

ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ REVIEW

Η άσκηση ως μέσο προαγωγής της λειτουργικής ικανότητας και της ποιότητας ζωής σε ασθενείς με σκλήρυνση κατά πλάκας

Η σκλήρυνση κατά πλάκας (ΣΚΠ) ή πολλαπλή σκλήρυνση αποτελεί μια χρόνια πάθηση, πιθανόν αυτοάνοσης αιτιολογίας, στην οποία το ανοσοποιητικό σύστημα επιτίθεται και καταστρέφει τη μυελίνη των νευραξόνων του κεντρικού νευρικού συστήματος. Με τη σειρά της, η απομυελίνωση αυτή επιφέρει σπαστικότητα, ατονία, μειωμένη ικανότητα ισορροπίας και αταξία με διάχυτο το αίσθημα κόπωσης. Τα συμπτώματα της νόσου μπορεί να περιλαμβάνουν ακράτεια, σεξουαλική δυσλειτουργία, πόνο, μείωση της λειτουργικής ικανότητας του ασθενούς, διπλωπία ή και τύφλωση μέχρι και συναισθηματικές διαταραχές, με άμεση επίπτωση και στην ποιότητα ζωής. Υπάρχουν ισχυρές επιστημονικές ενδείξεις ότι οι ασθενείς με ΣΚΠ επωφελούνται σημαντικά από τη συμμετοχή τους σε οργανωμένα προγράμματα άσκησης. Η αερόβια άσκηση, η προπόνηση με αντιστάσεις και η εκγύμναση των αναπνευστικών μυών αποτελούν ενδεδειγμένες μορφές άσκησης γι' αυτή την κατηγορία ασθενών. Η συστηματική αερόβια προπόνηση σε δαπεδοεργόμετρο, με συχνότητα 2 συνεδρίες/εβδομάδα, διάρκεια 30 min/συνεδρία και ένταση 55–80% της προβλεπόμενης μέγιστης καρδιακής συχνότητας, επιδρά θετικά στην καρδιαγγειακή λειτουργία, βελτιώνει τη φυσική κατάσταση, προάγει την ικανότητα βάδισης, μειώνει την κατανάλωση οξυγόνου σε κατάσταση ηρεμίας, ενώ, παράλληλα, αμβλύνει το αίσθημα της κόπωσης και της κατάθλιψης. Επιπλέον, υπάρχουν έρευνες που έχουν δείξει ότι η συγκεκριμένη μορφή άσκησης προάγει τη νευρογένεση και αυξάνει τα επίπεδα των νευροτροπικών παραγόντων (BDNF και NGF). Ομοίως, και η άσκηση με αντιστάσεις (βαράκια, λάστιχα, βάρος του σώματος) επιφέρει θετικές προσαρμογές, καθώς παράλληλα με την αύξηση της δύναμης βελτιώνονται η ισορροπία και η ικανότητα κίνησης, χωρίς έξαρση της συμπτωματολογίας της νόσου. Παρεμβατικά προγράμματα με αντιστάσεις (10–15 επαναλήψεις, έντασης 60–70% της μέγιστης επανάληψης) προάγουν τη λειτουργική ικανότητα και την ικανότητα βάδισης σε ασθενείς με μέτριο βαθμό αναπηρίας. Επίσης, και η προπόνηση των αναπνευστικών μυών επιδρά θετικά στη φυσική κατάσταση των ασθενών με ΣΚΠ, βελτιώνοντας την αερόβια ικανότητα. Έχει βρεθεί ότι προγράμματα 12 εβδομάδων, με συχνότητα 2 συνεδρίες/ημέρα, με 3 σειρές των 15 επαναλήψεων/συνεδρία και με ένταση 60% της μέγιστης εκπνευστικής πίεσης, μπορούν να αυξήσουν τη δύναμη των εισπνευστικών και των εκπνευστικών μυών και να βελτιώσουν την πνευμονική λειτουργία και τη λειτουργική ικανότητα, ακόμη και σε ασθενείς που βρίσκονται σε προχωρημένο στάδιο της νόσου. Επομένως, η άσκηση θα πρέπει να περιλαμβάνεται στο καθημερινό συνταγολόγιο των ασθενών με ΣΚΠ, δεδομένου ότι επιφέρει πολλαπλές θετικές φυσιολογικές μεταβολές, βελτιώνει τη φυσική κατάσταση και προάγει τη λειτουργική ικανότητα και την ποιότητα ζωής των ασθενών.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η σκλήρυνση κατά πλάκας (ΣΚΠ) αποτελεί πολυπα-

ραγοντική διαταραχή, πιθανόν αυτοάνοσης αιτιολογίας. Πρόκειται για νόσο του κεντρικού νευρικού συστήματος (ΚΝΣ) και χαρακτηρίζεται από καταστροφή των νευρα-

ΑΡΧΕΙΑ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ 2008, 25(6):720–728
ARCHIVES OF HELLENIC MEDICINE 2008, 25(6):720–728

Θ. Καστανιάς,
Σ. Τοκμακίδης

Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής
και Αθλητισμού, Δημοκρίτειο
Πανεπιστήμιο Θράκης, Κομοτηνή

The effect of exercise on functional
capacity and quality of life in
patients with multiple sclerosis

Abstract at the end of the article

Λέξεις ευρετηρίου

Αερόβια άσκηση
Αναπνευστική προπόνηση
Μυϊκή ενδυνάμωση
Ποιότητα ζωής
Πολλαπλή σκλήρυνση

Υποβλήθηκε 12.2.2008
Εγκρίθηκε 26.2.2008

ξόνων, με συνέπεια την ημιτελή ή την ατελή μετάδοση πληροφοριών από νευράξονα σε νευράξονα. Η ΣΚΠ, ως νευρομυϊκή νόσος, ευθύνεται για πρόκληση αναπηρίας, κυρίως σε άτομα νεαρής ηλικίας. Εμφανίζεται συνήθως στις γυναίκες στα πρώτα χρόνια της ενηλικίωσης και παρόλο που αρκετές περιπτώσεις καταλήγουν μέσα σε μερικούς μήνες, η πλειοψηφία των ασθενών παρουσιάζει σχεδόν φυσιολογικό μέσο όρο ζωής. Μέχρι σήμερα, η αιτιολογία της νόσου παραμένει άγνωστη, παρόλο που υπάρχουν ισχυρές επιστημονικές ενδείξεις που υποδεικνύουν ως πιθανή αιτία μια διαταραχή του ανοσοποιητικού συστήματος, το οποίο δρα εσφαλμένα καταστρέφοντας υγιή νευρικά κύτταρα. Αν και η γένεση της δυσλειτουργίας αυτής είναι υπό διερεύνηση, πιθανολογείται ότι ο συνδυασμός γονιδιακής επίδρασης και συγκεκριμένων περιβαλλοντικών ερεθισμάτων πυροδοτεί την έκφραση της αυτοάνοσης αυτής διαταραχής.

