

**ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΑΣΚΗΣΗ, ΕΡΓΟΣΠΙΡΟΜΕΤΡΙΑ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ»**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

Του

**Γκορτζή Νικόλαου**

**ΤΙΤΛΟΣ:**

**Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΥ ΜΙΚΡΟΚΥΚΛΟΥ ΣΤΟ ΠΟΔΟΣΦΑΙΡΟ,  
ΣΤΗΝ ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΤΟΥ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΜΕΝΟΥ ΜΥΪΚΟΥ ΠΟΝΟΥ ΚΑΙ  
ΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ**

Διατριβή που υποβάλλεται στο καθηγητικό σώμα για την εκπλήρωση των υποχρεώσεων απόκτησης του μεταπτυχιακού τίτλου του Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Άσκηση Εργοσπιρομετρία Και Αποκατάσταση» των Τμημάτων Ιατρικής και Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Παν/μίου Θεσσαλίας

1<sup>ος</sup> Επιβλ. Καθηγητής: Τζιαμούρτας Αθανάσιος \_\_\_\_\_

2<sup>ος</sup> Επιβλ. Καθηγητής: Χατζηνικολάου Αθανάσιος \_\_\_\_\_

3<sup>ος</sup> Επιβλ. Καθηγητής: Φατούρος Ιωάννης \_\_\_\_\_

Τρίκαλα, 2018

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	4
ABSTRACT.....	5
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
Σκοπός της μελέτης.....	7
Σημασία της μελέτης.....	7
Μηδενικές υποθέσεις.....	7
Ερευνητικές υποθέσεις.....	7
Περιορισμοί                    και                    οριοθετήσεις                    της μελέτης.....	8
Λειτουργικοί ορισμοί.....	8
ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	
Το ποδόσφαιρο και οι απαιτήσεις απόδοσης.....	9
Ο καθυστερημένος μυϊκός πόνος και τα χαρακτηριστικά του.....	11
Αξιολόγηση                    του                    καθυστερημένου                    μυϊκού πόνου.....	12
Αιτίες                    πρόκλησης                    καθυστερημένου                    μυϊκού πόνου.....	13
Πρόληψη για τη μη εμφάνιση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου.....	15
Αντιμετώπιση                    του                    καθυστερημένου                    μυϊκού πόνου.....	16
ΜΕΘΟΔΟΣ	
Δείγμα.....	18
Όργανα μέτρησης.....	18
Πειραματικός Σχεδιασμός.....	18
Στατιστική ανάλυση.....	19
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	20
ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	24

Μυϊκή δύναμη.....	25	
Εύρος κίνησης.....	27	
Αντοχή.....	27	
Ταχύτητα.....	28	
Προτάσεις	για	μελλοντικές
έρευνες.....	29	
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....		31

### ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα μέσα απο την καρδιά μου να ευχαριστήσω όλους αυτούς που συνέβαλλαν να ολοκληρωθεί η εργασία αυτή και κυρίως τον καθηγητή μου Αθανάσιο Τζιαμούρτα, για την ευκαιρία μου έδωσε και την εμπιστοσύνη για να μπορέσω να ολοκληρώσω την εργασία μου και κατ'επέκταση τη φοιτησή μου στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα { Άσκηση Εργοσπιρομετρία και Αποκατάσταση}.

Για το τέλος θα ήθελα να αφιερώσω την εργασία αυτή στην οικογενειά μου για την στηριξή της οικονομική και ψυχολογική όλο αυτό το διάστημα φοίτησης και συγγραφής της εργασίας.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

### Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΥ ΜΙΚΡΟΚΥΚΛΟΥ ΣΤΟ ΠΟΔΟΣΦΑΙΡΟ, ΣΤΗΝ ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΤΟΥ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΜΕΝΟΥ ΜΥΪΚΟΥ ΠΟΝΟΥ ΚΑΙ ΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ

(Υπό την επίβλεψη του Καθηγητή Τζιαμούρτα Αθανάσιου, Καθηγητή του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας)

Κατά τη διάρκεια ενός μικρόκυκλου της σεζόν για τα ομαδικά αθλήματα, οι πληροφορίες σχετικά με τον χρόνο που απαιτείται για την πλήρη ανάκτηση των επιδόσεων των αθλητών, μετά από ένα αγώνα και πριν από την επόμενη προπόνηση ή μετά από ένα παιχνίδι υψηλής έντασης, είναι κρίσιμης σημασίας για ένα αποτελεσματικό σχεδιασμό του προγράμματος προπόνησης. Ο σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να μελετήσει τις μεταβολές στα επίπεδα της απόδοσης κατά την διάρκεια ενός αγωνιστικού μικρόκυκλου στο ποδόσφαιρο και κατά πόσο επηρεάζεται αυτή από τον καθυστερημένο μυϊκό πόνο (DOMS - Delayed Onset Muscle Soreness). Οι συμμετέχοντες στην παρούσα μελέτη ήταν 18 αθλητές ποδοσφαίρου, 19-27 ετών, οι οποίοι αγωνίζονταν σε ερασιτεχνικό επίπεδο. Οι συμμετέχοντες έλαβαν μέρος στις προκαταρκτικές μετρήσεις που αφορούσαν στον προσδιορισμό της σύστασης σώματος και των φυσικών ικανοτήτων της δύναμης, της αντοχής, της ταχύτητας και της ευκινησίας. Στη συνέχεια συμμετείχαν στον αγωνιστικό μικρόκυκλο, όπου πραγματοποιούταν καθημερινή καταγραφή του καθυστερημένου μυϊκού πόνου που ένιωθαν, καθώς και η δαπανώμενη ενέργεια κατά τη διάρκεια των προπονήσεων. Κατά την επόμενη επίσκεψή τους στο εργαστήριο, οι δοκιμαζόμενοι έλαβαν εξειδικευμένες και αναλυτικές οδηγίες για την συμπλήρωση-καταγραφή των διατροφικών ημερολογίων και ακόμα υποβλήθηκαν στη διαδικασία μέτρησης του μεταβολισμού ηρεμίας. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε η αξιολόγηση όλων των φυσικών ικανοτήτων των ποδοσφαιριστών. Από τα αποτελέσματα φάνηκε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά του παράγοντα απόδοση, από τον καθυστερημένο μυϊκό πόνο κατά την διάρκεια του αγωνιστικού μικρόκυκλου. Όλοι οι παράγοντες (δύναμη, αντοχή, εύρος κίνησης, ταχύτητα), εμφάνισαν σημαντική μείωση από μέρα σε μέρα. Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης θα μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν από γυμναστές, προπονητές, αθλητές αλλά και από απλούς ασκούμενους, ώστε διαμορφώνοντας ανάλογα το ασκησιολόγιο, να είναι έτοιμοι για τον επόμενο αγώνα, χωρίς να επηρεάζονται από τον καθυστερημένο μυϊκό πόνο του προηγούμενου αγώνα.

**Λέξεις – κλειδιά:** καθυστερημένος μυϊκός πόνος, προπονητικός μικρόκυκλος, απόδοση.

## **ABSTRACT**

### **THE EFFECT OF A COMPETITIVE MICROCYCLE IN FOOTBALL, ON DELAYED ONSET OF MUSCLE SORENESS AND PERFORMANCE**

**(Under the supervision of Jamurtas Athanasios, Professor at Physical Education  
and Sports Science Department of the University of Thessaly)**

During a microcycle in a season for team sports, information on the time required for full recovery of the athletes' performance after a match and before the next workout or after a high-intensity game, is critical for an efficient design of the training program. The purpose of the present study was to find the changes in performance during a microcycle and whether it is affected by delayed muscular soreness (DOMS). The participants in this study were 18 football athletes, 19-27 years old, who competed on an amateur level. Participants took part in the preliminary measurements of determining body composition and the physical abilities of strength, endurance, speed and agility. Then they participated in a competitive microcycle where DOMS and the energy expended during the workout were recorded. During their next visit to the lab, the test subjects received specialized and detailed instructions for completing and recording dietary calendars and moreover they were subjected to the process of measuring resting metabolism. Subsequently, all players' physical abilities were assessed. The results showed that there was a statistically significant difference in performance due to DOMS during the microcycle. All assessed variables (strength, strength, range of motion, speed) showed a significant reduction from day to day. The results from this study will help trainers, coaches, athletes and ordinary practitioners to develop and construct effective training programs that will not be compromised by DOMS.

**Key words:** soccer, athlete, training, muscle

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το ποδόσφαιρο εδώ και πολλές δεκαετίες θεωρείται το δημοφιλέστερο άθλημα στον κόσμο και για αυτόν τον λόγο χαρακτηρίζεται και ως ο βασιλιάς των σπορ, με πάνω από 200.000 επαγγελματίες ποδοσφαιριστές και περίπου 265.000.000 εκατομμύρια εγγεγραμμένους παίκτες (FIFA, 2013). Ένας ποδοσφαιριστής που αγωνίζεται σε υψηλό επίπεδο, κατά την διάρκεια ενός αγώνα που διαρκεί 90 λεπτά διανύει 8-13 χιλ., τη στιγμή που σε επίπεδο εφήβων η διανυόμενη απόσταση ανέρχεται στα 7-9 χιλ (Briggs et al, 2015). Η κατανάλωση οξυγόνου είναι κατά μέσο όρο στο 70-75 % της μέγιστης πρόσληψης (Joao et al, 2011). Σε ότι αφορά την ενεργειακή κατανάλωση κατά τη διάρκεια ενός αγώνα μπορεί να φτάσει τα 6.300 kJ, ενώ στην διάρκεια ολόκληρης της ημέρας μπορεί να φτάσει τα  $14,834 \pm 1,714$  kJ (Joselyn et al, 2015).

Το ποδόσφαιρο είναι ένα ιδιαίτερα πολύπλοκο και απαιτητικό άθλημα διότι χρειάζεται πολλές τεχνικές δεξιότητες και φυσικές ικανότητες (ταχύτητα, αντοχή, ευκινησία), και εμπεριέχει πολλές διαφορετικές ενέργειες (σπριντ, άλματα, αλλαγές κατεύθυνσης, σουτ, τάκλιν κ.α.), οι οποίες αντλούν ενέργεια από διαφορετικά ενεργειακά υποστρώματα (ATP, PCr, γλυκογόνο, λίπος), ανάλογα με τη διάρκεια και την ένταση της προσπάθειας, σε διαφορετικό ποσοστό από κάθε ενεργειακή πηγή (Clyde et al, 2015). Αν και το ποδόσφαιρο απαιτεί πολλές ενέργειες υψηλής έντασης είναι ένα αερόβιο άθλημα, το οποίο έχει και πολλές αναερόβιες προσπάθειες, αφού η ένταση της αγωνιστικής προσπάθειας των ποδοσφαιριστών κυμαίνεται μεταξύ 70-75% της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου ( $VO_{2max}$ ) (Hidalgo et al, 2015).

Η κόπωση που συνδέεται με το ποδόσφαιρο, έχει συνδεθεί με τα μειωμένα επίπεδα μυϊκού γλυκογόνου, τα οποία βέβαια επηρεάζονται από τη συμμετοχή στον αγώνα. Η αποκατάσταση λοιπόν από ένα αγώνα επηρεάζεται από διατροφικούς, αλλά και από αλλαγές που επέρχονται στη δομή του μυϊκού ιστού και την εμφάνιση μυϊκής βλάβης. Η μυϊκή βλάβη συνδέεται με την ανάπτυξη φλεγμονής, η οποία με τη σειρά της μειώνει το ρυθμό αναπλήρωσης των αποθεμάτων του μυϊκού γλυκογόνου. Αυτό έχει αναπόφευκτα επίδραση και στην απόδοση του αθλητή. Η απόδοση στις περισσότερες εργασίες εκτιμάται μόνο με τη μέτρηση των χιλιομέτρων που διένυσε ο αθλητής κατά τη διάρκεια του αγώνα. Ωστόσο, η καινούρια τεχνολογία έχει αναπτύξει μεθόδους αξιολόγησης όχι μόνο των μέτρων που διανύει ένας

ποδοσφαιριστής, αλλά και τον αριθμό των σπριντ, την ταχύτητα που αναπτύσσει στα σπριντ, τη μείωση της ταχύτητας και αρκετές άλλες παραμέτρους που υποδεικνύουν αλλαγές στην απόδοση.

Το κενό που εντοπίζεται στη βιβλιογραφία είναι ότι δεν υπάρχουν αναφορές που να αξιολογούν ποια είναι η επίδραση ενός αγώνα στην ανάπτυξη μυϊκής βλάβης και πως αυτή συνδέεται με την απόδοση, αξιολογημένη με τη μέθοδο του Global Positioning System (GPS).

### **Σκοπός της μελέτης**

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να μελετήσει τις μεταβολές στα επίπεδα της απόδοσης κατά την διάρκεια ενός αγωνιστικού μικρόκυκλου στο ποδόσφαιρο και κατά πόσο επηρεάζεται αυτή από τον καθυστερημένο μυϊκό πόνο.

