



Τ.Ε.Ι. ΠΑΤΡΩΝ
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΑΙΓΙΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΑΡΧΕΣ ΚΙΝΗΤΙΚΗΣ ΕΚΜΑΘΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥΣ
ΣΤΗ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΑΣΘΕΝΩΝ ΜΕ
ΝΕΥΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΑΘΗΣΕΙΣ**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΤΑΞΙΑΡΧΟΠΟΥΛΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΕΙΣΗΓΗΤΡΙΑ: ΖΑΝΙΑ ΑΓΓΕΛΙΚΗ

ΑΙΓΙΟ 2008

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περιεχόμενα	1-2
Περίληψη	3-4
Εισαγωγή	5-7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	8-20
Η έννοια της κινητικής μάθησης	
Τι είναι κινητική μάθηση;	9-11
Μορφές μάθησης	
Μη Συσχετιζόμενες Μορφές Μάθησης	11-14
Σχετιζόμενες Μορφές Μάθησης	14-16
<i>Κλασσική Εξάρτηση</i>	
<i>Συντελεστική Εξάρτηση</i>	
Διαδικαστική και Επεξηγηματική Μάθηση	16-20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	21-28
Θεωρίες ανάλυσης και επεξήγησης της κινητικής μάθησης	
Η θεωρία του Schmidt	23-24
Η θεωρία της κλειστής αλυσίδας του Adams	25
Fitts and Posner: Τα στάδια της κινητικής μάθησης	25-27
Η θεωρία της μάθησης ως εξερεύνησης του Newel	27-28

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	29-35
Κινητική μάθηση και φυσικοθεραπεία	30-35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	36-65
Παράμετροι εξάσκησης και πως συμβάλλουν στη κινητική μάθηση	
Ανατροφοδότηση	38-47
Επίδειξη της κίνησης – Κατευθυνόμενη ή Διερευνητική εξάσκηση;	47-50
Παθητική και ενεργητική κίνηση στην κινητική εκμάθηση	50-52
Ο ρόλος της επανάληψης στην κινητική εκμάθηση	52-54
Συνθήκες εξάσκησης	
Μαζική ή Κατανεμημένη εξάσκηση;	55-56
Ακρίβεια ή Ταχύτητα;	56-57
Συνεχής ή Μεταβαλλόμενη εξάσκηση;	57-59
Τυχαιοποιημένη ή Ομαδοποιημένη εξάσκηση;	59-61
Ολική ή Τμηματική εξάσκηση της κινητικής δραστηριότητας;	61-63
Νοητική εξάσκηση	63-65
Ανακεφαλαίωση – Συμπεράσματα	66-70
Αρθρογραφία – Βιβλιογραφία	71-78

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το ανθρώπινο κινητικό σύστημα είναι ένα πολύ σύνθετο σύνολο με πολλούς αλληλεπιδρώντες μηχανισμούς και διαδικασίες, και η προσπάθεια να κατανοήσουμε επιτυχώς ολόκληρο το σύστημα αυτό, θα ήταν εξαιρετικά δύσκολη. Γι' αυτόν το λόγο οι επιστήμονες, γενικά, μελετούν μεμονωμένα τα διάφορα μέρη του συστήματος ή τα διάφορα μοντέλα κινητικού ελέγχου με άλλα λόγια εξερευνούν τους διαφορετικούς τρόπους, με τους οποίους τα διάφορα μέρη του συστήματος μπορούν να συνεργαστούν.

Η κίνηση παρέχει τη δυνατότητα στον άνθρωπο να αλληλεπιδράσει και με τον κόσμο και με τους άλλους ανθρώπους. Τέτοιες αλληλεπιδράσεις μπορεί να είναι συνδεδεμένες ή μαθημένες μέσω της εμπειρίας με το περιβάλλον. Η εκμάθηση επιτρέπει στον άνθρωπο να προσαρμοστεί σ' ένα μεταβαλλόμενο φυσικό περιβάλλον καθώς επίσης και στις νέες συμβάσεις, που αναπτύσσονται από την κοινωνία.

Σε αυτή την εργασία επιχειρείται μια ανασκόπηση για το ρόλο της κινητικής εκμάθησης στη φυσικοθεραπευτική αποκατάσταση από μια υπολογιστική οπτική, που ερευνά την ανάγκη για κινητική εκμάθηση, τι μαθαίνεται και πως παρουσιάζεται και τους μηχανισμούς της εκμάθησης. Επίσης, βάρος δίνεται

στην κατανόηση των αλλαγών που επιτυγχάνονται στην κινητική ικανότητα, παρά στη φύση της ικανότητας σε κάποιο ιδιαίτερο επίπεδο. Υπό αυτή τη σκοπιά αναλύονται οι διαφορετικές μέθοδοι της κινητικής εκμάθησης, για να γίνουν κατανοητές οι όποιες αλλαγές στην εκτέλεση των κινητικών δραστηριοτήτων.

Παρουσιάζοντας κάποιες από τις κυριότερες θεωρίες, που έχουν δημιουργηθεί για την κινητική εκμάθηση, γίνεται μια προσπάθεια κατανόησης της φύσης και των αιτίων της απόκτησης ή τροποποίησης της κίνησης. Στη συνέχεια, περιγράφονται οι διάφορες παράμετροι, τεχνικές και μέθοδοι, όπως είναι η ανατροφοδότηση, η επανάληψη της κίνησης, η επίδειξη της κίνησης, η νοητική εξάσκηση κ.α., που φαίνεται να επηρεάζουν την κινητική εκμάθηση και κατεπέκτασιν την φυσικοθεραπευτική αποκατάσταση.

Αυτή η εργασία κλείνει με μια συζήτηση των παραγόντων, που επηρεάζουν τη διατήρηση (πως η εκμάθηση διατηρείται κατά τη διάρκεια των περιόδων χωρίς εξάσκηση) και τη μεταφορά (πως η μαθημένη συμπεριφορά μπορεί να εφαρμοστεί σε νέες καταστάσεις) των νέων ή επαναποκτηθέντων κινητικών δραστηριοτήτων.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μάθηση περιλαμβάνει αλλαγές στη συμπεριφορά, που προκύπτουν από την αλληλεπίδραση με το περιβάλλον και είναι ευδιάκριτη από την ωρίμανση, η οποία περιλαμβάνει αλλαγές, που προκύπτουν ανεξάρτητα από τέτοιας αλληλεπίδρασης (Wolpert et al, 2001). Ο στόχος της μάθησης είναι, γενικά, να βελτιώσει την εκτέλεση. Η ανάγκη για την κινητική εκμάθηση προκύπτει στα είδη, των οποίων το περιβάλλον, το σώμα ή οι δραστηριότητες αλλάζουν. Συγκεκριμένα προκύπτει αναγκαία, όταν τέτοιες αλλαγές είναι απρόβλεπτες ή/και δεν μπορούν να είναι προκαθορισμένες, σ' ένα σύστημα ελέγχου και επομένως η ευελιξία στη διαδικασία ελέγχου απαιτείται (Wolpert, 2001). Όπως το μέγεθος του σώματος και οι αναλογίες αλλάζουν με την ανάπτυξη, σημαντικές αλλαγές στον έλεγχο απαιτούνται. Τελικά, η μάθηση είναι ο μόνος γρήγορος αρκετά μηχανισμός για να μας επιτρέψει να «δαμάσουμε» νέες δραστηριότητες, όπως είναι το γράψιμο ή ο χορός (Wolpert, 2001).

Αν και ένα μεγάλο μέρος του κινητικού ρεπερτορίου του ανθρώπου αποκτιέται κατά τη διάρκεια της ζωής του, κανείς δεν ξεκινάει με ένα λευκό πίνακα (Thelen, 1981). Πολλά ανθρώπινα γνωρίσματα, που μπορεί να υποθέτει κανείς, ότι μαθαίνονται, όπως οι εκφράσεις του προσώπου, εμφανίζονται και σε

παιδιά, που έχουν γεννηθεί τυφλά και κωφά (Eibl-Eibesfeldt, 1973). Ένα τέτοιο έμφυτο σχέδιο συμπεριφοράς οδηγείται από εξελικτικές πιέσεις στις κινητικές δεξιότητες στον εγκέφαλο πριν από τη γέννηση. Η έμφυτη καλωδίωση μπορεί να επιταχύνει την απόκτηση κινητικών δεξιοτήτων παρέχοντας μια καλή αφετηρία για τη μελλοντική κινητική εκμάθηση. Ωστόσο, είναι πιθανό να υπάρξει μια ανταλλαγή μεταξύ της έμφυτης συμπεριφοράς και της ικανότητας εκμάθησης νέων δεξιοτήτων (Lemon, 1993). Η έμφυτη συμπεριφορά απαιτεί τις προκαθορισμένες νευρικές συνδέσεις και τις κάνει ανθεκτικές στους πιθανούς παράγοντες διαταραχής, αλλά μπορεί να αφήσει λιγότερη ευελιξία για τις νέες δεξιότητες. Πράγματι, η κινητική εκμάθηση μπορεί, να απαιτήσει τη διάσπαση των σχετικά άκαμπτων εγγενώς καθορισμένων συνεργιών, που κυριαρχούν στα αντανακλαστικά (Lemon, 1993).

Για να γίνει κατανοητή η κινητική εκμάθηση πρέπει να θεωρηθεί ως μια διαδικασία, που πραγματοποιείται και κατά τη διάρκεια της ζωής ενός ατόμου και κατά το πέρασμα των γενεών. Η κινητική εκμάθηση είναι μια συνέπεια της συν-προσαρμογής του νευρικού συστήματος και της δομικής ανατομίας (Lemon, 1993). Για παράδειγμα, οι τεράστιες επιδέξιες δυνατότητες των ανθρώπων προκύπτουν όχι μόνο από τις συγκεκριμένες νευρωνικές εξελίξεις, αλλά και από την ανατομία του χεριού, με τον ειδικά εξελιγμένο αντίχειρα του. Γενικά, στην κινητική εκμάθηση εξετάζεται, το πώς ο εγκέφαλος προσαρμόζεται για να ελέγξει το σώμα (Wolpert, 2001).

Η κίνηση είναι από τα μοναδικά μέσα, που διαθέτει ο άνθρωπος για να αλληλεπιδράσει με το περιβάλλον και με τους ανθρώπους. Τέτοιες αλληλεπιδράσεις μπορεί να είναι συνδεδεμένες ή μαθημένες μέσω της εμπειρίας με το περιβάλλον (Wolpert, 2001). Η μάθηση γενικά επιτρέπει στον άνθρωπο να προσαρμοστεί σ' ένα μεταβαλλόμενο φυσικό περιβάλλον καθώς επίσης και στις νέες συμβάσεις, που αναπτύσσονται από την κοινωνία.

Γίνεται αντιληπτό, λοιπόν από τα παραπάνω ότι η απόκτηση των κινητικών δεξιοτήτων είναι θεμελιώδης στην ανθρώπινη ζωή. Η δυνατότητα ενός ατόμου

να αποκτήσει με την εξάσκηση ή να δοκιμάσει την ικανότητα να εκτελέσει συντονισμένες κινητικές ενέργειες, επιτρέπει σ' αυτό το άτομο να έχει ένα ευρύ φάσμα ανθρώπινων εμπειριών (Winstein, 1991). Αυτές οι εμπειρίες μπορεί να κυμανθούν από το πιάσιμο ενός φλιτζανιού μετά από τις βλαβερές συνέπειες μιας κρανιοεγκεφαλικής κάκωσης ή ενός εγκεφαλικού επεισοδίου μέχρι το πιλοτάρισμα ενός αεροπλάνου μέσω αναταραχής (Winstein, 1991).

Η αναζήτηση για την κατανόηση των διαδικασιών, που κρύβονται κάτω από τον έλεγχο της κινητικής συμπεριφοράς, έχει παρακινήσει την έρευνα σε διάφορους τομείς συμπεριλαμβανομένων της ψυχολογίας, της κινησιολογίας, της νευροφυσιολογίας και της μηχανικής. Ερωτήματα όπως: Ποια είναι τα αίτια και οι μηχανισμοί απόκτησης μιας κινητικής λειτουργίας; Σε ποιο βαθμό μπορεί να αποδοθεί η ανάκτηση λειτουργιών μετά από μια βλάβη στη φυσικοθεραπευτική παρέμβαση; Με ποιες μεθόδους μάθησης των κινητικών δεξιοτήτων μπορεί να επιτευχθεί η ανάκτηση αυτή; Οι επαναποκτηθείσες κινητικές δεξιότητες θα διατηρηθούν σε βάθος χρόνου; αντανακλούν τη σημασία της μελέτης των αρχών της κινητικής μάθησης. Σε αυτή την εργασία λοιπόν, θα γίνει μια προσπάθεια ανασκόπησης των αρχών της κινητικής εκμάθησης και θα αναλυθεί ο τρόπος, που μαθαίνει καλύτερα τις κινητικές δεξιότητες ένα άτομο. Στα πλαίσια περιγραφής των αρχών θα εξεταστεί αν υφίσταται κινητική εκμάθηση μετά από μια εγκεφαλική βλάβη και επομένως αν υπάρχει ανάγκη εφαρμογής των αρχών αυτών στις φυσικοθεραπευτικές συνεδρίες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΚΙΝΗΤΙΚΗΣ ΜΑΘΗΣΗΣ

- Τι είναι κινητική μάθηση;
- Μορφές μάθησης
 - Μη Συσχετιζόμενες Μορφές Μάθησης
 - Σχετιζόμενες Μορφές Μάθησης
 - Κλασσική Εξάρτηση
 - Συντελεστική Εξάρτηση
 - Διαδικαστική και Επεξηγηματική Μάθηση

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΚΙΝΗΤΙΚΗΣ ΜΑΘΗΣΗΣ

Τι είναι η κινητική μάθηση ;

Ως κινητικό έλεγχο ορίζεται τη μελέτη της φύσης και της αιτίας της κίνησης. Ως κινητική εκμάθηση ορίζεται η μελέτη της απόκτησης της κίνησης και της ικανότητας τροποποίηση και προσαρμογής της. Ενώ ο κινητικός έλεγχος εστιάζεται στην κατανόηση του έλεγχου της κίνησης, που έχει ήδη αποκτηθεί, η κινητική εκμάθηση εστιάζεται στην κατανόηση της απόκτησης και στην τροποποίηση της κίνησης (Shumway-Cook and Woollacott, 2000).

Το πεδίο της κινητικής μάθησης αναφέρεται κατά κανόνα στη μελέτη της απόκτησης ή τροποποίησης της κίνησης σε κανονικά άτομα. Αντίθετα, η ανάκτηση της λειτουργίας αναφέρεται στην επανάκτηση των κινητικών

δεξιότητων, που χάθηκαν λόγω κάποιου τραυματισμού (Shumway-Cook and Woollacott, 2000). Ο διαχωρισμός αυτός μεταξύ της ανάκτησης της λειτουργίας και της κινητικής εκμάθησης μπορεί να είναι παραπλανητικός. Οι περιπτώσεις, που αντιμετωπίζουν οι κλινικοί, σχετικά με τη βοήθεια, που παρέχουν σε ασθενείς προκειμένου να επανακτήσουν δεξιότητες, που χάθηκαν ως αποτέλεσμα τραυματισμού, είναι παρόμοιες με αυτές, που αντιμετωπίζουν άτομα στο πεδίο της κινητικής εκμάθησης (Shumway-Cook and Woollacott, 2000).

Ως μάθηση έχει περιγραφεί η διαδικασία απόκτησης γνώσεων για τον κόσμο, ως κινητική μάθηση έχει περιγραφεί ένα σύνολο διαδικασιών, που σχετίζεται με την πρακτική εξάσκηση ή εμπειρία, η οποία οδηγεί σε σχετικά μόνιμες αλλαγές στην ικανότητα παραγωγής επιδέξιων δραστηριοτήτων (Schmidt, 1988). Ο ορισμός της κινητικής εκμάθησης αντανακλά τέσσερις έννοιες: 1) η μάθηση είναι η διαδικασία απόκτησης της ικανότητας για επιδέξια δραστηριότητα 2) η μάθηση είναι αποτέλεσμα της εμπειρίας και της εξάσκησης 3) η μάθηση δεν μπορεί να μετρηθεί άμεσα ,αντίθετα, μπορεί να συμπεράνει κανείς, ότι βασίζεται στη συμπεριφορά και 4) η μάθηση δημιουργεί σχετικά μόνιμες αλλαγές στη συμπεριφορά, ώστε οι βραχυπρόθεσμες αλλαγές στη συμπεριφορά να μην κρίνονται ως μάθηση (Schmidt, 1988)

Μετά τη διεύρυνση του ορισμού η κινητική εκμάθηση αναφέρεται στην εκμάθηση νέων στρατηγικών μεθόδων τόσο για την αίσθηση όσο και για την κίνηση και είναι μια δραστηριότητα, που πηγάζει από την αλληλεπίδραση του ατόμου με τη δραστηριότητα και το περιβάλλον (Newell, 1991). Ομοίως, η ανάκτηση της λειτουργίας εμπλέκει την αναδιοργάνωση των συστημάτων αντίληψης και δράσης σε σχέση με συγκεκριμένες δραστηριότητες και το περιβάλλον (Newell, 1991). Έτσι λοιπόν, δεν μπορεί κανείς να μελετήσει την κινητική εκμάθηση ή την ανάκτηση της λειτουργίας εκτός του πλαισίου για το πώς τα άτομα επιλύουν τις λειτουργικές δραστηριότητες σε συγκεκριμένο περιβάλλον (Newell, 1991).

Εδώ πρέπει να γίνει η διάκριση μεταξύ μάθησης μιας κινητικής δραστηριότητας και εκτέλεση μιας κινητικής δραστηριότητας. Στην μεν πρώτη περίπτωση παρατηρούνται μακροπρόθεσμες αλλαγές, οι οποίες είναι μόνιμες και μπορούν αντικειμενικά να αξιολογηθούν μόνο με την εξέταση της διατήρησης αυτών των αλλαγών ή με την εξέταση της μεταφοράς αυτών των αλλαγών στη κινητική συμπεριφορά του ατόμου (Schmidt, 1992). Αντίθετα οι αλλαγές, που παρατηρούνται κατά τη διάρκεια των πολλαπλών εκτελέσεων μιας κινητικής δραστηριότητας, δεν είναι μόνιμες και ίσως να μη διατηρηθούν μέχρι την επόμενη συνάντηση του εκπαιδευόμενου με τον εκπαιδευτή (Schmidt, 1992).

Μορφές Μάθησης

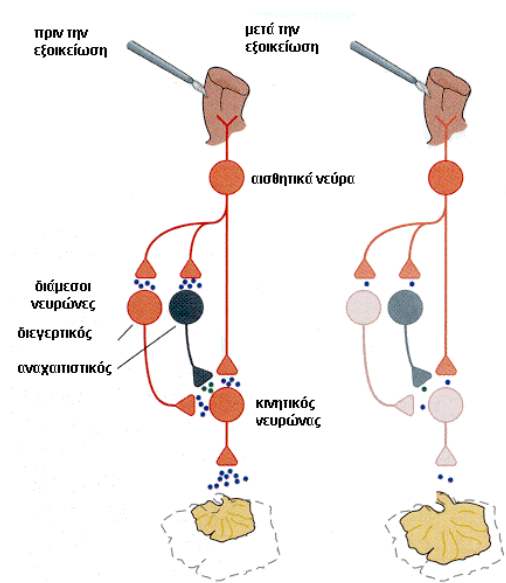
Η κατανόηση των μηχανισμών μάθησης πολύπλοκων κινητικών δραστηριοτήτων μετά από μια βλάβη είναι αρκετά δύσκολη. Η διαδικασία λοιπόν κατανόησης των μορφών μάθησης ξεκίνησε από απλές μορφές με τη πιθανότητα, ότι αυτές αποτελούν τη βάση για την μάθηση των επιδέξιων και πολύπλοκων κινήσεων.

Μη Συσχετιζόμενες Μορφές Μάθησης

Όταν ο οργανισμός δέχεται ένα ερέθισμα συνεχόμενα, τότε το κεντρικό νευρικό σύστημα μαθαίνει τα χαρακτηριστικά αυτού του ερεθίσματος. Η εξοικείωση και η ευαισθητοποίηση είναι δύο από τις πιο απλές μορφές μη συσχετιζόμενης μάθησης (Kupfermann, 2000).

Η εξοικείωση αφορά στην μείωση της αντίδρασης, η οποία συμβαίνει ως αποτέλεσμα της συνεχιζόμενης έκθεσης σε μη επώδυνα ερεθίσματα (Εικόνα 1)

(Kupfermann, 2000). Η εξοικείωση σχετίζεται με μειωμένη συναπτική δραστηριότητα μεταξύ των αισθητικών νευρώνων και τις συνδέσεις τους με τους διάμεσους και από αυτούς με τους κινητικούς νευρώνες (Kandel et al, 2000). Η βραχυπρόθεσμη αλλαγή είναι αυτή της μείωσης του διεγερτικού μετασυναπτικού δυναμικού, που παράγεται από τον αισθητικό νευρώνα και μεταδίδεται στο διάμεσο και από εκεί στον κινητικό νευρώνα. Αυτό το αποτέλεσμα μπορεί να διαρκέσει λίγα λεπτά (Εικόνα 1) (Kandel et al, 2000).

