

Η επίδραση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου στην αθλητική απόδοση

ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΥ ΚΟΚΚΙΝΙΔΗ και ΣΑΒΒΑ ΤΟΚΜΑΚΙΔΗ

*Εργαστήριο Φυσικής Αγωγής και Άθλησης
Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού
Δημοκριτείου Πανεπιστημίου Θράκης*

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΚΟΚΚΙΝΙΔΗΣ Ε. και ΤΟΚΜΑΚΙΔΗΣ Σ. Η επίδραση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου στην αθλητική απόδοση. *Κινησιολογία*, Τομ. 2, Νο 2, σελ. 92-102, 1997 Ένα φαινόμενο το οποίο παρατηρείται συχνά σε αθλητές που γυμνάζονται με ασκήσεις υψηλής έντασης καθώς και σε αγύμναστα άτομα που συμμετέχουν σποραδικά σε αθλητικές δραστηριότητες είναι ο καθυστερημένος μυϊκός πόνος (ΚΜΠ). Ο ΚΜΠ εμφανίζεται συνήθως 24 ώρες μετά την άσκηση και κορυφώνεται μεταξύ 24 και 72 ώρες μετά το τέλος της άσκησης. Οι πιο πολλοί ασκούμενοι δεν το θεωρούν τίποτε περισσότερο από μια ενοχλητική αίσθηση και δεν μπορούν να φανταστούν ίσως ότι επηρεάζει αρνητικά την απόδοσή τους. Τα τελευταία χρόνια ένας σημαντικός αριθμός ερευνητών έχει αναφέρει ότι ο ΚΜΠ μπορεί να επηρεάσει αρνητικά διάφορους παράγοντες της αθλητικής απόδοσης. Έχει αναφερθεί ότι 48 ώρες μετά από άσκηση που προκάλεσε ΚΜΠ υπήρξε μείωση της δρομικής οικονομίας. Άλλοι ερευνητές παρατήρησαν ότι μετά από έκκεντρες συστολές που προκάλεσαν ΚΜΠ υπήρξε σημαντική καθυστέρηση στην αναπλήρωση των αποθεμάτων του μυϊκού γλυκογόνου (μείωση 15-45%) μέχρι και για 10 ημέρες μετά την άσκηση. Επίσης έχει αναφερθεί ότι κατά τη διάρκεια του ΚΜΠ υπάρχει σημαντική πτώση του εύρους κίνησης καθώς και της μυϊκής δύναμης (έκκεντρης, ισομετρικής, μειομετρικής). Η πτώση της δύναμης φτάνει το 50% το πρώτο μετασκησιακό 24ωρο. Είναι εμφανές λοιπόν ότι ο ΚΜΠ μπορεί να επηρεάσει αρνητικά διάφορους παράγοντες της αθλητικής απόδοσης, γι' αυτό είναι απαραίτητο να εξεταστούν οι δυνατότητες πρόληψης και αντιμετώπισης αυτού του φαινομένου.

Λέξεις κλειδιά: ΜΥΪΚΟΣ ΠΟΝΟΣ, ΕΚΚΕΝΤΡΗ ΑΣΚΗΣΗ, ΑΘΛΗΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ

Ένα φαινόμενο το οποίο παρατηρείται συχνά σε αθλητές που γυμνάζονται με ασκήσεις υψηλής έντασης καθώς και σε αγύμναστα άτομα που συμμετέχουν σποραδικά σε αθλητικές δραστηριότητες και καταβάλλουν έντονη προσπάθεια είναι ο μυϊκός πόνος. Υπάρχουν δύο είδη μυϊκού πόνου για τα οποία παραπονούνται συνήθως οι αθλούμενοι. Τα δύο αυτά είδη, που έχουν διαφορετικά αίτια εμφάνισης, είναι ο προσωρινός πόνος και ο καθυστερημένος μυϊκός πόνος (ΚΜΠ).

Ο προσωρινός πόνος εμφανίζεται μετά από άσκηση μικρής διάρκειας και υψηλής έντασης και εξαφανίζεται μετά από λίγο χωρίς να δημιουργεί ιδιαίτερη ενόχληση στον ασκούμενο. Παρόλο που υπάρχει η εντύπωση ότι το γαλακτικό οξύ προκαλεί αυτού του είδους τον πόνο, τελευταίες έρευνες βρήκαν ότι ένας συνδυασμός οξέων, ιόντων, πρωτεϊνών και ορμονών συντελούν για την πρόκληση του προσωρινού μυϊκού πόνου (Miles and Clarkson 1994).

Ο ΚΜΠ εμφανίζεται συνήθως 24 ώρες μετά την άσκηση και κορυφώνεται μεταξύ 24 και 72 ωρών μετά το τέλος της άσκησης (Clarkson et al. 1992). Ο ΚΜΠ χαρακτηρίζεται από πιάσιμο των μυών, άλγος, μειωμένο εύρος κίνησης, πτώση της μυϊκής απόδοσης καθώς και από αυξημένα επίπεδα μυϊκών ενζύμων στο αίμα, κυρίως κρεατινοκινάση (ένζυμο που αποτελεί δείκτη μυϊκής βλάβης) (Ebbeling and Clarkson 1989).

Παρόλο που ένας μεγάλος αριθμός μελετών έχει πραγματοποιηθεί στο συγκεκριμένο θέμα, ο ακριβής μηχανισμός που προκαλεί την καθυστερημένη εμφάνιση του πόνου δεν έχει διασαφηνιστεί. Το 1902, ο Hough πρότεινε ότι η καθυστερημένη εμφάνιση του πόνου οφείλεται σε κάποιο είδος ρήξης μέσα στο μυ. Τα τελευταία 20 χρόνια, με τη χρήση εξελιγμένων βιοχημικών και ιστολογικών τεχνικών, η παραπάνω υπόθεση του Hough έχει επιβεβαιωθεί. Οι Friden et al. (1981), χρησιμοποιώντας την τεχνική της μυϊκής βιοψίας, ανέλυσαν μορφολογικά δείγματα από τον υποκνημίδιο μυ ανδρών που υπέφεραν από ΚΜΠ. Τα αποτελέσματα της εργασίας τους έδειξαν ότι υπήρξε παραμόρφωση των μυοϊνιδίων, ειδικότερα της γραμμής Z. Πρόσφατα ερευνητικά ευρήματα δείχνουν μάλιστα ότι η μυϊκή βλάβη οδηγεί στη δημιουργία μιας φλεγμονώδους κατάστασης παρόμοιας με αυτής που παρατηρείται σε οξείες αθλητικές κακώσεις (Smith 1991).

