



## Η Επίδραση της Συνδυαστικής Προπόνησης Πλειομετρικών και Πολυαρθρικών Ασκήσεων με Βάρη σε Δείκτες Απόδοσης

Αθανάσιος Χατζηνικολάου<sup>1</sup>, Κωνσταντίνος Καλλίνης<sup>1</sup>, Χριστίνα Αυλωνίτη<sup>1</sup>, Αντώνης Καμπάς<sup>1</sup>, Αλεξάνδρα Αυλωνίτη<sup>1</sup>, Βασίλειος Γούργουλης<sup>1</sup>, Αναστασία Μπενέκα<sup>1</sup>, Ηλίας Γεωργιάδης<sup>1</sup>, Ιωάννης Ντουρουντός<sup>1</sup>, Ιωάννης Κατραμπασάς<sup>3</sup>, Κυριάκος Ταξιλάρης<sup>1</sup>, Αθανάσιος Ζ. Τζιαμούρτας<sup>2,4</sup>, & Ιωάννης Φατούρος<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης

<sup>2</sup>Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

<sup>3</sup>Μονάδα Ορθοπαιδικής, Ασκληπιείο Νοσοκομείο Βούλας, Αθήνα

<sup>4</sup>Ινστιτούτο Σωματικής Απόδοσης & Αποκατάστασης, Κέντρο Έρευνας Τεχνολογίας και Ανάπτυξης Θεσσαλίας, Τρίκαλα, Ελλάδα.

### Περίληψη

Σκοπός της μελέτης ήταν να εξετάσει την επίδραση της συνδυαστικής προπόνησης (πλειομετρικών ασκήσεων και πολυαρθρικών ασκήσεων με αντιστάσεις) σε δείκτες απόδοσης και σε δείκτες μυϊκού τραυματισμού κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης (96 Ώρες). Οι συμμετέχοντες στη μελέτη (24 υγιείς άνδρες) χωρίστηκαν τυχαία σε τρεις ομάδες α) την ομάδα συνδυαστικής προπόνησης με υψηλή ένταση στις ασκήσεις με αντιστάσεις (Π1: N=8, πλειομετρικές: 100 επαφές, 2 ασκήσεις με αντιστάσεις 90% της 1 μέγιστης επανάληψης (ME), 3 σετ των 3 επαναλήψεων) β) την ομάδα συνδυαστικής προπόνησης με χαμηλή ένταση στις ασκήσεις με αντιστάσεις (Π2: N=8, πλειομετρικές: 100 επαφές, 2 ασκήσεις με αντιστάσεις 50% της 1 ME, 3 σετ των 8 επαναλήψεων) γ) την ομάδα ελέγχου (Ε: δεν συμμετείχαν σε πρωτόκολλο άσκησης). Η αίσθηση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου (DOMS), οι περιφέρειες μηρού όπως και η ισομετρική δύναμη, το άλμα από ημικάθισμα και το άλμα με υποχωρητική φάση μετρήθηκαν στην ηρεμία, αμέσως μετά την άσκηση και στις 24Ω, 48Ω, 72Ω, 96Ω κατά την αποκατάσταση. Στις ομάδες Π1 και Π2 αυξήθηκε ( $p<.05$ ) το DOMS (οι μεγαλύτερες τιμές σημειώθηκαν στις 24Ω μετά την άσκηση), οι περιφέρειες του μηρού (οι μεγαλύτερες τιμές σημειώθηκαν στις 24Ω μετά την άσκηση) τη στιγμή που παρατηρήθηκε μείωση στην κινητικότητα της άρθρωσης του γόνατος ( $p<.05$ ) σε σύγκριση με τις τιμές ηρεμίας. Και στις δύο ομάδες (Π1 και Π2) μετρήθηκε σημαντική μείωση ( $p<.05$ ) στο άλμα από ημικάθισμα (περίπου 20% στις 24Ω μετά την άσκηση και παρέμεινε χαμηλότερα σε σύγκριση με τις τιμές ηρεμίας σε όλη τη διάρκεια της αποκατάστασης). Ακόμη, μείωση ( $p<.05$ ) σημειώθηκε στο άλμα με υποχωρητική φάση (μέχρι τις 48Ω στην ομάδα Π1 και τις 24Ω στην Π2) σε σύγκριση με τις τιμές ηρεμίας και την ομάδα Ε. Η ισομετρική δύναμη μειώθηκε στις ομάδες Π1 και Π2 μέχρι τις 24Ω και έπειτα επανήλθε στις τιμές πριν την άσκηση. Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης υποδεικνύουν πως η εφαρμογή μιας προπονητικής μονάδας με τη συνδυαστική μέθοδο προκαλεί παροδικό μυϊκό τραυματισμό καθώς και αξιοσημείωτη μείωση στην απόδοση για 24Ω έως 72Ω μετά την άσκηση ανάλογη με την ένταση της άσκησης.

Λέξεις κλειδιά: πλειομετρική προπόνηση, άσκηση με αντιστάσεις, μυϊκός τραυματισμός, δείκτες απόδοσης.

### The Effect of Complex Training on Performance Indices

Athanasios Chatzinikolaou<sup>1</sup>, Konstantinos Kallinis<sup>1</sup>, Christina Avloniti<sup>1</sup>, Antonis Kampas<sup>1</sup>, Alexandra Avloniti<sup>1</sup>, Vassilis Gourgoulis<sup>1</sup>, Anastasia Beneka<sup>1</sup>, Ilias Georgiadis<sup>1</sup>, Ioannis Douroudos<sup>1</sup>, Ioannis Katrabasas<sup>3</sup>, Kiriakos Taxildaris<sup>1</sup>, Athanasios Jamurtas<sup>2,4</sup>, & Ioannis Fatouros<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Physical Education and Sport Science, Democritus University of Thrace, Komotini, Hellas

<sup>2</sup>Department of Physical Education and Sports Science, University of Thessaly, Trikala, Hellas

<sup>3</sup>Unit of Orthopaedics, Asklepieio Hospital at Voula, Athens, Hellas

<sup>4</sup>Institute of Human Performance & Rehabilitation, Center for Research and Technology -Thessaly, Trikala, Hellas

## Abstract

The purpose of this study was to investigate the effect of complex training (combination of plyometrics and multi-joint resistance exercises) on muscle damage and performance indices for 96 hours post-exercise. Participants (young, healthy men) were randomly assigned to one of three groups: a) Complex training group with high-intensity resistance exercise (CH, N=8, plyometrics: 100 total foot contacts; resistance exercise: 90% 1RM, 3 sets/exercise of 3 repetitions each), b) Complex training group with low-intensity resistance exercise (CL, N=8, plyometrics: 100 total foot contacts; resistance exercise: 50% 1RM, 3 sets of 8 repetitions each), and c) a control group (C=8). Delayed onset muscle soreness (DOMS), knee range of motion (KROM), thigh circumferences as well as isometric peak torque, squat jump (SQ) and countermovement jump (CJ) were determined at rest, immediately post-exercise as well as 24h, 48h, 72h, and 96h within recovery. CH and CL increased ( $p<.05$ ) DOMS (peaked at 24h post-exercise), thigh circumference (peaked at 24h post-exercise) while decreased ( $p<.05$ ) KROM compared to resting values. The two exercise groups induced a marked ( $p<.05$ ) decline in SQ (by 20% approximately at 24 h post exercise and remained below basal values throughout recovery in both groups) and CJ (until 48h in CH and until 24h in CL) compared to resting values and the C group. Isometric strength declined ( $p<.05$ ) for both exercise groups until 24h of recovery and returned to baseline thereafter. The results of this investigation suggest that performing an acute bout of complex training may induce transient muscle damage and marked performance deterioration for as long as 24-72h in an intensity dependent manner.

