

ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΥΤΗΣ
ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΜΑΛΗΣ PT, MT, MSc

Θέμα Ανασκόπησης:

«Νέα στοιχεία για την παραγωγή πλαστικών αλλαγών σε νευρομυοσκελετικές δομές μέσω των θεραπευτικών ασκήσεων και φυσικοθεραπευτικών παρεμβάσεων μετά από τραυματισμούς.»

Περιεχόμενα

Εισαγωγή.....	1
Έρευνα και νευροπλαστικότητα.....	2
Κριτήρια εισαγωγής μελετών	3
Ανασκόπηση της αρθρογραφίας.....	3
Ανάλυση των μελετών.....	5
Συμπεράσματα και συζήτηση	6
Βιβλιογραφία.....	7

Εισαγωγή

Το εγκεφαλικό επεισόδιο εμφανίζει τα μεγαλύτερα ποσά επικράτησης κυρίως στους ηλικιωμένους παγκόσμιος (Sousa et al. 2009) ενώ στις Η.Π.Α. είναι μία μακροπρόθεσμη αιτία ανικανότητας για περίπου 795.000 ανθρώπους το χρόνο με το κόστος να αγγίζει 6,5 εκατομμύρια δολάρια. (Bowden et al. 2013). Αυτή η πάθηση μπορεί να προκαλέσει ποικιλία συμπτωμάτων όπως και το θάνατο. Η κινητική έκπτωση όμως είναι ένα από τα βασικά προβλήματα των ασθενών αυτών. Ένα ποσοστό μεγαλύτερο του 75% των ασθενών που παθαίνουν εγκεφαλικό εμφανίζουν προβλήματα λειτουργικότητας του άνω άκρου σε χρόνιο στάδιο (Gresham et al. 2004). Στον πληθυσμό των ατόμων με εγκεφαλικό η ημιπαρετική βλάβιση είναι ένα μεγάλο πρόβλημα το οποίο μειώνει την ικανότητα για κίνηση των ασθενών, αυξάνει τον ρίσκο για πτώσεις και φυσικά απαιτεί μεγάλη ενεργειακή δαπάνη από το άτομο στις καθημερινές του δραστηριότητες (Fisher et al. 1978; Fujitani et al. 1999). Έτσι η αποκατάσταση θεωρείται αναγκαία προκειμένου οι άνθρωποι αυτοί να μπορέσουν να επιστρέψουν στην καθημερινότητά τους και να μάθουν κινητικές δεξιότητες που λόγω του εγκεφαλικού έχουν χάσει. (Bowden et al. 2013).

Η απόκλιση κατά την βλάβιση που τα άτομα με εγκεφαλικό εμφανίζουν λόγω της ημιπάρεσης είναι καταγεγραμμένη τόσο βιομηχανικά όσο και σε επίπεδο κλινικής παρουσίας (Osley et al. 1996; Richards et al. 1996). Ύστερα από τους πρώτους 6 μήνες μετά το εγκεφαλικό υπάρχει μία μερική ξαφνική κινητική ανάκαμψη (Jorgensen et al. 1995) αλλά σίγουρα η επιπλέον βοήθεια των ασθενών με εγκεφαλικό θα έλθει μετά από ένα πρόγραμμα κινητικής αποκατάστασης. Το κλασικό μοντέλο αποκατάστασης του εγκεφαλικού υποδηλώνει βελτίωση τόσο στο άνω όσο και στο κάτω άκρο (Jorgensen et al. 1995). Η ικανότητα για άσκηση και η φυσική δραστηριότητα προκειμένου να έχουμε αποκατάσταση κινητικών λειτουργιών μετά το εγκεφαλικό έχει εκτιμηθεί αρκετά τα τελευταία χρόνια για τα ωφέλει της (Nudo et al. 1996). Η διαδικασία της κινητικής αποκατάστασης αποτελεί μορφή κινητικής εκμάθησης η οποία αντανάκλα σε διάφορους παραμέτρους όπως αλλαγές στην κινητική συμπεριφορά που προκύπτει από την πρακτική και την εμπειρία του ατόμου με εγκεφαλικό (Warrach et al. 2010; Schmidt et al. 2005).

