



Biofeedback

(Βιοανατροφοδότηση)

Δρ Σάββας Σπανός
Επίκουρος Καθηγητής

Αρχές Biofeedback

- Η **ανατροφοδότηση** ορίζεται ως μέθοδος ελέγχου ενός συστήματος μέσω της επανεισαγωγής σε αυτό αποτελεσμάτων προηγούμενης επίδοσής του.
- Στην **αρνητική ανατροφοδότηση**, το σύστημα ανταποκρίνεται σε μια παρέκκλιση προς μια κατεύθυνση, μέσω της αντίθεσης και της διόρθωσης της παρέκκλισης.
Η **ομοιόσταση** (ρύθμιση π.χ. θερμοκρασίας, αρτηριακής πίεσης, καρδιακών παλμών, επιπέδων γλυκόζης στο αίμα) επιτυγχάνεται με μηχανισμούς κυρίως **αρνητικής ανατροφοδότησης** (αύξηση θερμοκρασίας – αύξηση αιματικής ροής και εφίδρωση – απώλεια θερμότητας – ελάττωση της θερμοκρασίας).
- Στην **θετική ανατροφοδότηση**, το σύστημα ανταποκρίνεται σε μια παρέκκλιση προς μια κατεύθυνση, μέσω της ενίσχυσης της παρέκκλισης.
Οι **συστολές της μήτρας** κατά τον τοκετό επιτείνονται με μηχανισμούς **θετικής ανατροφοδότησης** (συστολές της μήτρας – πίεση στον αυχένα της – απελευθέρωση της ορμόνης οξυτοκίνης – παραγωγή εντονότερων συστολών – περισσότερη απελευθέρωση ορμόνης.....).

Αρχές Biofeedback

- Το **biofeedback** (βιοανατροφοδότηση) αναφέρεται στην εφαρμογή τεχνικών ανατροφοδότησης σε βιολογικά συστήματα, ιδιαίτερα στον συνειδητό έλεγχο πάνω σε κάποια αυτόνομα (αυτόματα ρυθμιζόμενα) συστήματα.
- Πρόκειται για θεραπευτική διαδικασία που χρησιμοποιεί ηλεκτρονικά & μηχανικά όργανα για την ακριβή μέτρηση, επεξεργασία και παροχή πληροφοριών μέσω οπτικών & ηχητικών σημάτων.
- Ως θεραπευτές εφαρμόζουμε την **εξωγενή** ανατροφοδότηση:
 - καθρέφτης (πληροφορίες προερχόμενες από τον ίδιο τον ασθενή),
 - επίδειξη ασκήσεων/κινήσεων (πληροφορίες από τον φ/θ),
 - πριν, κατά τη διάρκεια και μετά από μια διαδικασία/άσκηση, επισήμανση σφαλμάτων, επιβράβευση, προοδευτικότητα.
 - Εφαρμογή αυτοκόλλητου ανελαστικού επιδέσμου.