Key words: *plyometrics, weight training, muscle damage, performance*

---

## Εισαγωγή

Η προπόνηση ισχύος αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της προπόνησης στη πλειονότητα των αθλητών. Μέθοδοι για τη βελτίωσή της αποτελούν η προπόνηση μυϊκής ενδυνάμωσης, η πλειομετρική προπόνηση και ο συνδυασμός της πλειομετρικής προπόνησης με την προπόνηση αντιστάσεων. Από την έως τώρα βιβλιογραφία συμπεραίνεται πως η συνδυαστική μέθοδος έχει ως αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη βελτίωση στις επιδόσεις σε παραμέτρους της μυϊκής ισχύος (Adams, O'Shea, O'Shea, & Climsstein, 1992; Fatouros et al., 2000). Αυτό ενδεχομένως να συμβαίνει γιατί προπονούνται και τα δύο στοιχεία που απαρτίζουν την ισχύ, η δύναμη μέσω της υψηλής αντίστασης και η ταχύτητα μέσω των γρήγορων κινήσεων κατά την πλειομετρική άσκηση.

Κατά την πλειομετρική άσκηση είναι ευδιάκριτες τρεις φάσεις στην πρώτη φάση πραγματοποιείται έκκεντρη σύσπαση των μυών (αρνητική φάση), στη δεύτερη φάση ισομετρική σύσπαση των μυών (φάση μετάβασης) και στην τρίτη φάση σύγκεντρη σύσπαση των μυών (θετική φάση). Ο συνδυασμός της έκκεντρης και σύγκεντρης σύσπασης αναφέρεται, επίσης και ως κύκλος διάτασης βράχυνσης (Fatouros et al, 2000). Η ένταξη της πλειομετρικής προπόνησης μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα τη βελτίωση της αλτικής ικανότητας (Fatouros et al, 2000), της δρομικής οικονομίας (Turner & Owings, & Schwane, 2003) και γενικότερα τη βελτίωση της αθλητικής απόδοσης (Rimmer & Sleivert, 2000).

Στην αθλητική πρακτική, χρησιμοποιούνται συχνά οι ασκήσεις με αντιστάσεις με σκοπό την αύξηση της μέγιστης δύναμης, η οποία αποτελεί παράγοντα ανάπτυξης της ισχύος. Ασκήσεις οι οποίες χρησιμοποιούνται είναι τα ημικαθίσματα και διάφορες παραλλαγές τους, ωστόσο έχει βρεθεί πως έχουν μικρή συσχέτιση με τη βελτίωση της αλτικής ικανότητας (Baker, 1996). Για τη μεγιστοποίηση της αθλητικής απόδοσης, οι αθλητές πρέπει να αναπτύξουν τη δύναμη στις μυϊκές ομάδες που ενεργούν στα ισχία, το γόνατο και την ποδοκνημική. Η προπόνηση με χαμηλής έντασης αντίσταση (30- 50% 1 RM) και υψηλή ταχύτητα έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση του ρυθμού ανάπτυξης της δύναμης και συνεισφέρει περισσότερο στην εκρηκτική εκτέλεση των κινήσεων (Newton & Kraemer 1999; Thompson et al. 2007). Αν και η παραδοσιακή προπόνηση δύναμης μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα τη βελτίωση του κάθετου άλματος 2-8 εκατοστά, ενδεχομένως οι εκρηκτικές κινήσεις να είναι αποτελεσματικότερες στη βελτίωση της ισχύος (Fatouros et al., 2000), λόγω του ότι η άσκηση διεξάγεται σε γωνιακές ταχύτητες και γωνιακές θέσεις που προσιδιάζουν περισσότερο στις αθλητικές κινήσεις (Baker, 1996; Semenick & Adams, 1987). Σε αντίθεση με τις ασκήσεις όπως τα ημικαθίσματα ή τις μονοαρθρικές ασκήσεις, οι βαλλιστικές όπως είναι οι Ολυμπιακές άρσεις επιτρέπουν την ανάπτυξη μεγάλης ταχύτητας σε όλη τη διάρκεια της επανάληψης (Newton & Kraemer, 1994), μάλιστα, στις ολυμπιακές άρσεις έχει βρεθεί πως παράγεται 4-5 φορές μεγαλύτερη ισχύς σε σύγκριση με τα ημικαθίσματα και τις άρσεις θανάτου (Hoffman, Cooper, Wendell., & Kang, 2004).

Από τα παραπάνω καθίσταται σαφές πως όταν στόχος είναι να αναδειχθεί η ισχύς, θα πρέπει όλες

οι μορφές προπόνησης να επιστρατεύονται, σύμφωνα με το επίπεδο των αθλητών και τη φάση περιодικότητας. Σε όλες τις παραπάνω μορφές άσκησης, περιέχονται έκκεντρες συσπάσεις των μυών που ενεργούν κυρίως στην άρθρωση του γόνατος και την άρθρωση του ισχίου ή ακόμα εμπλέκεται και ο κύκλος διάτασης βράχυνσης. Από την έως τώρα βιβλιογραφία γίνεται αποδεκτό πως η άσκηση που περιέχει έκκεντρες συσπάσεις ή εμπλέκει τον κύκλο διάτασης βράχυνσης δύναται να προκαλέσει ασκησιογενή μυϊκό τραυματισμό (Newhan, Jones, & Clarkson, 1987), ο οποίος μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της παραγόμενης δύναμης και ισχύος, τη μείωση του εύρους κίνησης των αρθρώσεων και να παρατηρηθεί οίδημα για αρκετές ημέρες μετά την άσκηση (Clarkson & Nosaka 1992; Nikolaidis et al., 2007). Συγκεκριμένα, ερευνητές έχουν διαπιστώσει μείωση της δύναμης 20-60% μετά από άσκηση που περιείχε έκκεντρες συσπάσεις (Nosaka & Clarkson 1996; Nikolaidis et al., 2008). Ο μυϊκός τραυματισμός οφείλεται στη μηχανική καταπόνηση των μυϊκών ινών και τη διατάραξη της ομοιοστασίας του ασβεστίου (Armstrong Warren, 1983). Τα συμπτώματα διαρκούν συνήθως από 24 έως 72 ώρες μετά την άσκηση (Clarkson & Treamblay, 1988).