Η φυσιολογική και η ανατομική πλαστικότητα είναι σημαντικές διαδικασίες οι οποίες προσδίδουν ορατά ωφέλει μετά το εγκεφαλικό (Nudo et al. 1996; Taub et al. 2002) και ο συνδυασμός συγκεκριμένης άσκησης και γενικά αεροβικής άσκησης ακόμη είναι στην πρώτη φάση σαν θεραπευτική επιλογή των ασθενών με εγκεφαλικό. Σε γενικές γραμμές ακόμη και με έντονο συνδυασμό συγκεκριμένης άσκησης και γενικά αεροβικής άσκησης το 15-30% των ασθενών με εγκεφαλικό παραμένει με ανικανότητα (Lloyd et al. 2009).

Η επιστημονική κοινότητα σε ευρύτερα πλαίσια αποδέχεται ότι το κεντρικό νευρικό σύστημα προσφέρει την ικανότητα την νευροπλαστικότητα κάτι το οποίο μας δίνει την ικανότητα για αλλαγή λειτουργικής συμπεριφοράς. Όλο αυτό έφερε σαν συνέπεια την αύξηση των ερευνών για να εντοπίσουν καινοτόμες θεραπευτικές παρεμβάσεις για να διεγείρουν την νευροπλαστικότητα και φυσικά να επιτρέψουν την αποκατάσταση των ασθενών με εγκεφαλικό (Dimyan et al. 2011).

Έρευνα και νευροπλαστικότητα

Η περιοχή έρευνας μπορεί να διαιρεθεί σε 3 παραμέτρους από τις οποίες όλες συνδέονται με το σχετικά πρώιμο στάδιο της αναπτυξιακής διαδικασίας. Το στάδιο 1 σχετίζεται με τις μελέτες σε μοριακούς και κυτταρικούς μηχανισμούς της ομαλής πραγματοποίησης της κίνησης καθώς και την παθοφυσιολογική διαδικασία η οποία εμπλέκετε με πάρεση μετά το εγκεφαλικό. Μία σε βάθος κατανόηση του παθοφυσιολογικού μηχανισμού της πάρεσης που είναι συνδεδεμένη με το εγκεφαλικό μπορεί να οδηγήσει σε βελτίωση των προγνωστικών παραγόντων για την λειτουργική αποκατάσταση και σε πιο αποτελεσματικές παρεμβάσεις για να βελτιώσουν την μάθηση των χαμένων λειτουργιών που προσωρινά είναι μη διαθέσιμες (Krakauer et al. 2006; Dimyan et al. 2010).

Το στάδιο 2 σχετίζεται με την ανάπτυξη τεχνικών της φαρμακολογίας, της βιολογίας και της ηλεκτροφυσιολογίας (Floel et al. 2010) προκειμένου να γίνει κατανοητή η ικανότητα του ενήλικου κεντρικού νευρικού συστήματος για πλαστικότητα και έτσι αυτή η νευρική διαδικασία μπορεί να γίνει αρωγός για την αποκατάσταση στους ασθενείς με εγκεφαλικό (Nudo et al. 1996; Buonomano et al. 1998). Σε γενικά πλαίσια ο βαθμός που ο ενήλικος εγκέφαλος μπορεί να πραγματοποιήσει πλαστικότητα είναι άγνωστος και οι εκτενείς παρατήρηση σε παιδικούς εγκεφάλους που είχαν υποστεί αφαίρεση του ενός εγκεφαλικού ημισφαιρίου (Payne et al. 2001; Holloway et al. 2000) δεν μας παρέχει ακριβή δεδομένα για να καταλάβουμε το τι γίνεται στους ενήλικους (Berandi et al. 2000; Smirnakis et al. 2005).

Το στάδιο 3 έχει να κάνει με τα πλεονεκτήματα της βιοιατρικής και την μηχανική των ιστών για να προωθήσουν την λειτουργική αναδόμηση του εγκεφάλου. Προσπάθειες γενικά έχουν γίνει για να προωθήσουν την νευρική επισκευή ή ακόμη και την νευρική αντικατάσταση μέσω χρήσης ενδογενώς ή εξωγενώς βλαστοκυττάρων (Lindvall et al. 2006 ; Delcroix et al. 2010). Μια άλλη πολλά υποσχόμενη προσέγγιση είναι η ανάπτυξη νευροπροθέσεων και ενός υπολογιστή εγκεφάλου που θα προωθεί την νευροπλαστικότητα του εγκεφάλου (Wolfpaw et al. 2002).