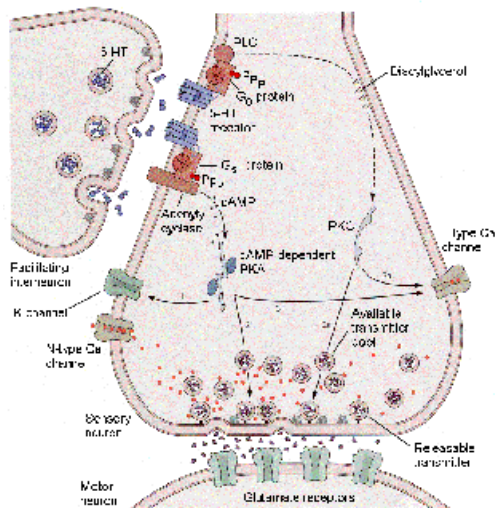


Εικόνα 1: Παράδειγμα εξοικείωσης ενός υποδοχέα (προσαρμοσμένο από Kandel et al, 2000)

Με τη συνεχόμενη εφαρμογή του ερεθίσματος όμως μπορεί να συμβούν αλλαγές στη συναπτική αποτελεσματικότητα πράγμα, που σηματοδοτεί τις μακροπρόθεσμες πλέον αλλαγές. Το ερέθισμα της εξοικείωσης αποτυπώθηκε πλέον στη μνήμη. Οι αλλαγές, που παρατηρούνται είναι δομικές αλλά και χημικές δηλαδή παρατηρείται μείωση των συναπτικών συνδέσεων μεταξύ του αισθητικού νευρώνα, των διάμεσων νευρώνων και των κινητικών νευρώνων, αλλά και μείωση του αριθμού των ενεργών μεταβιβαστικών ζωνών. Η εξοικείωση έτσι διατηρείται για εβδομάδες και μήνες (Kandel et al, 2000).

Στην αντίθετη άκρη η ευαισθητοποίηση αφορά την αυξημένη αντίδραση, που ακολουθεί ένα απειλητικό ή επώδυνο ερέθισμα (Εικόνα 2). Για παράδειγμα αν

κάποιος δεχθεί ένα επώδυνο ερέθισμα και μετά ένα απαλό άγγιγμα το αποτέλεσμα θα είναι η αντίδραση του μετά το απαλό άγγιγμα να είναι δυνατότερη από ότι θα ήταν φυσιολογικά. Αφού ένα άτομο έχει εξοικειωθεί με ένα ερέθισμα, ένα άλλο επώδυνο ερέθισμα μπορεί να άρει την εξοικείωση αυτή, δηλαδή η εξοικείωση αντirroπείται από την ευαισθητοποίηση (Kupfermann, 2000).



Εικόνα 2: Παράδειγμα ευαισθητοποίησης ενός υποδοχέα (προσαρμοσμένο από Kandel et al, 2000).

Η ευαισθητοποίηση μπορεί να είναι και αυτή βραχυπρόθεσμη και μακροπρόθεσμη. Οι φυσιολογικοί μηχανισμοί, που αφορούν αυτή την επίδραση είναι λίγο πιο πολύπλοκοι από ότι αυτοί της εξοικείωσης. Ένας τρόπος για να συμβεί ευαισθητοποίηση είναι με την παράταση του δυναμικού ενεργείας μέσω των αλλαγών στα κανάλια K^+ . Αυτό επιτρέπει την απελευθέρωση μεγαλύτερης ποσότητας διαβιβαστή από τα τελικά κομβία δίνοντας μεγαλύτερο διεγερτικό μετασυναπτικό δυναμικό ενεργείας. Φαίνεται επιπλέον πως η παράταση του δυναμικού ενεργείας διευκολύνει την «κινητικότητα» του διαβιβαστή και έτσι απελευθερώνεται ευκολότερα (Kandel et al, 2000). Για να συμβούν μακροπρόθεσμες αλλαγές αυτό σημαίνει, ότι συνέβησαν στις ίδιες συνάψεις δομικές αλλαγές και πιο συγκεκριμένα αυτές σχετίζονται με τη σύνθεση μιας νέας πρωτεΐνης δηλαδή δημιουργούνται νέα συναπτικά τερματικά, περισσότεροι

δενδρίτες μετασυναπτικά και αυξημένος αριθμός ενεργών συναπτικών ζωνών (Kandel et al, 2000).

Κλινικά αυτό μεταφράζεται στο ότι πρέπει να υπάρξει κατάλληλος χρόνος και αριθμός συνεδριών για να μπορέσουν αυτές οι αλλαγές να γίνουν και έτσι πλέον ο ασθενής – εκπαιδευόμενος να προλάβει να κάνει μακροπρόθεσμη μνήμη, δηλαδή να μάθει.

Δεν είναι βέβαια όλες οι μορφές μη συσχετιζόμενης μάθησης απλές. Η αισθητική επανεκπαίδευση, που αφορά στην αναγνώριση των αισθητικών πληροφοριών και στην εξερεύνηση του αντιληπτικού χώρου δεν είναι απλή μορφή μη συσχετιζόμενης μάθησης (Shumway-Cook and Woollacott, 2000).

Σχετιζόμενες Μορφές Μάθησης

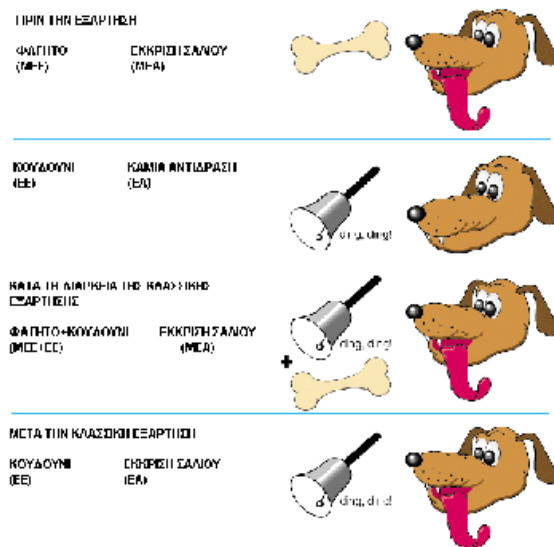
Η σχετιζόμενη μάθηση είναι αυτή, που πιθανά εμπλέκει την συσχέτιση δύο ή και περισσότερων ιδεών. Μέσω αυτής μπορεί ένα άτομο να μάθει να προβλέπει τις σχέσεις είτε μεταξύ δύο ερεθισμάτων (κλασσική εξάρτηση) είτε τη σχέση μεταξύ της συμπεριφοράς του και μιας συνέπειας (συντελεστική εξάρτηση). Η αναγνώριση των σχέσεων αυτών θεωρείται κλειδί για την ανάπτυξη της ικανότητας προσαρμογής σε καινούργιες συνθήκες και έχει παρατηρηθεί στα ζώα αλλά και στον άνθρωπο (Kupfermann, 2000).

Κλασσική Εξάρτηση

Η κλασσική εξάρτηση συνιστά τη μάθηση ενός ζευγαριού ερεθισμάτων. Ένα αρχικό ασθενές εξαρτώμενο ερέθισμα γίνεται αποτελεσματικό, στο ότι γεννά μια αντίδραση, όταν συσχετίζεται με ένα άλλο δυνατό μη εξαρτώμενο ερέθισμα (Εικόνα 3).

Σε αυτή την περίπτωση λοιπόν το άτομο μαθαίνει, να προβλέπει τη σχέση μεταξύ δύο ερεθισμάτων ή γεγονότων και αντιδρά ανάλογα. Για παράδειγμα σε μια συνεδρία αν δοθεί σε έναν ασθενή επανειλημμένα το λεκτικό παράγγελμα

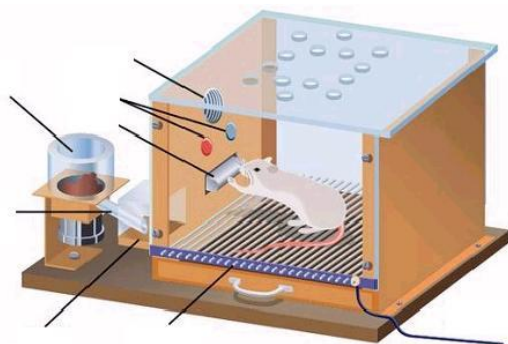
σε συνδυασμό με τη χειρωνακτική καθοδήγηση, όταν εκτελεί μια κίνηση, τότε μέσω της κλασσικής εξάρτησης θα μπορέσει ο ασθενής σταδιακά να περάσει στην εκτέλεση της κίνησης μόνο με την «βοήθεια» του λεκτικού παραγγέλματος χωρίς χειρωνακτική καθοδήγηση (Kupfermann, 2000).



Εικόνα 3: Το γνωστό πείραμα του Pavlov (προσαρμοσμένο από www.northern.ac.uk/.../Learningtheories.htm)

Συντελεστική Εξάρτηση

Ουσιαστικά πρόκειται για τη μάθηση μέσω δοκιμής και λάθους. Δηλαδή μέσω της συντελεστικής εξάρτησης μαθαίνει κανείς εκ του αποτελέσματος τις συνέπειες της συμπεριφοράς του (Εικόνα 4).



Εικόνα 4: Το κουτί εκπαίδευσης μέσω συντελεστικής εξάρτησης το ζώο μαθαίνει πως αν περιστρέψει το διακόπτη τότε παίρνει φαγητό αλλιώς δέχεται την αρνητική επίδραση του ηλεκτροσοκ (προσαρμοσμένο από www.northern.ac.uk/.../Learningtheories.htm)

Η βασική αρχή αυτής της μορφής είναι, ότι συμπεριφορές, που ανταμείβονται, τείνουν να επαναλαμβάνονται, ενώ αυτές που έχουν αρνητικές συνέπειες σιγά σιγά εκλείπουν (Kupfermann, 2000).

Η λεκτική επιβράβευση στην προσπάθεια ενός ασθενούς λειτουργεί ενισχυτικά και οδηγεί σταδιακά στη συντελεστική εξάρτηση. Η χρήση βιοανατροφοδότησης είναι επίσης ένα κλινικό παράδειγμα μορφής συντελεστικής εξάρτησης (Shumway-Cook and Woollacott, 2000).

Οι ερευνητές, που εξετάζουν το φυσιολογικό μηχανισμό για τις συσχετιζόμενες μορφές μάθησης έχουν καταλήξει, ότι μπορεί να συμβούν και βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες αλλαγές, οι οποίες αφορούν απλές αλλαγές στη συναπτική λειτουργία και όχι σε πολύπλοκα συστήματα μάθησης (Kandel et al, 2000). Αρχικά όταν δύο νευρώνες είναι ενεργοί την ίδια χρονική στιγμή, υπάρχει τροποποίηση στις υπάρχουσες πρωτεΐνες μέσα σε αυτούς τους νευρώνες και αυτό με τη σειρά του έχει ως αποτέλεσμα αλλαγή στην συναπτική αποτελεσματικότητα (Kandel et al, 2000). Οι μακροπρόθεσμες αλλαγές είναι συνέπεια της σύνθεσης νέων πρωτεϊνών και δευτερογενώς της δημιουργίας νέων συναπτικών συνδέσεων μεταξύ των νευρώνων (Kandel et al, 2000). Για την κλασσική εξάρτηση πιο ειδικά και επειδή έχει μεγάλη σημασία ο συγχρονισμός των δύο ερεθισμάτων, όταν τα δύο ερεθίσματα συγκλίνουν στον ίδιο νευρώνα η διευκόλυνση συμβαίνει αν το εξαρτώμενο ερέθισμα προκαλέσει δυναμικό ενεργείας λίγο πριν δοθεί το μη εξαρτώμενο ερέθισμα (Kandel et al, 2000).

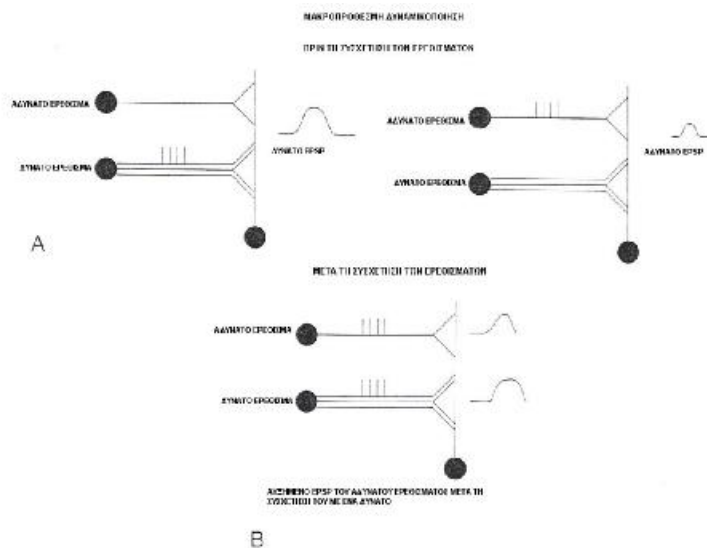
Διαδικαστική και Επεξηγηματική Μάθηση

Κάποιοι ερευνητές έχουν αρχίσει και κατηγοριοποιούν τα είδη της συσχετιζόμενης μάθησης ανάλογα με το είδος της γνώσης, που αποκτά ο εκπαιδευόμενος (Shumway-Cook and Woollacott, 2000).

Έτσι διαδικαστική ονομάζεται η μάθηση, κατά την οποία το εκάστοτε κινητικό έργο μαθαίνεται και μπορεί να εκτελεστεί χωρίς την απαίτηση για προσοχή και νοητική δραστηριότητα. Συνεπώς αντιλαμβάνεται κανείς, πως δεν χρειάζεται από τον εκπαιδευόμενο να είναι σε εγρήγορση από άποψη προσοχής, ούτε να ενεργοποιεί κάποια άλλη ανώτερη γνωσιακή λειτουργία. Η μάθηση είναι αυτοματοποιημένη όπως και η εκτέλεση του κινητικού έργου (Kupfermann, 2000). Για παράδειγμα στην εκπαίδευση της μεταφοράς ενός ασθενούς από το κρεβάτι στην καρέκλα γίνεται καταρχήν η διδασκαλία μιας βέλτιστης στρατηγικής μεταφοράς και μετά ο ασθενής μαθαίνει να κινείται με την ίδια στρατηγική σε καρέκλες διαφορετικού ύψους και θέσεις σε σχέση με το κρεβάτι. Έτσι μπορεί να διαμορφώνει τους κανόνες, που σχετίζονται με τη διαδικασία της μεταφοράς (Shumway-Cook and Woollacott, 2000).

Από την άλλη επεξηγηματική ονομάζεται η μάθηση, που έχει ως αποτέλεσμα την απόκτηση γνώσης, την οποία μπορεί συνειδητά να ανακαλέσει ο εκπαιδευόμενος και επομένως απαιτεί λειτουργίες όπως η εγρήγορση, η προσοχή και η σκέψη (Kupfermann, 2000). Η επεξηγηματική μάθηση χρησιμοποιεί επεξηγηματικές προτάσεις όπως για παράδειγμα «πρώτα θα κουμπώσω το πάνω κουμπί, μετά το δεύτερο...». Η επαναληπτική χρήση της επεξηγηματικής μάθησης ενός έργου μπορεί να οδηγήσει τον εκπαιδευόμενο στην ικανότητα αυτοματοποίησης του έργου μέσω πλέον της διαδικαστικής μάθησης (Kupfermann, 2000). Μια μορφή επεξηγηματικής μάθησης είναι και η νοητική εξάσκηση. Παρόλαυτα πρέπει να σημειωθεί, ότι ένας ασθενής για να μπορέσει να συμμετάσχει σε μια τέτοιου είδους κινητική εκπαίδευση, πρέπει να μην έχει γνωσιακά ελλείμματα (Shumway-Cook and Woollacott, 2000).

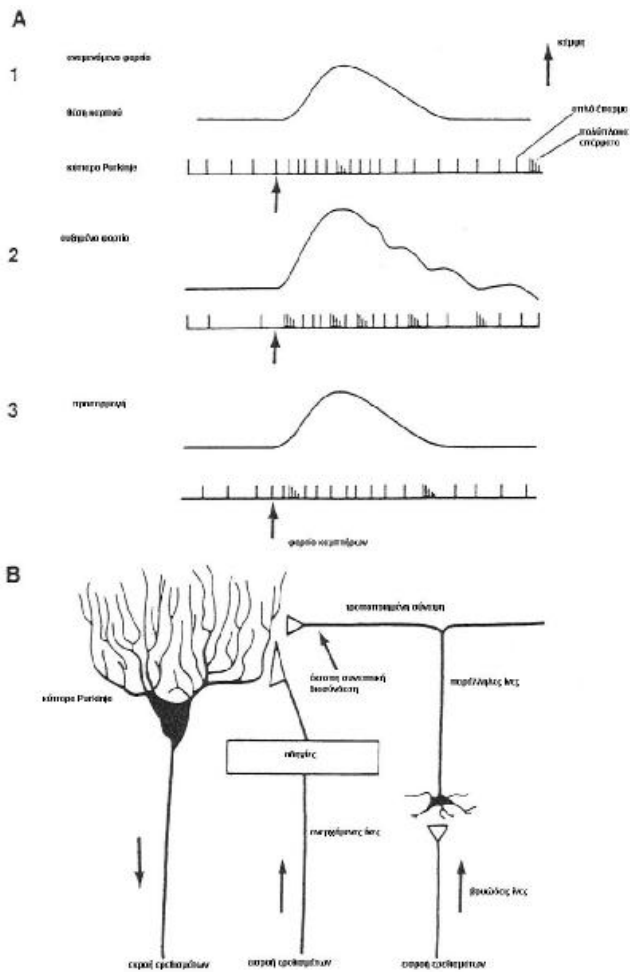
Υποστηρίζεται, ότι οι δύο τύποι αυτοί μάθησης χρησιμοποιούν διαφορετικά νευρικά κυκλώματα, δηλαδή ότι η διαδικαστική μνήμη περιλαμβάνει κυρίως παρεγκεφαλιδικά μονοπάτια, ενώ η επεξηγηματική μνήμη μονοπάτια από τον κροταφικό λοβό, πιο συγκεκριμένα τους νευρώνες του ιππόκαμπου (Kupfermann, 2000).



Σχήμα 1: Η κυτταρική βάση της μακροπρόθεσμης δυναμικοποίησης. **A:** πριν το ζευγάρισμα με ένα δυνατό ερέθισμα, το αδύνατο παράγει ένα αδύνατο Μετασυναπτικό Δυναμικό (EPSP). **B:** μετά τη συσχέτιση το EPSP αυξάνεται (προσαρμοσμένο από Kandel et al, 2000)

Η φυσιολογική διαδικασία, που σχετίζεται με την επεξηγηματική μάθηση – μνήμη, βασίζεται στη μακροπρόθεσμη δυναμικοποίηση (long-term potentiation), δηλαδή στην ενίσχυση ενός αδύνατου ερεθίσματος, που φτάνει στον ιππόκαμπο από την ταυτόχρονη συσχέτιση του με ένα δυνατό. Η διαδικασία χρειάζεται την ταυτόχρονη πυροδότηση τόσο των προσυναπτικών όσο και των μετασυναπτικών κυττάρων. Αφού συμβεί αυτό, τότε η μακροπρόθεσμη δυναμικοποίηση διατηρείται από την αύξηση της απελευθέρωσης του προσυναπτικού νευροδιαβιβαστή (Σχήμα 1). Η μακροπρόθεσμη δυναμικοποίηση έχει παρατηρηθεί και σε άλλες περιοχές του εγκεφάλου, που σχετίζονται με τη χωρική μνήμη και άρα με την επεξηγηματική μάθηση (Kandel et al, 2000).

Από την άλλη η έρευνα δείχνει, πως η διαδικαστική μάθηση φαίνεται να αφορά την παρεγκεφαλίδα και/ή το κινητικό φλοιό. Ο φυσιολογικός μηχανισμός, που συνεισφέρει σε αυτού του είδους της μάθησης έχει να κάνει με μακροπρόθεσμες αλλαγές στην εκροή ερεθισμάτων από τα κύτταρα Purkinje της παρεγκεφαλίδας (Σχήμα 2) (Kandel et al, 2000).



Σχήμα 2: Α: Δραστηριότητα των βρυωδών ινών (απλά επάρματα) και των ανερχόμενων ινών (πολύπλοκα επάρματα) κατά τη διάρκεια καμπτικών κινήσεων του καρπού όταν τα πειραματόζωα κινούνταν ενάντια 1) σε αναμενόμενο φορτίο, 2) σε μη αναμενόμενο αυξημένο φορτίο και 3) σε αυξημένο φορτίο αλλά μετά από εξάσκηση (προσαρμογή). Η δραστηριότητα των ανερχόμενων ινών (πολύπλοκα επάρματα) αυξάνεται με την αύξηση του φορτίου, σηματοδοτώντας το λάθος στο γύρισμα του μοχλού στην αρχική του θέση και έτσι μειώνεται η αποτελεσματικότητα της σύναψης μεταξύ των βρυωδών ινών και των κυττάρων Purkinje. Μετά την εξάσκηση – προσαρμογή τόσο τα επάρματα επανέρχονται στην αρχική τους δυναμικότητα. Β: Οι σημαντικές συνάψεις της παρεγκεφαλίδας που φαίνεται να παίζουν ρόλο στην κινητική μάθηση (προσαρμοσμένο από Kandel et al, 2000).

Φαίνεται, ότι αλλαγές στην συναπτική αποτελεσματικότητα μεταξύ των νευρώνων της παρεγκεφαλίδας είναι ένας σημαντικός σύνδεσμος για την τροποποίηση των κινήσεων μέσω της διαδικαστικής μάθησης (Kandel et al, 2000).

Ο κινητικός φλοιός φαίνεται, να ενεργοποιείται έντονα (περιοχές αντίστοιχες των μελών που κινούνται «μεγεθύνονται»), μέχρι το άτομο να μάθει την κινητική αλληλουχία, δηλαδή να εσωτερικεύσει κατά κάποιο τρόπο τη κινητική

αλληλουχία. Μετά η συνεισφορά του μειώνεται και άλλες περιοχές του εγκεφάλου φαίνεται να αναλαμβάνουν ενεργό ρόλο για την εκτέλεση του έργου (Pascual-Leone et al, 1994).