Κύριο γνώρισμα της νόσου αποτελεί η δημιουργία αντισωμάτων εναντίον της μυελίνης του ΚΝΣ. Τα αντισώματα αυτά δρουν επιλεκτικά, καταστρέφοντας συγκεκριμένες κάθε φορά περιοχές του προστατευτικού περιβλήματος (μυελίνη) των νευρικών ινών του εγκεφάλου και του νωτιαίου μυελού, σχηματίζοντας «πλάκες απομυελίνωσης». Οι πλάκες αυτές παρεμποδίζουν την ομαλή μετάβαση της πληροφορίας μεταξύ των τμημάτων του ΚΝΣ, με αποτέλεσμα τη δυσλειτουργία του. Το σημείο καταστροφής μπορεί να ταυτίζεται με τις κινητικές οδούς, με αποτέλεσμα την ανωμαλία, δυσκολία ή και αδυναμία της κίνησης (πάρεση ή παράλυση), μπορεί να πλήττει τα οπτικά νεύρα, με συνέπεια προβλήματα όρασης (θάμβος όρασης) ή τους αισθητικούς νευρώνες, με αποτέλεσμα διαταραχές αισθητικότητας, ακράτεια, απώλεια σεξουαλικότητας. Ενδέχεται να συνυπάρχουν και σοβαρές συναισθηματικές διαταραχές, προβλήματα μνήμης, ομιλίας, κατάποσης, καταδεικνύοντας τη σοβαρή επίπτωση της πάθησης στην ποιότητα ζωής των ασθενών.

Στο παρελθόν, οι ασθενείς με ΣΚΠ παροτρύνονταν να απέχουν από κάθε μορφής άσκηση, με την αιτιολογία ότι τα συμπτώματα μπορεί να επιδεινώνονταν εξαιτίας της αύξησης της θερμοκρασίας του σώματος (Uthoff's phenomenon). Νεότερες όμως έρευνες παρουσίασαν ισχυρές ενδείξεις ότι η οργανωμένη, εξατομικευμένη, συστηματική και στοχευμένη μορφή άσκησης βοηθά τους ασθενείς αυτούς, μειώνοντας και τη συχνότητα των κρίσεων (ώσεων) και τις απότοκες της πάθησης επιπλοκές.^{1,2} Τόσο η αερόβια άσκηση, όσο και η μυϊκή ενδυνάμωση συνιστάται να αποτελούν αναπόσπαστο στοιχείο της καθημερινής ρουτίνας των ασθενών, καθώς επιφέρουν σημαντικά οφέλη στην προαγωγή της λειτουργικής τους ικανότητας.

2. ΚΟΠΩΣΗ ΚΑΙ ΣΚΛΗΡΥΝΣΗ ΚΑΤΑ ΠΛΑΚΑΣ

Η κόπωση αποτελεί κοινό τόπο και ταυτόχρονα την πλέον σημαντική επιπλοκή της νόσου προκαθορίζοντας και την πορεία της, καθώς επηρεάζει αρνητικά όλα τα βιολογικά συστήματα του οργανισμού. Πάνω από το 80% των ασθενών παραπονούνται ότι αισθάνονται υπερβολική κόπωση.³⁻⁵ Και αυτό είναι εύλογο, καθώς εξαιτίας της νόσου απαιτούνται μεγαλύτερα ποσά ενέργειας για τη μετάδοση των νευρικών ερεθισμάτων. Επίσης, η αυξημένη μυϊκή τονικότητα και οι αλλεπάλληλες ακούσιες μυϊκές συστολές λόγω σπαστικότητας, που χαρακτηρίζουν τους ασθενείς αυτούς, συνεπάγονται υψηλότερη κατανάλωση οξυγόνου,⁶ με αποτέλεσμα το γρήγορο κάματο. Οι ασθενείς με ΣΚΠ παρουσιάζουν και μειωμένη αρτηριοφλεβική διαφορά οξυγόνου στους λειτουργούντες μυς, η οποία παρατηρείται συνήθως σε άτομα που βρίσκονται σε κατάσταση αποδιοργάνωσης.⁷ Επιπλέον, εκτός από τη διαταραχή της οξειδωτικής ικανότητας των σκελετικών μυών, έχουν παρατηρηθεί και μεταβολικές διαταραχές, όπως η μειωμένη παρουσία ενζύμων αερόβιας γλυκόλυσης.

Όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά της νόσου προσδίδουν ένα αίσθημα έντονης κόπωσης και γενικής κακουχίας, το οποίο όμως δεν θα πρέπει να αποτελεί τροχοπέδη και ανασταλτικό παράγοντα συμμετοχής σε προγράμματα άσκησης. Κάτι τέτοιο θα επιδείνωνε ακόμη περισσότερο την κλινική εικόνα των ασθενών, επηρεάζοντας αρνητικά όλα τα λειτουργικά συστήματα του οργανισμού.

2.1. Η επίδραση των αερόβιων ασκήσεων και των ασκήσεων δύναμης στην αντιμετώπιση της κόπωσης στους ασθενείς με σκλήρυνση κατά πλάκας

2.1.1. Αερόβια άσκηση. Τα άτομα που πάσχουν από ΣΚΠ παρουσιάζουν σημαντικά χαμηλότερη αερόβια ικανότητα συγκριτικά με τον υγιή πληθυσμό.⁸ Η διαπίστωση αυτή στοιχειοθετείται από το γεγονός ότι τα κινητικά, αναπνευστικά και νευρολογικά προβλήματα που παρουσιάζουν οι ασθενείς αυτοί, σε συνδυασμό με το έντονο αίσθημα κόπωσης, τους αποτρέπει από το να γυμνάζονται. Η αερόβια όμως άσκηση, ως συνισταμένη των συστημάτων μεταφοράς και κατανάλωσης οξυγόνου, με την αύξηση του αριθμού και του όγκου των μιτοχονδρίων, με την αύξηση του πνευμονικού αερισμού, της καρδιακής παροχής, της αιμοσφαιρίνης, των τριχοειδών αγγείων και πλήθος άλλων βιολογικών προσαρμογών, προάγει τη ζωτικότητα και τη λειτουργική ικανότητα και επιφέρει μείωση της αντιλαμβανόμενης κόπωσης. Μολονότι κάποιες έρευνες δεν έδειξαν

να επέρχεται βελτίωση στη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (VO_2max) σε ασθενείς με ΣΚΠ συνεπεία της άσκησης, εντούτοις στις ίδιες έρευνες παρατηρήθηκε σημαντική μείωση της αντιλαμβανόμενης κόπωσης, με παράλληλη προαγωγή της λειτουργικής ικανότητας και της ποιότητας ζωής.^{1,9} Στη συντριπτική πάντως πλειοψηφία των ερευνών καταγράφεται –εκτός των άλλων– και βελτίωση της αερόβιας ικανότητας της τάξης του 5–25%, ως αποτέλεσμα της άσκησης.^{2,8,10–13} Οι διαφορές αναφορικά με την προαγωγή ή μη της αερόβιας ικανότητας, που παρουσιάζονται στη διεθνή βιβλιογραφία, πιθανόν να οφείλονται σε μεθοδολογικές διαφορές, στο βαθμό αναπηρίας των ασθενών που συμμετείχαν, στην ένταση και στη διάρκεια εφαρμογής του προπονητικού πρωτοκόλλου.