Το 1956 ο Asmussen βρήκε ότι συστολές κυρίως έκκεντρης μορφής και όχι μειομετρικής ή ισομετρικής μορφής, προκαλούν την αίσθηση του ΚΜΠ. Ένας μεγάλος αριθμός ερευνητών έχει επιβεβαιώσει τα παραπάνω ευρήματα (Armstrong 1984, Newham et al. 1983, Talag 1973). Η εμφάνιση του ΚΜΠ μετά από έκκεντρες συστολές οφείλεται πιθανότατα στο γεγονός ότι λιγότερες κινητικές μονάδες (και κατά επέκταση μυϊκές ίνες) ενεργοποιούνται κατά τη διάρκεια έκκεντρης άσκησης σε σχέση με μειομετρική άσκηση παρόμοιου έργου (Asmussen 1956). Το γεγονός ότι μεγαλύτερη δύναμη παράγεται ανά μυϊκή ίνα κατά την έκκεντρη συστολή δημιουργεί μια κατάσταση όπου σχετικά λίγες ίνες επιστρατεύονται για την παραγωγή σχετικά μεγάλων δυνάμεων. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα οι αριθμητικά λιγότερες μυϊκές ίνες να μην αντέχουν την μεγάλη επιβάρυνση και να δημιουργείται μυϊκή βλάβη και πόνος (Newham et al. 1983).

Ένας μεγάλος αριθμός κινήσεων σε πολλά αθλήματα (μαραθώνιος, ορειβασία, πολεμικές τέχνες) περιλαμβάνουν έκκεντρες συστολές. Ασκήσεις όπως το κατέβασμα ενός βάρους, το τρέξιμο σε κατηφόρα καθώς και οι κάμψεις και οι κοιλιακοί περιλαμβάνουν επίσης έκκεντρες συστολές. Συνήθως οι κινήσεις προς την κατεύθυνση της βαρύτητας (π.χ. κίνηση για την απορρόφηση κραδασμών) είναι έκκεντρης μορφής, ενώ αντίθετα οι κινήσεις ενάντια στη βαρύτητα είναι μειομετρικής μορφής (Stauber 1989). Επίσης σε αγωνίσματα του στίβου όπως για παράδειγμα στα άλματα και στις ρίψεις οι αθλητές εκτελούν συχνά έκκεντρες συστολές σε συνδυασμό με πολύ γρήγορες μειομετρικές (πλειομετρική κίνηση).

Είναι εμφανές λοιπόν ότι οι έκκεντρες συστολές απαντούν πολύ συχνά σε διάφορα αθλήματα καθώς και σε πολλές μορφές άσκησης και γι' αυτό το λόγο ο ΚΜΠ είναι ένα τόσο συχνό φαινόμενο. Παρόλο που ο ΚΜΠ είναι ένα τόσο συνηθισμένο φαινόμενο ελάχιστοι αθλητές και προπονητές το αντιμετωπίζουν σαν κάτι που μπορεί να επηρεάσει την αθλητική απόδοση.

Τα τελευταία χρόνια αρκετοί ερευνητές έχουν εξετάσει την επίδραση του ΚΜΠ στην αθλητική απόδοση. Τα αποτελέσματα αυτών των ερευνών προτείνουν ότι ο ΚΜΠ επηρεάζει αρνητικά αρκετούς παράγοντες της αθλητικής απόδοσης (μυϊκή δύναμη, εύρος κίνησης, ανασύνθεση γλυκογόνου, νευρομυϊκή συναρμογή). Συνήθως η αύξηση του ΚΜΠ και της μυϊκής βλάβης προκαλούν μεγαλύτερη πτώση της αθλητικής απόδοσης. Παράγοντες όπως η φυσική κατάσταση των ασκούμενων και η ηλικία επηρεάζουν το βαθμό αύξησης του ΚΜΠ και της μυϊκής βλάβης και θα πρέπει να ελέγχονται σε μελέτες σχετικά με το φαινόμενο του ΚΜΠ. Ενδοατομικές διαφορές στην μέτρηση του ΚΜΠ είναι πιθανό να οφείλονται στη μέθοδο αξιολόγησης του ΚΜΠ η οποία συνήθως πραγματοποιείται με ερωτηματολόγια. Ανεξάρτητα από πιθανές διαφορές από άτομο σε άτομο ο ΚΜΠ επηρεάζει σημαντικά διάφορους παράγοντες της απόδοσης των αθλητών. Σκοπός αυτής της ανασκόπησης είναι να εξετάσει ποιους παράγοντες της αθλητικής απόδοσης επηρεάζει ο ΚΜΠ, σε ποιο βαθμό, και ποια είναι η διάρκεια αυτής της επίδρασης.

Καθυστερημένος Μυϊκός Πόνος και Απόδοση

Το φαινόμενο του ΚΜΠ και οι παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση των αθλητών κατά τη διάρκεια που εμφανίζεται το μυϊκό άλγος έχουν αποτελέσει αντικείμενο πολύπλευρης έρευνας. Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται συνοπτικά οι παράγοντες που έχουν μελετηθεί από διάφορους μελετητές καθώς και οι επιδράσεις που απορρέουν από τον ΚΜΠ στον καθένα από αυτούς, όπως είναι η νευρομυϊκή απόδοση, το εύρος κίνησης, η βιομηχανική της κίνησης, η δράση της ινσουλίνης, η ανασύνθεση του μυϊκού γλυκογόνου, η δρομική οικονομία, η μυϊκή δύναμη και η αλτική ικανότητα.

Νευρομυϊκή Απόδοση. Είναι γνωστό ότι μέσα στο μυϊκό και το συνδεδετικό ιστό βρίσκονται διάφοροι κεντρομόλοι υποδοχείς (μυϊκή άτρακτος, τενόντιο όργανο Golgi) οι οποίοι μεταδίδουν πληροφορίες στο Κεντρικό Νευρικό Σύστημα (ΚΝΣ).