Οι νευρικοί μηχανισμοί, που αφορούν πιο πολύπλοκες μορφές μάθησης όπως την απόκτηση επιδέξιων κινήσεων, συμπεριλαμβάνουν και τη σωματισθητική φλοιϊκή περιοχή. Η επαναλαμβανόμενη εξάσκηση ενός κινητικού έργου έχει ως αποτέλεσμα την βελτιωμένη συναπτική δραστηριότητα μεταξύ κινητικού και αισθητικού φλοιού (Asanuma and Keller, 1991). Έτσι μέσω της μακροπρόθεσμης δυναμικοποίησης η αισθητική περιοχή παίρνει μέρος στην εκμάθηση ενός κινητικού έργου, το οποίο άπαξ και εκπαιδευθεί άλλες περιοχές όπως ο θάλαμος φαίνεται να το υποστηρίζουν. Πειραματόζωα στα οποία είχε αφαιρεθεί ο αισθητικός φλοιός μπορούσαν να εκτελέσουν μαθημένα κινητικά πρότυπα, δεν μπορούσαν όμως να εκπαιδευθούν σε νέα (Asanuma and Keller, 1991).

Τέλος για τη ολοκλήρωση της κινητικής δραστηριότητας πρέπει να συμβαίνει και αυτό, που ονομάζουν οι ερευνητές αντιληπτική μάθηση δηλαδή η μορφοποίηση αισθητικών μνημών. Η διαδικασία είναι μια μορφή μη συσχετιζόμενης μάθησης αν και πιο σύνθετη (Kupfermann, 2000).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΘΕΩΡΙΕΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΕΞΗΓΗΣΗΣ ΤΗΣ ΚΙΝΗΤΙΚΗΣ ΜΑΘΗΣΗΣ

- **Η θεωρία του Schmidt**
- **Η θεωρία της κλειστής αλυσίδας του Adams**
- **Fitts and Posner: Τα στάδια της κινητικής μάθησης**
- **Η θεωρία της μάθησης ως εξερεύνησης του Newel**

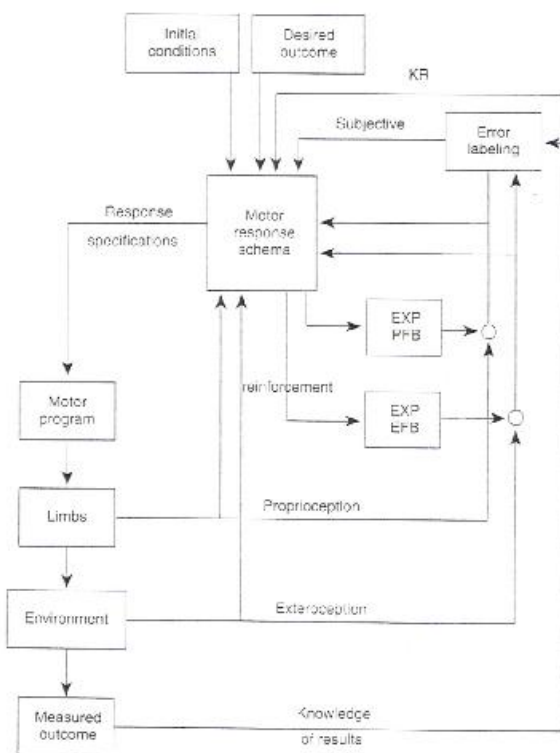
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΘΕΩΡΙΕΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΕΞΗΓΗΣΗΣ ΤΗΣ ΚΙΝΗΤΙΚΗΣ ΜΑΘΗΣΗΣ

Από τη δεκαετία του 1940 και μετέπειτα έχουν δημιουργηθεί διάφορες θεωρίες για την κινητική εκμάθηση, δηλαδή μια ομάδα αφηρημένων ιδεών για τη φύση και την αιτία της απόκτησης ή της τροποποίησης της κίνησης. Οι θεωρίες του κινητικού ελέγχου πρέπει να βασίζονται σε γνώσεις σχετικά με τη δομή και τη λειτουργία του νευρικού συστήματος. Στη συνέχεια γίνεται μια σύντομη αναφορά στις τρέχουσες θεωρίες, που σχετίζονται με την κινητική εκμάθηση.

Η θεωρία του Schmidt

Ο Schmidt, καθορίζει τον κινητικό έλεγχο ως ένα τομέα μελέτης, που εξετάζει την κατανόηση των νευρικών, φυσικών και συμπεριφορικών πτυχών της κίνησης και την κινητική εκμάθηση ως τομέα μελέτης, που εστιάζει στην απόκτηση των ειδικευμένων κινήσεων ως αποτέλεσμα της εξάσκησης (Schmidt, 1988). Το 1970, λοιπόν, ο Schmidt πρότεινε μια νέα θεωρία για την κινητική εκμάθηση, την οποία ονόμασε θεωρία του σχήματος. Η θεωρία αυτή έδωσε έμφαση στις ενός ανοικτού κυκλώματος διαδικασίες εκμάθησης ενός κινητικού προγράμματος (Σχήμα 3).



Σχήμα 3: Η θεωρία του Schmidt. Στο σχήμα απεικονίζονται τα βασικά στοιχεία για την απόκτηση της κίνησης. EXP PFB=expected proprioceptive feedback (αναμενόμενη ιδιοδεκτική ανατροφοδότηση), EXP EFB=expected exteroceptive feedback (αναμενόμενη εξωγενής ανατροφοδότηση) (προσαρμοσμένο από Shumway-Cook and Woollacott, 2000).

Ο Schmidt (1988) προέβλεψε, ότι όταν διδάσκεται ένα κινητικό πρόγραμμα, το άτομο μαθαίνει κάποιους γενικευμένους κανόνες, που μπορούν να εφαρμοστούν σε πλήθος περιστάσεων. Υπέθεσε, ότι ατόμου ένα άτομο κάνει μια κίνηση, τέσσερα πράγματα αποθηκεύονται στη μνήμη : 1) οι αρχικές συνθήκες της κίνησης, όπως η θέση του σώματος και το βάρος του αντικειμένου που χειρίζεται, 2) οι παράμετροι, που χρησιμοποιούνται στο γενικευμένο κινητικό πρόγραμμα, 3) το αποτέλεσμα της κίνησης με τον όρο γνώση του αποτελέσματος και 4) οι αισθητηριακές συνέπειες της κίνησης, δηλαδή το πώς ήταν, πώς φάνηκε, πώς ακούστηκε. Η πληροφορία αυτή είναι αφηρημένη και αποθηκεύεται με τη μορφή ενός ανακαλούμενου (κινητικού) σχήματος και ενός αναγνωριστικού (αισθητικού) σχήματος (Schmidt, 1988).

Όταν γίνεται μια δεδομένη κίνηση, οι αρχικές συνθήκες και ο επιθυμητός στόχος της κίνησης είναι εισερχόμενα ερεθίσματα για το ανακαλούμενο σχήμα. Άλλα εισερχόμενα ερεθίσματα είναι η αφηρημένη ανάμνηση χαρακτηριστικών προηγούμενης ανταπόκρισης σε παρόμοιες δραστηριότητες. Το αναγνωριστικό σχήμα χρησιμοποιείται κυρίως για τη μάθηση παρά για τον έλεγχο, που γίνεται τη στιγμή, που εκτελείται η κίνηση (Schmidt, 1988).

Όταν ολοκληρωθεί η κίνηση το μήνυμα για το λάθος επανέρχεται στο σχήμα και το σχήμα τροποποιείται ως αποτέλεσμα της αισθητηριακής ανατροφοδότησης και της γνώσης του αποτελέσματος. Σύμφωνα με τη θεωρία του σχήματος, όταν μαθαίνει κάποιος να πιάνει ένα ποτήρι, εξασκείται τέλεια σε πολλές παραλλαγές της δραστηριότητας. Αυτό επιτρέπει την ανάπτυξη ενός συνόλου κανόνων για το πώς θα πρέπει να πιάνει και να μεταφέρει το ποτήρι. Όσο καλύτεροι είναι οι κανόνες για να πιάσει ένα αντικείμενο τόσο πιο καλή θα είναι και η στρατηγική του, όταν θα προσπαθεί να πιάσει ποτήρια, με τα οποία δεν είναι εξοικειωμένος χωρίς να πέσουν ή να χυθεί το περιεχόμενο (Schmidt, 1988).

Η θεωρία της κλειστής αλυσίδας του Adams

Το 1971, παρακινούμενος από το αυξανόμενο σώμα της έρευνας της κινητικής εκμάθησης και της διαθεσιμότητας μιας σχετικά μεγάλης βάσης δεδομένων ο Adams εισήγαγε τη θεωρία του κλειστού κινητικού τόξου για την κινητική εκμάθηση. Σε μια διαδικασία κλειστής αλυσίδας η αισθητηριακή ανατροφοδότηση χρησιμοποιείται για την συνεχιζόμενη παραγωγή επιδέξιας κίνησης (Adams, 1971). Η θεωρία αυτή υποθέτει, ότι στην κινητική εκμάθηση η αισθητηριακή ανατροφοδότηση από τη συνεχιζόμενη κίνηση συγκρίνεται μέσα στο νευρικό σύστημα με την αποθηκευμένη μνήμη της σκοπούμενης κίνησης (Ivry, 1995). Αυτή η εσωτερική αναφορά διόρθωσης, την οποία ο Adams καλεί αντιληπτικό ίχνος, σχηματίζεται ύστερα από μια περίοδο εξάσκησης (Adams, 1971).

Εκτός από το αντιληπτικό ίχνος υπάρχει και το μνημονικό ίχνος, που χρησιμοποιείται για να επιλεγεί και να ξεκινήσει η κίνηση. Αφού η κίνηση ξεκινήσει από το μνημονικό ίχνος, υπέθεσε ο ερευνητής, ότι το αντιληπτικό ίχνος αναλαμβάνει τη διεκπεραίωση της κίνησης και ερευνά για την ύπαρξη λαθών (Adams, 1971). Άρα, όσο πιο πολύ εξασκεί κάποιος μια συγκεκριμένη κίνηση, τόσο πιο δυνατό θα γίνεται το αντιληπτικό ίχνος. Οπότε και η ακρίβεια της κίνησης θα είναι ευθέως ανάλογη με την ισχύ του αντιληπτικού σχήματος (Shummway-Cook and Woollacot, 2000).

Fitts και Posner: Τα στάδια της κινητικής μάθησης

Οι Fitts και Posner, παρουσίασαν μια θεωρία για την κινητική εκμάθηση, που σχετίζεται με τα στάδια, από τα οποία διέρχονται οι άνθρωποι, όταν μαθαίνουν

μια νέα δεξιότητα. Πρότειναν ότι η εκμάθηση μιας ικανότητας περιλαμβάνει τρία στάδια (Fitts & Posner, 1967). Κατά τη διάρκεια του πρώτου σταδίου, το οποίο αναφέρεται και ως το γνωστικό στάδιο της εκμάθησης, η εστίαση του μαθητευόμενου προσανατολίζεται στην κατανόηση της φύσης της δραστηριότητας αναπτύσσοντας στρατηγικές, που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για τη διεξαγωγή της δραστηριότητάς. Παραδείγματος χάριν, ο μαθητευόμενος προσπαθεί χαρακτηριστικά να απαντήσει σε ερωτήσεις όπως αυτές : Ποιος είναι ο στόχος μου; Πόσο μακριά πρέπει να κουνήσω το χέρι μου; Ποιος είναι ο καλύτερος τρόπος να κρατήσω αυτό το αντικείμενο; Επιπλέον, ο μαθητευόμενος πρέπει να συμμετέχει στη γνωστική δραστηριότητα καθώς ακούει τις οδηγίες και λαμβάνει την ανατροφοδότηση από τον εκπαιδευτικό (Fitts & Posner, 1967). Η απόδοση κατά τη διάρκεια αυτού του πρώτου σταδίου χαρακτηρίζεται από έναν μεγάλο αριθμό λαθών, και τα λάθη τείνουν να είναι μεγάλα. Η απόδοση κατά τη διάρκεια αυτού του σταδίου είναι επίσης ιδιαίτερα μεταβλητή, παρουσιάζοντας μια έλλειψη συνέπειας από τη μια προσπάθεια στην επόμενη. Και αν και οι μαθητευόμενοι μπορούν να γνωρίσουν ότι κάνουν κάτι λανθασμένο, γενικά δεν ξέρουν τι πρέπει να κάνουν για να βελτιωθούν (Fitts & Posner, 1967).

Το δεύτερο στάδιο της εκμάθησης περιγράφεται από τους Fitts και Postner ως συσχετιζόμενο στάδιο. Σ' αυτό το στάδιο το άτομο έχει επιλέξει την καλύτερη στρατηγική για τη δραστηριότητα και τώρα αρχίζει να τη βελτιώνει. Το άτομο κάνει όλο και λιγότερα ακαθόριστα λάθη, δεδομένου ότι έχει αποκτήσει τις βασικές αρχές ή τους μηχανισμούς της ικανότητας, αν και πρέπει να βελτιωθούν. Επίσης κατά τη διάρκεια αυτού του συσχετιζόμενου σταδίου, τα άτομα αποκτούν την ικανότητα να ανιχνεύσουν και να προσδιορίσουν μερικά από τα λάθη απόδοσής τους (Fitts & Posner, 1967).

Μετά από πολύ εξάσκηση και εμπειρία, μερικά άτομα κινούνται στο αυτόνομο στάδιο της εκμάθησης, το οποίο είναι το τελικό στάδιο της εκμάθησης. Εδώ η ικανότητα έχει γίνει σχεδόν αυτόματη ή συνήθης. Τα άτομα

σε αυτό το στάδιο δεν σκέφτονται συνειδητά για αυτό, που κάνουν, όταν εκτελούν τη δραστηριότητα, επειδή μπορούν να την εκτελέσουν χωρίς συνειδητή σκέψη. Έτσι, σε αυτό το στάδιο τα άτομα μπορούν να επικεντρώνουν την προσοχή τους σε άλλες πλευρές της δραστηριότητας τους, όπως το να εξερευνούν το περιβάλλον για εμπόδια, που μπορεί να δυσχεράνουν την εκτέλεση ή μπορούν συχνά να εκτελούν μια άλλη δραστηριότητα συγχρόνως, όπως το να μιλούν σ' ένα φίλο, ενώ δακτυλογραφούν (Fitts & Posner, 1967). Οι ερευνητές επισήμαναν την πιθανότητα να μη φτάσει κάθε άτομο, που μαθαίνει μια ικανότητα, σε αυτό το αυτόνομο στάδιο. Η ποιότητα της καθοδήγησης και της πρακτικής εξάσκησης καθώς επίσης και το ποσό της εξάσκησης, είναι σημαντικοί παράγοντες, που καθορίζουν την επίτευξη αυτού του τελικού σταδίου (Fitts & Posner, 1967).

Η θεωρία της μάθησης ως εξερεύνησης του Newell

Ο Newell, θεωρεί ότι η κινητική εκμάθηση είναι μια διαδικασία, που αυξάνει το συντονισμό μεταξύ αντίληψης και δράσης κατά τρόπο συνεπή με τη δραστηριότητα και τους περιβαλλοντικούς εξαναγκασμούς. Υποθέτει, ότι κατά τη διάρκεια της εξάσκησης γίνεται μια έρευνα για την αναζήτηση των προσφορότερων στρατηγικών επίλυσης της δραστηριότητας (Newell, 1991). Μέρος της έρευνας για τις καλύτερες στρατηγικές αφορά την εύρεση των καταλληλότερων κινητικών ανταποκρίσεων για τη δραστηριότητα. Έτσι, τα συστήματα αντίληψης και δράσης μπορούν να θεωρηθούν ως ενσωματωμένα μέσα στην καλύτερη επίλυση της δραστηριότητας (Newell, 1991).

Κρίσιμη για την έρευνα των προσφορότερων στρατηγικών είναι η εξερεύνηση του αντιληπτικό-κινητικού χώρου εργασίας. Ο Newell (1991) υποστήριζε, ότι η αντιληπτική πληροφόρηση έχει πολλούς ρόλους στην

κινητική εκμάθηση. Η αντιληπτική πληροφόρηση σχετίζεται με την κατανόηση του στόχου της δραστηριότητας και τις κινήσεις, που πρέπει να μαθευτούν. Η πληροφόρηση αυτή δίνεται τυπικά στους μαθητευόμενους με επιδείξεις (Newell, 1991).

Ένας άλλος ρόλος της αντιληπτικής πληροφόρησης είναι αυτός της ανατροφοδότησης, τόσο κατά τη διάρκεια της κίνησης (γνώση της εκτέλεσης) όσο και κατά τη διάρκεια της ολοκλήρωσης της κίνησης (γνώση των αποτελεσμάτων). Έτσι στην προσέγγιση αυτή, της κινητικής εκμάθησης, δίνεται έμφαση στη δεξιότητα ως αντανάκλαση μιας δυναμικής εξερευνητικής δραστηριότητας, που σχετίζεται με την καταγραφή του αντιληπτικό – κινητικού χώρου εργασίας, προκειμένου να δημιουργηθούν οι καλύτερες στρατηγικές για την εκτέλεση της δραστηριότητας (Newell, 1991).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΚΙΝΗΤΙΚΗ ΕΚΜΑΘΗΣΗ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

ΚΙΝΗΤΙΚΗ ΕΚΜΑΘΗΣΗ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑ

Η κινητική εκμάθηση δεν πρέπει να είναι αυστηρά καθορισμένη προκειμένου να μελετηθεί αποτελεσματικά. Αντ' αυτού είναι καλύτερο να τη λάβουμε υπ' όψην μας ως μια συγκεχυμένη κατηγορία (Shadmehr & Wise, 2005), που περιλαμβάνει την απόκτηση ικανοτήτων, την κινητική προσαρμογή, όπως η λήψη αποφάσεων, που είναι η ικανότητα επιλογής της σωστής κίνησης στο κατάλληλο πλαίσιο. Μια κινητική ικανότητα είναι η δυνατότητα να σχεδιαστεί και να εκτελεστεί ένας κινητικός στόχος (Krakauer, 2006). Τα υπολογιστικά βήματα, που απαιτούνται για να πάνε από το στόχο στη δράση για την επίτευξη των κινήσεων, έχουν μελετηθεί εκτενώς κατά τη διάρκεια των τελευταίων είκοσι ετών (Shadmehr, 2005), αλλά η γνώση, που έχει αποκτηθεί για τον κινητικό έλεγχο μόνο πρόσφατα έχει αρχίσει να εφαρμόζεται στη θεραπεία των κινητικών ελλειμμάτων.

Οι επιστήμονες του κινητικού ελέγχου κάνουν μια σημαντική διάκριση μεταξύ της γεωμετρίας και της ταχύτητας της κίνησης (κινηματική) και των δυνάμεων, που απαιτούνται για να παράγουν την κίνηση (δυναμική) (Kraakauer, 2006). Αυτή η διάκριση μπορεί να γίνει καλύτερα αντιληπτή, εάν φανταστεί κανείς να δημιουργεί ένα νοητό κύκλο στον αέρα με το χέρι του ή με το πόδι του. Ο κύκλος μπορεί να έχει την ίδια ακτίνα και να δημιουργηθεί με την ίδια ταχύτητα με το χέρι και το πόδι, αλλά τελείως διαφορετικοί μύες και δυνάμεις απαιτούνται για να παράγουν τον κύκλο στις δύο περιπτώσεις. Στη φάση εκτέλεσης, οι κινητικές εντολές λαμβάνουν υπ' όψη τις σύνθετες γλοιοελαστικές και αδρανείς ιδιότητες των πολυαρθρικών άκρων, έτσι ώστε η κατάλληλη δύναμη να εφαρμοστεί για να παραχθεί η επιθυμητή κίνηση (Kraakauer, 2006). Κατά συνέπεια ο κινητικός έλεγχος είναι τμηματικός (Mussa – Ivaldi, 1999), ακόμη και μια απλή κίνηση προσέγγισης ενός αντικειμένου αποτελείται από χωριστές διαδικασίες, κάθε μία από τις οποίες μπορεί ή δεν μπορεί να επηρεαστεί από έναν τραυματισμό. Μέσα σ' αυτό το πλαίσιο κινητικού ελέγχου, η απόκτηση ικανότητας μπορεί να γίνει κατανοητή ως εξαρτώμενη από την εξάσκηση για τη μείωση των κινηματικών και δυναμικών λαθών εκτέλεσης, που ανιχνεύονται μέσω οπτικών και ιδιοδεκτικών αισθητικών οδών αντίστοιχα (Mussa – Ivaldi, 1999).

Ένα πειραματικό παράδειγμα, που χρησιμοποιείται ευρέως στη μελέτη της κινητικής εκμάθησης, περιλαμβάνει άτομα, που κρατούν τη λαβή ενός ρομποτικού βραχίονα και πραγματοποιούν κινήσεις προσέγγισης σ' ένα οριζόντιο επίπεδο σε οπτικούς στόχους, που παρουσιάζονται σε μια οθόνη (Shadmehr and Mussa-Ivaldi, 1994). Οι μηχανές, που οδηγούν το ρομποτικό σκέλος, μπορούν να προγραμματιστούν για να παράγουν συγκεκριμένα ενεργειακά πεδία, που ενεργούν πάνω στο κινούμενο σκέλος. Η παρουσία μετέπειτα επιδράσεων είναι ισχυρά στοιχεία, ότι το κεντρικό νευρικό σύστημα μπορεί να αλλάξει τις κινητικές εντολές στο βραχίονα για να προβλέψει την επίδραση του δυναμικού πεδίου και να διαμορφώσει μια νέα χαρτογράφηση

μεταξύ της θέσης του άκρου και των δυνάμεων των μυών (εσωτερικό πρότυπο) (Shadmehr and Mussa-Ivaldi, 1994). Μεταγενέστερα πειράματα δείχνουν επιπλέον, ότι τα εσωτερικά πρότυπα, που μαθαίνονται για ένα τύπο κίνησης, μπορούν να γενικευτούν και σε άλλες κινήσεις (Conditt et al, 1997). Η σημασία της έννοιας του εσωτερικού προτύπου στην αποκατάσταση είναι, ότι το πρότυπο μπορεί να ενημερωθεί ως κατάσταση των αλλαγών του άκρου (Krakauer, 2006). Κατά συνέπεια η αποκατάσταση πρέπει να δώσει έμφαση στις τεχνικές, που προωθούν το σχηματισμό των κατάλληλων εσωτερικών προτύπων και όχι μόνο στην επανάληψη των κινήσεων (Krakauer, 2006).