Αν και τα είδη άσκησης που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη της ισχύος μπορούν να προκαλέσουν τον ασκησιογενή μυϊκό τραυματισμό, λόγω του ότι περιέχουν έκκεντρες συσπάσεις και ενεργοποιούν το κύκλο διάτασης βράχυνσης, δεν συναντώνται μελέτες στην βιβλιογραφία που να εξετάζουν την επίδραση τους σε δείκτες απόδοσης, ώστε να γνωρίζουν οι προπονητές και οι αθλητές σε πόσο χρονικό διάστημα επέρχεται η αποκατάσταση και θα μπορούσαν να εφαρμόσουν εκ νέου παρόμοια πρωτόκολλα. Συνεπώς, σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να εξετάσει την επίδραση της συνδυαστικής προπόνησης πλειομετρικής άσκησης και πολυαρθρικών ασκήσεων με αντιστάσεις σε δείκτες απόδοσης για παρατεταμένο χρονικό διάστημα μετά την άσκηση.

## Μεθοδολογία

### Δοκιμαζόμενοι

Το δείγμα της μελέτης αποτέλεσαν 24 εθελοντές φοιτητές του Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού Κομοτηνής οι οποίοι εντάχθηκαν με τυχαία επιλογή σε μία από τις τρεις ερευνητικές ομάδες της παρούσας μελέτης. Τα χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων παρουσιάζονται στον Πίνακα 1. Οι συμμετέχοντες στη μελέτη ήταν σε επίπεδο φυσικής κατάστασης που μπορούσαν να δεχθούν τις προπονητικές επιβαρύνσεις των προγραμμάτων άσκησης. Ακόμη, δε συμμετείχαν σε κανένα άλλο πρόγραμμα άσκησης πλην της πειραματικής διαδικασίας.

**Πίνακας 1:** Χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων (E: ελέγχου, Π1: συνδυαστική προπόνησης αντιδραστικής δύναμης και αντιστάσεων υψηλής έντασης, Π2: συνδυαστική προπόνησης αντιδραστικής δύναμης και αντιστάσεων χαμηλής έντασης, ΣΛ: σωματικό λίπος)

Ομάδα	n	Ηλικία (έτη)	Υψος (cm)	Βάρος (kg)	% ΣΛ
E	8	25 ± 2	184 ± 5	93 ± 6	14 ± 2
Π1	8	20 ± 3	178 ± 7	77 ± 14	10 ± 5
Π2	8	22 ± 3	180 ± 5	83 ± 9	11 ± 3

### Πειραματικός σχεδιασμός

Συνολικά οι δοκιμαζόμενοι πραγματοποίησαν επτά επισκέψεις στο εργαστήριο του ΤΕΦΑΑ Κομοτηνής. Στην πρώτη επίσκεψη ενημερώθηκαν αναλυτικά περί της διαδικασίας της έρευνας και για το σκοπό αυτής. Στη συνέχεια τους ζητήθηκε η έγγραφη συγκατάθεση, το ιατρικό ιστορικό, ενώ μετρήθηκαν τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά. Στη δεύτερη πραγματοποιήθηκε η εξοικείωση με τον εξοπλισμό και οι αρχικές μετρήσεις. Την τρίτη ημέρα της συμμετοχής τους στην έρευνα οι δοκιμαζόμενοι προσήλθαν στις εγκαταστάσεις του πανεπιστημιακού γυμναστηρίου, όπου και πραγματοποίησαν την προπονητική μονάδα, αντίστοιχα με την ομάδα στην οποία συμμετείχαν. Με το πέρας της προπόνησης, οι δοκιμαζόμενοι προσήλθαν στο εργαστήριο του ΤΕΦΑΑ, όπου πραγματοποιήθηκε η αξιολόγηση τους στις εξαρτημένες μεταβλητές. Η τέταρτη επίσκεψη πραγματοποιήθηκε 24h μετά την εφαρμογή της προπονητικής μονάδας, καθώς επίσης και οι επόμενες τρεις επισκέψεις πραγματοποιήθηκαν 48h, 72h και 96h αντίστοιχα, στις εγκαταστάσεις του εργαστηρίου του ΤΕΦΑΑ- ΔΠΘ, για την αξιολόγηση στις εξαρτημένες μεταβλητές.

Συνολικά υπήρχαν τρεις ομάδες. Η πρώτη ομάδα ήταν η ομάδα ελέγχου, στην οποία οι συμμετέχοντες πραγματοποίησαν όλο τον σχεδιασμό χωρίς όμως να τους εφαρμοσθεί οποιοδήποτε προπονητικό πρωτόκολλο. Η δεύτερη ομάδα ήταν η πρώτη πειραματική ομάδα (Π1), η οποία πραγματοποίησε στην τρίτη επίσκεψη συνδυαστική προπόνηση αλμάτων και πολυαρθρικών ασκήσεων με βάρη των οποίων η ένταση ήταν στο 90% της μιας μέγιστης επανάληψης (1Μ.Ε.). Τέλος την τρίτη ομάδα αποτέλεσε η δεύτερη πειραματική (Π2) όπου οι συμμετέχοντες, κατά την τρίτη επίσκεψη τους πραγματοποίησαν συνδυαστική προπόνηση αλμάτων και πολυαρθρικών ασκήσεων με βάρη των οποίων η ένταση ήταν στο 50% της 1 ΜΕ Τα χαρακτηριστικά των προπονητικών μονάδων αναφέρονται στους Πίνακες 2 και 3.

**Πίνακας 2:** Χαρακτηριστικά προπόνησης αντιδραστικής δύναμης με άλματα, όπως εκτελέστηκε από τις πειραματικές ομάδες (E, ελέγχου Π1, αντιδραστικής δύναμης και αντιστάσεων υψηλής έντασης, Π2, αντιδραστικής δύναμης και αντιστάσεων χαμηλής έντασης).

Ομάδα	Άλματα βάθους		Υπερήδηση εμποδίων		Διαλείμματα.
	Σετ	Επαν.	Σετ	Επαν.	
E	-	-	-	-	-
Π1	5	10	5	10	4 min
Π2	5	10	5	10	4 min

**Πίνακας 3:** Χαρακτηριστικά προπόνησης δύναμης με πολυαρθρικές ασκήσεις, όπως εκτελέστηκε από τις πειραματικές ομάδες. E, ελέγχου. Π1, αντιδραστικής δύναμης και αντιστάσεων υψηλής έντασης. Π2, αντιδραστικής δύναμης και αντιστάσεων χαμηλής έντασης.