### **Σημασία της μελέτης**

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης θα μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν από γυμναστές, προπονητές, αθλητές, αλλά και από απλούς ασκούμενους, ώστε διαμορφώνοντας ανάλογα τις προπονήσεις τους, να βελτιώσουν την απόδοση των αθλητών τους στις προπονήσεις και στους αγώνες.

### **Μηδενικές υποθέσεις**

$H_0$ : Δεν θα υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά του παράγοντα απόδοση, από τον καθυστερημένο μυϊκό πόνο κατά την διάρκεια του αγωνιστικού μικρόκυκλου.

### **Ερευνητικές υποθέσεις**

$H_1$ : Θα υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά του παράγοντα απόδοση, από τον καθυστερημένο μυϊκό πόνο κατά την διάρκεια του αγωνιστικού μικρόκυκλου.

## **Περιορισμοί και οριοθετήσεις της μελέτης**

- Οι προπονήσεις πραγματοποιήθηκαν σε Πανεπιστημιακό στάδιο (Τ.Ε.Φ.Α.Α).
- Ο ερευνητής βασίστηκε στην ειλικρίνεια των συμμετεχόντων ότι θα καταγράψουν τις πραγματικές τιμές στο ερωτηματολόγιο αποτύπωσης του καθυστερημένου μυϊκού πόνου
- Ο ερευνητής βασίστηκε στην ειλικρίνεια των συμμετεχόντων ότι δεν θα πραγματοποιήσουν κάποια άλλη μορφή άσκησης μέσα στην εβδομάδα των προπονήσεων, ώστε να μην επηρεάσει τα αποτελέσματα της μελέτης.

## **Λειτουργικοί ορισμοί**

### Καθυστερημένος μυϊκός πόνος:

Είναι η αίσθηση πόνου και δυσφορίας η οποία αναπτύσσεται μετά από την πραγματοποίηση ασυνήθιστων μυϊκών προσπαθειών ή την πραγματοποίηση αυτών με υψηλή ένταση. Εμφανίζεται συνήθως 24 ώρες μετά το τέλος της προσπάθειας και κορυφώνεται 48-72 ώρες μετά το τέλος της προσπάθειας.

### Αγωνιστικός Μικρόκυκλος:

Είναι το πλάνο-περιεχόμενο των προπονήσεων κατά την αγωνιστική περίοδο, το οποίο μπορεί να διαρκεί από 7-10 ημέρες.



## ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

### Το ποδόσφαιρο και οι απαιτήσεις απόδοσης

Κατά τη διάρκεια ενός μικρόκυκλου μιας αγωνιστικής σεζόν για τα ομαδικά αθλήματα, είναι κρίσιμης σημασίας για ένα αποτελεσματικό σχεδιασμό του προγράμματος προπόνησης να παρέχονται πληροφορίες σχετικά με τον χρόνο που απαιτείται για την πλήρη ανάκτηση των επιδόσεων των αθλητών, μετά από ένα αγώνα και πριν από την επόμενη προπόνηση ή μετά από ένα παιχνίδι υψηλής έντασης (Chatzinikolaou et. al., 2014). Μετά από έναν αγώνα ή και μετά από μία προπόνηση, η βλάβη των μυών μπορεί να προκαλέσει πόνο, οίδημα, υποβάθμιση της μυϊκής λειτουργίας και της ταχύτητας ανάπτυξης δύναμης, στοιχεία που τελικά μπορούν να καταστείλουν την απόδοση ή ακόμα και να προδιαθέσει τους αθλητές σε τραυματισμό, εάν η αποκατάσταση είναι ανεπαρκής (Michailidis et., al., 2013). Πρόσφατα, πολυάριθμες μελέτες (Barbas, et. al., 2011; Fatouros, et. al., 2010; Marin et. al., 2011), που εξέτασαν αντιδράσεις φλεγμονής και απόδοσης για τις ημέρες μετά τον αγώνα ή μετά την προπόνηση μεγάλης έντασης, αποκάλυψαν ότι το πρότυπο της αλλαγής και ανάκτησης της φλεγμονής και της απόδοσης μπορεί να είναι συγκεκριμένο για κάθε άθλημα, επειδή ακριβώς κάθε άθλημα έχει τη δική του μοναδική ένταση, διάρκεια και πρότυπο μοντέλο δραστηριότητας. Για παράδειγμα, η φλεγμονή και η επιδείνωση της απόδοσης στο ποδόσφαιρο μπορεί να παραμείνει για 48-72 ώρες (Fatouros, et. al., 2010, Ispirilidis et. al., 2008), ενώ στην πλειομετρική προπόνηση, στην προπόνηση αντιστάσεων και στην ελληνορωμαϊκή πάλη, παραμένει για μικρότερο χρονικό διάστημα (Barbas, et. al., 2011; Chatzinikolaou et. al., 2010; Draganidis et. al., 2013; Tofas et. al., 2008).

Το ποδόσφαιρο είναι ένα ομαδικό άθλημα διάρκειας τουλάχιστον 90 λεπτών, στο οποίο οι παίκτες καλούνται να καλύψουν ένα γήπεδο 7.140 m<sup>2</sup> με περπάτημα, μεγάλα ή μικρά σπριντ, άλματα κτλ. Συνεπώς, το ποδόσφαιρο είναι ένα ιδιαίτερα απαιτητικό και ενεργοβόρο άθλημα, στο οποίο κινητοποιείται τόσο ο αερόβιος όσο και ο αναερόβιος μηχανισμός για την παραγωγή ενέργειας. Επομένως, οι παίκτες ποδοσφαίρου και ειδικά σε υψηλό επίπεδο, θα πρέπει να έχουν ιδιαίτερα υψηλό επίπεδο φυσικής κατάστασης και επίσης θα πρέπει να αναμένουν υψηλές επιβαρύνσεις ή και τραυματισμούς. Ως προς τα χαρακτηριστικά που χαρακτηρίζουν την απόδοση των αθλητών, έρευνες δείχνουν ότι οι επαγγελματίες ποδοσφαιριστές διανύουν κατά μέσο όρο, σε κάθε αγώνα, 10-12 km (Stolen, Chamari, Castagna &

Wisloff, 2005), εκ των οποίων το 1-11% είναι σπριντ διάρκειας ελάχιστων δευτερολέπτων (2-4 sec), ενώ αναπτύσσουν ταχύτητα έως και 32 km/h. Εμφανίζουν μέση καρδιακή συχνότητα 85% της  $VO_{2max}$ , με peak το 98% (Mohr, Krusturup & Banskbo, 2003; Bangsbo, Mohr & Krusturup, 2006). Μία άλλη έρευνα (Bangsbo, 1994) έδειξε ότι οι επαγγελματίες ποδοσφαιριστές καταγράφουν περίπου 170 παλμούς/λεπτό σε κάθε αγώνα, δηλαδή κατ' αντιστοιχία στο 75% της  $VO_{2max}$ . Η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου για τους επαγγελματίες ποδοσφαιριστές καταγράφει τιμές 50-75ml/kg/min, δηλαδή αρκετά καλό επίπεδο αερόβιας ικανότητας (Stolen et al, 2005). Ελάχιστα αθλήματα απαιτούν αερόβια και αναερόβια ικανότητα μαζί. Στο ποδόσφαιρο μαζί με το παρατεταμένο τρέξιμο (δηλ. αερόβια ικανότητα), τα άλματα και οι αλλαγές κατεύθυνσης αποτελούν κινήσεις μικρού χρόνου και μέγιστης έντασης, οι οποίες επαναλαμβάνονται σε χρονικά διαστήματα των 40-60 sec. Αυτές οι αγωνιστικές συνθήκες επιφέρουν τεράστια επιφόρτιση στον αθλητή αφού οι μέσες τιμές γαλακτικού οξέος που καταγράφηκαν είναι 2-10 mmol/L με μεμονωμένες περιπτώσεις να ξεπερνούν τα 12 mmol/L (Bangsbo et al, 2006; Krusturup, Mohr, Steensberg, Bencke, Kjaer & Bangsbo, 2006).

Συνεπώς, στο ποδόσφαιρο καταγράφονται εναλλαγές στην ένταση και γι' αυτό κατατάσσεται στη διαλειμματική μορφή άσκησης. Κατά την υψηλή ένταση, μέσω του κύκλου διάτασης-βράχυνσης των μυών, παράγεται έργο που χαρακτηρίζεται από έκκεντρη σύσπαση. Ερευνητές (Clarkson & Tremblay, 1988; Clarkson & Hubal, 2002) έχουν ενοχοποιήσει την έκκεντρη σύσπαση για την πρόκληση ασκησιογενούς μυϊκού τραυματισμού και γενικώς για την επιβάρυνση του οργανισμού. Σε επίρρωση του παραπάνω στοιχείου, μία πρόσφατη έρευνα των Chatzinikolaou και συνεργατών (2010) απέδειξε ότι ο ασκησιογενής μυϊκός τραυματισμός συνδέεται και επιφέρει μείωση της δύναμης που μπορεί να παραχθεί και του εύρους της κίνησης των αρθρώσεων. Φαίνεται ότι η διατάραξη της ομοιοστασίας του ασβεστίου επιφέρει το μυϊκό τραυματισμό (Clarkson & Tremblay, 1988). Το γεγονός αυτό σαφώς επιδρά αρνητικά στην απόδοση του αθλητή, αφού έρευνες (Ascensao, Rebelo, Oliveira, Marques, Pereira & Magalhaes, 2008; Ispiridis et al, 2008; Fatouros et al, 2010) έδειξαν ότι ο ασκησιογενής μυϊκός τραυματισμός επιφέρει αλλοίωση της αναερόβιας απόδοσης έως και 72 ώρες μετά από έναν αγώνα. Η κατάσταση επιβαρύνεται ακόμα περισσότερο όταν οι αθλητές καλούνται να συμμετέχουν σε συνεχείς επίσημους αγώνες κατά τη διάρκεια της αγωνιστικής

περιόδου (3 αγώνες σε 8 ημέρες). Συνεπώς, η αποκατάσταση των αθλητών θα πρέπει να γίνεται γρήγορα και αποτελεσματικά μέχρι τον επόμενο αγώνα.

Παραδοσιακά πολλοί εκπαιδευτές και ασκούμενοι θεωρούν τον πόνο των μυών να είναι ένας από τους καλύτερους «μετρητές» για το πόσο αποτελεσματική είναι η προπόνηση, εφαρμόζοντας κυριολεκτικά την παλιά παροιμία "no pain, no gain". Το ζητούμενο πλέον για προπονητές, αθλητές και ερευνητές είναι η εύρεση αποτελεσματικών μεθόδων αποκατάστασης σε μικρό χρονικό διάστημα, ώστε να εξαφανίζεται πλήρως ο μυϊκός κάματος, αλλά και πιθανοί τραυματισμοί.

### **Ο καθυστερημένος μυϊκός πόνος και τα χαρακτηριστικά του**

Ο άνθρωπος είναι εξοπλισμένος με το καλύτερο εργαλείο παρακολούθησης, τον εγκέφαλό του. Ο εγκέφαλος, μεταξύ άλλων, είναι υπεύθυνος για την αντικειμενική αντίληψη της προπόνησης, την ποσοτικοποίηση εσωτερικών φορτίων της προπόνησης, ενώ παράλληλα εκφράζει το αίσθημα των αρνητικών προσαρμογών στην προπόνηση, μέσω του άλγους. Επιπλέον, ο εγκέφαλος οργανώνει την ψυχοσωματική επεξεργασία κατά τη διάρκεια της άσκησης, δεδομένου ότι ενοποιεί όλες τις πληροφορίες από την περιφέρεια του σώματος (Baron, Moullan, Deruelle, & Noakes, 2010).