Για να γενικεύσουμε παρόλα αυτά καλό θα ήταν να αναφέρουμε και τα συστήματα που επιτρέπουν την πλαστικότητα. Το ένα είναι η "μνήμη εργασίας" και η επιλεκτική προσοχή ενώ το άλλο είναι τα βασικά γάγγλια (Froemke et al. 2007; Sarter et al. 2001; Weinberger 2004). Σύμφωνα με την θεωρία που οι Ahissar και Hockstein εισήγαγαν και ονομάστηκε αντίστροφη ιεραρχική θεωρία ο εγκέφαλος διατηρεί στην μνήμη εργασίας ένα μοντέλο συμπεριφοράς. Το μοντέλο αυτό παρέχοντας πληροφόρηση και ερεθίσματα στα κατώτερα τμήματα, στοχευμένα μπορεί και επιλέγει δραστηριότητες τις οποίες της οποίες μαθαίνει καλύτερα (Mahncke et al. 2006; Merzenich 2013). Παράλληλα μπαίνοντας και βαθύτερα στον ενήλικο εγκέφαλο η πλαστικότητα επιτυγχάνεται σε πρώτο στάδιο μέσω της αποδέσμευσης της ακετυλοχολίνης από τα βασικά γάγγλια (Sarter et al. 2001). Στην συνέχεια μέσω του νευροδιαβιβαστή νοραδρεναλίνη ενισχύεται η παραγόμενη δραστηριότητα από κάθε απρόσμενο ή ηθελημένο ερέθισμα (Bouret et al. 2012; Sara 2009). Τέλος μέσω του νευροδιαβιβαστή ντοπαμίνη επιλέγεται ο έλεγχος της πλαστικότητας για ερεθίσματα που έγιναν και ο εγκέφαλος κρίνει αν θα πρέπει να εμφανίσει κάποια θετική επίδραση (Merzenich et al. 2001).

Κριτήρια εισαγωγής μελετών

Τα άρθρα προκειμένου να ενταχθούν στην εργασία αυτή θα έπρεπε να έχουν τα παρακάτω κριτήρια:

- Ημερομηνία δημοσίευσης: 1-1-2007 έως 12-5-2019.
- Τύπος μελετών: Συστηματικές ανασκοπήσεις, Ποιοτικές μελέτες με ερευνητικό σχεδιασμό.
- Συμμετέχοντες: Άτομα που πάσχουν από εγκεφαλικό.
- Γλώσσα: Αγγλικά, Ελληνικά.
- Παρεμβάσεις: Θεραπευτικές ασκήσεις και φυσιοθεραπευτικές παρεμβάσεις σε ασθενείς που πάσχουν από εγκεφαλικό.

Ανασκόπηση της αρθρογραφίας

Μια πρώτη έρευνα ανασκόπησης (Bowden et al. 2013) θέλησε να δώσει ένα θεωρητικό πλαίσιο μέσα στο οποίο θα αναφέρονται νέες μέθοδοι αποκατάστασης για το εγκεφαλικό και να αναπτύξει την γνώση γύρω από την νευροπλαστικότητα και τα προγράμματα αποκατάστασης. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως η παροχή έντονης θεραπευτικής παρέμβασης είναι αποτελεσματικότερη από την συνηθισμένη φροντίδα. Ο λόγος που κατά τον Bowden αυτό συμβαίνει είναι καθώς ένταση στην άσκηση οδηγεί σε αύξηση των νευροκινητικών και αεροβικών απαιτήσεων όπου βελτιώνεται και το καρδιοαναπνευστικό για να απαντήσει στις απαιτήσεις του προγράμματος. Άλλωστε σε ανασκόπηση του Dickstein το 2008 εμφανίζεται το έντονο περπάτημα να βελτιώνει την λειτουργική ανάκαμψη των ασθενών. Επίσης φαίνεται πως για την παροχή πλαστικότητας χρειάζονται πολλές επαναλήψεις μιας δραστηριότητας αλλά ακόμη δεν είναι φανερός ο αριθμός των επαναλήψεων που θα πρέπει να γίνονται.

