



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΦΥΣΙΚΗ ΑΓΩΓΗ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΣ»

ΑΜΕΣΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ ΕΚΤΟΣ
ΝΕΡΟΥ ΣΕ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΗΣ
ΣΤΗΝ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗ ΚΟΛΥΜΒΗΣΗΣ ΠΟΥ ΑΚΟΛΟΥΘΕΙ

Αρσονιάδης Γ. Γαβριήλ

Μεταπτυχιακή Διατριβή

ΠΕΔΙΟ ΣΠΟΥΔΩΝ: ΠΡΟΠΟΝΗΤΙΚΗ

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΕΙΔΙΚΗ ΠΡΟΠΟΝΗΤΙΚΗ ΥΓΡΟΥ ΣΤΙΒΟΥ

ΙΟΥΝΙΟΣ 2017

©Copyright

Αρσονιάδης Γ. Γαβριήλ

Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού

Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Εθνικής Αντιστάσεως 41, 17237, Δάφνη, Αθήνα

Μέλη της Εξεταστικής Επιτροπής

Όνομα Επιβλέποντα Καθηγητή

Τουμπέκης Ανάργυρος

(Επίκουρος Καθηγητής)

Όνομα Μέλους

Τερζής Γεράσιμος

(Αναπληρωτής Καθηγητής)

Όνομα Μέλους

Μπογδάνης Γρηγόρης

(Επίκουρος Καθηγητής)

**Πρακτικό Της Εξεταστικής Επιτροπής για την κρίση της μεταπτυχιακής
διατριβής**

(χορηγείται από την γραμματεία του προγράμματος)

Έκφραση ευχαριστιών

Περατώνοντας την μεταπτυχιακή μου διατριβή θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου προς όλους όσοι συνέβαλαν στην ολοκλήρωσή της.

Πρώτα από όλα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Ανάργυρο Τουμπέκη για την εμπιστοσύνη που μου δείχνει όλα αυτά τα χρόνια, τον πολύτιμο χρόνο που μου αφιερώνει, αλλά και την καθοδήγηση που μου παρέχει σε προσωπικό όσο και σε ακαδημαϊκό επίπεδο καθ' όλη την διάρκεια της συνεργασίας μας. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της συμβουλευτικής μου επιτροπής κ. Γεράσιμο Τερζή και κ. Γρηγόρη Μπογδάνη για τις πολύτιμες συμβουλές τους ως προς την υλοποίηση και ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής μου διατριβής.

Επίσης, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ σε όλους εκείνους, οι οποίοι μου παρείχαν την αμέριστη βοήθειά τους κατά την διαδικασία συλλογής των δεδομένων. Οι άνθρωποι αυτοί είναι οι: Νικητάκης Ιωάννης, Μαλλιαρός Ιωάννης, Τουφεξή Σεσίλια, Ζάγκα Κωσταντίνα, Μοράρης Αλέξανδρος, Μιχαλόπουλος Γεώργιος, Λάϊου Αναστασία, Θώμος Ηλίας, Κορτσινίδη Συμέλα, Κιουκλάκη Ελπίδα.

Ωστόσο, δεν θα μπορέσω να παραλείψω όλους τους αθλητές που συμμετείχαν πρόθυμα στην έρευνά μου, αλλά και τους προπονητές τους, κ. Αλέξανδρο Νικολόπουλο, Δημήτριο Αθυμαρίτη, Κωσταντίνο Τοκμετζίδη, Δημήτριο Καλοκύρη, Αλέξανδρο Μοράρη, Γεώργιο Πόποτα, Δημήτριο Κουλούρη, για την άψογη συνεργασία.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαιτέρως τους γονείς μου για την αγάπη και την υποστήριξή τους σε όλη την διάρκεια της ακαδημαϊκής μου ζωής.

Η ΑΜΕΣΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ ΕΚΤΟΣ ΝΕΡΟΥ ΣΕ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΣΤΗΝ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗ ΚΟΛΥΜΒΗΣΗΣ ΠΟΥ ΑΚΟΛΟΥΘΕΙ

Περίληψη

Στη μελέτη εξετάστηκε η άμεση επίδραση της προπόνησης Μέγιστης Μυϊκής Δύναμης (ΜΜΔ) στις φυσιολογικές ανταποκρίσεις και βιομηχανικές παραμέτρους κατά την προπόνηση κολύμβησης που ακολουθεί. Δώδεκα άρρενες κολυμβητές ($n=12$, ηλικία: 19.0 ± 2.2 έτη, VO_{2max} : 53.4 ± 9.2 ml/kg/min) πραγματοποίησαν 5 προσπάθειες 200 μέτρων ελεύθερο με προοδευτικά αυξανόμενη ένταση. Δείγμα αίματος συλλέχθηκε μετά από κάθε προσπάθεια για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης γαλακτικού και τον υπολογισμό της ταχύτητας που αντιστοιχεί σε συγκέντρωση 4 mmol/L (V_4). Η μέγιστη δύναμη (1RM) υπολογίστηκε στις ασκήσεις: πίεση πάγκου, κωπηλατική έλξη και καθίσματα για τον προσδιορισμό του φορτίου κατά την προπόνηση ΜΜΔ. Στην Πειραματική συνθήκη (Π) και τη συνθήκη Ελέγχου (Ε) οι κολυμβητές ολοκλήρωσαν προπόνηση κολύμβησης η οποία περιελάμβανε προθέρμανση 1000 μέτρων, προσδεμένη κολύμβηση 10 s (TF) και 5x400 μέτρα με σταθερή ταχύτητα ίση με την V_4 . Κατά την Π συνθήκη η προπόνηση ΜΜΔ (3x5 επαναλήψεις, 85% της 1RM) ολοκληρώθηκε 15 λεπτά πριν από την προπόνηση στο νερό. Κατά τη συνθήκη Ε πραγματοποιήθηκε μόνο η προπόνηση στο νερό. Η κατανάλωση οξυγόνου (VO_2), η καρδιακή συχνότητα (HR), η συγκέντρωση γαλακτικού [La^-] όπως και η συχνότητα (SR), το μήκος (SL) και η αποτελεσματικότητα χεριάς (η_F) υπολογίστηκαν κατά τη διάρκεια των 5X400 μέτρων. Η [La^-] ήταν υψηλότερη στην Π συγκριτικά με την Ε συνθήκη μετά από τα 5x400 μέτρα (6.4 ± 2.7 vs. 4.6 ± 2.8 mmol/L, $p < 0.05$), αλλά VO_2 και HR δεν διέφεραν μεταξύ των συνθηκών ($p > 0.05$). Η η_F παρέμεινε αμετάβλητη, το SL μειώθηκε και η SR αυξήθηκε στην Π αλλά όχι στην Ε συνθήκη στις επαναλήψεις 400 μέτρων ($p < 0.05$). Η προπόνηση ΜΜΔ 15 λεπτά πριν από την προπόνηση κολύμβησης επηρεάζει αρνητικά τις βιομηχανικές παραμέτρους (SR και SL) και αυξάνει τη συγκέντρωση γαλακτικού κατά την κολύμβηση σταθερής ταχύτητας στην προπόνηση. Οι μεταβολές που εμφανίζονται μετά από προπόνηση ΜΜΔ είναι πιθανό να οφείλεται σε μειωμένη

κολυμβητική οικονομία ή/και αυξημένη ενεργοποίηση του αναερόβιου μεταβολισμού.

Λέξεις κλειδιά: Μέγιστη μυϊκή δύναμη, παράμετροι απόδοσης, τεχνικές παράμετροι, προπόνηση κολύμβησης.

ACUTE EFFECT OF DRYLAND MAXIMUM STRENGTH TRAINING ON PERFORMANCE AND BIOMECHANICAL PARAMETERS IN THE FOLLOWING SWIMMING TRAINING

Abstract

The aim of the study was to examine the acute effect of maximum dryland strength training on metabolic and biomechanical parameters in the following swimming training session. Twelve competitive national level male swimmers ($n=12$, age: 19.0 ± 2.2 years, VO_{2max} : 53.4 ± 9.2 ml/kg/min) performed a 5x200-m test with progressively increasing intensity. A blood sample was collected after each 200-m repetition for the determination of blood lactate concentration and the speed corresponding to blood lactate concentration of 4 mmol/l (V_4) was calculated. On two separate experimental conditions, swimmers applied a swimming training session consisted of, 1000 m warm-up, a 10-s tethered swimming sprint and 5x400-m at V_4 in a counterbalanced order and one week apart. In the experimental condition (II) the swimmers completed a dryland maximum strength training 15 minutes before the swimming training session. In the control condition (E) the swimmers participated in the swimming training session only. Blood lactate concentration [La^-], oxygen uptake (VO_2), heart rate (HR) as well as stroke rate (SR), stroke length (SL) and arm-stroke efficiency (η_F) were measured during the 5X400 m. The [La^-] was higher in II compared to E condition after the fifth repetition of 400-m (6.4 ± 2.7 vs. 4.6 ± 2.8 mmol/l, $p<0.05$). η_F was maintained, SL was decreased and SR was increased in II, but was unchanged during 400 m repetitions during E condition ($p<0.05$). Maximum strength training 15 minutes before the swimming training affected negatively the biomechanical variables (SR and SL) and increased the blood lactate concentration during a submaximal intensity training set with a constant velocity. Changes induced after maximum strength training are possibly attributed to a reduced swimming economy and/or to increased anaerobic metabolism.

Key words: maximum muscle strength training, performance, biomechanical parameters, competitive swimming.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Πρακτικό της εξεταστικής επιστροφής για την κρίση της μεταπτυχιακής διατριβής.....	iv
Έκφραση ευχαριστιών.....	v
Περίληψη στην ελληνική γλώσσα.....	vi
Περίληψη στην αγγλική γλώσσα (Abstract).....	viii
Πίνακας Περιεχομένων.....	x
Κατάλογος Πινάκων.....	xii
Κατάλογος Εικόνων.....	xiii
Κατάλογος Σχημάτων.....	xiv
Κατάλογος Συμβόλων και συντομογραφιών.....	xv
 I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	 σελ. 1
1.1 Ορισμός και διατύπωση του προβλήματος.....	σελ. 1
1.2 Σημασία της έρευνας.....	σελ. 3
1.3 Ερευνητικά ερωτήματα.....	σελ. 3
1.4 Ερευνητικές υποθέσεις.....	σελ. 3
1.5 Οριοθετήσεις και Περιορισμοί της έρευνας.....	σελ. 4
1.6 Διευκρίνιση όρων.....	σελ. 4
 II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	 σελ. 6
2.1 Χαρακτηριστικά της προπόνησης δύναμης των κολυμβητών.....	σελ. 6
2.2 Η επίδραση των προγραμμάτων δύναμης εκτός νερού στην απόδοση των κολυμβητών.....	σελ. 8
2.3 Επίδραση της προπόνησης Μέγιστης Μυϊκής Δύναμης σε φυσιολογικές παραμέτρους.....	σελ.12
2.4 Επίδραση της προπόνησης Μέγιστης Μυϊκής Δύναμης στην απόδοση.....	σελ.15
2.5 Επίδραση της κόπωσης σε τεχνικές παραμέτρους στην κολύμβηση.....	σελ.16

III. ΜΕΘΟΔΟΣ.....	σελ.19
3.1 Συμμετέχοντες.....	σελ.19
3.2 Πειραματικός σχεδιασμός.....	σελ.19
3.3 Προκαταρκτικές δοκιμασίες.....	σελ.21
3.4 Κύριες δοκιμασίες.....	σελ.26
3.5 Όργανα μέτρησης.....	σελ.32
3.6 Στατιστική ανάλυση.....	σελ.32
IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	σελ.34
4.1 Μεταβολή ταχύτητας κατά τη διάρκεια 400 μέτρων ελεύθερο μεταξύ των συνθηκών.....	σελ.34
4.2 Μεταβολή των φυσιολογικών παραμέτρων, συγκέντρωση γαλακτικού, πρόσληψη οξυγόνου, καρδιακή συχνότητα.....	σελ.34
4.3 Μεταβολή δύναμης εντός νερού και υποκειμενικής αντίληψης κόπωσης.....	σελ.36
4.4 Μεταβολή των τεχνικών παραμέτρων, συχνότητα χεριάς, μήκος χεριάς, αποτελεσματικότητα χεριάς.....	σελ.38
V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	σελ.41
5.1 Επίδραση της προπόνησης Μέγιστης Μυϊκής Δύναμης σε φυσιολογικές παραμέτρους στην προπόνηση κολύμβησης.....	σελ.41
5.2 Επίδραση της προπόνησης Μέγιστης Μυϊκής Δύναμης σε παραμέτρους απόδοσης στην προπόνηση κολύμβησης που ακολουθεί.....	σελ.46
5.3 Επίδραση της προπόνησης Μέγιστης Μυϊκής Δύναμης σε παραμέτρους τεχνικής στην προπόνηση κολύμβησης που ακολουθεί.....	σελ.49
VI. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	σελ.53
VII. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	σελ.55
VIII. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	σελ.65

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1.	Σύνοψη των χαρακτηριστικών προγραμμάτων δύναμης στην κολύμβηση.....	σελ.7
Πίνακας 2.2.	Αναλυτικά στοιχεία των προγραμμάτων δύναμης τα οποία έχουν εφαρμοστεί στην κολύμβηση και η επίδρασή τους στην απόδοση των κολυμβητών.....	σελ.11
Πίνακας 3.1.	Χαρακτηριστικά συμμετεχόντων.....	σελ.19
Πίνακας 3.2.	Αναλυτική περιγραφή του πρωτοκόλλου Μέγιστης Μυϊκής Δύναμης στην ξηρά το οποίο εφαρμόστηκε πριν από την προπόνηση κολύμβησης στην πειραματική συνθήκη.....	σελ.26

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 3.1.	Ασκήσεις αξιολόγησης μέγιστης μυϊκής δύναμης και σειρά εκτέλεσής τους.....	σελ.25
Εικόνα 3.2.	Πομπός που χρησιμοποιήθηκε για τον έλεγχο της ταχύτητας (FINIS tempo trainer pro, USA).....	σελ.28
Εικόνα 3.3.	Αποτύπωση διαδικασίας τοποθέτησης σημαδιών σε τρία διαφορετικά σημεία (ακρώμιο, αγκώνας, παλάμη) στα χέρια των κολυμβητών έξω από το νερό και σε όρθια θέση.....	σελ.31
Εικόνα 3.4.	Αποτύπωση γωνίας για αριστερό και δεξί χέρι με την βοήθεια του προγράμματος Kinovea 0.7.10 Spain. Η διαδικασία χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό της αποτελεσματικότητας χεριάς.....	σελ.31

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 3.1.	Πειραματικός σχεδιασμός της μελέτης.....	σελ.21
Σχήμα 3.2.	Πειραματική διαδικασία (Πειραματική συνθήκη - συνθήκη Ελέγχου).....	σελ.27
Σχήμα 4.1.	Μεταβολή της συγκέντρωσης γαλακτικού [La ⁻] κατά τη διάρκεια της πειραματικής συνθήκης και της συνθήκης ελέγχου # διαφορά μεταξύ των συνθηκών, * p<0,05: με όλες τις τιμές πριν από την TF, †: διαφορά του 1X400 μ. με 3X400 μ. και 5X400 μ. στη πειραματική συνθήκη.....	σελ.35
Σχήμα 4.2.	Μεταβολή της πρόσληψης οξυγόνου (VO ₂) κατά την διάρκεια της πειραματικής συνθήκης και της συνθήκης ελέγχου * p<0,05: με όλες τις τιμές πριν από την TF, †: διαφορά του 1X400 μ. με 2X400 μ. και 3X400 μ. στη πειραματική συνθήκη.....	σελ.36
Σχήμα 4.3.	Μεταβολή της καρδιακής συχνότητας (HR) κατά την διάρκεια της πειραματικής συνθήκης και της συνθήκης ελέγχου, * p<0,05: με Πριν ΜΜΔ	σελ.37
Σχήμα 4.4.	Μεταβολή δύναμης έλξης εντός νερού (TF) κατά τη διάρκεια προσδεμένης κολύμβησης 10 s.....	σελ.39
Σχήμα 4.5.	Μεταβολή της υποκειμενικής αντίληψης κόπωσης (RPE) κατά την διάρκεια της πειραματικής συνθήκης και της συνθήκης ελέγχου, * p<0,05: με Πριν ΜΜΔ.....	σελ.40
Σχήμα 4.6.	Μεταβολή της συχνότητας χεριάς (SR) κατά την διάρκεια της πειραματικής συνθήκης και της συνθήκης ελέγχου, *: p<0,05 σε σύγκριση με πρώτη προσπάθεια 400 μέτρων	σελ.41
Σχήμα 4.7.	Μεταβολή του μήκους χεριάς (SL) κατά την διάρκεια της πειραματικής συνθήκης και της συνθήκης ελέγχου, *: p<0,05 σε σύγκριση με πρώτη προσπάθεια 400 μέτρων.....	σελ.41

Σχήμα 4.8.	Μεταβολή της αποτελεσματικότητας χειριάς (η_F) κατά την διάρκεια της πειραματικής συνθήκης και της συνθήκης ελέγχου.....	σελ.42
-------------------	---	--------

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

[La ⁻]	Συγκέντρωση γαλακτικού
V _{O2}	Πρόσληψη οξυγόνου
HR	Καρδιακή συχνότητα
SR	Συχνότητα χεριάς
SL	Μήκος χεριάς
η _F	Αποτελεσματικότητα χεριάς
1RM	Υπολογισμός μέγιστης δύναμης
Π	Πειραματική Συνθήκη
E	Συνθήκη Ελέγχου
V	Ταχύτητα κολύμβησης
MMΔ	Μέγιστη Μυϊκή Δύναμη
μ.	Μέτρα
s	Δευτερόλεπτα
TF	Προσδεμένη κολύμβηση

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Ορισμός και διατύπωση του προβλήματος

Η προπόνηση δύναμης χρησιμοποιείται για την ενδυνάμωση των κολυμβητών εκτός νερού. Αποτελεί μία πολύπλοκη διαδικασία διότι, ο προπονητής πρέπει να διαχειριστεί αρκετές πληροφορίες όπως: το αγώνισμα, την κολυμβητική απόσταση την οποία διανύει στην προπόνηση, αλλά και την ειδίκευση του κολυμβητή, έτσι ώστε να μπορέσει να καταρτίσει με σωστό τρόπο ένα προπονητικό πρόγραμμα δύναμης εκτός νερού. Κολυμβητές υψηλού επιπέδου χρησιμοποιούν διάφορες μορφές προπόνησης εκτός νερού. Μερικές από αυτές περιλαμβάνουν ελεύθερα βάρη και μηχανήματα (π.χ μηχανήμα Smith) με σκοπό την ανάπτυξη της μυϊκής τους δύναμης. Ανάλογα με την περίοδο προπόνησης ο προπονητής σχεδιάζει προγράμματα για τη βελτίωση της «μέγιστης μυϊκής δύναμης», «μυϊκής υπερτροφίας», «μυϊκής αντοχής» και «μυϊκής ισχύος» (Krabak, Hancock & Drake, 2013). Συγκεκριμένα, η προπόνηση για την βελτίωση της μέγιστης δύναμης χρησιμοποιείται σε μεγάλο βαθμό από αρκετούς προπονητές για την μεγιστοποίηση της απόδοσης των αθλητών τους κυρίως σε αγωνίσματα ταχύτητας και μικρής διάρκειας (Newton et al., 2002). Ωστόσο, η προπόνηση μέγιστης δύναμης, η οποία είναι χρήσιμη για τους κολυμβητές και εκτελείται συνήθως πριν από την προπόνηση, είναι δυνατό να έχει επίδραση σε φυσιολογικές, τεχνικές παραμέτρους και παραμέτρους απόδοσης στην προπόνηση κολύμβησης που ακολουθεί. Είναι λοιπόν σημαντικό να εξεταστούν οι άμεσες μεταβολές που προκαλεί ένα πρόγραμμα μέγιστης μυϊκής δύναμης (ΜΜΔ) στην απόδοση κατά τη διάρκεια της προπόνησης κολύμβησης που ακολουθεί μερικά λεπτά αργότερα.