Ομάδα	Επολέ			Βαθιά καθίσματα			Διαλείμματα
	% 1 ΜΕ	Σετ	Επαν.	% 1 ΜΕ	Σετ	Επαν.	
E	-	-	-	-	-	-	-
Π1	90	3	2-3	90	3	2-3	4min
Π2	50	3	8	50	3	8	4min

#### Αξιολόγηση ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών

Η σωματική μάζα μετρήθηκε στο κοντινότερο 0.5 kg (Beam Balance 710, Seca, UK) με τους δοκιμαζόμενους να φορούν σορτς και να είναι ξυπόλητοι. Το ύψος από όρθια θέση μετρήθηκε στο κοντινότερο 0.5 cm (Stadiometer 208, Seca, UK). Το ποσοστό σωματικού λίπους υπολογίστηκε από επτά δερματοπτυχές (μέσος όρος δύο μετρήσεων σε κάθε πτυχή), με τη χρησιμοποίηση δερματοπτυχόμετρου τύπου Harpenden (John Bull, UK).

#### Καθυστερημένος Μυϊκός πόνος (DOMS)

Ο καθυστερημένος μυϊκός πόνος (DOMS) καθορίστηκε με ψηλάφηση των μυών: έσω πλατό, έξω πλατό και ορθού μηριαίου, σε ηρεμία και καθιστή θέση με τη χρήση δεκαβάθμιας κλίμακας (0 καθόλου μυϊκός πόνος, 10 πολύ επίπονος) όπως έχει αναφερθεί και παλαιότερα στη βιβλιογραφία (Clarkson & Tremblay, 1988).

#### Αξιολόγηση Απόδοσης

Για την αξιολόγηση της απόδοσης, χρησιμοποιήθηκαν σαν δείκτες το κατακόρυφο άλμα από ημικάθισμα και το κατακόρυφο άλμα με υποχωρητική φάση για τα οποία η αξιολόγηση πραγματοποιήθηκε σε δυναμοδάπεδο με πιεζοηλεκτρικούς υποδοχείς τύπου KISTLER. Ακόμη, αξιολογήθηκε η ισομετρική δύναμη στο ισοκίνητο δυναμόμετρο CYBEX 6000. Τέλος αξιολογήθηκαν το εύρος κίνησης στην άρθρωση του γόνατος και οι περιφέρειες του μηρού. Για την ευκαμψία του γόνατος χρησιμοποιήθηκε γωνιόμετρο (Lafayette Instrument Company, Lafayette, IN) όπως έχει περιγραφεί παλαιότερα (Norkin, 1985). Για την αξιολόγηση των περιφερειών του μηρού χρησιμοποιήθηκε βαθμονομημένη μεζούρα (Gullick), μετρήθηκαν οι περιφέρειες του μηρού σε τρία διαφορετικά σημεία (distal, midthigh, proximal) και υπολογίστηκε ο μέσος όρος.

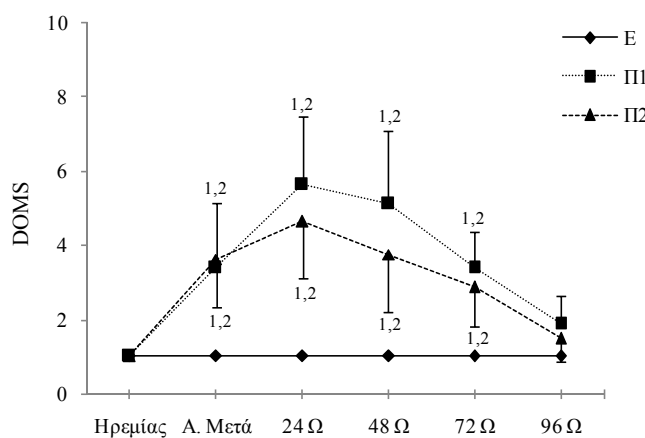
Στατιστική ανάλυση

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται ως μέσοι όροι ± τυπικές αποκλίσεις. Οι διαφορές μεταξύ των χρονικών στιγμών και των ομάδων εντοπίστηκαν με τη χρήση της ανάλυσης διακύμανσης ως προς δύο παράγοντες εκ των οποίων ο ένας επαναλαμβανόμενος. Όπου εντοπίστηκαν διαφορές χρησιμοποιήθηκε η δοκιμασία πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni για τον εντοπισμό των επιμέρους διαφορών. Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο  $p=.05$ .