Η καθυστερημένη έναρξη της μυϊκού άλγους, δηλαδή ο καθυστερημένος μυϊκός πόνος, (Delayed Onset Muscle Soreness, DOMS) είναι ένας έμμεσος δείκτης της βλάβης των μυϊκών ιστών και παρουσιάζεται ως πόνος ή «πιάσιμο» στους μύες, που οι αθλητές ποδοσφαίρου συνήθως αισθάνονται κατά την ψηλάφηση ή την κίνηση (Cheung et., al., 2003; Close, Ashton, McArdle & Maclaren, 2005). Ωστόσο, ο συγκεκριμένος πόνος δεν γίνεται αντιληπτός μόνο κατά την ψηλάφηση, αλλά είναι τόσο έντονος, που δεν επιτρέπει σε όποιον υποφέρει από αυτόν να εκτελέσει απλές καθημερινές κινήσεις, όπως είναι το ανέβασμα της σκάλας ή το κάθισμα σε μια καρέκλα. Ο καθυστερημένος μυϊκός πόνος οφείλεται σε μικρές βλάβες στο μυϊκό ιστό (Smith, 1991; Kauranen, Siira, & Vanharanta, 2001) και χαρακτηρίζεται επίσης από μειωμένο εύρος κίνησης, πτώση της μυϊκής απόδοσης, αλλά και από αυξημένα επίπεδα μυϊκών ενζύμων στο αίμα, από την απελευθέρωση ενζυμικής κρεατινικής κινάσης από τον μυ στο αίμα, ένζυμο που αποτελεί δείκτη μυϊκής βλάβης (Mougios, 2007; Ebbeling & Clarkson, 1989; Lee, & Clarkson, 2003; Overgaard, Fredsted, Hyldal, Ingemann-Hansen, Gissel, & Clausen, 2004). Αποτελεί μία απόλυτα φυσιολογική και αναμενόμενη βιοχημική αντίδραση του οργανισμού μας, η οποία

προειδοποιεί τον εγκέφαλο για βλάβη των μυών. Παρόλο που ο μυϊκός πόνος είναι συνδεδεμένος με την αθλητική καθημερινότητα, ωστόσο προκαλεί εύλογες απορίες η καθυστέρηση στην εμφάνισή του. Καμία τεκμηριωμένη έρευνα δεν εξηγεί γιατί ο πόνος δεν παρουσιάζεται κατά τη στιγμή της πραγματοποίησης της βλάβης στο μυ, αλλά κάποιες ώρες αργότερα. Ο Hough (1902) 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 τείνει να επιβεβαιωθεί. Οι Miles και Clarkson (1994) προτείνουν ότι ένας συνδυασμός οξέων, ιόντων, πρωτεϊνών και ορμονών συντελούν για την πρόκληση του προσωρινού μυϊκού πόνου μετά την άσκηση. Τόσο οι τελειώς αγύμναστοι, όσο και οι αθλητές υψηλού επιπέδου μπορεί να βιώσουν μυϊκό πόνο μετά από την πρώτη προπόνηση ή μετά από μια προπόνηση με μεγαλύτερη ένταση από το συνηθισμένο ή μετά από μία προπόνηση αποτελούμενη από νέο ασκησιολόγιο. Αυτός ο πόνος συνήθως ξεκινά 24 ώρες μετά τη λήξη της προπόνησης ή του αγώνα και διαρκεί περίπου 48-72 ώρες. Αυτός ο ετεροχρονισμένος μυϊκός πόνος διαφέρει από το «κάψιμο» που νιώθουν οι αθλητές όταν προπονούνται, αλλά και από τον πόνο πιθανού τραυματισμού. Ο κίνδυνος βλάβης αυξάνεται όταν το φορτίο της προπόνησης ξεπεράσει την ανοχή του συζευκτικού και συστολικού ιστού που εμπλέκεται στην εκτελούμενη συστολή (Hartmann, & Mester, 2000; Roth, Martel, Ivey, Lemmer, Metter, Hurley, & Rogers, 2000). Αναλύοντας βιοχημικά, ο καθυστερημένος μυϊκός πόνος προκαλείται από μικροτραυματισμούς του μυϊκού ιστού κατά την άσκηση, δηλαδή προέρχεται από την αδυναμία των μεταβολικών διαδικασιών των μυϊκών ινών να συνεχίσουν την ίδια παροχή έργου. Ο καθυστερημένος μυϊκός πόνος σχετίζεται με ασυνήθιστες μυϊκές εργασίες, ιδιαίτερα όταν η άσκηση περιλαμβάνει μεγάλο αριθμό έκκεντρων μυϊκών συστολών (Newham, 1988).

### **Αξιολόγηση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου**

Ερευνητές (Kenttä & Hassmén, 1998) υποστηρίζουν την υπόθεση ότι η αίσθηση της σωματικής προσπάθειας, αλλά και του πόνου θεωρούνται καλύτερα ως ένα ψυχοβιολογικό σύμπλεγμα. Πολυάριθμα συστήματα αξιολόγησης και ποσοτικοποίησης του μυϊκού πόνου, έχουν αναπτυχθεί, με την πάροδο των χρόνων με σκοπό να εκτιμηθεί αυτό το υποκειμενικό συναίσθημα. Τα εργαλεία που συνήθως χρησιμοποιούν οι ερευνητές είναι η βαθμολογία κλίμακας Borg (CR-10), η κλίμακα

αντιληπτικής άσκησης (RPE) και ο δείκτης Hooper. Τα παραπάνω εργαλεία είναι βαθμολογικοί δείκτες, ενταγμένοι σε ερωτηματολόγια και χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση του ύπνου, της κόπωσης, του στρες και του καθυστερημένου μυϊκού πόνου. Οι ερευνητές χρησιμοποιούν συγκεκριμένη μεθοδολογία αξιολόγησης των στοιχείων που ερευνούν. Συνήθως δίνονται τα αντίστοιχα ερωτηματολόγια στους ασκούμενους πριν και μετά την προπόνηση ή τον αγώνα, ώστε καταγραφούν και να αξιολογηθούν οι σημαντικές διαφορές. Ο δείκτης του Hooper έχει προταθεί ως ένα από τα πιο αποτελεσματικά εργαλεία για την αξιολόγηση της μεταβολής των φυσιολογικών λειτουργιών, της προσαρμογής στην άσκηση, της εξασθένισης των ψυχομετρικών χαρακτηριστικών, της ανοσολογικής δυσλειτουργίας και των βιοχημικών αλλαγών, όπως χαρακτηρίζεται και ο καθυστερημένος μυϊκός πόνος (Angeli, Minetto, Dovio, & Paccotti, 2004) και επομένως της παρακολούθησης της εκπαίδευσης και της προσαρμογής στα ερεθίσματα της άσκησης (Hooper, & Mackinnon, 1995; Urhausen, & Kindermann, 2002). Σύμφωνα με τον Hooper και τους συνεργάτες (1995), οι υποκειμενικές αξιολογήσεις αποτυπώνονται σε κλίμακες από 1-7: «πάρα πολύ χαμηλή αίσθηση μυϊκού πόνου» (σημείο 1) έως «πάρα πολύ υψηλή αίσθηση μυϊκού πόνου» (σημείο 7). Έτσι, ο δείκτης Hooper «μετράει» την καθημερινή άσκηση, ενώ όχι μόνο επιτρέπει την καλύτερη ανίχνευση μεμονωμένων σημείων προ-κόπωσης από τα φορτία εκπαίδευσης των παικτών, αλλά και την προσαρμογή των προγραμματισμένων φορτίων εκπαίδευσης τόσο των αρχάριων, όσο και των επαγγελματιών αθλητών (Hooper, & Mackinnon, 1995). Αυτό θα επιτρέψει τελικά στον προπονητή ή στο προσωπικό ενός γυμναστηρίου να προγραμματίσει και να προσαρμόσει με ακρίβεια τον μικρόκυκλο της προπόνησης, ώστε να επιτευχθεί βέλτιστη απόδοση. Ο δείκτης Hooper επικυρώθηκε αρχικά στην κολύμβηση (Hooper, & Mackinnon, 1995) και στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε από άλλους ερευνητές στο ποδόσφαιρο (Chamari, Haddad, Wong, Dellal, & Chaouachi, 2012).

Φυσικά υπάρχουν και άλλα αξιόπιστα και έγκυρα όργανα μέτρησης του καθυστερημένου μυϊκού πόνου, είτε σε μορφή ερωτηματολογίου, είτε με εργαστηριακά όργανα. Η επιλογή του καταλληλότερου εργαλείου αξιολόγησης άπτεται της άποψης του κάθε ερευνητή, ανάλογα με τη μεθοδολογία που έχει επιλέξει για την έρευνά του.

### **Αιτίες πρόκλησης καθυστερημένου μυϊκού πόνου**

Είναι καλά τεκμηριωμένο ότι επαναλαμβανόμενες έντονες έκκεντρες μυϊκές συστολές μπορεί να προκαλέσουν μυϊκή βλάβη, η οποία συνήθως συνοδεύεται από έντονη επιδείνωση της απόδοσης, αύξηση του DOMS και παροδική φλεγμονώδη απόκριση (Chatzinikolaou et. al., 2010; Ispirlidis et. al., 2008; Tofas et. al., 2008). Πράγματι, οι πολλαπλές επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις συμβαίνουν συχνά κατά τη διάρκεια αγώνων και της προπόνησης, είναι γνωστό ότι προκαλούν δομική βλάβη στο σκελετικό μυϊκό ιστό και συναφή συμπτώματα (Howatson & Milak, 2009). Ωστόσο, όλα τα είδη των μυϊκών συστολών προκαλούν αυτό το φαινόμενο, εργαστηριακά βέβαια, ο πιο άμεσος και σίγουρος τρόπος πρόκλησης είναι οι έντονες έκκεντρες συστολές. Άλλες θεωρίες που έχουν καταγραφεί για την αιτία πρόκλησης του καθυστερημένου μυϊκού πόνου είναι: η αύξηση του γαλακτικού οξέος, οι μικροτραυματισμοί στο συνδετικό ιστό, οι μικροτραυματισμοί του μυϊκού ιστού, η ανάπτυξη φλεγμονής, ανάπτυξη οιδήματος, το οποίο εφαρμόζει αυξημένη οσμωτική πίεση μέσα στις μυϊκές ίνες, καθιστώντας τους υποδοχείς του πόνου πιο ευαίσθητους και η εκροή ενζύμων. Ωστόσο, η θεωρία του γαλακτικού οξέος φαίνεται να μην ισχύει αφού το γαλακτικό οξύ μετά το τέλος της προπόνησης επιστρέφει στα φυσιολογικά του επίπεδα το αργότερο σε μια ώρα από τη διακοπή της άσκησης. Επίσης, ο καθυστερημένος μυϊκός πόνος απαντάται και κατά την αλλαγή του προπονητικού προγράμματος, ειδικά για τους αγύμναστους. Επίσης, για την εμφάνιση του ενοχοποιούνται και οι πλειομετρικές ασκήσεις με ιδιαίτερα μεγάλα φορτία. Πλειομετρικές είναι οι ασκήσεις που ο μυς παράγει έργο τη στιγμή που διατείνεται, όπως γίνεται για παράδειγμα στην πρέσα των ποδιών στο γυμναστήριο. Αυτό συμβαίνει διότι τόσο η ανατομία όσο και η κινησιολογική ανταπόκριση και συμπεριφορά του ανθρώπινου σώματος έχουν περιορισμούς και επιτρέπουν την κινητοποίηση λιγότερων μυϊκών ινών από αυτές που κινητοποιούνται κατά τις μειομετρικές συστολές. Συνεπώς, το φορτίο του έργου διανέμεται σε μικρότερο αριθμό μυϊκών κυτταρικών στοιχείων, με αποτέλεσμα την αύξηση της τάσης σε αυτά και την πιθανότητα ρήξεων. Οι μυϊκές ίνες ταχείας συστολής (τύπου II) εμφανίζουν μεγαλύτερες βλάβες διότι συμμετέχουν περισσότερο στις πλειομετρικές συστολές. Ακόμα, ένοχες είναι και οι πλειομετρικές ασκήσεις με μικρά φορτία, οι οποίες επαναλαμβάνονται για μεγάλα χρονικά διαστήματα (π.χ. στο τρέξιμο η συνεχόμενη σύσπαση του τετρακεφάλου μηριαίου τη στιγμή της προσγείωσης του ποδιού στο έδαφος). Μία πρόσφατη έρευνα (Lau, Blazeovich, Newton, Wu, & Nosaka, 2015) υποστηρίζει ότι πηγή του πόνου πιθανώς είναι η περιτονία και όχι οι ίδιες οι μυϊκές

ίνες. Η περιτονία (fascia) είναι ο συνδετικός ιστός γύρω από τον μυ και γίνεται πιο ευάλωτη στους τραυματισμούς κατά την έκκεντρη άσκηση. Φαίνεται λοιπόν ότι αυτή τραυματίζεται περισσότερο από ότι οι μυϊκές ίνες και από εκεί προέρχεται ο πόνος.

Επιπλέον, ο καθυστερημένος μυϊκός πόνος εμφανίζεται όταν οι ασκούμενοι, κυρίως οι αρχάριοι εκτελούν ασκήσεις με μεγάλα φορτία για πρώτη φορά, όπως είναι η πρώτη μέρα στο γυμναστήριο σε ένα πρόγραμμα με βάρη. Σχεδόν πάντα εμφανίζεται ο καθυστερημένος μυϊκός πόνος κατά την διάρκεια πολύωρων συνεχόμενων προπονήσεων, όταν εκτελείται έντονο μυϊκό έργο, σε συνθήκες μεταβολικής κόπωσης, όπως είναι για παράδειγμα το σπριντ στην ποδηλασία και το τρέξιμο σε κατηφόρα στη διάρκεια του μαραθωνίου. Ακόμα, σε ασκήσεις που απαιτούν μέγιστη δύναμη, όπως είναι η άρση βαρών, είναι αναμενόμενος ο καθυστερημένος μυϊκός πόνος. Το τραύμα από τις συγκρούσεις παικτών είναι επίσης μια αιτία βλάβης των ιστών που παρουσιάζει μια ισχυρή σχέση με τον καθυστερημένο μυϊκό πόνο, λίγες ημέρες μετά από τους αγώνες (Twist et al., 2012).