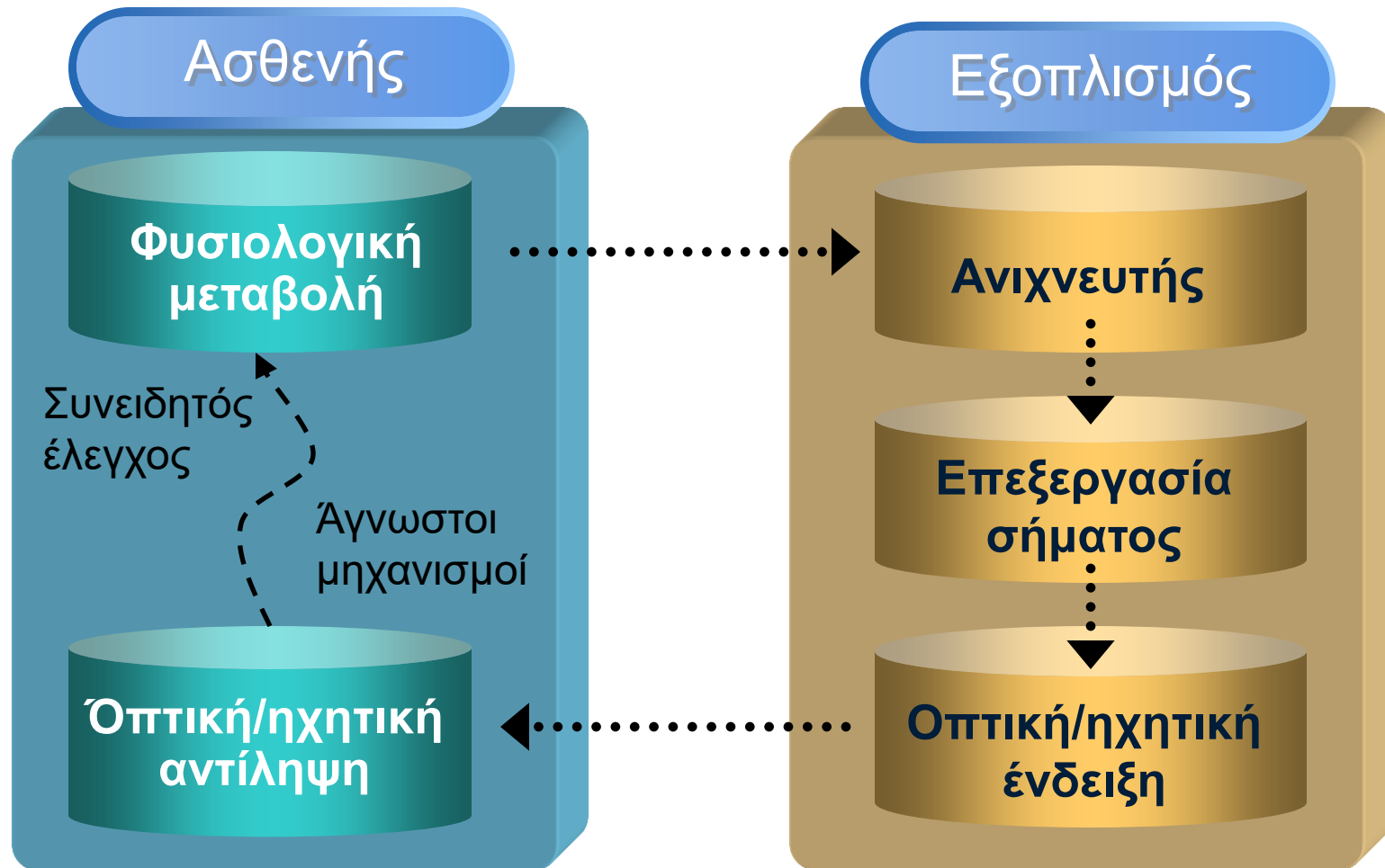
Αρχές Biofeedback

- Χρησιμοποιείται κατάλληλος ηλεκτρονικός εξοπλισμός που με **οπτικά ή και ακουστικά ερεθίσματα** καθιστά εύκολα αντιληπτές φυσιολογικές διεργασίες και μεταβολές (π.χ. μυϊκή σύσπαση, ρυθμός αναπνοής, αρτηριακή πίεση).
- **Στοχεύει στην ενίσχυση ή αναχαίτιση** των εγγενών βιολογικών μηχανισμών.
- Ο **μηχανισμός δράσης** του συνιστάται στο ότι παρέχει στον ασθενή τη δυνατότητα να κάνει μικρές αλλαγές στην επίδοσή του για τις οποίες ενημερώνεται & επιβραβεύεται άμεσα, ώστε σταδιακά κατορθώνει να κάνει μεγαλύτερες, κλινικά σημαντικές βελτιώσεις.

Αρχές Biofeedback

- **Στοχεύει στην εκμάθηση-εκπαίδευση** του ασθενή να τροποποιεί βιολογικές διαδικασίες χωρίς την παρουσία εξοπλισμού biofeedback.
- **Δεν στοχεύει** στο να γνωστοποιήσει στον ασθενή τους ακριβείς μηχανισμούς που επιστρατεύονται για να επιτευχθεί το θεραπευτικό αποτέλεσμα (π.χ. μείωση μυϊκού σπασμού).