Μία δεύτερη έρευνα ανασκόπησης (Burke et al. 2010) θέλησε να δει πως τα παιχνίδια πραγματικότητας σχετίζονται με την αποκατάσταση του άνω άκρου ασθενών με εγκεφαλικό. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα παιχνίδια πραγματικότητας μπορούν να προστεθούν στα προγράμματα αποκατάστασης, αν και αρκετά νέα προσέγγιση, για να αυξήσουν το ενδιαφέρον και την επιβράβευση των ασθενών αυτών ενώ μπορεί να δράσει και ως μέσω αποκατάστασης στο σπίτι.

Μια τρίτη έρευνα ανασκόπησης (Cameron et al. 2013) θέλησε να δει πως προωθείται η νευροπλαστικότητα για την κινητική αποκατάσταση μετά το εγκεφαλικό. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως η αεροβική άσκηση μπορεί να είναι αρκετά αποτελεσματική για να προάγει την πλαστικότητα του κινητικού συστήματος. Βέβαια είναι σημαντικό να αναφερθεί το γεγονός ότι η αεροβική άσκηση δεν είναι ικανή από μόνη της να προάγει την νευροπλαστικότητα αλλά αναπτύσσοντας ένα νευρικό περιβάλλον για να υποστηριχθεί η πλαστικότητα και σε συνδυασμό με ένα πρόγραμμα κινητικής αποκατάστασης.

Επίσης, μια τέταρτη έρευνα ανασκόπησης (Dimyan et al. 2011) θέλησε να δει την νευροπλαστικότητα στον κινητικό φλοιό μετά το εγκεφαλικό. Στα συμπεράσματα προτείνεται η χρήση συσκευών ηλεκτρικού ερεθισμού στα περιφερικά νεύρα και στους μύες για να βοηθήσει στους ασθενείς με εγκεφαλικό να κινήσουν τα προσβεβλημένα άκρα τους. Ακόμη προτείνεται και η παροχή επαναλαμβανόμενων νευρικών ερεθισμάτων που έχει φανεί ότι μπορούν να βελτιώσουν την δύναμη σε παρετικά άκρα καθώς και την εκμάθηση των άκρων δαχτύλων σε ερεθίσματα αφής των ασθενών με εγκεφαλικό.

Μια πέμπτη έρευνα ανασκόπησης (Forrester et al. 2008) θέλησε να εντοπίσει ασκήσεις για την αποτελεσματικότερη κινητική εκμάθηση των κάτω άκρων ασθενών με εγκεφαλικό. Στα συμπεράσματα προτείνεται η χρήση του ηλεκτρικού διαδρόμου σαν θεραπευτικό μέσο, για την προαγωγή της κινητικής εκμάθησης και της νευροπλαστικότητας, μαζί με την χρήση ιδικών ιμάντων ανάρτησης βάρους έτσι ώστε το βάρος που ο ασθενής θα δέχεται να είναι ίσο με το μισό του σωματικού βάρους. Στην συνέχεια όμως του προγράμματος αυτού ο ασθενής θα είναι ικανός να κάνει άσκηση στον ηλεκτρικό διάδρομο με όλο το βάρος του. Αντίστοιχα με την λογική της προσέγγισης αυτής μπορεί να δράσει και το μηχάνημα Lokomat. Φυσικά όλα αυτό μπορεί να συνδυαστεί και με συμβατική φυσιοθεραπεία για ακόμη καλύτερα αποτελέσματα.

Μια έκτη έρευνα (Harvey et al. 2009) θέλησε να δει την επίδραση το ηλεκτρικού ερεθισμού στην αποκατάσταση της λειτουργικότητας του άνω άκρου ασθενών με εγκεφαλικό. Η έρευνα αυτή διάθετε 174 ασθενείς με εγκεφαλικό οι οποίοι τυχαία χωρίστηκαν σε ομάδα παρέμβασης και ομάδα ελέγχου. Παράλληλα με την χρήση του ηλεκτρικού ερεθισμού τόσο η ομάδα παρέμβασης όσο και η ομάδα ελέγχου λάμβαναν ένα πρωτόκολλο αποκατάστασης διάρκειας 2,5 ωρών 2 με 4 φορές την εβδομάδα. Μόνο η ομάδα παρέμβασης όμως δεχόταν την παρέμβαση με τον ηλεκτρικό ερεθισμό. Στα συμπεράσματα προτείνεται η χρήση του ηλεκτρικού ερεθισμού σε συνδυασμό με ένα πρωτόκολλο αποκατάστασης για τους ασθενείς με εγκεφαλικό καθώς φάνηκε πως η ομάδα παρέμβασης βελτιώθηκε κατά 20% σε σχέση με την ομάδα ελέγχου.

