης και λειτουργία δύναμης, όπου το αντικείμενο στο παιχνίδι ελέγχεται από τη θέση ανάδρασης σήμα ή σήμα δύναμης (32).



Εικόνα 9 Flying bird (Huang X, Naghdy F, Naghdy G, Du H, Todd C. The Combined Effects of Adaptive Control and Virtual Reality on Robot-Assisted Fine Hand Motion Rehabilitation in Chronic Stroke Patients: A Case Study. Journal of stroke and cerebrovascular diseases : the off)

7.3.3 RGS—Spaceship

Στο παιχνίδι, ο χρήστης ελέγχει τη θέση ενός διαστημόπλοιου για την αποφυγή εισερχόμενων μετεωριτών και βομβών και τη συλλογή εικονικά βραβεία. Η βαθμολογία υπολογίζεται ως το συνολικό μήκος του χρόνου που ο χρήστης καταφέρνει να συνεχίσει να παίζει και αντιπροσωπεύει την απόδοση του χρήστη. Το παιχνίδι παρουσιάζεται και με τους τρόπους θέσης και δύναμης, και το επίπεδο δυσκολίας μπορεί να προσαρμοστεί ανάλογα με τις ικανότητες του θέμα (32).



Εικόνα 10 Spaxeship (Huang X, Naghdy F, Naghdy G, Du H, Todd C. The Combined Effects of Adaptive Control and Virtual Reality on Robot-Assisted Fine Hand Motion Rehabilitation in Chronic Stroke Patients: A Case Study. *Journal of stroke and cerebrovascular disease*)

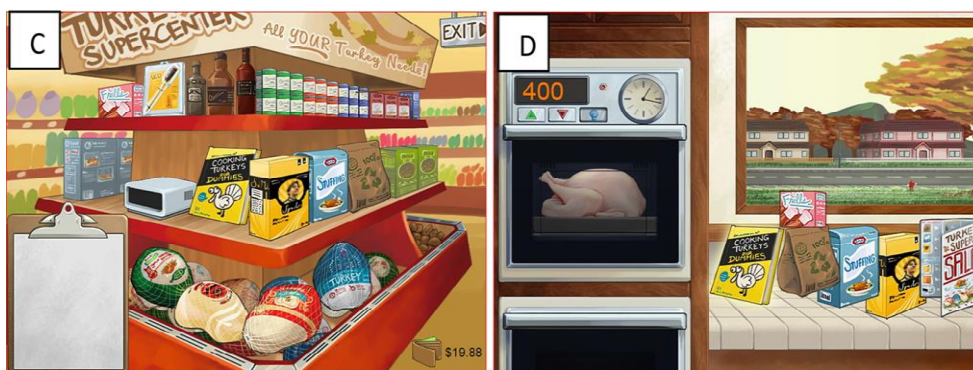
7.3.4 Transferring VE

Σε αντίθεση με το RGS που προαναφέρθηκε, το οποίο στοχεύει στη βελτίωση η συνολική δύναμη και η ROM του χεριού και δάχτυλα, το μεταβιβάζον VE στοχεύει να μεταφέρει το επιτευχθεί βελτιώσεις όσον αφορά το ROM και την ένταση της δύναμης σε κινητικές δεξιότητες για την εκτέλεση εργασιών ADL στην πραγματική ζωή και έτσι βελτίωση της ποιότητας ζωής των ασθενών. Το VE παρουσιάζεται έτσι με ρεαλιστικά εικονικά σενάρια που στοχεύουν στην ενίσχυση δεξιότητες όπως προγραμματισμός κίνησης, επίτευξη στόχου και χειραγώγηση και ταξινόμηση αντικειμένων, ειδικά την κίνηση ένταση της δύναμης εξόδου και ακρίβεια κίνησης του κάθε δάχτυλο (προτείνεται από τη θέση του δακτύλου (32).

Το VE αποτελούνταν από ένα δισδιάστατο προσομοιωμένο σούπερ μάρκετ και ρύθμιση κουζίνας. Το μεταφερόμενο VE εστιάζει στη βελτίωση της ισχύος και της ενεργής ROM στο πλαίσιο ενός λειτουργικού φτάνοντας στην κίνηση. Το θέμα απαιτείται να φτάσει και πιάστε ένα προσομοιωμένο αντικείμενο και εκτελέστε ορισμένες εργασίες ADL (δηλαδή αγοράστε υλικά μαγειρέματος, ανοίξτε το φούρνο, ρυθμίστε το ξυπνητήρι ρολόι) με τον παρετικό δείκτη. Πριν από κάθε προπόνηση, οι ρυθμίσεις του παιχνιδιού είναι βαθμονομημένες έτσι ώστε να προσαρμόζονται στην ενεργή ROM του συμμετέχοντος των προσβεβλημένων δακτύλων. Οι

συμμετέχοντες λαμβάνουν οδηγίες να παραλάβουν εικονικά υλικά μαγειρικής από ένα ράφι σούπερ μάρκετ με περιορισμένο ποσό εικονικών χρημάτων και στη συνέχεια να χρησιμοποιήσετε τα αγορασμένα συστατικά για να μαγειρέψετε μια γαλοπούλα σε μια προσομοιωμένη κουζίνα ρύθμιση.

Για να επιτευχθούν αυτές οι εργασίες, η οθόνη χωρίζεται σε 5 κάθετες τμήματα, που δηλώνουν το βασίλειο 5 ανεξάρτητων δακτύλων. Όταν το δάχτυλο του υποκειμένου φτάσει στη θέση ενός αντικειμένου, ενεργοποιούνται οι αντίστοιχες ενέργειες εάν η ανιχνευθείσα δύναμη είναι μεγαλύτερη από την προκαθορισμένη ρυθμιζόμενη τιμή κατωφλίου, η οποία μπορεί να προσαρμοστεί σύμφωνα με τις πραγματικές ικανότητες ενός συγκεκριμένου θέμα. Η θέση και ο προσανατολισμός σε πραγματικό χρόνο και η η κάμψη και η απαγωγή καθενός από τα δάχτυλα μεταφράζονται σε κίνηση 2 διαστάσεων. Επιπλέον, τα αντικείμενα τοποθετούνται σε διαφορετικά ύψη για να φιλοξενήσουν τους ενεργούς ROM κάθε δακτύλου (32).



Εικόνα 71 Transferring VR (Huang X, Naghdy F, Naghdy G, Du H, Todd C. The Combined Effects of Adaptive Control and Virtual Reality on Robot-Assisted Fine Hand Motion Rehabilitation in Chronic Stroke Patients: A Case Study. *Journal of stroke and cerebrovascular diseases : the official journal of National Stroke Association*. 2018;27(1):221-8)

Παρατηρήθηκαν βελτιώσεις στο FMA, δύναμη εξόδου και ενεργό ROM μετά την εκπαίδευση συνεδρίες. Εκτός από αυτά τα επιτεύγματα, τι αξίζει να σημειωθεί σε αυτή τη μελέτη είναι ότι ο ασθενής μπορεί περαιτέρω βελτιωθείτε μετά τη διακοπή της τάσης χρησιμοποιώντας το Amadeo (Tyromotion GmbH) τυπικό πρωτόκολλο εκπαίδευσης. Αυτό υποδηλώνει ότι το προτεινόμενο ερευνητικό πρωτόκολλο μπορεί να βοηθήσει στο εγκεφαλικό ασθενείς για να επιτύχουν καλύτερα αποτελέσματα εκπαίδευσης. Όπως αποκαλύπτεται από πολλές μελέτες, οι εγγύς βελτιώσεις στον βραχίονα δεν μεταφέρονται απαραίτητα στο περιφερικό βραχίονα ή το αντίστροφο και ότι οι βελτιώσεις βραχίονα όχι εκδηλώνεται ως βελτιωμένη απόδοση ADL.11 Επομένως, μάλλον παρά να εστιάσουμε στην εγγύς UE, δηλαδή στον ώμο, αποκατάσταση της κίνησης του αντιβραχίου και του αγκώνα σε προηγούμενη μελέτες, αυτή η μελέτη στόχευε το άπω χέρι και το δάχτυλο ως στοχευμένα μέρη αποκατάστασης. Όπως προτείνει το active ROM, η δύναμη και ο συντονισμός που παράγονται από το χέρι και το δάχτυλο είναι κρίσιμα για την εκτέλεση ευαίσθητων ADL, τα οποία μπορεί να οδηγήσει σε βελτιωμένη ποιότητα ζωής (32).

7.4 Nirvana: Σύστημα Ευκονικής Πραγματικότητας

Μετά την εμφάνιση ενός εγκεφαλικού επεισοδίου, οι περισσότεροι ασθενείς μπορεί να έχουν δυσκολίες σε συγκεκριμένους γνωστικούς τομείς, όπως η προσοχή και η συγκέντρωση, η μνήμη, η χωρική επίγνωση, η αντίληψη, η πράξη και η εκτελεστική λειτουργία. Αυτές οι γνωστικές βλάβες έχουν μια άμεση επιρροή στην ποιότητα ζωής των ασθενών, καθώς συνδέονται με μεγαλύτερα ποσοστά ιδρυματοποίησης και υψηλότερο κόστος υγειονομικής περίθαλψης (34).

Η τρέχουσα πρακτική γνωστικής αποκατάστασης τείνει να κατευθύνεται σε απομονωμένους γνωστικούς τομείς συμπεριλαμβανομένης της προσοχής (εστίαση, μετατόπιση, διαίρεση ή διατήρηση), τις εκτελεστικές λειτουργίες, την οπτικοχωρική ικανότητα (οπτική αναζήτηση, σχέδιο, κατασκευή), την μνήμη (ανάκληση και αναγνώριση οπτικών και λεκτικών πληροφοριών) και της γλώσσας. Το τρέχον πρότυπο φροντίδας για τη γνωστική αποκατάσταση του εγκεφαλικού επεισοδίου αποτελείται από δύο κύριες κατηγορίες, την συμβατική (ασκήσεις με χαρτί/μολύβι) και την αποκατάσταση με τη βοήθεια υπολογιστή (34).

Η εικονική πραγματικότητα και οι διαδραστικές τεχνολογίες έχουν αναδειχθεί ως πολύτιμη προσέγγιση στην αποκατάσταση του εγκεφαλικού επεισοδίου. Παρέχουν την δυνατότητα στον ασθενή να εξασκηθεί σε γνωστικές και κινητικές δραστηριότητες. Για παράδειγμα, ικανότητες εκπαίδευσης της προσοχής του ασθενούς και την εκτέλεση προσομοιώσεων και δραστηριοτήτων καθημερινής ζωής σε αστικό εικονικό περιβάλλον (34).