Μερικοί υποστηρίζουν, ότι η έρευνα της κινητικής εκμάθησης είναι σημαντική για τους επαγγελματίες της φυσικής αγωγής (Magill, 1990), ενώ άλλοι υποστηρίζουν, ότι η έρευνα της κινητικής εκμάθησης δεν είναι σχετική με τα ενδιαφέροντα των «καθηγητών» κινητικής ικανότητας (Hoffman, 1990). Μια παρόμοια διαφωνία θα μπορούσε να προκληθεί όσον αφορά τη σχετικότητα της έρευνας της κινητικής εκμάθησης με τη φυσικοθεραπεία.

Η έρευνα της κινητικής εκμάθησης έχει εστιάσει πρώτιστα σε υγιή άτομα, που μαθαίνουν νέες κινητικές δεξιότητες (Mulder, 1985). Η άμεση εφαρμογή των αρχών της κινητικής εκμάθησης, που λαμβάνονται μέσω της εργαστηριακής έρευνας, μπορεί να είναι δυνατή εφόσον εδραιωθούν τα κατάλληλα όρια (Winstein, 1991). Παραδείγματος χάριν, η έρευνα από τη βιβλιογραφία των κινητικών δεξιοτήτων σχετικά με τη χρήση της αυξημένης ανατροφοδότησης θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να παρέχει οδηγίες για τα πρωτόκολλα φυσικοθεραπευτικής αποκατάστασης. Πόσο συχνά θα έπρεπε ο θεραπευτής να παρέχει την ανατροφοδότηση κατά τη διάρκεια μιας συνεδρίας; Τι είδους ανατροφοδότηση είναι καλύτερη για την κινητική εκμάθηση; Η γνώση, που βασίζεται στην κινητική εκμάθηση, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παρέχει τουλάχιστον μερικές απαντήσεις σ' αυτές τις πολυάριθμες, αλλά κλινικά σχετικές ερωτήσεις (Winstein, 1991).

Βεβαίως, όταν αντιμετωπίζονται μέσα στο ευρύτερο πλαίσιο της επιστήμης της κίνησης, πολλές – εάν όχι οι περισσότερες – από τις πρακτικές της φυσικοθεραπείας περιλαμβάνουν κάποια μορφή εκπαίδευσης ή επανεκπαίδευσης κίνησης (π.χ εκπαιδευτικά προγράμματα μέσης / οσφύος, εκπαίδευση βάδισης μετά από εγκεφαλικό) (Winstein, 1991). Επιπλέον, οι ασθενείς, που συμμετέχουν σ' αυτά τα διάφορα φυσικοθεραπευτικά προγράμματα, σχετίζονται με κάποια μορφή κινητικής εκμάθησης ή επανεκμάθησης (Winstein, 1991). Εάν υποθεθεί, ότι οι αρχές της κινητικής εκμάθησης συγκεντρώνονται σιγά – σιγά μέσω της έρευνας από τα υγιή άτομα, μπορούν να είναι παρόμοιες με αυτές της κινητικής εκμάθησης για τους ασθενείς με ορθοπεδικές και νευρολογικές διαταραχές, θα μπορούσε να υποστηριχθεί, ότι η γνώση αυτών των αρχών γίνεται ιδιαίτερα σχετική με την επιστήμη και την πρακτική της φυσικοθεραπείας (Winstein, 1991).

Η αποκατάσταση για τους νευρολογικούς ασθενείς, είναι ουσιαστικά μια διαδικασία επανεκμάθησης του πώς να κινούνται και πώς να πραγματοποιούν τις ανάγκες τους με επιτυχία (Carr and Shepherd, 1987). Αυτή η δήλωση επισημαίνει περιληπτικά το γεγονός, ότι η αποκατάσταση βεβαιώνεται, υποθέτοντας ότι η εξάσκηση ή η εκπαίδευση οδηγεί στη βελτίωση των δεξιοτήτων μετά από μια βλάβη. Παρά αυτή την ελλοχεύουσα υπόθεση η έρευνα στον κινητικό έλεγχο και την κινητική εκμάθηση μόνο πρόσφατα έχει αρχίσει να έχει μια επίδραση στην πρακτική της αποκατάστασης (Carr and Shepherd, 1987). Αντίθετα, η νευρολογική αποκατάσταση είχε εστιάσει είτε στην παθητική διευκόλυνση των μεμονωμένων κινήσεων, είτε στη διδασκαλία των ασθενών στη λειτουργική ανεξαρτησία χρησιμοποιώντας αντισταθμιστικές κινήσεις. Η αντιστάθμιση όμως συμβαίνει μέσω εναλλακτικών κινητικών διεργασιών και η λειτουργικότητα δε θα είναι ίδια με αυτή προ της βλάβης (Shummway-Cook and Woollacott 2000, O'Dwyer et al, 1996).

Έχουν υπάρξει λίγες μελέτες για την κινητική εκμάθηση μετά από εγκεφαλικές βλάβες και σχεδόν καμία, που να εξετάζει τα ελλείμματα στο

σηματισμό κινητικής μνήμης παρά την πιθανή σχετικότητα αυτών των διαδικασιών στην αποκατάσταση (Carr and Shepherd, 1987) και την ανάρρωση (Nudo et al, 2001). Κατά συνέπεια, αυτή τη στιγμή παραμένει αβέβαιο εάν υπάρχουν συγκεκριμένα ελλείμματα κινητικής εκμάθησης σε αυτούς τους ασθενείς (Nudo et al, 2001). Υπάρχουν διάφοροι λόγοι γι' αυτό. Κατ' αρχάς, έχουν υπάρξει πολύ λίγες μελέτες. Δεύτερον, υπάρχουν πολλοί τύποι κινητικής εκμάθησης και μπορούν να επηρεαστούν με διάφορους τρόπους ανάλογα με τη θέση του τραυματισμού. Τρίτον, μπορεί να είναι δύσκολο να καταδειχθεί μια ανωμαλία εκμάθησης στους ασθενείς, όταν η εκτέλεση είναι ήδη αρκετά εξασθενημένη στη βάση της (Krakauer, 2006).

Η βελτίωση με την αποκατάσταση αυξάνεται με το ποσό εκπαίδευσης και σχετίζεται κυρίως με τη δραστηριότητα, που ασκείται κατά τη διάρκεια της θεραπείας, με μικρή γενίκευση σε άλλες κινητικές δραστηριότητες (Krakauer, 2006). Κατά συνέπεια, η ανάρρωση, που σχετίζεται με τις αυθόρμητες βιολογικές διαδικασίες, φαίνεται να βελτιώνει την απόδοση πέρα από μια σειρά δραστηριοτήτων, ενώ η αποκατάσταση, που διέπεται από εκπαίδευση, όπως η εκμάθηση σε υγιή άτομα, εξαρτάται από τις δραστηριότητες (Krakauer, 2006).

Αυτή η διαφορά φανερώνει το σημαντικό ζήτημα της αληθινής αποκατάστασης ενάντια στην αντιστάθμιση και πως και οι δυο σχετίζονται με την κινητική εκμάθηση. Η αληθινή αποκατάσταση, η οποία σχετίζεται με τη μάθηση ή την επανεκμάθηση, σηματοδοτεί, ότι οι άθικτες περιοχές του εγκεφάλου στρατολογούνται και παράγουν εντολές στους ίδιους μυς, άρα ο ασθενής μαθαίνει μια στρατηγική ίδια με αυτή, που χρησιμοποιούνταν πριν από τον τραυματισμό (Jacobs and Donoghue, 1991). Αυτό υπονοεί κάποιο πλεονασμό στις φλοιώδεις κινητικές περιοχές με την αποκάλυψη, μέσω της εκπαίδευσης, προϋπαρχουσών φλοιϊκών συνδέσεων (Jacobs and Donoghue, 1991). Η αντιστάθμιση, αντίθετα είναι η χρήση εναλλακτικών μυών για την επίτευξη του στόχου της δραστηριότητας. Παραδείγματος χάριν, ένας ασθενής με πάρεση δεξιού βραχίονα, μπορεί να αντισταθμίσει με τη χρήση του

αριστερού βραχίονα του. Εντούτοις, παρά τη σαφή διάκριση, η εκμάθηση απαιτείται και για την αληθινή αποκατάσταση και για την αντιστάθμιση. Πειράματα, που έχουν γίνει σε πιθήκους καταδεικνύουν σαφώς τη σημασία της εκμάθησης για την αποκατάσταση της κινητικής λειτουργίας (Nudo and Milliken 1996, Nudo et al 1996).

Αυτά τα αποτελέσματα προτείνουν, ότι μετά από την τοπική ζημιά στον κινητικό φλοιό, η εκπαίδευση αποκατάστασης μπορεί να διαμορφώσει, επακολούθως, ανάρρωση σχετική με την αναδιοργάνωση στον παρακείμενο άθικτο φλοιό (Plautz et al, 2000). Οι φλοιϊκοί χάρτες μπορεί να επιδείξουν τόσο α) άμεση αναδιοργάνωση λόγω της αποκάλυψης προηγουμένως μη-λειτουργικών συναπτικών συνδέσεων με γειτονικές περιοχές και β) μια μακροχρόνια αλλαγή, κατά την οποία η εισροή ερεθισμάτων από γειτονικές περιοχές καταλαμβάνει τμήμα του «χάρτη», το οποίο πριν καταλάμβαναν οι τώρα κατεστραμμένες περιοχές. Η εμπειρία όμως είναι απαραίτητη για αυτή τη μορφοποίηση. Επομένως η εκπαίδευση, η εξάσκηση φαίνεται να οδηγεί τον εν δυνάμει πλαστικό εγκέφαλο (Shumway-Cook and Woollacott, 2000). Αυστηρά, οι φλοιώδεις αλλαγές μπορούν μόνο να εμφανιστούν με την εκμάθηση νέων δεξιοτήτων και όχι μόνο με την επαναλαμβανόμενη χρήση (Plautz et al, 2000). Είναι ασαφές αυτή τη στιγμή εάν η απλή επανάληψη μιας δραστηριότητας, που προηγουμένως ήταν καλά μαθημένη είναι επαρκής για να προκαλέσει σημαντική φλοιώδη αναδιοργάνωση ή εάν ο ασθενής πρέπει να προκληθεί με δυσκολότερες δραστηριότητες (Plautz et al, 2000).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΞΑΣΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΠΩΣ ΣΥΜΒΑΛΛΟΥΝ ΣΤΗ ΚΙΝΗΤΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ

- **Ανατροφοδότηση**
- **Επίδειξη της κίνησης – Κατευθυνόμενη ή Διερευνητική εξάσκηση;**
- **Παθητική και ενεργητική κίνηση στην κινητική εκμάθηση**
- **Ο ρόλος της επανάληψης στην κινητική εκμάθηση**
- **Συνθήκες εξάσκησης**
 - **Μαζική ή Κατανεμημένη εξάσκηση;**
 - **Ακρίβεια ή Ταχύτητα;**
 - **Συνεχής ή Μεταβαλλόμενη εξάσκηση;**
 - **Τυχαιοποιημένη ή Ομαδοποιημένη εξάσκηση;**
 - **Ολική ή Τμηματική εξάσκηση της κινητικής δραστηριότητας;**
- **Νοητική εξάσκηση**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΞΑΣΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΠΩΣ ΣΥΜΒΑΛΛΟΥΝ ΣΤΗΝ ΚΙΝΗΤΙΚΗ ΕΚΜΑΘΗΣΗ

Η έρευνα στην κινητική εκμάθηση απαιτεί έναν λειτουργικό καθορισμό της εκμάθησης. Οι επιστήμονες έχουν βρει ιδιαίτερα χρήσιμο να καθορίσουν την εκμάθηση ως ένα σύνολο εσωτερικών διαδικασιών, που συνδέονται με την πρακτική εξάσκηση ή την εμπειρία, οδηγώντας, σε μια σχετικά μόνιμη αλλαγή στην ικανότητα για ανταπόκριση (Winstein, 1991) Αυτές οι διαδικασίες είναι πιθανά σύνθετα φαινόμενα του κεντρικού νευρικού συστήματος, με το οποίο οι αισθητικές και κινητικές πληροφορίες οργανώνονται και ενσωματώνονται (Arbib 1981, Lisberger 1988, Alkon 1988). Αν και μερικοί ερευνητές, που χρησιμοποιούν κλασικά παραδείγματα βελτίωσης, έχουν αρχίσει να απομονώνουν τα νευρικά υποστρώματα, που συνδέονται με τις μαθημένες συμπεριφορές στα ζώα, οι ερευνητές της συμπεριφοράς, που ασχολούνται με

τον άνθρωπο, πρέπει συνήθως να συμπεράνουν από μια αλλαγή στη συμπεριφορά αν η εκμάθηση έχει γίνει (Winstein, 1991).

Αυτή η παρατήρηση γίνεται μια σημαντική εκτίμηση για το σχεδιασμό των πειραμάτων στο εργαστήριο καθώς επίσης και για την αξιολόγηση/επεξεργασία των αποτελεσμάτων της θεραπευτικής παρέμβασης (Winstein, 1991). Από τις πολυάριθμες μεταβλητές, που επηρεάζουν την αλλαγή στη συμπεριφορά, κάποιες όπως παραδείγματος χάριν τα φάρμακα φαίνεται να προκαλούν μόνο προσωρινές αλλαγές, άλλες όμως, όπως παραδείγματος χάριν η εξάσκηση θεωρούνται, ότι αλλάζουν τη συμπεριφορά με πιο μόνιμο τρόπο και ακόμα άλλες όπως η ανατροφοδότηση τύπου «γνώση του αποτελέσματος» θεωρούνται, ότι πραγματοποιούν και προσωρινές και σχετικά μόνιμες αλλαγές, μαζί (Winstein, 1991). Ο ερευνητής της κινητικής εκμάθησης καθώς επίσης και ο φυσικοθεραπευτής, ενδιαφέρονται γι' αυτές τις μεταβλητές, που θεωρούνται ότι πραγματοποιούν σχετικά μόνιμες αλλαγές στην κινητική συμπεριφορά.

Ανατροφοδότηση

Γενικά, οι αισθητικές πληροφορίες, που συνδέονται με την κινητική συμπεριφορά, μπορούν να διαιρεθούν σε δυο σημαντικές κατηγορίες διακρινόμενες από τη χρονική σχέση τους με την εκτέλεση της κίνησης. Οι αισθητικές πληροφορίες, που είναι διαθέσιμες πριν την εκτέλεση της κίνησης, μπορούν να θεωρηθούν σαν προτροφοδότηση, και περιλαμβάνουν πληροφορίες σχετικές με το περιβάλλον και το άτομο, που εκτελεί την κίνηση όσον αφορά την επερχόμενη κίνηση (Cirstea et al, 2006). Σε αντίθεση με την προτροφοδότηση, η ανατροφοδότηση είναι αισθητικές πληροφορίες, που είναι διαθέσιμες κατά τη διάρκεια ή μετά την εκτέλεση της κίνησης. Η ανατροφοδότηση περιλαμβάνει τις πληροφορίες σχετικά με τις αισθήσεις, που

συνδέονται με την ίδια την κίνηση (για παράδειγμα η αφή ή η ακοή) καθώς επίσης και τις πληροφορίες, που συνδέονται με το αποτέλεσμα της κίνησης όσον αφορά τον στόχο. Αυτές οι δύο πηγές ανατροφοδότησης έχουν αναφερθεί ως εγγενής και εξωγενής ανατροφοδότηση (Winstein and Schmidt, 1989).

Η εγγενής ανατροφοδότηση είναι έμφυτη στην κίνηση και περιλαμβάνει κιναισθητικά, οπτικά, δερματικά και αιθουσαία ερεθίσματα. Αυτές οι πηγές εγγενούς ανατροφοδότησης μπορεί να είναι απύσες ή επηρεασμένες στον ασθενή. Αντίθετα, η εξωγενής ανατροφοδότηση είναι πληροφορίες, που παρέχονται από μια εξωτερική πηγή και είναι συμπληρωματικές στις εγγενείς πηγές, που προαναφέρθηκαν (Winstein, 1991).



Εικόνα 5: Παράδειγμα ανατροφοδότησης είναι και το *biofeedback* εδώ η ασθενής εκπαιδεύεται στην ευθυγράμμιση του κορμού και τη σωστή κατανομή του βάρους δεχόμενη οπτική ανατροφοδότηση (προσαρμοσμένο από Shumway-Cook and Woollacott, 2000).

Πρόκειται λοιπόν για πληροφορίες, οι οποίες δίνονται πριν, κατά τη διάρκεια ή μετά την εκτέλεση μιας κίνησης και ενημερώνουν τον εκπαιδευόμενο για την ορθότητα και την αποτελεσματικότητα της πράξης του (Nicholson, 1998). Η εξωγενής αυτή ανατροφοδότηση μπορεί να παρασχεθεί στον εκπαιδευόμενο με

διάφορους τρόπους. Μπορεί να είναι λεκτική ή μη λεκτική, και μπορεί να είναι παρεχόμενη ταυτόχρονα, ακολουθώντας άμεσα ή με χρονική καθυστέρηση όσον αφορά τη σχετική κίνηση (Εικόνα 5) (Winstein, 1991).

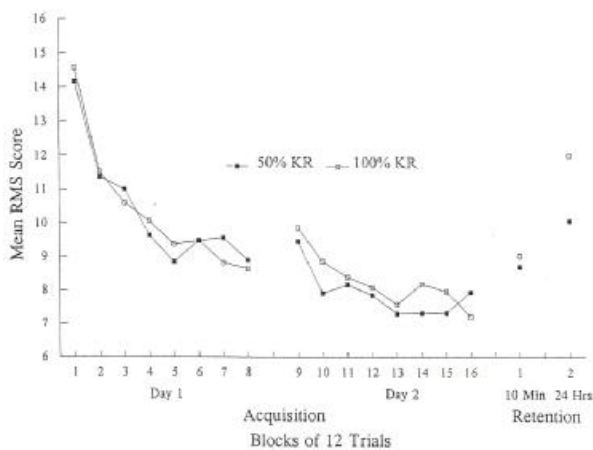
Η εξωγενής ανατροφοδότηση σχετικά με την έκβαση μιας κίνησης όσον αφορά τον περιβαλλοντικό στόχο αναφέρεται ως γνώση των αποτελεσμάτων (KR, Knowledge of Results), για παράδειγμα εκπαιδεύεται ο ασθενής να ορθοστατήσει από την καθιστή θέση σ' ένα δεδομένο χρονικό διάστημα, οπότε και ενημερώνεται αν κατόρθωσε τον επιθυμητό χρόνο. Αυτού του είδους η ανατροφοδότηση μπορεί να παρασχεθεί με λεκτικά παραγγέλματα, γραφικές αναπαραστάσεις και βιντεοσκοπημένη μετάδοση της εκτέλεσης της δραστηριότητας (Winstein 1991, Nicholson 1998, Shumway-Cook and Woollacott 2000). Η γνώση του αποτελέσματος θεωρείται, ότι αντιπροσωπεύει τη διαφορά μεταξύ της πραγματικής κινητικής αντίδρασης και της ιδεατής (Schmidt and Lee, 1999) και έχει επανειλημμένως αποδειχθεί, ότι κάποια ποσότητα ανατροφοδότησης είναι απαραίτητη για να προκύψει η κινητική εκμάθηση (Schmidt and Lee 1999, Guadagnoli and Kohl 2001). Η εξωγενής ανατροφοδότηση, που παρέχει πληροφορίες για το πρότυπο της κίνησης, που χρησιμοποιείται για να επιτευχθεί ο στόχος, καλείται γνώση της εκτέλεσης (KP, Knowledge of Performance). Χρησιμοποιώντας, το ίδιο παράδειγμα, η KP μπορεί να δοθεί με την ένδειξη του βαθμού, στον οποίο ο ασθενής έκλινε τον κορμό και το κεφάλι του πριν την έγερση από την καρέκλα. Η KP αντιπροσωπεύει το είδος της εξωγενούς ανατροφοδότησης, που δίνεται συχνότερα στους εκπαιδευόμενους (και ασθενείς) (Winstein 1991, Nicholson 1998, Shumway-Cook and Woollacott 2000). Αν και απαιτείται περισσότερη έρευνα, οι ήδη υπάρχουσες μελέτες δείχνουν, ότι οι μεταβλητές της KP έχουν παρόμοια αποτελέσματα με τις μεταβλητές της KR όσον αφορά την κινητική εκμάθηση (Winstein, 1991).

Σε μια προσπάθεια να κατανοηθούν οι αρχές της εξωγενούς ανατροφοδότησης οι ερευνητές μελέτησαν διάφορες παραμέτρους της, όπως τη

συχνότητα παροχής, το ποσό, τη χρονική στιγμή, που πρέπει να δοθεί, καθώς και την ακρίβεια.

Η βιβλιογραφία της κινητικής εκμάθησης και τα κλινικά πρωτόκολλα άσκησης είναι εκπληκτικά συνεπή στο να δείξουν, ότι κατά τη διάρκεια της φάσης εξάσκησης στις περισσότερες δραστηριότητες, σχεδόν κάθε παραλλαγή, που αυξάνει τη διαθεσιμότητα των πληροφοριών ανατροφοδότησης (παραδείγματα χάριν η αμεσότητα, η ακρίβεια, η συχνότητα κ.α) ωφελεί την εκτέλεση και αυξάνει το ποσοστό βελτίωσης των δοκιμών (Cirstea et al, 2006).