Μία έβδομη έρευνα ανασκόπησης (Laver et al. 2015) θέλησε να δει την δράση της εικονικής πραγματικότητας στην αποκατάσταση ασθενών με εγκεφαλικό. Η ανασκόπηση είχε μέσα της 37 μελέτες με συνολικά 1019 συμμετέχοντες. Στα συμπεράσματα αναφέρεται πως η χρήση της εικονικής πραγματικότητας και γενικά των διαδραστικών ηλεκτρονικών παιχνιδιών σε συνδυασμό με την συμβατική θεραπευτική προσέγγιση μπορεί να έχει θετικά αποτελέσματα στην βελτίωση της λειτουργικότητας του άνω άκρου των ασθενών (στην δύναμη της λαβής) και στην ταχύτητα βάδισης τους.

Μία όγδοη έρευνα μετανάλυσης (Saposnik et al. 2011) θέλησε να δει πως δρα η χρήση της εικονικής πραγματικότητας στην αποκατάσταση του εγκεφαλικού. Στα συμπεράσματα αναφέρεται πως η εικονική πραγματικότητα και γενικά τα ηλεκτρονικά παιχνίδια σε συνδυασμό με την συμβατική αποκατάσταση των προσβεβλημένων άκρων, λόγω του εγκεφαλικού, μπορούν να προσδώσουν θετικότερα αποτελέσματα σε σχέση με την κλασική αποκατάσταση σε διάστημα 3 με 9 μηνών μετά το εγκεφαλικό.

Μία ένατη έρευνα πιλοτικής μελέτης (Saposnik et al. 2010) θέλησε να δει πως δρα η χρήση της εικονικής πραγματικότητας χρησιμοποιώντας την συσκευή VRWii στην αποκατάσταση του εγκεφαλικού. Στην μελέτη υπήρχε ομάδα παρέμβασης και ομάδα ελέγχου όπου και οι 2 ομάδες έλαβαν κλασικής μορφής αποκατάσταση. Στα συμπεράσματα αναφέρεται πως η χρήση του VRWii σε συνδυασμό με την κλασικής μορφής αποκατάσταση μπορεί να προωθήσει την κινητική αποκατάσταση των ασθενών με εγκεφαλικό.

Μία δέκατη έρευνα ανασκόπησης (Schjetnan et al.2013) θέλησε να δει την δράση του διακρανιακού ηλεκτρικού ερεθισμού στην αποκατάσταση ασθενών με εγκεφαλικό. Αυτός ο ηλεκτρικός ερεθισμός έχει 2 επιφάνειες με τα ηλεκτρόδια του το ένα να τοποθετείται στον μετωπιαίο λοβό και το άλλο στον ινιακό λοβό με ένταση περίπου 1-2 mA για 8-12 λεπτά. Στα συμπεράσματα αναφέρεται πως η χρήση του διακρανιακού ηλεκτρικού ερεθισμού μπορεί να βελτιώσει την αποκατάσταση ασθενών με εγκεφαλικό όσον αφορά την ενεργοποίηση των νευρώνων και την προώθηση της νευροπλαστικότητας.

Μία ενδέκατη έρευνα ανασκόπησης (Turolla et al. 2013) θέλησε να δει την δράση της εικονικής πραγματικότητας στην αποκατάσταση της λειτουργικότητας του άνω άκρου ασθενών με εγκεφαλικό. Η έρευνα αυτή είχε 2 ομάδες παρέμβασης και ελέγχου. Και οι 2 ομάδες έλαβαν κλασικής θεραπείας αποκατάστασης. Στα συμπεράσματα αναφέρεται πως ο συνδυασμός της κλασικής θεραπείας αποκατάστασης με την εικονική πραγματικότητα είχε καλύτερα αποτελέσματα στην αποκατάσταση της λειτουργικότητας του άνω άκρου των ασθενών αυτών.