Το Nirvana είναι η πρώτη συσκευή που βασίζεται σε οπτοηλεκτρονικούς αισθητήρες υπερύθρων, μέσω των οποίων ο ασθενής μπορεί να αλληλεπιδρούν μέσα από τις κινήσεις του. Οι ασκήσεις αποκατάστασης με οπτικοακουστικά ερεθίσματα και η ανατροφοδότηση περιλαμβάνει τις αντιληπτικές-γνωστικές δεξιότητες των ασθενών (34).

Αρκετοί τρόποι και αυξανόμενα επίπεδα δυσκολίας χαρακτηρίζουν κάθε άσκηση, έτσι ώστε ο θεραπευτής να μπορεί να χρησιμοποιήσει μια προκαθορισμένη αποκατάσταση, ανάλογα με τις ανάγκες του ασθενούς. Τα επιτευχθέντα αποτελέσματα κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης επιτρέπουν τον θεραπευτή να αξιολογήσει την πραγματική πρόοδο του ασθενούς και στη συνέχεια να τροποποιήσει το πρόγραμμα αποκατάστασης. Το σύστημα είναι συνδεδεμένο με έναν προβολέα ή μια μεγάλη οθόνη, η οποία τοποθετείται μπροστά από τον ασθενή, αναπαράγοντας μια διαδραστική σειρά ασκήσεων (για κορμό, άνω και κάτω άκρα, και γνώση) και χάρη σε μια υπέρυθη βιντεοκάμερα που αναλύει τις κινήσεις του ασθενούς, δημιουργεί διαδραστικότητα. Στο τέλος κάθε συνεδρίας εργασίας, είναι δυνατό να εξαχθεί μία πλήρη λίστα όλων των ασκήσεων που εκτελούνται και η βαθμολογία που λαμβάνεται για καθεμία από αυτές (34).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 :ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΕΡΕΘΙΣΜΟΣ

Η μέθοδοι θεραπείας με χρήση αρχών κινητικής μάθησης χρησιμοποιούνται για την θεραπεία της επίμονης δυσλειτουργίας των άνω άκρων μετά από ένα εγκεφαλικό επεισόδιο. έχουν αναφερθεί στη βιβλιογραφία. Εκτός από τις στρατηγικές θεραπείας που βασίζονται στις αρχές κινητικές εκμάθησης, υπάρχουν και οι θεραπευτικές προσεγγίσεις οι οποίες βασίζονται στην τεχνολογία, για παράδειγμα η ρομποτική τεχνολογία και ο λειτουργικός ηλεκτρικός ερεθισμός (35).

Η θεραπεία με χρήση της ρομποτικής τεχνολογίας έχει δείξει στατιστικά σημαντικά οφέλη σε ασθενείς με χρόνια εγκεφαλικό επεισόδιο, αλλά ορισμένα αναφερόμενα οφέλη δεν θεωρήθηκαν κλινικά σημαντικά. Παράλληλα, ο λειτουργικός ηλεκτρικός ερεθισμός έχει αναφερθεί ως ωφέλιμος σε ασθενείς με χρόνια εγκεφαλικό επεισόδιο (35).

8.1 Λειτουργικός Ηλεκτρικός Ερεθισμός

Η μελέτη των McCabe J et al σύγκριναν την αποτελεσματικότητα της ρομποτικής τεχνολογίας σε συνδυασμό με τις αρχές της κινητικής εκμάθησης, τον λειτουργικό ηλεκτρικό ερεθισμό σε συνδυασμό με τις αρχές της κινητικής εκμάθησης και την θεραπεία με τις αρχές της κινητικής εκμάθησης μόνο. Η ρομποτική τεχνολογία υλοποιήθηκε χρησιμοποιώντας το InMotion2 Shoulder-Elbow Robot. Η συγκεκριμένη ρομποτική συσκευή είναι ένα σύστημα με δύο βαθμούς ελευθερίας. Οι ασθενείς ήταν καθισμένοι αναπαυτικά σε μια καρέκλα με το ημιπληγικό αντιβράχιο και χέρι να υποστηρίζεται. Οι κινήσεις ήταν η κάμψη και η έκταση του ώμου και του αγκώνα (35).

Ο λειτουργικός ηλεκτρικός ερεθισμός δόθηκε με το εμπορικά διαθέσιμο EMS+2 διεγερτικό και επιφανειακά ηλεκτρόδια γέλης. Το EMS+2 είναι ένα φορητό μηχάνημα, που λειτουργεί με μπαταρία, 2- ηλεκτρικός διεγέρτης επιφάνειας καναλιού που παρέχει διφασικό, συμμετρική, ορθογώνια έξοδος για καθένα από τα 2 διαθέσιμα κανάλια. Οι παράμετροι διέγερσης ήταν οι εξής: εύρος παλμού 300, συχνότητα 40 Hz. Οι διεγερμένοι μύες περιλάμβαναν τον καρπό και καμπτήρες/εκτείνοντες δακτύλων (35).

Ο στόχος της αποκατάστασης είναι η ανάκτηση των κινητικών λειτουργικών εργασιών και η βελτίωση της απόδοσης ενός έργου. Η θεραπεία βασίστηκε στις αρχές της κινητικής εκμάθησης. Πιο αναλυτικά, η πρακτική της κίνησης χρειάζεται να είναι όσο τον δυνατόν πιο λειτουργική, υψηλός αριθμός επαναλήψεων, μεγάλη προσοχή στην κινητική εργασία και ειδικότητα στην

άσκηση. Η πρόοδος της θεραπείας βασίστηκε στην ανάκτηση της βουλητικής ικανότητας και της δυσκολίας της κινητικής εργασίας δυσκολία, σύμφωνα με την ιεραρχία δυσκολίας κινητικών εργασιών που φαίνεται στο παράρτημα 1. Δόθηκαν ασκήσεις κινητικής εκμάθησης για προπόνηση-απομονωμένα στον συντονισμό των κινήσεων της ωμοπλάτης, ώμου, αγκώνα, αντιβράχιο, καρπό, δάχτυλα και αντίχειρα. κινήσεις συνιστωσών εργασίας και λειτουργική προπόνηση ολόκληρου του βραχίονα και της άκρας χείρας (35).

Η προετοιμασία της ικανότητας της σύλληψης και η απελευθέρωση της σύλληψης, είναι ένα παράδειγμα εξάσκησης λειτουργικής δραστηριότητας. Με σκοπό την ενθάρρυνση της συμμετοχής των ασθενών, οι λειτουργικές εργασίες πραγματοποιήθηκαν σε ομαδική θεραπεία, σύμφωνα με την οποία ένας θεραπευτής αναλάμβανε μία ομάδα 3 ατόμων για 5 ώρες/ημέρα. Όσοι ανήκουν στην ομάδα ρομποτικής συν ML χρησιμοποίησαν το ρομπότ για 1,5 ώρα/ημέρα. Για το υπόλοιπο της ημέρας τους χορηγήθηκε ML χωρίς τεχνολογίες (3,5 ώρες). Ομοίως, αυτοί που ανήκουν στην ομάδα FES συν ML χρησιμοποιημένο FES για 1,5 ώρα/ημέρα. Στην ομάδα ML χορηγήθηκε το ML παρέμβαση για 5 ώρες/ημέρα (35).

Η τρέχουσα μελέτη περιελάμβανε εντατική εξάσκηση συντονισμένων εργασιών (5 ώρες/συνεδρία, 60 συνεδρίες). Αυτή η ένταση θεραπείας μπορεί να βοηθήσει στον καλύτερο συντονισμό και λειτουργικότητα σε ασθενείς με εγκεφαλικό επεισόδιο. Η κλινική φροντίδα είναι η ξεπερασμένη πεποίθηση ότι δεν μπορεί να υπάρξει άλλη ανάκαμψη μετά από 3 έως 6 μήνες μετά το εγκεφαλικό. Σε αντίθεση με αυτά ανακριβή πεποιθήσεις, τα αποτελέσματά μας είναι συνεπή με άλλα που έχουν αποδείξει τη δυνατότητα κινητικής ανάκαμψης πέρα από αυτή τη χρονική περίοδο, μέσω την εφαρμογή ποικίλων μεθόδων θεραπείας (35).

Ασθενείς με χρόνιο εγκεφαλικό επεισόδιο με σοβαρή βλάβη (>1 έτος) με επίμονη δυσλειτουργία των άνω άκρων μπορεί να έχει κλινικά σημαντικά οφέλη συντονισμός της κοινής κίνησης και απόδοση λειτουργικών εργασιών σε ανταπόκριση στις 3 δοκιμασμένες παρεμβάσεις (ML, συνδυασμένη ρομποτική και ML, συνδυασμένος FES και ML) σε εντατική και μεγάλη διάρκεια παρέμβαση. Δεν υπήρχε διαφορά στην ανταπόκριση στη θεραπεία οι 3 ομάδες παρέμβασης σύμφωνα με μέτρα κίνησης της άρθρωσης συντονισμός ή εκτέλεση σύνθετων λειτουργικών εργασιών. Ήταν εφικτό στο ερευνητικό εργαστήριο για την παροχή αποτελεσματικής ομαδικής θεραπείας για επιζώντες από εγκεφαλικό με σοβαρή αναπηρία σε αναλογία 1:3 (θεραπευτής/ασθενής) (35)

Η αποκατάσταση με την χρήση της ρομποτικής τεχνολογίας έχει αναφερθεί ότι είναι μια αποτελεσματική θεραπεία για την ημιπάρεση μετά από εγκεφαλικό επεισόδιο. Η ρομποτική συσκευή InMotion ARM TM (Interactive Motion Technologies, Inc., Cambridge, MA, USA)

είναι ένα θεραπευτικό ρομποτικό εργαλείο εκπαίδευσης για την αποκατάσταση των άνω άκρων και πολλές μελέτες έχουν αναφέρει ότι η ρομποτική προπόνηση βελτιώνει την παράλυση στην ασθενείς με εγκεφαλικό. Στη ρομποτική προπόνηση χρησιμοποιώντας το ρομπότ In-Motion ARM, οι κινήσεις του ώμου και του αγκώνα εκπαιδεύονται τοποθετώντας τον ρομποτικό βραχίονα με τον παρετικό βραχίονα κατά την προσέγγιση εργασιών σε οριζόντιο επίπεδο. Κατά τη διάρκεια των εργασιών προσέγγισης, η ρομποτική συσκευή βοηθά στην κίνηση του βραχίονα όταν ο ασθενής δεν μπορεί να κινήσει το χέρι (36).