Τα ευρήματα από μελέτες σε άλλα αθλήματα ή άλλες μορφές άσκησης φανερώνουν ότι η προπόνηση με αντιστάσεις προκαλεί σημαντικές άμεσες φυσιολογικές μεταβολές και εμφανίζονται κατά την διάρκεια της αποκατάστασης (Kang, Hoffman, Im, Spiering, Ratamess, Rundell et al., 2005). Συγκεκριμένα η προπόνηση της ΜΜΔ, φαίνεται να αυξάνει την πρόσληψη

οξυγόνου (VO_2) των αθλητών, την καρδιακή συχνότητα (HR) καθώς και τη συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα $[\text{La}^-]$ αμέσως μετά την άσκηση. Επιπλέον, παρατηρείται αυξημένη πρόσληψη οξυγόνου (VO_2) 10 λεπτά μετά από την ολοκλήρωση του προγράμματος δύναμης, η οποία επανέρχεται στα επίπεδα ηρεμίας μετά από 40 λεπτά αποκατάστασης. Αντίθετα, η καρδιακή συχνότητα (HR) και η συγκέντρωση γαλακτικού φαίνεται να είναι σε αυξημένα επίπεδα καθ' όλη τη διάρκεια της αποκατάστασης. Επιπλέον, η προπόνηση αντιστάσεων φαίνεται να αυξάνει το ενεργειακό κόστος των αθλητών κατά την άσκηση που ακολουθεί (Kang et al., 2005). Επίσης, η προπόνηση δύναμης έχει φανεί ότι μπορεί να επηρεάζει και τις ορμονικές παραμέτρους στο αίμα (π.χ. τεστοστερόνη, αυξητική ορμόνη), αμέσως μετά την ολοκλήρωση του προγράμματος. Ωστόσο, η μεταβολή των ορμονών φαίνεται να είναι σε υψηλότερα επίπεδα μετά από μία περίοδο προπόνησης 10 εβδομάδων (Kraemer, Morschitelli, Gordon, Horman, Dziados, Mello et al., 1990).

Προπόνηση ΜΜΔ πραγματοποιείται και σε αθλήματα όπως η ποδηλασία και το τρέξιμο. Συγκεκριμένα, φάνηκε ότι μετά από πρόγραμμα προπόνησης μέγιστης δύναμης σε δοκιμασίες υπομέγιστης (50% $\text{VO}_{2\text{max}}$) και μέγιστης έντασης (100% $\text{VO}_{2\text{max}}$), οι αθλητές φτάνουν στην κόπωση σε συντομότερο χρονικό διάστημα. Ενώ δεν μεταβλήθηκε η δρομική οικονομία των αθλητών (Doma & Deakin, 2015; Garay, Rhea, Reis, Simao, Menezes, Strom-Olsen et al. 2013).

Παρά το γεγονός ότι σε αρκετές μελέτες περιγράφονται οι φυσιολογικές μεταβολές και οι μεταβολές της απόδοσης μετά από ένα πρόγραμμα προπόνησης με αντιστάσεις, δεν έχουν πραγματοποιηθεί έρευνες οι οποίες να εξετάζουν την επίδραση της προπόνησης δύναμης έξω από το νερό στην απόδοση κατά την προπόνηση κολύμβησης που ακολουθεί. Είναι πιθανό η προπόνηση ΜΜΔ να προκαλεί φυσιολογικές, νευρομυϊκές και ορμονικές μεταβολές που να επηρεάζουν τις φυσιολογικές, τεχνικές παραμέτρους και την απόδοση των κολυμβητών στην προπόνηση κολύμβησης που ακολουθεί. Αυτή η πληροφορία είναι σημαντική για το σχεδιασμό ενός σωστού προπονητικού προγράμματος μυϊκής ενδυνάμωσης εκτός νερού.

1.2 Σημασία της έρευνας

Η προπόνηση για τη βελτίωση της μέγιστης δύναμης χρησιμοποιείται για τη μεγιστοποίηση της απόδοσης των κολυμβητών και εκτελείται συνήθως πριν από τη προπόνηση στο νερό. Οι φυσιολογικές μεταβολές που προκαλούνται κατά τη διάρκεια της προπόνησης μέγιστης δύναμης είναι δυνατό να επηρεάσουν τις φυσιολογικές ανταποκρίσεις και τις βιομηχανικές παραμέτρους στη προπόνηση κολύμβησης που ακολουθεί μερικά λεπτά αργότερα. Τέτοιες πληροφορίες θα χρησιμεύσουν για τον ορθότερο σχεδιασμό της προπόνησης στην κολύμβηση.

1.3 Ερευνητικά ερωτήματα

Πρώτο ερευνητικό ερώτημα: Μεταβάλλονται οι φυσιολογικές ανταποκρίσεις ($[La^-]$, VO_2 , HR) κατά τη διάρκεια προπόνησης κολύμβησης, όταν έχει προηγηθεί προπόνηση ΜΜΔ εκτός νερού;

Δεύτερο ερευνητικό ερώτημα: Μεταβάλλει η προπόνηση ΜΜΔ τη παραγωγή δύναμης κατά τη διάρκεια προσδεμένης κολύμβησης 10 δευτερολέπτων;

Τρίτο ερευνητικό ερώτημα: Μεταβάλλονται οι βιομηχανικές παράμετροι (συχνότητας χεριάς, μήκος χεριάς, αποτελεσματικότητα χεριάς) κατά τη διάρκεια προπόνησης κολύμβησης, όταν έχει προηγηθεί προπόνηση ΜΜΔ εκτός νερού;

1.4 Ερευνητικές υποθέσεις

Πρώτη ερευνητική υπόθεση: Η προπόνηση ΜΜΔ θα αυξήσει τις φυσιολογικές ανταποκρίσεις ($[La^-]$, VO_2 , HR) κατά τη διάρκεια της προπόνησης που ακολουθεί, συγκριτικά με τη συνθήκη ελέγχου.

Δεύτερη ερευνητική υπόθεση: Η προπόνηση ΜΜΔ θα μειώσει τη παραγωγή δύναμης κατά τη διάρκεια προσδεμένης κολύμβησης 10 δευτερολέπτων.

Τρίτη ερευνητική υπόθεση: Η προπόνηση ΜΜΔ θα αυξήσει τη συχνότητα χεριάς και θα μειώσει το μήκος χεριάς και την αποτελεσματικότητα χεριάς κατά τη διάρκεια της προπόνησης που ακολουθεί, συγκριτικά με τη συνθήκη ελέγχου.

1.5 Οριοθετήσεις και Περιορισμοί της έρευνας

Περιορισμοί της μελέτης ήταν:

Οι αθλητές προέρχονταν από περιορισμένο αριθμό συλλόγων του Νομού Αττικής.

Οι κολυμβητές ήταν μέτριου έως υψηλού αγωνιστικού επιπέδου, ηλικίας 16 με 19 ετών, με εμπειρία σε προγράμματα μυϊκής ενδυνάμωσης έξω από το νερό τουλάχιστον 3 ετών.

Η έρευνα διεξήχθη κατά τη περίοδο γενικής προετοιμασίας των αθλητών στην αρχή του προπονητικού έτους, σε κλειστό κολυμβητήριο 25 μέτρων.

Το πρόγραμμα το οποίο πραγματοποιήθηκε ήταν μέγιστης μυϊκής δύναμης και αποτελούνταν από 3 σειρές των 5 επαναλήψεων στο 85% της 1RM με 4 λεπτά ξεκούραση ανάμεσα στις σειρές. Άρα, θα είναι παρακινδυνευμένο τα αποτελέσματα να γενικευτούν για άλλους τύπους προπόνησης δύναμης εκτός νερού.

Είναι πιθανό να μην συμβαίνουν οι ίδιες μεταβολές στις τεχνικές και φυσιολογικές παραμέτρους σε κολυμβητήριο μήκους 50 μέτρων.

Στη μελέτη συμμετείχαν μόνο άρρενες κολυμβητές.

Η αποτελεσματικότητα χεριάς υπολογίστηκε από τον τρόπο εκτίμησης, ο οποίος προτάθηκε από τους Martin, Yeater & White, (1981). Οπότε είναι παρακινδυνευμένο τα αποτελέσματα της αποτελεσματικότητας χεριάς να γενικευτούν για άλλους τρόπους υπολογισμού της.

1.6 Διευκρίνιση όρων

Στο σημείο αυτό δίνεται διευκρίνιση των βασικότερων όρων που απασχόλησαν τον ερευνητή της παρούσας έρευνας:

Προπόνηση Μέγιστης Μυϊκής Δύναμης (ΜΜΔ): Το είδος της προπόνησης δύναμης κατά την οποία εκτελούνται 1 έως 6 επαναλήψεις με φορτίο το οποίο αντιστοιχεί στο 85 - 100% της 1RM και με 3 - 5 λεπτά ξεκούραση μεταξύ των σειρών (Riewald & Rodeo, 2015; Newton, Jones, Kraemer & Wardle, 2002).

Μέγιστη Πρόσληψη Οξυγόνου (VO₂max): Ο ανώτατος όγκος οξυγόνου που καταναλώνουν τα μυϊκά κύτταρα ενός ατόμου για την παραγωγή της τριφوسفωρικής αδενοσίνης (ATP) στη μονάδα του χρόνου κατά την μέγιστη προσπάθεια (Κλεισούρας, Γελαδάς & Κοσκολού, 2015).

Συχνότητα χεριάς (SR): ο αριθμός των κινήσεων χεριών σε ένα λεπτό (Vorontsov & Binevsky, 2003).

Μήκος χεριάς (SL): η απόσταση που διανύει το κέντρο μάζας του σώματος με την ολοκλήρωση δύο διαδοχικών κινήσεων χεριών στο ελεύθερο (Vorontsov & Binevsky, 2003).

Αποτελεσματικότητα χεριάς (η_F): Η αποτελεσματικότητα χεριάς αποδίδει την αποτελεσματικότητα της κίνησης του χεριού κατά την υποβρύχια φάση και ιδιαίτερα κατά τη προωθητική φάση της έσω σάρωσης στη διάρκεια του ελεύθερου στυλ κολύμβησης (Zamparo et al., 2005).

II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

2.1 Χαρακτηριστικά της προπόνησης δύναμης των κολυμβητών

Η προπόνηση εκτός νερού χρησιμοποιείται σε ένα ετήσιο κύκλο προπόνησης σε όλες τις ηλικίες κολυμβητών/τριών αγωνιστικού επιπέδου. Σε ηλικία μεγαλύτερη ή ίση των 10 ετών οι κολυμβητές συμπληρώνουν δύο ώρες εβδομαδιαίως σε προπόνηση εκτός νερού σε ασκήσεις που στοχεύουν στην ανάπτυξη συναρμοστικών ικανοτήτων (ισορροπία, έλεγχος του σώματος, ρυθμική ικανότητα, αίσθηση του χώρου, χρόνου) και σε ασκήσεις δύναμης με το βάρος του σώματος. Στην ηλικιακή ομάδα των έντεκα έως δεκατεσσάρων ετών οι κολυμβητές συμπληρώνουν από μία έως τέσσερις ώρες σε ασκήσεις δύναμης εκτός νερού, οι οποίες στοχεύουν σε τελειοποίηση των προηγούμενων ικανοτήτων και σε εξοικείωση με ελεύθερα βάρη και όργανα γυμναστηρίου, με μικρή επιβάρυνση. Σε ηλικίες δεκαπέντε έως δεκαοκτώ ετών, οι αθλητές εξασκούνται με ασκήσεις οι οποίες εκτελούνται στο γυμναστήριο και πολλές φορές προσομιάζουν την κολυμβητική κίνηση. Αθλητές υψηλού αγωνιστικού επιπέδου χρησιμοποιούν ασκήσεις στο γυμναστήριο με ελεύθερα βάρη και μηχανήματα με στόχο την ανάπτυξη της μυϊκής ισχύος και δύναμης με σκοπό την βελτίωση της κολυμβητικής τους απόδοσης (Riewald & Rodeo, 2015; Krabak, Hancock & Drake, 2013). Επιπρόσθετα, υπάρχουν αρκετά προγράμματα μυϊκής ενδυνάμωσης για τους αθλητές κολύμβησης εκτός νερού, τα οποία διαφοροποιούνται ανάλογα με το αγώνισμα (ελεύθερο, ύπτιο, πεταλούδα, πρόσθιο), την ενεργειακή απαίτηση της κολυμβητικής απόστασης στην οποία εξειδικεύεται ο κολυμβητής (50 μέτρα ελεύθερο, 1500 μέτρα ελεύθερο) και το μεσόκυκλο της προπονητικής περιόδου (Riewald et al., 2015). Σύμφωνα με τις παραπάνω απαιτήσεις η εκγύμναση εκτός νερού μπορεί να περιλαμβάνει προπόνηση μέγιστης μυϊκής δύναμης κατά την οποία εκτελούνται από 2 έως 6 σειρές και 1 έως 5 επαναλήψεις με φορτίο το οποίο αντιστοιχεί στο 80 - 90% της μίας μέγιστης επανάληψης (1RM; Riewald & Rodeo, 2015).

Στόχος, του συγκεκριμένου προγράμματος είναι η μυϊκή ενδυνάμωση των κολυμβητών έτσι ώστε να είναι σε θέση να εφαρμόσουν μεγαλύτερη δύναμη στο νερό. Σπάνια χρησιμοποιείται στην κολύμβηση προπόνηση μυϊκής υπερτροφίας κατά την οποία εκτελούνται από 3 έως 6 σειρές και 6 έως 12 επαναλήψεις στο 65 - 85% της 1RM. Η προπόνηση μυϊκής αντοχής κατά την οποία εκτελούνται από 2 έως 3 σειρές και >12 επαναλήψεις στο 40 - 65% της 1RM στοχεύει στην ικανότητα διατήρησης ενός συγκεκριμένου επιπέδου δύναμης, χωρίς να εμφανίζεται κόπωση και χρησιμοποιείται συχνά στην προπόνηση των κολυμβητών (Riewald et al., 2015; Newton, Jones, Kraemer & Wardle, 2002). Η προπόνηση ισχύος κατά την οποία εκτελούνται 3 έως 5 σειρές και 1 έως 5 επαναλήψεις στο 70-90% της 1RM, στοχεύει στην ανάπτυξη δύναμης σε μικρό χρονικό διάστημα (Riewald et al., 2012). Τα χαρακτηριστικά των προγραμμάτων προπόνησης εκτός νερού τα οποία χρησιμοποιούνται στην κολύμβηση εμφανίζονται συνοπτικά στον Πίνακα 2.1.

Πίνακας 2.1 Σύνοψη των χαρακτηριστικών των προγραμμάτων δύναμης στην κολύμβηση

Μεταβλητές προπόνησης	Μυϊκή Αντοχή	Μυϊκή υπερτροφία	Μέγιστη δύναμη	Μυϊκή Ισχύος
Ένταση (% 1RM)	40-65	65-85	>85	70-90
Σειρές	2-3	3-6	2-6	3-5
Επαναλήψεις	>12	6-12	1-5	1-5
Διάρκεια	<30 s	30-90 s	2-5 λεπτά	2-6 λεπτά

2.2 Η επίδραση των προγραμμάτων δύναμης εκτός νερού στην απόδοση των κολυμβητών

Στην κολύμβηση έχουν εξεταστεί διαφορετικά προγράμματα δύναμης για να διαπιστωθούν οι μεταβολές που προκαλούν στην απόδοση των κολυμβητών εντός νερού. Αρχικά, οι Tanaka, Costill, Thomas, Fink & Widrick, (1993), εφάρμοσαν ένα πρόγραμμα ειδικής προπόνησης δύναμης για την κολύμβηση (3 σειρές των 8 έως 12 επαναλήψεων), για 14 εβδομάδες, σε άνδρες κολυμβητές. Το πρόγραμμα δύναμης αποτελείτο από ασκήσεις όπως βυθίσεις, εκτάσεις αγκώνα, οπισθολαίμιες έλξεις τροχαλίας και έλξεις σε μονόζυγο. Παρατήρησαν, αύξηση της δύναμης των κολυμβητών σε κολυμβητικό πάγκο ($p < 0.05$) και βελτίωση της απόδοσης στα 400 μέτρα ελεύθερο μετά από 14 εβδομάδες προπόνησης ($p > 0.05$). Σε πρόγραμμα προπόνησης μυϊκής αντοχής, οι Trappe & Pearson, (1994), παρατήρησαν μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης βελτίωση της επίδοσης στα 22.9 μέτρα ελεύθερο (αρχή: 11.23 ± 0.20 s, τέλος: 10.89 ± 0.26 s; $p < 0.05$). Στην ίδια μελέτη δεν εμφανίστηκαν διαφορές στη συχνότητα και μήκος χεριάς ($p > 0.05$). Σε αντίθεση με τους προηγούμενους ερευνητές, οι Girolld, Maurin, Dugue, Chatard & Millet, (2007), χρησιμοποίησαν ένα πρόγραμμα, μέγιστης μυϊκής δύναμης με στόχο την αύξηση της δύναμης των άνω άκρων και στη συνέχεια του κορμού και των κάτω άκρων. Οι ασκήσεις ήταν κατάλληλες για το δικέφαλο βραχιόνιο μυ, τον τρικέφαλο βραχιόνιο μυ, τους ραχιαίους μύες, τους μύες του θώρακα και του δελτοειδούς. Οι μύες οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν για τα κάτω άκρα ήταν, ο τετρακέφαλος μηριαίος μυς και οι μύες του γλουτού. Το πρόγραμμα δύναμης, αποτελείτο από 3 σειρές των 6 επαναλήψεων με ένταση στο 80-90% της μίας μέγιστης επανάληψης. Στην έναρξη, στη μέση και στο τέλος, της διάρκειας του προγράμματος παρέμβασης οι αθλητές χρονομετρήθηκαν στα 50 μέτρα ελεύθερο μέγιστης έντασης. Παρατηρήθηκε βελτίωση της απόδοσης στα 50 μέτρα ελεύθερο ($p < 0,05$) και σημαντική μείωση του βάθους χεριάς ($p < 0.05$). Η προπόνηση δύναμης 14 εβδομάδων φαίνεται να βελτιώνει την απόδοση των κολυμβητών (Girolld et al., 2007).