Πρόσφατη έρευνα έχει αποκαλύψει, ότι ορισμένες παραλλαγές της KR, που παρέχουν τις πληροφορίες ανατροφοδότησης λιγότερο συχνά κατά τη διάρκεια της εξάσκησης αποδεικνύονται ευεργετικότερες για τη μακροπρόθεσμη εκμάθηση και διατήρηση της κινητικής δραστηριότητας απ' ότι η εξάσκηση με την ανατροφοδότηση, που παρέχεται συχνότερα (Winstein 1991, Shumway-Cook and Woollacott 2000).

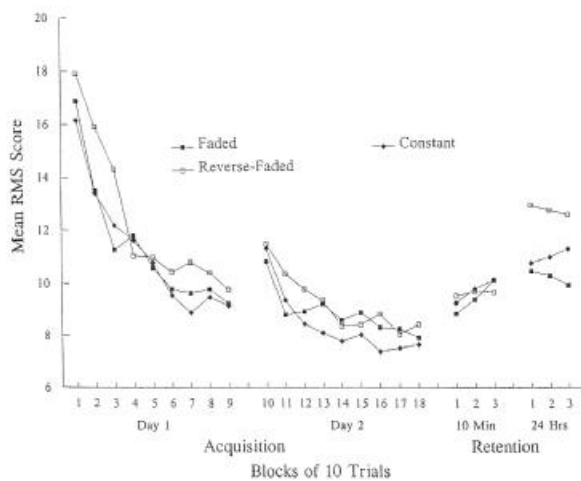


Σχήμα 4: Η περίοδος εκπαίδευσης στα δύο γκρουπ χαρακτηρίζεται παρόμοια. Στη φάση διατήρησης (retention) όμως υπάρχουν σημαντικές διαφορές γεγονός, που σηματοδοτεί ότι η «μισή» 50% παροχή εξωγενής ανατροφοδότησης είναι αποτελεσματικότερη για μάθηση παρά η 100% (προσαρμοσμένο από Winstein and Schmidt, 1990).

Σύμφωνα με αυτά τα αποτελέσματα ήταν και τα αποτελέσματα της έρευνας των Winstein και Schmidt (1990), οι οποίοι έδειξαν, ότι αν δεν παρέχεται σε κάθε

επανάληψη εξωγενής ανατροφοδότηση τότε ενισχύεται η ικανότητα για μάθηση (Σχήμα 4).

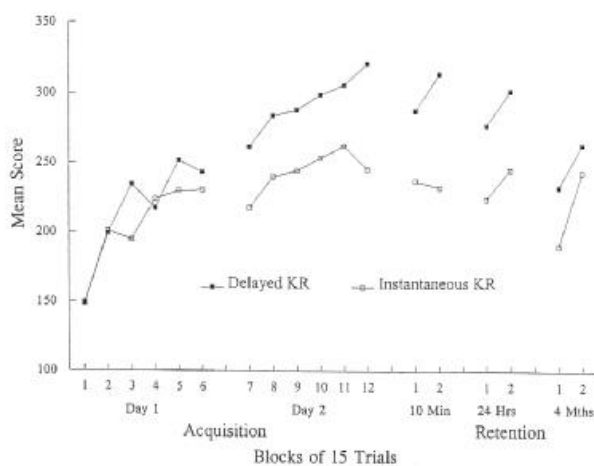
Μια άλλη παράμετρος, που μελετήθηκε, ήταν αυτή του σωστού σχεδιασμού, το πότε δηλαδή πρέπει να δοθεί η ανατροφοδότηση. Με άλλα λόγια αν πρέπει από την αρχή μέχρι το τέλος της φάσης εκπαίδευσης της κινητικής δραστηριότητας να δίνονται σε κάθε συνεδρία πληροφορίες. Η σύγκριση έγινε μεταξύ μιας συνεχούς κατάστασης, η οποία περιελάμβανε την εναλλασσόμενη ύπαρξη ή απουσία ανατροφοδότησης και μιας «εξασθενίζουσας» κατάσταση, κατά την οποία ανατροφοδότηση δινόταν συχνά στην αρχική φάση εκπαίδευσης και πολύ αραιά καθώς οι εκπαιδευόμενοι πλησίαζαν προς το τέλος της φάσης εκπαίδευσης (Nicholson and Schmidt, 1991). Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 5 η σταδιακά μειούμενη συχνότητα παροχής ανατροφοδότησης (εξασθενίζουσα κατάσταση) κατά τη διάρκεια όλης της περιόδου εξάσκησης είναι πιο αποτελεσματική στην μάθηση μιας κινητικής ικανότητας και στη διατήρησή της (Nicholson and Schmidt 1991, Winstein and Schmidt 1990, Ho and Shea 1978).



Σχήμα 5: Μέσος όρος της ρίζας του μέσου τετραγώνου του λάθους για τη συνεχή, εξασθενίζουσα και αντίστροφα εξασθενίζουσα κατάσταση παροχής ανατροφοδότησης για τις 2 περιόδους εκμάθησης και για τις συνεδρίες διατήρησης της κινητικής δραστηριότητας (προσαρμοσμένο από Nicholson and Schmidt, 1991).

Τέλος μια ακόμη σημαντική παράμετρος είναι ο σωστός χρόνος για την παροχή της ανατροφοδότησης. Ο Swinnen και οι συνεργάτες του (1990)

εξέτασαν τα αποτελέσματα στην μάθηση αυτής της παραμέτρου συγκρίνοντας την άμεση παροχή ανατροφοδότησης σε σχέση με μια καθυστερημένη. Η εξάσκηση με παροχή ανατροφοδότησης αποτελέσματος μετά από 3,2 δεύτερα ήταν πιο αποτελεσματική στη μακροπρόθεσμη διατήρηση της κινητικής δραστηριότητας από ότι η εξάσκηση με παροχή ανατροφοδότησης αποτελέσματος αμέσως μετά την κάθε εκτέλεση (Σχήμα 6) (Swinnen et al, 1990).



Σχήμα 6: Μέσος όρος του σκορ των εκπαιδευόμενων για άμεση ανατροφοδότηση αποτελέσματος και καθυστερημένη ανατροφοδότηση αποτελέσματος για τις δύο φάσεις της εκπαίδευσης και για τις συνεδρίες διατήρησης της κινητικής δραστηριότητας (προσαρμοσμένο από Swinnen et al, 1990).

Αυτά τα αποτελέσματα διατηρούνταν ακόμα και 4 μήνες χωρίς εξάσκηση και έτσι εύκολα συμπεραίνεται, πως η καθυστερημένη παροχή ανατροφοδότησης ακόμα και για λίγα δευτερόλεπτα είναι πιο αποτελεσματική από την άμεση παροχή ανατροφοδότησης (Swinnen et al, 1990). Αυτό ισχύει και για μια περιληπτική μορφή ανατροφοδότησης μετά από πολλές επαναλήψεις. Δηλαδή αν υποθεθεί πως μετά από μια σειρά από επαναλήψεις της ίδιας κινητικής δραστηριότητας δοθεί ανατροφοδότηση αποτελέσματος για όλη αυτή τη διαδικασία με μια καθυστέρηση χρόνου τότε ενισχύεται η μάθηση και η μακροπρόθεσμη διατήρηση της κινητικής δραστηριότητας (Schmidt et al 1990, Schmidt et al 1989).

Εν κατακλείδι για έναν σχετικά απλό κινητικό έργο και για καλά ασκούμενο άτομο μια υψηλής συχνότητας παροχή ανατροφοδότησης ενισχύει την εκτέλεση κατά τη διάρκεια της φάσης εκπαίδευσης, αλλά όχι της φάσης διατήρησης (Guadagnoli et al 1996, Schmidt 1991). Από την άλλη όμως για ένα σχετικά δύσκολο κινητικό έργο και/ή για λίγη εξάσκηση μια υψηλής συχνότητας παροχή ανατροφοδότησης ενισχύει την εκτέλεση και στη φάση εκπαίδευσης και στη φάση διατήρησης του κινητικού έργου (Guadagnoli et al 1996, Wulf et al 1998, Lai and Shea 1999).

Μια υπόθεση για το μηχανισμό της διαφοροποίησης, που παρατηρείται, είναι ότι η ανατροφοδότηση έχει και θετικά και αρνητικά αποτελέσματα (Schmidt, 1991). Τα θετικά αποτελέσματα συμπεριλαμβάνουν 1) την παροχή πληροφοριών για τα λάθη οπότε και ο εκπαιδευόμενος οδηγείται προς την επίτευξη του στόχου 2) την παροχή κινήτρου και ενεργοποίησης του εκπαιδευόμενου και 3) την συμβολή της ανατροφοδότησης στη συσχετιζόμενη μάθηση δηλαδή την ανάπτυξη της ικανότητας του εκπαιδευόμενου να συσχετίζει τα αισθητικά ερεθίσματα με τα κινητικά αποτελέσματα (Schmidt, 1991). Τα αρνητικά αποτελέσματα της ανατροφοδότησης παρατηρούνται, όταν αυτή δίνεται συνεχώς και πιθανά οφείλονται στην εξάρτηση του εκπαιδευόμενου από αυτή και στο γεγονός, ότι πια η ανατροφοδότηση γίνεται μέρος της εξάσκησης επομένως ο εκπαιδευόμενος είναι ανίκανος να εκτελέσει την ίδια δραστηριότητα, όταν οι συνθήκες ανατροφοδότησης αλλάξουν (Salmoni et al 1984, Schmidt, 1991). Επιπλέον η συνεχής ανατροφοδότηση μπορεί να «ναρκώσει» τη χρήση της εγγενούς τροφοδότησης με αποτέλεσμα ο εκπαιδευόμενος να μην μπορεί να μάθει τη συσχέτιση αισθητικού ερεθίσματος και κινητικού αποτελέσματος. Τέλος με την συνεχή παροχή τροφοδότησης ο εκπαιδευόμενος πιθανά δε χρησιμοποιεί πλέον τη μνήμη του στη διάρκεια εκτέλεσης της δραστηριότητας και άρα την επόμενη φορά, που θα κληθεί το άτομο να εκτελέσει τη δραστηριότητα μόνο του το κινητικό και αισθητικό

μνημονικό ίχνος δεν θα μπορεί να ανακληθεί (Salmoni et al 1984, Schmidt, 1991, Nicholson, 1998).

Συγκρίνοντας όμως την συχνότητα παροχής ανατροφοδότησης σε υγιή και παρκινσονικά άτομα οι Guadagnoli et al (2002) βρήκαν, ότι τα παρκινσονικά άτομα, που δέχθηκαν στο 100% των επαναλήψεων ανατροφοδότηση, ωφελήθηκαν περισσότερο, από αυτά που δέχθηκαν στο 20% των επαναλήψεων, τόσο στη φάση εκπαίδευσης όσο και στη φάση διατήρησης της κινητικής δραστηριότητας. Το ίδιο δεν συνέβη με τα υγιή άτομα, στα οποία επιβεβαιώθηκε ο κανόνας, ότι όσο λιγότερο συχνά δίνεται ανατροφοδότηση τόσο καλύτερα και για τις δύο φάσεις (Guadagnoli et al, 2002). Οι παρκινσονικοί ασθενείς δεν έχουν την ικανότητα να ενσωματώσουν τις αισθητικές με τις κινητικές πληροφορίες (Georgiou et al 1993, Klockgether et al 1995, Demirci et al 1996, Richards and Cody 1997). Σαν αποτέλεσμα οι παρκινσονικοί ασθενείς εξαρτώνται κατά πολύ από την παροχή ανατροφοδότησης για να μπορέσουν να αναπτύξουν την μνημονική αναπαράσταση για το δεδομένο κινητικό έργο. Επομένως η πιο συχνή ανατροφοδότηση είναι απαραίτητη στους παρκινσονικούς για να μάθουν μια κινητική δραστηριότητα (Guadagnoli et al, 2002).

Τέλος και σύμφωνα με την έρευνα των Cirstea et al (2006), που διεξήχθη σε τριάντα επτά άτομα με χρόνια ημιπάρεση, τα οποία εξασκήθηκαν σε μια δραστηριότητα προσέγγισης, οι συμμετέχοντες, που έλαβαν ανατροφοδότηση για το αποτέλεσμα της κίνησης (ακρίβεια) βελτίωσαν μόνο αυτό το συντελεστή, ενώ εκείνοι, που τους δόθηκε ανατροφοδότηση για την εκτέλεση της κίνησης (κινήσεις των αρθρώσεων), βελτίωσαν τέσσερις από τους πέντε συντελεστές κίνησης. Αυτά τα αποτελέσματα αντανακλούν διαφορές στην εκτέλεση στρατηγικών βασισμένες στον τύπο ανατροφοδότησης (Cirstea et al, 2006). Καθώς επίσης, και το γεγονός, ότι η παροχή του κατάλληλου τύπου ανατροφοδότησης ακόμα και σε ασθενείς με σοβαρή δυσλειτουργία μειώνει την κινητική δυσλειτουργία (Cirstea et al 2006, Foley et al 2003).

Κρίσιμο όμως είναι και το γεγονός, ότι υπάρχουν ουσιαστικές ατομικές διαφορές, που αφορούν τις πιο αποτελεσματικές διόδους εισαγωγής πληροφοριών για την εκμάθηση. Για μερικούς ασθενείς η οπτική πληροφόρηση είναι πιο αποτελεσματική, για άλλους η ακουστική πληροφόρηση θα οδηγήσει σε πιο αισιόδοξα αποτελέσματα, ωστόσο άλλοι ωφελούνται από την κιναισθητική πληροφόρηση (Hochstenbach and Mulder, 1999).

Γίνεται αντιληπτό, ότι οι πληροφορίες, που δίνονται για την εκμάθηση από το θεραπευτή στον ασθενή είναι πολύ σημαντικές, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια της πρώτης φάσης της θεραπείας. Η πληροφόρηση είναι πολύ σημαντική για τους ασθενείς, ιδιαίτερα αν έχουν καθόλου ή περιορισμένη αντίληψη των προβλημάτων τους (Hochstenbach and Mulder, 1999). Συνεπώς, η προσφερόμενη πληροφόρηση από το θεραπευτή είναι εξέχουσας σημασίας. Λόγω της αργής επεξεργασίας των πληροφοριών από τους ασθενείς, το να προσφέρεις πολλές πληροφορίες μαζί θα έχει σαν αποτέλεσμα την απώλεια τουλάχιστον ενός μέρους αυτών (Hochstenbach and Mulder, 1999).

Μια πιθανή λύση είναι να δίνεις τις πληροφορίες σειριακά (Hochstenbach and Mulder, 1999). Για παράδειγμα, σε ασθενείς με σοβαρά προβλήματα στην προσοχή και τη μνήμη, η εκτέλεση μιας πράξης μπορεί να βιντεοσκοπηθεί, αμέσως μετά ο θεραπευτής μαζί με τον ασθενή μπορούν να δουν το βίντεο και ο θεραπευτής να κάνει τις παρατηρήσεις του χωρίς το ρίσκο, ότι τα σχόλια θα μπλεχτούν με τη δραστηριότητα του ασθενή. Βιντεοσκοπημένα παραδείγματα από σωστές εκτελέσεις δραστηριοτήτων μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για να βελτιώσουν την επανάκτηση πληροφοριών, που σχετίζονται με αυτές τις δραστηριότητες. Όντως, η αναγνώριση διαμορφώνει μια σημαντική πυροδότηση για να βγει στην επιφάνεια κινητική συμπεριφορά, που ήταν κρυμμένη στη μνήμη (Hochstenbach and Mulder, 1999). Επίσης, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τη δραστηριότητα του ίδιου του ασθενή ή τη βιντεοσκοπημένη δραστηριότητα άλλων, που δείχνουν την επιθυμητή κινητική συμπεριφορά (Jeannerod, 1997). Η χρήση άλλων ασθενών σαν μοντέλα είναι

μια ισχυρή τεχνική εκμάθησης, ειδικά για τους ασθενείς με μικρή αντίληψη της λειτουργικότητας τους (Jeannerod, 1997).

Επίδειξη της Κίνησης – Κατευθυνόμενη ή Διερευνητική Εξάσκηση

Η καθοδήγηση αναφέρεται σε πολλαπλές μεθόδους για την κατεύθυνση της εκτέλεσης της κίνησης προς το στόχο και όπως είναι αναμενόμενο το ποσό και ο τύπος της καθοδήγησης κατά τη διάρκεια της εξάσκησης επηρεάζει τη μαθησιακή διαδικασία. Η καθοδήγηση μπορεί να περιλαμβάνει λεκτικά παραγγέλματα και χειρωνακτική υποβοήθηση (Εικόνα 6).



Εικόνα 6: Χειρωνακτική καθοδήγηση για τη σωστή εκτέλεση της έγερσης από το κάθισμα (προσαρμοσμένο από Shumway-Cook and Woollacott, 2000).

Στον αντίποδα βρίσκεται η εξάσκηση μέσω της διερεύνησης, κατά την οποία ο εκπαιδευόμενος αντιμετωπίζει ένα κινητικό πρόβλημα και καλείται να το λύσει μόνος του (Nicholson, 1998). Ο Hangman (1983) απέδειξε, ότι είναι πιο αποτελεσματικό για την κινητική μάθηση αν κατά τη διάρκεια της εξάσκησης

επιτραπεί στον εκπαιδευόμενο να κάνει κάποια λάθη και περιοδικά να καθοδηγείται πίσω στο στόχο του, παρά να εξασκείται πάντα με το σωστό τρόπο. Επιπλέον έδειξε, ότι αν η εξάσκηση επιτρέπει ή ακόμα και επιβάλλει στον εκπαιδευόμενο να ανακαλύψει μόνος του τη λύση στο κινητικό πρόβλημά του και όχι αυτή να του δοθεί, τότε η κινητική δραστηριότητα διατηρείται για μακρύτερο χρονικό διάστημα (Hangman, 1983).

Το γεγονός ότι η αναγνώριση είναι συχνά ευκολότερη απ' ότι η ενεργητική ανάκληση των αποθηκευμένων πληροφοριών, μπορεί να χρησιμοποιηθεί με διάφορους τρόπους (Hochstenbach and Mulder, 1999). Για παράδειγμα, παρότι είναι γνωστό, ότι η παθητική καθοδήγηση των κινήσεων δεν έχει σαν αποτέλεσμα την εκμάθηση (Magill, 1993), στο πρώιμο στάδιο της θεραπείας μπορεί να φανερώσει αναγνώριση της πράξης και κατ' αυτό τον τρόπο μπορεί να διευκολύνει την ενεργοποίηση του προγράμματος για να πραγματοποιηθεί η πράξη (Hochstenbach and Mulder, 1999). Επιπλέον πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι από τη στιγμή, που οι κινητικές ικανότητες έχουν μια συγκεκριμένη οργανωτική δομή, η ενθύμηση είναι ευκολότερη από αυτή για τις απομονωμένες κινήσεις (Hochstenbach and Mulder, 1999).

Η καθοδήγηση είναι σημαντική, στο ότι παρέχει πληροφορίες για την ασφαλή επίτευξη του στόχου και έτσι δίνει κίνητρο στον ασθενή, αλλά και τον ενεργοποιεί. Παρόλαυτά μπορεί πολλές φορές να παίζει το ρόλο της «βακτηρίας» και επομένως να παρέμβει αρνητικά στη διαδικασία της μάθησης. Δηλαδή η συνεχής καθοδήγηση αποτρέπει τον ασθενή, από το να ενεργοποιήσει αισθητικούς μηχανισμούς και διεργασίες ανάκλησης κινητικών και αισθητικών μνημών παράμετροι απαραίτητοι για τη μάθηση (Nicholson, 1998). Η καθοδήγηση μπορεί να μειώσει το φόβο, να αυξήσει την ασφάλεια εκτέλεσης της δραστηριότητας και έτσι είναι απαραίτητη στα αρχικά στάδια της εξάσκησης. Σε μεταγενέστερα στάδια θα πρέπει να δίνεται περιοδικά έτσι ώστε ο ασθενής να απογαλακτίζεται από τη βοήθεια αυτή (Nicholson, 1998).

Τέλος το γεγονός ότι οι συναισθηματικές πληροφορίες επανέρχονται καλύτερα απ' ότι οι ουδέτερες πληροφορίες, γιατί αυξάνουν το επίπεδο διέγερσης, είναι μια όψη της ανθρώπινης μνήμης, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη θεραπεία (Prigatano, 1988). Όχι μόνο μπορεί να βγάλει στην επιφάνεια ο θεραπευτής συναισθηματικές μνήμες από το παρελθόν (δουλειά, συνήθειες κα), αλλά αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη θεραπεία (Prigatano, 1988).

Ένα ενδιαφέρον παράδειγμα, που συνδυάζεται με τις συναισθηματικές μνήμες πρέπει να αναφερθεί. Στην κλινική ένας ηλικιωμένος άντρας εκπαιδευόταν μετά από ένα σοβαρό εγκεφαλικό επεισόδιο. Ο ασθενής μετά βίας μπορούσε να περπατήσει. Ο φυσικοθεραπευτής ωστόσο, γνώριζε το γεγονός ότι ο άντρας ήταν πολύ έμπειρος σκιέρ, και μπορούσε να παρατηρηθεί ότι, παρότι δεν μπορούσε να περπατήσει, μπορούσε να μιμηθεί την πράξη του να κάνει σκι (φορώντας κάλτσες στα πόδια του) με έναν ικανοποιητικό τρόπο (Hochstenbach and Mulder, 1999). Αυτή η παρατήρηση θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί από το θεραπευτή στην εκπαίδευση της βάδισης.