Οι Saxton et al. (1995) υπέθεσαν ότι η έκκεντρη άσκηση προκαλεί βλάβη στους κεντρομόλους υποδοχείς γεγονός που επηρεάζει αρνητικά τη νευρομυϊκή λειτουργία. Στην εργασία αυτών των ερευνητών 6 άνδρες και 6 γυναίκες εκτέλεσαν 50 μέγιστες έκκεντρες συστολές με το ένα χέρι (πειραματικό χέρι). Το άλλο χέρι χρησιμοποιήθηκε σαν χέρι ελέγχου. Η έκκεντρη άσκηση προκάλεσε μυϊκό πόνο, πτώση της μέγιστης δύναμης και περιορισμό του εύρους κίνησης. Για να ελέγξουν της νευρομυϊκή λειτουργία οι ερευνητές έβαλαν όλα τα άτομα να παράγουν ισομετρική δύναμη ίση με το 35% του μέγιστού τους, χρησιμοποιώντας το χέρι ελέγχου. Ένας ειδικός δείκτης, του μηχανήματος μέτρησης της δύναμης (μετρητής τάσης) ανατροφοδοτούσε οπτικές πληροφορίες στους συμμετέχοντες για να πετύχουν το 35% του μέγιστού τους. Ταυτόχρονα τα άτομα προσπαθούσαν να παράγουν με το πειραματικό χέρι τον ίδιο βαθμό δύναμης που παρήγαγε και το χέρι ελέγχου (35%). Διαπιστώθηκε ότι οι συμμετέχοντες δεν μπορούσαν να αναπτύξουν τον ίδιο βαθμό δύναμης (35%) με το πειραματικό χέρι. Όλα τα άτομα παρήγαγαν σημαντικά λιγότερη δύναμη, γι' αυτό οι ερευνητές συμπέραναν ότι η έκκεντρη άσκηση επηρέασε αρνητικά τη νευρομυϊκή λειτουργία. Σε παρόμοια συμπεράσματα κατέληξαν και οι Carlson et al. (1995).

Πίνακας 1. Η επίδραση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου (ΚΜΠ) στην απόδοση.

Πηγή	Παράγοντες	Επίδραση
Saxton et al. (1995)	Νευρομυϊκή απόδοση	Πτώση της νευρομυϊκής απόδοσης
Cleak & Eston (1992)	Εύρος κίνησης	Μείωση της κάμψης του αντιβραχίου 26°, 4 ημέρες μετά το έκκεντρο ασκησιολόγιο
Hamill et al. (1991)	Βιομηχανική της κίνησης	Μείωση της κάμψης του γόνατου και του ισχίου κατά το τρέξιμο (φάση στήριξης)
Lash et al. (1988)	Δράση ινσουλίνης	Μείωση της ευαισθησίας του οργανισμού σε ινσουλίνη κατά 40%
O' Reilly et al. (1987)	Μυϊκό γλυκογόνο	Μείωση της επανασύνθεσης γλυκογόνου 43%, 10 ημέρες μετά την άσκηση
Wilcox et al. (1983)	Δρομική οικονομία	Μείωση της δρομικής οικονομίας 3.5% 24 ώρες μετά την άσκηση
Golden & Dudley (1992)	Μυϊκή δύναμη	Πτώση της ισοκινητικής δύναμης 43% 48 ώρες μετά την άσκηση
Tokmakidis & Kokkinidis (1997)	Αλτική ικανότητα	Περιορισμός της αλτικότητας κατά 10% 48 ώρες μετά το ασκησιολόγιο

Ο Saxton και οι συνεργάτες του διαπίστωσαν ακόμη ότι όταν οι συμμετέχοντες πραγματοποιούσαν κάμψη του αντιβραχίου με το χέρι ελέγχου σε μια δεδομένη γωνία (60° 90° ή 120° μοίρες), στη συνέχεια δεν μπορούσαν να σχηματίσουν την ίδια γωνία (έχοντας κλειστά τα μάτια) με το πειραματικό χέρι. Όλα τα άτομα παρήγαγαν μεγαλύτερο εύρος κάμψης με το πειραματικό χέρι από το εύρος που είχε παράγει το χέρι ελέγχου. Από τα ευρήματα που παρουσιάστηκαν γίνεται εμφανές ότι κατά την περίοδο του ΚΜΠ επηρεάζεται αρνητικά η νευρομυϊκή λειτουργία. Ένα τέτοιο γεγονός μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την απόδοση ενός αθλητή ειδικά σε αγωνίσματα που απαιτείται υψηλός βαθμός κινητικού ελέγχου (Saxton et al. 1995).

Εύρος Κίνησης. Αρκετοί ερευνητές έχουν αναφέρει μείωση του εύρους κίνησης κατά την περίοδο που οι αθλούμενοι αντιμετωπίζουν ΚΜΠ. Οι Jones et al. (1987) διαπίστωσαν ότι μετά από έκκεντρη άσκηση των καμπτήρων του αντιβραχίου το εύρος κίνησης ηρεμίας μειώθηκε από 6° έως 20° μοίρες σε όλους τους συμμετέχοντες. Αυτή η μείωση διήρκεσε για 6 με 7 ημέρες. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρθηκαν και από τους Yackzan et al. (1984).

Σε μια πρόσφατη μελέτη οι Cleak και Eston (1992) ανέφεραν ότι μετά από έκκεντρη άσκηση που προκάλεσε ΚΜΠ παρουσιάστηκε μείωση στο εύρος κίνησης ηρεμίας (-26° μοίρες) η οποία κορυφώθηκε 4 ημέρες μετά το

ασκησιολόγιο. Αυτός ο περιορισμός στο εύρος κίνησης διήρκεσε για 10 ημέρες.