Συμπερασματικά, υπάρχουν αρκετά επιστημονικά δεδομένα, τα οποία ενισχύουν την πεποίθηση ότι οι ασθενείς με ΣΚΠ επωφελούνται από τη συμμετοχή τους σε αερόβια προγράμματα άσκησης και συνεπώς θα πρέπει να γυμνάζονται ώστε να προάγουν τη φυσική τους κατάσταση.^{14–16} Η βελτίωση της καρδιοαναπνευστικής αντοχής, η οποία αποτελεί τη σημαντικότερη έκφραση της βιολογικής αξίας ενός ατόμου, θα πρέπει να αποτελεί κυρίαρχη προτεραιότητα, μιας και επιφέρει αύξηση της ζωτικότητας με παράλληλη μείωση του αισθήματος κόπωσης.

2.1.2. Μυϊκή ενδυνάμωση. Η Αμερικανική Εταιρεία Αθλητιατρικής (American College of Sports Medicine) έχει εκδόσει οδηγίες για την εφαρμογή προγραμμάτων άσκησης σε ενήλικες πάσχοντες από ΣΚΠ.¹⁷ Δυστυχώς, οι συστάσεις αυτές αφενός προέρχονται από περιορισμένο αριθμό ερευνών και αφετέρου αναφέρονται στην προαγωγή μίας μόνο συνιστώσας της φυσικής κατάστασης, της αερόβιας ικανότητας. Όμως, οι ασθενείς αυτοί χαρακτηρίζονται και από έλλειψη δύναμης¹⁸ και από μειωμένη ισορροπιστική ικανότητα,¹⁹ με έκδηλο τον κίνδυνο πτώσεων και των συνεπακόλουθων καταγμάτων.^{20,21} Μέσω των ασκήσεων που στοχεύουν στην αύξηση της δύναμης προάγεται και η ισορροπία και ο νευρομυϊκός συντονισμός, με αποτέλεσμα την προστασία των ασθενών από τις πτώσεις, με ό,τι αυτό συνεπάγεται για την υγεία και την ποιότητα ζωής τους. Μια ελάχιστη τιμή δύναμης θεωρείται καθοριστικής σημασίας για τη διεκπεραίωση των καθημερινών λειτουργικών αναγκών, όπως η ανύψωση αντικειμένων, η μετάπτωση από καθιστή σε όρθια θέση, η άνοδος και η κάθοδος κλίμακας.^{22–24}

Η δύναμη σε ασθενείς με ΣΚΠ μπορεί να βελτιωθεί μέσω προγραμμάτων με αντιστάσεις (βάρη, λάστιχα κ.ά.),^{25,26} καθώς και με άσκηση στο νερό.²⁷ Μετά από προπόνηση με αντιστάσεις έχει παρατηρηθεί ότι αυξάνεται η ροπή του μυός με παράλληλη μείωση του αισθήματος της κόπωσης. Πρόγραμμα διάρκειας 10 εβδομάδων, με συχνότητα δύο

φορές ανά εβδομάδα με μηχανήματα και ελεύθερα βάρη, βελτιώνει τη ροπή των καμπτήρων και εκτεινόντων μυών της κνήμης κατά 16–57%, των καμπτήρων και των εκτεινόντων μυών του αγκώνα κατά 6–29%, των απαγωγών και των προσαγωγών μυών της ωμικής ζώνης κατά 3–11%.²⁸

Αρκετοί ερευνητές διατυπώνουν την πεποίθηση ότι η μεγιστοποίηση της δύναμης των κάτω άκρων θα πρέπει να αποτελεί πρωτεύοντα στόχο σε ένα πρόγραμμα εκγύμνασης ασθενών με ΣΚΠ, πολύ περισσότερο μάλιστα αν οι ασθενείς αυτοί είναι προχωρημένης ηλικίας.^{29,30} Με την ίδια θέση ταυτίζονται και άλλοι επιστήμονες,^{31,32} οι οποίοι πρεσβεύουν την προτεραιότητα της εκγύμνασης των κάτω άκρων έναντι της γενικής μυϊκής ενδυνάμωσης. Αυτό βέβαια δεν σημαίνει ότι θα πρέπει να παραμελείται η μυϊκή ενδυνάμωση των άνω άκρων και του κορμού. Αντίθετα, μάλιστα, συνιστάται να εκλαμβάνεται και να αντιμετωπίζεται το ανθρώπινο σώμα πάντα ως μια άρρηκτη ολότητα.

Επίσης, οι Ponichtera-Mulcare et al³³ κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η χρήση ζωνών με επιπρόσθετο βάρος, σε συνδυασμό με περπάτημα (συχνότητα: 3 φορές/εβδομάδα, διάρκεια 45 min ανά συνεδρία), αυξάνει την ισχύ των κάτω άκρων κατά μέσον όρο 22%. Σημαντικό είναι το γεγονός ότι τα εξατομικευμένα και στοχευμένα προγράμματα άσκησης μπορούν να εκτελούνται ακόμη και στο σπίτι. Η κατ' οίκον εκγύμναση παρέχει στους ασθενείς αυτούς τη δυνατότητα να ασκούνται, έστω κι αν αντιμετωπίζουν προβλήματα όρασης ή σοβαρά κινητικά προβλήματα. Έρευνες, μάλιστα, έχουν καταγράψει την προτίμηση των ασθενών αυτών να γυμνάζονται στο σπίτι.^{19,34} Βασικό στοιχείο στην προπονητική μεθοδολογία θα πρέπει να είναι η σύνταξη εφαρμόσιμων προγραμμάτων, εύκολα τροποποιήσιμων και προσαρμόσιμων στις ανάγκες των ασθενών, βάσει της πορείας της νόσου.

Η εκτέλεση προγραμμάτων ενδυνάμωσης μέσω αντιστάσεων είναι απόλυτα ασφαλής, αφενός γιατί οι πιθανότητες τραυματισμού είναι ελάχιστες και αφετέρου επειδή δεν παρατηρείται επιδείνωση της κλινικής εικόνας του ασθενούς. Ένα πρόγραμμα με αντιστάσεις διάρκειας 8 εβδομάδων επιφέρει σημαντική αύξηση στην ισχύ των εκτεινόντων μυών του ποδιού, σύμφωνα με αποτελέσματα έρευνας των DeVolt και McCubbin.²⁸ Πιο συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε βελτίωση της δύναμης των κάτω άκρων σε ποσοστό >30%, με παράλληλη θετική επίδραση στην ισορροπία και στην κινητικότητα. Παρόλο που οι προσαρμογές αυτές δεν χαρακτηρίστηκαν από στατιστική σημαντικότητα, ωστόσο ήταν ικανές να προσδώσουν στα άτομα αυτά μεγαλύτερη σταθερότητα κατά την εκτέλεση των καθημερινών τους δραστηριοτήτων.