Όλες οι παραπάνω θεωρίες για τα αίτια πρόκλησης του καθυστερημένου μυϊκού πόνου πρέπει να ενσωματωθούν σε μια, διότι είναι σχεδόν ανέφικτο να υπάρχουν μικροτραυματισμοί στο συνδετικό ιστό, χωρίς να υπάρχουν μικροτραυματισμοί στο μυϊκό ιστό και το αντίθετο. Το φυσικό επακόλουθο των μικροτραυματισμών είναι η εκροή ενζύμων και η ανάπτυξη φλεγμονής, ενώ το φυσικό επακόλουθο της φλεγμονής είναι η ανάπτυξη οιδήματος. Στην κλινική του εικόνα, οι μύες εμφανίζουν πρήξιμο και ευαισθησία στο άγγιγμα, σκληρότητα και ακαμψία, μειώνοντας σημαντικά το εύρος κίνησης και την απόδοση. Η μέγιστη μείωση του εύρους κίνησης καταγράφεται 48 - 72 ώρες μετά την προπόνηση, ενώ η πτώση της απόδοσης καταγράφεται 24 ώρες μετά την προπόνηση. Συνεπώς, η παρατεταμένη αύξηση του μυϊκού πόνου έχει επιπτώσεις στην ποιότητα της άσκησης που εκτελείται από τον παίκτη. Για παράδειγμα, η ισχυρή επίδραση της αυξημένης μυϊκής σύσπασης (Marcora, Staiano, & Manning, 2009; Twist & Eston, 2009) και η αναστολή της εκούσιας ενεργοποίησης των μυών (Michaut, Pousson, & Van Hoecke, 2002), μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την απόδοση των αθλητών μεταξύ των παιχνιδιών. Επιπλέον, αν οι παίκτες διατηρούν τους πόνους των μυών από το προηγούμενο στο επόμενο ματς, είναι δεδομένο ότι θα υστερούν (Johnston, Gabbett, & Jenkins, 2013). Οι ψυχολογικές συνέπειες του παρατεταμένου πόνου ενδέχεται επίσης να έχουν σημαντικές συνέπειες, δεδομένου ότι ορισμένοι παίκτες μπορούν

ακόμη και να γίνουν εθισμένοι σε συνταγογραφούμενα παυσίπονα, θεωρώντας ότι δε μπορούν να είναι αποδοτικοί χωρίς αυτά (Alker, 2012).

### **Πρόληψη για τη μη εμφάνιση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου**

Η πρόληψη για τη μη εμφάνιση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου επικεντρώνεται κυρίως στην προπόνηση και στο ασκησιολόγιο που επιλέγεται από τον προπονητή. Η προπόνηση προσομοίωσης των ασκήσεων που θα ακολουθήσουν είναι ένα σημαντικό μέτρο πρόληψης, ενώ η όσο το δυνατό καλύτερη προσομοίωση αποτελεί κρίσιμο σημείο. Ακόμα και αν κάποιος είναι επαγγελματίας αθλητής με άριστη φυσική κατάσταση, μπορεί να εμφανίσει καθυστερημένο μυϊκό πόνο εκτελώντας μία άσκηση συναφή με το άθλημά του. Για παράδειγμα, ακόμα και κάποιος καλός ποδηλάτης, δηλαδή με γυμνασμένα πόδια, μπορεί να υποφέρει από καθυστερημένο μυϊκό πόνο, όταν θα δοκιμάσει να τρέξει σε επικλινές επίπεδο. Αυτό συμβαίνει διότι στο τρέξιμο κινητοποιούνται μυϊκές ομάδες οι οποίες στην ποδηλασία μπορεί να παραμένουν χαλαρές ή να επιβαρύνονται λιγότερο ή να επιβαρύνονται υπό διαφορετική γωνία. Είναι αυτονόητο ότι ακόμα και κάποιος ελίτ αθλητής σε ένα συγκεκριμένο άθλημα, αναμένεται να εμφανίσει καθυστερημένο μυϊκό πόνο κατά την εξάσκησή του σε ένα άλλο εντελώς διαφορετικό άθλημα. Κατά την προπόνηση προσομοίωσης, ο αθλητής εκτελεί την ίδια δεξιότητα, αλλά με λιγότερη ένταση ή και φορτίο. Για παράδειγμα, οι δρομείς θα πρέπει να ξεκινούν πρώτα διανύοντας λίγα μέτρα και με μέτρια ένταση και έπειτα να μπαίνουν στην κυρίως προπόνηση. Επίσης, σε αθλήματα που απαιτούν έντονες μυϊκές συσπάσεις, οι πρώτες απόπειρες πρέπει να απέχουν πολύ από τις μέγιστες προσπάθειες. Η επιβάρυνση και η ένταση θα πρέπει να μπαίνουν σταδιακά στο ασκησιολόγιο (Tidball, 2005). Πολύ σημαντικό είναι να δοθεί αρκετός χρόνος για τις πλειομετρικές ασκήσεις. Επιπλέον, η κυκλική προπόνηση, η οποία καλύπτει μεγάλη ποικιλία ασκήσεων μπορεί να φανεί σωτήρια (Schoenfeld, 2012). Τέλος, η προθέρμανση, προσαρμοσμένη ειδικά στο συγκεκριμένο άθλημα, προετοιμάζει το σώμα και συνεπώς το μυϊκό σύστημα δεν αιφνιδιάζεται με τις έντονες επιβαρύνσεις του αγώνα ή της προπόνησης.

### **Αντιμετώπιση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου**

Παραδοσιακά, η πρώτη συμβουλή των προπονητών σε αθλητές με καθυστερημένο μυϊκό πόνο είναι η ξεκούραση από την άσκηση, καθώς και η λήψη βιταμίνης C, για την γρηγορότερη αντιμετώπιση της φλεγμονής (Byer, & Goldfarb,



2006). Κατά την αντιμετώπιση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου ενδείκνυται οι αθλητές αρχικά να προπονούνται σε χαμηλές εντάσεις, ενώ η επόμενη προπόνηση να μην πραγματοποιηθεί πριν την έλευση 24 ωρών. Η ένταση στη δεύτερη αυτή προπόνηση προτείνεται να έχει ακόμα χαμηλότερη ένταση από την πρώτη, δηλαδή 50% λιγότερη ένταση. Είναι κρίσιμο το θέμα της ορθής αντιμετώπισης του καθυστερημένου μυϊκού πόνου, δεδομένου ότι υπάρχει μεγάλος κίνδυνος επέκτασης της φλεγμονής στους μύες και αυτό με τη σειρά του οδηγεί σε τραυματισμό και άρα αναγκαστική παύση συμμετοχής του αθλητή σε αγώνα. Ο κύκλος και ο βαθμός της φλεγμονής επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, τους οποίους όμως θα πρέπει να προσέξουν αθλητές και προπονητές, όπως είναι το επίπεδο της φυσικής κατάστασης, η σωστή αποκατάσταση και η διατροφή. Ένα άλλο κρίσιμο σημείο είναι ότι οι αθλητές που υποφέρουν από καθυστερημένο μυϊκό πόνο, εάν δεν επανέλθουν πλήρως, δηλαδή δεν αποκατασταθεί πλήρως το εύρος κίνησης των μυών, τότε υπάρχει άμεσος κίνδυνος μεγάλου τραυματισμού στους τένοντες, αλλά και στις αρθρώσεις (Tidball, 2005). Η ενεργητική αποθεραπεία χρησιμοποιείται ευρέως από αθλητές και προπονητές για την γρηγορότερη αποκατάσταση από τον καθυστερημένο μυϊκό πόνο, αλλά και για την πρόληψη αυτού του συνδρόμου. Η ενεργητική αποθεραπεία αποτελεί ένα πρόγραμμα ήπιας αερόβιας άσκησης, η οποία στοχεύει στην αύξηση της κυκλοφορίας του αίματος και της αιμάτωσης των μυών. Μπορεί να γίνει αμέσως μετά την προπόνηση ή την επόμενη ημέρα. Ακόμα, βοηθούν και οι ήπιες διατάσεις μετά το τέλος της προπόνησης, πρακτική υποχρεωτική πλέον στους επαγγελματίες αθλητές (Morgan, & Allen, 1999). Επίσης, τα ρολά αφρού μπορούν συμβάλλουν στην αποθεραπεία για την χαλάρωση των μυών, μετά από μια έντονη προπόνηση. Ουσιαστικά χαλαρώνει τους μυϊκούς κόμπους, όπως ακριβώς και το ήπιο μασάζ. Ενδείκνυται η χρήση ρολών αφρού για 5 λεπτά μετά από κάθε προπόνηση, με εφαρμογή κυρίως στους μεγάλους μύες, όπως είναι οι δικέφαλοι, οι τετρακέφαλοι, οι γάμπες και οι γλουτοί. Επίσης, προτείνεται μετά την προπόνηση το κρύο ντους, το οποίο απαλλάσσει από τους μυϊκούς πόνους ή ακόμα και τοπικά τα επιθέματα πάγου. Επιπλέον, βοηθούν οι εναλλαγές ζεστού και κρύου νερού, διότι το ζεστό νερό βοηθά στην αιμάτωση, ενώ το κρύο αντιμετωπίζει τις φλεγμονές. Το κρίσιμότερο σημείο είναι η σταδιακή και όχι η γρήγορη επαναφορά στην προπόνηση, διότι ο ουλώδης ιστός χρειάζεται χρόνο για να σχηματιστεί τοπικά στα σημεία αυτά.

## ΜΕΘΟΔΟΣ

### Δείγμα / συμμετέχοντες

Οι συμμετέχοντες στην παρούσα μελέτη ήταν 18 ενήλικες, ηλικίας 19-27 ετών, οι οποίοι αγωνίζονταν σε ερασιτεχνικό επίπεδο και ήταν φοιτητές του Τ.Ε.Φ.Α.Α του Δ.Π.Θ. Η συμμετοχή τους στην έρευνα ήταν εθελοντική. Συμπλήρωσαν ανώνυμα το ερωτηματολόγιο DOMS και τηρήθηκαν όλοι οι κανόνες ηθικής. Όλοι δήλωσαν ότι ήταν υγιείς και δεν είχαν να αναφέρουν κανένα ιστορικό τραυματισμού ή ασθένειας που να επηρεάζει τα αποτελέσματα της έρευνας.

### Όργανα μέτρησης

Για την ανάλυση σύστασης σώματος χρησιμοποιήθηκε το μηχάνημα DEXA (Dual Energy X-ray Absorptiometry – Διπλής Ενέργειας Φωτονιακή Απορροφησιομέτρηση). Η  $VO_{2max}$  αξιολογήθηκε με φορητό σύστημα ανάλυσης αερίων, σε εργοδιάδρομο αλλά και μέσω του yo-yo intermittent endurance test 2. Για την μέτρηση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου χρησιμοποιήθηκε το ειδικά σχεδιασμένο ερωτηματολόγιο (Jamurtas et al. 2000; Deli et al. 2017). Για την ανάλυση των στοιχείων επιβάρυνσης (απόσταση, ταχύτητα, άλματα κ.α.) κατά την διάρκεια των προπονήσεων χρησιμοποιήθηκε το σύστημα Global Positioning Systems (GPS).

### Πειραματικός Σχεδιασμός

Οι συμμετέχοντες αφότου ενημερώθηκαν αναλυτικά για τη διαδικασία των πειραμάτων, τον σκοπό της έρευνας και τις ηθικές δεσμεύσεις του ερευνητή, δήλωσαν ενυπόγραφα τη συμμετοχή τους. Στη συνέχεια έλαβαν μέρος στις προκαταρκτικές μετρήσεις που αφορούσαν στον προσδιορισμό της σύστασης σώματος και των φυσικών ικανοτήτων της δύναμης, της αντοχής, της ταχύτητας και της ευκινησίας. Στη συνέχεια έλαβαν μέρος σε προπονήσεις, για μία εβδομάδα, προσομοιάζοντας έναν αγωνιστικό μικρόκυκλο. Οι προπονητικές μονάδες σχεδιάστηκαν από προπονητές φυσικής κατάστασης. Κατά την επόμενη επίσκεψή τους στο εργαστήριο, οι δοκιμαζόμενοι έλαβαν εξειδικευμένες και αναλυτικές

οδηγίες για την συμπλήρωση-καταγραφή των διατροφικών ημερολογίων και ακόμα υποβλήθηκαν στη διαδικασία μέτρησης του μεταβολισμού ηρεμίας. Βασική προϋπόθεση ήταν να μην έχουν συμμετάσχει σε οποιαδήποτε μορφή άσκησης τις τελευταίες 72 ώρες. Στη συνέχεια κατά τη διάρκεια δύο συναντήσεων πραγματοποιήθηκε η αξιολόγηση όλων των φυσικών ικανοτήτων των ποδοσφαιριστών. Αφότου ολοκληρώθηκαν οι προκαταρκτικές μετρήσεις των αθλητών, συμμετείχαν στον αγωνιστικό μικρόκυκλο, όπου πραγματοποιούνταν καθημερινή καταγραφή του καθυστερημένου μυϊκού πόνου που ένιωθαν, καθώς και η δαπανώμενη ενέργεια κατά τη διάρκεια των προπονήσεων μέσω των συστημάτων GPS και team polar 2.