8.2 Νευρομυϊκός Ηλεκτρικός Ερεθισμός

Τα τελευταία χρόνια, έχει αναφερθεί ότι μπορεί να επιτευχθεί περαιτέρω βελτίωση της παράλυσης σε ασθενείς με εγκεφαλικό, συνδυάζοντας την ηλεκτρική διέγερση με προγράμματα αποκατάστασης άνω άκρων, όπως επαναλαμβανόμενη άσκηση, θεραπεία με χρήση καθρέφτη και η αμφοτερόπλευρη εκπαίδευση του άνω άκρο. Επιπρόσθετα, σε ασθενείς με εγκεφαλικό επεισόδιο, έχει αναφερθεί μείωση της συνέργειας της απαγωγής του ώμου και της κάμψης του αγκώνα με συνδυασμό διαδερμικής λειτουργικής ηλεκτρικής διέγερσης στον τρικέφαλο βραχιόνιο μυ και προπόνηση κίνησης του ώμου. Αν και μελέτες έχουν αναφέρει την αποτελεσματικότητα της ηλεκτρικής διέγερσης μόνο σε ασθενείς με παράλυση, η ηλεκτρική διέγερση μπορεί να συνδυαστεί με ρομποτική εκπαίδευση άνω άκρων, καθώς αυτές οι προσεγγίσεις είναι συμβατές (36).

Η βελτίωση στη λειτουργία των άνω άκρων με την προπόνηση κίνησης του καρπού ήταν μεγαλύτερη όταν χρησιμοποιήθηκε ο συνδυασμός ηλεκτρικής διέγερσης και ρομποτικής προπόνησης παρά όταν χρησιμοποιήθηκε μόνο ρομποτική προπόνηση. Προηγούμενη μελέτη περιελάβανε ασθενείς με εκούσια μυϊκή σύσπαση στην παρετική πλευρά και χρησιμοποίησε ενεργοποιημένη νευρομυϊκή ηλεκτρική διέγερση (NMES). Με το ενεργοποιημένο NMES, είναι δυνατό να συσπαστούν οι μύες σύμφωνα με τον προγραμματισμό κίνησης από τον ασθενή και η βελτίωση της παράλυσης είναι πιθανό να είναι καλύτερη με το ενεργοποιημένο NMES παρά με το μη ενεργοποιημένο NMES που δεν παρέχει διέγερση με βάση τον προγραμματισμό κίνησης. Ωστόσο, το ενεργοποιημένο NMES μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο σε ασθενείς με εκούσια μυϊκή σύσπαση, ενώ το μη ενεργοποιημένο NMES μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ασθενείς χωρίς εκούσια μυϊκή σύσπαση. Στην παρούσα μελέτη, διερευνήσαμε εάν το μη πυροδοτημένο NMES μπορεί να αυξήσει την αποτελεσματικότητα της ρομποτικής προπόνησης ώμων και αγκώνων σε ασθενείς με ημιπάρεση (36).

Οι Jessica McCabe et al ανέφεραν ότι ο συνδυασμός NMES και ρομποτικής θεραπείας μπορεί να αυξήσουν την λειτουργικότητα του άνω άκρου μετά από αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο. Πιο αναλυτικά, στην μελέτη τους χρησιμοποίησαν την ρομποτική συσκευή MIT-MANUS/InMotion2 (Interactive Motion Technologies, Inc.) περίπου 1 ώρα/ημέρα, 5 ημέρες/εβδομάδα για 2 εβδομάδες) επιπλέον ενός κανονικού προγράμματος αποκατάστασης. Κατά τη διάρκεια της ρομποτικής εκπαίδευσης, οι ασθενείς επανέλαβαν τις κινήσεις φθάνοντας σε οριζόντιο επίπεδο τουλάχιστον 10 0 0 φορές σε περίπου 1 ώρα. Στην ομάδα RE, το NMES χορηγήθηκε στον πρόσθιο δελτοειδή και στους τρικέφαλους μύες χρησιμοποιώντας το σύστημα Trio300 (Ito Co., Ltd., Τόκιο, Ιαπωνία) κατά τη διάρκεια της ρομποτικής προπόνησης. Οι παράμετροι του NMES ήταν εύρος παλμού 250 μ s και συχνότητα 20 Hz. Το NMES παραδόθηκε συνεχώς κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσης (36).

Η χρήση της ρομποτικής τεχνολογίας βοηθά στην ολοκλήρωση της κίνησης προσέγγισης όταν ο ασθενής δεν μπορεί να ολοκληρώσει την κίνηση ανεξάρτητα. Κατά την επανάληψη της κίνησης προσέγγισης (1000 φορές/ημέρα), το NMES διευκόλυε τον εκούσιο έλεγχο των μυών και οι ασθενείς είχαν μεγάλο αριθμό επιτυχημένων δοκιμών, οδηγώντας σε αύξηση της αποτελεσματικότητας της προπόνησης. Επιπλέον, το NMES στα περιφερικά νεύρα για περισσότερο από 1 ώρα έχει αναφερθεί ότι αυξάνει τη διεγερσιμότητα του κινητικού φλοιού. Είναι πιθανό η παράλυση να βελτιώθηκε λόγω της αύξησης της διεγερσιμότητας του κινητικού φλοιού, καθώς η ρομποτική εκπαίδευση στη μελέτη μας απαιτούσε περίπου 1 ώρα για την ολοκλήρωση περισσότερων από 10 0 0 επαναλήψεων της κίνησης προσέγγισης (36).

Η ενεργή ROM ώμου ήταν σημαντικά καλύτερη μετά από ό,τι πριν από την προπόνηση στην ομάδα RE. Ωστόσο, καμία τέτοια βελτίωση δεν σημειώθηκε στην ομάδα RO. Οι βελτιώσεις στις τιμές ενεργού ROM της κάμψης και της απαγωγής του ώμου ήταν σημαντικά υψηλότερες στην ομάδα RE από ό,τι στην ομάδα RO (20 ° και 10 ° έναντι 0 ° και 5 °, αντίστοιχα). Οι βαθμολογίες FMA-SE και FMA-total ήταν σημαντικά καλύτερες μετά από ό,τι πριν από την προπόνηση και στις δύο ομάδες, και δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων, αν και η βελτίωση της συνολικής βαθμολογίας FMA έτεινε να είναι μεγαλύτερη στην ομάδα RE από ό,τι στην ομάδα Ομάδα RO (36)

8.3 Ηλεκτρομυογράφημα και Νευρομυϊκός ηλεκτρικός ερεθισμός

Τα κινητικά ελλείμματα των άνω άκρων είναι κοινά μετά από εγκεφαλικό και παρατηρούνται σε περισσότερο από το 80% των επιζώντων από εγκεφαλικό. Διάφορες συσκευές αποκατάστασης χρησιμοποιούνται στον τομέα της φυσικοθεραπείας με σκοπό την δημιουργία προγραμμάτων

αποκατάστασης με μακροπρόθεσμα αποτελέσματα. Μεταξύ αυτών, η ρομποτική αποκατάσταση και η νευρομυϊκή ηλεκτρική διέγερση (NMES) χρησιμοποιούνται ευρέως στις πρακτικές αποκατάστασης του εγκεφαλικού επεισοδίου (37).

Η συσκευές ρομποτικής αποκατάστασης έχουν αναγνωρισθεί ως αποτελεσματικές μεθόδους αποκατάστασης και μπορούν να συνδυαστούν με τις συμβατικές υπηρεσίες αποκατάστασης, παρέχοντας εντατική και επαναλαμβανόμενη εκπαίδευση. Έχει αναφερθεί ότι η ενσωμάτωση της εκούσιας προσπάθειας μέσω ηλεκτρομυογραφίας (ΗΜΓ) στον ρομποτικό σχεδιασμό θα μπορούσε να συμβάλει σημαντικά στην κινητική αποκατάσταση σε ασθενείς με εγκεφαλικό. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι μια στρατηγική που βασίζεται στο ΗΜΓ μπορεί να μεγιστοποιήσει τη συμμετοχή της εκούσιας προσπάθειας του ασθενούς στην αποκατάσταση. Ωστόσο, η συσκευές ρομποτικής αποκατάστασης δεν είναι σε θέση να ενεργοποιήσουν άμεσα τις επιθυμητές μυϊκές ομάδες, οι οποίες μπορεί μόνο να βοηθήσουν ή ακόμη και να κυριαρχήσουν στην κίνηση των άκρων, όπως οι συνεχείς παθητικές κινήσεις (37).

Επιπλέον, οι ασθενείς με εγκεφαλικό συνήθως συνεργάζονται με αντισταθμιστικές κινήσεις από άλλες μυϊκές δραστηριότητες για να ενεργοποιήσουν τους μύες-στόχους, κάτι που μπορεί να οδηγήσει σε “learned disuse”, δηλαδή μαθημένη αχρηστία. Ωστόσο, το NMES μπορεί να περιορίσει αποτελεσματικά τις αντισταθμιστικές κινήσεις διεγείροντας συγκεκριμένους μύες μέσω κυκλικών ηλεκτρικών ρευμάτων, το οποίο παρέχει επαναλαμβανόμενες αισθητικοκινητικές εμπειρίες. Με το πλεονέκτημα της επακριβούς ενεργοποίησης του μύος-στόχου, το NMES έχει αναφερθεί ότι είναι αποτελεσματικό στην πρόκληση αισθητηριακής ανάδρασης, στη βελτίωση της μυϊκής δύναμης και συνεπώς στην προώθηση της κινητικής λειτουργίας σε ασθενείς με εγκεφαλικό. Ωστόσο, τα προγράμματα κατάρτισης που υποβοηθούνται μόνο από το NMES δεν είναι επίσης βέλτιστα λόγω της δυσκολίας ελέγχου των τροχιών κίνησης και της πρώιμης εμφάνισης κόπωσης (37)