Έτσι γίνεται κατανοητό ότι, όταν ζητείται η εκτέλεση δραστηριοτήτων, που σχετίζονται με μνήμες συναισθηματικού περιεχομένου, θα οδηγήσουν σε καλύτερα αποτελέσματα (Hochstenbach and Mulder, 1999). Εδώ υπάρχει μια υπέροχη πρόκληση για τη θεραπεία, η εύρεση των κρυφών «παρακάμψεων» για την επίτευξη στόχων, που δεν μπορούν να πραγματοποιηθούν κάτω από τις τεχνητές συνθήκες της συμβατικής θεραπείας. Με άλλα λόγια ο θεραπευτής θα πρέπει να δημιουργήσει ένα περιβάλλον εκμάθησης, που να βασίζεται στην ακεραιότητα της νευροφυσιολογικής πληροφορίας και στη γνώση για το κινητικό σύστημα (Hochstenbach & Mulder, 1999).

Σαν συμπέρασμα μπορεί να δηλωθεί, ότι και οι νευροψυχολογικές πτυχές είναι σημαντικές για τη βελτίωση των λειτουργικών προσεγγίσεων αποκατάστασης μετά από το εγκεφαλικό επεισόδιο. Η αμέλεια αυτών των

πτυχών θα οδηγήσει συχνά στην καθυστέρηση και σε μια μη-βέλτιστη χρήση των δυνατοτήτων του ασθενή.

Η παθητική και ενεργητική κίνηση στην κινητική εκμάθηση

Η κινητική εκπαίδευση οδηγεί στις βελτιώσεις εκτέλεσης, που συνδέονται με την αναδιοργάνωση του φλοιού (Nudo et al, 1996). Η εκπαίδευση, που αποτελείται από την εκτέλεση παθητικών κινήσεων σε σχετικά λειτουργικά πλαίσια συχνά χρησιμοποιείται στην αποκατάσταση, ιδιαίτερα όταν οι ασθενείς με εγκεφαλική βλάβη, όπως το εγκεφαλικό, δεν είναι ικανοί ή είναι πολύ αδύναμοι για να εκτελέσουν ενεργητικές ασκήσεις (Εικόνα 7) (Hummelsheim and Eickhof, 1999).



Εικόνα 7: Παθητική κινησιοθεραπεία στο άνω άκρο (προσαρμοσμένο από Davies, 1998)

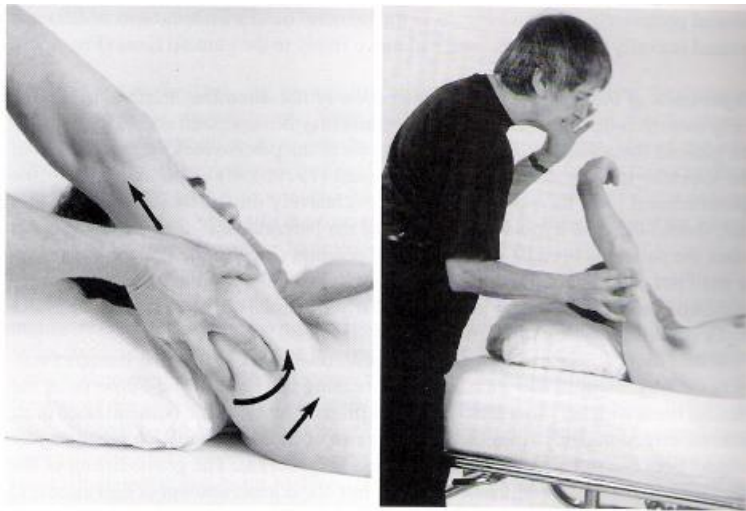
Επίσης έχει αναφερθεί, ότι η εκτέλεση παθητικά αποσπασμένων κινήσεων ενεργοποιεί περιοχές του φλοιού του εγκεφάλου, παρόμοιες με εκείνες, που ενεργοποιούνται από τις εθελοντικές κινήσεις (Weiller et al, 1996). Αυτά τα

αποτελέσματα οδήγησαν στην πρόταση ότι η εκπαίδευση, που περιλαμβάνει την εκτέλεση των παθητικών κινήσεων, θα μπορούσε να είναι τόσο αποτελεσματική όσο αυτή, που περιλαμβάνει τις ενεργητικές κινήσεις, στο να οδηγεί την αναδιοργάνωση στον αρχικό κινητικό φλοιό και ενδεχομένως να παρουσιάζει παρόμοια συμπεριφορικά κέρδη (Alary et al, 1998). Με άλλα λόγια οι στρατηγικές εκπαίδευσης, που δεν συμπεριλαμβάνουν την εκτέλεση ενεργητικών κινήσεων, μπορούν να αποσπάσουν βελτιώσεις στην εκτέλεση και την κινητική εκμάθηση (Alary et al, 1998).

Σύμφωνα με ένα πείραμα, που εκτέλεσαν ο Lotze και οι συνεργάτες του (2003), προσπάθησαν να συγκρίνουν τις συμπεριφορικές και λειτουργικές νευροφυσιολογικές αλλαγές, που συνδέονται με την εκτέλεση μιας περιόδου εκπαίδευσης τριάντα λεπτών παθητικά προκληθέντων κινήσεων με αυτές, που συμβαίνουν με την εκτέλεση ενεργητικών κινήσεων σε μια ομάδα υγιών εθελοντών. Κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσης, τα άτομα έλαβαν μέρος ήταν καθισμένα. Τα αντιβράχια και τα χέρια τους ακινητοποιήθηκαν σ' έναν αρθρωτό νάρθηκα, που επέτρεπε τις άνετες κινήσεις του καρπού. Η θέση του αγκώνα κρατήθηκε σταθερή κατά τη διάρκεια των πειραμάτων. Τα αποτελέσματα από αυτή τη μελέτη καταδεικνύουν ότι, η ενεργητική εκπαίδευση οδήγησε σε σημαντικές βελτιώσεις στην κινητική εκτέλεση, ενώ η παθητική εκπαίδευση όχι. Οι κινηματικές παράμετροι της κίνησης (εύρος, διάρκεια και ταχύτητα) και η εγρήγορση των ατόμων, ελέγχονταν για μια περίοδο εκπαίδευσης διάρκειας τριάντα λεπτών (Lotze et al, 2003). Η διάρκεια της κινητικής εκπαίδευσης ήταν τριάντα λεπτά, αρκετό χρονικό διάστημα για να αποσπάσει τα μετρήσιμα συμπεριφορικά κέρδη καθώς επίσης και τις νευροφυσιολογικές αλλαγές στην κινητική εκπαίδευση (Classen et al, 1998).

Αυτή η μελέτη παρέχει στοιχεία, ότι οι περίοδοι εκπαίδευσης, που αποτελούνται από ενεργητικές και παθητικές κινήσεις οδήγησαν στις διαφορικές αλλαγές στην κινητική εκτέλεση και την φλοιϊκή αναδιοργάνωση (Lotze et al, 2003). Σ' ένα επίπεδο συμπεριφοράς, τα αποτελέσματα είναι

σύμφωνα με την άποψη, ότι η ενεργητική εκπαίδευση είναι πιο αποτελεσματική από την παθητική εκπαίδευση στην απόσπαση των βελτιώσεων εκτέλεσης (Lotze et al, 2003). Αυτό το συμπέρασμα δεν αποκλείει τη δυνατότητα, ότι οι εντατικότερες ή πιο μεγάλης διάρκειας συνεδρίες παθητικής εκπαίδευσης θα μπορούσαν να αποσπάσουν κάποια συμπεριφορικά κέρδη ιδίως όταν η ενεργητική κίνηση δεν είναι εφικτή (Lotze et al, 2003).



Εικόνα 8: Προσπάθεια ενεργητικής κίνησης (προσαρμοσμένο από Davies, 1998).

Εν κατακλείδι, τα αποτελέσματα καταδεικνύουν ότι, η ενεργητική κινητική εκπαίδευση είναι πιο αποτελεσματική από την παθητική εκπαίδευση στην βελτίωση εκτέλεσης των κινήσεων.

Ο ρόλος της επανάληψης στην κινητική εκμάθηση

Το γνωμικό «η επανάληψη είναι μητέρα της μάθησης», αποδεικνύεται καθημερινά και έχει ισχύ και στην κινητική εκμάθηση. Γενικά είναι αποδεκτό, ότι η ποσότητα της εξάσκησης και η ποσότητα της μάθησης είναι δύο παράγοντες άμεσα συνδεδεμένοι. Χωρίς αυτό να σημαίνει, ότι παράμετροι όπως

η ανατροφοδότηση και το κίνητρο δεν παίζουν τον ρόλο τους. Με άλλα λόγια για να μάθει κανείς, πρέπει να ξέρει το αποτέλεσμα της προσπάθειάς του, καθώς και να του δοθεί κίνητρο να συνεχίσει και να έχει και ο ίδιος πρόθεση να μάθει και να συνεχίσει να εξασκείται (Nicholson, 1998).

Πιστεύεται, ότι ένα από τα κοινά μεταξύ της επιστήμης της κίνησης και της φυσικής αποκατάστασης είναι, ότι η κινητική βελτίωση προκύπτει από την επανάληψη (Lee et al, 1991). Επίσης, υποστηρίζεται, ότι η φυσική ενέργεια της επανάληψης είναι μόνο μέρος της διαδικασίας, που αναλαμβάνεται κατά τη διάρκεια της επανάληψης μιας πράξης (Lee et al, 1991). Ιδιαίτερης σπουδαιότητας είναι επίσης οι γνωσιακές διαδικασίες, που καθορίζουν, και επηρεάζονται από την επανάληψη της κίνησης. Όσον αφορά τις γνωσιακές διαδικασίες αυτές αναφέρονται στις συνειδητές, στόχο-κατευθυνόμενες σκέψεις και συμπεριφορές, που εμφανίζονται πριν, κατά τη διάρκεια και μετά από την ενέργεια (Lee et al, 1991).

Λίγοι θα αμφισβητούσαν, ότι η εξάσκηση είναι το βασικό συστατικό για την εκμάθηση των κινητικών δεξιοτήτων (Whitall, 2004). Επιπλέον, θα υπήρχε λίγη διαφωνία, ότι η επανάληψη της κίνησης είναι ένα από τα βασικά συστατικά, εάν όχι το βασικότερο, στην εξάσκηση (Whitall, 2004). Από μια άποψη, μια επανάληψη μπορεί να αντιμετωπιστεί ως μια προσπάθεια να λυθεί ένα σχετικό με το στόχο κινητικό πρόβλημα λαμβάνοντας υπόψη την προηγούμενη εμπειρία με το ίδιο πρόβλημα. Κατ' αυτή την άποψη, η γνώση παίρνει έναν ουσιαστικό ρόλο στην απόκτηση μιας κινητικής ικανότητας (Lee et al, 1991).

Σύμφωνα με τους Lee et al (1991), η έννοια της επανάληψης αντιμετωπίζεται σε σχέση με τον προσδιορισμό μερικών χαρακτηριστικών γνωρισμάτων της εκμάθησης, που επηρεάζονται, από το πώς οι καταστάσεις εξάσκησης είναι δομημένες. Συγκεκριμένα, η δραστηριότητα επίλυσης προβλημάτων, που πυροδοτείται από έναν εκπαιδευόμενο κατά την επανάληψη ενός γεγονότος έχει μια σημαντική συμβολή στο πόσο καλά μαθαίνεται η ικανότητα (Lee et al, 1991).

Η αποτελεσματική εξάσκηση απαιτεί περισσότερα από την απλή επανάληψη της κίνησης. Σύμφωνα με την Whittall (2004), η επανάληψη μόνη της είναι λιγότερο αποτελεσματική στην προαγωγή της πλαστικότητας απ' ό,τι η επανάληψη σε συνδυασμό με την εκμάθηση μιας νέας δραστηριότητας, τουλάχιστον στους πιθήκους. Στους ανθρώπους, μια εύλογη υπόθεση, που προκύπτει και από τα αποτελέσματα από τους πιθήκους και τις πολλές έρευνες, που δείχνουν, ότι ποικίλα αποτελέσματα άσκησης οδηγούν σε καλύτερη εκμάθηση απ' ό,τι η συνεπής άσκηση κάτω από ορισμένες συνθήκες. Ο καθορισμός στόχου και η μεταβλητότητα είναι πιο σημαντικές παράμετροι για τη βελτίωση απ' ό,τι η επανάληψη από μόνη της (Fisher & Sullivan, 2001). Αυτά τα ευρήματα σηματοδοτούν μια αποδοτικότερη αποκατάσταση με λιγότερες επαναλήψεις ίσης αποτελεσματικότητας με αυτή με περισσότερες επαναλήψεις (Fisher & Sullivan, 2001).

Έρευνες έχουν δείξει, ότι ο τρόπος εκτέλεσης μιας κινητικής δραστηριότητας είναι άμεσα συνδεδεμένος με τον αριθμό των επαναλήψεων και τον αριθμό των κατευθυντήριων πληροφοριών (Gentile, 1978). Η βελτίωση όμως στον τρόπο εκτέλεσης δε εξασφαλίζει ένα οριστικό μαθημένο πια κινητικό αποτέλεσμα και άρα περισσότερες έρευνες πρέπει να γίνουν προς αυτό τον τομέα.

Η συνέχιση της εξάσκησης τώρα, αφού κάποιος έχει φτάσει σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο κινητικής ικανότητας, ονομάζεται υπερεξάσκηση. Αν και μερικές φορές κρίνεται αναγκαίο, για διάφορους λόγους, να διακοπεί η εξάσκηση, όταν κάποιος φτάσει σε ένα επιθυμητό κινητικό επίπεδο, ίσως μικρότερο από το προηγούμενο, η έρευνα δείχνει πως η υπερεξάσκηση μπορεί να βοηθήσει στην διατήρηση των επαναποκτηθέντων κινητικών ικανοτήτων (Melnick, 1971). Η πιο κοινή εξήγηση για αυτό είναι, ότι η περισσότερη εξάσκηση δίνει τη δυνατότητα στον οργανισμό να ισχυροποιήσει την κινητική μνήμη σε ότι αφορά τη συγκεκριμένη κινητική δραστηριότητα, μετατρέποντάς την σε μακροπρόθεσμη (Nicholson, 1998).

Συνθήκες Εξάσκησης

Μαζική ή Κατανεμημένη Εξάσκηση;

Η πιο θεμελιώδης αρχή στην κινητική εκμάθηση είναι, ότι ο βαθμός βελτίωσης της εκτέλεσης εξαρτάται από το ποσό της εξάσκησης (Schmidt and Lee, 1999). Η εξάσκηση στην απλούστερη μορφή της είναι η εκτέλεση ακριβώς της ίδιας κίνησης επανειλημμένα. Αν ο χρόνος των επαναλήψεων είναι μεγαλύτερος από το συνολικό χρόνο των διαλειμμάτων, τότε η εξάσκηση ονομάζεται μαζική. Η κατανεμημένη εξάσκηση περιλαμβάνει ίσο ή και μεγαλύτερο χρόνο διαλειμμάτων μεταξύ των επαναλήψεων αλλά και των σετ από το χρόνο των επαναλήψεων (Shumway-Cook and Woollacott, 2000). Όπως μπορεί κανείς να αντιληφθεί εύκολα στη μαζική εξάσκηση η κόπωση και οι τραυματισμοί είναι πολύ πιθανά γεγονότα. Η βιβλιογραφία δεν είναι ακόμα καταληκτική όσον αφορά την υπεροχή μιας εκ των δύο μορφών εξάσκησης (Shumway-Cook and Woollacott, 2000).

Αν και η μαζική εξάσκηση μπορεί να είναι ο αποτελεσματικότερος τρόπος να βελτιωθεί η εκτέλεση κατά τη διάρκεια της ίδιας της εκπαιδευτικής συνεδρίας δεν είναι το βέλτιστο για τη διατήρηση της εκμάθησης στη διάρκεια του χρόνου (Schmidt and Lee, 1999). Το ίδιο υποστηρίζεται από αρκετούς ερευνητές διαφόρων μεθόδων αποκατάστασης (Taub et al 1999, van der Lee et al 1999). Η γνωστή τεχνική της εξαναγκασμένης χρήσης έχει βασίσει το πρωτόκολλό της στη μαζική εξάσκηση και μάλιστα για αρκετές ώρες. Οι ερευνητές της εξαναγκασμένης χρήσης υποστηρίζουν, πως είναι η μαζική εξάσκηση, που προκαλεί την πλαστικότητα και άρα εξαφανίζει το φαινόμενο της εκμαθημένης αχρησίας ανεξάρτητα της τεχνικής, που χρησιμοποιείται για την επανεκπαίδευση της κίνησης (Taub et al, 1999). Είναι γνωστό όμως, ότι η εξάσκηση μπορεί να επιτευχθεί με διάφορους τρόπους, που είναι πιο

αποτελεσματικοί από την αδιάκοπη επανάληψη μιας απλής δραστηριότητας (μαζική εξάσκηση).



Εικόνα 9: Μαζική εξάσκηση της διαμόρφωσης της λαβής με πολλές και διαφορετικές δραστηριότητες.

Ένα συνεχές εύρημα στη βιβλιογραφία είναι, ότι η εισαγωγή στην εξάσκηση συχνών και μακρύτερων περιόδων ανάπαυσης μεταξύ των επαναλήψεων (κατανομημένη εξάσκηση) βελτιώνει την εκτέλεση και την εκμάθηση (Whitall, 2004).

Ακρίβεια ή Ταχύτητα;

Οι ασθενείς συχνά έχουν πρόβλημα τόσο στην ακρίβεια εκτέλεσης μιας κινητικής δραστηριότητας όσο και στην ταχύτητα εκτέλεσης της. Κάποιοι υποστηρίζουν πως καλό θα ήταν στην αρχή της εξάσκησης να δοθεί έμφαση στην απόκτηση ακρίβειας στην εκτέλεση της δραστηριότητας (Bobath, 1990). Είναι όμως πλέον γνωστό πως τόσο η ταχύτητα όσο και η ακρίβεια είναι σημαντικά χαρακτηριστικά μιας δραστηριότητας και άρα πρέπει να τους δίνει ο θεραπευτής έμφαση απαρχής στην εξάσκηση της δραστηριότητας αναλόγως βέβαια και της δραστηριότητας (Sage and Hornak 1978, Shapiro and Schmidt 1982). Οι Sage και Hornak (1978) συνέκριναν τα αποτελέσματα εξάσκησης μιας δραστηριότητας σε μια συνεχόμενη ταχύτητα, αυτή με την οποία συνήθως και φυσιολογικά εκτελείται η δραστηριότητα, με τα αποτελέσματα εξάσκησης της ίδιας της δραστηριότητας με συνεχώς αυξανόμενη ταχύτητα. Τα

αποτελέσματα έδειξαν, πως οι ασθενείς, που εξασκήθηκαν από την αρχή στη δεδομένη ταχύτητα, που χαρακτηρίζει την δραστηριότητα, ωφελήθηκαν περισσότερο από ότι αυτοί που εξασκήθηκαν με συνεχώς αυξανόμενη ταχύτητα.



Εικόνα 10: Προσπάθεια τοποθέτησης ενός αντικειμένου μέσα σε μια λεκάνη. Όσο μικραίνει το αντικείμενο ή όσο πιο μικρή και συγκεκριμένη γίνει η τρύπα τοποθέτησης τόσο μεγαλύτερη ακρίβεια απαιτείται από τον εκπαιδευόμενο. Αντίστοιχα στην ίδια δραστηριότητα μπορεί να ζητηθεί συγκεκριμένος χρόνος γεμίσματος των τρυπών. Σε αυτή τη δραστηριότητα όμως δεν μπορεί κανείς να ξέρει σε τι ταχύτητα την εκτελεί φυσιολογικά κάποιος.

Δυστυχώς δεν είναι εφικτό να γνωρίζει κάποιος, αλλά και να υπάρχει μια συγκεκριμένη ταχύτητα εκτέλεσης σε όλες τις δραστηριότητες για παράδειγμα η βάρδια μπορεί να συμβεί με άλλοτε άλλη ταχύτητα. Εν τοιαύτη περιπτώσει ο ασθενής ωφελείται από τη μεταβαλλόμενη εξάσκηση. Δηλαδή την εξάσκηση με διάφορες ταχύτητες (Nicholson, 1998).

Συνεχής ή Μεταβαλλόμενη Εξάσκηση;

Είναι σημαντικό για την κινητική μάθηση ο εκπαιδευόμενος να μπορεί να προσαρμόζει την κινητική δραστηριότητα σε διάφορες συνθήκες (Shumway-Cook and Woollacott, 2000). Η έρευνα έχει δείξει, ότι η μεταβαλλόμενη εξάσκηση αυξάνει την ικανότητα για προσαρμογή (Catalano and Kleiner, 1984). Η εξάσκηση με μεταβλητότητα της δραστηριότητας στη συνεδρία, που αποκτήθηκε, βελτιώνει την εκτέλεση σε μια επόμενη συνεδρία (διατήρηση) ακόμα και αν η εκτέλεση κατά τη διάρκεια της απόκτησης μπορεί να είναι

χειρότερη απ' ότι εάν η δραστηριότητα ήταν σταθερή (Shea and Kohl, 1991). Ένα υποθετικό παράδειγμα είναι η προσέγγιση για να σηκώσει ο ασθενής ένα ποτήρι από ένα τραπέζι. Ο θεράπων μπορεί να έχει τον ασθενή να φτάνει και να πιάνει το ίδιο ποτήρι σε μια σταθερή απόσταση επανειλημμένα, είτε να έχει τον ασθενή να παίρνει το ποτήρι αλλάζοντας την ταχύτητα της κίνησης και την απόσταση. Αν και ο ασθενής μπορεί να πιάνει το ποτήρι καλύτερα κατά τη διάρκεια της σταθερής συνεδρίας, ο ασθενής φθάνει το ποτήρι καλύτερα μετά από τη μεταβαλλόμενη συνεδρία. Ένα άλλο όφελος της μεταβλητής εξάσκησης είναι ότι αυξάνει τη γενίκευση της εκμάθησης στις νέες δραστηριότητες (Krakauer, 2006).