Από το σύνολο των εργασιών γίνεται εμφανές ότι ασκήσεις που προκαλούν ΚΜΠ μπορούν να περιορίσουν σημαντικά το εύρος κίνησης. Αυτή η μείωση μπορεί να διαρκέσει για ένα σημαντικό χρονικό διάστημα (10 ημέρες) [Cleak and Eston 1992]. Είναι πιθανό η απόδοση του αθλητή να επηρεάζεται αρνητικά από αυτή τη μείωση του εύρους κίνησης. Την παραπάνω υπόθεση στηρίζουν τα ευρήματα των Tokmakidis et al. (1994) σύμφωνα με τα οποία οι συνεχείς επαναλαμβανόμενες έκκεντρες κινήσεις των κάτω άκρων από αθλητές υπερμαραθωνίων αποστάσεων (δρομείς Σπαρτάθλου) προκάλεσαν δυσκαμψία στους μύς των κάτω άκρων. Οι δρομείς που παρουσίασαν το μεγαλύτερο ρυθμό ανάπτυξης της δυσκαμψίας έτρεξαν τα λιγότερα χιλιόμετρα.

Βιομηχανική της Κίνησης. Τα τελευταία χρόνια ορισμένοι ερευνητές έχουν αρχίσει να εξετάζουν την επίδραση που έχει ο ΚΜΠ στη βιομηχανική της κίνησης κατά τη διάρκεια του τρεξίματος. Οι Hamill et al. (1991) βρήκαν ότι 3 και 5 ημέρες μετά από άσκηση που προκάλεσε ΚΜΠ (τρέξιμο σε κατηφόρα με ταχύτητα που αντιστοιχούσε σε 80% της VO_2max) παρατηρήθηκε μια σημαντική μείωση της μέγιστης κάμψης του γονάτου (από 43.77° σε 40.88°) καθώς και της μέγιστης κάμψης του ισχίου (από 18.31° σε 14.73°) κατά τη φάση της στήριξης (support phase). Κατά τη διάρκεια του τρεξίματος στη φάση της στήριξης η κάμψη του γονάτου και του ισχίου βοηθούν στην απορρόφηση των κραδασμών. Μείωση της κάμψης στο ισχίο και στο γόνατο έχει σαν αποτέλεσμα να ελαττώνεται η ικανότητα του αθλητή να απορροφάει αποτελεσματικά τους κραδασμούς, γεγονός που μπορεί να προδιαθέσει σε τραυματισμό.

Σε μία άλλη εργασία οι Harris et al. (1990) ανέφεραν μείωση του μήκους διασκελισμού από 2.39 μέτρα (πριν την άσκηση) σε 2.23 μέτρα, 76 ώρες μετά από έκκεντρη άσκηση που προκάλεσε σημαντικό ΚΜΠ. Παρόμοια ευρήματα αναφέρθηκαν και από τον Nelson (1990).

Είναι εμφανές λοιπόν ότι ο ΚΜΠ επηρεάζει σημαντικά την βιομηχανική της κίνησης κατά τη διάρκεια του τρεξίματος. Υπάρχουν ενδείξεις ότι αυτό μπορεί να συμβαίνει και για άλλα αθλήματα. Οι O'Connor et al. (1991) ανέφεραν ότι μετά από προπόνηση κολύμβησης αυξημένης διάρκειας, που προκάλεσε ΚΜΠ, μειώθηκε το μήκος της χεριάς σε κολυμβητές. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα να αναγκαστούν οι κολυμβητές να αυξήσουν τη συχνότητα της χεριάς για να καλύψουν μια δεδομένη απόσταση (182.5 μέτρα). Είναι απαραίτητο λοιπόν να εξεταστεί αν ο ΚΜΠ επηρεάζει σημαντικά τη βιομηχανική της κίνησης και σε άλλα αγωνίσματα.

Δράση της Ινσουλίνης. Ορισμένες πρόσφατες εργασίες έχουν προτείνει ότι η μείωση στην επανασύνθεση του γλυκογόνου οφείλεται στην επίδραση που έχει η έκκεντρη άσκηση στην ινσουλίνη. Ο Lash και οι συνεργάτες του (1988) ανέφεραν ότι άτομα τα οποία αντιμετωπίζουν ΚΜΠ μετά από έκκεντρη άσκηση χρειάζονται 40% περισσότερη ινσουλίνη (από ότι άτομα που γυμνάστηκαν μειομετρικά και δεν έχουν ΚΜΠ), για τη μεταφορά της γλυκόζης από την κυκλοφορία στους διάφορους ιστούς. Οι Kirwan et al. (1991) βρήκαν ότι άσκηση έκκεντρης μορφής προκάλεσε μεγαλύτερη αύξηση στην ινσουλίνη κατά την περίοδο της υπεργλυκαιμίας (χορήγηση γλυκόζης μέσω καθετήρα)

από ότι η μειομετρική άσκηση. Αυτή η αύξηση της ινσουλίνης μετά το έκκεντρο ασκησιολόγιο δε συνοδεύεται όμως και από αυξημένη αποθήκευση γλυκόζης στους μύς, γι' αυτό οι ερευνητές συμπέραναν ότι άσκηση έκκεντρης μορφής που προκαλεί ΚΜΠ μειώνει την ευαισθησία του οργανισμού στην ινσουλίνη. Παρόμοια ευρήματα αναφέρθηκαν και από τους King et al. (1993).

Από το σύνολο των αποτελεσμάτων φαίνεται ότι η έκκεντρη άσκηση μειώνει την ευαισθησία του οργανισμού στην ινσουλίνη. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μεταφέρεται λιγότερη ποσότητα γλυκόζης στα μυϊκά κύτταρα γεγονός που πιθανόν συντελεί σημαντικά στη μειωμένη επανασύνθεση του γλυκογόνου μετά από έκκεντρη άσκηση.

Επανασύνθεση Γλυκογόνου. Είναι γνωστό ότι τα επίπεδα του γλυκογόνου επηρεάζουν σημαντικά την απόδοση σε αθλήματα αντοχής (Costill and Miller 1980). Η εξάντληση του μυϊκού γλυκογόνου κατά τη διάρκεια της άσκησης σχετίζεται με την εμφάνιση της κόπωσης (Blom et al. 1987), γι' αυτό το λόγο αθλητές αντοχής καταναλώνουν σημαντικές ποσότητες υδατανθράκων. Τα τελευταία χρόνια έχει προταθεί ότι ασκήσεις με έκκεντρο στοιχείο που προκαλούν μυϊκή βλάβη και ΚΜΠ μπορούν να εμποδίσουν την επανασύνθεση του γλυκογόνου για αρκετές ημέρες αργότερα.