Οι Girolid, Jalab, Bernard, Carette, Kemoun & Dugue, (2012), εφάρμοσαν ένα πρόγραμμα μέγιστης δύναμης, το οποίο αποτελείτο από 3 σειρές των 6 επαναλήψεων με ένταση 80-90% της 1RM και με 2 λεπτά ξεκούραση ανάμεσά τους. Οι αθλητές πραγματοποιούσαν το πρόγραμμα μία ώρα πριν την έναρξη του προγράμματος στο νερό. Παρατηρήθηκε, σημαντική βελτίωση της μέσης κολυμβητικής ταχύτητας και της απόδοσης στα 50 μέτρα ελεύθερο ($p < 0.05$). Πρόσφατα, οι Dingley, Pyne, Youngson & Burkett, (2015), εφάρμοσαν πρόγραμμα μέγιστης δύναμης παρόμοιο με τα χαρακτηριστικά που αναφέρθηκαν προηγουμένως από τους Girolid et al., 2012. Η διαφοροποίηση ήταν ότι το πρόγραμμα εφαρμόστηκε σε παραολυμπιονίκες αθλητές κολύμβησης ($n=7$, 6 άνδρες και 1 γυναίκα). Συγκεκριμένα παρατήρησαν, ότι μετά από 6 εβδομάδες συστηματικής άσκησης (3 φορές την εβδομάδα), βελτιώθηκε η επίδοση των κολυμβητών στα 50 μέτρα ελεύθερο (0.4 ± 0.5 s, $p < 0.05$). Σε συνάφεια με τις μελέτες των Girolid et al., 2007; 2012, οι Garrido, Marinho, Reis, Tillaar & Chatard, (2010), εφάρμοσαν πρόγραμμα μέγιστης δύναμης, το οποίο αποτελούνταν από 1 σειρά των 6 επαναλήψεων με ασκήσεις όπως πιέσεις στήθους και εκτάσεις ποδιών. Με το παραπάνω πρόγραμμα στόχευαν να εξετάσουν την σχέση της δύναμης εκτός νερού με την απόδοση σε αποστάσεις ταχύτητας (25, 50 μ. ελεύθερο). Βέβαια, η μεγάλη διαφοροποίηση του προγράμματος σε σχέση με τις υπόλοιπες μελέτες, ήταν ότι πραγματοποιήθηκε σε νεαρούς αθλητές και αθλήτριες ηλικίας (12.01 ± 0.56 ετών). Φάνηκε, μέτρια συσχέτιση του προγράμματος ΜΜΔ εκτός νερού με την απόδοση στα 25 και 50 μέτρα ελεύθερο ($p < 0.05$). Πρόσφατα, οι Amaro, Marinho, Marques, Batalha & Morouço, (2016), εφάρμοσαν ένα πρόγραμμα γενικής δύναμης εκτός νερού για 10 εβδομάδες σε νεαρής ηλικίας αθλητές (12.07 ± 0.7 ετών). Το πρόγραμμα αποτελείτο από 3 σειρές των 10-18 επαναλήψεων και με ένα εύρος διαλείμματος 40 δευτερολέπτων έως 1 λεπτού και 30 δευτερολέπτων, με πρόθεση των κολυμβητών να εκτελούν γρήγορα την κάθε σειρά. Το πρόγραμμα περιλάμβανε, προσαγωγές και απαγωγές χεριών σε οριζόντιο πάγκο, ρίψεις ιατρικής μπάλας σε καθιστή θέση, κάμψεις και κοιλιακούς με ταυτόχρονες στροφές κορμού. Παρατηρήθηκε ότι, μετά από το πέρας των 6 εβδομάδων προπόνησης δύναμης δεν βελτιώθηκε η επίδοση των

κολυμβητών στα 50 μέτρα ελεύθερο (Πριν: $33,92 \pm 1,47$ s, Μετά: $34,52 \pm 1,52$ s, $p > 0,05$), αλλά ούτε και η παραγωγή δύναμης εντός νερού όπως καταγράφηκε με δοκιμασία προσδεμένης κολύμβησης ($p > 0.05$). Παρόμοια, ήταν τα αποτελέσματα και μετά τις 4 εβδομάδες επανέξτασης.

Οι Aspenes, Kjendlie, Hoff & Helgerud, (2009), εφάρμοσαν ένα συνδυαστικό πρόγραμμα δύναμης και αερόβιας προπόνησης. Σκοπός ήταν να διασαφηνιστεί εάν ένα συνδυαστικό πρόγραμμα προπόνησης βοηθάει στην βελτίωση της απόδοσης. Το πρόγραμμα δύναμης αποτελείτο από 3 σειρές των 5 επαναλήψεων και το διάλειμμα μεταξύ των σειρών είχε ένα εύρος 2 έως 5 λεπτών. Οι ασκήσεις οι οποίες επελέγησαν, ήταν κατάλληλες για τον τρικέφαλο βραχιόνιο, τους μύες του ώμου και τον πλατύ ραχιαίο. Το πρόγραμμα προπόνησης είχε διάρκεια 11 εβδομάδες και ο συνδυασμός του προγράμματος δύναμης και αερόβιας προπόνησης γίνονταν δύο φορές την εβδομάδα. Παρατηρήθηκε, ότι η συνδυαστική προπόνηση δύναμης και αερόβιας προπόνησης βελτίωσε σημαντικά την επίδοση στα 400 μέτρα ($p < 0.05$), αλλά όχι στα 50 και 100 μέτρα ελεύθερο ($p > 0.05$). Τέλος, η συνδυαστική προπόνηση είχε άμεση σχέση και με την βελτίωση της δύναμης έλξης που καταγράφηκε κατά την προσδεμένη κολύμβηση. Τα χαρακτηριστικά των προγραμμάτων συνοψίζονται στο Πίνακα 2.2.

Συμπερασματικά, θα ήταν ενδιαφέρον να δούμε τις φυσιολογικές και ορμονικές μεταβολές που προκαλούν τα προγράμματα δύναμης που αναλύθηκαν παραπάνω και συνοψίζονται στον Πίνακα 2.2 στην κολύμβηση. Συγκεκριμένα, είναι ενδιαφέρον να διαπιστωθεί εάν και τι είδους φυσιολογικές και ορμονικές μεταβολές προκαλούνται μετά από προγράμματα δύναμης με τα χαρακτηριστικά μίας συνεδρίας προπόνησης Μέγιστης Μυϊκής Δύναμης (ΜΜΔ).

Άμεση επίδραση της προπόνησης δύναμης εκτός νερού σε παραμέτρους απόδοσης και τεχνικής στην προπόνηση κολύμβησης που ακολουθεί

Πίνακας 2.2 Αναλυτικά στοιχεία του περιεχομένου των προγραμμάτων δύναμης τα οποία έχουν εφαρμοστεί στην κολύμβηση και η επίδρασή τους στην απόδοση των κολυμβητών.

Συγγρα- φέας	Ηλικία (έτη)	Είδος Προπ.	Σειρές	Επ.	(%) 1RM	Διάλ. (min)	Διάρ.	Επίδραση
Garrido et al. 2010	12.1± 0.8	Γενική δύναμη και ισχύς	2-3	6-8	50-75 6RM	2	8	↔ 25μ, 50μ
Amaro et al. 2016	12.1± 0.7	Γενική δύναμη	3	10- 18	-	40 s- 1.30	10	↔ 50μ
Dingley et al. 2015	19.4± 6.5	ΜΜΔ	3	8	85- 100	2	6	↑ 50μ
Girolid et al. 2007	16.5± 0.5	ΜΜΔ	3	6	80-90	2	12	↑ 50μ
Girolid et al. 2012	16.5± 3.5	ΜΜΔ	2-3	6	80-90	2	4	↑ 50μ
Aspenes et al. 2009	<14	ΜΜΔ	3	5	100 6RM	2-5	11	↑400μ ↓50μ 100μ
Tanaka et al. 1993	19.2± 0.32	Ειδική δύναμη	3	8- 12	-	-	14	↓ 400μ
Trappe et al. 1994	20.1± 1.2	Ειδική δύναμη	3	8- 12	-	-	12	↑ 25μ

ΜΜΔ: Μέγιστη Μυϊκή Δύναμη, **έτη:** ηλικία δοκιμαζομένων, **Προπ:** προπόνηση, **Επ:** επαναλήψεις, **Διαλ:** διάλειμμα, **min:** λεπτά, **s:** δευτερόλεπτα, **Διάρ:** διάρκεια, (↑: βελτίωση της απόδοσης, ↓: χειροτέρευση της απόδοσης, ↔: παρέμεινε αμετάβλητη, στο ελεύθερο στυλ κολύμβησης).

2.3 Επίδραση της προπόνησης Μέγιστης Μυϊκής Δύναμης σε φυσιολογικές παραμέτρους

Κατά τη διάρκεια αλλά και αμέσως μετά από μία προπόνηση μέγιστης δύναμης προκαλούνται σημαντικές φυσιολογικές μεταβολές. Τέτοιες μεταβολές είναι πιθανό να τροποποιήσουν τις φυσιολογικές ανταποκρίσεις κατά την προπόνηση που θα πραγματοποιηθεί μερικά λεπτά αργότερα.

Συγκεκριμένα, οι Kang, Hoffman, Im, Spiering, Ratamess, Rundell et al. (2005), εφάρμοσαν ένα πρόγραμμα μέγιστης δύναμης, σε κολεγιακού επιπέδου άνδρες ασκούμενους με εμπειρία σε προγράμματα αντιστάσεων, το οποίο αποτελείτο από 4 σειρές των 4 επαναλήψεων στο 90% της 1RM με 3 λεπτά διάλειμμα ανάμεσα στις σειρές. Οι δοκιμαζόμενοι αξιολογήθηκαν στην άσκηση καθίσματα με μπάρα για να διαπιστώσουν τις διαφορές που παρατηρούνται όσον αφορά τις φυσιολογικές παραμέτρους. Η καρδιακή συχνότητα (HR) και η συγκέντρωση γαλακτικού $[La^-]$ αυξάνονται αμέσως μετά την προπόνηση μέγιστης δύναμης, ενώ διατηρούνται σε αυξημένα επίπεδα 10 λεπτά και 20 λεπτά αντίστοιχα κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης (HR πριν: 71 ± 3 b.min⁻¹; αμέσως μετά: 155 ± 3 b.min⁻¹; 10 λεπτά μετά: 96 ± 3 b.min⁻¹; $[La^-]$ πριν: 2.0 ± 0.2 mmol/l; αμέσως μετά: 9.7 ± 0.8 mmol/l; 20 λεπτά μετά: 5.5 ± 0.7 mmol/l). Ο ρυθμός αποκατάστασης των φυσιολογικών παραμέτρων εξαρτάται και από την αερόβια ικανότητα των αθλουμένων. Στη μελέτη παρατηρήθηκε ότι, όσο καλύτερα αερόβια προπονημένος είναι ένας αθλητής, τόσο ταχύτερη αποκατάσταση των φυσιολογικών μεταβολών θα εμφανίσει. Η πρόσληψη οξυγόνου (VO_2) φαίνεται να είναι σε υψηλά επίπεδα 10 λεπτά μετά από ένα πρόγραμμα μέγιστης δύναμης, ωστόσο, 40 λεπτά μετά το πρόγραμμα κατά το τελευταίο στάδιο της αποκατάστασης φαίνεται να έχει επανέλθει σε τιμές παρόμοιες με την έναρξη του προγράμματος ($p > 0.05$). Σε αντίθεση, η καρδιακή συχνότητα (HR) και η συγκέντρωση γαλακτικού $[La^-]$ παραμένουν σε υψηλότερες τιμές σε όλα τα χρονικά σημεία (10, 20, 30, 40 λεπτά) κατά το στάδιο της αποκατάστασης συγκριτικά με την έναρξη της δοκιμασίας ($p < 0.05$). Επιπλέον, η VO_2 , η HR και η συγκέντρωση γαλακτικού είναι σε αυξημένα

επίπεδα αμέσως μετά και 10 λεπτά μετά το πρόγραμμα μέγιστης δύναμης, αλλά χαμηλότερα συγκριτικά με προγράμματα όπως μυϊκής υπερτροφίας και μυϊκής αντοχής.

Επιπρόσθετα, παρατηρούνται διαφορετικές φυσιολογικές μεταβολές μετά από ένα πρόγραμμα ΜΜΔ (5 σειρές των 5 επαναλήψεων στο 85% της 1RM), στην άσκηση πιέσεις στήθους σε οριζόντιο πάγκο, όταν εφαρμόζονται διαφορετικοί συνδυασμοί διαλειμμάτων ανάμεσα στα σετ (30 s, 1, 2, 3, 5 λεπτά). Συγκεκριμένα, η HR αυξήθηκε σημαντικά με παρόμοιο τρόπο κατά την διάρκεια των σειρών με οποιαδήποτε επιλογή διαλείμματος, συγκριτικά με την HR πριν την έναρξη του προγράμματος (Έναρξη, 60; Σειρά 1: 138; Σειρά 2: 140; Σειρά 3: 150; Σειρά 4: 155; Σειρά 5: 160 b.min⁻¹; p<0.05). Μετά το πέρας του προγράμματος δύναμης η HR επέστρεψε σταδιακά στα ίδια επίπεδα συγκριτικά με τη τιμή έναρξης της δοκιμασίας, με όλους τους συνδυασμούς διαλειμμάτων μετά από 30 λεπτά (Πριν, 60 b.min⁻¹; Μετά, 80 b.min⁻¹; p>0.05). Η VO₂ αυξήθηκε σημαντικά μεταξύ των σειρών και μεταξύ των διαφορετικών διαλειμμάτων αποθεραπείας ανά σετ (Σειρά 1: 4.9±1.0; Σειρά 2: 7.2±1.4; Σειρά 3: 10.1±2.3; Σειρά 4: 13.6±2.9; Σειρά 5: 20.9±4.0 ml/kg/min, p<0.05) και φαίνεται να επανέρχεται σε επίπεδα ηρεμίας μετά από 30 λεπτά κατά την αποκατάσταση (Πριν: 2.5 ml/kg/min; Μετά: 3.0 ml/kg/min, p>0.05). Αντίθετα, η συγκέντρωση γαλακτικού δεν φαίνεται να αυξάνεται με παρόμοιο τρόπο, συγκριτικά με τις προηγούμενες φυσιολογικές μεταβλητές. Η συγκέντρωση γαλακτικού φάνηκε να αυξάνεται αμέσως μετά το πέρας της πρώτης σειράς σε παρόμοιο εύρος για όλους τους διαφορετικούς τύπους διαλειμμάτων (Πριν: 1,8 mmol/l; Μετά: 5,5-8,4 mmol/l, p<0.05; Ratamess, Falvo, Magnine, Hoffman, Faigenbaum & Kang, 2007). Αυτό πιθανό να συμβαίνει, διότι οι φυσιολογικοί παράγοντες πέρα από τα χαρακτηριστικά του προγράμματος, φαίνεται να επηρεάζονται και από τον αριθμό των επαναλήψεων και τις σειρές (set), από τις οποίες καταρτίζεται το πρόγραμμα δύναμης, αλλά και από την ταχύτητα εκτέλεσης των ασκήσεων που αντιστοιχούν σε κάθε πρόγραμμα δύναμης. Για παράδειγμα, όταν αυξάνεται η ταχύτητα εκτέλεσης της άσκησης, το φορτίο της άσκησης και η ένταση, φαίνεται να αυξάνεται η συγκέντρωση γαλακτικού, VO₂ και HR, ενώ μειώνεται η χρονική διάρκεια της άσκησης (Buitrago, Wirtz, Yue,

Kleinöder & Mester, 2012). Συμπερασματικά, παρατηρείται οι τιμές VO_2 , HR και $[\text{La}^-]$ να είναι σε αυξημένα επίπεδα αμέσως μετά και 10 λεπτά μετά από ένα πρόγραμμα μέγιστης δύναμης. Ωστόσο, η αποκατάσταση τους σε τιμές παρόμοιες με το αρχικό επίπεδο της άσκησης εξαρτώνται από παράγοντες όπως, η αερόβια ικανότητα, ο όγκος και η ένταση της προπόνησης (Kang et al., 2005).

Η προπόνηση αντιστάσεων οδηγεί σε ισχυρό ερέθισμα για τη συγκέντρωση ορμονών όπως, η τεστοστερόνη, η αυξητική ορμόνη και η κορτιζόλη. Η παραγωγή τεστοστερόνης και αυξητικής ορμόνης είναι πιθανό να προκαλεί αύξηση της μυϊκής πρωτεϊνوسύνθεσης, η οποία έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της μυϊκής μάζας. Από την άλλη μεριά η κορτιζόλη λειτουργεί ως καταβολική ορμόνη, η οποία αναστέλλει την λειτουργία της μυϊκής πρωτεϊνوسύνθεσης (Fleck & Kraemer, 1997). Είναι σημαντικό να παρατηρηθεί η λειτουργία αυτών των ορμονικών παραμέτρων μετά από ένα πρόγραμμα μέγιστης μυϊκής δύναμης. Συγκεκριμένα, μετά από ένα πρόγραμμα μέγιστης δύναμης το οποίο αποτελείτο από 1-5 επαναλήψεις στο 80-88% της 1RM με 3 λεπτά διάλειμμα, δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στα επίπεδα τεστοστερόνης αμέσως μετά το πρόγραμμα δύναμης σε σύγκριση με την έναρξη της δοκιμασίας (Smilios Piliandis, Karamouzis & Tokmakidis, 2003). Η αυξητική ορμόνη αυξήθηκε αμέσως μετά το πρόγραμμα μέγιστης δύναμης και παρέμεινε σε αυξημένα επίπεδα 15 λεπτά μετά την αποκατάσταση, συγκριτικά με τα επίπεδα ηρεμίας. Επιπλέον, η αυξητική ορμόνη παρέμεινε σε αυξημένα επίπεδα είτε όταν ο όγκος της προπόνησης ήταν δύο σειρές, είτε είχε ένα εύρος από 2 έως 4 σειρές ($p < 0.05$). Τα επίπεδα της κορτιζόλης φαίνεται να μειώνονται σημαντικά αμέσως μετά το πρόγραμμα μέγιστης δύναμης και κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης ($p < 0.05$).

Είναι σημαντικό να εξεταστεί η προπόνηση δύναμης όταν πραγματοποιείται πριν από την προπόνηση αντοχής. Στη βιβλιογραφία οι επιδράσεις της συνδυαστικής προπόνησης εξετάζονται με μακροχρόνια παρέμβαση. Ωστόσο, υπάρχουν κάποιες μελέτες που εξετάζουν τις άμεσες επιδράσεις αυτής. Συγκεκριμένα, οι Taipale, Schumann, Mikkola, Nyman, Kyröläinen, Nymela et al., (2014), εφάρμοσαν ένα πρόγραμμα μέγιστης δύναμης σε αναπτυξιακού

επιπέδου αθλητές. Το πρόγραμμα δύναμης αποτελείτο από 3 σειρές των 5 έως 8 επαναλήψεων στο 70-85% της 1RM. Οι ασκήσεις που χρησιμοποιήθηκαν είχαν ως στόχο την ανάπτυξη δύναμης των κάτω άκρων. Το πρόγραμμα δύναμης εφαρμόστηκε πριν από δοκιμασία ισομετρικής αξιολόγησης αλλά και πρόγραμμα αντοχής το οποίο αποτελούνταν από 60 λεπτά τρέξιμο σε σταθερή ταχύτητα. Παρατήρησαν σημαντική αύξηση της συγκέντρωσης γαλακτικού αμέσως μετά το πρόγραμμα δύναμης (4 mmol/L, $p < 0,05$), η οποία διατηρήθηκε σε φυσιολογικά επίπεδα και δεν διέφερε κατά τη διάρκεια τρεξίματος 60 λεπτών (3 mmol/L, $p > 0,05$). Ωστόσο, παρατηρήθηκε μείωση του ρυθμού ανάπτυξης δύναμης και μείωση της δύναμης σε ισομετρική προσπάθεια έκτασης του γόνατος. Η μείωση αυτή συνοδεύτηκε από αύξηση της κρεατινικής κινάσης, παράγοντας σύμφωνα με τους ερευνητές που οφείλεται στην μείωση της δύναμης και η αύξησή της μπορεί να διατηρηθεί από 24 έως 48 ώρες. Πρόσφατα σε μελέτη των Jones, Howatson, Russell & French, (2017), εφαρμόστηκε ένα πρόγραμμα δύναμης το οποίο αποτελείτο από 5 σειρές των 6 επαναλήψεων στο 80% της 1RM σε ασκήσεις όπως πιέσεις στήθους, καθίσματα, άρσεις θανάτου και κωπηλατική σε όρθια θέση και 2 λεπτά διάλειμμα μεταξύ των σειρών. Αμέσως μετά πραγματοποιήθηκε πρόγραμμα αντοχής σε διάδρομο 30 λεπτών σε σταθερή ταχύτητα (70% VO_2max). Παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση των ορμονών όπως τεστοστερόνη και κορτιζόλη (30% και 50% αντίστοιχα) αμέσως μετά το πρόγραμμα δύναμης. Οι αυξήσεις αυτές διατηρήθηκαν σε υψηλά επίπεδα ακόμα και 1 ώρα μετά το πρόγραμμα δύναμης (10%). Αυξήσεις των ορμονών εξαρτώνται από το πρόγραμμα δύναμης που εφαρμόζεται. Όταν εφαρμόζονται μεγάλες μυϊκές ομάδες φαίνεται να οδηγούν σε μία μεγαλύτερη αύξηση των ορμονικών παραμέτρων (Kraemer, Marchitelli, Gordon, Harman, Dziados, Mello et al., 1990).