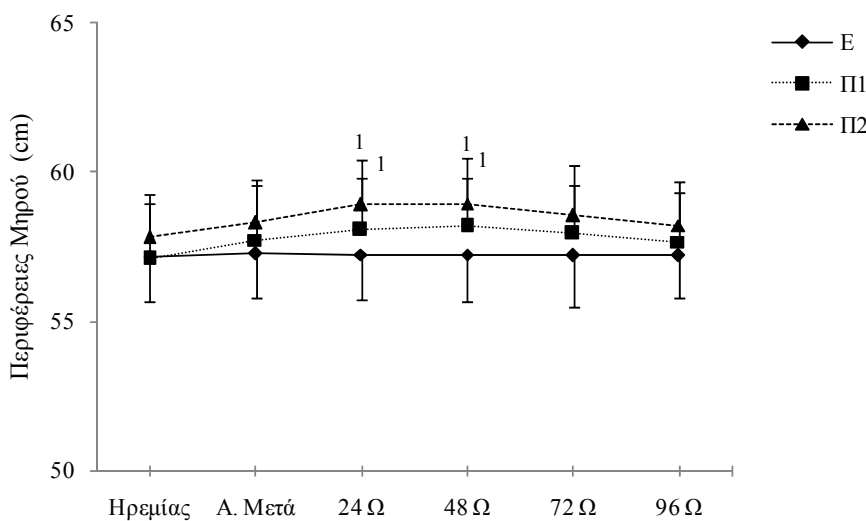
Αποτελέσματα

Καθυστερημένος μυϊκός πόνος

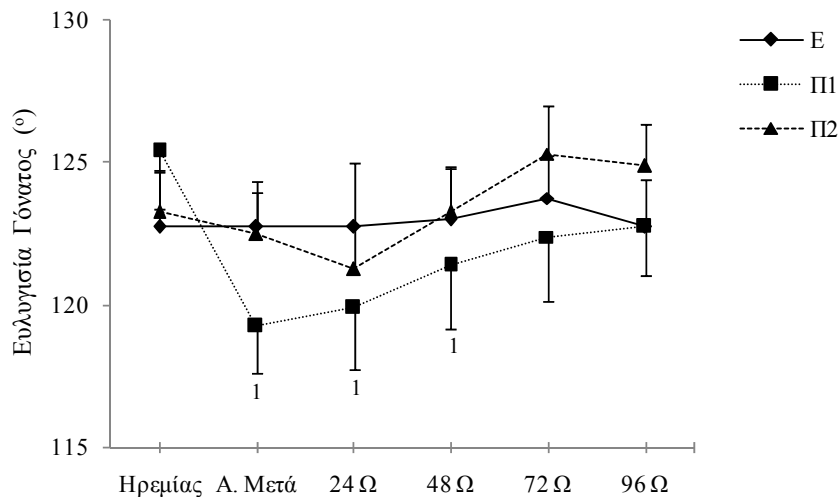
Η αίσθηση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου παρουσιάστηκε σημαντικά αυξημένη και στις δύο πειραματικές ομάδες, οι οποίες ωστόσο δεν διέφεραν μεταξύ τους. Τις μέγιστες τιμές παρουσίασαν στις 24 ώρες μετά την άσκηση (4.5 και 5.5 για τις Π1 και Π2 αντίστοιχα) και έπειτα επανήλθαν σταδιακά στις τιμές ηρεμίας στις 72 ώρες μετά την άσκηση (Σχήμα 1).



**Σχήμα 1.** DOMS. <sup>1</sup>Σημαντικές διαφορές με τις τιμές ηρεμίας ( $p<.05$ , E: Ομάδα Ελέγχου Π1:Πειραματική Ομάδα 1, πλειομετρικές και πολυαρθρικές με υψηλή ένταση Π2: Πειραματική Ομάδα 2, πλειομετρικές και πολυαρθρικές με χαμηλή ένταση, Α. Μετά: αμέσως μετά την άσκηση Ω: ώρες μετά την άσκηση).



**Σχήμα 2.** Περιφέρειες μηρού. <sup>1</sup>Σημαντικές διαφορές με τις τιμές ηρεμίας ( $p<.05$ , E: Ομάδα Ελέγχου Π1:Πειραματική Ομάδα 1, πλειομετρικές και πολυαρθρικές με υψηλή ένταση Π2: Πειραματική Ομάδα 2, πλειομετρικές και πολυαρθρικές με χαμηλή ένταση, Α. Μετά: αμέσως μετά την άσκηση Ω: ώρες μετά την άσκηση).



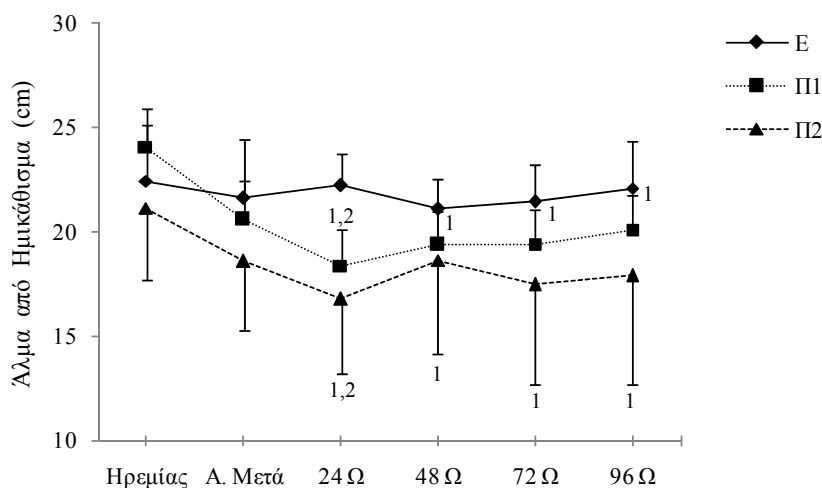
**Σχήμα 3.** Ευλυγισία Γόνατος. <sup>1</sup>Σημαντικές διαφορές με τις τιμές ηρεμίας ( $p < .05$ , E: Ομάδα Ελέγχου Π1: Πειραματική Ομάδα 1, πλειομετρικές και πολυαρθρικές με υψηλή ένταση Π2: Πειραματική Ομάδα 2, πλειομετρικές και πολυαρθρικές με χαμηλή ένταση, Α. Μετά: αμέσως μετά την άσκηση Ω: ώρες μετά την άσκηση).

*Περιφέρειες μηρού*

Στην ανάλυση διακόμανσης δεν διαπιστώθηκε σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων ομάδα και χρονική στιγμή ( $F_{5,100}=2.21$ ,  $p > .05$ ). Ωστόσο, διαπιστώθηκε κύρια επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή ( $p < .05$ ). Με την εφαρμογή της δοκιμασίας πολλαπλών συγκρίσεων, οι διαφορές εντοπίστηκαν στην ομάδα Π1 μεταξύ των χρονικών στιγμών 24 και 48 ώρες μετά την άσκηση με την τιμή ηρεμίας (Σχήμα 2).

*Ευλογισία Γόνατος*

Δεν διαπιστώθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή. Ωστόσο, σημαντικές διαφορές εντοπίστηκαν στην ομάδα Π1, παρατηρήθηκε μείωση στο εύρος κίνησης στις χρονικές στιγμές αμέσως μετά την άσκηση, στις 24, 48 και 72 Ω μετά σε σύγκριση με τις τιμές ηρεμίας (Σχήμα 3).



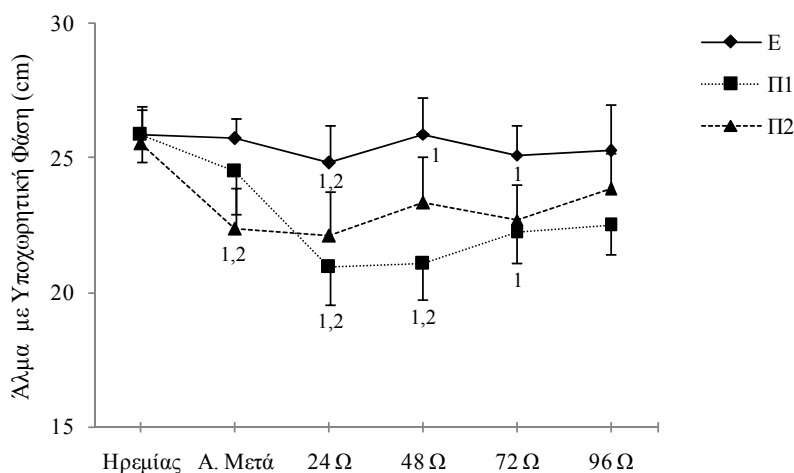
**Σχήμα 4.** Άλλα από ημικάθισμα. <sup>1</sup>Σημαντικές διαφορές με τις τιμές ηρεμίας ( $p < .05$ ); <sup>2</sup>Σημαντικές διαφορές με την ομάδα Ελέγχου ( $p < .05$ , E: Ομάδα Ελέγχου Π1: Πειραματική Ομάδα 1, πλειομετρικές και πολυαρθρικές με υψηλή ένταση Π2: Πειραματική Ομάδα 2, πλειομετρικές και πολυαρθρικές με χαμηλή ένταση, Α. Μετά: αμέσως μετά την άσκηση Ω: ώρες μετά την άσκηση).