### **Στατιστική ανάλυση**

Για τη στατιστική ανάλυση χρησιμοποιήθηκε η απλή Ανάλυση Διακύμανσης (Analysis of Variance, ANOVA) ως προς έναν επαναλαμβανόμενο παράγοντα. Για τον εντοπισμό των περαιτέρω διαφορών χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση Post hoc Scheffé. Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο  $p < 0.05$ .

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Από την ανάλυση φάνηκε ότι τις ημέρες Δευτέρα, Τρίτη και Τετάρτη υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων (παιχνίδι και χωρίς παιχνίδι). Αναλυτικότερα η ομάδα (παιχνίδι) εμφάνισε υψηλότερους μέσους όρους σε κάθε μία ημέρα, τη Δευτέρα, την Τρίτη και την Τετάρτη σε σχέση με την ομάδα (χωρίς παιχνίδι). Επίσης, τα αποτελέσματα από την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε την ίδια ομάδα, φάνηκε ότι υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές από ημέρα σε ημέρα.

DOMS – KNEE FLEXORS – DOMINANT							
ΗΜΕΡΕΣ ΤΗΣ ΕΒΔΟΜΑΔΑΣ							
ΧΩΡΙΣ ΠΑΙΧΝΙΔΙ	Δ	ΤΡ	ΤΕ	ΠΕ	ΠΑ	ΣΑ	ΚΥ
M.O.	1,00 <sup>3,4,5,6</sup>	1,45 <sup>3,4,5,6</sup>	2,50 <sup>1,2,4,5,7</sup>	4,05 <sup>1,2,3,6,7</sup>	4,25 <sup>1,2,3,6,7</sup>	2,80 <sup>1,2,4,5,7</sup>	1,45 <sup>3,4,5,6</sup>
SD	0,00	0,51	0,76	0,94	0,85	0,83	0,51
ΠΑΙΧΝΙΔΙ	Δ	ΤΡ	ΤΕ	ΠΕ	ΠΑ	ΣΑ	ΚΥ
M.O.	4,75 <sup>#,2,3,4,6,7</sup>	4,15 <sup>#,1,3,6,7</sup>	3,55 <sup>#,1,2,5,7</sup>	3,65 <sup>1,5,7</sup>	4,45 <sup>3,4,6,7</sup>	3,00 <sup>1,2,5,7</sup>	1,45 <sup>1,2,3,4,5,6</sup>
SD	0,64	0,99	1,00	0,75	0,69	0,73	0,51

<sup>#</sup>Σημαντική διαφορά σε σχέση με την ίδια ημέρα χωρίς παιχνίδι.

<sup>1</sup>Σημαντική διαφορά σε σχέση με την πρώτη ημέρα(Δ) στην ίδια κατάσταση.

<sup>2</sup>Σημαντική διαφορά σε σχέση με την δεύτερη ημέρα(ΤΡ) στην ίδια κατάσταση.

<sup>3</sup>Σημαντική διαφορά σε σχέση με την τρίτη ημέρα(ΤΕ) στην ίδια κατάσταση.

<sup>4</sup>Σημαντική διαφορά σε σχέση με την τέταρτη ημέρα(ΠΕ) στην ίδια κατάσταση.

<sup>5</sup>Σημαντική διαφορά σε σχέση με την πέμπτη ημέρα(ΠΑ) στην ίδια κατάσταση.

<sup>6</sup>Σημαντική διαφορά σε σχέση με την έκτη ημέρα(ΣΑ) στην ίδια κατάσταση.

<sup>7</sup>Σημαντική διαφορά σε σχέση με την έβδομη ημέρα(ΚΥ) στην ίδια κατάσταση.

## DOMS - KNEE FLEXORS - NON-DOMINANT

Από την ανάλυση φάνηκε ότι τις ημέρες Δευτέρα, Τρίτη και Τετάρτη υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων (παιχνίδι και χωρίς παιχνίδι). Αναλυτικότερα η ομάδα (παιχνίδι) εμφάνισε υψηλότερους μέσους όρους σε κάθε μία ημέρα, τη Δευτέρα, την Τρίτη και την Τετάρτη σε σχέση με την ομάδα (χωρίς παιχνίδι). Επίσης, τα αποτελέσματα από την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε την ίδια ομάδα, φάνηκε ότι υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές από ημέρα σε ημέρα.

---

**DOMS - KNEE FLEXORS - NON-DOMINANT**

---

		<b>ΗΜΕΡΕΣ ΤΗΣ ΕΒΔΟΜΑΔΑΣ</b>					
<b>ΧΩΡΙΣ ΠΑΙΧΝΙΔΙ</b>	<b>Δ</b>	<b>ΤΡ</b>	<b>ΤΕ</b>	<b>ΠΕ</b>	<b>ΠΑ</b>	<b>ΣΑ</b>	<b>ΚΥ</b>
M.O.	1,00 <sup>3,4,5,6</sup>	1,40 <sup>3,4,5,6</sup>	2,40 <sup>1,2,4,5,7</sup>	3,95 <sup>1,2,3,6,7</sup>	4,10 <sup>1,2,3,6,7</sup>	2,70 <sup>1,2,4,5,7</sup>	1,45 <sup>3,4,5,6</sup>
SD	0,00	0,50	0,60	0,76	0,55	0,80	0,51
<b>ΠΑΙΧΝΙΔΙ</b>	<b>Δ</b>	<b>ΤΡ</b>	<b>ΤΕ</b>	<b>ΠΕ</b>	<b>ΠΑ</b>	<b>ΣΑ</b>	<b>ΚΥ</b>
M.O.	4,60 <sup>#,2,3,4,6,7</sup>	3,90 <sup>#,1,6,7</sup>	3,40 <sup>#,1,5,7</sup>	3,55 <sup>1,5,7</sup>	4,30 <sup>3,4,6,7</sup>	2,95 <sup>1,2,5,7</sup>	1,45 <sup>1,2,3,4,5,6</sup>
SD	0,88	0,85	0,75	0,60	0,73	0,83	0,51

<sup>#</sup>Σημαντική διαφορά σε σχέση με την ίδια ημέρα χωρίς παιχνίδι.

<sup>1</sup>Σημαντική διαφορά σε σχέση με την πρώτη ημέρα(Δ) στην ίδια κατάσταση.

<sup>2</sup>Σημαντική διαφορά σε σχέση με την δεύτερη ημέρα(ΤΡ) στην ίδια κατάσταση.

<sup>3</sup>Σημαντική διαφορά σε σχέση με την τρίτη ημέρα(ΤΕ) στην ίδια κατάσταση.

<sup>4</sup>Σημαντική διαφορά σε σχέση με την τέταρτη ημέρα(ΠΕ) στην ίδια κατάσταση.

<sup>5</sup>Σημαντική διαφορά σε σχέση με την πέμπτη ημέρα(ΠΑ) στην ίδια κατάσταση.

<sup>6</sup>Σημαντική διαφορά σε σχέση με την έκτη ημέρα(ΣΑ) στην ίδια κατάσταση.

<sup>7</sup>Σημαντική διαφορά σε σχέση με την έβδομη ημέρα(ΚΥ) στην ίδια κατάσταση.

**DOMS - KNEE EXTENSORS – DOMINANT**

Από την ανάλυση φάνηκε ότι τις ημέρες Δευτέρα, Τρίτη και Τετάρτη υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων (παιχνίδι και χωρίς παιχνίδι). Αναλυτικότερα η ομάδα (παιχνίδι) εμφάνισε υψηλότερους μέσους όρους σε κάθε μία ημέρα, τη Δευτέρα, την Τρίτη και την Τετάρτη σε σχέση με την ομάδα (χωρίς παιχνίδι). Επίσης, τα αποτελέσματα από την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε την ίδια ομάδα, φάνηκε ότι υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές από ημέρα σε ημέρα.

**DOMS - KNEE EXTENSORS - DOMINANT****ΗΜΕΡΕΣ ΤΗΣ ΕΒΔΟΜΑΔΑΣ**

ΧΩΡΙΣ ΠΑΙΧΝΙΔΙ	Δ	ΤΡ	ΤΕ	ΠΕ	ΠΑ	ΣΑ	ΚΥ
M.O.	1,00 <sup>3,4,5,6</sup>	1,30 <sup>3,4,5,6</sup>	2,25 <sup>1,2,4,5,7</sup>	3,60 <sup>1,2,3,6,7</sup>	3,90 <sup>1,2,3,6,7</sup>	2,35 <sup>1,2,4,5,7</sup>	1,20 <sup>3,4,5,6</sup>
SD	0,00	0,47	0,55	0,82	0,55	0,59	0,41
ΠΑΙΧΝΙΔΙ	Δ	ΤΡ	ΤΕ	ΠΕ	ΠΑ	ΣΑ	ΚΥ
M.O.	4,20 <sup>#,2,3,4,6,7</sup>	3,50 <sup>#,1,6,7</sup>	3,15 <sup>#,1,5,6,7</sup>	3,35 <sup>1,5,6,7</sup>	4,10 <sup>3,4,6,7</sup>	2,30 <sup>1,2,3,4,5,7</sup>	1,25 <sup>1,2,3,4,5,6</sup>
SD	0,70	0,69	0,49	0,49	0,64	0,66	0,44

#Σημαντική διαφορά σε σχέση με την ίδια ημέρα χωρίς παιχνίδι.

<sup>1</sup>Σημαντική διαφορά σε σχέση με την πρώτη ημέρα(Δ) στην ίδια κατάσταση.

<sup>2</sup>Σημαντική διαφορά σε σχέση με την δεύτερη ημέρα(ΤΡ) στην ίδια κατάσταση.

<sup>3</sup>Σημαντική διαφορά σε σχέση με την τρίτη ημέρα(ΤΕ) στην ίδια κατάσταση.

<sup>4</sup>Σημαντική διαφορά σε σχέση με την τέταρτη ημέρα(ΠΕ) στην ίδια κατάσταση.

<sup>5</sup>Σημαντική διαφορά σε σχέση με την πέμπτη ημέρα(ΠΑ) στην ίδια κατάσταση.

<sup>6</sup>Σημαντική διαφορά σε σχέση με την έκτη ημέρα(ΣΑ) στην ίδια κατάσταση.

<sup>7</sup>Σημαντική διαφορά σε σχέση με την έβδομη ημέρα(ΚΥ) στην ίδια κατάσταση.

**DOMS - KNEE EXTENSORS - NON-DOMINANT**

Από την ανάλυση φάνηκε ότι τις ημέρες Δευτέρα, Τρίτη και Τετάρτη υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων (παιχνίδι και χωρίς παιχνίδι). Αναλυτικότερα η ομάδα (παιχνίδι) εμφάνισε υψηλότερους μέσους όρους σε κάθε μία ημέρα, τη Δευτέρα, την Τρίτη και την Τετάρτη σε σχέση με την ομάδα (χωρίς παιχνίδι). Επίσης, τα αποτελέσματα από την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε την ίδια ομάδα, φάνηκε ότι υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές από ημέρα σε ημέρα.

**DOMS - KNEE EXTENSORS - NON-DOMINANT****ΗΜΕΡΕΣ ΤΗΣ ΕΒΔΟΜΑΔΑΣ**

ΧΩΡΙΣ ΠΑΙΧΝΙΔΙ	Δ	ΤΡ	ΤΕ	ΠΕ	ΠΑ	ΣΑ	ΚΥ
M.O.	1,00 <sup>3,4,5,6</sup>	1,25 <sup>3,4,5,6</sup>	2,15 <sup>1,2,4,5,7</sup>	3,45 <sup>1,2,3,6,7</sup>	3,80 <sup>1,2,3,6,7</sup>	2,20 <sup>1,2,4,5,7</sup>	1,20 <sup>3,4,5,6,7</sup>
SD	0,00	0,44	0,49	0,60	0,41	0,52	0,41
ΠΑΙΧΝΙΔΙ	Δ	ΤΡ	ΤΕ	ΠΕ	ΠΑ	ΣΑ	ΚΥ
M.O.	4,10 <sup>#,2,3,4,6,7</sup>	3,40 <sup>#,1,6,7</sup>	3,05 <sup>#,1,5,6,7</sup>	3,30 <sup>1,5,6,7</sup>	3,90 <sup>3,4,6,7</sup>	2,25 <sup>1,2,3,4,5,7</sup>	1,20 <sup>1,2,3,4,5,6</sup>
SD	0,91	0,82	0,60	0,47	0,64	0,55	0,41

#Σημαντική διαφορά σε σχέση με την ίδια ημέρα χωρίς παιχνίδι.

<sup>1</sup>Σημαντική διαφορά σε σχέση με την πρώτη ημέρα(Δ) στην ίδια κατάσταση.

<sup>2</sup>Σημαντική διαφορά σε σχέση με την δεύτερη ημέρα(ΤΡ) στην ίδια κατάσταση.

<sup>3</sup>Σημαντική διαφορά σε σχέση με την τρίτη ημέρα(ΤΕ) στην ίδια κατάσταση.

<sup>4</sup>Σημαντική διαφορά σε σχέση με την τέταρτη ημέρα(ΠΕ) στην ίδια κατάσταση.