Αρχή λειτουργίας (βρόχος) biofeedback



Κλινική χρήση biofeedback

Πηγή	Τύπος σήματος	Συσκευή	Πιθανές χρήσεις
Μυς	Ηλεκτρικός	Ηλεκτρομυογράφημα (EMG)	Παρακολούθηση και αύξηση ή ελάττωση της μυϊκής δραστηριότητας
Εγκέφαλος	Ηλεκτρικός	Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (EEG)	Παρακολούθηση κάποιων τύπων εγκεφαλικών κυμάτων
Καρδιά	Ηλεκτρικός	Ηλεκτροκαρδιογράφημα (ECG)	Παρακολούθηση και μεταβολή της καρδιακής συχνότητας
Πίεση αίματος	Πίεση	Σφυγμομανόμετρο	Παρακολούθηση και μεταβολή της ΑΠ
Αιματική ροή	Ρυθμός ροής	Ροόμετρο Doppler	Παρακολούθηση και μεταβολή του όγκου αιματικής ροής
Τοπική θερμοκρασία	Θερμοκρασία	Θερμόμετρο	Παρακολούθηση και μεταβολή της τοπικής θερμοκρασίας
Δέρμα	Μεταβολές αγωγιμότητας	Γαλβανική αντίδραση δέρματος	Παρακολούθηση και μεταβολή των επιπέδων άγχους και δυσφορίας
Γωνία άρθρωσης	Σχετική θέση άρθρωσης	Ηλεκτρογωνιόμετρο	Μέτρηση και μεταβολή του ROM
Συμπύεση	Δυναμόμετρο πίεσης	Αεροθάλαμος σφυγμομανόμετρου	Μέτρηση ή αύξηση της δύναμης (λαβής, μυών πυέλου κτλ)
Στασική ταλάντευση	Κατανομή πίεσης	Δυναμοδάπεδο	Παρακολούθηση και βελτίωση της Ισορροπίας

Αρχές κλινική εφαρμογής Biofeedback

- Ορισμός θεραπευτικών στόχων & επιλογή κατάλληλου biofeedback σύμφωνα με τις ανάγκες & δυνατότητες του ασθενή.
- Κατάλληλη αρχική θέση & προοδευτική δυσκολία.
- Έμμεση ή άμεση μέτρηση.
- Ευαισθησία και εξειδίκευση.
- Αμεσότητα (απόκρισης στην αλλαγή).
- Ευχρηστία.
- Συντομία.
- Οπτικό (μέγεθος αριθμού, μέγεθος μπάρας).
- Ακουστικό (ένταση ή συχνότητα ήχου).

Αρχές κλινικής εφαρμογής Biofeedback

- Έλεγχος από τον χρήστη.
- Ενθάρρυνση ιδίως στα αρχικά στάδια.
- Κατάτμηση του απώτερου σε επιμέρους στόχους.
- Αποφυγή κόπωσης και ανίας.
- Διαφορά από την καθυστερημένη ανατροφοδότηση που παρέχεται στην κλασσική αποκατάσταση (π.χ. αριθμός κιλών ή επαναλήψεων ή μέτρων ή επιτυχίας εκτέλεσης μιας δοκιμασίας).

Επιστημονικό Υπόβαθρο Biofeedback

- Προάγει τη **συνειδητοποίηση** από τον ασθενή της κατάστασής του.
- Αναγνώριση **δυνατότητας ελέγχου** πάνω σε βιολογικές διεργασίες.
- **Εκμάθηση & αυτοματοποίηση** διαδικασιών τροποποίησης φυσιολογικών μεταβλητών (π.χ. ρυθμός αναπνοής, ένταση μυϊκής σύσπασης).
- **Διατήρηση** της δυνατότητας ελέγχου/τροποποίησης με σταδιακή ελάττωση και διακοπή της παροχής βιοανατροφοδότησης.
- Είναι περισσότερο αποτελεσματικό όταν αποτελεί μέρος **ολοκληρωμένης φυσικοθεραπευτικής παρέμβασης** (Hanke 1999).

Ηλεκτρομυογραφία & Biofeedback

- **ΗΜΓ (EMG)** είναι η μέτρηση του ηλεκτρικού σήματος (δυναμικού) που προκαλείται κατά τη μυϊκή ενεργοποίηση.
- **Συσχέτιση** με πραγματική μυϊκή ενεργοποίηση είναι πολύπλοκη και **επηρεάζεται από** πολλούς παράγοντες όπως:
 - ✓ εντοπισμός του μυ – μυϊκής ομάδας (επιφανειακά ή εν τω βάθει)
 - ✓ τοποθέτηση ηλεκτροδίων (επιφανειακά ή ενδομυϊκά)
 - ✓ απόσταση ηλεκτροδίων
- **Ενίσχυση** δυναμικού ενέργειας (1mV) κάτω, κοντά και ανάμεσα στα ηλεκτρόδια.
- Τα αποτελέσματα **μετα-αναλύσεων - συστηματικών ανασκοπήσεων - τυχαιοποιημένων κλινικών δοκιμών** πρέπει να καθοδηγούν την κλινική εφαρμογή του ΗΜΓ ως μεθόδου biofeedback στη φυσικοθεραπευτική παρέμβαση.