Ανάλυση των μελετών

Στην παρούσα εργασία συμπεριλήφθησαν 11 μελέτες. Η αναζήτηση τους πραγματοποιήθηκε σε μεγάλες βάσεις δεδομένων όπως το PubMed, το Medline και το Google Scholar. Οι 11 μελέτες που επιλέχθηκαν για εισαγωγή εντός της εργασίας αυτής εμφάνιζαν ένα αντιπροσωπευτικό χαρακτήρα σε σχέση με τα όσα βρέθηκαν γενικά στην βιβλιογραφία και για αυτό έγινε προσπάθεια να επιλεγούν κυρίως έρευνες που ήταν ανασκοπήσεις τις βιβλιογραφίας προκειμένου να εμπεριέχουν εντός τους αρκετές μελέτες με ερευνητικό σχεδιασμό. Με τον τρόπο αυτό χωρίς την εισαγωγή πολλών μελετών εντός της εργασίας λόγω περιορισμού λέξεων θα υπήρχε ένας πολύ μεγάλος όγκο πληροφοριών προκειμένου να γίνει αντιληπτός ο δρόμος που η σύγχρονη βιβλιογραφία κινείται και φυσικά για να εξαχθούν καλύτερα αποτελέσματα.

Ειδικότερα οι μελέτες των Bowden et al. 2013; Burke et al. 2010; Cameron et al.2013; Dimyan et al. 2011; Forrester et al. 2008; Laver et al. 2015; Schjetnan et al.2013; Turolla et al. 2013 ήταν μελέτες συστηματικής ανασκόπησης. Η μελέτη του Saposnik et al. 2011 ήταν μετανάλυση και οι μελέτη του Harvey et al. 2009 ήταν ποιοτικές μελέτες με ερευνητικό σχεδιασμό. Η μελέτη του Saposnik et al. 2010 ήταν πιλοτική μελέτη.

Στις μελέτες συστηματικής ανασκόπησης της βιβλιογραφίας λόγω του γεγονότος ότι εμπεριέχουν πολλές άλλες μελέτες δεν θα γίνει αναφορά στον αριθμό των συμμετεχόντων. Αντίθετα στη μελέτη του Harvey et al. 2009 συμμετείχαν 174 ασθενείς. Η μελέτη αυτή είχε ομάδα παρέμβασης και ομάδα ελέγχου. Όσον αφορά την μελέτη του Saposnik et al. 2010 λόγω της μορφής της μελέτης που ήταν πιλοτική το δείγμα ήταν πολύ μικρό.

Τέλος θα αναφερθούν και οι χρονολογίες των μελετών που επιλέχθηκαν για την συγκεκριμένη εργασία. 9 μελέτες είχαν δημοσιευτεί στο έτος 2010 ή μετά από αυτό (Bowden et al. 2013; Burke et al. 2010; Cameron et al.2013; Dimyan et al. 2011; Laver et al. 2015; Saposnik et al. 2011; Saposnik et al. 2010 ; Schjetnan et al.2013; Turolla et al. 2013) ενώ μόνο 2 μελέτες είχαν δημοσιευτεί πριν το έτος 2010 και ειδικότερα το 2009 η μελέτη του Harvey et al. και το 2008 η μελέτη του Forrester et al.

Συμπεράσματα και συζήτηση

Η εργασία αυτή ασχολήθηκε με το εγκεφαλικό και προσπάθησε να εντοπίσει τα νέα στοιχεία για την παραγωγή πλαστικών αλλαγών μέσω των θεραπευτικών ασκήσεων και φυσικοθεραπευτικών παρεμβάσεων. Συγκεκριμένα η χρήση της εικονικής πραγματικότητας και γενικά των ηλεκτρονικών παιχνιδιών είναι ένας τομέας που η επιστημονική κοινότητα έχει κάνει έρευνα για να δει αν επιφέρει αποτελέσματα. Από την εργασία αυτή ο συνδυασμός κλασικής φυσιοθεραπευτικής παρέμβασης και ηλεκτρονικών παιχνιδιών φαίνεται να έχει καλύτερα αποτελέσματα από την κλασική φυσιοθεραπευτική παρέμβαση μόνη της.

Ένας ακόμη τομέας που υπάρχει έρευνα από την επιστημονική κοινότητα είναι αυτός του ηλεκτρικού ερεθισμού. Από την εργασία αυτή φαίνεται ο ηλεκτρικός ερεθισμός μόνος του ή σε συνδυασμό με προγράμματα αποκατάστασης να είναι ένα θετικό εργαλείο για την αποκατάσταση της κίνησης ασθενών με εγκεφαλικό. Ένα πολύ νέο κομμάτι να είναι αυτό του διακρανιακού ηλεκτρικού ερεθισμού. Σε αυτό δεν υπάρχει πολύ έρευνα αλλά από την εργασία του μαθήματος αναφέρεται ότι προκαλεί ενεργοποίηση των νευρώνων και προωθεί την νευροπλαστικότητα.