<sup>5</sup>Σημαντική διαφορά σε σχέση με την πέμπτη ημέρα(ΠΑ) στην ίδια κατάσταση.

<sup>6</sup>Σημαντική διαφορά σε σχέση με την έκτη ημέρα(ΣΑ) στην ίδια κατάσταση.

<sup>7</sup>Σημαντική διαφορά σε σχέση με την έβδομη ημέρα(ΚΥ) στην ίδια κατάσταση.

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να μελετήσει τις μεταβολές στα επίπεδα της απόδοσης κατά την διάρκεια ενός αγωνιστικού μικρόκυκλου στο ποδόσφαιρο και κατά πόσο επηρεάζεται αυτή από τον καθυστερημένο μυϊκό πόνο. Από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι επιβεβαιώνεται η ερευνητική υπόθεση, δηλαδή: «H<sub>1</sub>-Θα υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά του παράγοντα απόδοση, από τον καθυστερημένο μυϊκό πόνο κατά την διάρκεια του αγωνιστικού μικρόκυκλου». Ο κύριος σκοπός του σχεδιασμού ενός μικρόκυκλου προπόνησης κατά τη διάρκεια της σεζόν, είναι η γρήγορη ανάκαμψη μετά έναν αγώνα και η αποτελεσματική απόδοση στον επόμενο αγώνα. Με βάση αυτό, είναι χρήσιμο για τους προπονητές να γνωρίζουν πότε οι παίκτες ανακάμπτουν πλήρως μετά από ένα παιχνίδι και είναι έτοιμοι να συμμετάσχουν στο επόμενο.

Ο DOMS γίνεται αντιληπτός 24 ώρες μετά την άσκηση με σημείο κορύφωσης 24 - 72 ώρες αφού ολοκληρωθεί η άσκηση. Συνήθως, δε δίνεται η δέουσα προσοχή από τους ασκούμενους, καθώς δε μπορούν να αντιληφθούν ότι ο ΚΜΠ μπορεί να ευθύνεται για τη μειωμένη τους απόδοση. Έρευνες (Friden, Seger, & Ekblom, 1988) έχουν δείξει ότι 48 ώρες μετά από άσκηση που υπήρξε μείωση της δρομικής οικονομίας, εξαιτίας του ΚΜΠ. Επιπλέον έρευνες (Harris, Wilcox, Smith, Quinn, & Lawson, 1990) παρουσίασαν θεαματικά ευρήματα για σημαντική καθυστέρηση στην αναπλήρωση των αποθεμάτων του μυϊκού γλυκογόνου, μετά από έκκεντρες συστολές που προκάλεσαν DOMS έως και για 10 ημέρες μετά την άσκηση και πιο συγκεκριμένα παρατήρησαν μείωση 15-45%. Ακόμα, φαίνεται ότι υπάρχει σημαντική πτώση του εύρους κίνησης καθώς και της μυϊκής δύναμης (έκκεντρης, ισομετρικής, μειομετρικής) κατά τη διάρκεια του DOMS (Hasson, Barnes, Hunter, & Williams, 1989) και πιο συγκεκριμένα, η μείωση της δύναμης φτάνει το 50% με τις πρώτες 24 ώρες. Συνεπώς, ο DOMS μπορεί να επηρεάσει αρνητικά διάφορους παράγοντες της αθλητικής απόδοσης, όπως είναι η δύναμη, η αντοχή, το εύρος κίνησης κ.α. και γι' αυτό απαιτείται να βρεθούν επιστημονικές προτάσεις τόσο για την αντιμετώπιση, όσο και για την πρόληψη. Στην παρούσα έρευνα διαπιστώθηκαν σημαντικές αλλαγές στην απόδοση των φυσικών ικανοτήτων της δύναμης, της αντοχής, της ταχύτητας και της ευκινησίας (εύρος κίνησης) και τα αποτελέσματά της ευθυγραμμίζονται με την υπάρχουσα βιβλιογραφία.



**Μυϊκή Δύναμη.** Ένας από τους πιο σημαντικούς δείκτες της φυσικής κατάστασης είναι η μυϊκή δύναμη και αποτελεί έναν παράγοντα που καθορίζει σημαντικά την απόδοση σε πολλά αθλήματα, είτε ομαδικά, είτε ατομικά. Αρκετοί ερευνητές έχουν εξετάσει την επίδραση που έχει ο DOMS σε διάφορες μορφές δύναμης, όπως είναι η ισομετρική, η έκκεντρη, η μειομετρική και η ισοκινητική. Πιο συγκεκριμένα, έχει βρεθεί η μείωση της μέγιστης ισομετρικής δύναμης, έως και 5 ημέρες μετά την άσκηση, κατά 48% αμέσως μετά από ένα έκκεντρο ασκησιολόγιο για τους καμπτήρες του αγκώνα (Nosaka & Clarkson, 1992). Άλλοι ερευνητές (Golden & Dudley, 1992) απέδειξαν μείωση της ισοκινητικής δύναμης, μετά από 48 ώρες, έπειτα από έκκεντρη άσκηση. Ένας λόγος που οι ερευνητές υποστηρίζουν ότι ο καθυστερημένος μυϊκός πόνος προκαλείται μετά από έκκεντρη άσκηση, μπορεί να είναι ότι κατά την πλειομετρική δράση επιστρατεύονται λιγότερες μυϊκές ίνες για την παραγωγή σχετικά μεγάλης δύναμης, απ' ότι στη μειομετρική άσκηση, ενώ φαίνεται ότι κατά την πλειομετρική άσκηση συνεισφέρουν περισσότερο οι ίνες ταχείας συστολής οι οποίες εμφανίζουν μεγαλύτερη προδιάθεση σε βλάβη / αλλοίωση. Λόγω του ότι οι Z ζώνες των μυϊκών ινών ταχείας συστολής που αναλαμβάνουν τη μεταβίβαση της δύναμης είναι πιο λεπτές, από ότι στις ίνες βραδείας συστολής. Μία πρόσφατη έρευνα προσθέτει μία ακόμη παράμετρο, υποδεικνύοντας ότι πηγή του πόνου πιθανώς είναι η περιτονία και όχι οι ίδιες οι μυϊκές ίνες. Η περιτονία (fascia) είναι ο συνδετικός ιστός που περιβάλλει τον μυ σαν θήκη και γίνεται πιο ευάλωτη κατά την έκκεντρη άσκηση. Φαίνεται λοιπόν ότι αυτή τραυματίζεται περισσότερο από ότι οι μυϊκές ίνες. Δεν έχει εξακριβωθεί ακόμη πώς ακριβώς την επηρεάζουν οι μυϊκές συσπάσεις. Οι ερευνητές υποθέτουν ότι η περιτονία έχει διαφορετικό βαθμό ελαστικότητας από τις μυϊκές ίνες, οπότε καθώς ο μυς εκτείνεται, δημιουργείται μία διαμητική δύναμη ανάμεσα στις μυϊκές ίνες και στον περιβάλλοντα συνδετικό ιστό, οδηγώντας σε τραυματισμό ή και σε φλεγμονή. Σε ότι αφορά την καθυστέρηση με την οποία εμφανίζεται ο πόνος, πιθανώς έχει να κάνει με το χρόνο που χρειάζεται να αναπτυχθεί η φλεγμονή. Ο πόνος αυτός δε σημαίνει ότι πρέπει να μείνετε σε ακινησία, άλλωστε το να συνεχίσετε να κινείτε τους μυς ανακουφίζει από τον πόνο και δεν παρεμποδίζει την ανάκαμψη. Επίσης, όσο πιο εντατική και επαναλαμβανόμενη γίνεται η άσκηση με τον καιρό, το φαινόμενο τείνει να μειώνεται.

Άλλοι ερευνητές (Clarkson et al., 1992; Cleak & Eston, 1992) ανέφεραν ότι παρατηρήθηκε μείωση της μέγιστης ισομετρικής δύναμης κατά 50%, αμέσως μετά από έκκεντρη άσκηση των καμπτήρων του αντιβράχιου, ενώ 10 ημέρες μετά την άσκηση η δύναμη δεν είχε ακόμα επανέρθει σε φυσιολογικά επίπεδα. Σε μια άλλη μελέτη (Kokkinidis, 1993) αξιολογήθηκε η πτώση της μειομετρικής δύναμης, για 48 ώρες μετά την άσκηση, όταν προκλήθηκε DOMS στους ισchioκνημιαίους 12 ανδρών. Μόλις ολοκληρώθηκε η άσκηση έκκεντρης μορφής, βρέθηκε μείωση στη μέγιστη μειομετρική δύναμη κατά 35%, όπου 24 - 48 ώρες μετά την άσκηση η μείωση αυτή ήταν 18% και 23%, αντίστοιχα. Συνεπώς, από τη βιβλιογραφία προκύπτει ότι μετά από έκκεντρη άσκηση που προκαλεί DOMS, καταγράφεται μια σημαντική μείωση της δύναμης, ακόμα και πέρα από το 50%. Η απόδοση ενός αθλητή ιδιαίτερα σε αγωνίσματα όπου η μέγιστη δύναμη καθορίζει σε σημαντικό βαθμό την επίδοση, είναι δεδομένο ότι θα επηρεαστεί μετά από μία μεγάλη και παρατεταμένη μείωση της δύναμης.

Οι άμεσες αυξήσεις στην αντιλαμβανόμενη βλάβη των μυών του κάτω και του άνω σώματος την ημέρα μετά από έναν αγώνα, ακολουθούν μια σταθερή επιστροφή κοντά στις αρχικές τιμές τις επόμενες τρεις ημέρες και αυτό συμφωνεί με προηγούμενες μελέτες στο ράγκμπι (McLean et al., 2010; Twist et al. 2012; West et al., 2014). Το γεγονός ότι οι τιμές δεν επέστρεψαν απόλυτα στις αρχικές τιμές της επιβεβαιώνει επίσης ότι οι αποκρίσεις των μυϊκών πόνων μετά από τους αγώνες παρατείνονται (McLean et al., 2010) και τυπικά ξεπερνούν και άλλα συμπτώματα βλάβης των ιστών (Twist et al., 2012). Τα αποτελέσματα της παρούσα έρευνας είναι συνεπή με τη μόνη άλλη μελέτη που εξετάζει τον πόνο των μυών στους παίκτες της Super League (Twist et al., 2012).

Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο είναι ότι τα μισά από τα παιχνίδια που έπαιξαν οι παίκτες σε αυτή τη μελέτη βρίσκονταν σε τεχνητό χλοοτάπητα, ενώ τα υπόλοιπα παιχνίδια έπαιξαν σε κανονικό χορτάρι. Ο τεχνητός χλοοτάπητας μπορεί να προκαλέσει αυξημένη δυσφορία των μυών και γενικά της απόδοσης των παικτών, εξαιτίας των διαφορών στην αλληλεπίδραση της επιφάνειας των παπουτσιών (Drakos, Taylor, Fabricant, & Haleem, 2013) και των κινήσεων των παικτών (Andersson, Ekblom, & Krstrup, 2008; Gains, Swedenhjelm, Mayhew, Bird, & Houser, 2010) σε σύγκριση με το φυσιολογικό γρασίδι.

**Εύρος Κίνησης.** Η μείωση του εύρους κίνησης κατά την περίοδο που οι αθλούμενοι αντιμετωπίζουν DOMS, έχει εντοπιστεί από αρκετούς ερευνητές. Ερευνητές (Jones et al., 1987; Yackzan et al., 1984) έδειξαν ότι το εύρος κίνησης ηρεμίας μειώθηκε από 6° έως 20° μοίρες σε όλους τους συμμετέχοντες, για 6 με 7 ημέρες, μετά από έκκεντρη άσκηση των καμπτήρων του αντιβράχιου. Επιπλέον, οι Cleak και Eston (1992) ανέφεραν ότι παρουσιάστηκε μείωση στο εύρος κίνησης ηρεμίας (-26° μοίρες), για 10 ημέρες, η οποία κορυφώθηκε 4 ημέρες μετά την προπόνηση, μετά από έκκεντρη άσκηση που προκάλεσε DOMS. Συμπερασματικά, οι ασκήσεις που προκαλούν DOMS, μπορούν να περιορίσουν σημαντικά το εύρος κίνησης για ένα σημαντικό χρονικό διάστημα (10 ημέρες). Είναι πιθανό η απόδοση του αθλητή να επηρεάζεται αρνητικά από αυτή τη μείωση του εύρους κίνησης.