Πρακτική εφαρμογή

- **Για τη μυϊκή επανεκπαίδευση** εφαρμόζεται για 5-10 λεπτά ανά μυ/μυϊκή ομάδα σε κάθε θεραπεία, για αποφυγή κόπωσης και ανίας. Ζητούνται μέγιστες ισομετρικές συσπάσεις. Προοδευτικά εκπαιδεύεται και η ταχύτητα της μυϊκής ενεργοποίησης (π.χ. χρονομέτρηση) στο 60%-80% της μέγιστης ισομετρικής.
- Κατόπιν, καταγράφεται η ΗΜΓ δραστηριότητα σε πιο σύνθετες και σε λειτουργικές δοκιμασίες, και εκπαιδεύεται η διατήρησή της σε επιθυμητά επίπεδα. Σταδιακά επιλέγεται μικρότερη ευαισθησία ώστε να εντοπίζονται κυρίως μεγάλες αλλαγές στην ΗΜΓ δραστηριότητα του μυ.
- Σε κάθε στάδιο είναι σημαντική η εκπαίδευση του ασθενή π.χ. με εφαρμογή στην υγιή πλευρά, η ενθάρρυνση, η καθοδήγηση με χρήση απτικών & λεκτικών ερεθισμάτων.

Πρακτική εφαρμογή

- **Για τη μείωση του μυϊκού τόνου** ο ασθενής τοποθετείται σε άνετη θέση και του ζητείται να μειώσει την οπτική ή ηχητική ένδειξη στο μηδέν.
- Η εφαρμογή πρέπει να σχεδιάζεται έτσι ώστε ο ασθενής να επιτυγχάνει μικρούς στόχους από την πρώτη θεραπεία. Σταδιακά πρέπει να χρησιμοποιείται μεγαλύτερη ευαισθησία ώστε να εντοπίζονται και οι μικρότερες αλλαγές στην ΗΜΓ δραστηριότητα του μυ.
- Κατόπιν, καταγράφεται η ΗΜΓ δραστηριότητα σε πιο σύνθετες και σε λειτουργικές δοκιμασίες, και εκπαιδεύεται η διατήρησή της σε επιθυμητά επίπεδα.

ΗΜΓ & ηλεκτρικός μυϊκός ερεθισμός

- **Αν δεν υπάρχει εκούσια σύσπαση** δεν έχει νόημα η εφαρμογή ΗΜΓ biofeedback. Θα πρέπει να εφαρμόζεται μυϊκός ηλεκτρικός ερεθισμός.
- **Αν η εκούσια σύσπαση είναι πολύ μικρή** η εφαρμογή ΗΜΓ biofeedback είναι ακατάλληλη διότι δε θα μπορούν να επιτευχθούν οι ελάχιστοι δυνατοί στόχοι που απαιτεί το ΗΜΓ biofeedback. Θα πρέπει να εφαρμόζεται μυϊκός ηλεκτρικός ερεθισμός & να ενθαρρύνεται ο ασθενής να κάνει ενεργητική σύσπαση.
- **Αν υπάρχει (ή όταν γίνει) επαρκής η εκούσια μυϊκή σύσπαση** μπορεί να συνδυαστεί το ΗΜΓ biofeedback με ηλεκτρικό ερεθισμό.
- Οι παράμετροι του συνδυασμένου ΗΜΓ biofeedback & ηλεκτρικού ερεθισμού (παράμετροι ρεύματος, χρονισμός & είδος biofeedback) **εξαρτώνται από** τις δυνατότητες του ασθενή και τους θεραπευτικούς στόχους & πρέπει να τροποποιούνται ανάλογα με την πρόοδο.