2.2. Η επίδραση των αναπνευστικών ασκήσεων στην καταπολέμηση της κόπωσης

2.2.1. Ερευνητικά δεδομένα. Εξίσου σημαντική με την προαγωγή της αερόβιας ικανότητας και της μυϊκής δύναμης των σκελετικών μυών είναι και η ενδυνάμωση των αναπνευστικών μυών. Και αυτό αιτιολογείται από το γεγονός ότι με την εμφάνιση των πρώτων κιάλας συμπτωμάτων νευρομυϊκής διαταραχής σε ασθενείς με ΣΚΠ επέρχεται προοδευτική αποδυνάμωση των αναπνευστικών μυών, κατάσταση η οποία συνοδεύεται από χρόνιο κορεσμό του αρτηριακού αίματος σε διοξείδιο του άνθρακα (CO₂). Η υψηλή συγκέντρωση ανθρακυλαιμοσφαιρίνης μειώνει τη λειτουργική ικανότητα των ασθενών, με συνεπακόλουθη συμπτωματολογία την κόπωση, τη δύσπνοια και την περαιτέρω επιδείνωση της κλινικής τους εικόνας. Παράλληλα, εκφυλίζονται και οι μυϊκές ομάδες που είναι υπεύθυνες για το λόγο και την κατάποση. Όλες αυτές οι αναπνευστικές επιπλοκές επηρεάζουν ζωτικά συστήματα του οργανισμού και φέρουν αυξημένη ευθύνη για τα υψηλά ποσοστά νοσηρότητας και θνησιμότητας, καθώς και για τη μειωμένη λειτουργική ικανότητα που εμφανίζουν αυτοί οι ασθενείς.

Από τις ανωτέρω διαπιστώσεις γίνεται αντιληπτό ότι η αντιμετώπιση του αισθήματος της κόπωσης καθίσταται ευκολότερη αν στο καθημερινό πρόγραμμα περιλαμβάνονται –εκτός των αερόβιων ασκήσεων– και ασκήσεις ενδυνάμωσης των αναπνευστικών μυών. Με τον τρόπο αυτόν αυξάνεται η εισπνευστική και η εκπνευστική δύναμη, με παράλληλη βελτίωση όλων των δεικτών πνευμονικής λειτουργίας.

Πολλοί ερευνητές μελέτησαν την επίδραση συγκεκριμένων πρωτοκόλλων στην αναπνευστική λειτουργία ασθενών με ΣΚΠ. Πιο συγκεκριμένα, από έρευνα των Klefbeck και Nedjad διαπιστώθηκε αύξηση της δύναμης των αναπνευστικών μυών λόγω άσκησης, διάρκειας 10 εβδομάδων. Εξίσου σημαντική διαπίστωση αποτελεί το γεγονός ότι η επίδραση της προπόνησης διατηρήθηκε ακόμη και ένα μήνα μετά από την παύση της (detraining).³⁵ Παρόμοια είναι και τα αποτελέσματα των Chiara et al, όπου μετά από άσκηση διάρκειας 8 εβδομάδων οι ασθενείς παρουσίασαν βελτίωση της μέγιστης εκπνευστικής ροής, διατηρώντας τις προσαρμογές αυτές σε ανώτερα της έναρξης επίπεδα, ακόμη και εβδομάδες μετά από το πέρας της άσκησης.³⁶ Και σε άλλη έρευνα των Olgiaiti et al, σε δείγμα 8 ασθενών, παρατηρήθηκε αύξηση της δύναμης των εισπνευστικών και των εκπνευστικών μυών μετά από άσκηση διάρκειας 4 εβδομάδων.³⁷ Ομοίως, σε έρευνα των Smeltzer et al, σε δείγμα 20 ασθενών με μέτρια έως και σοβαρή αναπηρία (expanded disability status scale, EDSS: 6,5–9,5), καταγράφηκε μετά από τρίμηνη άσκηση αύξηση της μέγιστης

εκπνευστικής δύναμης της τάξης του 19±10%, χωρίς όμως παράλληλη βελτίωση της δύναμης των εισπνευστικών μυών.³⁸ Από την έρευνα αυτή διαπιστώθηκε ότι η εξάσκηση των εκπνευστικών μυών βελτίωσε τη δύναμη αποκλειστικά σε αυτούς, χωρίς να υπάρξει παρόμοια δράση και στους εισπνευστικούς μυς. Αντίθετο με το αποτέλεσμα αυτό είναι το πόρισμα της έρευνας των Gosselink et al, στην οποία η προπόνηση ενδυνάμωσης των εκπνευστικών μυών αύξησε τόσο την εκπνευστική όσο και την εισπνευστική μυϊκή δύναμη.³⁹ Σημαντική επίσης διαπίστωση της παραπάνω έρευνας αποτελεί η θετική επίδραση της άσκησης ακόμη και σε ασθενείς με υψηλή τιμή στην κλίμακα αναπηρίας (EDSS). Συνεπώς, γίνεται κατανοητό ότι οι ασθενείς θα πρέπει να συμμετέχουν σε προγράμματα άσκησης, έστω και αν βρίσκονται σε πολύ προχωρημένο στάδιο της νόσου, καθώς υπάρχουν περιθώρια βελτίωσης της αναπνευστικής λειτουργίας παρά την κρισιμότητα της κατάστασης.

Για όλους τους παραπάνω λόγους, η διεθνής επιστημονική κοινότητα υποστηρίζει ότι η έγκαιρη συμμετοχή των ασθενών με ΣΚΠ σε προγράμματα άσκησης, συμπεριλαμβανομένης και της εκγύμνασης των αναπνευστικών μυών, θέτει τις βάσεις για μια περισσότερο θετική πορεία και έκβαση της νόσου (πίν. 1).

3. Η ΑΣΚΗΣΗ ΩΣ ΜΕΣΟ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΝΕΥΡΩΝΩΝ ΤΟΥ ΕΓΚΕΦΑΛΟΥ

Η σωματική εκγύμναση μπορεί να επιφέρει σημαντικά οφέλη στη γνωστική λειτουργία, ιδιαίτερα σε άτομα προχωρημένης ηλικίας,^{40–43} αφού προκαλεί αύξηση της συγκέντρωσης των νευροτροφικών παραγόντων BDNF (brain-derived neurotrophic factor) και NGF (nerve growth factor), διεγείρει τη νευρογένεση, αυξάνει την αντίσταση στον εκφυλισμό του εγκεφάλου και βελτιώνει τη μάθηση και την πνευματική απόδοση.⁴⁴ Επίσης, η άσκηση (διάρκειας 30 min, μέτριας έντασης) σε συνδυασμό με την αύξηση των επιπέδων του νευροτροφικού παράγοντα (BDNF) ενεργοποιεί τη γονιδιακή έκφραση, με θετική επίδραση στην αποτελεσματικότητα των συνάψεων, στην προαγωγή της πλαστικότητας και της συνοχής των νευρώνων του εγκεφάλου, καθώς και στη μεγιστοποίηση της επιβίωσης.^{45,46}

Η διατήρηση της λειτουργικότητας και της πλαστικότητας των εγκεφαλικών κυττάρων αποτελεί κυρίαρχο στόχο της δημόσιας υγείας και είναι πλέον ξεκάθαρο σε όλους ότι η υιοθέτηση ενός ενεργού τρόπου ζωής –μέσω συστηματικής άσκησης– μπορεί να συνεργήσει προς την επίτευξη του σκοπού αυτού. Η στοχευμένη σωματική δραστηριότητα, σε συνδυασμό με την τροποποίηση της συμπεριφοράς του πάσχοντα, μέσω της προσεγμένης διατροφής και της αποφυγής του stress και των μολυσματικών επιδράσεων,

Πίνακας 1. Η επίδραση διαφόρων πρωτοκόλλων άσκησης σε παραμέτρους φυσικής κατάστασης.