Συμπερασματικά, παρατηρείται ότι ένα πρόγραμμα μέγιστης μυϊκής δύναμης μεταβάλλει φυσιολογικές και ορμονικές παραμέτρους αμέσως μετά αλλά και κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης. Επιπρόσθετα, όταν εφαρμόζεται συνδυαστικά με μία προπόνηση αντοχής φαίνεται ότι οδηγεί σε ανάπτυξη της νευρομυϊκής κόπωσης στη προπόνηση που ακολουθεί. Είναι ενδιαφέρον να

εξεταστεί εάν αυτές οι φυσιολογικές μεταβολές είναι ικανές να επηρεάσουν παραμέτρους απόδοσης σε ένα πρόγραμμα κολύμβησης που ακολουθεί.

2.4 Επίδραση της προπόνησης Μέγιστης Μυϊκής Δύναμης στην απόδοση

Είναι ενδιαφέρον να εξεταστεί κατά πόσο η άμεση προπόνηση ΜΜΔ επηρεάζει παραμέτρους απόδοσης στη κολύμβηση. Ωστόσο, στη κολύμβηση δεν έχουν διεξαχθεί μελέτες, οι οποίες να εξετάζουν την άμεση επίδραση της προπόνησης δύναμης σε παραμέτρους απόδοσης. Συνήθως εξετάζεται η μακροχρόνια επίδραση της προπόνησης δύναμης στην απόδοση των κολυμβητών. Αντίθετα σε άλλα αθλήματα έχουν γίνει παρόμοιες μελέτες. Συγκεκριμένα, έχουν διεξαχθεί μελέτες με σκοπό την άμεση επίδραση της προπόνησης δύναμης σε τεχνικές παραμέτρους. Οι Doma & Deakin (2014) εφάρμοσαν ένα πρόγραμμα δύναμης μέγιστης έντασης (6 σειρές των 4-6 επαναλήψεων με 3 λεπτά διάλειμμα ανάμεσα στις σειρές) σε καλά και μέτρια προπονημένους δρομείς. Η δοκιμασία αξιολόγησης σε δαπεδοεργόμετρο αμέσως μετά το πρόγραμμα ΜΜΔ αποτελείτο από τρία διαφορετικά επίπεδα έντασης (70%, 90% και 110%). Συγκεκριμένα μετά την εφαρμογή του προγράμματος ΜΜΔ παρατηρήθηκε γρηγορότερη εμφάνιση κόπωσης ($p < 0.05$) των δοκιμαζομένων, χωρίς όμως να διαταράσσεται η δρομική οικονομία ($p > 0.05$) των αθλητών, συγκριτικά με τη συνθήκη ελέγχου. Παρόμοια, ευρήματα εμφανίζονται στη μελέτη των Garay, Rhea, Reis, Simão, Menezes, Strom-Olsen et al. (2013), οι οποίοι πραγματοποίησαν ένα συνδυαστικό πρόγραμμα δύναμης (2 σειρές των 10 επαναλήψεων με 5 λεπτά διάλειμμα ανάμεσα στις σειρές και σε ασκήσεις όπως, πιέσεις ποδιών και εκτάσεις τετρακεφάλου) και αερόβια προπόνησης. Στη μελέτη συμμετείχαν, δέκα άνδρες εθελοντές και διαπιστώθηκε μείωση 17.5% του χρόνου εμφάνισης της κόπωσης σε δοκιμασία ποδηλατησης υπομέγιστης έντασης (50% VO_2max) και μέγιστης έντασης (100% VO_2max) σε σύγκριση με το πρόγραμμα μόνο αερόβιας προπόνησης (Συνδυαστική προπόνηση: $161,90 \pm 44,22$ s; Αερόβια προπόνηση: $196,30 \pm 46,5$ s; $p < 0.05$). Επιπλέον, μετά από ένα πρόγραμμα προπόνησης ΜΜΔ το οποίο αποτελείται από ασκήσεις όπως, πιέσεις ποδιών, πιέσεις στήθους και οπισθολαίμιες έλξεις

τροχαλίας με 4-6 σειρές των 6 επαναλήψεων σε κάθε άσκηση, παρατηρείται μετά από 3 ώρες μείωση της έκτασης του γόνατος, λόγω ανάπτυξης περιφερικής κόπωσης στο μυ, συγκριτικά με αυτή που πραγματοποιήθηκε πριν την έναρξη του προγράμματος ΜΜΔ ($p < 0.05$; Deakin, 2004). Ακόμα παρατηρείται ότι αμέσως μετά από μία προπόνηση μέγιστης δύναμης, η οποία αποτελείται από 20 επαναλήψεις στο 100% της 1RM, η δύναμη μειώνεται περίπου $24 \pm 14.4\%$ σε δοκιμασία μέγιστης ισομετρικής δύναμης συγκριτικά με αυτή που προηγείται της προπόνησης δύναμης ($p < 0.05$; Häkkinen, 1993). Ωστόσο, δεν φαίνεται να υπάρχει κάποια μελέτη η οποία να εξετάζει τις επιπτώσεις ενός προγράμματος ΜΜΔ, αμέσως μετά στη διάρκεια προπόνησης κολύμβησης που ακολουθεί ή κατά τη διάρκεια μίας δοκιμασίας στη κολύμβηση.

Συμπερασματικά, φαίνεται ότι μετά από ένα πρόγραμμα προπόνησης ΜΜΔ επιταχύνεται η αύξηση της κόπωσης και του ενεργειακού κόστους σε δοκιμασίες σχετικές με το τρέξιμο και τη ποδηλασία. Άρα, η προπόνηση ΜΜΔ επηρεάζει την απόδοση των αθλητών σε δοκιμασίες που ακολουθούν.

2.5 Επίδραση της κόπωσης σε τεχνικές παραμέτρους της κολύμβησης

Στη κολύμβηση δεν υπάρχουν μελέτες οι οποίες έχουν εξετάσει την άμεση επίδραση της προπόνησης ΜΜΔ σε τεχνικές παραμέτρους στη προπόνηση κολύμβησης που ακολουθεί. Ωστόσο, από μελέτες σε άλλες μορφές άσκησης φαίνεται ότι είναι πιθανό να εμφανιστεί κόπωση μετά από προπόνηση ΜΜΔ (Häkkinen, 1993; Garay et al., 2013; Doma et al., 2014). Για να είμαστε σε θέση να εξετάσουμε εάν η προπόνηση ΜΜΔ μπορεί να προκαλέσει κόπωση στη κολύμβηση θα πρέπει να περιγράψουμε μεταβλητές οι οποίες μεταβάλλονται σημαντικά κατά τη κόπωση στη κολύμβηση.

Η επίδραση της κόπωσης μετά από μία προσπάθεια υψηλής έντασης στη κολύμβηση αντανακλάται σε μεταβολές στη ταχύτητα κολύμβησης (V), στην αντίσταση στο νερό, στη δύναμη έλξης (TF), στη SR, SL και ηF. Σε προηγούμενες μελέτες στη κολύμβηση φαίνεται ότι μετά από προσπάθειες υψηλής έντασης, αλλά και κατά τη διάρκειά τους, οι τεχνικές παράμετροι μεταβάλλονται. Παρατηρείται, ότι κατά τη διάρκεια μιας δοκιμασίας 4 προσπαθειών μέγιστης έντασης στα 50 μέτρα ελεύθερο, προκαλείται σημαντική

μείωση της κολυμβητικής ταχύτητας (1° : $1,29 \pm 5,60 \text{ m} \cdot \text{sec}^{-1}$; 4° : $1,08 \pm 0,09 \text{ m} \cdot \text{sec}^{-1}$) από το πρώτο στο τελευταίο 50 άρι ($p < 0.05$). Η SR μειώνεται σημαντικά (1° : $34,50 \pm 5,60 \text{ strokes} \cdot \text{min}^{-1}$; 4° : $31,43 \pm 4,17 \text{ strokes} \cdot \text{min}^{-1}$; $p < 0.05$), ενώ το SL δεν μεταβάλλεται (1° : $2,26 \pm 0,29$; 4° : $2,18 \pm 0,22 \text{ m}$; $p > 0.05$; Aujouannet, Bonifazi, Hintzy, Vuillerme & Rouard, 2006). Επιπλέον, κατά τη προσπάθεια 400 μέτρων ελεύθερο μέγιστης έντασης, η οποία χωρίστηκε σε 4 προσπάθειες των 100 μέτρων ελεύθερο, φάνηκε η ταχύτητα να μειώνεται σημαντικά από το πρώτο έως το τελευταίο 100 άρι ($1X100$: $1,67 \pm 0,05$, $2X100$: $1,53 \pm 0,05$, $3X100$: $1,52 \pm 0,05$, $4X100$: $1,55 \pm 0,05 \text{ m} \cdot \text{sec}^{-1}$, $p < 0.05$). Το ίδιο παρατηρήθηκε για το SL (1° : $2,43 \pm 0,23$; 4° : $2,25 \pm 0,22 \text{ m}$; $p < 0.05$), εν αντιθέση με τη SR η οποία φάνηκε να μειώθηκε σημαντικά κατά τη δεύτερη και τρίτη προσπάθεια των 100 μέτρων, αλλά αυξήθηκε σημαντικά κατά τη τέταρτη προσπάθεια στη διάρκεια των 400 μέτρων ελεύθερο μέγιστης έντασης ($1X100$: $41,6 \pm 4,0$, $2X100$: $39,2 \pm 4,0$, $3X100$: $39,8 \pm 4,1$, $4X100$: $41,5 \pm 3,1 \text{ strokes} \cdot \text{min}^{-1}$, $p < 0.05$). Επίσης, παρατηρήθηκε η ταχύτητα να μειώνεται σημαντικά κατά 9% μετά από κάθε προσπάθεια 100 μέτρων ελεύθερο ($p < 0.05$; Laffite, Vilas-Boas, Demarle, Silva, Fernandes & Billata, 2004). Ακόμα, μετά από ένα πρόγραμμα προπόνησης, το οποίο αποτελείτο από 8 σειρές των 100 μέτρων ελεύθερο, προοδευτικά αυξανόμενης έντασης (έναρξη: 65% της ταχύτητας που αντιστοιχεί στη καλύτερη επίδοση των 100 μέτρων ελεύθερο; λήξη: 100% της ταχύτητας που αντιστοιχεί στην καλύτερη επίδοση), παρατηρήθηκε ότι η SR και το SL που αντιστοιχούν στη κρίσιμη ταχύτητα των αθλητών, βελτιώθηκαν σημαντικά μετά την άσκηση συγκριτικά με την έναρξη της δοκιμασίας ($p < 0.05$; Barden & Kell, 2009). Επιπρόσθετα, παρατηρήθηκε μετά από τρεις δοκιμασίες προοδευτικά αυξανόμενης έντασης μέχρι εξάντλησης, με ταχύτητα, η οποία αντιστοιχούσε για τη κάθε δοκιμασία στο 90%, 100%, 110% της ταχύτητας από τη καλύτερη επίδοση στα 400 μέτρα ελεύθερο, αύξηση της SR και παράλληλα μείωση του SL για την κάθε δοκιμασία ξεχωριστά. Συγκεκριμένα, η SR αυξήθηκε ποσοστιαία από την πρώτη συγκριτικά με την τελευταία δοκιμασία (90%: $10,5 \pm 8,3\%$; 100%: $8,7 \pm 6,5\%$; 110%: $11 \pm 2,7\%$; $p < 0.05$), ενώ αντίστοιχα παρατηρήθηκε ποσοστιαία μείωση του SL από τη πρώτη στη τελευταία

δοκιμασία (90%: $-9,7 \pm 7,5\%$; 100%: $-7,7 \pm 4,7\%$; 110%: $-4,0 \pm 3,1\%$; $p < 0.05$; Alberty, Sidney, Pelayo & Toussaint, 2009). Τέλος, η η_F είναι δύσκολο να μετρηθεί. Για αυτό το λόγο, έχει αξιολογηθεί μόνο κατά τη διάρκεια δοκιμασιών. Παρατηρήθηκε, η αποτελεσματικότητα χεριάς να μειώνεται από το πρώτο στο τελευταίο 50άρι σε προσπάθεια μέγιστης έντασης 200 μέτρων ελεύθερο (1^ο 50άρι: 0.43; 4^ο 50άρι: 0.41, $p=0.002$). Η μείωση της αποτελεσματικότητας της χεριάς συνδυάζεται από μια αύξηση του ενεργειακού κόστους και της κόπωσης (Figueiredo, Zamparo, Sousa, Vilas-Boas & Fernandes, 2010).

Συμπερασματικά, τα αποτελέσματα αυτών των ερευνών, υποδεικνύουν ότι η υψηλής έντασης κολυμβητική δοκιμασία έχει προσωρινές επιδράσεις σε τεχνικές παραμέτρους όπως η συχνότητα, το μήκος και αποτελεσματικότητα χεριάς. Συγκεκριμένα, η συχνότητα χεριάς φαίνεται να αυξάνεται, ενώ το μήκος χεριάς να μειώνεται κατά τη διάρκεια κολύμβησης μέγιστης έντασης (Laffite et al., 2004; Aujouannet et al., 2006; Alberty et al., 2009; Barden et al., 2009). Η αποτελεσματικότητα χεριάς αν και δεν έχει ερευνηθεί εκτενώς φαίνεται να μειώνεται κατά τη διάρκεια δοκιμασίας μέγιστης έντασης (Figueiredo et al., 2010).

III. ΜΕΘΟΔΟΣ

3.1 Συμμετέχοντες

Στην μελέτη συμμετείχαν 12 άρρενες κολυμβητές εθνικού επιπέδου, ηλικίας $19,0 \pm 2,6$ ετών. Τα χαρακτηριστικά των δοκιμαζόμενων αναγράφονται αναλυτικά στο Πίνακα 3.1. Οι συμμετέχοντες είχαν αγωνιστική εμπειρία $8,8 \pm 1,7$ έτη και απαραίτητη προϋπόθεση για τη συμμετοχή τους στη μελέτη, ήταν να διαθέτουν προπονητική εμπειρία σε προγράμματα δύναμης εκτός νερού 3 ετών. Όλοι οι συμμετέχοντες ήταν υγιείς χωρίς πρόσφατο τραυματισμό, και δεν ελάμβαναν κάποια φαρμακευτική αγωγή.

Πίνακας 3.1 Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά και χαρακτηριστικά απόδοσης των δοκιμαζόμενων (μέση τιμή $\pm$ τυπική απόκλιση).

Μεταβλητές	
Ηλικία (έτη)	$19,0 \pm 2,6$
Μάζα Σώματος (kg)	$74,4 \pm 10,1$
Ανάστημα (cm)	$178,1 \pm 7,9$
Καθιστό ανάστημα (cm)	$91,1 \pm 3,7$
Άνοιγμα χεριών (cm)	$176 \pm 55,9$
Ποσοστό σωματικού λίπους (%)	$13,0 \pm 2,6$
Δείκτης Μάζας Σώματος (kg/m^2)	$23,4 \pm 1,5$
Απόδοση συγκριτικά με το παγκόσμιο ρεκόρ (%)	$73,4 \pm 4,2$
Μέγιστη Πρόσληψη Οξυγόνου ($\text{ml}/\text{kg}/\text{min}$)	$53,4 \pm 9,2$

3.2 Πειραματικός σχεδιασμός

Η μελέτη πραγματοποιήθηκε κατά τη περίοδο γενικής προετοιμασίας των αθλητών. Οι κολυμβητές αφού εξοικειώθηκαν με τον εξοπλισμό και τις ασκήσεις εκτός νερού συμμετείχαν σε μία σειρά προκατακτικών δοκιμασιών

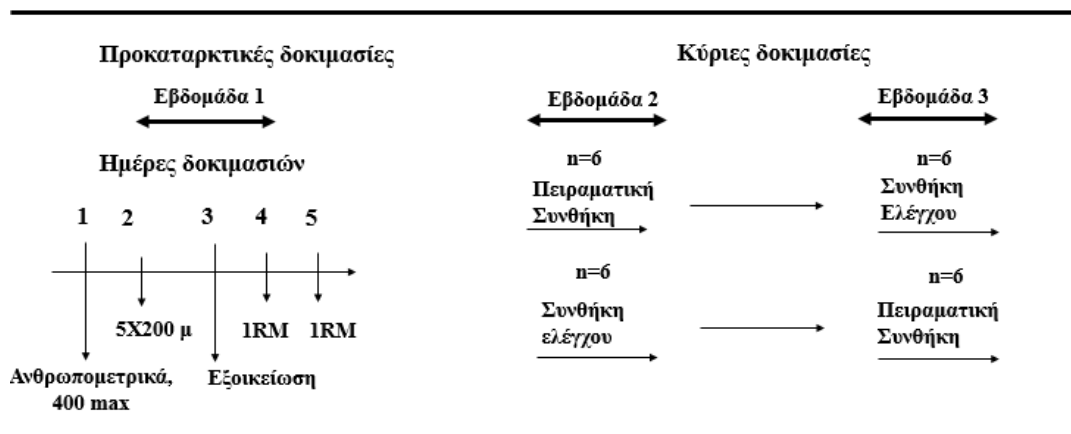
όπως περιγράφονται σε επόμενη παράγραφο. Στη συνέχεια συμμετείχαν στις δύο κύριες πειραματικές συνθήκες της μελέτης.

Κατά τις προκαταρκτικές δοκιμασίες οι κολυμβητές τη πρώτη ημέρα έλαβαν μέρος, αρχικά σε καταγραφή των ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών και σε δοκιμασία μέγιστης έντασης 400 μέτρων ελεύθερο. Κατά τη δεύτερη ημέρα εκτέλεσαν 5 προσπάθειες των 200 μέτρων ελεύθερο. Σε επόμενη ημέρα πραγματοποίησαν δοκιμασία μέγιστης ανύψωσης βάρους (1RM) σε τρεις διαφορετικές ασκήσεις. Οι δοκιμασίες ολοκληρώθηκαν σε μία εβδομάδα όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.1.

Κατά τις κύριες δοκιμασίες οι κολυμβητές με ισοσταθμισμένη σειρά έλαβαν μέρος στη Πειραματική Συνθήκη και τη Συνθηκή Ελέγχου. Ζητήθηκε από τους κολυμβητές και τους προπονητές τους, μία ημέρα πριν τις κύριες δοκιμασίες να ακολουθήσουν μία αερόβια μικρής διάρκειας προπόνηση, έτσι ώστε να μην επηρεαστεί η απόδοσή τους την επόμενη ημέρα. Οι κολυμβητές κατέγραψαν την διατροφή τους δύο ημέρες πριν από την πρώτη κύρια δοκιμασία και τους ζητήθηκε να διατηρήσουν παρόμοια διατροφή πριν από την δεύτερη κύρια δοκιμασία.