Εικόνα 11: Μεταβάλλοντας το κάθισμα από το οποίο εκπαιδεύεται να σηκώνεται ο ασθενής μπορεί να πετύχει γενίκευση της δραστηριότητας (προσαρμοσμένο από Shumway-Cook and Wollacott, 2000).

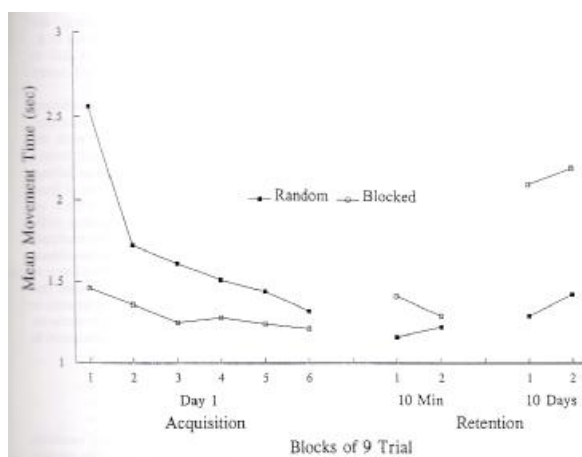
Η ιδέα της γενίκευσης είναι κρίσιμης σπουδαιότητας για την αποκατάσταση. Η εκπαίδευση των ατόμων σε μια δραστηριότητα επαναλαμβανόμενα στην κλινική μπορούν να οδηγήσουν στη βελτιωμένη εκτέλεση σε αυτή τη

συγκεκριμένη δραστηριότητα αλλά όχι στη μεταφορά σε οποιαδήποτε άλλη δραστηριότητα της καθημερινής ζωής όταν επιστρέψουν στο σπίτι (Rose 1997, Shumway-Cook and Woollacott 2000).

Γενικά η μεταβαλλόμενη εξάσκηση είναι σημαντική για κινητικά έργα τα οποία πιθανά να πρέπει να εκτελεστούν σε μεταβαλλόμενες συνθήκες. Για κινητικά έργα, τα οποία συνήθως εκτελούνται σε συγκεκριμένες γνωστές στον εκπαιδευτή συνθήκες η συνεχής εξάσκηση είναι η καλύτερη επιλογή (Rose, 1997).

Τυχαιοποιημένη ή Ομαδοποιημένη Εξάσκηση;

Κατά τη διάρκεια μια τυπικής θεραπευτικής συνεδρίας εξασκούνται πολλές δραστηριότητες και συνήθως εξασκούνται ομαδοποιημένες δηλαδή πρώτα ολοκληρώνεται η εξάσκηση μιας δραστηριότητας και μετά εξασκείται μια επόμενη. Στην περίπτωση της τυχαιοποιημένης εξάσκησης οι δραστηριότητες εξασκούνται εναλλάξ με τυχαία σειρά (Nicholson 1998, Shumway-Cook and Woolacott 2000).



Σχήμα 7: Μέσος συνολικός χρόνος κίνησης για τυχαιοποιημένη και ομαδοποιημένη εξάσκηση στην φάση απόκτησης της κινητικής δραστηριότητας και στη φάση διατήρησης (Shea and Morgan 1979).

Ένα σημαντικό εύρημα στην μελέτη της τυχαίας εξάσκησης είναι, ότι η τυχαία σειρά n δοκιμών των χ δραστηριοτήτων οδηγεί στην καλύτερη εκτέλεση κάθε μιας δραστηριότητας μετά από ένα διάστημα διατήρησης απ' ότι εάν μια μεμονωμένη δραστηριότητα εξασκηθεί μόνη (Σχήμα 7) (Shea et al, 1979).

Έτσι στο παράδειγμα προσέγγισης, ο ασθενής μπορεί να φτάσει τυχαία ένα ποτήρι, έπειτα ένα κουτάλι, έπειτα ένα τηλέφωνο. Υπάρχει μια ανάγκη να εξεταστεί η αποτελεσματικότητα της αποκατάστασης μέσω των δοκιμών της ανάκλησης και της μεταφοράς παρά μέσω της απόδοσης κατά τη διάρκεια της εξάσκησης (Krakauer, 2006).

Ο Hanlon (1996), συνέκρινε την εξάσκηση υπό συνθήκες τυχαίας εξάσκησης και ομαδοποιημένης εξάσκησης σε ασθενείς με χρόνια ημιπάρεση. Οι ασθενείς, που έμαθαν με την τυχαία εξάσκηση, παρουσίασαν ανώτερη διατήρηση της εκπαιδευμένης λειτουργικής κινητικής ακολουθίας (Hanlon, 1996). Ο λόγος, για τον οποίο ένα τυχαίο πρόγραμμα μπορεί να βοηθήσει την αποκατάσταση, είναι ότι προωθεί τη μελέτη κάθε κίνησης ως ένα πρόβλημα για να λυθεί, παρά ως το χρόνο ακολουθίας των δυνάμεων των μυών, που απομνημονεύονται και επαναλαμβάνονται έπειτα. Όταν φτάνουμε ένα ποτήρι νερό, το κάνουμε τόσο διαφορετικά κάθε φορά λόγω των μικρών διαφορών στη στάση, στη θέση του ποτηριού σε σχέση με το σώμα κτλ. Εντούτοις, μια προσέγγιση πάντα επιτυγχάνεται (Krakauer, 2006).

Δύο εξηγήσεις υπάρχουν. Καταρχήν κατά τη διάρκεια της τυχαιοποιημένης εξάσκησης οι εκπαιδευόμενοι «ξεχνούν» τη λύση για την επερχόμενη δραστηριότητα και επομένως απαιτείται από αυτούς να βρουν μόνοι τους τη καλύτερη κινητική λύση. Κατά δεύτερον η εξάσκηση διαφορετικών δραστηριοτήτων με τυχαία σειρά επιτρέπει την λεπτομερή και μοναδική κωδικοποίηση των δραστηριοτήτων επομένως το αποθηκευμένο μνημονικό ίχνος γίνεται «δυνατότερο» και πιο «καθαρό», πράγμα το οποίο είναι αποτελεσματικότερο για τη μάθηση (Magill and Hall, 1990).

Είναι πάντα έτσι όμως; Φαίνεται πως όλα εξαρτώνται από παράγοντες, που αφορούν τόσο το κινητικό έργο όσο και τον εκπαιδευόμενο (Magill and Hall, 1990). Η τυχαιοποιημένη εξάσκηση είναι πιο αποτελεσματική, όταν χρησιμοποιείται για κινητικές δραστηριότητες, οι οποίες εμπεριέχουν διαφορετικά κινητικά προγράμματα (Magill and Hall, 1990). Επιπρόσθετα χαρακτηριστικά όπως το νοητικό επίπεδο του εκπαιδευόμενου και η προηγούμενη εμπειρία του φαίνεται να επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα της τυχαιοποιημένης εξάσκησης (Rose, 1997). Η τυχαιοποιημένη εξάσκηση μπορεί να είναι ακατάλληλη μέχρι οι εκπαιδευόμενοι να μάθουν τις εμβιομηχανικές παραμέτρους της κίνησης (Goode, 1986). Η έρευνα των Edwards et al (1986) στην κινητική εκμάθηση ατόμων με σύνδρομο Down κατέληξε στο συμπέρασμα, ότι η τυχαιοποιημένη εξάσκηση δεν ήταν αποδοτικότερη από την ομαδοποιημένη σε αυτό το γκρουπ των ασθενών.

Ολική ή Τμηματική Εξάσκηση της Κινητικής Δραστηριότητας;

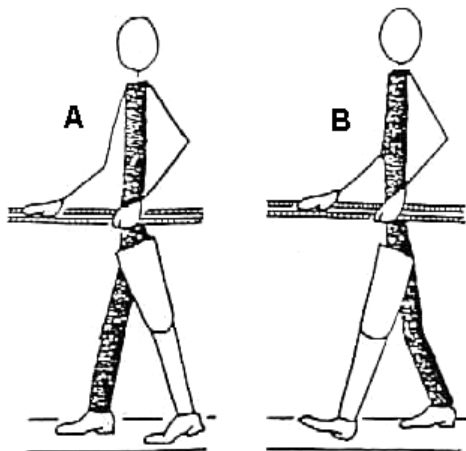
Είναι συχνά δίλημμα όλων των θεραπειών το θέμα της ολικής ή τμηματικής εξάσκησης μιας κινητικής δραστηριότητας. Με άλλα λόγια τι είναι τελικά σωστό και αποδοτικότερο για την αποκατάσταση να εξασκηθεί συνολικά μια δραστηριότητα ή να εξασκηθεί τμηματικά «κομματιάζοντάς» την. Και αν η κινητική δραστηριότητα μοιραστεί και εξασκηθεί σε κομμάτια τότε είναι σίγουρο πως η βελτίωση θα μεταφερθεί και όταν ο ασθενής κληθεί να εκτελέσει συνολικά τη δραστηριότητα;

Συμπερασματικά, αυτό που προκύπτει, είναι ότι όλα εξαρτώνται από το τι είδους κινητική δραστηριότητα εξασκείται (Nicholson, 1998). Όταν τα τμήματα μιας κινητικής δραστηριότητας συνδέονται μεταξύ τους για να προκαλέσουν μια συνεχόμενη κινητική δραστηριότητα όπως είναι η βάδιση, τότε αυτή ονομάζεται συνεχόμενη (Nicholson 1998, Shumway-Cook and Woollacott 2000). Σε τέτοιου είδους περιπτώσεις και εφόσον απαιτείται συντονισμός εξέλιξης των

διαφόρων τμημάτων της κινητικής δραστηριότητας, η συνολική εξάσκηση κρίνεται απαραίτητη, ενώ η τμηματική δεν ωφελεί τη μάθηση (Naylor and Briggs, 1963).

Από την άλλη οι σειριακές κινητικές δραστηριότητες εμπεριέχουν συντελεστές, οι οποίοι επεξεργάζονται διαφορετικές πληροφορίες, και άρα δεν συνδέονται απαραίτητα, όπως για παράδειγμα η διαδικασία έγερσης από το κρεβάτι ή από το πάτωμα. Αυτές οι δραστηριότητες ωφελούνται καλύτερα από την τμηματική παρά από την ολική εξάσκηση (Naylor and Briggs, 1963).

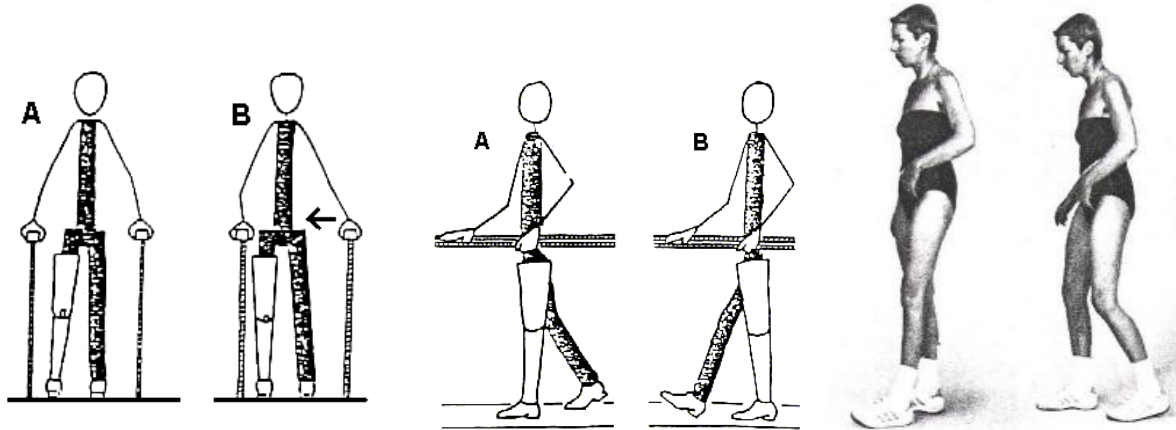
Ο κανόνας είναι πως κινητικές δραστηριότητες, οι οποίες κυβερνώνται από ένα μεμονωμένο κινητικό πρόγραμμα, θα πρέπει να εξασκούνται συνολικά και όχι τμηματικά (Shmidt, 1988).



Εικόνα 12: Αριστερά απεικονίζεται η εξάσκηση βηματισμών στο δίζυγο με το ημιπληγικό πόδι να φορτίζεται και να αιωρείται εναλλάξ. Δεξιά απεικονίζεται η συνολική εξάσκηση της βάρδισης σε διάδρομο με ιμάντα ανάρτησης.

Εκείνο, που πρέπει να προσέχει κανείς στην τμηματική εξάσκηση, είναι το τμήμα, που εξασκεί να ανήκει πραγματικά στο σύνολο της δραστηριότητας (Εικόνα 12). Οι Winstein και οι συνεργάτες της (1989), έδειξαν πως η βελτίωση μετά από εξάσκηση της ικανότητας μεταφοράς βάρους προς το ημιπληγικό σκέλος δεν μεταφέρθηκε στη δραστηριότητα της βάρδισης και αυτό γιατί ναι μεν

χρειάζεται αυτή η ικανότητα, αλλά δεν αποτελεί μεμονωμένο τμήμα της δραστηριότητας της βάρδισης (Εικόνα 13) (Winstein et al, 1989).



Εικόνα 13: Η ασκήσεις φόρτισης ναι μεν χρειάζονται για την εξάσκηση των εκτινόντων του κάτω άκρου, αλλά δεν σηματοδοτούν αλλαγές στις αξιολογήσιμες παραμέτρους βάρδισης (προσαρμοσμένο από Bobath, 1990).

Νοητική Εξάσκηση

Τα ευρήματα, οδηγούν στην πρόταση, ότι η εξάσκηση τεχνικών νοητικής κίνησης θα μπορούσε να συμβάλει στις προσπάθειες για νευρολογική αποκατάσταση, ιδιαίτερα στους ασθενείς, που είναι ανίκανοι να εκτελέσουν την κινητική εκπαίδευση λόγω αδυναμίας. Η υποστήριξη για αυτήν την πρόταση προέρχεται από τα τεκμηριωμένα ευεργετικά αποτελέσματα της νοητικής εξάσκησης στην κινητική εκτέλεση σε κάποιους αθλητές (Driskell et al, 1994) και μουσικούς (Pascual et al, 1995). Σύμφωνα με ένα πείραμα, στο οποίο έλαβαν μέρος δυο ομάδες υγιών εθελοντών, οι οποίοι διδάχτηκαν μια σύνθετη κίνηση των δάχτυλων. Για πέντε ημέρες η μια ομάδα έκανε σωματική εξάσκηση της δραστηριότητας, ενώ η άλλη εκτελούσε τη δραστηριότητα νοητικά. Αν και τα άτομα, που εκτέλεσαν την σωματική εξάσκηση είχαν την πιο χαρακτηριστική βελτίωση, τα άτομα, που εκτελούσαν τη νοητική εξάσκηση, επίσης

βελτιώθηκαν αλλά σε μικρότερο βαθμό. Η εκπαίδευση στους υγιείς εθελοντές χρησιμοποιώντας τις τεχνικές της νοητικής εξάσκησης για μια περίοδο μεγαλύτερη των τεσσάρων εβδομάδων έχει σαν αποτέλεσμα τη βελτιώσεις στην εκτέλεση των ισομετρικών κινήσεων (κινητική εκτέλεση: βελτίωση 30%, νοητική εξάσκηση: βελτίωση 22%) (Yaguez et al, 1998).

Το μέγεθος της βελτίωσης με τη νοητική εξάσκηση είναι συνήθως χαμηλότερο από αυτό, που επιτυγχάνεται με την πραγματική σωματική εξάσκηση, αλλά πρέπει να ληφθεί υπόψη, ότι η σωματική εξάσκηση δεν είναι δυνατή σε ορισμένες μορφές κινητικής ανικανότητας μετά από το εγκεφαλικό (Jackson et al, 2001). Παραδείγματος χάριν, η νοητική κινητική εξάσκηση θα μπορούσε να αρχίσει νωρίς στην διαδικασία αποκατάστασης, όταν η κινητική εκτέλεση δεν είναι ακόμα δυνατή λόγω της υπερβολικής αδυναμίας. Θα ήταν επιθυμητό να σχεδιαστούν πειραματικά πρωτόκολλα, που να καθορίζουν εάν μια τέτοια παρέμβαση θα μπορούσε να επιταχύνει τη λειτουργική αποκατάσταση.

Προηγούμενες μελέτες για τη νοητική εξάσκηση στους ασθενείς που έχουν υποστεί εγκεφαλικό (Miltner et al, 1999) είχαν αυστηρά κριτήρια και δέχονταν τους ασθενείς με χαμηλή νευροφυσιολογική εξασθένιση, με υψηλά νοητικά επίπεδα και κυρίως στο χρόνιο στάδιο. Μια μελέτη σύγκρινε τη συμβατική φυσιοθεραπεία και τη φυσιοθεραπεία σε συνδυασμό με την νοητική εξάσκηση σε ασθενείς, που βρίσκονται στο χρόνιο στάδιο μετά από εγκεφαλικό. Οι ασθενείς, που δέχθηκαν και νοητική εξάσκηση επέδειξαν μεγαλύτερη βελτίωση στη λειτουργία του χεριού (Page et al, 2001).

Είναι κατανοητό, ότι ένας συνδυασμός διαφορετικών στρατηγικών θα μπορούσε να ενισχύσει τις προσπάθειες αποκατάστασης. Για παράδειγμα, η οδηγία σ' έναν ασθενή με εγκεφαλικό να φανταστεί την εκτέλεση των κινήσεων του χεριού, μπορεί να συνοδεύεται από τις παθητικά προκληθείσες κινήσεις του χεριού για να παρέχονται και σωματοαισθητηριακά ερεθίσματα (Stevens and Stoykov, 2003) ή μπορεί αντίστοιχα να συνοδεύεται από την παρατήρηση ενός

άλλου ατόμου, που εκτελεί την ίδια δραστηριότητα (Stefan et al, 2005). Η παρατήρηση των κινήσεων και η παροχή σωματοαισθητηριακής ανατροφοδότησης σε συγχρονισμό με τη νοητική εξάσκηση θα μπορούσαν ενδεχομένως να έχουν ευεργετικά αποτελέσματα σε αυτούς τους ασθενείς.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μέχρι τώρα θα πρέπει να έγινε σαφές, ότι ο χώρος της αποκατάστασης έχει πολλά κοινά με το χώρο της κινητικής μάθησης, που ορίστηκε ως η μελέτη για την απόκτηση κίνησης. Πιο συγκεκριμένα, οι θεραπευτές, που ασχολούνται με τη θεραπεία ασθενών με νευρολογικά προβλήματα ενδιαφέρονται για θέματα, που σχετίζονται με την κινητική μάθηση ή την επανάκτηση της κίνησης. Στόχος του θεραπευτή πρέπει να είναι η δόμηση ενός προγράμματος αποκατάστασης κατά τέτοιο τρόπο, έτσι ώστε να μεγιστοποιήσει όσο το δυνατό την απόκτηση ή/και την ανάκτηση της κινητικής λειτουργίας καθώς επίσης και τη διατήρηση της σε βάθος χρόνου.

Από την αρχή αυτής της εργασίας έγινε μια προσπάθεια για να κατανοήσουμε τον τρόπο με τον οποίο ένας νευρολογικός ασθενής με κινητικά ελλείμματα μπορεί και αποκτά αρκετή από τη λειτουργική του ικανότητα. Ποια είναι η αιτία της ανάκτησης της κινητικής λειτουργίας; Μπορεί η ανάκτηση να αποδοθεί στις θεραπευτικές παρεμβάσεις; Μπορούν οι αποκτηθείσες κινητικές δεξιότητες να διατηρηθούν και να χρησιμοποιηθούν και μετά την απομάκρυνση του ασθενούς από το κέντρο αποκατάστασης και την επιστροφή του στο σπίτι και στις δραστηριότητες της καθημερινής του ζωής;

Η επανάκτηση της κινητικής λειτουργίας, ουσιαστικά, δεν μπορεί να αποδοθεί σε έναν συγκεκριμένο παράγοντα. Κάποιες από τις επαναφερθείσες κινητικές λειτουργίες θα οφείλονται στη φυσιολογική ανάκτηση, δηλαδή στην εκ νέου απόκτηση του ελέγχου των αρχικών μηχανισμών, ενώ κάποιες άλλες θα οφείλονται σε αντισταθμιστικές διαδικασίες. Επιπλέον, η προ του τραυματισμού κατάσταση του ασθενή, το σημείο και το μέγεθος της βλάβης καθώς επίσης και η επίδραση των παρεμβάσεων από το θεραπευτή, αλληλεπιδρούν και καθορίζουν το βαθμό της λειτουργικής αποκατάστασης.

Σύμφωνα, με όσα προαναφέρθηκαν γίνεται κατανοητό, ότι ο φυσικοθεραπευτής μπορεί να συμβάλει με διάφορους τρόπους στην αποκατάσταση των νευρολογικών ασθενών, μέσω της κινητικής εκμάθησης. Καταρχήν όμως πρέπει να είναι σε θέση να διακρίνει αν η βελτίωση στην εκτέλεση μιας κινητικής δραστηριότητας είναι το παροδικό ή οριστικό αποτέλεσμα της όποιας τεχνικής έχει χρησιμοποιήσει.