Σε μια μελέτη των Kuipers et al. (1985) άσκηση έκκεντρης μορφής σε ένα κυκλοεργόμετρο προκάλεσε σημαντική μείωση των αποθεμάτων του μυϊκού γλυκογόνου του έξω πλατύ μυ 24 ώρες αργότερα.

Σε μια άλλη έρευνα οι O'Reilly et al. (1987) εξέτασαν την επίδραση που είχαν 45 λεπτά έκκεντρης άσκησης σε κυκλοεργόμετρο, στα επίπεδα του μυϊκού γλυκογόνου του έξω πλατύ μυ, αμέσως μετά την άσκηση και 10 ημέρες αργότερα. Το έκκεντρο πρωτόκολλο προκάλεσε σημαντικό ΚΜΠ καθώς και μυϊκή βλάβη για 10 ημέρες. Τα επίπεδα του γλυκογόνου πριν την άσκηση ήταν 85 mmol/kg υγρού μυός. Το ασκησιολόγιο προκάλεσε 39% μείωση σε αυτά τα αποθέματα. Δέκα ημέρες μετά την άσκηση τα επίπεδα του γλυκογόνου ήταν 37 mmol/kg υγρού μυός δηλαδή ήταν 43% χαμηλότερα σε σχέση με πριν την άσκηση, παρά το γεγονός ότι σε όλη αυτή την περίοδο τα άτομα δεν γυμνάζονταν, και κατανάλωναν δίαιτα σχετικά πλούσια σε υδατάνθρακες (54% των συνολικών θερμίδων).

Παρόμοια ευρήματα αναφέρθηκαν και από τους Widrick et al. (1992). Σε αυτή τη μελέτη 8 άνδρες γύμνασαν έκκεντρα το ένα τους το πόδι και μειομετρικά το άλλο. Εικοσιτέσσερις ώρες μετά το ασκησιολόγιο το έκκεντρο πόδι περιείχε 15% λιγότερο γλυκογόνο από ότι το μειομετρικό πόδι. Εβδομήντα δύο ώρες μετά την άσκηση αυτή η διαφορά αυξήθηκε στο 24%.

Είναι λοιπόν εμφανές από το σύνολο των ερευνών ότι η έκκεντρη άσκηση εμποδίζει την επανασύνθεση του γλυκογόνου για ένα σημαντικό χρονικό διάστημα. Αυτό το οποίο δεν είναι ξεκάθαρο είναι βάσει ποιού μηχανισμού προκαλείται αυτό το φαινόμενο.

Μέχρι στιγμής ωστόσο, καμία ερευνητική εργασία δεν έχει εξετάσει αν η καθυστέρηση στην επαναπλήρωση των αποθεμάτων του γλυκογόνου και η μειωμένη ευαισθησία του οργανισμού στην ινσουλίνη μετά από έκκεντρη άσκηση μπορούν να επηρεάσουν την απόδοση σε αθλήματα αντοχής. Είναι απαραίτητο, λοιπόν, να πραγματοποιηθούν μελέτες προς αυτήν την κατεύθυνση.

Δρομική Οικονομία. Ένας σημαντικός παράγοντας απόδοσης σε αγωνίσματα αντοχής όπως το τρέξιμο, είναι η δρομική οικονομία. Δρομική οικονομία είναι η ικανότητα ενός ατόμου να χρησιμοποιεί τη μικρότερη δυνατή ποσότητα οξυγόνου για να τρέξει σε μια υπομέγιστη ταχύτητα (Williams et al. 1991).

Τα τελευταία χρόνια ένας περιορισμένος αριθμός ερευνητών έχει εξετάσει την πιθανή επίδραση του ΚΜΠ στη δρομική οικονομία. Οι Hamill et al. (1991) υπέθεσαν ότι ο ΚΜΠ και η μυϊκή βλάβη μπορεί να αλλάξουν την μηχανική στο τρέξιμο των αθλητών (μείωση του μήκους διασκελισμού - αύξηση στη συχνότητα διασκελισμού) με αποτέλεσμα να αυξηθεί και η κατανάλωση οξυγόνου. Σε αυτή την εργασία 14 γυναίκες έτρεξαν σε ένα δαπεδοεργόμετρο με αρνητική κλίση για 30 λεπτά, με σκοπό να προκληθεί ΚΜΠ. Η πρόκληση μυϊκού πόνου για 5 ημέρες μετά την άσκηση δεν είχε καμία επίδραση στη δρομική οικονομία. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρθηκαν και από τους Harris et al. (1992).

Διαφορετικά ευρήματα όμως παρουσιάστηκαν στην εργασία των Wilcox et al. (1989). Σε αυτή τη μελέτη 11 άτομα έτρεξαν για 30 λεπτά σε ένα δαπεδοεργόμετρο με αρνητική κλίση. Η δρομική οικονομία αξιολογήθηκε κατά τη διάρκεια τρεξίματος σε επίπεδο μια μέρα πριν από την άσκηση στην κατηφόρα, καθώς και 24, 48 και 72 ώρες αργότερα. Η άσκηση στην κατηφόρα προκάλεσε σημαντική μείωση της δρομικής οικονομίας. Περισσότερο οξυγόνο καταναλώθηκε όταν τα άτομα έτρεξαν σε επίπεδο για 3 ημέρες μετά.

Ενδιαφέροντα αποτελέσματα αναφέρθηκαν σε μια μελέτη των Hone et al. (1990). Σε αυτή την εργασία το τρέξιμο σε κατηφόρα προκάλεσε μεγάλες μεταβολές στη βιομηχανική της κίνησης και στη δρομική οικονομία σε ορισμένα άτομα ενώ σε άλλα δεν παρατηρήθηκε καμία μεταβολή. Οι ερευνητές πρότειναν ότι ορισμένα άτομα μπορεί να ήταν προσαρμοσμένα μυϊκά λόγω προπόνησης για να τρέξουν σε κατηφόρα και γι' αυτό δεν μεταβλήθηκε σε αυτά τα άτομα η δρομική οικονομία. Αντίθετα, στα άτομα που δεν παρουσίαζαν τέτοιου είδους προσαρμογή παρατηρήθηκαν σημαντικές μεταβολές.