Ερευνητής	Δείγμα	Κλίμακα αναπηρίας	Διάρκεια άσκησης	Είδος άσκησης	Πρωτόκολλα άσκησης	Επίδραση της άσκησης
Mostert και Kesselring, 2002 ¹	n=52	EDSS 1-6,5	4 εβδομάδες	Κυκλοεργόμετρο	5 συνεδρίες των 30 min/εβδομάδα Εξατομικευμένη ένταση	↔ VO ₂ max ↓ Κόπωσης ↑ Ποιότητας ζωής ↑ Λειτουργικής ικανότητας
Kileff και Ashburn, 2005 ¹³	n=8	Kurtzke 4-6	12 εβδομάδες	Κυκλοεργόμετρο	2 συνεδρίες των 30 min/εβδομάδα Μέγιστη δυνατή προσπάθεια	↑ Λειτουργικής ικανότητας ↑ Αερόβιας ικανότητας
Pariser et al, 2006 ⁵¹	n=2	EDSS 2,5-3	8 εβδομάδες	Αερόβια προπόνηση στο νερό (aqua aerobic)	2 συνεδρίες των 60 min/εβδομάδα (10 min προθέρμανση, 30 min αερόβια άσκηση, 20 min αποθεραπεία) 72-75% της ΜΚΣ (HRpeak)	↑ Καρδιοαναπνευστικής αντοχής
White et al, 2004 ¹²	n=8	EDSS 3,7	8 εβδομάδες	Προπόνηση δύναμης	2 συνεδρίες/εβδομάδα 1η εβδομάδα: 6-10 επαναλήψεις - 50% της 1 ΜΕ 2η εβδομάδα: 10-15 επαναλήψεις - 60% της 1 ΜΕ 3η-8η εβδομάδα: 10-15 επαναλήψεις - 70% της 1 ΜΕ	↑ Δύναμης ↑ Ικανότητας ανόδου-καθόδου κλίμακας ↔ Ταχύτητα βαδίσματος
Gold et al, 2003 ⁴⁹	n=68	EDSS <5,0	1 προπονητική συνεδρία	Δοκιμασία αντοχής στο κυκλοεργόμετρο	30 min→60% VO ₂ max	↑ NGF ↑ BDNF
Gosselink et al, 2000 ³⁹	n=18	EDSS 8,5	3 μήνες	Προπόνηση ενδυνάμωσης εκπνευστικών μυών	2 συνεδρίες/μέρα, 3x15 - 60% της μέγιστης εκπνευστικής ροής	↑ Εισπνευστικής και εκπνευστικής δύναμης ↑ Δεικτών πνευμονικής λειτουργίας
Chiara et al, 2006 ³⁶	n=31	EDSS 1,5-6,5	8 εβδομάδες	Μυϊκή ενδυνάμωση εκπνευστικών μυών	5 συνεδρίες/εβδομάδα, 4 σειρές x 6 επαναλήψεις/40-60% της μέγιστης εκπνευστικής πίεσης	↑ Μέγιστης εκπνευστικής δύναμης (μόνο στους ασθενείς με μέτριο βαθμού αναπηρία)
Heesen et al, 2003 ⁵⁴	n=48	EDSS <5,0	1 προπονητική συνεδρία (acute)	Δοκιμασία αντοχής στο κυκλοεργόμετρο	30 min→60% VO ₂ max	Δεν διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην ορμονική αντίδραση και στους δείκτες φλεγμονής μεταξύ των τριών ομάδων (ΣΚΠ γυμνασμένοι/ΣΚΠ αγύμναστοι/υγιείς), λόγω της οξείας μορφής άσκησης

ΜΚΣ: Μέγιστη καρδιακή συχνότητα, ΜΕ: Μέγιστη επανάληψη, ΣΚΠ: Σκλήρυνση κατά πλάκας

επιφέρει αντίσταση στον εκφυλισμό των εγκεφαλικών κυττάρων,^{47,48} προάγει την εγκεφαλική αναγέννηση,⁴⁹ διεγείρει τη νευρογένεση,⁵⁰ ενθαρρύνει τη μάθηση⁴⁹ και συνεισφέρει στη διατήρηση της γνωστικής λειτουργίας κατά το πέρασμα του χρόνου.⁴⁸ Είναι πιθανόν πολλές από τις ευεργετικές επιδράσεις της άσκησης να δρουν κατευθείαν στη μοριακή δομή του ίδιου του εγκεφάλου. Έχουν παρατηρηθεί αυξημένα επίπεδα NGF μετά από άσκηση,

ενώ σε έρευνα των Gold et al διαπιστώθηκε αύξηση των συγκεντρώσεων και των δύο νευροτροπικών παραγόντων (NGF, BDNF) μετά από άσκηση μέτριας έντασης, διάρκειας 30 min.⁴⁹ Αυτή η υπερπαραγωγή των νευροτροπικών παραγόντων λόγω της άσκησης μέτριας έντασης δρα θετικά, όχι μόνο στη μείωση των συμπτωμάτων της νόσου αλλά και στην ίδια την πορεία της,^{1,2} χωρίς την παρουσία κάποιας ανεπιθύμητης ενέργειας.

4. ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ ΓΙΑ ΑΣΘΕΝΕΙΣ ΜΕ ΣΚΛΗΡΥΝΣΗ ΚΑΤΑ ΠΛΑΚΑΣ

Παρά το γεγονός ότι η άσκηση έχει θετική επίδραση στην προαγωγή της λειτουργικής ικανότητας και της ποιότητας ζωής σε ασθενείς με ΣΚΠ, τα γυμναστικά προγράμματα θα πρέπει να είναι κατάλληλα σχεδιασμένα και άμεσα τροποποιήσιμα, με βάση την πορεία της νόσου. Επίσης, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη περιορισμοί, με στόχο τη βελτιστοποίηση των αποτελεσμάτων και την ελαχιστοποίηση του κινδύνου επιδείνωσης των συμπτωμάτων. Ο βαθμός δυσκολίας θα πρέπει να είναι τέτοιος ώστε να γυμνάζει, προάγοντας τη φυσική κατάσταση, χωρίς όμως πρόκληση υπερβολικής κόπωσης, μιας και κάτι τέτοιο θα οδηγούσε σε διακοπή μεταφοράς των νευρικών σημάτων. Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δίνεται στη συνταγολογία της άσκησης κατά τη διάρκεια επιδείνωσης των συμπτωμάτων και κυρίως όταν ο ασθενής ακολουθεί φαρμακευτική αγωγή με κορτικοστεροειδή. Επίσης, καθοριστικής σημασίας για την αποτελεσματικότητα του προγράμματος και την πορεία της νόσου αποτελεί η διαμόρφωση ενός ασφαλούς και άνετου περιβάλλοντος άσκησης.