Από τις πολυάριθμες μεταβλητές, που επηρεάζουν την αλλαγή στη συμπεριφορά, κάποιες όπως παραδείγματος χάριν τα φάρμακα φαίνεται να προκαλούν μόνο προσωρινές αλλαγές, άλλες όμως, όπως παραδείγματος χάριν η εξάσκηση θεωρούνται, ότι αλλάζουν τη συμπεριφορά με πιο μόνιμο τρόπο και ακόμα άλλοι όπως η ανατροφοδότηση τύπου KR (Knowledge of Results) θεωρούνται, ότι πραγματοποιούν και προσωρινές και σχετικά μόνιμες αλλαγές, μαζί. Γενικά οι συνθήκες εξάσκησης, που ενισχύουν ή ακόμα εξαναγκάζουν, τον εκπαιδευόμενο να επεξεργαστεί πληροφορίες, να ανακαλέσει μνήμες ή να κωδικοποιήσει αισθητικές πληροφορίες είναι πιο αποτελεσματικές στη διαδικασία της μάθησης και άρα πιο αποδοτικές στην βελτιστοποίηση των κινητικών επιδόσεων. Ο εκπαιδευόμενος είναι πιο πιθανό να μάθει τη διαδικασία εκτέλεσης της δραστηριότητας, στην οποία εκπαιδεύεται παρά τα κινητικά πρότυπα.

Για αυτό και παράγοντες όπως η ανατροφοδότηση, είτε πρόκειται για ανατροφοδότηση τύπου KP (Knowledge of Performance) είτε πρόκειται για

ανατροφοδότηση τύπου KR (Knowledge of Results), έχει παρόμοια θετικά αποτελέσματα όσον αφορά την κινητική εκμάθηση. Ενώ όταν οι πληροφορίες ανατροφοδότησης παρέχονται λιγότερο συχνά κατά τη διάρκεια της εξάσκησης αποδεικνύονται ευεργετικότερες για τη μακροπρόθεσμη εκμάθηση και διατήρηση των αποκτηθέντων κινητικών δεξιοτήτων. Η βιντεοσκοπημένη αναπαράσταση της κινητικής δραστηριότητας είναι μια αποτελεσματική μέθοδος για την παροχή εξωγενούς ανατροφοδότησης για την τροχιά της κίνησης παραδείγματος χάριν. Τα λεκτικά παραγγέλματα μέσω των οποίων μπορεί να αναγνωριστούν σημαντικά στοιχεία της κίνησης είναι επίσης αποτελεσματικά.

Η επίδειξη των κινήσεων, είτε μέσω της χρήσης ενός μοντέλου, που εκτελεί τις κινήσεις είτε μέσω της βιντεοσκόπησης του ίδιου του ασθενούς, που εκτελεί τις κινήσεις, μπορεί επίσης να διευκολύνει την ενεργοποίηση του κινητικού προγράμματος και να βοηθήσει τον ασθενή να εκτελέσει την κίνηση. Αντιστοίχως η εκτέλεση των παθητικών κινήσεων σε ασθενείς, που δεν είναι ικανοί ή είναι πολύ αδύναμοι για να εκτελέσουν ενεργητικές κινήσεις, ενεργοποιούν περιοχές του φλοιού του εγκεφάλου ίδιες με αυτές που ενεργοποιούνται μετά την εκτέλεση ενεργητικών κινήσεων. Οι στρατηγικές εκπαίδευσης, που δεν συμπεριλαμβάνουν την εκτέλεση ενεργητικών κινήσεων, μπορούν να αποσπάσουν βελτιώσεις στην εκτέλεση και την κινητική εκμάθηση. Συγκριτικά όμως με την ενεργητική εκπαίδευση τα αποτελέσματα καταδεικνύουν ότι η τελευταία είναι πιο αποτελεσματική στην απόσπαση βελτιώσεων στην εκτέλεση των κινήσεων.

Το κατά πόσο θα μάθει ο ασθενής εξαρτάται από το κατά πόσο εξασκείται. Εν ολίγοις οι ασθενείς πρέπει να περνάνε πολύ ώρα στην εξάσκηση και αυτό γιατί πιστεύεται, ότι η κινητική βελτίωση προκύπτει από την επανάληψη της κίνησης καθώς αυτή επηρεάζει τις γνωσιακές διαδικασίες, που εμφανίζονται πριν, κατά τη διάρκεια και μετά από την εκτέλεση της κίνησης, έχοντας μια σημαντική συμβολή στο πόσο καλά μαθαίνεται η κινητική ικανότητα.

Για να μπορέσει να πει κανείς όμως πως πραγματικά ο ασθενής επανεκπαιδεύθηκε στις κινητικές δραστηριότητες, θα πρέπει ο ασθενής να μπορεί να τις εκτελεί και να τις προσαρμόζει σε μεταβαλλόμενα περιβάλλοντα. Για αυτό το λόγο και οι συνθήκες εξάσκησης παίζουν σημαντικό ρόλο στη διαδικασία της μάθησης. Έχει καθοριστεί λοιπόν καταρχήν ότι η μαζική εξάσκηση είναι λιγότερο αποτελεσματική στην κινητική εκτέλεση και εκμάθηση σε σχέση με την κατανεμημένη. Η μεταβλητότητα της συνεδρίας βελτιώνει την εκτέλεση σε μια επόμενη συνεδρία (διατήρηση) ακόμα και αν η εκτέλεση κατά τη διάρκεια της απόκτησης μπορεί να είναι χειρότερη απ' ό τι εάν η δραστηριότητα ήταν σταθερή. Ενώ ένα ακόμα όφελος της μεταβαλλόμενης εξάσκησης είναι, ότι αυξάνει τη γενίκευση της εκμάθησης στις νέες δραστηριότητες. Μια ακόμα σημαντική εύρεση είναι, ότι η τυχαία εξάσκηση δραστηριοτήτων οδηγεί στην καλύτερη εκτέλεση κάθε μιας δραστηριότητας μετά από ένα διάστημα διατήρησης απ' ό τι εάν μια μεμονωμένη δραστηριότητα εξασκηθεί μόνη.

Τέλος, μια ακόμα σημαντική μέθοδος που συμβάλει στην κινητική εκμάθηση, ιδιαίτερα στους ασθενείς, που είναι ανίκανοι να εκτελέσουν την κινητική εκπαίδευση λόγω αδυναμίας, είναι αυτή της νοητικής εξάσκησης. Το μέγεθος της βελτίωσης με τη νοητική εξάσκηση είναι συνήθως χαμηλότερο από αυτό που επιτυγχάνεται με την πραγματική σωματική εξάσκηση, αλλά πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η σωματική εξάσκηση δεν είναι δυνατή σε ορισμένες μορφές κινητικής ανικανότητας. Τα ευρήματα αυτά, οδηγούν στην πρόταση ότι η εξάσκηση τεχνικών νοητικής κίνησης θα μπορούσε να συμβάλει στις προσπάθειες για νευρολογική αποκατάσταση.

Οι αρχές της κινητικής εκμάθησης προσφέρουν τη θεωρητική βάση για τη θεραπευτική συνεδρία. Ο ερευνητής της κινητικής εκμάθησης καθώς επίσης και ο φυσικοθεραπευτής, ενδιαφέρονται γι' αυτές τις μεταβλητές που θεωρούνται ότι πραγματοποιούν σχετικά μόνιμες αλλαγές στη συμπεριφορά. Ο θεραπευτής μπορεί και ελέγχει αυτές τις μεταβλητές και μπορεί να δημιουργήσει τέτοιες

συνθήκες εξάσκησης που να ενθαρρύνουν την επεξεργασία πληροφοριών απο μεριάς ασθενούς, να συμπεριλαμβάνουν ποικιλία τόσο στις παραμέτρους εκτέλεσης της δραστηριότητας όσο και στο περιβάλλον στο οποίο εκτελείται αυτή. Οι ανωτέρω συστάσεις οδηγούν στην κατεύθυνση της αποτελεσματικότερης και πιο αποδοτικής αποκατάστασης, που είναι εξατομικευμένη για κάθε ασθενή. Συνεπώς, είναι σημαντικό κάθε νέο πρωτόκολλο θεραπείας να ενσωματώνει αυτά τα χαρακτηριστικά.

ΑΡΘΡΟΓΡΑΦΙΑ – ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Adams J.A. A closed-loop theory of motor learning. *Journal of Motor Behavior*, 1971, 3:111-150.
2. Alary F., Doyon B., Loubinoux I., Carel C., Boulanouar K., Ranjeva J.P., et al. Event-related potentials elicited by passive movements in humans: characterization, source analysis, and comparison to fMRI. *Neuroimage*, 1998, 8:377-390.
3. Alkon D.L. *Memory Traces in the Brain*. New York, NY: Cambridge University Press, 1988.
4. Arbib M.A. Perceptual structures and distributed motor control. In Brooks VB, ed. *Handbook of Physiology, Volume II: Motor Control*. Bethesda, Md: American Physiological Society, 1981: 1449-1480.
5. Asanuma H., Keller A. (1991) Neuronal mechanisms of motor learning in mammals, *Neuroreport* (2): 217-224.
6. Bobath B. *Adult hemiplegia: evaluation and treatment*. Heinemann Medical Books (3rd edition), 1990.
7. Byl N., Roderick J., Mohamed O., et al. Effectiveness of sensory and motor rehabilitation of the upper limb following the principles of neuroplasticity: patients stable poststroke. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 2003, 17:176-191.
8. Carr J.H, Shepherd R.B. A motor learning model for rehabilitation. In: Carr J.H, Shepherd R.B, editors. *Movement science: foundations for physical therapy in rehabilitation*, Rockville, MD: Aspen, 1987. pp. 31-91.

9. Carr J.H, Shepherd R.A, Gordon J., et al. Movement Science: Foundations for Physical Therapy in Rehabilitation. Rockville, Md: Appen Publishers Inc. 1987.
10. Catalano J.F., Kleiner B.M. Distant transfer and practice variability. *Perceptual Motor Skills*, 1984, 58: 851-856.
11. Cirstea C.M, Pfitzer A., Levin M.F. Feedback and Cognition in Arm Motor Skill Reacquisition After Stroke. *Stroke*, 2006, 37:1237-1242.
12. Classen J., Liepert A., Wise S.P., Hallett M., Cohen L.G. Rapid plasticity of human cortical movement representation induced by practice. *Journal Neurophysiology*, 1998, 79:1117-1123.
13. Conditt M.A., Gandolfo F., Mussa-Ivaldi F.A. The motor system does not learn the dynamics of the arm by rote memorization of past experience. *Journal Neurophysiology*, 1997, Jul: 78:554-560.
14. Demirci M., Grill S., McShane L., Hallett M. A mismatch between kinesthetic and visual perception in Parkinson's disease. *Annals of Neurology*, 1996, 39: 79-88.
15. Edwards J.M., Elliott D., Lee T.D. Contextual interference effects during skill acquisition and transfer in Down's syndrome adolescents. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 1986, 3: 250-258.
16. Eibl-Eibesfeldt I. The expressive behavior of the deaf-and-blind-born in social communication and movement. Academic Press, 1973, pp.163-194.
17. Fisher B.E., Sullivan K.J. Activity-dependent factors affecting poststroke functional outcomes. *Top Stroke Rehabilitation*, 2001, 8:31-44.
18. Fitts P.M., Posner M.I. Human performance. Belmont, CA: Brooks/Cole, 1967.
19. Foley N.C., Teasell R.W., Bhogal S.K., Speechley M.R. Stroke rehabilitation evidence based review: methodology. *Top Stroke Rehabilitation*, 2003, 10:1-7.

20. Gentile A.M., Nemetz K. Repetition effects: a methodological issue in motor short-term memory. *Motor Behavior*, 1978, 10: 37.
21. Georgiou N., Iansek R., Bradshaw J.L., Phillips J.G., Mattingley J.B., Bradshaw J.A. An evaluation of the role of internal cues in the pathogenesis of Paskinsonian hypokinesia. *Brain*, 1993, 116: 1575-1587.
22. Goode S.L., The contextual interference effect in learning an open motor skill. Doctoral Dissertation, Louisiana State University, Baton Rouge, LA, 1986.
23. Guadagnoli M.A., Dornier L.A., Tandy R.K. Optimal length for summary of results: the influence of task related experience and complexity. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 1996, 67: 239-348.
24. Guadagnoli M.A., Kohl R.M. The effects of augmented feedback on motor skill learning. *Journal of Motor Behavior*, 2001, 33: 217-224.
25. Hanlon R.E. Motor learning following unilateral stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 1996, 77:811-815.
26. Ho L., Shea J.B. Effects of relative frequency of knowledge or results on retention of a motor skill. *Perception and Motor Skills*, 1978, 46: 859.
27. Hochstenbach J., Mulder T. Neuropsychology and the relearning of motor skills following stroke. *International Journal of Rehabilitation Research*, 1999, 22:11-19.
28. Hoffman S.J. Relevance, application and the development of an unlikely theory. *Quest*. 1990, 42:143-160.
29. Hummelsheim H., Eickhof C. Repetitive sensorimotor training for arm and hand in a patient with locked-in syndrome. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 1999, 31:250-256.
30. Ivry R. Representational issues in motor learning: phenomena and theory. In Keele S., Heuer H. (eds.) *Handbook of perception and action: motor skills*. New York: Academic Press, 2000.

31. Jacobs K.M., Donoghue J.P. Reshaping the motor cortical map by unmasking latent intracortical connections. *Science*, 1991, 251:944-950.
32. Jeannerod M. *The Cognitive Neuroscience of Action*. Oxford: Blackwell, 1997.
33. Kandel E.R., Schwartz J.H., Jessell T.M. (eds) *Principles of Neuroscience*, 4th ed, McGraw Hill (New York), 2000.
34. Klockgether T., Bruttia M., Rapp J., Spieker S., Dichgans J. A defect of kinesthesia in Parkinson's disease. *Movement Disorders*, 1995, 10: 460-465.
35. Krakauer W.J. Motor learning: its relevance to stroke recovery and neurorehabilitation. *Current Opinion in Neurology*, 2006, 19:84-90.
36. Kupfermann I. Learning and memory. In: Kandel E.R., Schwartz J.H., Jessell T.M., eds *Principles of Neuroscience*, 4th ed, McGraw Hill (New York), 2000: 1227-1246.
37. Lai Q., Shea C.H. The role of reduced frequency of knowledge of results during constant practice. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 1999, 70: 33-44.
38. Lee T.D, Swanson L.R, Hall A.L. What is Repeated in a Repetition? Effects of Practice Conditions on Motor Skill Acquisition. *Physical Therapy*, 1991, 71:150-156.
39. Lemon R.N. Cortical control of the primate hand. *Experimental Physiology*, 1993, 78:263-301.
40. Lisberger S.G. The neural basis for learning of simple motor skills. *Science*, 1988, 242:728-735.
41. Lotze M., Braun C., Birbaumer N., Anders S., Cohen L.G. Motor learning elicited by voluntary drive. *Brain*, 2003, 126:866-872.
42. Magill R.A. Motor learning is meaningful for physical educators. *Quest*. 1990, 42:126-133.
43. Magill R.A., Hall K.G. A review of the contextual interference effect in motor skill acquisition. *Human Movement Science*, 1990, 9: 241-289.

44. Magill R.A. Motor learning: Concepts and Applications. Madison: WCB, 1993.
45. Melnick M.J. Effects of overlearning on the retention of a gross motor skill. *Research Quarterly*, 1971, 42: 60.
46. Mulder T. The Learning of Motor Control Following Brain Damage: Experimental and Clinical Studies. Berwyn, 1985.
47. Mulder T. Current topics in motor control: implications for rehabilitation. *Neurological Rehabilitation*, 1993.
48. Mussa-Ivaldi F.A. Modular features of motor control and learning. *Current Opinion in Neurology*, 1999, 9:713-717.
49. Newell K.M. Motor skill acquisition. *Annu Rev Psychol* 1991, 42:213-237.
50. Nudo R.J, Milliken G.W. Reorganization of movement representations in primary motor cortex following focal ischemic infarcts in adult squirrel monkeys. *Journal Neurophysiology*, 1996, 75:2144-2149.
51. Nudo R.J, Milliken G.W, Jenkins W.M, Merzenich M.M. Use-dependent alterations of movement representations in primary motor cortex of adult squirrel monkeys. *Journal Neuroscience*, 1996, 16:785-807.
52. Nudo R.J, Wise B.M, SiFuentes F., Milliken G.W. Neural substrates for the effects of rehabilitative training on motor recovery after ischemic infarct. *Science*, 1996, 272:1791-1794.
53. Nudo R.J, Plautz E.J, Frost S.B. Role of adaptive plasticity in recovery of function after damage to motor cortex. *Muscle Nerve*, 2001, 24:1000-1019.
54. O'Dwyer N.J, Ada L., Neilson P.D. Spasticity and muscle contracture following stroke, *Brain*, 1996, 119:1737-1749.
55. Page S.J, Gater D.R, Bach Y.R.P. Reconsidering the motor recovery plateau in stroke rehabilitation. *Arch Phys Med Rehabilitation*, 2004, 85:1377-1381.
56. Pascual-Leone A., Grafman J., Hallett M. Modulation of Cortical Motor Output Maps During Development of Implicit and Explicit Knowledge, *Science*, 1994, 263: 1287-1289.

57. Plautz E.J, Milliken G.W., Nudo R.J. Effects of repetitive motor training on movement representations in adult squirrel monkeys: role of use versus learning. *Neurobiology of Learning and Memory*, 2000, 74:27-55.
58. Prigatano G.P. Emotion and motivation in recovery and adaptation after brain damage. *Brain Injury and Recovery: Theoretical and Controversial Issues*, 1988, pp. 335-350.
59. Richards C., Cody F.W.J. Proprioceptive control of wrist movements in Parkinson's disease. *Brain*, 1997, 120: 977-990.
60. Rose D.J. A multilevel approach to the study of motor control and learning. Boston: Allyn and Bacon, 1997.
61. Salmon A.W., Schmidt R.A., Waller C.B. Knowledge of results and motor learning: a review and critical reappraisal. *Psychology Reviews*, 1984, 95: 355-386.
62. Schmidt R.A. A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychol. Rev.* 1975, 82:225-260.
63. Schmidt R.A. *Motor control and learning*. 2nd ed. Champaign, IL: Human Kinetics, 1988.
64. Schmidt R.A. *Motor Control and Learning: A Behavioral Emphasis*. Champaign, III: Human Kinetics Publishers Inc. 1988.
65. Schmidt R.A. et al Summary knowledge of results for skill acquisition: support for guidance hypothesis. *Journal of Experimental Psychology*, 1989, 15: 352.
66. Schmidt R.A., Lange C.A., Young D.E. Optimizing summary knowledge of results for skill learning. *Human Movement Science*, 1990, 9: 325.
67. Schmidt R.A. Frequent augmented feedback can degrade learning: evidence and interpretations. In: Stelmach G.S., Requin J. (eds) *Tutorials in motor neuroscience*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1991.

68. Schmidt R.A., Motor Learning Principles for Physical Therapy. In: Contemporary Management of Motor Control Problems, Proceedings of the II Step Conference, Alexandria, VA: APTA, 1992: 42-69.
69. Schmidt R.A, Lee TD. Motor control and learning 3rd ed. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers, 1999.
70. Shadmehr R., Mussa-Ivaldi F.A. Adaptive representation of dynamics during learning of a motor task. *Journal Neuroscience*, 1994, 14 (5 Pt 2):3208-3224.
71. Shadmehr R., Wise S.P. The computational neurobiology of reaching and pointing: a foundation for motor learning. Cambridge, MA: The MIT Press, 2005.
72. Shea C.H., Morgan JB. Contextual interference effects on the acquisition, retention and transfer of a motor skill. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning Memory*, 1979, 5:179-187.
73. Shea C.H., Kohl R.M. Composition of practice: Influence on the retention of motor skills. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 1991, 62:187-195.
74. Shumway-Cook A., Woollacott H.M., eds Motor Control, Theory and Practical Applications, 2nd ed, Lippincott Williams and Wilkins (Philadelphia, Baltimore, New York, London, Buenos Aires, Hong Kong, Sydney, Tokyo), 2000.
75. Swinnen S. et al Information feedback for skill learning: instantaneous knowledge of results degrades skill learning. *Journal of Experimental Psychology (Learning Memory Cognition)*, 1990, 16: 706.
76. Taub E., Crago J.E., Uswatte G. Constraint-induced movement therapy: a new approach to treatment in physical rehabilitation. *Rehabilitation Psychology* 1998, 43:152-170.
77. Taub E., Uswatte G., Pidikiti R. Constraint-induced movement therapy: a new family of techniques with broad application to physical rehabilitation: a clinical review. *Journal of Rehabilitation Research Development*, 1999, 36: 237-251.

78. Thelen E., et al. Spontaneous kicking in month-old infants: manifestation of a human central locomotor program. *Behavioral Neural Biology* 1981, 32:45-53.
79. Weiller C., Jueptner M., Fellows S., Rijntjes M., Leonhardt G., Kiebel S., et al. Brain representation of active and passive movements. *Neuroimage*, 1996, 4:105-110.
80. Whittall J., McCombe W.S. Bilateral arm training based on motor control and learning principles improves motor control and function in patients with chronic hemiparetic stroke. From *Basic Motor Control to Functional Recovery*, 2001, 2:435-443.
81. Whittall J. Stroke Rehabilitation Research: Time to Answer more Specific Questions. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 2004, 18:3-8.
82. Winstein J. C. Knowledge of Results and Motor Learning – Implications for Physical Therapy. *Physical Therapy*, 1991, 71:140-149.
83. Winstein C.J., Schmidt R.A. *Sensorimotor feedback*. John Wiley & Sons Ltd, 1989: 17-47.
84. Winstein C.J., Schmidt R.A. Reduced frequency of knowledge of results enhances motor skill learning. *Journal of Experimental Psychology (Learning Memory Cognition)*, 1990, 16: 677.
85. Wolpert M. D., Ghahramani Z., Flanagan J. R. Perspectives and problems in motor learning. *Cognitive Sciences*, 2001, 5:487-493.
86. Wulf G., Shea C.H., Matschiner S. Frequent feedback enhances complex motor skill learning. *Journal of Motor Behavior*, 1998, 30: 180-192.