**Αντοχή.** Έρευνες (Costill and Miller 1980) δείχνουν ότι η απόδοση των αθλητών σε αθλήματα αντοχής επηρεάζονται σημαντικά από τα επίπεδα του γλυκογόνου. Οι αθλητές αντοχής καταναλώνουν σημαντικές ποσότητες υδατανθράκων, διότι η εξάντληση του μυϊκού γλυκογόνου κατά τη διάρκεια της άσκησης σχετίζεται με την εμφάνιση της κόπωσης (Blom et al. 1987). Έρευνες (Vanni, Meyer, Veiga, & Zanardo, 2010) δείχνουν ότι η προπόνηση με έκκεντρες ασκήσεις που προκαλούν μυϊκή βλάβη και DOMS μπορούν να εμποδίσουν την επανασύνθεση του γλυκογόνου για αρκετές ημέρες αργότερα. Επιπλέον, οι Kuipers και οι συνεργάτες (1985) πρότειναν την άσκηση έκκεντρης μορφής σε ένα κυκλοεργόμετρο, διότι όταν εφαρμόστηκε σε ασκούμενους, προκάλεσε σημαντική μείωση των αποθεμάτων του μυϊκού γλυκογόνου του έξω πλατύ μυ 24 ώρες αργότερα. Επίσης, ο O'Reilly και οι συνεργάτες του (1987), αξιολόγησαν την επίδραση που είχαν 45 λεπτά έκκεντρης προπόνησης σε κυκλοεργόμετρο, στα επίπεδα του μυϊκού γλυκογόνου του έξω πλατύ μυ, αμέσως μετά την άσκηση, καθώς και 10 ημέρες αργότερα. Φάνηκε ότι η έκκεντρη προπόνηση, δημιούργησε DOMS και επιπλέον μυϊκή αλλοίωση για 10 ημέρες. Όταν μετρήθηκαν τα επίπεδα του γλυκογόνου πριν την άσκηση ήταν 85 mmol/kg υγρού μύος, ενώ μέτρηση μετά την προπόνηση έδειξε 39% μείωση σε αυτά τα αποθέματα. Όταν έγινε η μέτρηση ξανά μετά από 10 ημέρες, τα επίπεδα του γλυκογόνου ήταν 37 mmol/kg υγρού μύος, δηλαδή 43% χαμηλότερα σε σχέση με αυτά πριν την προπόνηση, παρά το γεγονός ότι σε όλη αυτή την περίοδο οι συμμετέχοντες απείχαν από την προπόνηση και παράλληλα τρεφόταν με τροφές πλούσιες σε υδατάνθρακες (54% των συνολικών

θερμίδων). Με τα παραπάνω ευρήματα συμφωνούν και ο Widrick και οι συνεργάτες (1992), οι οποίοι αξιολόγησαν 8 άνδρες που ακολούθησαν ένα διπλό μοντέλο προπόνησης: γύμνασαν έκκεντρα το ένα τους το πόδι και μειομετρικά το άλλο. 24 ώρες μετά την προπόνηση το έκκεντρο πόδι περιείχε 15% λιγότερο γλυκογόνο από ότι το πόδι που εξασκήθηκε με μειομετρικό ασκησιολόγιο, ενώ 72 δύο ώρες μετά την συγκεκριμένη προπόνηση, η διαφορά αυξήθηκε στο 24%. Συνεπώς, οι ερευνητές συμφωνούν ότι όταν οι ασκούμενοι ασκηθούν με έκκεντρη προπόνηση, για ένα σημαντικό χρονικό διάστημα, αυτό φαίνεται να εμποδίζει την επανασύνθεση του γλυκογόνου. Ωστόσο, οι ερευνητές δεν έχουν δώσει ακόμα μία ξεκάθαρη απάντηση στο ερώτημα «βάσει ποιού μηχανισμού προκαλείται αυτό το φαινόμενο». Την παραπάνω υπόθεση στηρίζουν τα ευρήματα των Tokmakidis et al. (2004) σύμφωνα με τα οποία οι συνεχείς επαναλαμβανόμενες έκκεντρες κινήσεις των κάτω άκρων από αθλητές υπερμαραθωνίων αποστάσεων (δρομείς Σπαρτάθλου) προκάλεσαν δυσκαμψία στους μυς των κάτω άκρων. Οι δρομείς που παρουσίασαν το μεγαλύτερο ρυθμό ανάπτυξης της δυσκαμψίας έτρεξαν τα λιγότερα χιλιόμετρα.

**Ταχύτητα.** Έρευνες έχουν δείξει ότι σε αθλήματα που απαιτείται να πραγματοποιούν περισσότερη απόλυτη απόσταση, επιταχύνσεις και τρέξιμο υψηλής ταχύτητας (Gabbett, 2013), είναι πιθανό ότι υπάρχει ένα μεγαλύτερο εξωτερικό φορτίο και αυτό προκαλεί περισσότερη βλάβη στους ιστούς, με αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη μυϊκή ευαισθησία μετά από τους αγώνες. Έχουν προταθεί πρόσθετοι παράγοντες που συμβάλλουν στα επίπεδα εμφάνισης καθυστερημένου πόνου μετά από ασκήσεις υψηλής έντασης, όπως είναι η ταχύτητα (Coutts, Rampinini, Marcora, Castagna, Impellizzeri, 2009). Από αυτή την άποψη, οι Robertson και Noble (1997) πρότειναν ψυχοβιολογικούς παράγοντες όπως η μεταβολική οξέωση, η αναπνοή, τα αναπνευστικά αέρια, οι κατεχολαμίνες, οι β-ενδορφίνες και η θερμοκρασία του σώματος που σχετίζονται με την αντίληψη του πόνου μετά τον αγώνα.

## Προτάσεις για μελλοντικές έρευνες

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης θα μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν από γυμναστές, προπονητές, αθλητές, αλλά και από απλούς ασκούμενους, ώστε διαμορφώνοντας ανάλογα τις προπονήσεις τους, να βελτιώσουν την απόδοση των αθλητών τους στις προπονήσεις και στους αγώνες. Οι μελλοντικές μελέτες ενδέχεται να εξετάσουν τις μακροπρόθεσμες επιπτώσεις στην υγεία από το συνεχιζόμενο πόνο που προκαλείται από την άσκηση στους παίκτες, αλλά και να αξιολογήσουν τις ενέργειες που κάνουν οι παίκτες και οι προπονητές για να το αντιμετωπίσουν. Επίσης, θα πρέπει να τεκμηριωθεί επιστημονικά και να προταθεί μία στρατηγική / ρουτίνα αποκατάστασης των αθλητών ποδοσφαίρου μετά τους αγώνες, με στόχο τη μεγιστοποίηση της ανάρρωσης. Για παράδειγμα, να εξεταστεί κατά πόσον οι παίκτες ποδοσφαίρου χρησιμοποιώντας τις παρακάτω πρακτικές μπορούν να επηρεάσουν τα επίπεδα του DOMS

-παγόλουτρα μετά το παιχνίδι: Αν μετά από μια έντονη προπόνηση οι αθλητές κάνουν ένα κρύο ντους, τότε ελαχιστοποιούν τους μυϊκούς πόνους κατά 50%. Εναλλακτικά προτείνονται εναλλαγές ζεστού και κρύου νερού. Το ζεστό θα αυξήσει την κυκλοφορία του αίματος στο σώμα, το κρύο θα περιορίσει τις φλεγμονές.

-να καταναλώνουν ένα τυποποιημένο ποτό πρωτεΐνης: υδατάνθρακα,

-να λαμβάνουν ένα τυποποιημένο γεύμα μετά το παιχνίδι,

-να κάνουν το stretching σε μια πισίνα,

-να κάνουν μασάζ: Το μασάζ στις περιοχές όπου επικεντρώνεται περισσότερο το πιάσιμο ανακουφίζει από τον πόνο αυξάνοντας τη ροή του αίματος και βοηθά στο να απλωθούν οι μικροφλεγμονές. Σύμφωνα με έρευνες το ήπιο μασάζ συμβάλλει στη μείωση του πιασίματος κατά 30%,

-να πάρουν μια βιταμίνη C (1000 mg) πριν την προπόνηση, καθώς η βιταμίνη C θα μπορούσε δυνητικά να αντιμετωπίσει τις φλεγμονές και έτσι θα μετριάσει σχετικά το πιάσιμο,

-να χαλαρώνουν με roller foam: τα ρολά αφρού μπορούν επίσης να βοηθήσουν στην αποθεραπεία και να χαλαρώσουν τους μυς μετά από μια έντονη προπόνηση.

- να κάνουν ενεργητική αποθεραπεία: πρόκειται για ένα πρόγραμμα ήπιας αερόβιας άσκησης με στόχο την αύξηση της κυκλοφορίας του αίματος και μπορεί να γίνει αμέσως μετά την προπόνηση ή την επόμενη ημέρα.

-ήπια άσκηση των περιοχών που εντοπίζεται ο πόνος,

- Τέλος, ξεκούραση των συγκεκριμένων μυϊκών ομάδων για όσο διάστημα χρειαστεί μέχρι να υποχωρήσει εντελώς ο πόνος.

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.

Επιπλέον, υπάρχει η ανάγκη να εξεταστεί σε διάφορα αθλήματα αν ο DOMS μπορεί να αλλοιώσει τη σωστή εκτέλεση κάποιων κινήσεων. Προς το παρόν έχει εξεταστεί η επίδραση του DOMS μόνο στην τεχνική αθλημάτων όπως το τρέξιμο (Hammill et al. 1991) και η κολύμβηση (O'Connor et al. 1991). Είναι πιθανό ο DOMS να αλλοιώνει τη σωστή εκτέλεση μιας κίνησης σε πολλά αθλήματα με αποτέλεσμα να επηρεάζεται η απόδοση του αθλητή. Για παράδειγμα, ο DOMS 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 DOMS στην αθλητική απόδοση πιο εκτεταμένα.

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Alker, M. (2012). *The devil within*. Leeds: Scratching Shed Publishing.
- American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 81, 52-69.
- Andersson, H., Ekblom, B., & Krstrup, P. (2008). Elite football on artificial turf versus natural grass: Movement patterns, technical standards, and player impressions. *Journal of Sports Sciences*, 26, 113–122.
- Angeli, A, Minetto M, Dovio A, Paccotti P. (2004). The overtraining syndrome in athletes: a stress-related disorder. *J Endocrinol Invest*, 27(6):603–12.
- Ascensao, A., Rebelo, A., Oliveira, E., Marques, F., Pereira, L. & Magalhaes, J. (2008). Biochemical impact of a soccer match-analysis of oxidative stress and muscle damage markers throughout recovery. *Clinical Biochemistry*, 41, 841 - 851.
- Bangsbo, J., Mohr, M. & Krstrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of Sports Science*, 24(7), 665 - 674.
- Barbas, I, Fatouros, IG, Douroudos, II, Chatzinikolaou, A, Michailidis, Y, Draganidis, D, Jamurtas, AZ, Nikolaidis, MG, Parotsidis, C, Theodorou, AA, Katrabasas, I, Margonis, K, Papassotiriou, I, and Taxildaris, K. (2011). Physiological and performance adaptations of elite Greco-Roman wrestlers during a one-day tournament. *Eur J Appl Physiol*, 111: 1421–1436.
- Baron, B, Moullan F, Deruelle F, Noakes TD., (2010). The role of emotions on pacing strategies and performance in middle and long duration sport events. *Br J Sports Med*, 45(6):511–7.
- Blom PC, Costill DL, Vollestad NK. (1987). Exhaustive running: inappropriate as a stimulus of muscle glycogen super-compensation. *Med Sci Sports Exerc.*, 19:398-403.
- Briggs, M., Cockburn, E., Rumbold, P., Rae, G., Stevenson, E., & Russell, M. (2015). Assessment of Energy Intake and Energy Expenditure of Male Adolescent Academy-Level Soccer Players during a Competitive Week. *Nutrients*, 8392–8401.
- Bryer, Sc., Goldfarb Ah. (2006). Effect of high dose vitamin C supplementation on muscle soreness, damage, function, and oxidative stress to eccentric exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.*, 16 (3), 270-280.