Αναφέρεται πως η χρήση του ηλεκτρικού διαδρόμου σε ασθενείς με εγκεφαλικό μπορεί να προωθήσει την νευροπλαστικότητα ενώ αναφέρεται πως και η αερόβια άσκηση σε συνδυασμό με ένα πρόγραμμα κινητικής αποκατάστασης μπορεί να προωθήσει την νευροπλαστικότητα. Τέλος υπάρχει βιβλιογραφία σχετικά με την έντονη θεραπευτική παρέμβαση και την παραγωγή πλαστικών αλλαγών στους ασθενείς με εγκεφαλικό.

Εν κατακλείδι είναι πολύ ελπιδοφόρο το γεγονός ότι η επιστημονική κοινότητα κινείται και αναζητά νέους τρόπους αποκατάστασης. Άλλωστε μην ξεχνάμε το γεγονός ότι με την επιστημονική τεκμηρίωση και με την μετάδοσης της γνώσης που μόνο μέσω από την έρευνα εξάγεται με ασφάλεια όλοι οι θεραπευτές βελτιώνονται αλλά κυρίως βελτιώνεται η φροντίδα και η αποτελεσματικότητα αυτής καθώς στο τέλος ο ασθενής είναι ο τελικός αποδέκτης των όσων η έρευνα συνιστά και προάγει.

Βιβλιογραφία

1. Berardi N, Pizzorusso T, Maffei L. Critical periods during sensory development. *Curr. Opin. Neurobiol.* 2000,10:138–145.
2. Bowden M.G, Woodbury M.L, Duncan P.M. Promoting neuroplasticity and recovery after stroke: future directions for rehabilitation clinical trials. *Co-Neurology* 2013, 26 (1): 37-42.
3. Bouret S, Sara S.J. Orienting and reorienting : the locus coeruleus mediates cognition through arousal. *Neuron* 2012, 76: 130-141.
4. Burke W.J, McNeill D.J, Charles D.K, Morrow P.J. Augmented reality games for upper - limb stroke rehabilitation. *IEEE* 2010, 21: 73-77.
5. Buonomano DV, Merzenich MM. Cortical plasticity: from synapses to maps. *Annu. Rev. Neurosci.* 1999,21:149–186.
6. Cameron S.M, Campbell K.L, Colin J.D, Boyd L.A. Promoting neuroplasticity for motor rehabilitation after stroke: considering the effects of aerobic exercise and genetic variation on brain derived neurotrophic factors. *Journal of Physical Therapy* 2013, 93 (12): 1707- 1716.
7. Delcroix GJ, Schiller PC, Benoit JP, Montero-Menei CN. Adult cell therapy for brain neuronal damages and the role of tissue engineering. *Biomaterials.* 2010,31:2105–2120.
8. Dimyan M.A, Cohen L.G. Neuroplasticity in the context of motor rehabilitation after stroke. *Nat. Rev. Neurol.* 2011, 7(2): 76- 85.
9. Dimyan M.A, Cohen L.G. Contribution of transcranial magnetic stimulation to the understanding of functional recovery mechanisms after stroke. *Neurorehabil. Neural Repair.* 2010 , 24: 125-135.
10. Fisher S.V, Gullickson G. Energy cost of ambulation in health and disability. A literature review. *Arch Phys Med Rehabil*, 1978, 58 (3): 124- 133.
11. Fijitani J, Ishikawa T, Akai M, Kakurai S. Influence of daily activity on changes in physical fitness for people with post stroke hemiplegia. *Am J Phys. Med Rehabilitation* 1999 , 78 (6): 540- 544.
12. Floel A, Cohen LG. Recovery of function in humans: cortical stimulation and pharmacological treatments after stroke. *Neurobiol. Dis.* 2010,37:243–25.
13. Forrester L.W, Wheaton L.A, Luft A.R. Exercise- mediated locomotor recovery and lower limb neuroplasticity after stroke. *Journal of Rehabilitation Research & Development* 2008, 45(2): 205-220.
14. Froemke R.C, Merzenich M.M, Schreiner C.E. A Synaptic memory trace for cortical receptive field plasticity. *Nature* 2007, 450: 425- 429.
15. Gresham G.E, Duncan P.W, Stason W.B. *Post Stroke Rehabilitation* 2004.
16. Harvey R.L, Winstein C.J. Design for the Everest randomized trial of cortical stimulation and rehabilitation for arm function following stroke. *Neuro rehabilitation and Neural Repair* 2009, 23(1): 32-44.
17. Jorgensen H.S, Nakayama H, Raacchou HO, Oslen T.S. Recovery of walking function in stroke patients: The Copenhagen Stroke Study. *Arch Phys Med Rehabilitation* 1995, 76 (1) : 27- 32.