Ο κάθε κολυμβητής υπέγραψε ένα έντυπο συγκατάθεσης, έπειτα από πλήρη περιγραφή των δοκιμασιών αξιολόγησης. Ο πειραματικός σχεδιασμός της μελέτης έλαβε έγκριση από την επιτροπή ερευνητικής δεοντολογίας και βιοηθικής του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού (αρ.πρωτ.1007/26-4-2017).

Οι πειραματικές διαδικασίες πραγματοποιήθηκαν σε κλειστή πισίνα 25 μέτρων με την θερμοκρασία να κυμαίνεται από 25°C έως 26°C. Οι διαδικασίες για τις δοκιμασίες εκτός νερού πραγματοποιήθηκαν στο κλειστό γυμναστήριο της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Αθηνών.



Σχήμα 3.1 Πειραματικός σχεδιασμός της μελέτης. 1: Ημέρα 1, 2: Ημέρα 2, 3: Ημέρα 3, 4: Ημέρα 4, 5: Ημέρα 5, 400 max: 400 μ ελεύθερο μέγιστης προσπάθειας, 5X200 μ: 5 προσπάθειες των 200 μέτρων ελεύθερο, 1RM: ημέρα κατά την οποία έγινε αξιολόγηση της μέγιστης δύναμης.

3.3 Προκαταρκτικές δοκιμασίες

Οι κολυμβητές επισκέφτηκαν το εργαστήριο Υγρού Στίβου και Κλασσικού Αθλητισμού τέσσερις διαφορετικές ημέρες. Κατά την πρώτη ημέρα επίσκεψης κατεγράφησαν τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά (μάζα σώματος, ανάστημα, ανάστημα από καθιστή θέση, ποσοστό σωματικού λίπους). Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε δοκιμασία μέγιστης έντασης 400 μέτρων ελεύθερο σε κλειστή πισίνα 25 μέτρων μετά από καθορισμένη προθέρμανση για τον προσδιορισμό της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO_{2max}).

Καταγραφή ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών.

Σε πρώτη ημέρα επίσκεψης, οι κολυμβητές στο εργαστήριο Υγρού στίβου, αξιολογήθηκαν με ειδικό ζυγό (Seca, Germany) και κατεγράφει η μάζα σώματος τους ($ICC = 0,99$). Εν συνεχεία, κατεγράφει με ειδικό αναστημόμετρο το ύψος των κολυμβητών ($ICC = 1,00$) και υπολογίστηκε ο δείκτης μάζας σώματος. Την ίδια ημέρα κατεγράφει το πάχος επτά δερματοπτυχών (του δικέφαλου βραχιόνιου, του τρικέφαλου βραχιόνιου, του μείζονα θωρακικού, του υποπλάτιου, της κοιλιακής χώρας, της υπερλαγόνιας ακρολοφίας καθώς και του ορθού μηριαίου μυός) για τον υπολογισμό του ποσοστού του σωματικού λίπους ($ICC = 0,92$; Durmin & Rahaman, 1967). Αρχικά, για τον υπολογισμό του

ποσοστού του σωματικού λίπους υπολογίστηκε η σωματική πυκνότητα των αθλητών σύμφωνα με την εξίσωση 1 που προτάθηκε από τους Jackson & Pallock, (1978).

$$\text{Εξίσωση 1: Σωματική πυκνότητα} = 1.097 - (0.00046971 \times \text{άθροισμα} \\ \text{δερματοπτυχών}) + (0.00000056 \times (\text{άθροισμα δερματοπτυχών})^2) - \\ (0.00012828 \times \text{ηλικία})$$

Στη συνέχεια, το ποσοστό (%) σωματικού λίπους των κολυμβητών υπολογίστηκε με την εξίσωση 2 που προτάθηκε από τους Jackson & Pallock, 1978:

$$\text{Εξίσωση 2: \% Σωματικού λίπους} = (0.29288 \times \text{άθροισμα δερματοπτυχών}) - \\ (0.0005 \times (\text{άθροισμα δερματοπτυχών})^2) + (0.15845 \times \text{ηλικία}) - \\ 5.76377$$

Δοκιμασία Προσδιορισμού της Μέγιστης Πρόσληψης Οξυγόνου.

Μετά από την καταγραφή των ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών και κατά τη διάρκεια της πρώτης επίσκεψης των κολυμβητών, πραγματοποιήθηκε ο προσδιορισμός της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO_2max). Οι κολυμβητές, αρχικά πραγματοποίησαν προθέρμανση 1000 μέτρων, η οποία αποτελείτο από: 400 μέτρα επιλογής, 4 προσπάθειες 50 μέτρων (πόδια με σανίδα), 4 προσπάθειες 50 μέτρων ελεύθερο (ασκήσεις επιλογής) και 4 προσπάθειες 50 μέτρων ελεύθερο (προοδευτικά αυξανόμενης έντασης. Η προθέρμανση έχει ελεγχθεί ότι είναι κατάλληλη για κολυμβητές και έχει χρησιμοποιηθεί σε προηγούμενες μελέτες; Neiva, Marques, Barbosa, Izquierdo & Marinho, 2014). Δέκα λεπτά μετά από την ολοκλήρωση της προθέρμανσης, οι κολυμβητές πραγματοποίησαν προσπάθεια μέγιστης έντασης 400 μέτρων ελεύθερο. Στους κολυμβητές δόθηκε η οδηγία να καταβάλουν μέγιστη προσπάθεια και να ολοκληρώσουν με την μέγιστη ταχύτητα τα τελευταία μέτρα. Τους ζητήθηκε επίσης να αποφύγουν να εκπνεύσουν στις δύο τελευταίες χεριές πριν από τον τερματισμό. Αμέσως μετά από τη λήξη της προσπάθειας των 400 μέτρων το ρινοπίεστρο τοποθετήθηκε στη μύτη του κολυμβητή και μία μάσκα τοποθετήθηκε στο στόμα σε διάρκεια (~2

s). Η κατανάλωση οξυγόνου κατεγράφη στην αποκατάσταση και υπολογίστηκε η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου ($\text{VO}_{2\text{max}}$) των αθλητών όπως περιγράφεται σε προηγούμενες μελέτες ($\text{ICC} = 0,86$; Rodriguez, 1999; Zacca, Sousa & Fernandes, 2014). Για τον υπολογισμό της $\text{VO}_{2\text{max}}$ λήφθηκε υπόψη η μέση τιμή των πρώτων 20 s που κατεγράφει αμέσως μετά κατά την εισαγωγή της μάσκας στο στόμα του κολυμβητή.

Δοκιμασία προοδευτικά αυξανόμενης έντασης (5X200μ ελεύθερο).

Κατά τη διάρκεια της δεύτερης επίσκεψης οι κολυμβητές εκτέλεσαν δοκιμασία προοδευτικά αυξανόμενης έντασης (5 προσπάθειες 200 μέτρων ελεύθερο ξεκινώντας κάθε 5 λεπτά).

Η ταχύτητα έναρξης της δοκιμασίας ορίστηκε για κάθε κολυμβητή στο 60% της μέγιστης ταχύτητας η οποία προέκυψε από την καλύτερη πρόσφατη επίδοση των κολυμβητών στα 200 μέτρα ελεύθερο (Fernandes, Billat, Cruz, Colaco, Cardoso & Vilas-Boas, 2005). Δείγμα αίματος ελήφθη κατά το πρώτο λεπτό της αποκατάστασης μετά από κάθε προσπάθεια από το δάχτυλο των κολυμβητών με σκοπό τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης γαλακτικού. Πριν την έναρξη των δοκιμασιών πραγματοποιήθηκε παρόμοια προθέρμανση με αυτή που αναφέρθηκε προηγουμένως για τα 400 μέτρα ελεύθερο. Σκοπός της δοκιμασίας ήταν ο προσδιορισμός της ταχύτητας η οποία αντιστοιχεί σε συγκέντρωση γαλακτικού 4 mmol/l (V4) για κάθε αθλητή ξεχωριστά. Ο προσδιορισμός της V4 βοήθησε στο σωστό καταρτισμό του προγράμματος κολύμβησης, το οποίο πραγματοποιήθηκε μετά από το πρόγραμμα δύναμης στις κύριες δοκιμασίες της μελέτης. Η ταχύτητα που αντιστοιχεί στη V4 υπολογίστηκε από τη δεύτερου βαθμού πολυωνυμική εξίσωση που προέκυψε από τη σχέση της ταχύτητας κολύμβησης με τη συγκέντρωση γαλακτικού, για τον κάθε αθλητή ξεχωριστά.

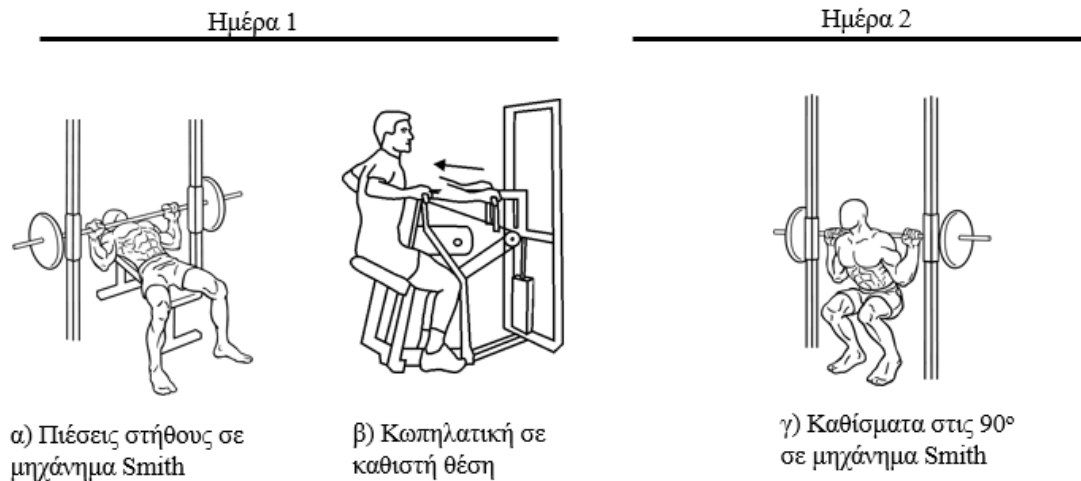
Συνεδρία εξοικείωσης με το πρόγραμμα δύναμης

Κατά την τρίτη μέρα πραγματοποιήθηκε μία συνεδρία εξοικείωσης των αθλητών με το πρόγραμμα δύναμης, το οποίο εφάρμοσαν στις κύριες δοκιμασίες της μελέτης. Το πρόγραμμα εξοικείωσης είχε ως στόχο την βελτιστοποίηση της τεχνικής των αθλητών με τον εξοπλισμό. Όλοι οι κολυμβητές εκτέλεσαν 3 σειρές των 15 επαναλήψεων στις κύριες ασκήσεις του προγράμματος (πιέσεις

στήθους σε μηχανήμα Smith, κωπηλατική σε καθιστή θέση και καθίσματα με μπάρα στις 90° σε μηχανήμα Smith) με μέτριο φορτίο.

Υπολογισμός της Μέγιστης δύναμης

Κατά την τέταρτη μέρα παρουσίας των κολυμβητών στο εργαστήριο του Κλασσικού αθλητισμού, πραγματοποιήθηκε η εκτίμηση της μέγιστης δύναμης (1RM) σε τρεις διαφορετικές ασκήσεις, δύο για τα άνω και μία για τα κάτω άκρα. Ο προσδιορισμός της 1RM πραγματοποιήθηκε για τον σχεδιασμό του προγράμματος δύναμης το οποίο εφαρμόστηκε έξω από το νερό στις πειραματικές διαδικασίες. Όλες οι δοκιμασίες διεξήχθησαν κατά την ίδια ώρα της ημέρας για κάθε ένα από τους συμμετέχοντες. Πριν από την έναρξη των δοκιμασιών προηγήθηκε προθέρμανση, που περιλάμβανε 2 λεπτά επιτόπια άλματα με ταυτόχρονη προσαγωγή και απαγωγή χεριών από το κέντρο μάζας του σώματος. Στη συνέχεια οι κολυμβητές πραγματοποίησαν 3 λεπτά προβολές ποδιών μπροστά εν κινήσει με ταυτόχρονη στροφή του κορμού εναλλακτικά και από τις δύο πλευρές του σώματος, 3 λεπτά από ασκήσεις ισορροπίας και σταθεροποίησης του κορμού και 2 λεπτά πετάγματα ιατρικής μπάλας (medicine ball) στον τοίχο με ταυτόχρονα καθίσματα (Garrido, Marinho, Barbosa, Costa, Silva, Turpin & Marques, 2010). Η σειρά αξιολόγησης των ασκήσεων πραγματοποιήθηκε σε δύο διαφορετικές ημέρες. Κατά τη πρώτη ημέρα πραγματοποιήθηκαν, πιέσεις στήθους σε μηχανήμα Smith και κωπηλατική σε καθιστή θέση, ενώ σε επόμενη ημέρα καθίσματα με μπάρα στις 90° σε μηχανήμα Smith. Μεταξύ των ασκήσεων της πρώτης ημέρας υπήρχε ξεκούραση 15 λεπτών. Το πρωτόκολλο αξιολόγησης της 1RM περιελάμβανε αρχικά, μία σειρά 10 έως 15 επαναλήψεων με πολύ ελαφρύ φορτίο, η οποία χρησιμοποιήθηκε ως προθέρμανση. Στη συνέχεια, το μέγεθος αύξησης του φορτίου κυμάνθηκε από 10 έως 20 κιλά, ανάλογα με τις δυνατότητες του κολυμβητή. Η 1RM επιτεύχθηκε μετά από 3 έως 6 σειρές και τα διαλείμματα μεταξύ των σειρών ήταν 4 λεπτά (Levinger, Goodman, Hare, Jerums, Toia & Selig, 2009). Ο βαθμός αξιοπιστίας για τον υπολογισμό της 1RM για τις κάθε μία από τις ασκήσεις ξεχωριστά ήταν, πιέσεις στήθους (ICC= 0,96), κωπηλατική σε μηχανήμα (ICC= 0,98) και για τα καθίσματα (ICC= 0,98). Η σειρά και ο τρόπος εκτέλεσης των ασκήσεων εμφανίζεται στην Εικόνα 3.1 και περιγράφεται αναλυτικά παρακάτω.



Εικόνα 3.1 Ασκήσεις αξιολόγησης μέγιστης δύναμης και σειρά εκτέλεσής τους.

α) Πιέσεις στήθους: Ο κολυμβητής τοποθέτησε το σώμα του σε οριζόντιο πάγκο. Στη συνέχεια τοποθέτησε τα χέρια του στην μπάρα σε άνοιγμα λίγο μεγαλύτερο των ώμων. Στόχος του αθλητή ήταν να κατεβάσει το φορτίο μέχρι το σημείο ώστε να σχηματιστεί γωνία στον αγκώνα 90° . Δόθηκε η οδηγία στους αθλητές να εισπνέουν κατά το κατέβασμα της μπάρας και να εκπνέουν κατά το ανέβασμα (Girolld et al., 2007).

β) Κωπηλατική: Οι κολυμβητές βρίσκονταν σε καθιστή θέση και τοποθέτησαν τα πόδια τους και τα χέρια τους στις λαβές του μηχανήματος μπροστά από το κέντρο βάρους του σώματός τους. Ζητήθηκε από τους αθλητές να εκπνέουν κατά την έλξη του φορτίου προς το σώμα τους και να εισπνέουν κατά την επαναφορά προς την αρχική θέση (Newton et al., 2002).

γ) Καθίσματα με μπάρα στις 90° : Οι αθλητές σε όρθια θέση και έχοντας την μπάρα στους ώμους τους κατέβασαν το φορτίο αργά και ελεγχόμενα έως ότου δημιουργήσουν γωνία 90° του κορμού με το έδαφος. Στη συνέχεια προσπάθησαν να επανέλθουν στην αρχική θέση με εκρηκτικό τρόπο. Ζητήθηκε από τους αθλητές να εισπνέουν κατά το κατέβασμα της μπάρας και να εκπνέουν κατά το ανέβασμα (Girolld et al., 2007). Η τεχνική των ασκήσεων φαίνεται στην Εικόνα 3.1.

3.4 Κύριες δοκιμασίες

Οι κύριες δοκιμασίες της μελέτης περιελάμβαναν τη Πειραματική Συνθήκη και τη Συνθήκη Ελέγχου. Ένα πρόγραμμα ΜΜΔ ολοκληρώθηκε 15 λεπτά πριν από την προπόνηση στο νερό κατά τη πειραματική συνθήκη. Η προπόνηση στο νερό ήταν ίδια και στις δύο συνθήκες και περιλάμβανε προθέρμανση, μία προσπάθεια 10 s προσδεμένης κολύμβησης μέγιστης έντασης και 5 προσπάθειες 400 μέτρων ελεύθερο με σταθερή ταχύτητα η οποία αντιστοιχεί σε συγκέντρωση γαλακτικού 4 mmol/l (V4). Το πρόγραμμα ΜΜΔ εμφανίζεται στον Πίνακα 3.2.

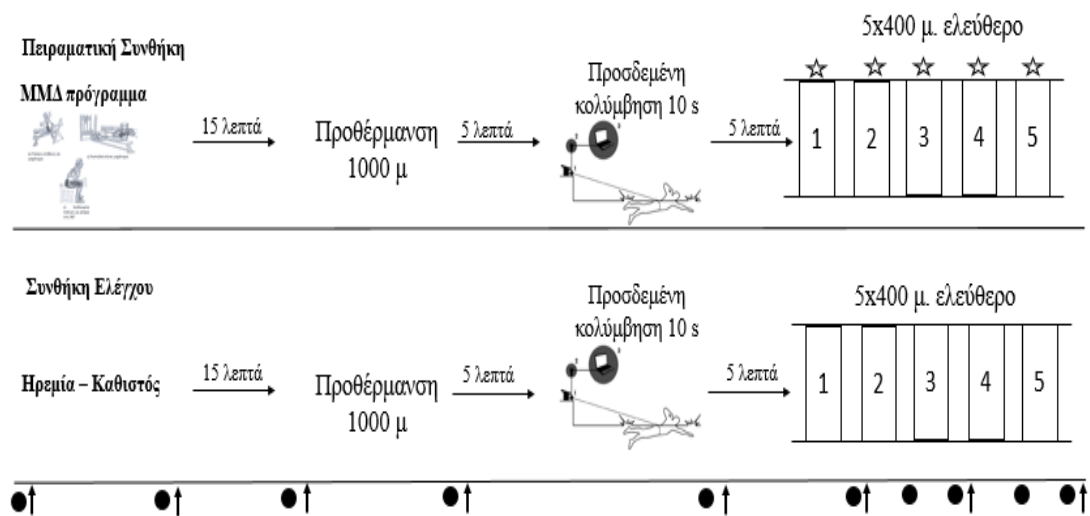
Πίνακας 3.2 Αναλυτική περιγραφή του πρωτοκόλλου Μέγιστης Μυϊκής Δύναμης (ΜΜΔ) το οποίο εφαρμόστηκε πριν από την προπόνηση κολύμβησης στην πειραματική συνθήκη.

Ασκήσεις	Σειρές	Επαναλήψεις	Ένταση (%1RM)	Διάλειμμα	Διάρκεια
Πιέσεις στήθους σε μηχάνημα	3	5	85	4 λεπτά	12 λεπτά
Κωπηλατική σε μηχάνημα	3	5	85	4 λεπτά	12 λεπτά
Κοιλιακοί «ροκανίσματα»	5	15	X	30 δευτερόλεπτα	2 λεπτά
Ραχιαίοι σε μηχάνημα	5	15	X	30 δευτερόλεπτα	2 λεπτά
Καθίσματα ποδιών στις 90°	3	5	85	4 λεπτά	12 λεπτά
Συνολική διάρκεια				40 λεπτά	

Όλες οι ασκήσεις οι οποίες παρουσιάζονται στο Πίνακα 3.2 εκτελέστηκαν με τον ίδιο τρόπο από όλους τους συμμετέχοντες όπως έχει περιγραφεί στο κεφάλαιο Μέθοδος στη παράγραφο 3.3. Στόχος όλων των ασκήσεων που επιλέχθηκαν για τον σχεδιασμό του προγράμματος δύναμης εκτός νερού είχαν ως σκοπό να ενεργοποιήσουν κύριες μυϊκές ομάδες οι οποίες είναι σημαντικές

για τον κολυμβητή κατά την προσπάθεια προώθησής του στο νερό κατά το ελεύθερο στυλ κολύμβησης.