Επειδή η συμπτωματολογία της νόσου μπορεί να διαφοροποιείται από μέρα σε μέρα, συνιστάται η ένταση της άσκησης να προσδιορίζεται μέσω της υποκειμενικής κλίμακας κόπωσης (ΥΚΚ) του Borg. Η χρησιμοποίηση της ΥΚΚ είναι περισσότερο αξιόπιστη από την καταγραφή της καρδιακής συχνότητας, επειδή πολλοί από τους ασθενείς παρουσιάζουν δυσαυτονομία, με αποτέλεσμα η καρδιακή συχνότητα και η αρτηριακή πίεση να μην εκφράζουν τον πραγματικό βαθμό δυσκολίας της άσκησης.

Θα πρέπει επίσης να γίνει κατανοητό ότι δεν υπάρχουν σαφώς καθορισμένες στρατηγικές για τη βελτίωση της μυϊκής δύναμης σε άτομα με ΣΚΠ. Παρόλα αυτά, αποτελεί αδιαμφισβήτητο γεγονός ότι ένα πρόγραμμα μυϊκής ενδυνάμωσης επιφέρει πολύ καλά αποτελέσματα αναφορικά με την προαγωγή της φυσικής κατάστασης και της λειτουργικής ικανότητας σε τέτοιους ασθενείς. Κύριο συστατικό των προγραμμάτων αυτών πρέπει να αποτελούν οι πολυαρθρικές ασκήσεις, οι οποίες προάγουν τη νευρομυϊκή συναρμογή, η οποία με τη σειρά της βελτιώνει την ισορροπία, άρα και τη λειτουργική ικανότητα του ασθενούς, με άμεση θετική επίπτωση και στην ποιότητα ζωής του.

5. ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

Υπάρχουν όμως και κάποιοι περιορισμοί, οι οποίοι θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την οργάνωση και την εκτέλεση των γυμναστικών προγραμμάτων. Η παράβλεψη τους ενδέχεται να επηρεάσει αρνητικά τόσο την πορεία όσο

και την ένταση της συμπτωματολογίας της νόσου. Αναλυτικότερα, οι περιορισμοί αναφέρονται στα ακόλουθα.

5.1. Επιδείνωση των συμπτωμάτων

Κατά την επιδείνωση της κλινικής εικόνας του ασθενούς μπορεί να κριθεί απαραίτητη η θεραπεία με κορτικοστεροειδή. Κατά τη διάρκεια της φαρμακευτικής αγωγής, η άσκηση θα πρέπει να διακόπτεται ή να εκτελούνται δραστηριότητες πολύ ήπιας μορφής, όπως διατατικές ασκήσεις και ασκήσεις κινητικότητας.

5.2. Θερμοευαισθησία

Πολλοί ασθενείς παρουσιάζουν θερμοευαισθησία, με αποτέλεσμα την επιδείνωση της κλινικής τους εικόνας. Μια αύξηση της θερμοκρασίας της τάξης των 0,5 °C επηρεάζει αρνητικά τη λειτουργία του ΚΝΣ και προκαλεί έξαρση των συμπτωμάτων.⁵² Προς αποφυγή τέτοιων φαινομένων επιβάλλεται ο περιβαλλοντικός έλεγχος και η χρησιμοποίηση τεχνικών διευκόλυνσης, όπως η σωστή προθέρμανση, τα δροσερά ρούχα, η χρήση καπέλου, κλιματιστικών, η άσκηση στο νερό, η επαρκής ενυδάτωση του οργανισμού και η αποφυγή εκγύμνασης στις θερμές ώρες της ημέρας.

5.3. Κόπωση

Η κόπωση που χαρακτηρίζει τους πάσχοντες από ΣΚΠ οφείλεται στην αποδιοργάνωση, στην αύξηση της θερμοκρασίας του σώματος και στη σπαστικότητα. Γι' αυτό, η επαρκής ανάπαυση, κυρίως μετά από προγράμματα άσκησης, κρίνεται απαραίτητη.

5.4. Ισορροπία και συντονισμός

Η μειωμένη κιναισθηση, η πτωχή αξιοποίηση εξωγενών ερεθισμάτων και οι δυσκολίες όρασης δρουν αρνητικά στην ισορροπία και στο νευρομυϊκό συντονισμό. Επίσης, η κόπωση μαζί με τον πτωχό μυϊκό έλεγχο καθιστά μερικές φορές την άσκηση δύσκολη έως και επικίνδυνη. Για την αντιμετώπιση τέτοιων καταστάσεων προτείνονται ασκήσεις, στις οποίες υπάρχει ο έλεγχος του σωματικού βάρους (σταθερό ποδήλατο, στατική κωπηλασία, άσκηση στο νερό). Επιβάλλεται το περιβάλλον να είναι καλά ρυθμισμένο, ελεύθερο από εμπόδια και οικείο. Μερικές φορές, η προσωπική επίβλεψη κρίνεται απαραίτητη.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η άσκηση, όταν είναι κατάλληλα δομημένη, εξατομικευμένη και στοχευμένη, μπορεί να βοηθήσει τους πάσχοντες από ΣΚΠ, αφενός αμβλύνοντας τη συμπτωματολογία της

νόσου και αφετέρου προάγοντας την ποιότητα ζωής τους. Σε ασθενείς με ΣΚΠ προτείνεται, αρχικά, η τροποποίηση της συμπεριφοράς, όπως αυτή εκφράζεται μέσα από τη διακοπή του καπνίσματος, τη μείωση κατανάλωσης καφεΐνης και τη συστηματική συμμετοχή σε προγράμματα άσκησης. Τα προγράμματα αυτά θα πρέπει να αποσκοπούν στην προαγωγή της αερόβιας ικανότητας και της δύναμης, χωρίς να παραμελείται και η εκγύμναση των αναπνευστικών μυών. Οι ασθενείς προτιμάται να εκτελούν το πρόγραμμα γυμναστικής νωρίς το πρωί, παρεμβάλλοντας διαλείμματα ανάπαυσης, με στόχο την καλύτερη αξιοποίηση των ενεργειακών τους αποθεμάτων. Σε όσους εμφανίζουν έντονη κόπωση, η προσέγγιση πρέπει να είναι η ίδια, με ιδιαίτερη προσοχή και επιμέλεια στο σωστό προγραμματισμό και την οργάνωση των καθημερινών τους δραστηριοτήτων.

Η ικανότητα ισορροπίας, η αντιλαμβανόμενη κόπωση, ο βαθμός σπαστικότητας, τα επίπεδα νευρομυϊκού συ-

ντονισμού και δύναμης αποτελούν στοιχεία που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για τον ορθό σχεδιασμό ενός ασκησιολογίου, το οποίο οφείλει να είναι εξατομικευμένο και προσαρμοσμένο στο επίπεδο φυσικής ικανότητας κάθε ασθενούς. Όσοι παρουσιάζουν θερμοευαισθησία πρέπει να λαμβάνουν μέτρα αποφυγής του κινδύνου υπερθέρμανσης. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί κάνοντας προθέρμανση με χλιαρό νερό, με άσκηση σε περιβάλλον με ρυθμισμένη θερμοκρασία, με τη χρήση ελαφρού ρουχισμού και με την αποφυγή εκτέλεσης έντονων σωματικών δραστηριοτήτων.⁵² Παρά το γεγονός ότι η θερμοευαισθησία έχει προταθεί ως αιτία αποφυγής της άσκησης από τους ασθενείς με ΣΚΠ, υπάρχουν ισχυρές επιστημονικές ενδείξεις ότι τα φυσιολογικά και τα ψυχολογικά οφέλη λόγω της οργανωμένης σωματικής δραστηριότητας είναι τόσο σημαντικά, ώστε η άσκηση θα πρέπει να αποτελεί αναπόσπαστο στοιχείο της θεραπευτικής προσέγγισης των ασθενών αυτών.