18. Krakauer J.W. Motor learning: its relevance to stroke recovery and neurorehabilitation. *Curr Opin. Neurol.* 2006, 19: 84- 90.
19. Lever K.E, George S, Thomas S, Deutsch J.E, Crotty M. Virtual reality for stroke rehabilitation. *Cochrane Collaboration* 2015, 2: 1-110.
20. Lindvall O, Kokaia Z. Stem cells for the treatment of neurological disorders. *Nature.* 2006, 441:1094–1096.
21. Lloyd J, Adams R, Carnethon M. Heart disease and stroke statistics. *American Heart Association* 2009, 119: 21-181.
22. Mahncke M. W, Bronstone A, Merzenich M.M. Brain plasticity and functional losses in the aged: Scientific based for a novel intervention. *Prog. Brain Res.* 2006 157,81- 109.
23. Merzenich M.M. Cortical plasticity contributing to child development. *NJ* 2001, 67-96.
24. Merzenich M.M. *Soft Wired.* Parnassus San Francisco 2013.
25. Nudo R.J, Milliken G.W, Jenkins W.M, Merzenich M.M. Use dependent alterations of movement representation in primary motor cortex of adult squirrel monkeys. *Journal of Neurosci.* 1996, 16: 785-807.
26. Saposnik G, Levin M. Virtual reality in stroke rehabilitation. A meta- analysis and implications for clinicians. *American Heart Association* 2011: 1380-1392.
27. Saposnik G, Teasell R, Mamdani M, Hall J, McIlroy W, Cheung D, Kelvin E, Cohen L, Bayley M. Effectiveness of virtual reality using Wii gaming technology in stroke rehabilitation. A pilot randomized clinical trial and proof of principle. *American Heart Association* 2010 :1477- 1485.
28. Sara S.J. The locus coeruleus and noradrenergic modulation of cognition. *Nat. Rev. Neurosci.* 2009, 10: 211-223.
29. Sarter M, Givens B, Bruno J.P. The cognitive neuroscience of sustain attention. Where top-down meets bottom up. *Brain Res.* 2001. 35: 146- 160.
30. Schmidt R.A, Lee T.D. *Motor Control and Learning: A behavioral emphasis.* Champaign: Human Kinetics 2005.
31. Schjetnan A.G.P, Faraji J, Metz G.A, Tatsuno M, Luczak A. Transcranial direct current stimulation in stroke rehabilitation: A review of recent advancements. *Stroke Research and Treatment* 2013: 14 pages.
32. Smirnakis S.M, et al. Lack of long-term cortical reorganization after macaque retinal lesions. *Nature.* 2005;435:300–307.
33. Sousa R.M. Contribution of chronic disease to disability in elderly people in countries with low and middle incomes. *Lancet* 2009, 374: 1821- 1830.
34. Taub E, Lum P.S, Hardin P. AutoCITE: automated delivery of CI therapy with reduced effort by therapists. *Stroke* 2005, 36: 1301- 1304.
35. Turolla A, Dam M, Ventura L, Tonin P, Agostini M, Zucconi C, Kiper P, Cagnin A, Piron L. Virtual reality for the rehabilitation of the upper limb function after stroke: a prospective controlled trial. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* 2013, 85 (10): 9 pages.
36. Warraich Z, Kleim J.A. Neural plasticity: the biological substrate for neurorehabilitation. *PM&R* 2010, 2: 208- 219.

37. Weinberger N. M. Specific long term memory traces in primary auditory cortex. *Nat. Neurosci.* 2004, 5: 279- 290.
38. Wolpaw JR, Birbaumer N, McFarland DJ, Pfurtscheller G, Vaughan TM. Brain–computer interfaces for communication and control. *Clin. Neurophysiol.* 2002, 113:767–791.