Κατά τη διάρκεια της προπόνησης στο νερό κατεγράφησαν η VO_2 , $[La^-]$, HR, αλλά και η SR, SL, ηF, RPE. Η διαδικασία καταγραφής περιγράφεται σε επόμενη παράγραφο. Η συνοπτική απεικόνιση των συνθηκών αποτυπώνεται στο Σχήμα 3.2.



Σχήμα 3.2 Πειραματική διαδικασία (συνθήκη πειραματική – συνθήκη ελέγχου). ΜΜΔ: Πρόγραμμα

Μέγιστης Μυϊκής Δύναμης, $\uparrow [La^-]$: χρονική στιγμή αιμοληψίας για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης γαλακτικού, $\bullet VO_2$: πρόσληψη οξυγόνου, HR: καταγραφόμεν συνεχώς, $\star$ SR: συχνότητα χεριάς, SL: μήκος χεριάς, ηF: αποτελεσματικότητα χεριάς.

Πρόγραμμα προπόνησης και δοκιμασίες εντός νερού

Μετά από την είσοδο στο νερό οι κολυμβητές πραγματοποίησαν προθέρμανση 1000 μέτρων όπως έχει αναφερθεί παραπάνω για τις προκαταρκτικές δοκιμασίες, εφαρμόστηκε πριν από τις κολυμβητικές δοκιμασίες. Πέντε λεπτά μετά από την ολοκλήρωση της προθέρμανσης οι κολυμβητές πραγματοποίησαν προσπάθεια προσδεμένης κολύμβησης μέγιστης έντασης 10 δευτερολέπτων. Οι κολυμβητές βρίσκονταν δεμένοι στη μέση με σχοινί το οποίο ήταν συνδεδεμένο με ένα δυναμόμετρο το οποίο βρισκόταν προσαρμοσμένο στη χειρολαβή του υπτίου στο βαθύρα εκκίνησης. Η δύναμη έλξης στο νερό κατεγράφηκε με πιεζοηλεκτρικό δυναμόμετρο (MuscleLab, Ergotest, Norway) συνδεδεμένο με μετατροπέα σήματος από αναλογικό σε

ψηφιακό κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας προσδεμένης κολύμβησης (ICC= 0,95). Για την προσδεμένη κολύμβηση υπολογίστηκε και ως ποσοστό ο δείκτης κόπωσης που εμφάνισαν οι κολυμβητές από την αρχή έως στο τέλος της δοκιμασίας (Zagatto, Beck, & Gobatto, 2009). Ο δείκτης κόπωσης υπολογίστηκε από τη διαφορά της μέγιστης δύναμης και της ελάχιστης, που εφάρμοσαν οι κολυμβητές στο νερό. Στη συνέχεια η διαφορά αυτού του αποτελέσματος πολλαπλασιάστηκε*100, για την εύρεση του ποσοστού. Συνοπτικά ο δείκτης κόπωσης παρουσιάζεται στην εξίσωση 3 που ακολουθεί.

Εξίσωση 3: Δείκτης κόπωσης = (Μέγιστη Δύναμη – Ελάχιστη Δύναμη/Μέγιστη Δύναμη)*100

Πέντε λεπτά μετά από την ολοκλήρωση της μέγιστης προσπάθειας 10 δευτερολέπτων προσδεμένης κολύμβησης οι κολυμβητές πραγματοποίησαν 5 επαναλήψεις 400 μέτρων ελεύθερο με σταθερή ταχύτητα η οποία αντιστοιχούσε στη V4 (Σχήμα 3.2). Για τη διατήρηση σταθερής ταχύτητας χρησιμοποιήθηκε ειδικός πομπός προσαρμοσμένος στα γυαλάκια του κολυμβητή στο επίπεδο του αυτιού (FINIS tempo trainer pro, USA; Εικόνα 3.2). Ο πομπός εκπέμπει ήχο κατά σταθερά χρονικά διαστήματα καθορισμένα από πριν έτσι ώστε ο κολυμβητής να βρίσκεται στη μία ή στην άλλη πλευρά του κολυμβητηρίου κατά το άκουσμα του ήχου. Το διάλειμμα μεταξύ των επαναλήψεων 400 μέτρων ελεύθερο ήταν 30-45 δευτερόλεπτα και διατηρήθηκε ίδιο στις δύο συνθήκες. Ο χρόνος κολύμβησης κατεγράφη σε κάθε προσπάθεια 400 μέτρων με χρονόμετρο χειρός (CASIO HS-80 tw digital professional).



Εικόνα 3.2 Ο πομπός που χρησιμοποιήθηκε για τη διατήρηση σταθερής και συγκεκριμένης ταχύτητας στις επαναλήψεις 400 μέτρων στις πειραματικές συνθήκες. Ο πομπός ήταν προσαρμοσμένος στο λάστιχο συγκράτησης των κολυμβητικών γυαλιών στο επίπεδο του αυτιού.

Συλλογή δεδομένων κατά τη διάρκεια των πειραματικών συνθηκών

Η VO_2 και η συγκέντρωση γαλακτικού κατεγράφησαν πριν και αμέσως μετά το πρόγραμμα ΜΜΔ, πριν και μετά τη προθέρμανση και μετά από τη προσπάθεια 10 δευτερολέπτων προσδεμένης κολύμβησης. Κατά τη διάρκεια των 5X400 μέτρων ελεύθερο, η συγκέντρωση γαλακτικού προσδιορίστηκε με δείγμα αίματος που ελήφθη μετά τη 1^η, 3^η και 5^η προσπάθεια 400 μέτρων. Η VO_2 κατεγράφει μετά από κάθε προσπάθεια 400 μέτρων στην δοκιμασία 5X400 μέτρων ελεύθερο με την HR να καταγράφεται συνεχώς στη διάρκεια των μετρήσεων.

Η συχνότητα χεριάς (SR) υπολογίστηκε από την χρονική διάρκεια ολοκλήρωσης τριών κύκλων χεριών κατά την διάρκεια της κολύμβησης ($\text{ICC} = 0,91$). Ο χρόνος κατεγράφη με χρονόμετρο χειρός από έμπειρο χρονομέτρη (CASIO HS-80 tw digital professional).

Το μήκος χεριάς (SL) υπολογίστηκε από την σχέση της κολυμβητικής ταχύτητας (V) με την SR σύμφωνα με την εξίσωση 4:

Εξίσωση 4: $\text{SL} = \text{V} / \text{SR}$

Η SR και το SL κατεγράφησαν σε κάθε τμήμα 50 μέτρων σε όλες τις προσπάθειες 400 μέτρων. Η μέση τιμή για κάθε επαναλήψη 400 μέτρων χρησιμοποιήθηκε για τη στατιστική επεξεργασία.

Η αποτελεσματικότητα χεριάς (η_F) υπολογίστηκε από τον τρόπο εκτίμησης, ο οποίος προτάθηκε από τους Martin, Yeater, & White, (1981). Ο Martin και συν, (1981) θεωρούν ότι το χέρι του κολυμβητή είναι ένα άκαμπτο τμήμα του μήκους του (l : length), και περιστρέφεται γύρω από τον ώμο με σταθερή γωνιακή ταχύτητα (ω) σύμφωνα με την εξίσωση 5.

$$\text{Εξίσωση 5: } \omega = 2\pi(SF)$$

Όπου $\pi = 3,14$ και SF = συχνότητα χεριάς.

Σύμφωνα με τα παραπάνω η Zamparo, (2005), βασιζόμενη στο θεωρητικό μοντέλο των Martin και συν, (1981), πρότεινε ότι η μέση αποτελεσματικότητα υπολογίζεται μόνο για την υποβρύχια φάση του χεριού από 0 σε 180°. Με αυτό το απλοποιημένο μοντέλο η αποτελεσματικότητα χεριάς (η_F) εξαρτάται από την αναλογία μεταξύ της κολυμβητικής ταχύτητας και της συχνότητας χεριάς (SF) και υπολογίστηκε με την εξίσωση 6:

$$\text{Εξίσωση 6: } \eta_F = (v \cdot 0.9 / (2\pi \cdot SF \cdot l)) (2/\pi)$$

Όπου v είναι η μέση ταχύτητα των κολυμβητών (πολλαπλασιάζοντάς την με το 0.9, διότι λήφθηκε υπόψιν ότι στο ελεύθερο στυλ κολύμβησης περίπου το 10% της συνολικής προώθησης παράγεται από τα πόδια), όπου SF είναι η συχνότητα περιστροφής των χεριών και ο όπου l είναι η μέση απόσταση του ώμου από την παλάμη.

Για τον υπολογισμό του l ακολουθήθηκαν τα εξής βήματα: 1α) υπολογισμός της γωνίας σε μοίρες σύμφωνα με την βοήθεια του προγράμματος Kinovea 0.7.10, Spain, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 3.4. 1β) μετατροπή της γωνίας από μοίρες σε rad, πολλαπλασιάζοντάς την με μία σταθερά: 0,0174533. Εν συνεχεία, το μήκος της υποτεινουσας του τριγώνου που σχηματίζεται με

κορυφές την παλάμη, τον ώμο και τον αγκώνα υπολογίστηκε σύμφωνα με την εξίσωση 7.

$$\text{Εξίσωση 7: } l = \sqrt{l_{arm}^2 + l_{forearm}^2 - 2 \cdot l_{arm} \cdot l_{forearm} \cdot \cos a},$$

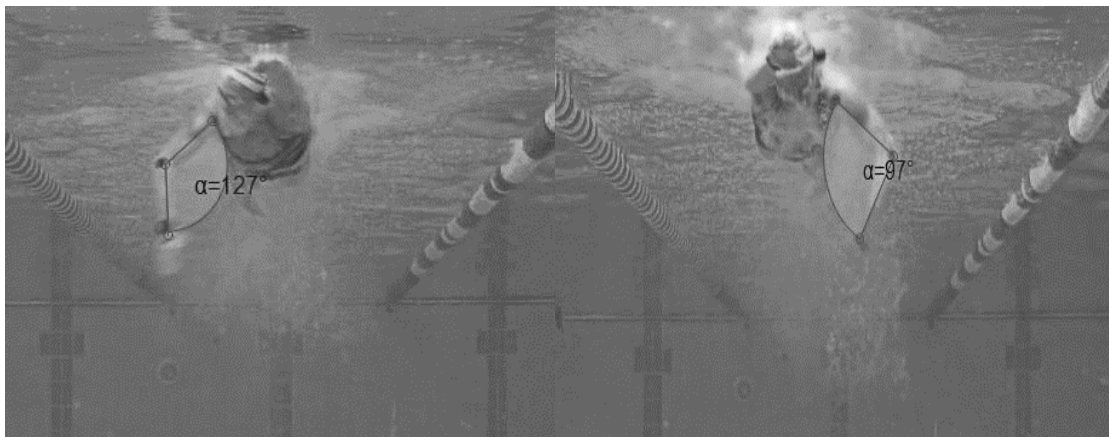
Όπου l_{arm} , είναι το μήκος από το ακρώμιο μέχρι τον αγκώνα, $l_{forearm}$, είναι το μήκος από τον αγκώνα μέχρι το κέντρο της παλάμης και $\cos a$, είναι το συνημίτονο της γωνίας σε μέτρα κατά την στιγμή της έσως σάρωσης του χεριού. Κατά την έσω σάρωση του χεριού οι ώμοι των κολυμβητών ήταν στην ίδια ευθεία μεταξύ τους.

Για τον υπολογισμό του μήκους από το ακρώμιο μέχρι τον αγκώνα και του πήχη, τοποθετήθηκον σημάδια στους κολυμβητές σε ανατομικά σημεία του σώματος όπως: το ακρώμιο, ο έξω επικόνδυλος και στη ραχιαία επιφάνεια του κέντρου της παλάμης, αναλυτικά εμφανίζονται στην Εικόνα 3.3. Για την υποβρύχια καταγραφή, χρησιμοποιήθηκε βιντεοκάμερα (Samsung Full HD, 1920x1090, China, 20 frames per second), τοποθετημένη 0.5-0.9 μ κάτω από την επιφάνεια του νερού μπροστά από τον κολυμβητή κατά την διάρκεια κολύμβησης. Ο υπολογισμός της γωνίας μεταξύ του πήχη – βραχίονα καθώς και των αποστάσεων υπολογίστηκε με το ειδικό πρόγραμμα Kinovea 0.7.10, Spain. Αναλύθηκαν τρεις διαδοχικές γωνίες για αριστερό και δεξί χέρι και χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση η μέση τιμή από τις γωνίες αυτές (ICC= 0,82). Στην Εικόνα 3.4 αποτυπώνεται η γωνία για δεξί και αριστερό χέρι ενός κολυμβητή μέσω του προγράμματος Kinovea.

Άμεση επίδραση της προπόνησης δύναμης εκτός νερού σε παραμέτρους απόδοσης και τεχνικής στην προπόνηση κολύμβησης που ακολουθεί



Εικόνα 3.3 Διαδικασία τοποθέτησης σημαδιών σε τρία διαφορετικά σημεία (ακρώμιο, αγκώνα, παλάμη) στα χέρια των κολυμβητών έξω από το νερό και σε όρθια θέση.



Εικόνα 3.4 Αποτύπωση γωνίας για αριστερό και δεξί χέρι κατά την διάρκεια 5 προσπαθειών 400 μέτρων ελεύθερο με την βοήθεια του προγράμματος Kinovea 0.7.10 Spain, για τον προσδιορισμό της αποτελεσματικότητας χεριάς.

3.5. Όργανα μέτρησης

Στις διαδικασίες της μελέτης χρησιμοποιήθηκαν τα εξής όργανα μέτρησης:

Accusport Boehringer (Mannheim Germany): Χρησιμοποιήθηκε για την μέτρηση συγκέντρωσης γαλακτικού στο αίμα. Μια σταγόνα αίματος όχι λιγότερο από 15μl εφαρμόζεται στη ταινία και 60 δευτερόλεπτα αργότερα η συγκέντρωση του γαλακτικού διαβάζεται από τον αναλυτή (ICC=0,95; Pinnington, Dawson, 2001).

Polar S610i (Germany): Χρησιμοποιήθηκε για την τηλεμετρική καταγραφή της καρδιακής συχνότητας των κολυμβητών. Ο πομπός τοποθετήθηκε στο στήρνο του εκάστοτε κολυμβητή και με ένα ειδικό δέκτη τοποθετημένο στο χέρι του κολυμβητή καταγραφόταν η καρδιακή συχνότητα καθ'όλη την διάρκεια των δοκιμασιών (5X200 μ. ελεύθερο και κατά τις κύριες συνθήκες της μελέτης).

Εργοσπιρόμετρο V02000 Med Graphics, (USA): Χρησιμοποιήθηκε για την μέτρηση της πρόσληψης οξυγόνου (VO_2) των κολυμβητών. Το επιστόμιο με το πνευμοταχογράφο τοποθετήθηκε στο στόμα των κολυμβητών μέσα από τον οποίο εισέπνεαν και εξέπνεαν.

MuscleLab, Ergotest 4000, (Norway): Χρησιμοποιήθηκε στην προσπάθεια προσδεμένης κολύμβησης. Η δύναμη έλξης στο νερό κατεγράφηκε με πιεζοηλεκτρικό δυναμόμετρο προσαρμοσμένο στο βατήρα εκκίνησης και συνδεδεμένο με μετατροπέα σήματος από αναλογικό σε ψηφιακό κατά τη διάρκεια δοκιμασίας (ICC= 0,95).

Βιντεοκάμερα (Samsung Full HD, 1920x1090, China, 20 frames per second): Χρησιμοποιήθηκε για την υποβρύχια βιντεοσκόπηση των κινήσεων.

3.6. Στατιστική Ανάλυση

Τα αποτελέσματα αναγράφονται ως μέση τιμή $\pm$ τυπική απόκλιση και η στατιστική επεξεργασία έγινε με την βοήθεια του στατιστικού προγράμματος SPSS v.23, (U.S.A.). Για τον έλεγχο της ισότητας των διασπορών μεταξύ των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκε ο έλεγχος της σφαιρικότητας Maucly's Test of Sphericity. Όπου υπήρχε παράβαση της σφαιρικότητας, πραγματοποιήθηκε

διόρθωση των βαθμών ελευθερίας με Greenhouse Geisser. Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκε τοτέστ πολλαπλών συγκρίσεων Tukey για τον εντοπισμό των διαφορών μεταξύ των εξαρτημένων μεταβλητών. Πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) για επαναλαμβανόμενες μετρήσεις σε δύο παράγοντες (2 συνθήκες X επαναλαμβανόμενες μετρήσεις). Εξαρτημένες μεταβλητές της μελέτης ήταν η πρόσληψη οξυγόνου (VO_2), η καρδιακή συχνότητα (HR), η συγκέντρωση γαλακτικού (La), η κλίμακα υποκειμενικής αντίληψης της κόπωσης (RPE), η συχνότητα χεριάς (SR), το μήκος χεριάς (SL) και η αποτελεσματικότητα χεριάς (η_F). Ακόμα, χρησιμοποιήθηκε T-Test για εξαρτημένα δείγματα χρησιμοποιήθηκε για την σύγκριση της δύναμης που παράγεται εντός νερού κατά τη διάρκεια προσδεμένης κολύμβησης. Ο βαθμός αξιοπιστίας των μετρήσεων ελέγχθηκε με τον συντελεστή ενδοταξικής συσχέτισης (Intraclass Correlation Coefficient, ICC).