Τα αποτελέσματα από τις δύο τελευταίες εργασίες προτείνουν ότι είναι πιθανό ο ΚΜΠ να επηρεάζει τη δρομική οικονομία, αλλά αυτό το γεγονός μπορεί να εξαρτάται από το μέγεθος του ΚΜΠ και της μυϊκής βλάβης που έχει υποστεί ο αθλούμενος.

Μυϊκή Δύναμη. Είναι γνωστό ότι η μυϊκή δύναμη είναι ένας από τους πιο σημαντικούς δείκτες της φυσικής κατάστασης και αποτελεί έναν παράγοντα που καθορίζει σημαντικά την απόδοση σε πολλά αθλήματα. Ένας μεγάλος αριθμός εργασιών έχει εξετάσει την επίδραση που έχει ο ΚΜΠ σε διάφορες μορφές δύναμης (ισομετρική, έκκεντρη, μειομετρική, ισοκινητική).

Οι Nosaka και Clarkson (1992) ανέφεραν πτώση της μέγιστης ισομετρικής δύναμης κατά 48% αμέσως μετά από ένα έκκεντρο ασκησιολόγιο για τους καμπτήρες του αγκώνα. Πέντε ημέρες μετά την άσκηση η δύναμη παρέμεινε σημαντικά μειωμένη. Σε μια άλλη εργασία οι Golden και Dudley (1992) βρήκαν ότι η ισοκινητική δύναμη ήταν μειωμένη κατά 43% 48 ώρες μετά από άσκηση έκκεντρης μορφής.

Σε μια πρόσφατη μελέτη ο Kokkinidis (1993) προκάλεσε ΚΜΠ στους ισχιοκνημιαίους 12 ανδρών και εξέτασε την πτώση της μειομετρικής δύναμης

για 48 ώρες μετά την άσκηση. Αμέσως μετά το έκκεντρο ασκησιολόγιο παρατηρήθηκε μείωση 35% στη μέγιστη μειομετρική δύναμη. Εικοσι-τέσσερις και σαρανταοκτώ ώρες μετά την άσκηση η μείωση αυτή ήταν 18% και 23%, αντίστοιχα.

Οι Clarkson et al. (1992) ανέφεραν ότι αμέσως μετά από έκκεντρη άσκηση των καμπτήρων του αντιβράχιου παρατηρήθηκε μείωση της μέγιστης ισομετρικής δύναμης κατά 50%. Δέκα ημέρες μετά την άσκηση η δύναμη δεν είχε επανέρθει σε φυσιολογικά επίπεδα. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρθηκαν και από τους Cleak και Eston (1992).

Από ευρήματα που έχουν παρατεθεί παραπάνω γίνεται εμφανές ότι μετά από έκκεντρη άσκηση που προκαλεί ΚΜΠ παρουσιάζεται μια σημαντική μείωση της δύναμης η οποία μπορεί να ξεπεράσει το 50%.

Μια τέτοια μεγάλη και παρατεταμένη μείωση της δύναμης είναι πιθανό να επηρεάζει αρνητικά την απόδοση ενός αθλητή ιδιαίτερα σε αγώνισμα όπου η μέγιστη δύναμη καθορίζει σε σημαντικό βαθμό την επίδοση.

Ισχύς (Αλτική Ικανότητα). Σε ένα μεγάλο αριθμό αθλημάτων για την επίτευξη υψηλής απόδοσης είναι απαραίτητη η υψηλή παραγωγή δύναμης σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα. Υπάρχει δηλαδή ανάγκη για την παραγωγή μεγάλης ισχύος. Ένας μικρός αριθμός ερευνητών έχει εξετάσει την επίδραση που έχει ο ΚΜΠ στην ικανότητα παραγωγής ισχύος. Οι Friden et al. (1988) χρησιμοποίησαν ισοκινητικό δυναμόμετρο και βρήκαν ότι έκκεντρη άσκηση που προκάλεσε ΚΜΠ μείωσε την ισχύ του τετρακεφάλου μυός για μια εβδομάδα μετά το ασκησιολόγιο.

Μια μέθοδος για την αξιολόγηση της ισχύος αποτελεί και η μέτρηση του κατακόρυφου άλματος. Το ύψος του κατακόρυφου άλματος επηρεάζει σημαντικά την αθλητική απόδοση σε αρκετά αθλήματα (καλαθόσφαιρα, πετοσφαίριση). Οι Smith και Jackson (1990) έδειξαν ότι στην αρχή της περιόδου προετοιμασίας όπου αθλητές (αμερικάνικου ποδοσφαίρου) αντιμετώπιζαν ΚΜΠ υπήρχε μια αντίστροφη σχέση ανάμεσα στο ύψος του κατακόρυφου άλματος και την ένταση του ΚΜΠ. Όσο αυξανόταν δηλαδή ο μυϊκός πόνος τόσο μειωνόταν το ύψος του κατακόρυφου άλματος. Παρόμοια ευρήματα αναφέρθηκαν και από τους Tokmakidis και Kokkinidis (1995).

Από τις λίγες εργασίες που αναφέρθηκαν παραπάνω φαίνεται ότι ο ΚΜΠ επηρεάζει αρνητικά την ικανότητα παραγωγής ισχύος. Σίγουρα περισσότερες μελέτες χρειάζεται να πραγματοποιηθούν όμως για να τεκμηριωθεί αυτή η σχέση.

Πρακτικές Εφαρμογές

Είναι γνωστό στην ιατρική κοινότητα ότι μια βασική λειτουργία του πόνου είναι να προειδοποιεί τον οργανισμό όταν προκαλείται κάποιου είδους βλάβη. Ο ΚΜΠ εμφανίζεται όμως συνήθως 24 ώρες μετά από την έκκεντρη άσκηση σε μια περίοδο που η μυϊκή βλάβη είναι εκτεταμένη. Προβάλλει λοιπόν το ερώτημα ποιος είναι ο σκοπός του ΚΜΠ. Πρέπει οι αθλητές να ακούνε τα μηνύματα που τους στέλνει το σώμα τους και να μην ασκούνται όταν αντιμετωπίζουν ΚΜΠ ή πρέπει να αγνοούν τον πόνο και να γυμνάζονται κανονικά;

Τα τελευταία χρόνια ορισμένοι ερευνητές έχουν αρχίσει να εξετάζουν την επίδραση που έχει η άσκηση κατά την περίοδο που οι αθλούμενοι

αντιμετωπίζουν ΚΜΠ (Donnelly et al. 1992, Hasson et al. 1989, Saxton and Donnelly 1995).