Κλινικές εφαρμογές ΗΜΓ και Biofeedback

Αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο

- Μείωση ενεργοποίησης σπαστικών μυών.
- Επανεκπαίδευση ενεργοποίησης ανταγωνιστών (εκτείνοντες καρπού, εκτείνοντες αγκώνα, ραχιαίοι καμπτήρες ΠΔΚ).
- Προοδευτικότητα (π.χ. διατήρηση ΗΜΓ εντός ορισμένων ορίων με ταυτόχρονη αλλαγή θέσης ασθενή ή κίνηση ετερόπλευρου μέλους).
- Επανεκπαίδευση βάδισης (Teacell et al 2003).
- Δυνατότητα επικοινωνίας, ανάγκες και προτιμήσεις ασθενών με ΑΕΕ θα καθορίσουν την επιλογή χρήσης biofeedback.

Κλινικές εφαρμογές ΗΜΓ και Biofeedback

Αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο

- Στα άνω άκρα το ΗΜΓ βρέθηκε περισσότερο αποτελεσματικό σε σχέση με την κινησιοθεραπεία και νευροαναπτυξιακές μεθόδους (PNF, Bobath) από τον Hiraoka (2001), όχι όμως και από τους Moreland & Thomson (1994).
- Οι Moreland et al (1998) αναφέρουν βελτίωση παραγόντων που σχετίζονται με την κινητικότητα (αύξηση κατά 2,5Kg της δύναμης ραχιαίας κάμψης ΠΔΚ), ωστόσο δεν αξιολόγησαν την κλινική σημασία αυτής της αύξησης.
- Καμιά διαφορά μεταξύ ΗΜΓ και placebo ΗΜΓ αναφέρεται από τους Armagan et al (2003) στη βελτίωση της δύναμης των εκτεινόντων του καρπού και στη λειτουργική ικανότητα, αλλά το εύρος κίνησης αυξήθηκε χάρη στο πραγματικό ΗΜΓ. Χρησιμοποίησαν όμως μικρό δείγμα και χαλαρά κριτήρια εισαγωγής (η φυσική εξέλιξη ασθενών με ΑΕΕ διαφέρει ανάλογα με το είδος και τη βαρύτητα του ΑΕΕ).

Κλινικές εφαρμογές ΗΜΓ και Biofeedback

Κακώσεις νωτιαίου μυελού

- Αύξηση της ΗΜΓ δραστηριότητας του τρικέφαλου βραχιονίου σε ασθενείς με διατομή Α6 ή υψηλότερα, αφού η βελτίωση είχε φτάσει στο μέγιστο (Brucker 1996). Δεν εξετάστηκε όμως αν η αύξηση ήταν κλινικά σημαντική.
- Οι Klose et al (1993) σύγκριναν την άσκηση με ηλεκτρικό ερεθισμό με ή χωρίς biofeedback. Δε βρήκαν σημαντική διαφορά ανάμεσα στα group αλλά στα άτομα. Ανάγκη αναγνώρισης ασθενών που μπορούν να επωφεληθούν από το biofeedback περισσότερο από άλλους.

Κλινικές εφαρμογές ΗΜΓ και Biofeedback

Σπαστικότητα (εγκεφαλική παράλυση, σκλήρυνση κατά πλάκας, αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο, κρανιοεγκεφαλική κάκωση).

- ΗΜΓ μπορεί να μειώσει τη σπαστικότητα.
- Σε παιδιά με ΕΠ οι Toner et al (1993) βρήκαν πως το biofeedback ακολουθούμενο από ασκήσεις στο σπίτι αύξησε το εύρος κίνησης ραχιαίας κάμψης ΠΔΚ, αλλά δεν αξιολόγησαν αν υπήρχε βελτίωση στη βάδιση και δεν μπόρεσαν να διακρίνουν αν η αύξηση του εύρους κίνησης οφειλόταν στο biofeedback ή την κινησιοθεραπεία.

Μυϊκή ενεργοποίηση (τενοντομετάθεση, κάκωση περιφερικού νεύρου).

- Συνδυασμός biofeedback με ηλεκτρικό μυϊκό ερεθισμό από τη στιγμή που είναι εφικτή η ελάχιστη μυϊκή σύσπαση.
- Επανεκπαίδευση μυών μετά από πάρεση προσωπικού νεύρου (Ross et al 1991).