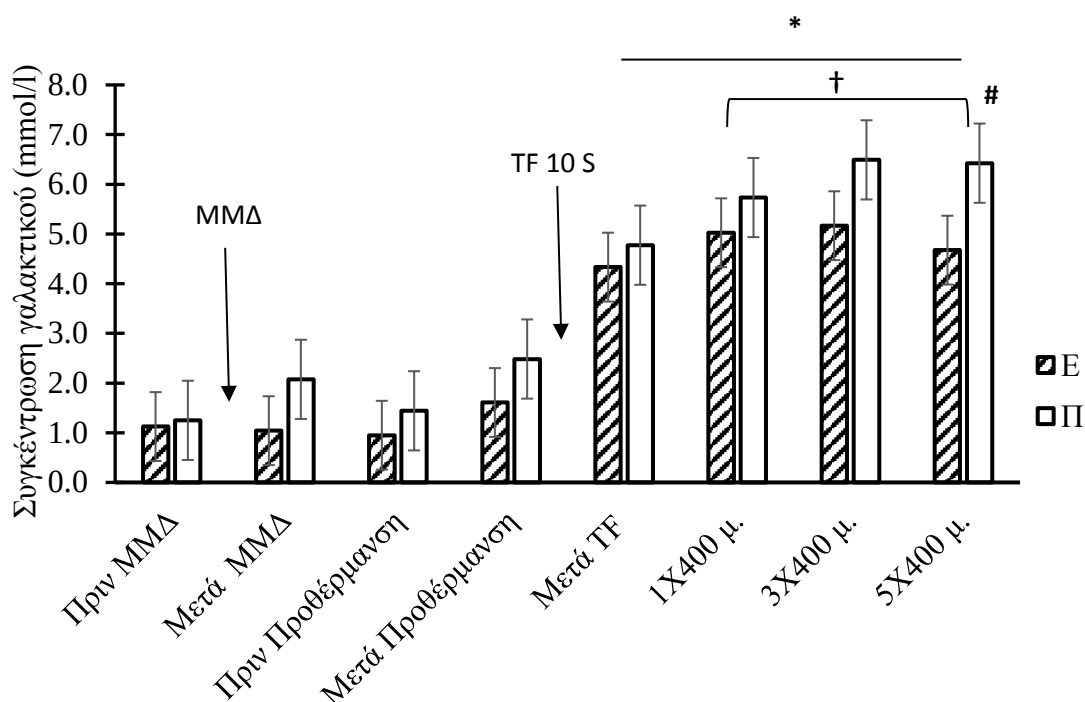
IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 Μεταβολή ταχύτητας κατά τη διάρκεια επαναλήψεων 400 μέτρων ελεύθερο μεταξύ των συνθηκών

Η μέση ταχύτητα στις επαναλήψεις των 400 μέτρων ήταν παρόμοια μεταξύ της συνθήκης ελέγχου και της πειραματικής συνθήκης ($p>0,05$). Επιπλέον, η ταχύτητα μεταξύ των συνθηκών ήταν παρόμοια από την 1^η έως και τη 5^η επανάληψη 400 μέτρων αντίστοιχα (E: 1X400, $1,289\pm0,09$, 2X400, $1,298\pm0,09$, 3X400, $1,292\pm0,10$, 4X400, $1,284\pm0,11$, 5X400, $1,282\pm0,10$ m/sec, $p>0,05$; Π: 1X400, $1,287\pm0,09$, 2X400, $1,298\pm0,09$, 3X400, $1,293\pm0,10$, 4X400, $1,282\pm0,11$, 5X400, $1,284\pm0,10$ m/sec, $p>0,05$). Η ταχύτητα ως ποσοστό της μέγιστης ταχύτητας που υπολογίστηκε από τη προσπάθεια 400 μέτρων ελεύθερο μέγιστης έντασης κυμάνθηκε από $91,6\pm6,3\%$ έως $92,2\pm5,7\%$ στη συνθήκη ελέγχου και $91,6\pm6,3\%$ έως $92,4\pm5,8\%$ για τη πειραματική συνθήκη.

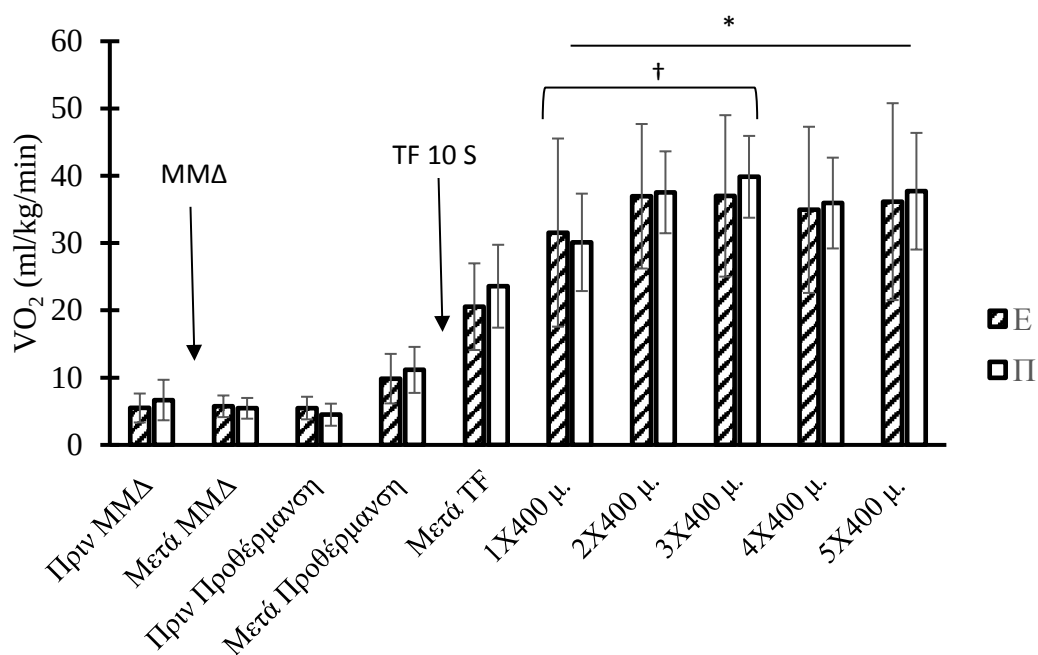
4.2. Μεταβολή των φυσιολογικών παραμέτρων, συγκέντρωση γαλακτικού, πρόσληψη οξυγόνου, καρδιακή συχνότητα

Συγκέντρωση γαλακτικού [La^-]: Η συγκέντρωση γαλακτικού ήταν αυξημένη στη πειραματική σε σύγκριση με τη συνθήκη ελέγχου ($F_{(1,11)} = 1,805$, $p = 0,01$). Η συγκέντρωση γαλακτικού από την ηρεμία μέχρι και την έναρξη της προδεμένης κολύμβησης ήταν παρόμοια μεταξύ των συνθηκών ($p>0,05$). Στη διάρκεια των επαναλήψεων 5X400 η συγκέντρωση γαλακτικού αυξήθηκε στη 5^η σε σύγκριση με την 1^η επανάληψη ($F_{(1,11)} = 28,91$, $p = 0,015$) και ήταν υψηλότερη στη πειραματική σε σύγκριση με τη συνθήκη ελέγχου μετά την 5^η επανάληψη ($F_{(1,11)} = 9,617$, $p = 0,089$), Σχήμα 4.1).



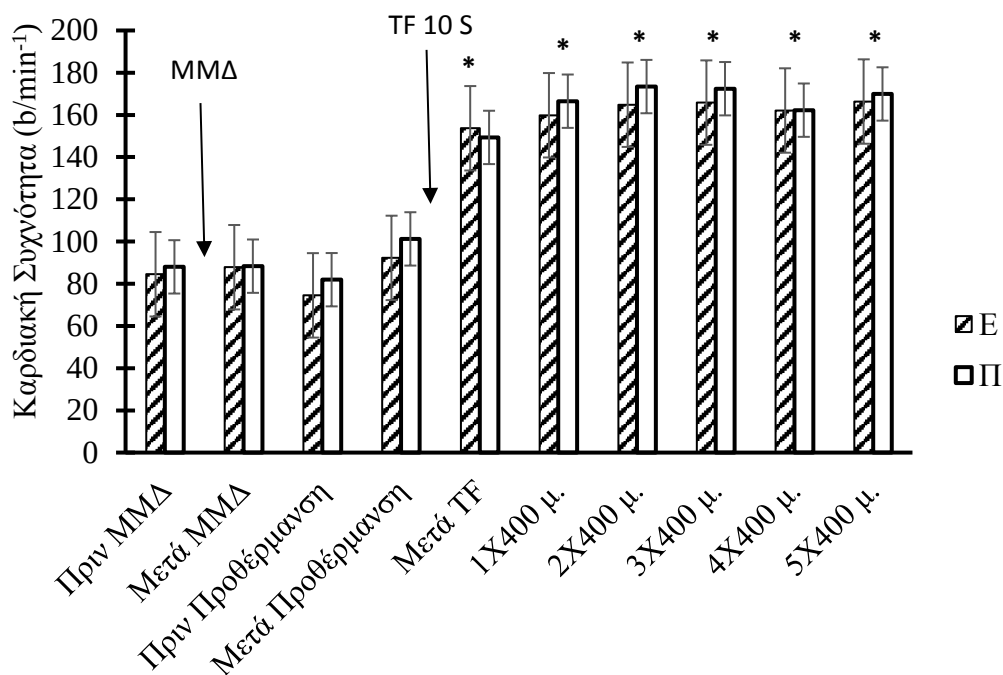
Σχήμα 4.1 Μεταβολή της συγκέντρωσης γαλακτικού κατά τη διάρκεια της συνθήκης ελέγχου (Ε) και πειραματικής συνθήκης (Π), ΜΜΔ: Μέγιστη Μυϊκή Δύναμη, ΤΕ: προσδεμένη κολύμβηση, # διαφορά μεταξύ των συνθηκών, *: $p < 0,05$ με όλες τις τιμές πριν από την ΤΕ, †: διαφορά του 1Χ400 μ. με 3Χ400 μ. και 5Χ400 μ. στη πειραματική συνθήκη.

Πρόσληψη οξυγόνου (VO_2): Η VO_2 ήταν παρόμοια μεταξύ των συνθηκών ($F_{(1,11)} = 0,144$, $p = 0,71$). Η VO_2 ήταν παρόμοια από τη Πριν ΜΜΔ μέχρι την έναρξη της προθέρμανσης και στις δύο συνθήκες. Στη διάρκεια των επαναλήψεων 400 μέτρων η VO_2 αυξήθηκε κατά τη 2^η, 3^η, 4^η και 5^η επανάληψη συγκριτικά με Πριν τη ΜΜΔ ($F_{(9,3)} = 53,68$, $p = 0,01$, Σχήμα 4.1). Η VO_2 ως ποσοστό της VO_{2max} κυμάνθηκε από $46,06 \pm 17,71\%$ έως $69,16 \pm 17,71\%$ στη συνθήκη ελέγχου ενώ για την πειραματική συνθήκη από $46,56 \pm 14,14\%$ έως $75,25 \pm 18,39\%$.



Σχήμα 4.2 Μεταβολή της πρόσληψης οξυγόνου (VO_2) κατά τη διάρκεια της συνθήκης ελέγχου (Ε) και πειραματικής συνθήκης (Π), ΜΜΔ: Μέγιστη Μυϊκή Δύναμη, ΤΡ: προσδεμένη κολύμβηση, *: $p < 0,05$ με όλες τις τιμές πριν από την ΤΡ, †: διαφορά του 1Χ400 μ. με 2Χ400 μ. και 3Χ400 μ. στη πειραματική συνθήκη.

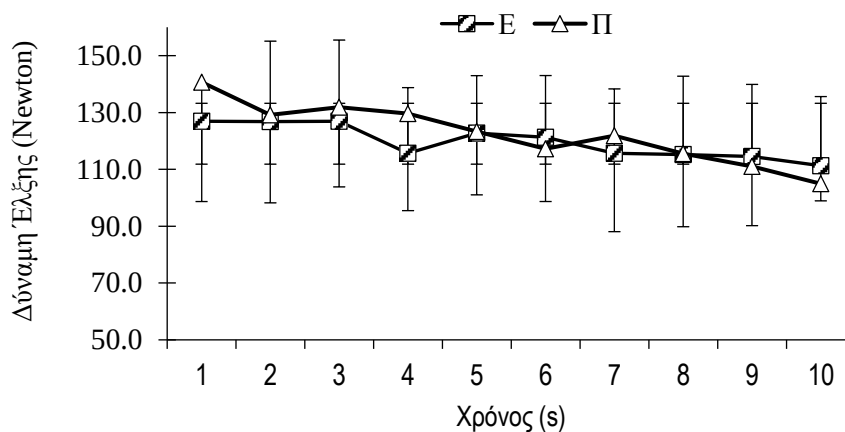
Καρδιακή συχνότητα (HR): Η HR δεν διέφερε μεταξύ των συνθηκών σε καμία χρονική στιγμή ($F_{(1,11)} = 3,270$, $p = 0,098$). Αυξήθηκε κατά την διάρκεια των 5Χ400 μέτρων συγκριτικά με την τιμή Πριν ΜΜΔ ($F_{(1,11)} = 114,71$, $p = 0,001$, Σχήμα 4.2).



Σχήμα 4.3 Μεταβολή της καρδιακής συχνότητας (HR) κατά την διάρκεια της συνθήκης ελέγχου (E) και πειραματικής συνθήκης (Π). ΜΜΔ: Μέγιστη Μυϊκή Δύναμη, ΤΡ: προσδεμένη κολύμβηση, *: $p < 0,05$ με Πριν ΜΜΔ.

4.3. Μεταβολή δύναμης εντός νερού και υποκειμενικής αντίληψης κόπωσης

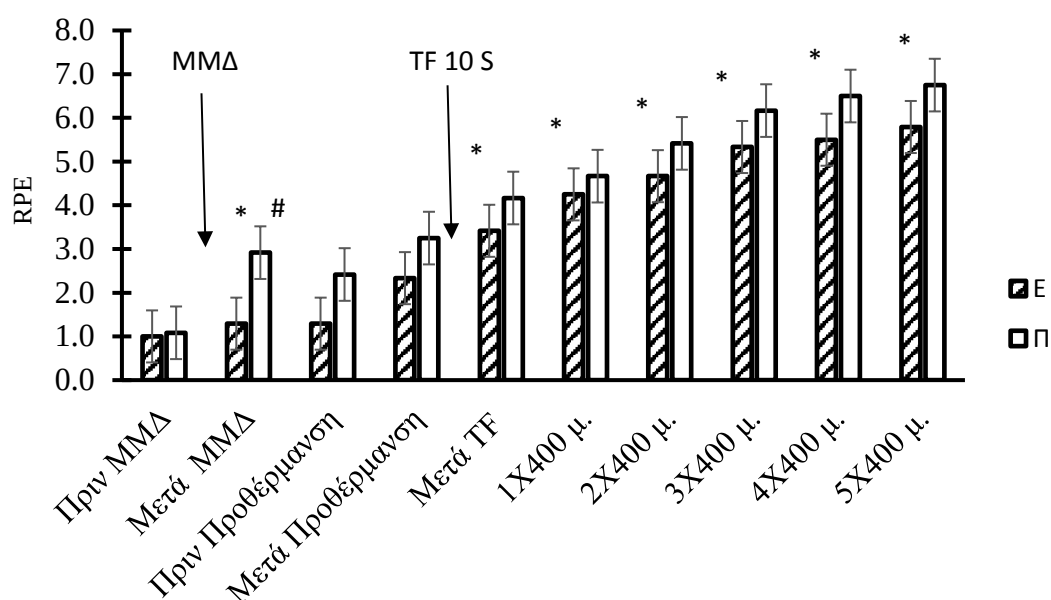
Μεταβολή δύναμης έλξης (TF): Η δύναμη έλξης εντός νερού, η οποία μετρήθηκε μέσω της προσδεμένης κολύμβησης, δεν διέφερε μεταξύ της συνθήκης ελέγχου και της πειραματικής συνθήκης (Π: $123,97 \pm 19,47$, E: $122,22 \pm 22,61$ N, $p=0.613$, Σχήμα 4.4).



Σχήμα 4.4 Μεταβολή της δύναμης έλξης εντός νερού (TF) κατά τη διάρκεια προσδεμένης κολύμβησης 10 s.

Ωστόσο, ο δείκτης κόπωσης ήταν υψηλότερος στην πειραματική σε σύγκριση με την συνθήκη ελέγχου (Π: $33,29 \pm 7,40$, E: $28,27 \pm 6,65$ %, $p=0,02$).

Υποκειμενική αντίληψη κόπωσης (RPE): Η RPE ήταν αυξημένη στην πειραματική σε σύγκριση με την συνθήκη ελέγχου αμέσως μετά το πρόγραμμα δύναμης συγκριτικά με την ηρεμία ($F_{(1,11)}=7,494$, $p=0.019$). Στην διάρκεια των επαναλήψεων 400 μέτρων η RPE αυξήθηκε κατά τη 2^η, 3^η, 4^η, και 5^η επανάληψη συγκριτικά με τη 1^η ($F_{(9,3)}=36,854$, $p=0,0001$) και διέφερε μεταξύ των συνθηκών μετά την ΜΜΔ ($F_{(9,3)}=0,986$, $p=0,457$, Σχήμα 4.4).

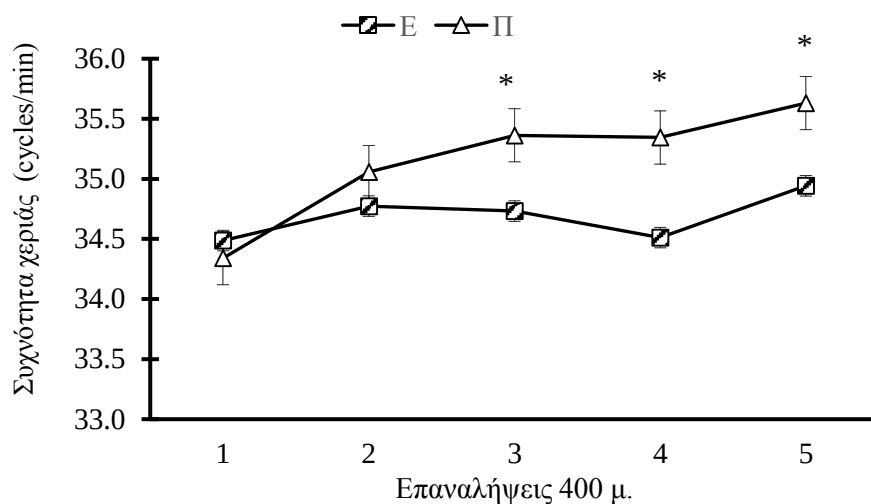


Σχήμα 4.5. Μεταβολή της υποκειμενικής αντίληψης κόπωσης (RPE) κατά τη διάρκεια της συνθήκης ελέγχου (E) και πειραματικής συνθήκης (Π) ΜΜΔ: Μέγιστη Μυϊκή Δύναμη, ΤΕ: προσδεμένη κολύμβηση, # διαφορά μεταξύ των συνθηκών, *: $p<0,05$ με Πριν ΜΜΔ.

4.4. Μεταβολή των τεχνικών παραμέτρων, συχνότητα χεριάς, μήκος χεριάς, αποτελεσματικότητα χεριάς

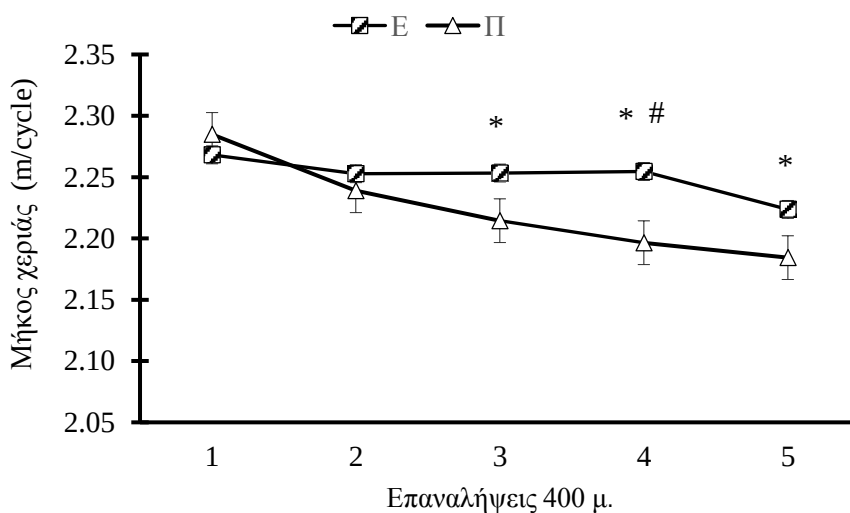
Συχνότητα χεριάς (SR): Η SR ήταν παρόμοια μεταξύ των συνθηκών ($F_{(1,11)}=1,254$, $p=0,287$). Στη διάρκεια των επαναλήψεων 400 μέτρων η SR ήταν αυξημένη κατά την 3^η, 4^η και 5^η επανάληψη συγκριτικά με την 1^η επανάληψη

400 μέτρων κατά την Π ενώ παρέμεινε αμετάβλητη κατά την Ε συνθήκη ($F_{(1,11)}=4,232$, $p=0,039$, Σχήμα 4.5).