- Chamari, K, HaddadM,Wong del P, Dellal A, Chaouachi A. (2012). Injury rates in professional soccer players during Ramadan. *J Sports Sci.*, 30 (Suppl. 1):S93–S102.
- Chatzinikolaou, A, Fatouros, IG, Gourgoulis, V, Avloniti, A, Jamurtas, AZ, Nikolaidis, MG, Douroudos, I, Michailidis, Y, Beneka, A, Malliou, P, Tofas, T, Georgiadis, I, Mandalidis, D, and Taxildaris, K. (2010). Time course of changes in performance and inflammatory responses after acute plyometric exercise. *J Strength Cond Res*, 24: 1389–1398.
- Chatzinikolaou, A., Christoforidis, C., Avloniti, A., Draganidis, D., Jamurtas, A.Z., Cheung, K., Hume, P., & Maxwell, L. (2003). Delayed onset muscle soreness: Treatment strategies and performance factors. *Sports Medicine*, 33, 145–164.
- Clarkson, P.M. & Hubal, M.J. (2002). Exercise-induced muscle damage in humans.
- 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. *Med. Sci. Sports Exerc*, 24, 512–520.
- Cleak MJ, Eston RG. (1992). Delayed onset muscle soreness: mechanisms and management. *J Sports Sci*, 10 (4): 325-41).
- Close, G. L., Ashton, T., McArdle, A., & Maclaren, D. P. M. (2005). The emerging role of free radicals in delayed onset muscle soreness and contraction-induced muscle injury. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 142, 257–266.
- Costill D.L. and Miller J.M. (1980). Nutrition for Endurance Sport: Carbohydrate and Fluid Balance. *Int. J. Sports Medicine*, 2—14.
- Coutts AJ, Rampinini E, Marcora SM, Castagna C, Impellizzeri FM. (2009). Heart rate and blood lactate correlates of perceived exertion during small-sided soccer games. *J Sci Med Sport*, 12(1):79–84.
- Deli C.K., Fatouros I.G., Paschalis V., Georgakouli K., Zalavras A., Avloniti A., Koutedakis Y., Jamurtas A.Z. (2017). Comparison of Exercise-Induced Muscle Damage Following Maximal Eccentric Contractions in Men and Boys. *Pediatr Exerc Sci*. 6:1-26. doi: 10.1123/pes.2016-0185.
- Draganidis, D, Chatzinikolaou, A, Jamurtas, AZ, Barbero, JC, Tsoukas, D, Theodorou, AS, Margonis, K, Michailidis, Y, Avloniti, A, Theodorou, A, Kambas, A, and Fatouros, IG. (2013). The timeframe of acute resistance



- exercise effects on football skill performance: The impact of exercise intensity. *J Sports Sci* 31, 714–722.
- Drakos, M. C., Taylor, S. A., Fabricant, P. D., & Haleem, A. M. (2013). Synthetic playing surfaces and athlete health. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 21, 293–302.
- Ebbeling, CB, Clarkson PM (1989). Exercise-induced muscle damage and adaptation. *Sports Medicine* 7, 207-234.
- Fatouros, IG, Chatzinikolaou, A, Douroudos, II, Nikolaidis, MG, Kyparos, A, Margonis, A, Michailidis, Y, Vantarakis, A, Taxildaris, K, Katrabasas, I, Mandalidis, D, Kouretas, D, and Jamurtas, AZ. Timecourse of changes in oxidative stress and antioxidant status responses following a soccer game. *J Strength Cond Res*, 24: 3278–3286, 2010.
- Gabbett, T. J. (2013). Influence of the opposing team on the physical demands of elite rugby league match play. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27, 1629–1635.
- Gains, G. L., Swedenhjelm, A. N., Mayhew, J. L., Bird, H. M., & Houser, J. J., (2010). Comparison of speed and agility performance of college football players on field turf and natural grass. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24, 2613–2617.
- Golden & Dudle, 1992
- Hamill J., Freedson P.S., Clarkson P.M., Braun B. (1991). Muscle soreness during running: Biomechanical and physiological considerations. *Int. J. Sports Biomech.* 7:125-137.
- Harris C., Wilcox A., Smith G., Quinn C., Lawson L. (1990). The effect of delayed onset muscular soreness (DOMS) on running kinematics. *Med. Sci. Sports Exerc.* 22:34, (abstract).
- Hartmann, U, Mester J (2000) Training e overtraining markers in selected sport events. *Med Sci Sports Exerc*, 32(1):209–215.
- Hasson S., Barnes W., Hunter M., Williams J. (1989). Therapeutic effect of high speed voluntary muscle contractions on muscle soreness and muscle performance. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 6: 499-507.
- Hooper, SL, Mackinnon LT. (1995). Monitoring overtraining in athletes. *Recommendations Sports Med*, 20(5):321–7.
- Hough, T. (1902). Ergographic studies in muscular soreness. *Am. J. Physiol.* 7:76-92,

- Howatson, G., & Milak, A. (2009). Exercise-induced muscle damage following a bout of sport specific repeated sprints. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23, 2419–2424.
- Human Performance Laboratory. Ball State University, Muncie, Indiana 47306, U.S.A. Friden J., Seger J., Ekblom B. (1988). Sublethal muscle fibre injuries after high-tension anaerobic exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.* 57: 360-368.
- Ispirlidis, I, Fatouros, IG, Jamurtas, AZ, Michailidis, I, Douroudos, I, Michailidis, K, Margonis, K, Chatzinikolaou, A, Nikolaidis, MG, Kalistratos, E, Katrabasas, I, Alexiou, V, and Taxildaris, K. (2008). Time course of changes in performance and inflammatory responses following a soccer match. *Clin J Sport Med*, 18: 423–431.
- Jamurtas, A. Z., Fatouros, I.G., Buckenmeyer, P., Kokkinidis, E., Taxildaris, K., Kambas, A., Kyriazis, G. (2000). Effects of plyometric exercise on muscle soreness and creatine kinase levels and its comparison to eccentric and concentric exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14 (1), 68-74.
- Johnston, R. D., Gabbett, T. J., & Jenkins, D. G. (2013). Influence of an intensified competition on fatigue and match performance in junior rugby league players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16, 460–465.
- Jones D.A., Newham D.J., Clarkson P.M. (1993). Skeletal muscle stiffness and pain following eccentric exercise of the elbow flexors. *Pain*, 30:233-242.
- Kauranen, K, Siira P, Vanharanta H. (2001) Delayed-onset muscle soreness and motor performance of the upper extremity. *Eur J Appl Physiol*, 84(4):302–309.
- Kenttä, G, Hassmén P. (1998). Overtraining and recovery. A conceptual model. *Sports Med*, 26(1):1–16.
- Kokkinidis E. (1993). Effect of static stretching and ice compression on parameters associated with delayed muscle soreness. *Masters Thesis*, Syracuse University.
- Krustrup, P., Mohr, M., Steensberg, A., Bencke, J., Kjaer, M. & Bangsbo, J. (2006).
- Kuipers H., Keizer H.A., Vestappen F., Costill D.L. (1985). Influence of a prostaglandin-inhibiting drug on muscle soreness after eccentric work. *Int. J. Sports Med.* 6:336-339.
- Lau, W. Y., Blazeovich, A. J., Newton, M. J., Wu, S. S. X., & Nosaka, K. (2015). Changes in electrical pain threshold of fascia and muscle after initial and

- secondary bouts of elbow flexor eccentric exercise. *European journal of applied physiology*, 115(5), 959-968.
- Lee, J, Clarkson PM (2003). Plasma creatine kinase activity and glutathione after eccentric exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 35 (6):930–936.
- Mara, J., Thompson, K., & Pumpa, K. (2015). Assessing the energy expenditure of elite female soccer players: a preliminary study. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2780–2786.
- Marcora, S. M., Staiano, W., & Manning, V. (2009). Mental fatigue impairs physical performance in humans. *Journal of Applied Physiology*, 106, 857– 864.
- Marin, D, dos Santos Rde, C, Bolin, AP, Guerra, BA, Hatanaka, E, and Otton, R. (2011). Cytokines and oxidative stress status following a handball game in elite male players. *Oxid Med Cell Longev* 2011: 804873.
- McLean, B. D., Coutts, A. J., Kelly, V., McGuigan, M. R., & Cormack, S. J. (2010). Neuromuscular, endocrine, and perceptual fatigue responses during different length between-match microcycles in professional rugby league players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5, 367–383.
- Michailidis, Y, Karagounis, LG, Terzis, G, Jamurtas, AZ, Spengos, K, Tsoukas, D, Chatzinikolaou, A, Mandalidis, D, Stefanetti, RJ, Papassotiriou, I, Athanasopoulos, S, Hawley, JA, Russell, AP, and Fatouros, IG. (2013). Thiol-based antioxidant supplementation alters human skeletal muscle signaling and attenuates its inflammatory response and recovery after intense eccentric exercise. *Am J Clin Nutr*, 98: 233–245.
- Michaut, A., Pousson, M., Babault, N., & Van Hoecke, J. (2002). Is eccentric exercise-induced torque decrease contraction type dependent. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34, 1003–1008.
- Miles M.P., and Clarkson P.M. (1994). Exercise-induced muscle pain, soreness and cramps. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 34:203-216.
- Mohr, M., Krstrup, P., Nybo, L., Nielsen, J.J. & Bangsbo, J. (2004). Muscle temperature and sprint performance during soccer matches-beneficial effects of re-warm-up at half time. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 14, 156-162.
- Morgan, D.L. & Allen, D.G. (1999). Early events in stretch-induced muscle damage. *Journal of Applied Physiology*, 87, 2007-15.

- Mougios, V. (2007). Reference intervals for serum creatine kinase in athletes. *Br J Sports Med*, 41: 674–678.
- Muscle and blood metabolites during a soccer game: Implications for sprint performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 38(6), 1165-1174.
- Newham, D. J. (1988). The consequences of eccentric contractions and their relationship to delayed onset muscle pain. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 57, 353–359.
- Nosaka K., and Clarkson P.M. (1992). Relationship between post-exercise plasma CK elevation and muscle mass involved in the exercise. *Int. J. Sports Med*, 13:471-475.
- O'Connor P.J., Morgan W.P., Raglin J.S. (1991). Psychobiologic effects of 3d of increased training in female and male swimmers. *Med. Sci. Sports Exerc.* 9:1055-1061.
- O'Reilly K.P., Warhol M.J., Fielding R.A., Frontera W.R., Meredith C.N., Evans W.J. (1987). Eccentric exercise-induced muscle damage impairs muscle glycogen repletion. *J. Appl. Physiol.*, 63:252-256.
- Overgaard, K, Fredsted A, Hyldal A, Ingemann-Hansen T, Gissel H, Clausen T (2004). Effects of running distance and training on Ca<sup>2+</sup> content and damage in human muscle. *Med Sci Sports Exerc*, 36(5):821–829.
- Robertson RJ, Noble BJ. (1997). Perception of physical exertion: methods, mediators, and applications. *Exerc Sport Sci Rev*, 25:407–52.
- Roth, SM, Martel GF, Ivey FM, Lemmer JT, Metter EJ, Hurley BF, Rogers MA (2000) High-volume, heavy-resistance strength training and muscle damage in young and older women. *J Appl Physiol*, 88(3):1112–1118.
- Schoenfeld, B. J. (2012). Does exercise-induced muscle damage play a role in skeletal muscle hypertrophy. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(5), 1441-1453.
- Silva, J., Magalhaes, J., Ascensao, A., Oliveira, E., Seabra, A., & Rebelo, A. (2011). Individual match playing time during the season affects fitness-related parameters of male professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2729–2739.
- Smith, LL. (1991). Acute inflammation: the underlying mechanism in delayed onset muscle soreness. *Med Sci Sports Exerc*, 23 (5):542–551.

- Stolen, T., Chamari K., Castagna C. & Wisloff U. (2005). Physiology of Soccer. An Update. *Sports Medicine*, 35(6), 501-536.
- Theodoros, S., Ermidis, Sovatzidis, G. Papassotiriou, I., Kambas, A., Fatouros, I.G. (2014). A microcycle of Inflammation Following a Team-handball Game. *Journal of Strength and Conditioning Research*, Epub ahead of print.
- Tidball, JG. (2005). Inflammatory processes in muscle injury and repair. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*. 1, 288(2):R345-53.
- Tofas, T, Jamurtas, AZ, Fatouros, IG, Nikolaidis, MG, Koutedakis, Y, Sinouris, EA, Papageorgakopoulou, N, and Theocharis, DA. (2008). The effects of plyometric exercise on muscle performance, muscle damage and collagen breakdown. *J Strength Cond Res*, 22: 490–496.
- Tokmakidis S.P., Zois C. E., Volaklis K. A., Kotsa K., & Touvra A. (2004). The effects of a combined strength and aerobic exercise program on glucose control and insulin action in women with type 2 diabetes. *European Journal of Applied Physiology*, 92: 4–5, pp 437–442
- Twist, C., & Eston, R. G. (2009). The effect of exercise-induced muscle damage on perceived exertion and cycling endurance performance. *European Journal of Applied Physiology*, 105, 559–567.
- Twist, C., Waldron, M., Highton, J., Burt, D., & Daniels, M. (2012). Neuromuscular, biochemical and perceptual post-match fatigue in professional rugby league forwards and backs. *Journal of Sports Sciences*, 30, 359–367.
- Twist, C., Waldron, M., Highton, J., Burt, D., & Daniels, M. (2012). Neuromuscular, biochemical and perceptual post-match fatigue in professional rugby league forwards and backs. *Journal of Sports Sciences*, 30, 359–367.
- Urhausen A, Kindermann W. (2002). Diagnosis of overtraining: what tools do we have, *Sports Med*, 32(2):95–102.
- Vanni A. C., Meyer F., Veiga A. D. R., & Zanardo V. P. S. (2010). Comparison of the effects of two resistance training regimens on muscular and bone responses in premenopausal women. *Osteoporos Int*, 21:1537–1544.
- West, D. J., Cook, C. J., Stokes, K. A., Atkinson, P., Drawer, S., Bracken, R. M., & Kilduff, L. P. (2014). Profiling the time-course changes in neuromuscular function and muscle damage over two consecutive tournament stages in elite rugby sevens players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 17, 688–692.

- Widrick J. J., Costill D. L., McConell G. K., Anderson D. E., Pearson D. R., & Zachwieja J. J. (1992). Time course of glycogen accumulation after eccentric exercise. *Journal of Applied Physiology*, 72:5.
- Yackzan, L., Adams, C., & Francis, K. T. (1984). The effects of ice massage on delayed muscle soreness. *The American Journal of Sports Medicine*, 12(2), 159–165.