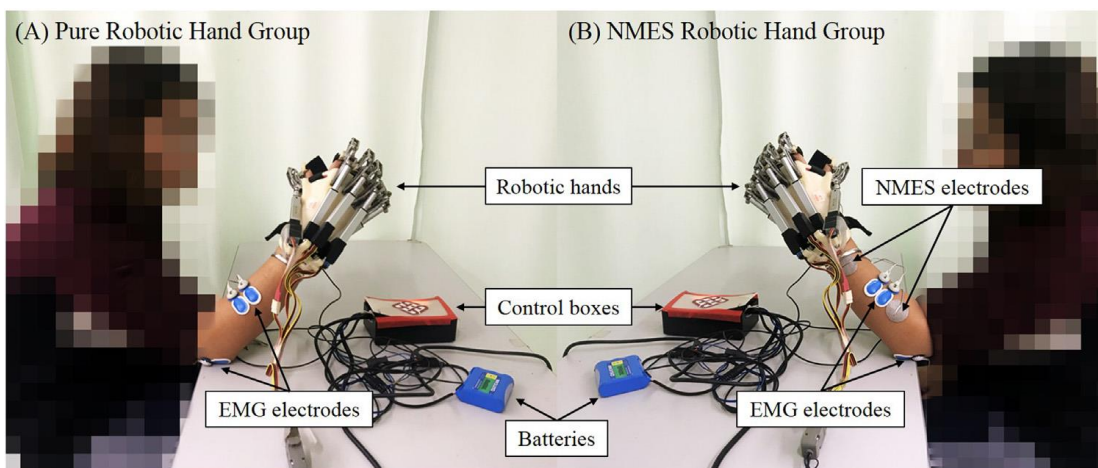
Οι συσκευές αποκατάστασης των άνω άκρων, οι οποίες συνδυάζουν την ρομποτική τεχνολογία και το NMES, μπορούν να βελτιώσουν τα οφέλη και να που συνδυάζουν αυτές τις δύο μοναδικές τεχνικές έχουν προταθεί για να ενσωματώσουν τα οφέλη και να ελαχιστοποιήσουν τα μειονεκτήματα. Για παράδειγμα, η προπόνηση των άνω άκρων με τη βοήθεια ρομπότ NMES θα μπορούσε να επιτύχει καλύτερα κινητικά αποτελέσματα σε σύγκριση με τις συμβατικές θεραπείες για ασθενείς με υποξεία εγκεφαλικά επεισόδια. Εν τω μεταξύ, μια άλλη μελέτη που συνέκρινε τα αποτελέσματα της εκπαίδευσης μεταξύ της εκπαίδευσης με ρομπότ με το NMES και της εκπαίδευσης με ρομπότ αποκλειστικά χρησιμοποιώντας το InMotion ARMTMRobotin την υποξεία περίοδο έδειξε ότι το ενεργό εύρος κίνησης της ομάδας εκπαίδευσης ρομπότ NMES ήταν σημαντικά υψηλότερο σε σύγκριση με το ρομπότ. εκπαιδευτική ομάδα (37)

Ένα σύστημα ρομπότ NMES με EMG για εκπαίδευση καρπού. Αυτή η συνδυασμένη συσκευή βελτίωσε τα επίπεδα ενεργοποίησης των μυών που σχετίζονται με τον καρπό και μείωσε τις αντισταθμιστικές μυϊκές δραστηριότητες στον αγκώνα, ενώ αυτά τα αποτελέσματα προπόνησης απουσίαζαν μόνο για την προπόνηση με ρομπότ με EMG. Πράγματι, μια παρόμοια μελέτη από άλλη ερευνητική ομάδα πέτυχε επίσης καλύτερα αποτελέσματα αποκατάστασης σε ορισμένες κλινικές αξιολογήσεις χρησιμοποιώντας το συνδυασμένο σύστημα σε σύγκριση με τη θεραπεία με τη βοήθεια ρομπότ μόνο.(37)

Η ρομποτική συσκευή αποκατάστασης της άκρας χείρας μπορεί να βοηθήσει στην κάμψη και την έκταση των δακτύλων σε ασθενείς μετά από αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο. Αναλυτικότερα, τα ηλεκτρόδια του ΗΜΓ τοποθετούνται σε πραγματικό χρόνο στους μύες βραχύς απαγωγός του αντίχειρα και εκτείνονοντα τους δακτύλους. Ορίζεται η γραμμή βάσης της ηρεμίας του ΗΜΓ. Μόλις του ΗΜΓ αντιληφθεί την εκούσια κίνηση του μυός, τότε η συσκευή αρχίζει να κινείται ώστε να διευκολυνθεί η επιθυμητή άσκηση. Παράλληλα, τοποθετείται και το NMES στον εκτείνοντα τους δακτύλους για την διευκόλυνση της κίνησης της έκτασης των δακτύλων. Το NMES ρυθμίστηκε σε τετράγωνους παλμούς με σταθερό πλάτος 70 V, συχνότητα διέγερσης 40 Hz και εύρος παλμού ως 300 μs. Πριν από την προπόνηση, το πλάτος του παλμού ρυθμίστηκε στην ελάχιστη ένταση, η οποία επέτυχε μια πλήρως εκτεταμένη θέση των δακτύλων σε κάθε ασθενή. - για όλη τη φάση της έκτασης των δακτύλων, ενώ δεν παρείχε βοήθεια από το NMES κατά την κάμψη των δακτύλων για να αποφευχθεί η πιθανή αύξηση της σπαστικότητας των δακτύλων μετά τη διέγερση (37)

Σε κάθε Στη συνεδρία, οι συμμετέχοντες και στις δύο ομάδες έπρεπε πρώτα να εκτελέσουν μια δοκιμή μέγιστης εκούσιας σύσπασης για τους ακόλουθους πέντε μύες-στόχους: βραχύς απαγωγός του αντίχειρα, εκτείνων τους δακτύλους, καμπτήρα του δακτύλου, δικέφαλο βραχιόνιο και τρικέφαλο βραχιόνιο. Κάθε MVCtest σε κάθε μυ-στόχο διατηρήθηκε για 5 δευτερόλεπτα και επαναλήφθηκε δύο φορές. Κατόπιν αυτού, ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να χρησιμοποιήσουν τα παρετικά τους άκρα (χωρίς τη βοήθεια από το NMES ή το ρομποτικό χέρι) για να εκτελέσουν εργασίες αξιολόγησης με γυμνό χέρι, οι οποίες περιλάμβαναν εργασίες πλάγιας και κατακόρυφης προσέγγισης του χεριού. Για την πλευρική εργασία, ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να κρατήσουν ένα σφουγγάρι (πάχος 5 cm, βάρος 30 g) και να το μετακινήσουν 50 cm οριζόντια από τη μια πλευρά ενός τραπεζιού στην άλλη. Στη συνέχεια, για να το απελευθερώσετε, πιάστε το ξανά και, τέλος, μετακινήστε το πίσω στην αρχική του θέση. Για την κατακόρυφη εργασία, ζητήθηκε από κάθε συμμετέχοντα να πιάσει το σφουγγάρι από τη μέση γραμμή ενός κάτω στρώματος ενός ραφιού και, στη συνέχεια, να το σηκώσει σε μια κατακόρυφη απόσταση 17 cm και να το τοποθετήσει στη μέση του επάνω στρώματος του ραφιού. Μετά από

αυτό, ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να σηκώσουν το σφουγγάρι και να το τοποθετήσουν πίσω στο σημείο εκκίνησης. Και οι δύο πλευρικές και κάθετες εργασίες επαναλήφθηκαν τρεις φορές. Για να αποφευχθεί η μυϊκή κόπωση, έγινε ένα διάλειμμα 2 λεπτών μεταξύ δύο διαδοχικών συσπάσεων τόσο για τη δοκιμή MVC όσο και για την εργασία αξιολόγησης με γυμνό χέρι. Οι διαδικασίες αξιολόγησης του MVC και της εργασίας αξιολόγησης με γυμνό χέρι έχουν περιγραφεί λεπτομερώς στην προηγούμενη εργασία μας. Μετά την εργασία αξιολόγησης πριν από την προπόνηση, οι συμμετέχοντες έλαβαν οδηγίες να πραγματοποιήσουν επαναλαμβανόμενες κινήσεις των άνω άκρων, όπως στις πλάγιες και κάθετες εργασίες στην αξιολόγηση, με τη βοήθεια είτε από το ρομποτικό χέρι που οδηγείται από EMG είτε από το ρομποτικό χέρι NMES με EMG. Σε κάθε προπόνηση, οι συμμετέχοντες εκτελούσαν πλάγιες και κάθετες εργασίες 30 λεπτών αντίστοιχα, με διάλειμμα 10 λεπτών μεταξύ των δύο εργασιών για την αποφυγή μυϊκής κόπωσης (37).



Εικόνα 8 Α) pure robotic hand group; Β) neuromuscular electrical stimulation (NMES) (Yanhuan Huang CN, Waiming Li, Wei Rong, Yunong Xie, Yangchen Liu, Qiuyang Qian, Xiaoling Hu. A comparison of the rehabilitation effectiveness of neuromuscularelectrical stimulation robotic hand training and pure robotic handtraining after stroke: A randomized controlled trial. *Biomedical Signal Processing and Control*. 2020;56)

Τα αποτελέσματα (δηλαδή, κλινικές εκτιμήσεις και παράμετροι ΗΜΓ) έδειξαν ότι και τα δύο συστήματα προπόνησης ήταν αποτελεσματικά στη βελτίωση της μακροπρόθεσμης λειτουργικής αποκατάστασης στις άπω αρθρώσεις του άνω άκρου, όπου το ρομποτικό σύστημα με NMES πέτυχε μεγαλύτερη απελευθέρωση μυϊκής σπαστικότητας και περισσότερη βελτίωση στην εκούσια κινητική προσπάθεια και μυϊκό συντονισμό. Πρόσθετες κινητικές βελτιώσεις στις εγγύς αρθρώσεις παρατηρήθηκαν μετά την προπόνηση ρομποτικού χεριού NMES όταν το NMES εφαρμόστηκε στον άπω μυ. Αυτό μπορεί να σημαίνει ότι το NMES θα μπορούσε να διευκολύνει σημαντική βελτίωση για ολόκληρο το άνω άκρο ακόμη και με περιορισμένη περιοχή διέγερσης. Αυτή η μελέτη υποστηρίζει περαιτέρω τη σκοπιμότητα και την αποτελεσματικότητα του

συνδυασμένου ρομποτικού συστήματος NMES στην αποκατάσταση του άνω άκρου για χρόνιο εγκεφαλικό επεισόδιο, ειδικά στο περιφερικό τμήμα(37).