Ο Hasson και οι συνεργάτες του (1989) χρησιμοποίησαν ένα ασκησιολόγιο σε βαθμιδοεργόμετρο για να προκαλέσουν ΚΜΠ και πτώση της μυϊκής απόδοσης. Εικοσιτέσσερις ώρες μετά την άσκηση οι μισοί από τους συμμετέχοντες εκτέλεσαν σε ένα ισοκίνητικό δυναμόμετρο 120 μειομετρικές συστολές σε μια γρήγορη γωνιακή ταχύτητα (300°). Οι ερευνητές παρατήρησαν ότι τα άτομα τα οποία εκτέλεσαν το μειομετρικό πρωτόκολλο παρουσίασαν χαμηλότερα επίπεδα μυϊκού πόνου και μικρότερη πτώση της δύναμης 48 ώρες μετά την άσκηση. Οι Hasson et al. (1989) υπέθεσαν ότι οι μειομετρικές συστολές μείωσαν την ενδομυϊκή πίεση και το οίδημα που προκαλούσαν το μυϊκό πόνο και τη μείωση της μυϊκής απόδοσης.

Παρόμοια ευρήματα αναφέρθηκαν και στην εργασία των Saxton και Donnelly (1995). Σε αυτή τη μελέτη οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν 70 μέγιστες έκκεντρες συστολές με τους καμπήρες του αντιβράχιου. Για τις επόμενες τέσσερις ημέρες μια ομάδα ατόμων εκτέλεσε επιπλέον 50 μειομετρικές (5x10) επαναλήψεις με ένταση 55% του μέγιστου. Στην ομάδα που εκτέλεσε το μειομετρικό πρωτόκολλο παρατηρήθηκε μικρότερη αύξηση του ΚΜΠ και της κρεατινοκινάσης (CK) καθώς και γρηγορότερη ανάκαμψη της μυϊκής δύναμης σε σχέση με την ομάδα που δεν ασκήθηκε μετά το έκκεντρο ασκησιολόγιο.

Σε μια εργασία των Donnelly et al. (1992) 18 άτομα εκτέλεσαν έκκεντρη άσκηση υψηλής έντασης η οποία προκάλεσε μυϊκή βλάβη και πόνο. Εικοσιτέσσερις ώρες μετά την άσκηση μια ομάδα ατόμων (9 άτομα) εκτέλεσε έκκεντρες ασκήσεις χαμηλής έντασης. Οι ερευνητές, δεν παρατήρησαν διαφορές ανάμεσα στις δύο ομάδες στις μετρήσεις του ΚΜΠ της δύναμης και του εύρους κίνησης. Διαπιστώθηκε όμως ότι η αύξηση της κρεατινοκινάσης (CK) ήταν μικρότερη στην ομάδα που εκτέλεσε επιπλέον έκκεντρη άσκηση χαμηλής έντασης.

Από το σύνολο των εργασιών που έχουν αναφερθεί γίνεται εμφανές ότι κατά τη διάρκεια του ΚΜΠ η επανάληψη της έκκεντρης άσκησης που προκάλεσε μυϊκή βλάβη δεν αυξάνει την αίσθηση του πόνου και το βαθμό της βλάβης. Υπάρχουν ακόμη ενδείξεις ότι άσκηση χαμηλής έντασης, κυρίως μειομετρικής μορφής, μπορεί να επιταχύνει τη διαδικασία επούλωσης και να μειώσει την αίσθηση του πόνου.

Συμπεράσματα

Από το σύνολο των ερευνητικών εργασιών που παρουσιάστηκαν παραπάνω γίνεται εμφανές ότι ο καθυστερημένος μυϊκός πόνος (ΚΜΠ) μπορεί να επηρεάσει αρνητικά αρκετούς παράγοντες που καθορίζουν την αθλητική απόδοση (Πίνακας 1). Ο ΚΜΠ μπορεί να προκαλέσει μείωση της μυϊκής δύναμης και της ισχύος, περιορισμό του εύρους κίνησης, αλλοίωση της σωστής (βιομηχανικά) εκτέλεσης μιας κίνησης, καθώς και μείωση της ευαισθησίας του οργανισμού στην ινσουλίνη. Ακόμη, ο ΚΜΠ εμποδίζει την επανασύνθεση του γλυκογόνου για αρκετές ημέρες μετά την άσκηση, μειώνει τη νευρομυϊκή απόδοση, και είναι πιθανό να επηρεάζει αρνητικά και τη δρομική οικονομία.

Εκτός όμως από μεμονωμένους τομείς της αθλητικής απόδοσης ο ΚΜΠ μπορεί να επηρεάσει και την πορεία ενός προπονητικού προγράμματος. Κατά

τη διάρκεια της προετοιμασίας σε πολλά αθλήματα (καλαθόσφαιρα, ποδόσφαιρο, πετοσφαίριση) υπάρχει η ανάγκη εκμάθησης νέων τεχνικών. Η παρουσία του ΚΜΠ μπορεί να επηρεάσει αρνητικά τη διαδικασία μάθησης. Ακόμη, ο ΚΜΠ, όπως έχει ήδη αναφερθεί, μπορεί να προκαλέσει αλλοίωση στη σωστή βιομηχανικά εκτέλεση μιας κίνησης. Η εκμάθηση νέων τεχνικών με αλλοιωμένα κινητικά πρότυπα είναι αντίθετη με την αρχή της νευρομυϊκής εξειδίκευσης (Nosaka and Clarkson 1995).