Κλινικές εφαρμογές ΗΜΓ και Biofeedback

Χρόνιος ή επαναλαμβανόμενος μυϊκός τραυματισμός ή/και πόνος

(σύνδρομο υπέρχρησης λόγω εργασιακών ή αθλητικών δραστηριοτήτων όπου δεν δύναται να αποφευχθεί η κίνηση/στάση υπεύθυνη για πρόκληση).

- Biofeedback χρησιμοποιείται για να διορθώσει τη στάση/κίνηση που προκαλεί τραυματισμό ή/και πόνο (Spence et al 1995, Palmerud et al 1995).
- Σε συνδυασμό με τεχνικές χαλάρωσης επιτρέπει την πραγματοποίηση διατάσεων για την αύξηση του εύρους κίνησης και τη μείωση πόνου που οφείλεται στο μειωμένο εύρος κίνησης (Neblett et al 2003).
- Αύξηση ενεργοποίησης έσω πλατύ σε σύνδρομο επιγονατιδομηριαίου πόνου (Dursun et al 2001), όχι όμως και της λειτουργικής ικανότητας.

Κλινικές εφαρμογές ΗΜΓ και Biofeedback

Έλεγχος/Διόρθωση στάσης (π.χ. σε οσφυαλγία μείωση οσφυϊκής κάμψης κατά την καθιστή θέση). Φορητές συσκευές που προειδοποιούν για απόκλιση από την επιθυμητή στάση, υπερέχουν σε λειτουργικότητα και δεν έχουν ανεπιθύμητα αποτελέσματα (π.χ. μυϊκή ατροφία εξαιτίας μακρόχρονης εφαρμογής κηδεμόνων).

Ισορροπία και Κινητικότητα με χρήση δυναμοδαπέδου (μείωση απόκλισης από την αρχική θέση) σε στατικές ή δυναμικές δοκιμασίες.

Η αποκατάσταση ασθενών με νευρολογικές παθήσεις μπορεί να γίνει μέσω **biofeedback σε περιβάλλοντα εικονικής πραγματικότητας** (virtual reality), σε συνδυασμό ή όχι με ΗΜΓ. Η προσέγγιση αυτή θεωρείται πολλά υποσχόμενη, και οι δυνατότητές της ερευνώνται.

Κλινικές εφαρμογές ΗΜΓ και Biofeedback

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί **συνδυασμός** biofeedback πίεσης και ΗΜΓ, όπως π.χ. για την εκμάθηση εκτέλεσης σύσπασης κοιλιακών (abdominal hollowing manoeuvre) και την τυποποίηση της μέτρησης της ενεργοποίησης π.χ. του έσω λοξού κοιλιακού μυ (Delavinias & Grainger 2006).



Συσκευή biofeedback πίεσης



Συνδυασμένη εφαρμογή biofeedback πίεσης & ΗΜΓ

Το ΗΜΓ χρησιμοποιείται για την **αξιολόγηση** της μυϊκής ενεργοποίησης π.χ. σε διαφορετικές συνθήκες φόρτισης και εύρους κίνησης, ώστε να αναγνωριστούν παθολογικά πρότυπα ενεργοποίησης ή/και παράγοντες κινδύνου, ώστε να γίνει καλύτερα στοχευμένη η φυσικοθεραπευτική παρέμβαση (Charamidis & Conway 2006).

Εκπαιδευτικές εφαρμογές Biofeedback

- Το biofeedback έχει αποδειχθεί πως μπορεί να προάγει την εκμάθηση τεχνικών κινητοποίησης καθώς και να **βελτιώσει τη αξιοπιστία/συμφωνία** μεταξύ φυσικοθεραπευτών ως προς την εφαρμοζόμενη δύναμη κατά την εφαρμογή των τεχνικών.

Συνήθως χρησιμοποιείται κάποιο μέσο καταγραφής της δύναμης (π.χ. πλατφόρμα δυνάμεων) συνδυαζόμενο με παροχή οπτικής βιοανατροφοδότησης.

Υπερτερεί έναντι των κλασικών μεθόδων διδασκαλίας τεχνικών κινητοποίησης, αλλά **απαιτεί υψηλό κόστος και χρόνο**. Τα οφέλη όμως ενδέχεται να είναι περισσότερα από τα μειονεκτήματα, και περισσότερες έρευνες απαιτούνται για να διασαφηνίσουν το ενδεχόμενο της **ενσωμάτωσής του στη διδασκαλία** (Xanthos & Howden 2006).