Εν κατακλείδι, η συνδυασμένη χρήση FES και ρομποτικών τεχνολογιών έχει προταθεί ως λύση για να ξεπεραστούν οι ατομικοί περιορισμοί και να αυξηθεί η ευρωστία, η ασφάλεια και η αποτελεσματικότητα των παρεμβάσεων αποκατάστασης. Αυτή η συνδυασμένη προσέγγιση έχει ονομαστεί Hybrid Robotic Rehabilitation Systems. Τα υβριδικά συστήματα μπορούν να οριστούν ως «τα συστήματα που αποκαθιστούν ή αντισταθμίζουν τις κινητικές λειτουργίες μέσω της συνδυασμένης δράσης της ενεργοποίησης των μυών με το FES και τις μηχανικές/ηλεκτρομηχανικές δυνάμεις που παρέχονται στις αρθρώσεις» (38)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΕ ΧΡΟΝΙΟ Α.Ε.Ε.

Το αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο είναι η κύρια αιτία μακροχρόνιας αναπηρίας ενηλίκων και έχει επικρατήσει σε 25,7 εκατομμυρίων ανθρώπων παγκοσμίως. Το χρόνιο εγκεφαλικό επεισόδιο επηρεάζει 7,2 εκατομμύρια Αμερικανούς και η βλάβη στο άνω άκρο επιμένει σε ένα ποσοστό της τάξης του 30% έως 66% των ατόμων, έξι μήνες ή περισσότερο μετά την έναρξη του επεισοδίου. Ο βαθμός της αρχικής πάρεσης επηρεάζει την ανάρρωση και μόνο το 9% έως 20% των ατόμων με σοβαρή πάρεση επανακτά πλήρως την λειτουργία του άνω άκρου (39). Συγκεκριμένα, η άσκηση για άτομα με χρόνιο εγκεφαλικό μπορεί να αντιστοιχεί στην έννοια της αποκατάστασης, δηλαδή όχι μόνο να φτάσει σε λειτουργικά επίπεδα αλλά και να διατηρήσει λειτουργικά επίπεδα (40).

9.1 Task specific training

Το χρόνιο αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο έχει συνεχείς αρνητικές συνέπειες στην ανεξαρτησία και στην ποιότητα ζωής του ατόμου, οι οποίες εξαρτώνται από την λειτουργικότητα του άνω άκρου. Καινοτόμες στρατηγικές κινητικής μάθησης με χρήση εντατικών επαναλαμβανόμενων πρακτικών συγκεκριμένης εργασίας δείχνουν ότι επηρεάζουν την νευροπλαστικότητα σχετιζόμενη με την εργασία και βελτιώνουν την λειτουργικότητα σε όλα τα στάδια μετά από το εγκεφαλικό επεισόδιο. Ωστόσο, η σοβαρή πάρεση εμποδίζει τη συμμετοχή σε θεραπείες που βασίζονται σε στοιχεία όπως η θεραπεία που προκαλείται από περιορισμούς επαναλαμβανόμενη προπόνηση εργασιών. Αντίθετα, η αποκατάσταση έχει επικεντρώθηκε στη διδασκαλία αντισταθμιστικών τεχνικών για υποκατάσταση για λειτουργική απώλεια.¹⁴ Ως αποτέλεσμα, εμπειρίες που εξαρτώνται από τη χρήση είναι περιορισμένες και η ανταπόκριση στην εντατική εκπαίδευση για συγκεκριμένες εργασίες σε άτομα με μέτρια έως σοβαρή χρόνια αναπηρία δεν έχει διερευνηθεί πλήρως (39).

Η αποκατάσταση του άνω άκρου με τη βοήθεια της ρομποτικής τεχνολογίας προσφέρει μια οικονομικά αποδοτική μέθοδο παροχής ποσοτικοποιήσιμης, έντονης και αναπαραγωγίσιμης θεραπείας σε άτομα με σημαντική αναπηρία. Αρκετές μελέτες έχουν δείξει τα σημαντικά οφέλη με της ρομποτικής αποκατάστασης σε ασθενείς με μέτρια έως σοβαρή χρόνια δυσλειτουργία του άνω άκρου μετά από εγκεφαλικό επεισόδιο (39).

Η μελέτη των Conroy S. WG et al σύγκρινε την ρομποτική θεραπεία και την ρομποτική θεραπεία σε συνδυασμό με task specific training σχετικά με την βελτίωση της λειτουργικότητας του άνω άκρου σε ασθενείς με χρόνιο εγκεφαλικό επεισόδιο με σοβαρή ή μέτρια δυσλειτουργία

του άνω άκρου. Πιο αναλυτικά, οι δύο ομάδες έλαβαν θεραπεία για μία ώρα/ 3 φορές την εβδομάδα για συνολικά 12 εβδομάδες. Η ομάδα η οποία είχε ως θεραπεία αποκλειστικά την ρομποτική θεραπεία είχε ημερήσια διάρκεια θεραπείας τα 60' και αφορούσε τον ώμο, τον αγκώνα και τον καρπό. Η άλλη ομάδα είχε 45' λεπτά θεραπεία με την χρήση της ρομποτικής τεχνολογίας και 15' task specific training. Η task specific training αφορούσε το άνοιγμα ενός μπουκαλιού ή το άνοιγμα ενός χερουλιού της πόρτας (39).

Άτομα με εγκεφαλικό που έχουν μέτρια έως σοβαρά επίπεδα της αναπηρίας του βραχίονα μπορεί να επωφεληθεί από τη διαμεσολάβηση ρομποτ υψηλής έντασης επαναλαμβανόμενη real-time task specific training. Ωστόσο, η αντικατάσταση μέρους της ρομποτικής θεραπείας με μη ρομποτική θεραπεία είχε ένα πρόσθετο όφελος στην κινητική απόδοση και στην χρήση του άνω άκρου (39).

9.2 The soft robotic hand consisted of five Soft-Elastic Composite Actuator (SECA)

Τα κοινά συμπτώματα μετά από ένα εγκεφαλικό επεισόδιο αποτελούν την μειωμένη κινητική λειτουργία, την μη φυσιολογική μυϊκή ενεργοποίηση, τον συντονισμό, την εμφάνιση της σπαστικότητας, την απώλεια της επιδεξιότητας και της ακρίβειας στην κίνηση. Η βλάβη της κινητικής λειτουργίας εμποδίζει τους ανθρώπους να εκτελούν εργασίες που σχετίζονται με δραστηριότητες της καθημερινής ζωής, με αποτέλεσμα μειωμένο επίπεδο ποιότητα ζωής. Η λεγόμενη 'Χρυσή περίοδος' της βέλτιστης αποκατάστασης της λειτουργίας του σώματος συμβαίνει συνήθως μέσα στους πρώτους 3 μήνες μετά από ένα εγκεφαλικό επεισόδιο (41).

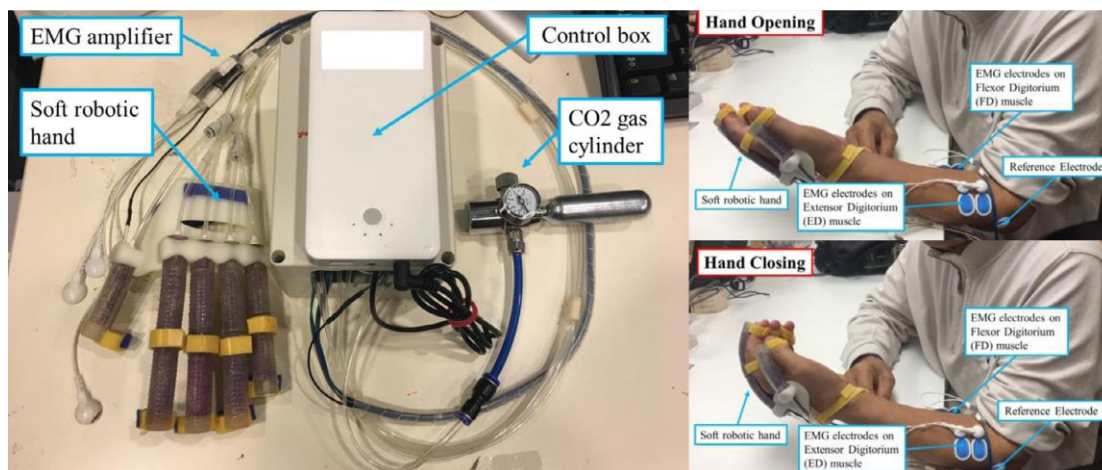
Τα ρομποτικά μέσα αποκατάστασης μπορούν να διασφαλίσουν με ακρίβεια και συνέπεια ασκήσεις βελτίωσης σε ασθενείς που πάσχουν σε διαφορετικά επίπεδα βλάβης. Η θεραπεία με τη βοήθεια ρομποτ προσφέρει μία στοχευμένη μέθοδος προπόνησης μέσω της εξαιρετικά επαναλαμβανόμενης κίνησης και παρέχουν ακριβή, αυτοματοποιημένη κίνηση με έλεγχο για την ποσοτικοποίηση αποκατάστασης. Αν και υπάρχουν ανεπαρκείς ενδείξεις ότι η κλινική αποτελεσματικότητα της ρομποτικής θεραπείας θα μπορούσε να αποκαταστήσει τις κλασσικές τεχνικές της φυσικοθεραπείας, τα ρομποτικά μέσα χρησιμοποιούνται ευρέως στα κέντρα αποκατάστασης. Αξίζει να σημειωθεί ότι η ρομποτική θεραπεία έρχεται να συμπληρώσει την κλασσική φυσικοθεραπεία στην αποκατάσταση του ημίπληκτου άνω άκρου (41)

Η χρήση της ρομποτικής τεχνολογίας μειώνει τον χρόνο που θα ασχοληθεί ο ίδιος ο φυσικοθεραπευτής ή ο γιατρός με τον ασθενή διότι τα ρομποτ μπορούν να βοηθήσουν στην κίνηση των ημίπληκτων άκρων κατά τη διάρκεια των ασκήσεων, αυξάνοντας έτσι η ποσότητα της

θεραπείας για τους ασθενείς και η αύξηση της αριθμός ασθενών που έπασχαν από ήπια έως σοβαρή βλάβη που υποβάλλεται σε ταυτόχρονη θεραπεία ταυτόχρονα.²³ Επιπλέον, η εκπαίδευση αποκατάστασης στο χέρι θα ήταν περισσότερο αποτελεσματικό από ό,τι στις εγγύς αρθρώσεις, π.χ. καρπό, αγκώνα κ.λπ. στη βελτίωση της συνολικής λειτουργίας ολόκληρου του άνω άκρο.