Προς το παρόν όλες οι έρευνες που έχουν γίνει έχουν εξετάσει την επίδραση του ΚΜΠ σε μεμονωμένους δείκτες φυσικής κατάστασης. Είναι απαραίτητο να τεκμηριωθεί πόσο μπορεί ο ΚΜΠ να επηρεάσει την επίδοση ενός αθλητή σε κάποιο αγώνισμα. Πόσο για παράδειγμα μπορεί να επηρεαστεί η επίδοση ενός μαραθωνοδρόμου ο οποίος τρέχει με αλλοιωμένο στυλ τρεξίματος και με χαμηλωμένα αποθέματα γλυκογόνου εξαιτίας του ΚΜΠ που αντιμετωπίζει;

Επιπλέον, υπάρχει η ανάγκη να εξεταστεί σε διάφορα αθλήματα αν ο ΚΜΠ μπορεί να αλλοιώσει τη σωστή εκτέλεση κάποιων κινήσεων. Προς το παρόν έχει εξεταστεί η επίδραση του ΚΜΠ μόνο στην τεχνική αθλημάτων όπως το τρέξιμο (Hammill et al. 1991) και η κολύμβηση (O'Connor et al. 1991). Είναι πιθανό ο ΚΜΠ να αλλοιώνει τη σωστή εκτέλεση μιας κίνησης σε πολλά αθλήματα με αποτέλεσμα να επηρεάζεται η απόδοση του αθλητή. Για παράδειγμα, ο ΚΜΠ που αντιμετωπίζει ένας καλαθοσφαιριστής στα άνω άκρα μπορεί να επηρεάζει τις γωνίες που σχηματίζονται κατά τη διάρκεια της βολής με αποτέλεσμα να μειώνεται η ευστοχία του αθλητή. Είναι εμφανές ότι υπάρχει η ανάγκη να εξεταστεί η επίδραση του ΚΜΠ στην αθλητική απόδοση πιο εκτεταμένα.

Γενικά, ο καθυστερημένος μυϊκός πόνος μπορεί να δημιουργήσει σημαντικά προβλήματα στην προπόνηση και στην απόδοση των αθλητών, αλλά και των ανθρώπων που ασκούνται για λόγους αναψυχής, γι' αυτό είναι απαραίτητο να εξεταστούν οι δυνατότητες πρόληψης και αντιμετώπισης αυτού του όχι και τόσο ευχάριστου φαινομένου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- FRIDEN J., SEGER J., EKBLUM B. Sublethal muscle fibre injuries after high-tension anaerobic exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.* 57: 360-368, 1988.
- HAMILL J., FREEDSON P.S., CLARKSON P.M., BRAUN B. Muscle soreness during running: Biomechanical and physiological considerations. *Int. J. Sports Biomech.* 7:125-137, 1991.
- HARRIS C., WILCOX A., SMITH G., QUINN C., LAWSON L. The effect of delayed onset muscular soreness (DOMS) on running kinematics. *Med. Sci. Sports Exerc.* 22:34, 1990 (abstract).
- HARRIS C., WESTERLIND K.C., BURNES W.C., WILCOX A.R. The effect of repeated bouts of downhill running on running economy and running kinematics. *Med. Sci. Sports Exerc.* 24: 129, 1992 (abstract).
- HASSON S., BARNES W., HUNTER M., WILLIAMS J. Therapeutic effect of high speed voluntary muscle contractions on muscle soreness and muscle performance. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* June: 499-507, 1989.
- HONE L., SILTER W., SCHWANE J. Does delayed muscle soreness affect oxygen consumption and selected gait parameters during running?. *Med. Sci. Sports Exerc.* 22: 34, 1990 (abstract).
- HOUGH T.: Ergographic studies in muscular soreness. *Am. J. Physiol.* 7:76-92, 1902.

- JONES D.A., NEWHAM D.J., CLARKSON P.M. Skeletal muscle stiffness and pain following eccentric exercise of the elbow flexors. *Pain* 30:233-242, 1987.
- KING D.S., FELTMEYER T.L., BALDUS P.J., SHARP R.L., NESHOR J. Effects of eccentric exercise on insulin secretion and action in humans. *J. Appl. Physiol.* 75:2151-2156, 1993.
- KIRWAN J.P., HICKNER R.C., YARASHESKI K.E., WISTHOP B.V., KOHRT W.M., HOLLOSZY J.O. Eccentric exercise causes transient insulin resistance in young subjects. *Med. Sci. Sports Exerc.* 23:110, 1991 (abstract).
- KOKKINIDIS E. *Effect of static stretching and ice compression on parameters associated with delayed muscle soreness.* Masters Thesis, Syracuse University, 1993.
- KUIPERS H., KEIZER H.A., VESTAPPEN F., COSTILL D.L. Influence of a prostaglandin-inhibiting drug on muscle soreness after eccentric work. *Int. J. Sports Med.* 6:336-339, 1985.
- LASH J., SHERMAN M., BLOOMFIELD S. Muscle soreness: Glucose & insulin response. *Med. Sci. Sports Exerc.* 19 :75, 1988 (abstract)
- MILES M.P., and CLARKSON P.M. Exercise-induced muscle pain, soreness and cramps. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 34:203-216, 1994.
- NELSON J.D. *Delayed onset muscle soreness: biomechanical and nutritional considerations.* Dissertation, University of Kansas, 1990.
- NEWHAM D.J., MILLS K.R., QUIGLEY B.M., EDWARDS R.H.T. Pain and fatigue after concentric and eccentric muscle contractions. *Clinical Science* 64:55-62, 1983.
- NOSAKA K., and CLARKSON P.M. Relationship between post-exercise plasma CK elevation and muscle mass involved in the exercise. *Int. J. Sports Med.* 13:471-475, 1992.
- NOSAKA K., and CLARKSON P.M. Muscle damage following repeated bouts of high force eccentric exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2: 1263-1269, 1995.
- O'CONNOR P.J., MORGAN W.P., RAGLIN J.S. Psychobiologic effects of 3d of increased training in female and male swimmers. *Med. Sci. Sports Exerc.* 9:1055-1061, 1991.
- O'REILLY K.P., WARHOL M.J., FIELDING R.A., FRONTERA W.R., MEREDITH C.N., EVANS W.J. Eccentric exercise-induced muscle damage impairs muscle glycogen repletion. *J. Appl. Physiol.* 63:252-256, 1987.
- SAXTON J.M., CLARKSON P.M., JAMES R., MILES M., WESTRFER M., CLARK S., DONNELLY A.E. Neuromuscular dysfunction following eccentric exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 27:1185-1193, 1995.