*Άλμα από ημικάθισμα*

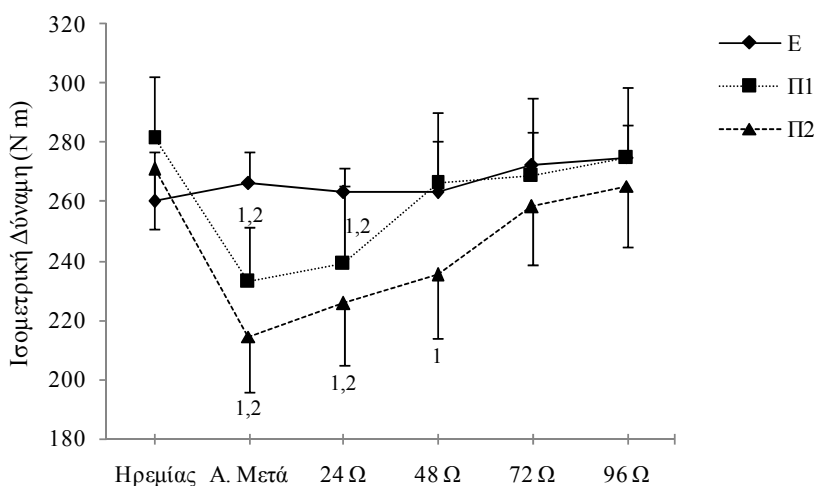
Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης διαπιστώθηκε σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων ομάδα και χρονική στιγμή ( $F_{5,100}=8.7, p<.05$ ). Από την εφαρμογή της δοκιμασίας πολλαπλών συγκρίσεων οι διαφορές εντοπίστηκαν μεταξύ της ομάδας ελέγχου και των πειραματικών ομάδων στις 24 ώρες μετά την άσκηση. Επιπρόσθετα, διαφορές εντοπίστηκαν στις ομάδες που πραγματοποίησαν άσκηση, σε σύγκριση με τις τιμές ηρεμίας σε όλη τη διάρκεια των μετρήσεων, εκτός από τη χρονική στιγμή αμέσως μετά για την ομάδα Π1 (Σχήμα 4).

*Άλμα με υποχωρητική φάση*

Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης διαπιστώθηκε σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων ομάδα και χρονική στιγμή ( $F_{5,100}=8.32, p<.05$ ). Αναλύοντας την αλληλεπίδραση των παραγόντων διαπιστώθηκαν σημαντικές διαφορές της ομάδας ελέγχου με την Π1 έως και 48 Ω μετά την άσκηση, ενώ με την ομάδα Π2 μέχρι τις 24 Ω. Ακόμη η επίδοση στο άλμα με ταλάντευση παρέμεινε μειωμένη μέχρι και 72 ώρες μετά την άσκηση και στις δύο ομάδες άσκησης, σε σύγκριση με τις τιμές ηρεμίας (Σχήμα 5).



**Σχήμα 5.** Άλμα με υποχωρητική φάση. <sup>1</sup>Σημαντικές διαφορές με τις τιμές ηρεμίας ( $p<.05$ ); <sup>2</sup>Σημαντικές διαφορές με την ομάδα Ελέγχου ( $p<.05$ , E: Ομάδα Ελέγχου Π1:Πειραματική Ομάδα 1, πλειομετρικές και πολυαρθρικές με υψηλή ένταση Π2: Πειραματική Ομάδα 2, πλειομετρικές και πολυαρθρικές με χαμηλή ένταση, A. Μετά: αμέσως μετά την άσκηση Ω: ώρες μετά την άσκηση).



**Σχήμα 6.** Ισομετρική δύναμη. <sup>1</sup>Σημαντικές διαφορές με τις τιμές ηρεμίας ( $p<0.05$ ); <sup>2</sup>Σημαντικές διαφορές με την ομάδα Ελέγχου ( $p<.05$ , E: Ομάδα Ελέγχου Π1:Πειραματική Ομάδα 1, πλειομετρικές και πολυαρθρικές με υψηλή ένταση Π2: Πειραματική Ομάδα 2, πλειομετρικές και πολυαρθρικές με χαμηλή ένταση, A. Μετά: αμέσως μετά την άσκηση Ω: ώρες μετά την άσκηση).

### Ισομετρική δύναμη

Στην ισομετρική δύναμη διαπιστώθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ της ομάδας ελέγχου και των δύο ομάδων Π1 και Π2 αμέσως μετά την άσκηση, η διαφορά αυτή διατηρήθηκε μέχρι και τις 24 ώρες μετά την άσκηση ( $F_{(5,100)}=6.9, p<.05$ ). Ακόμη στην ομάδα Π2 εντοπίστηκε, διαφορά στις 48 ώρες μετά την άσκηση σε σύγκριση με τις τιμές ηρεμίας.

### Συζήτηση

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να εξετάσει τη διακύμανση σε παραμέτρους απόδοσης για 96 ώρες μετά την εφαρμογή προπονητικών πρωτοκόλλων που χρησιμοποιούνται ευρέως στην προπονητική διαδικασία για την ανάπτυξη της ισχύος. Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, μετρήθηκε μείωση στην ισομετρική δύναμη όπως και στους δύο τύπους αλμάτων για αρκετές ώρες μετά την άσκηση. Ακόμη, παρατηρήθηκε αύξηση στην αίσθηση του μυϊκού πόνου, στο μέσο όρο των τριών περιφερειών του μηρού ενώ μείωση, για τις δύο πειραματικές ομάδες, μετρήθηκε στο εύρος κίνησης του γόνατος.

Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκαν ως δείκτες απόδοσης η ισομετρική δύναμη σε ισοκινητικό δυναμόμετρο και δύο διαφορετικοί τύποι αλμάτων για την αξιολόγηση της μυϊκής ισχύος. Σε προηγούμενες μελέτες, όπου τα πειραματικά πρωτόκολλα περιελάμβαναν είτε πλειομετρικές ασκήσεις είτε ελεγχόμενες έκκεντρες συσπάσεις σε ισοκινητικό δυναμόμετρο, δεν παρουσιάστηκαν σημαντικές διαφορές μέχρι τις 72 ώρες μετά την άσκηση στην μέγιστη ροπή (Tofas et al., 2008) και στην ισομετρική δύναμη μετά από άσκηση με έκκεντρες συσπάσεις χαμηλής έντασης (Pashalis Koutedakis, Jamurtas, Mougios, & Baltzopoulos, 2005). Σε αντίθεση με τα ευρήματα των δύο προηγούμενων ερευνών στην παρούσα μελέτη διαπιστώθηκε μείωση στην ισομετρική δύναμη αμέσως μετά την άσκηση καθώς και 24 ώρες μετά και στις δύο ομάδες άσκησης, ενώ για την ομάδα που εκτέλεσε πολυαρθρικές ασκήσεις σε χαμηλή ένταση η ισομετρική ροπή παρέμεινε μειωμένη έως και τις 48 ώρες μετά την άσκηση. Οι διαφορές που εντοπίστηκαν, ενδεχομένως να οφείλονται στο πρωτόκολλο άσκησης και στο ότι οι δοκιμαζόμενοι είχαν μεγάλο διάστημα αποχής από πρωτόκολλα ισχύος. Ακόμη, στη μελέτη των Tofas et al. (2008) η μη ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών αποδόθηκε στο ότι η αξιολόγηση στο δυναμόμετρο πραγματοποιούνταν με διαφορετικό κινητικό πρότυπο από τις ασκήσεις που χρησιμοποιήθηκαν στο πρωτόκολλο άσκησης.