Τα μαλακά ρομποτικά χέρια εισάγονται με την υψηλή τους συμμόρφωση και χαμηλή εγγενή ακαμψία, η οποία επιτρέπει στις συσκευές να είναι ελαφρύ και άνετο. Παραδείγματα υφιστάμενων Τα μαλακά ρομποτικά χέρια περιλαμβάνουν τα μαλακά ρομποτικά γάντια από 'EsoGlove', το «Tenoevo». Έχουν αποδειχθεί θετικά αποτελέσματα σε υποβοήθηση ασθενών με εγκεφαλικό κυρίως με ήπια σπαστικότητα των δακτύλων (δηλαδή τροποποιημένη κλίμακα Ashworth = 0, 1 και 1+) σε την εκτέλεση κάποιων απλών εργασιών, π.χ. κλείσιμο με το χέρι και άνοιγμα, λαβή κονσέρβας. Ωστόσο, ο σχεδιασμός αυτών των συσκευών ενδέχεται να είναι περιορισμένες καθώς η ροπή της έκτασης μπορεί να είναι πολύ μικρότερη από τη ροπή κάμψης της άρθρωσης λόγω της σπαστικότητας των δακτύλων. Θα ήταν δύσκολο για τους ασθενείς που πάσχουν από σοβαρή σπαστικότητα των αρθρώσεων για να βιώσετε τα πλεονεκτήματα της χρησιμοποιώντας τα μαλακά ρομποτικά γάντια. Υπό το φως αυτού του ζητήματος, έχει αναπτυχθεί αντίστοιχα ένα άλλο αμφίδρομο μαλακό ρομποτικό χέρι βασισμένο σε ύφασμα που μπορεί να προσφέρει ενεργή βοήθεια με έκταση (41).

The soft robotic hand consisted of five Soft-Elastic Composite Actuator (SECA) που ελέγχουν την κίνηση των δακτύλων. Κάθε SECA αποτελούνταν από δύο διαχωρισμένα τμήματα, ονομάζονται Μετακαρποφαλαγγικές Αρθρώσεις και Εγγύς Τμήματα Μεσοφαλαγγικών Αρθρώσεων, τα οποία επέτρεψαν την έλεγχο της ενεργοποιημένης κάμψης και έκτασης. Τα πλεονεκτήματα του μικρού βάρους και της στενής εφαρμογής Ο σχεδιασμός δημιούργησε λιγότερη αντίσταση στη φυσική κίνηση μεμονωμένο δάχτυλο και εξασφαλισμένη άνεση στους χρήστες όταν φοράτε το μαλακό ρομποτικό χέρι με την πάροδο του χρόνου(41)



Εικόνα 9 Το μαλακό ρομποτικό χέρι και η ρύθμιση ελέγχου (αριστερά) και η υποβοηθούμενη κίνηση του ανοίγματος και κλεισίματος του χεριού (δεξιά) με το μαλακό ρομποτικό χέρι σε εγκεφαλικά επεισόδια (Shi XQ, Heung HL, Tang ZQ, Li Z, Tong KY. *Effects of a Soft Robotic Hand for Hand Rehabilitation in Chronic Stroke Survivors. Journal of stroke and cerebrovascular diseases* : the official journal of National Stroke Association. 2021;30(7):105812)

Οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να υποβληθούν σε 20 συνεδρίες 1-ωρης προπόνησης μαλακών ρομποτικών χεριών με EMG σε α εθελοντική βάση, με ένταση 3 συνεδρίες την εβδομάδα. Και οι 20 συνεδρίες αναμενόταν να ολοκληρωθούν εντός 7 συνεχόμενες εβδομάδες. Οι συμμετέχοντες προσλήφθηκαν από τοπικά περιφέρειες μέσω διαφήμισης. Οι συμμετέχοντες ήταν υποχρεωτικοί να διακόψουν το τακτικό πρόγραμμα αποκατάστασης που θα υποβληθούν τα πειράματα από την προεκπαιδευτική αξιολόγηση, 20 συνεδρίες εκπαίδευσης με τη βοήθεια ρομπότ, έως την αξιολόγηση μετά την εκπαίδευση (41).

Κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσης, οι ασθενείς έλαβαν οδηγίες για συνεχή εξάσκηση στο κλείσιμο και στο άνοιγμα της άκρας χείρας μέσα σε ένα ώρα. Πριν από την προπόνηση απαιτήθηκαν 10 λεπτά για να βάλουμε το μαλακό ρομποτικό χέρι και τα ηλεκτρόδια ΗΜΓ σε άτομα με εγκεφαλικά επεισόδια. Τους δόθηκαν τέσσερις συνεδρίες των 10 λεπτών μέσα σε μία Προπόνηση 1 ώρας. Τέσσερα μικρά διαλείμματα 5 λεπτών ήταν διαθέσιμα μετά από κάθε συνεδρία 10 λεπτών για την πρόληψη της μυϊκής κόπωσης. Λειτουργία προπόνησης που ενεργοποιείται από ΗΜΓ, όπως έχει ήδη περιγραφεί προηγουμένως, χρησιμοποιήθηκε στην εκπαίδευση του ανοίγματος και του κλεισίματος των χεριών (41).

Αυτή η έρευνα έδειξε την αποτελεσματικότητα των μαλακών ρομποτικών χερι με υποβοήθηση ροπής κάμψης και επέκτασης μέσα αποκατάσταση χρόνιου εγκεφαλικού. Σε αυτό το έργο, δεκαέξι εγκεφαλικά άτομα προσλήφθηκαν στις 20 συνεδρίες μας αποκατάστασης χεριών εκπαίδευση. Η λειτουργία του κινητήρα ήταν σημαντικά βελτιωμένη ως προς την απόδοση σε ARAT, FMAUE, FMA-WH και BBT. Πιο πολλά υποσχόμενο αποτέλεσμα ήταν παρατηρείται στην αύξηση της ικανότητας πρόσφυσης, η οποία μόνο μία Το υποκείμενο δεν έδειξε βελτίωση στο μέγιστο εκούσια δύναμη λαβής (41).

9.3 Φυσικοθεραπεία και εξωτερικός σκελετός L-EXOS

Οι Antonio Frisoli et al σύγκριναν την ρομποτική θεραπεία και την κλασική φυσικοθεραπεία στη βελτίωση της λειτουργικότητας σε ασθενείς με χρόνια εγκεφαλικό. Οι ασθενείς που ανήκουν και στις δύο ομάδες πραγματοποίησαν 3 εβδομαδιαίες συνεδρίες αποκατάστασης, τουλάχιστον 45 λεπτά το καθένα, σε διάστημα 6 εβδομάδων, με κλινικές αξιολογήσεις κατά την εγγραφή και την λήξη. (42)

Οι συνεδρίες της φυσικοθεραπείας περιελάβαν θεραπευτικές ασκήσεις επικεντρωμένες κυρίως στο να φτάσουν και να πιάσουν εργασίες που χρησιμοποιούν το προσβεβλημένο άκρο και προσαρμοσμένες στις ανάγκες κάθε ασθενή. Επίσης, τηρήθηκαν τα ακόλουθα σημεία στο πρόγραμμα φυσικοθεραπείας. Παθητική κίνηση Παθητική κίνηση και τέντωμα του το άνω άκρο του ασθενούς πραγματοποιήθηκε στην αρχή κάθε συνεδρίας από τον θεραπευτή. Ασκήσεις με στόχο την κίνηση και την εθελοντική δράση προτάθηκαν από τον θεραπευτή σύμφωνα με τα διαφορετικά επίπεδο κινητικής βλάβης που απαιτεί άνω άκρο κίνηση, οπτικοκινητικό συντονισμό και αισθητηριακή διέγερση που συνίσταται στην προσέγγιση και χειρισμό αντικειμένων με διαφορετική συνοχή (πλαστική μεμβράνη, χαρτί, κοινή αντικείμενα) για διέγερση σωματοαισθητηριακών προσαγωγών, περίγραμμα ακολουθώντας με στυλό και χαρτί και τρισδιάστατες χωρικές κινήσεις για την τόνωση της ιδιοδεκτικότητας του άνω άκρου σύμφωνα με το Η νευρογνωστική προσέγγιση του Perfetti [25], και επιλέξτε και τοποθετήστε ξύλινα παζλ με μανταλάκια για να επαναλάβετε τις προτεινόμενες εργασίες στη ρομποτική ομάδα. (42)

Οι ασθενείς πραγματοποίησαν δύο ασκήσεις εκπαίδευσης και μία ασκήσεις αξιολόγησης σε κάθε συνεδρία ρομποτικής υποβοηθούμενης αποκατάστασης. Οι ασθενείς κάθονταν αναπαυτικά σε μια καρέκλα μπροστά σε ένα 46 ιντσών οθόνη LCD τοποθετημένη σε απόσταση 1 m, φορώντας στερεοσκοπικά γυαλιά και τον εξωσκελετό L-EXOS επάνω το δεξί (με βλάβη) άνω άκρο τους. Για ασθενείς που κάθονται το δικό τους αναπηρικό καροτσάκι, αφαιρέθηκε η δεξιά πολυθρόνα για να μην παρεμβαίνει το L-EXOS. Το ύψος του το L-EXOS προσαρμόστηκε ώστε να ταιριάζει άνετα και σωστά υποστήριξη του άνω άκρου του ασθενούς. (42)

Το L-EXOS είναι ένας ρομποτικός εξωσκελετός με τένοντα χαρακτηρίζεται από μια σειριακή κινηματική που αποτελείται από πέντε στρωφικές αρθρώσεις, από τις οποίες οι τέσσερις πρώτες ενεργούσαν: κινηματικά οι τρεις πρώτοι άξονες περιστροφής είναι προσπίπτοντες και αμοιβαία ορθογώνια (δύο επί δύο) προκειμένου να μιμηθούν η κινηματική μιας σφαιρικής άρθρωσης με το ίδιο κέντρο περιστροφής του ανθρώπινου ώμου, ενώ ο τέταρτος άξονας θεωρείται ότι συμπίπτει με την άρθρωση του αγκώνα και την Πέμπτη άξονα με το αντιβράχιο (μόνο αισθητή), ώστε να επιτρέπεται ο προυπιασμός του καρπού. Το L-EXOS διαθέτει α απομακρυσμένη τοποθέτηση

ηλεκτρικών κινητήρων προκειμένου να δραστηρίως να μειώσει την αντιληπτή αδράνεια κατά την ελεύθερη κίνηση, με τη χρήση μετάδοσης τενόντων που μπορεί εύκολα να μεταδοθεί ροπές σε αρθρώσεις τοποθετημένες μακριά από κινητήρες με μηδέν αντίδραση, χαμηλή τριβή και χαμηλό βάρος. Χάρη σε αυτά τεχνικά υιοθετημένες λύσεις που μπορεί να παρέχει το L-EXOS α αξιόπιστη και ομαλή μέτρηση τόσο της άρθρωσης όσο και του επιδραστή θέση. (42)

Οι δύο προπονητικές ασκήσεις παρουσιάστηκαν εικονικά περιβάλλον προσομοίωσης πραγματικότητας, ειδικά σχεδιασμένο για η ανάκτηση των λειτουργιών προσέγγισης και χειραγώγησης εγκεφαλικό επεισόδιο, και εκτελέστηκαν υπό την προσαρμοστική βοήθεια του ρομπότ. Οι ασκήσεις σχεδιάστηκαν με το στόχος της αναπαραγωγής λειτουργικών εργασιών επίτευξης, απαίτησης οπτικοκινητικός συντονισμός και εμπλοκή του χώρου κίνηση του βραχίονα(42).