ABSTRACT

The effect of exercise on functional capacity and quality of life in patients with multiple sclerosis

T.V. KASTANIAS, S.P. TOKMAKIDIS

Department of Sports and Exercise Science, Democritus University of Thrace, Komotini, Greece

Archives of Hellenic Medicine 2008, 25(6):720–728

Multiple sclerosis (MS) is a chronic disease in which the immune system attacks the myelin sheath of axons of the central nervous system. Myelin sheath damage may result in spasticity, muscle weakness, impaired balance, ataxia and excessive muscle fatigue. Symptoms can include loss of bowel or bladder control, sexual dysfunction, pain, loss of function or feeling in the limbs, double vision, blindness, loss of cognitive functioning and emotional changes. During recent years it has become clear that MS patients benefit from physical exercise in the form of aerobic, strength and respiratory training. Intervention programs consisting of 30-minute treadmill training, twice a week at 55–85% of age-predicted maximum heart rate can improve cardiovascular function and physical fitness, decrease oxygen consumption at rest, diminish walking effort and improve walking speed. Other positive effects include improvement of learning capacity and mental performance, as well as attenuation of depressive feelings and fatigue. Moreover, this type of training has been shown to stimulate neurogenesis, and increase levels of brain-derived neurotrophic factor (BDNF) and nerve growth factor (NGF). Progressive resistance training can improve strength, mobility and balance without an increase in the symptoms of the disease. Supervised training consisting of 10–15 repetitions at 60–70% of one repetition maximum improves walking and functional ability in moderately disabled persons with MS. Respiratory training has a beneficial effect on respiratory muscle strength and aerobic capacity. A 12-week respiratory muscle training course with resistive loads (3 sets of 15 repetitions at 60% of maximum expiratory pressure twice a day) can increase inspiratory and expiratory muscle strength, and improve pulmonary function and exercise capacity, even in patients with advanced MS. Given the favorable effects of physical exercise on most components of the physical dimension and its positive impact on quality of life, physical exercise prescription is recommended as a complement to conventional therapy for patients with MS.

Key words: Aerobic exercise, Multiple sclerosis, Quality of life, Respiratory training, Strength training

Βιβλιογραφία

1. MOSTERT S, KESSELRING J. Effects of a short-term exercise training program on aerobic fitness, fatigue, health perception and activity level of subjects with MS. *Mult Scler* 2002, 8:161–168
2. PETAJAN JH, GAPPMAIER E, WHITE AT, SPENCER MK, MINO L, HICKS RW. Impact of aerobic training on fitness and quality of life of multiple sclerosis patients. *Ann Neurol* 1996, 39:432–441
3. FREAL JF, KRAFT GH, CORYELL JK. Symptomatic fatigue in multiple sclerosis. *Arch Phys Med Rehabil* 1984, 65:135–138
4. KRUPP LB, ALVAREZ LA, LAROCCA NG, SCHEINBERG LC. Fatigue in multiple sclerosis. *Arch Neurol* 1988, 45:435–437
5. FISK JD, PONTEFRAC A, RITVO PG, ARCHIBALD CJ, MURRAY TJ. The impact of fatigue on patients with multiple sclerosis. *Can J Neurol Sci* 1994, 21:9–14
6. OGLIATI R, JACQUET J, DI PRAMPERO P. Energy cost of walking and exertional dyspnea in multiple sclerosis. *Am Rev Respir Dis* 1986, 134:1005–1010
7. DUCHATEAU J, HAINAUT K. Effects of immobilization on electromyogram power spectrum changes during fatigue. *Eur J Appl Physiol* 1991, 63:458–562
8. PONICHTERA-MULCARE J, MATHEWST, BARREN P, GUPTA S. Change in aerobic fitness of patients with multiple sclerosis during a 6-month training program. *Sports Med Train Rehabil* 1997, 7:265–272
9. ROMBERG A, VIRTANEN A, RUUTIAINEN J, AUNOLA S, KARPPI SL, VAARA M ET AL. Effects of 6-month exercise program on patients with multiple sclerosis: A randomized study. *Neurology* 2004, 63:2034–2038
10. GAPPMAIER E, SPENCER M, WHITE A, MINO L, HICKS R, PETAJAN J. Fifteen weeks of aerobic training improve fitness of multiple sclerosis patients. *Med Sci Sports Exerc* 1994, 26(Suppl 5):S29
11. VAN DEN BERG M, DAWES H, WADE DT, NEWMAN M, BURRIDGE J, IZADI H ET AL. Treadmill training for individuals with multiple sclerosis: A pilot randomized trial. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2006, 77:531–533
12. WHITE LJ, McCOY SC, CASTELLANO V, GUTIERREZ G, STEVENS JE, WALTER GA ET AL. Resistance training improves strength and functional capacity in persons with multiple sclerosis. *Mult Scler* 2004, 10:668–674
13. KILEFF J, ASHBURN A. A pilot study of the effect of aerobic exercise on people with moderate disability multiple sclerosis. *Clin Rehabil* 2005, 19:165–169
14. STUIFBERGEN AK. Physical activity and perceived health status in persons with multiple sclerosis. *J Neurosci Nurs* 1997, 29:238–243
15. PONICHTERA JA. Maximal exercise performance of individuals with multiple sclerosis: Influence of disease-related muscular and temperature-induced dysfunction. *Diss Abstr Int* 1990, 51:447A
16. RODGERS MM, MULCARE JA, KING DL, MATHEWS T, GUPTA SC, GLASER RM. Gait characteristics of individuals with multiple sclerosis before and after 6-month training program. *J Rehabil Res Dev* 1999, 36:183–188
17. ANONYMOUS. *ACSM's exercise management for persons with chronic diseases and disabilities*. Champaign, Human Kinetics, 1997:190
18. PONICHTERA JA, RODGERS MM, GLASER RM, MATHEWS TA, CAMAIONE DN. Concentric and eccentric isokinetic lower-extremity strength in persons with multiple sclerosis. *J Orthop Sports Phys Ther* 1992, 16:114–122
19. KENT-BRAUN A, SHARMA KR, MILLER RG, WIENER MW. Effects of electrically stimulated exercise training on muscle function in multiple sclerosis. *J Neurol Rehabil* 1996, 10:143–151
20. FRZOVIC D, MORRIS ME, VOWELS L. Clinical tests of standing balance: Performance of persons with multiple sclerosis. *Arch Phys Med Rehabil* 2000, 81:215–221
21. CATTANEO D, DE NUZZO C, FASCIA T, MACALLI M, PISONI I, CARDINI R. Risks of falls in subjects with multiple sclerosis. *Arch Phys Med Rehabil* 2002, 83:864–867
22. BASSEY EJ, FIATARONE MA, O'NEILL EF, KELLY M, EVANS WJ, LIPSITZ LA. Leg extensor power and functional performance in very old men and women. *Clin Sci* 1992, 82:321–327
23. THOMAS M, FIATARONE MA, FIELDING RA. Leg power in young women: Relationship to body composition, strength, and function. *Med Sci Sports Exerc* 1995, 28:1321–1326
24. FLEMING BE, WILSON DR, PENDERGAST DR. A portable easily performed muscle power test and its association with falls by elderly persons. *Arch Phys Med Rehabil* 1991, 72:886–889
25. SWENSSON B, GERDLE B, ELERT J. Endurance training in patients with multiple sclerosis: Five case studies. *Phys Ther* 1994, 74:1017–1026
26. KASSER SL, McCUBBIN JA. Effects of progressive resistance exercise on muscular strength in adults with multiple sclerosis. *Med Sci Sports Exerc* 1996, 28:S143
27. GEHLSSEN GM, GRIGSBY SA, WINANT DM. Effects of an aquatic fitness program on the muscular strength and endurance of patients with multiple sclerosis. *Phys Ther* 1984, 64:653–657
28. DEBOLT LS, McCUBBIN JA. The effects of home-based resistance exercise on balance, power, and mobility in adults with multiple sclerosis. *Arch Phys Med Rehabil* 2004, 85:290–297
29. SKELTON DA, GREIG CA, DAVIES JM, YOUNG A. Strength, power, and related functional ability of healthy people aged 65–89 years. *Age Ageing* 1994, 23:371–377
30. BASSEY EJ, FIATARONE MA, O'NEILL EF, KELLY M, EVANS WJ, LIPSITZ LA. Leg extensor power and functional performance in very old men and women. *Clin Sci* 1992, 82:321–327
31. EARLES DR, JUDGE JO, GUNNARSSON OT. Velocity training induces power-specific adaptations in highly functioning older adults. *Arch Phys Med Rehabil* 2000, 82:872–878
32. BEAN JF, KIELY DK, HERMAN S, LEVEILLE SG, MIZER K, FRONTERA WR ET AL. The relationship between leg power and physical performance in mobility-limited older people. *J Am Geriatr Soc* 2002, 50:461–467
33. PONICHTERA-MULCARE A, GLASER RA, MATHEWS T, CAMAIONE DN. Maximal aerobic exercise in persons with multiple sclerosis. *Clin Kinesiol* 1993, 46:12–21
34. NG A, KENT-BRAUN JA. Quantitation of lower physical activity in persons with multiple sclerosis. *Med Sci Sports Exerc* 1997, 29:517–523
35. KLEFBECK B, NEDJAD HAMRAH J. Effect of inspiratory muscle