Οι εξεταζόμενοι δοκιμάστηκαν, ακόμη, σε δύο τύπους αλμάτων, που ήταν το άλμα από ημικάθισμα και το άλμα με υποχωρητική φάση όπου διαπιστώθηκε πλήρης ανάληψη στις 96 ώρες μετά την άσκηση. Σε μελέτες που αναφέρονται στη βιβλιογραφία χρησιμοποιήθηκαν ως μοντέλα άσκησης τα άλματα (Horita Komi, Nicol, & Kyrolainen, 1999), όπου οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν, μέχρι να μην μπορούν να πετύχουν το 70% της μέγιστης απόδοσης ( $117 \pm 70$  άλματα), είτε τα βαθιά καθίσματα (Byrne & Eston, 2002) με συνολικό αριθμό τις 100 επαναλήψεις. Στη βιβλιογραφία δεν συναντώνται μελέτες όπου τα πρωτόκολλα άσκησης να περιλαμβάνουν και τα δύο είδη άσκησης. Στην παρούσα μελέτη η ισομετρική ροπή αποκαταστάθηκε στις 48 ώρες μετά την άσκηση, ωστόσο, στις αρχικές τιμές επανήλθε στις 96 ώρες και ως μην ήταν στατιστικά σημαντικές οι διαφορές. Στο άλμα από ημικάθισμα ενώ οι δύο πειραματικές ομάδες δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές με την ομάδα ελέγχου μετά τις 24 ώρες και οι δύο παρέμειναν σε χαμηλότερες επιδόσεις μέχρι και τις 96 ώρες μετά, σε σύγκριση με τις τιμές ηρεμίας. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με προηγούμενη μελέτη (Horita et al., 1999) όπου οι ερευνητές δεν διαπίστωσαν επιστροφή στις τιμές πριν την άσκηση μέχρι και 4 ημέρες μετά. Στο άλμα με υποχωρητική φάση διαπιστώθηκαν διαφορές μεταξύ της ομάδας ελέγχου και της ομάδας Π1 μέχρι και τις 48 ώρες μετά την άσκηση κάτι το οποίο δεν συνέβη με την ομάδα Π2 όπου διαφορές με την ομάδα ελέγχου διαπιστώθηκαν μέχρι τις 24 Ω. Στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξαν οι Byrne & Eston, (2002), οι οποίοι διαπίστωσαν γρηγορότερη αποκατάσταση στο άλμα με υποχωρητική φάση σε σύγκριση με το άλμα από ημικάθισμα. Το γεγονός αυτό, μπορεί ενδεχομένως να αποδοθεί στο ότι στην ομάδα υψηλής έντασης καταπονήθηκαν περισσότερο οι μυϊκές ίνες ταχείας συστολής (Friden, Seger, Sjostrom, & Ekblom, 1983; Jones, Newham, Round, & Tolfree, 1986).

Στην βιβλιογραφία αναφέρεται πως η άσκηση που περιέχει έκκεντρες συσπάσεις ή η ασυνήθιστη άσκηση δύναται να προκαλέσουν τον ασκησιογενή μυϊκό τραυματισμό (Clarkson & Sayers 1999) που μπορεί να έχει σαν συνέπεια την μείωση της λειτουργικής ικανότητας (Pashalis, 2005; Nosaka & Clarkson, 1996) όπως αυτή εκτιμάται μέσω της μυϊκής δύναμης και της ισχύος. Στην παρούσα μελέτη, η αίσθηση του μυϊκού πόνου παρατηρήθηκε αυξημένη για τις δύο πειραματικές ομάδες, όπως συνέβη



και σε μελέτες που χρησιμοποιήθηκαν παρόμοια πρωτόκολλα άσκησης ή άσκηση που περιείχε έκκεντρες συσπάσεις (Tofas et al., 2008; Pashalis et al, 2005; Jamurtas et al., 2000). Το οίδημα στις μυϊκές ομάδες που ασκήθηκαν καθώς και η απώλεια της ευλυγισίας στην άρθρωση που ενήργησαν οι μύες, έχουν αναφερθεί στη βιβλιογραφία ως έμμεσοι δείκτες που αποδεικνύουν τον ασκησιογενή μυϊκό τραυματισμό (Clarkson & Sayers 1999). Μάλιστα, έχει διαπιστωθεί πως η αύξηση των περιφερειών σημειώνει τη μεγαλύτερη τιμή της σε μια έως πέντε μέρες μετά την άσκηση (Nosaka & Clarkson, 1996). Στην παρούσα μελέτη δεν διαπιστώθηκαν διαφορές με την ομάδα ελέγχου σε αυτές τις παραμέτρους. Ωστόσο, παρατηρήθηκαν διαφορές εντός των δύο πειραματικών ομάδων από μέτρηση σε μέτρηση υποδεικνύοντας την ύπαρξη του μυϊκού τραυματισμού. Σημαντικό είναι πως στη σύγχρονη βιβλιογραφία υπάρχουν μελέτες όπως των Tofas et al. (2008) όπου δεν διαπιστώνεται απώλεια στην ικανότητα ευλυγισίας. Το γεγονός αυτό μπορεί να αποδοθεί στο ότι χρησιμοποιήθηκε ισομετρικό δυναμόμετρο για την αξιολόγηση της ευλυγισίας, τη στιγμή που στη παρούσα μελέτη ως όργανο χρησιμοποιήθηκε ηλεκτρονικό γωνιόμετρο. Ενδεχομένως, λοιπόν οι διαφορές να οφείλονται στο διαφορετικό εξοπλισμό.