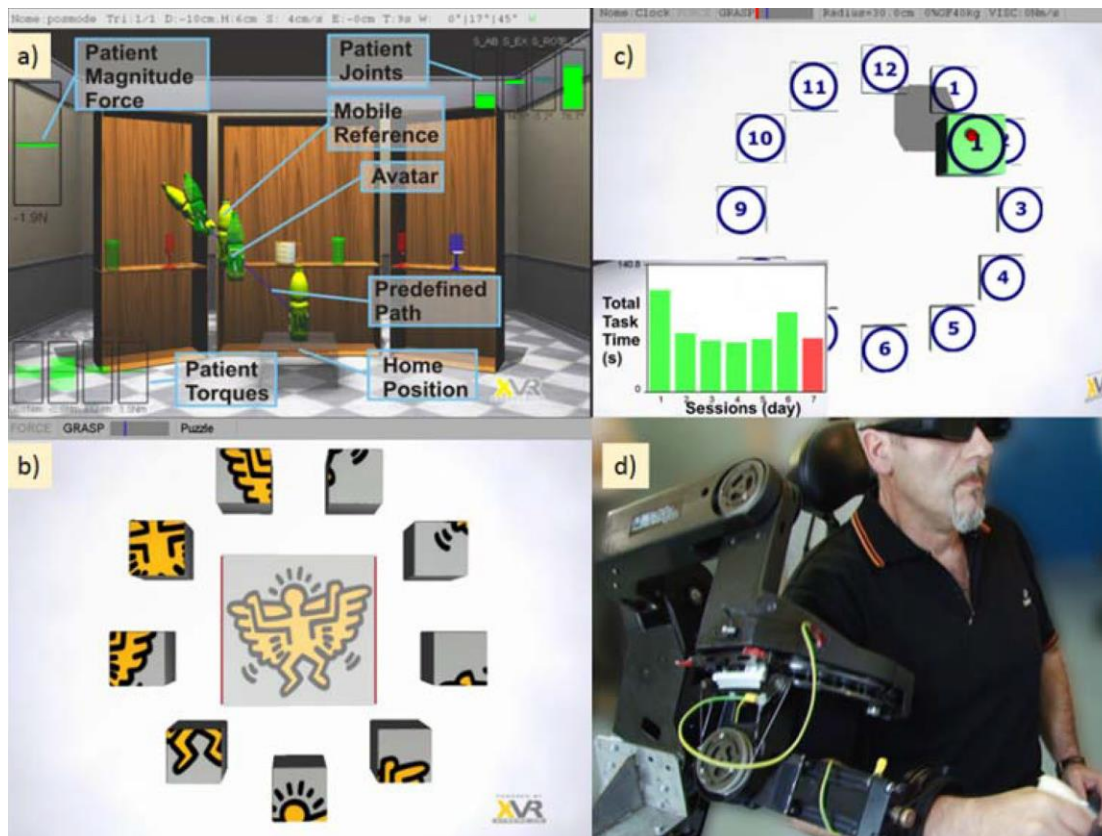
Η πρώτη άσκηση αφορά σε μια εργασία προσέγγισης με ρομποτική βοήθεια στην οποία ερωτήθηκαν ασθενείς για να ρίξετε ουσιαστικά νερό σε ένα σετ ποτηριών και φλιτζανιών. Σε Συγκεκριμένα, το εικονικό περιβάλλον έδειξε μια σειρά από ποτήρια και φλιτζάνια τοποθετημένα στο ράφι ενός φαρδιού ντουλαπιού, σε διαφορετικό ύψος και θέσεις (ομόπλευρα, ετερόπλευρα, κεντρικές θέσεις σε σχέση με το βραχίονα με βλάβη), ενώ το χέρι του ασθενούς παριστάνεται ως μπουκάλι. Στο Στην αρχή κάθε δοκιμής, ένα ποτήρι στόχος που έπρεπε να επιτευχθεί ήταν επισημαίνεται καθώς και η τροχιά της γραμμής για την επίτευξη αυτής (42).

Στη συνέχεια ζητήθηκε από τον ασθενή να φτάσει στο στόχο και να χύσει το νερό με προ-υπτιασμό του καρπού του/της και, τέλος, για να επιστρέψετε στην αρχική θέση. Η δυσκολία της εργασίας ήταν ποικίλλει ανάλογα με την κατάσταση και την κατάσταση του ασθενούς, αλλάζει την απόσταση και την τοποθέτηση του στόχου που πρέπει να επιτευχθεί.

Στη δεύτερη άσκηση, ο ασθενής έπρεπε να συνθέσει ένα εικονικό παζλ. Ζητήθηκε από τον ασθενή να φτάστε και πιάστε κάθε μπλοκ που είναι τοποθετημένο συμμετρικά δώδεκα θέσεις σε ίση απόσταση γύρω από έναν κύκλο στο α κατακόρυφο τοίχο και τοποθετήστε το μπλοκ στη σωστή θέση στο εικόνα που εμφανίζεται στο κέντρο, για να ταιριάζει με την αντίστοιχη εικόνα. Αυτή η εργασία απαιτούσε ένα γνωστικό φορτίο για να αναγνωριστεί τη σωστή θέση στόχου κάθε μπλοκ, σύμφωνα με το αναγνώριση της εικόνας που εμφανίζεται στην όψη του μπλοκ(42).

Δύο είδη βοήθειας παρείχαν το ρομπότ σύμφωνα με την εργασία: μια ρυθμιζόμενη αντιστάθμιση βαρύτητας του βάρους του βραχίονα του ασθενούς για να ανακουφίσει το δικό του βάρος και μια καθοδηγούμενη βοήθεια, σύμφωνα με μια αντίσταση- βασισμένο μοντέλο που βοηθά ενεργά την κίνηση του ασθενούς προς έναν επιλεγμένο στόχο (για λεπτομερή εξήγηση των ασκήσεων βλέπε. Και στις δύο ασκήσεις η δυσκολία των συνεδριών προσαρμόστηκε στις

ικανότητες και τις επιδόσεις του ασθενούς από τον θεραπευτή χρησιμοποιώντας ένα φιλικό προς το χρήστη γραφικό διεπαφή. Το τελευταίο μέρος κάθε συνεδρίας ρομποτικής αποκατάστασης αποτελούνταν από μια άσκηση αξιολόγησης, συγκεκριμένα έχει σχεδιαστεί για τη συλλογή δεικτών απόδοσης περίπου την ικανότητα του ασθενούς(42).



Εικόνα 10 Επισκόπηση ρομποτικής συσκευής.. Τα α και β απεικονίζουν τα παιχνίδια ρομποτικής αποκατάστασης, ενώ το c δείχνει την άσκηση ρομποτικής αξιολόγησης. Το δ αντιπροσωπεύει έναν ασθενή κατά τη διάρκεια της ρομποτικής θεραπείας (Frisoli A, Barsotti M, Sotgiu E, Lamola G, Procopio C, Chisari C. A randomized clinical control study on the efficacy of three-dimensional upper limb robotic exoskeleton training in chronic stroke. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*. 2022;19(1):14.)

Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι τόσο η κλασσική θεραπείας όσο και η ρομποτική θεραπεία μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική βελτίωση FMA και BAT σε ασθενείς με χρόνια εγκεφαλικό. Το ρομποτικό η θεραπεία έδειξε επίσης το διπλάσιο πλεονέκτημα του αυτόματα εξαγωγή δεικτών απόδοσης και για την παρακολούθηση τη διαδικασία κινητικής αποκατάστασης κάθε ασθενούς και να δυνητικά προβλέψει την αλλαγή στην κλινική βαθμολογία μετά την θεραπευτική αγωγή (42)

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

Η συμμετοχή της ρομποτικής τεχνολογίας στον τομέα της αποκατάστασης του άνω άκρου μετά από αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο είναι σημαντική. Οι ρομποτικές συσκευές προσφέρουν εξειδικευμένα προγράμματα άσκησης στον κάθε ασθενή. Επίσης, αποτελούν αντικειμενικές και μετρήσιμες μεθόδους αξιολόγησης της προόδου του ασθενούς. Ο μεγάλος αριθμός των επαναλήψεων μίας άσκησης, βοηθά στην προώθηση της νευροπλαστικότητας. Ακόμη, βοηθούν στην ενεργή συμμετοχή του ασθενούς στην αποκατάσταση όταν χρησιμοποιούνται προγράμματα ενεργητικής υποβοήθησης της κίνησης. Οι ρομποτικές συσκευές συνδυάζουν και τα οφέλη της εικονικής πραγματικότητας, ενισχύοντας την ανατροφοδότηση και το κίνητρο του ασθενούς. Μελέτες έχουν δείξει πρόσθετα πλεονεκτήματα, όταν η ρομποτική τεχνολογία χρησιμοποιείται με ηλεκτρικό ερεθισμό. Αξίζει να σημειωθεί ότι η πρόσβαση στα ρομποτικά μέσα αποκατάστασης απαιτεί την κατάλληλη οικονομική δυνατότητα από την μεριά του ασθενούς. Η ρομποτική αποκατάσταση σε συνδυασμό με την κατάλληλη φυσικοθεραπευτική παρέμβαση οδηγεί σε καλύτερα αποτελέσματα στην θεραπεία του άνω άκρου μετά από αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο.