- training in patients with multiple sclerosis. *Arch Phys Med Rehabil* 2003, 84:994–999
36. CHIARA T, MARTIN D, DAVENPORT P, BOLSER D. Expiratory muscle strength training in persons with multiple sclerosis having mild to moderate disability: Effect on maximal expiratory pressure, pulmonary function and maximal voluntary cough. *Arch Phys Med Rehabil* 2006, 87:468–473
 37. OLGATI R, GIRR A, HUGI L, HAEGI V. Respiratory muscle training in multiple sclerosis: A pilot study. *Schweiz Arch Neurol Psychiatr* 1988, 140:46–50
 38. SMELTZER SC, LAVIETES MH, COOK SD. Expiratory training in multiple sclerosis. *Arch Phys Med Rehabil* 1996, 77:909–912
 39. GOSSELINK R, KOVACS P, KETELAER P, CARTON H, DECRAMER P. Respiratory muscle weakness and respiratory muscle training in severely disabled multiple sclerosis patients. *Arch Phys Med Rehabil* 2000, 81:747–751
 40. BERKMAN LF, SEEMAN TE, ALBERT M, BLAZER D, KAHN R, MOHS R ET AL. High, usual and impaired functioning in community-dwelling older men and women: Findings from the McArthur Foundation Research Network on Successful Aging. *J Clin Epidemiol* 1993, 46:1129–1140
 41. BLOMQUIST KB, DANNER F. Effects of physical conditioning on information-processing efficiency. *Percept Mot Skills* 1987, 65:175–186
 42. ROGERS RL, MEYER JS, MORTEL KF. After reaching retirement age physical activity sustains cerebral perfusion and cognition. *J Am Geriatr Soc* 1990, 38:123–128
 43. HILL RD, STORANDT M, MALLEY M. The impact of long-term exercise training on psychological function in older adults. *J Gerontol* 1993, 48:12–17
 44. COTMAN CW, BERCHTOLD NC. Exercise: A behavioral intervention to enhance brain health and plasticity. *Trends Neurosci* 2002, 25:295–301
 45. BARDE A. Neurotrophins: A family of proteins supporting the survival of neurons. *Prog Clin Biol Res* 1994, 390:45–56
 46. LINDVALL O, KOKAIA Z, BENGZON J, ELMER E, KOKAIA M. Neurotrophins and brain insults. *Trends Neurosci* 1994, 17:490–496
 47. YOUNG D, LAWLOR PA, LEONE P, DRAGUNOW M, DURING MJ. Environmental enrichment inhibits spontaneous apoptosis, prevents seizures and is neuroprotective. *Nat Med* 1999, 5:448–453
 48. ESCORIHUELA RM, TOBENA A, FERNANDEZ-TERUEL A. Environmental enrichment and postnatal handling prevent spatial learning deficits in aged hypoemotional (Roman high-avoidance) and hyperemotional (Roman low-avoidance) rats. *Learn Mem* 1995, 2:40–48
 49. GOLD SM, KARL-HEINZ S, HARTMAN S, MLADEK M, LANG UE, HELLWEG R ET AL. Basal serum levels and reactivity of nerve growth factor and brain-derived neurotrophic factor to standardized acute exercise in multiple sclerosis and controls. *J Neuroimmunol* 2003, 138:99–105
 50. VAN PRAAG H, CHRISTIE BR, SEJNOWSKI TJ, GAGE FH. Running enhances neurogenesis, learning, and long-term potentiation in mice. *Proc Natl Acad Sci USA* 1999, 96:13427–13431
 51. PARISER G, MANDRAS D, WEISS E. Outcomes of an aquatic exercise program including aerobic capacity, lactate threshold, and fatigue in two individuals with multiple sclerosis. *J Neurol Phys Ther* 2006, 30:82–90
 52. GUTHRIE TC, NELSON DA. Influence of temperature changes on multiple sclerosis: Critical review of mechanisms and research potential. *J Neurol Sci* 1995, 129:1–8
 53. HEESSEN C, GOLD SM, HORTMANN S, MLADEK M, REER R, BRAUMANN KM ET AL. Endocrine and cytokine responses to standardised physical stress in multiple sclerosis. *Brain Behav Immun* 2003, 17:473–481
- Corresponding author:*
- S. Tokmakidis, Department of Sports and Exercise Science, Democritus University of Thrace, GR-691 00 Komotini, Greece
e-mail: stokmaki@phyed.duth.gr