Συμπερασματικά η συνδυαστική προπόνηση πλειομετρικών ασκήσεων και πολυαρθρικών σε υψηλή και χαμηλή ένταση προκάλεσε μείωση στην απόδοση κυρίως στην αλτική ικανότητα, ενώ στην ισομετρική ροπή τα αποτελέσματα ήταν πιο ήπια, γεγονός που μπορεί να αποδοθεί στο διαφορετικό κινητικό πρότυπο από το πρωτόκολλο άσκησης. Η μείωση στη λειτουργική ικανότητα μπορεί να οφείλεται στο ότι τα πρωτόκολλα άσκησης που χρησιμοποιήθηκαν προκάλεσαν ασκησιογενή μυϊκό τραυματισμό όπως αυτός καθορίστηκε από τις παραμέτρους DOMS, περιφέρειες μηρού και ευλυγισία γόνατος. Ακόμη, τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης μπορεί να οφείλονται στο ότι οι δοκιμαζόμενοι είχαν αρκετό χρόνο αποχής από την προπόνηση ισχύος.

### Σημασία για την Ποιότητα Ζωής

Στην προπονητική διαδικασία των αθλημάτων ισχύος όπως αρκετά αγωνίσματα του κλασικού αθλητισμού και τις αθλοπαιδιές, χρησιμοποιούνται πρωτόκολλα άσκησης που συνδυάζουν τις πλειομετρικές ασκήσεις και τις πολυαρθρικές ασκήσεις. Από την παρούσα μελέτη διαπιστώνεται πως αυτό το είδος προπόνησης δύναται να μειώσει την απόδοση για κάποιες ημέρες μετά την άσκηση. Ως συνέπεια, οι προπονητές πρέπει προσεκτικά να σχεδιάζουν τις προπονητικές μονάδες και τους εβδομαδιαίους κύκλους προπόνησης, κυρίως να μη σημειώνεται υπέρμετρη αύξηση της έντασης και της ποσότητας, ώστε να αποφεύγονται οι αρνητικές συνέπειες. Ακόμη, θα πρέπει να προβλέπουν ικανοποιητικό χρόνο αποκατάστασης μεταξύ προπονητικών μονάδων με παρόμοια περιεχόμενα ώστε οι αθλητές να είναι σε θέση να εκτελέσουν με τη μέγιστη ένταση τις ασκήσεις ισχύος.

### Βιβλιογραφία

- Adams, K., O'Shea, J.P., O'Shea, K.L., & Climestein, M. (1992). The effect of six weeks of squat, plyometric and squat-plyometric training on power production. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 6, 36-41.
- Armstrong, B., & Warren, G. (1991). Mechanisms of exercise-induced muscle fiber injury. *Sports Medicine*, 12, 184-207.
- Baker, D. (1996). Improving vertical jump performance through general, special, and specific strength training: a brief review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 10, 131-136.
- Byrne, C., & Eston, R. (2002). The effect of exercise-induced muscle damage on isometric and dynamic knee extensor strength and vertical jump performance. *Journal of Sport Science*, 20(5), 417-425.
- Clarkson, P.M., & Tremblay, I. (1988). Exercise-induced muscle damage, repair, and adaptations in humans. *Journal of Applied Physiology*, 65, 1-6.
- Clarkson, P.M., Nosaka, K., & Braun, B. (1992). Muscle function after exercise-induced muscle damage and rapid adaptation. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 24, 512-520.
- Fatouros, I., Jamurtas, A., Leontini, D., Taxildaris, K., Aggelousis, N., Kostopoulos et al. (2000). Evaluation of plyometric exercise training weight training and their combination on vertical jump performance and leg strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14, 470-476.
- Friden, J., Seger, J., Sjoström, M. & Ekblom, B. (1983). Adaptive response in human ske-

- letal muscle subjected to prolonged eccentric exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 4, 177- 183.
- Hoffman, J., Cooper, J., Wendell, M., & Kang, J. (2004). Comparison of Olympic vs. traditional power lifting training programs in football players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18, 129-135.
- Horita, T., Komi, P., Nicol, C., & Kyrolainen, H. (1999). Effect of exhausting stretch-shortening cycle exercise on the time course of mechanical behaviour in the drop jump: possible role of muscle damage. *European Journal of Applied Physiology*, 79, 160- 167.
- Jamurtas, A., Fatouros, I., Buckenmeyer, P., Kokkinidis, E., Taxildaris, K., Kambas, A., et al. (2000). Effects of plyometric exercise on muscle soreness and plasma creatine kinase levels and its comparison with eccentric and concentric exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14(1), 68- 74.
- Jones, D.A., Newham, D.J., Round, J.M., & Tolfree S.E. (1986). Experimental human muscle damage: Morphological changes in relation to other indices of damage. *The Journal of Physiology*, 375, 435-448.
- Newham, D. J., Jones, D. A., & Clarkson, P. M. (1987). Repeated high-force eccentric exercise: effects on muscle pain and damage. *Journal of Applied Physiology*, 63, 1381-1386.
- Newton, R. & Kraemer, W. (1994). Developing explosive muscular power: implications for a mixed methods training strategy. *Strength and Conditioning*, 16, 20-31.
- Nikolaidis, M.G., Jamurtas, A.Z, Paschalis, V., Fatouros, I.G., & Kouretas, D. (2008). The effect of muscle-damaging exercise on blood and skeletal muscle oxidative stress: magnitude and time-course considerations. *Sports Medicine*, 38(7), 579-606.
- Nikolaidis, M.G., Paschalis, V., Giakas, G., Fatouros, I.G., Koutedakis, Y., Kouretas D., & Jamurtas, A.Z. (2007). Decreased blood oxidative stress after repeated eccentric exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(7), 1080-1089.
- Nosaka, K. & Clarkson, P. (1996). Changes in indicators of inflammation after eccentric exercise of the elbow flexors. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28(8), 953- 961.
- Norkin, C.C. & White, D.J. (1985). *Measurement of Joint Motion: A Guide to Goniometry*. Philadelphia: F. A. Davis.
- Paschalis, V., Koutedakis, Y., Jamurtas, A.Z., Mougios, V., & Baltzopoulos, V. (2005) Equal volumes of high and low intensity of eccentric exercise in relation to muscle damage and performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19,184-188.
- Rimmer, E., & Sleivert, G. (2000). Effects of a plyometric intervention program on sprint performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14, 295-301.
- Semenick, D., & Adams, K. (1987). The vertical jump: a kinesiological analysis with recommendations for strength and conditioning programs. *National Strength and Conditioning Journal*, 9, 5-9.
- Thompson, G, Kraemer, W, Spiering, B, Volek, J, Anderson, J., & Maresh, C. (2007). Maximal power at different percentages of one repetition maximum: influence of resistance and gender. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21, 336-342.
- Tofas, T., Jamurtas, A.Z., Fatouros, I., Koutedakis, Y., Sinouris, E.A., Papageorgakopoulou, N. et al. (2008). The effects of plyometric exercise on muscle performance, muscle damage and collagen breakdown. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(2), 490-496.
- Turner, A.M., Owings, M., & Schwane, J.A. (2003). Improvement in running economy after 6 weeks of plyometric training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17, 60-67.