1. Phipps MS, Cronin CA. Management of acute ischemic stroke. *Bmj*. 2020;368:16983.
2. Kuriakose D, Xiao Z. Pathophysiology and Treatment of Stroke: Present Status and Future Perspectives. *International journal of molecular sciences*. 2020;21(20).
3. Tsatsakis A, Docea AO, Calina D, Tsarouhas K, Zamfira LM, Mitrut R, et al. A Mechanistic and Pathophysiological Approach for Stroke Associated with Drugs of Abuse. *J Clin Med*. 2019;8(9).
4. Liampas I, Raptopoulou M, Mpourlios S, Siokas V, Tsouris Z, Aloizou AM, et al. Factors associated with recurrent transient global amnesia: systematic review and pathophysiological insights. *Rev Neurosci*. 2021;32(7):751-65.
5. Liampas I, Raptopoulou M, Siokas V, Bakirtzis C, Tsouris Z, Aloizou AM, et al. Conventional cardiovascular risk factors in Transient Global Amnesia: Systematic review and proposition of a novel hypothesis. *Front Neuroendocrinol*. 2021;61:100909.
6. Aloizou AM, Siokas V, Pateraki G, Liampas I, Bakirtzis C, Tsouris Z, et al. Thinking outside the Ischemia Box: Advancements in the Use of Multiple Sclerosis Drugs in Ischemic Stroke. *J Clin Med*. 2021;10(4).
7. Dardiotis E, Aloizou AM, Markoula S, Siokas V, Tsarouhas K, Tzanakakis G, et al. Cancer-associated stroke: Pathophysiology, detection and management (Review). *Int J Oncol*. 2019;54(3):779-96.
8. Braun RG, Wittenberg GF. Motor Recovery: How Rehabilitation Techniques and Technologies Can Enhance Recovery and Neuroplasticity. *Seminars in neurology*. 2021;41(2):167-76.
9. A. A. Frolov IBK, E. V. Biryukova, P. D. Bobrov. Use of Robotic Devices in Post-Stroke Rehabilitation. *Neuroscience and Behavioral Physiology*. 2018;48(9).
10. Rowe JB, Chan V, Ingemanson ML, Cramer SC, Wolbrecht ET, Reinkensmeyer DJ. Robotic Assistance for Training Finger Movement Using a Hebbian Model: A Randomized Controlled Trial. *Neurorehabil Neural Repair*. 2017;31(8):769-80.
11. Xing Y, Bai Y. A Review of Exercise-Induced Neuroplasticity in Ischemic Stroke: Pathology and Mechanisms. *Molecular neurobiology*. 2020;57(10):4218-31.
12. Yue Z, Zhang X, Wang J. Hand Rehabilitation Robotics on Poststroke Motor Recovery. *Behavioural neurology*. 2017;2017:3908135.
13. Levin MF, Demers M. Motor learning in neurological rehabilitation. *Disability and rehabilitation*. 2021;43(24):3445-53.
14. Xianwei Huang FN, Golshah Naghdy, Haiping Du and Catherine Todd. Robot-assisted post-stroke motion rehabilitation in upper extremities: a survey. *Int J Disabil Hum*. 2016.
15. Vesna Pausic GJ, Svetlana Simic. ROBOTICS IN PHYSICAL MEDICINE AND NEUROREHABILITATION. *Seminar for physicians*. 2021.
16. Gassert R, Dietz V. Rehabilitation robots for the treatment of sensorimotor deficits: a neurophysiological perspective. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*. 2018;15(1):46.
17. Jakob I, Kollreider A, Germanotta M, Benetti F, Cruciani A, Padua L, et al. Robotic and Sensor Technology for Upper Limb Rehabilitation. *PM & R : the journal of injury, function, and rehabilitation*. 2018;10(9 Suppl 2):S189-S97.
18. Vaida K, Carbone, G., Major, K., Major, J., Plitea, N.,Pisla, N. ON HUMAN ROBOT INTERACTION MODALITIES IN THE UPPER LIMB REHABILITATION AFTER STROKE. *Applied Mathematics, Mechanics, and Engineering*. 2017;60(1).
19. Morone G, Cocchi I, Paolucci S, Iosa M. Robot-assisted therapy for arm recovery for stroke patients: state of the art and clinical implication. *Expert review of medical devices*. 2020;17(3):223-33.
20. Mehrholz J PM, Platz T. Electromechanical and robot-assisted armtraining for improving activities of daily living, armfunction, and arm muscle strength after stroke (Review). *Cochrane Database Syst Rev*. 2018;9.
21. Duret C, Grosmaire AG, Krebs HI. Robot-Assisted Therapy in Upper Extremity Hemiparesis: Overview of an Evidence-Based Approach. *Frontiers in neurology*. 2019;10:412.
22. Zhang C, Li-Tsang CW, Au RK. Robotic approaches for the rehabilitation of upper limb recovery after stroke: a systematic review and meta-analysis. *International journal of rehabilitation research*

- Internationale Zeitschrift für Rehabilitationsforschung Revue internationale de recherches de readaptation. 2017;40(1):19-28.
23. Aggogeri F. MT, O’Kane J. Robotics for rehabilitation of hand movement in stroke survivors. *Advances in Rehabilitation Engineering with Robotics and Mechatronic Devices*. 2019;11(4).
 24. Aprile I, Germanotta M, Cruciani A, Loreti S, Pecchioli C, Cecchi F, et al. Upper Limb Robotic Rehabilitation After Stroke: A Multicenter, Randomized Clinical Trial. *Journal of neurologic physical therapy : JNPT*. 2020;44(1):3-14.
 25. Weber LM, Stein J. The use of robots in stroke rehabilitation: A narrative review. *NeuroRehabilitation*. 2018;43(1):99-110.
 26. Pei YC, Chen JL, Wong AMK, Tseng KC. An Evaluation of the Design and Usability of a Novel Robotic Bilateral Arm Rehabilitation Device for Patients with Stroke. *Frontiers in neurorobotics*. 2017;11:36.
 27. Waleed Hassan Almalki KHKA, Shahad Abdullah Alshamrani, Salah Ali Menshawi, Abdulrahman S. Almalki, Nouf Hamed Alhassani. Advances and challenges of robotic therapy in stroke rehabilitation. *Nat Volatiles & Essent Oils*. 2021;8(5).
 28. Adomaviciene A, Daunoraviciene K, Kubilius R, Varzaityte L, Raistenskis J. Influence of New Technologies on Post-Stroke Rehabilitation: A Comparison of Armeo Spring to the Kinect System. *Medicina*. 2019;55(4).
 29. Yoo DH, Kim SY. Effects of upper limb robot-assisted therapy in the rehabilitation of stroke patients. *Journal of physical therapy science*. 2015;27(3):677-9.
 30. Torrisi M, Maggio MG, De Cola MC, Zichittella C, Carmela C, Porcari B, et al. Beyond motor recovery after stroke: The role of hand robotic rehabilitation plus virtual reality in improving cognitive function. *Journal of clinical neuroscience : official journal of the Neurosurgical Society of Australasia*. 2021;92:11-6.
 31. Clark W. SM, Connor R. Evaluating the use of robotic and virtual reality rehabilitation technologies to improve function in stroke survivors: A narrative review. *Journal of Rehabilitation and Assistive Technologies Engineering*. 2019;6.
 32. Huang X, Naghdy F, Naghdy G, Du H, Todd C. The Combined Effects of Adaptive Control and Virtual Reality on Robot-Assisted Fine Hand Motion Rehabilitation in Chronic Stroke Patients: A Case Study. *Journal of stroke and cerebrovascular diseases : the official journal of National Stroke Association*. 2018;27(1):221-8.
 33. Taravati S, Capaci K, Uzumcugil H, Tanigor G. Evaluation of an upper limb robotic rehabilitation program on motor functions, quality of life, cognition, and emotional status in patients with stroke: a randomized controlled study. *Neurological sciences : official journal of the Italian Neurological Society and of the Italian Society of Clinical Neurophysiology*. 2022;43(2):1177-88.
 34. Rosaria De Luca MR, Antonino Naro, Provvidenza Tomasello, Simona Leonardi, Floriana Santamaria, Latella Desirèè, Alessia Bramanti, Giuseppe Silvestri, Placido Bramanti & Rocco Salvatore Calabrò. Effects of Virtual Reality-Based Training with BTs-Nirvana on Functional Recovery in Stroke Patients: Preliminary Considerations. *International Journal of Neuroscience*. 2017.
 35. McCabe J, Monkiewicz M, Holcomb J, Pundik S, Daly JJ. Comparison of robotics, functional electrical stimulation, and motor learning methods for treatment of persistent upper extremity dysfunction after stroke: a randomized controlled trial. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2015;96(6):981-90.
 36. Miyasaka H, Orand A, Ohnishi H, Tanino G, Takeda K, Sonoda S. Ability of electrical stimulation therapy to improve the effectiveness of robotic training for paretic upper limbs in patients with stroke. *Medical engineering & physics*. 2016;38(11):1172-5.
 37. IYanhuan Huang CN, Waiming Li, Wei Rong, Yunong Xie, Yangchen Liu, Qiuyang Qian, Xiaoling Hu. A comparison of the rehabilitation effectiveness of neuromuscularelectrical stimulation robotic hand training and pure robotic handtraining after stroke: A randomized controlled trial. *Biomedical Signal Processing and Control*. 2020;56.
 38. Resquin F, Cuesta Gomez A, Gonzalez-Vargas J, Brunetti F, Torricelli D, Molina Rueda F, et al. Hybrid robotic systems for upper limb rehabilitation after stroke: A review. *Medical engineering & physics*. 2016;38(11):1279-88.
 39. Conroy S. WG, Krebs H., Zhan M., Bever C., Whittall J. Robot-Assisted Arm Training in Chronic Stroke: Addition of Transition-to-Task Practice. *Neurorehabilitation and Neural Repair*. 2019;33(9).
 40. Cho KH, Hong MR, Song WK. Upper limb robotic rehabilitation for chronic stroke survivors: a single-group preliminary study. *Journal of physical therapy science*. 2018;30(4):580-3.

41. Shi XQ, Heung HL, Tang ZQ, Li Z, Tong KY. Effects of a Soft Robotic Hand for Hand Rehabilitation in Chronic Stroke Survivors. *Journal of stroke and cerebrovascular diseases : the official journal of National Stroke Association*. 2021;30(7):105812.
42. Frisoli A, Barsotti M, Sotgiu E, Lamola G, Procopio C, Chisari C. A randomized clinical control study on the efficacy of three-dimensional upper limb robotic exoskeleton training in chronic stroke. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*. 2022;19(1):14.