Σχήμα 4.6 Μεταβολή της συχνότητας χεριάς (SR) κατά τη διάρκεια των 5 προσπαθειών των 400 μέτρων ελεύθερο. Ε: Συνθήκη ελέγχου, Π: Πειραματική συνθήκη, *: $p<0,05$ σε σύγκριση με πρώτη προσπάθεια 400 μέτρων.

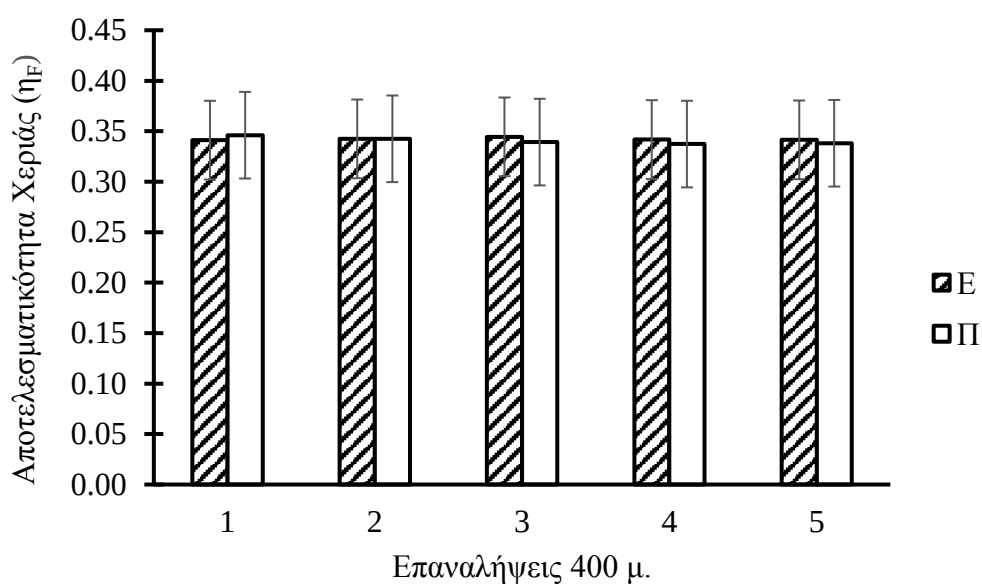
Μήκος χεριάς (SL): Το SL ήταν παρόμοιο μεταξύ των συνθηκών ($F_{(1,11)}=0,898$, $p=0,364$).



Σχήμα 4.7 Μεταβολή του μήκους χεριάς (SL) κατά την διάρκεια των 5 προσπαθειών των 400 μέτρων ελεύθερο. Ε: Συνθήκη ελέγχου, Π: Πειραματική συνθήκη, #: διαφορά μεταξύ συνθηκών, *: $p<0,05$ σε σύγκριση με πρώτη προσπάθεια 400 μέτρων.

Στη διάρκεια των επαναλήψεων 400 μέτρων το SL μειώθηκε σημαντικά κατά την 4^η σε σύγκριση με την 1^η επανάληψη 400 μέτρων ($F_{(4,8)} = 7,274$, $p = 0,0001$) και ήταν χαμηλότερο κατά την 4^η επανάληψη στη πειραματική σε σύγκριση με τη συνθήκη ελέγχου ($F_{(1,11)} = 2,773$, $p = 0,039$, Σχήμα 4.6).

Αποτελεσματικότητα χεριάς (η_F): Η η_F ήταν παρόμοια μεταξύ των συνθηκών ($F_{(1,11)} = 0,108$, $p = 0,749$). Στη διάρκεια των 400 μέτρων η η_F ήταν παρόμοια σε όλες τις επαναλήψεις των 400 μέτρων ($F_{(1,11)} = 0,362$, $p = 0,829$) Σχήμα 4.7).



Σχήμα 4.8 Μεταβολή της αποτελεσματικότητας χεριάς (η_F) κατά τη διάρκεια των 5 προσπαθειών των 400 μέτρων ελεύθερο Ε: Συνθήκη ελέγχου, Π: Πειραματική συνθήκη.

V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στη παρούσα μελέτη εξετάστηκε η άμεση επίδραση της προπόνησης δύναμης σε φυσιολογικές και τεχνικές παραμέτρους στη προπόνηση κολύμβησης που πραγματοποιήθηκε 15 λεπτά αργότερα. Τα κύρια ευρήματα της μελέτης ως προς τις φυσιολογικές παραμέτρους ήταν τα εξής: η προπόνηση ΜΜΔ προκάλεσε αύξηση της συγκέντρωσης γαλακτικού [La^-] αμέσως μετά, αλλά και κατά τη διάρκεια της προπόνησης στο νερό, ενώ δεν προκάλεσε αύξηση της πρόσληψης οξυγόνου (VO_2) και της καρδιακής συχνότητας (HR). Η απόδοση των κολυμβητών, η οποία μετρήθηκε μέσω της δύναμης έλξης που εφάρμοσαν σε προσπάθεια προσδεμένης κολύμβησης 10 s. ήταν παρόμοια μεταξύ των συνθηκών. Επιπρόσθετα, η προπόνηση ΜΜΔ κατά τη διάρκεια 5 προσπαθειών 400 μέτρων ελεύθερο αύξησε τη συχνότητα χεριάς (SR), μείωσε το μήκος χεριάς (SL), ενώ δεν μετέβαλε την αποτελεσματικότητα χεριάς (η_F).

5.1. Επίδραση της προπόνησης Μέγιστης Μυϊκής Δύναμης στις φυσιολογικές παραμέτρους στην προπόνηση κολύμβησης που ακολουθεί

Στη παρούσα μελέτη το πρόγραμμα ΜΜΔ προκάλεσε, αύξηση της συγκέντρωσης γαλακτικού κατά τη διάρκεια του προπονητικού προγράμματος (5X400 μέτρα ελεύθερο), ενώ δεν προκάλεσε μεταβολές στη VO_2 και HR μεταξύ των συνθηκών. Η συγκέντρωση γαλακτικού αυξάνεται σημαντικά αμέσως μετά το πρόγραμμα ΜΜΔ (Πρίν: $3,5 \pm 1,6$, Μετά: $17,2 \pm 4,6$ mmol/l), ενώ φαίνεται να διατηρείται σε αυξημένα επίπεδα έως και 60 λεπτά μετά το πέρας του προγράμματος (Tesch, Erland, Colliander & Kaiser, 1986). Αντίστοιχα, οι Kang, Hoffman, Im, Spiering, Ratamess, Rundell et al., (2005) παρατήρησαν αύξηση της συγκέντρωσης γαλακτικού μετά την ολοκλήρωση του προγράμματος ΜΜΔ και διατήρησή του σε υψηλά επίπεδα για 20 και 40 λεπτά μετά την ολοκλήρωση του προγράμματος ΜΜΔ ($9,7 \pm 0,8$ και $3,3 \pm 0,3$ mmol/l, αντίστοιχα). Πρόσφατα, οι Taipale, Schumann, Mikkola, Nyman, Kyroläinen, Nummela et al., (2014) παρατήρησαν αύξηση της συγκέντρωσης γαλακτικού (2-3 mmol/L) μετά το πρόγραμμα ΜΜΔ ($p < 0,05$) παρόμοια με τη παρούσα μελέτη. Ωστόσο, οι διαφορές αύξησης της συγκέντρωσης γαλακτικού

που παρατηρείται μεταξύ των μελέτων εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά του προγράμματος δύναμης (σειρές, επαναλήψεις, ασκήσεις, χρόνος αποκατάστασης). Αυτά τα χαρακτηριστικά φαίνεται ότι επηρεάζουν τις μεταβολικές και φυσιολογικές ανταποκρίσεις (Buitrago, Wirtz, Yue, Kleinöder & Mester, 2012). Ένα πρόγραμμα μέγιστης μυϊκής δύναμης προκαλεί αύξηση ορμονικών, μεταβολικών ανταποκρίσεων, αλλά και νευρομυϊκών μεταβολών. Συγκεκριμένα, έχει αποδειχθεί ότι αμέσως μετά από ένα πρόγραμμα ΜΜΔ αυξάνονται οι ορμόνες όπως τεστοστερόνη, κορτιζόλη και αυξητική ορμόνη, αλλά και η συγκέντρωση γαλακτικού (Fitts, 1994; Fleck & Kraemer, 1997; Kang et al., 2005; Fitts, 2008; Taipale, Mikkola, Vesterinen, Nummela & Häkkinen, 2013, Taipale et al., 2014; Jones, Howatson, Russell & French, 2017). Έτσι λοιπόν, προπόνηση αντιστάσεων με τα χαρακτηριστικά ενός προγράμματος ΜΜΔ αυξάνει σε μεγαλύτερο βαθμό τα μεταβολικά προϊόντα στο μυ όπως τα ιόντα υδρογόνου (H^+). Η αύξηση των H^+ , σε συνδυασμό με την ταυτόχρονη αύξηση της συγκέντρωσης γαλακτικού προκαλούν διαταραχή της οξεοβασικής ισορροπίας στο μυ. Επιπλέον, ένα πρόγραμμα ΜΜΔ είναι δυνατό να αυξήσει ανταποκρίσεις όχι μόνο σε μεταβολικό αλλά και κυτταρικό επίπεδο (Tesh et al., 1986; Fitts et al., 1994; Cobb, Hotchkiss, Karl & Buchman, 1996; Taipale et al., 2013; 2014; Jones et al., 2017). Η υψηλότερη μεταβολική ανταπόκριση η οποία οδηγεί σε αύξηση της γλυκογονόλυσης έχει ως αποτέλεσμα να οδηγεί σε μείωση του pH στο μυ και να διαταράσσει την ομοιόσταση του οργανισμού (Cobb et al., 1996; Taipale et al., 2013; Taipale et al., 2014; Jones et al., 2017). Μέσω αυτών των διαδικασιών αλλά και μέσω πιθανής ενεργοποίησης του αναερόβιου μεταβολισμού αυξάνεται η συγκέντρωση γαλακτικού αμέσως μετά το πρόγραμμα ΜΜΔ. Ωστόσο, στη παρούσα μελέτη δεν παρατηρήθηκε αύξηση της συγκέντρωσης γαλακτικού αμέσως μετά το πρόγραμμα ΜΜΔ, άρα δεν αυξήθηκε σε μεγάλο βαθμό και η μεταβολική ανταπόκριση εντός του μυός σε αντίθεση με τις υπολοιπες μελέτες. Πιθανόν τα χαρακτηριστικά του προγράμματος δύναμης, τα οποία έχει αναφερθεί ότι προκαλούν μεταβολές σε άλλες μελέτες (Buitrago et al., 2012;

Taipale et al., 2013; Taipale et al., 2014), δεν προκάλεσαν σημαντικές μεταβολές αμέσως μετά το πρόγραμμα ΜΜΔ στη παρούσα μελέτη.

Αντίθετα, στο πρόγραμμα προπόνησης στο νερό το οποίο αποτελείτο από 5 προσπάθειες 400 μέτρων ελεύθερο με σταθερή ταχύτητα η οποία αντιστοιχεί σε συγκέντρωση γαλακτικού 4 mmol/L (V4), παρατηρήθηκε αύξηση της συγκέντρωσης γαλακτικού στη Π συνθήκη, μετά από 45 λεπτά από το πρόγραμμα ΜΜΔ. Η αύξηση αυτή εν μέρει επιβεβαιώνεται από τις μελέτες των Tesch και συν. (1986) και Kang και συν. (2005), οι οποίοι παρατήρησαν ότι η συγκέντρωση γαλακτικού μπορεί να παραμείνει σε υψηλά επίπεδα έως και 60 λεπτά μετά από πρόγραμμα ΜΜΔ. Αύξηση της συγκέντρωσης γαλακτικού σημαίνει αύξηση της έντασης της άσκησης και συμμετοχή για παραγωγή ενέργειας από τον αναερόβιο μεταβολισμό (Cobb et al., 1996; Jones et al., 2017). Επειδή, όμως δεν αυξήθηκε η ένταση καθώς η ταχύτητα όπως αναφέρθηκε ήταν σταθερή, μπορεί άλλοι παράγοντες να επηρέασαν και να οδήγησαν σε αυτή την αύξηση στη Π συνθήκη. Ένας σημαντικός παράγοντας μπορεί να είναι η πιθανή αύξηση της νευρομυϊκής κόπωσης η οποία προκαλείται μετά από ένα πρόγραμμα ΜΜΔ και μπορεί να διατηρηθεί σε αυξημένα επίπεδα έως και 3 ώρες μετά το πρόγραμμα ΜΜΔ (Deakin, 2004). Η νευρομυϊκή κόπωση προκαλεί μείωση τους εύρους κίνησης (Deakin, 2004; Taipale et al., 2013; Jones et al., 2017). Αυτό στη παρούσα μελέτη μπορεί να αποτυπωθεί από μία αύξηση της συχνότητας κίνησης των χεριών και μία μείωση του μήκους, ώστε να διατηρηθεί η ταχύτητα κολύμβησης σταθερή. Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε αύξηση της SR και μείωση του SL στη παρούσα μελέτη. Έχει αναφερθεί ότι μεταβολή της ομοιόστασης του οργανισμού μπορεί να σχετίζεται με μεταβολές στις τεχνικές παραμέτρους, όπως για παράδειγμα αύξηση της SR (Figueiredo, Nazario, Sousa, Pelarigo, Vilas-Boas & Fernandes, 2014). Συμπερασματικά, η αυξημένη συγκέντρωση γαλακτικού στη Π συνθήκη σε σύγκριση με την Ε, οφείλεται στις μεταβολές που προκαλεί ένα πρόγραμμα ΜΜΔ και είναι πιθανό αυτές οι διαφορές να οφείλονται σε παράγοντες όπως μεταβολή των τεχνικών παραμέτρων στη διάρκεια της άσκησης.

Αντίθετα, με τις διαφορές που παρατηρήθηκαν στη συγκέντρωση γαλακτικού, ένα πρόγραμμα ΜΜΔ δεν φαίνεται να αυξάνει τη VO_2 και HR.

Παρόμοιες μεταβολές ως προς τη VO_2 παρατηρήθηκαν πρόσφατα από τους Farrel, Lantis, Ade, Cantrell & Larson, (2017), οι οποίοι αν και πραγματοποίησαν ένα διαφορετικό πρωτόκολλο δύναμης (πρόγραμμα αντοχής στη δύναμη), δεν βρήκαν διαφορές στη VO_2 αμέσως μετά το πρόγραμμα. Αντίθετα, σε άλλη μελέτη μετά από πρόγραμμα ΜΜΔ η VO_2 και η HR είναι αυξημένες αμέσως μετά, ενώ διατηρούνται σε αυξημένα επίπεδα για 20 και 40 λεπτά αντίστοιχα κατά το στάδιο της αποκατάστασης (Kang et al., 2005). Ωστόσο, στην παραπάνω μελέτη (Kang et al., 2005) το επίπεδο των συμμετεχόντων δεν ήταν υψηλό και αυτό μπορεί να επηρεάσει τις μεταβολές που προκαλούνται (Buitrago et al., 2012). Η απουσία μεταβολής των φυσιολογικών παραμέτρων όπως VO_2 και HR μπορεί να οφείλεται στα χαρακτηριστικά του προγράμματος δύναμης που προηγήθηκε. Για παράδειγμα, ένα πρόγραμμα αντοχής στη δύναμη, κατά το οποίο εκτελούνται περισσότερες επαναλήψεις, ή ένα πρόγραμμα ισχύος με υψηλότερη ταχύτητα εκτέλεσης κίνησης, προκαλούν μεγαλύτερες αυξήσεις σε φυσιολογικές παραμέτρους (Kang et al., 2005; Buitrago et al., 2012; Kraemer, Adams, Cafarelli, Dudley, Dooly, Feigenbaum et al., 2002; Stone et al., 1991). Στη παρούσα μελέτη ο όγκος προπόνησης ήταν μικρός και η αποκατάσταση επαρκής, ώστε να τις επαναφέρει σε φυσιολογικά επίπεδα. Ένας άλλος παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψη ώστε να ερμηνευτεί το γιατί παραμένουν αμετάβλητες οι φυσιολογικές παράμετροι, είναι τα χαρακτηριστικά του προγράμματος προπόνησης στο νερό. Στη παρούσα μελέτη το πρόγραμμα στο νερό ήταν σταθερής έντασης και σταθερής ταχύτητας. Η VO_2 και HR σε προσπάθειες σταθερής ταχύτητας και υπομέγιστης έντασης φαίνεται ότι μετά από ένα σημείο σταθεροποιούνται τα επίπεδα των τιμών τους, διότι δεν αυξάνεται η ταχύτητα κολύμβησης (Olbrecht, 2011). Ωστόσο, αυτές οι διαφοροποιήσεις εξαρτώνται από την ρυθμιστική ικανότητα του μυός να επανέρχεται σε φυσιολογικά επίπεδα, αλλά και τη μέθοδο μέτρησης της VO_2 (Olbrecht, 2011). Ένας από τους περιορισμούς της παρούσας μελέτης ήταν ότι η διαδικασία συλλογής της VO_2 , πραγματοποιήθηκε μετά το πέρας της κάθε επανάληψης των 400 μέτρων ελεύθερο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, να μην γνωρίζουμε τι συμβαίνει κατά τη

διάρκεια των 400 μέτρων ελεύθερο. Για παράδειγμα, στην παρούσα μελέτη παρατηρήθηκε ότι η SR αυξάνεται σημαντικά μετά την 3^η προσπάθεια 400 μέτρων ελεύθερο. Σύμφωνα, με τους Wakayoshi, D'Acquisto, Cappaert & Troup, (1996), έχει παρατηρηθεί ότι αύξηση της SR, σχετίζεται και με αύξηση της $\dot{V}O_2$, κάτι το οποίο δεν παρατηρήθηκε εν μέρει στη παρούσα μελέτη. Η $\dot{V}O_2$ φάνηκε να αυξάνεται στη 3^η προσπάθεια όπως και η SR, αλλά δεν υπήρξε διαφορά μεταξύ των συνθηκών. Επομένως, με σταθερή ένταση δεν φαίνεται να μεταβάλλονται εύκολα παράμετροι όπως η $\dot{V}O_2$ και η HR (Millet, Jaouen, Borrani & Candau, 2002), ακόμα και αν έχει προηγηθεί κάποια άλλη μορφή άσκησης.

Συμπερασματικά, μια προπόνηση με τα χαρακτηριστικά της ΜΜΔ αυξάνει σε σημαντικό βαθμό τις μεταβολικές παραμέτρους όπως συγκέντρωση γαλακτικού, ενώ δεν προκαλεί μεταβολές σε φυσιολογικές παραμέτρους όπως $\dot{V}O_2$ και HR. Στη παρούσα μελέτη δεν φαίνεται να προκύπτουν οι μεταβολές στο πρόγραμμα προπόνησης 5 προσπαθειών 400 μέτρων ελεύθερο εξαιτίας παραγόντων όπως αύξηση H^+ ή μείωση του pH. Πιθανόν να προκαλούνται λόγω ανάπτυξης νευρομυϊκής κόπωσης, μέσω μίας μείωσης του εύρους κίνησης του χεριού και διαφοροποίησης των προτύπων κίνησης κατά τη διάρκεια κολύμβησης, όπως αύξηση SR και μείωση SL. Η παρούσα μελέτη είναι η πρώτη η οποία προσπάθησε να διερευνήσει άμεσες μεταβολές στη προπόνηση στο νερό μετά από πρόγραμμα ΜΜΔ. Χρειάζεται περισσότερη έρευνα σε αυτό το τομέα στο άθλημα της κολύμβησης, για να ερμηνευτούν οι μεταβολές σε φυσιολογικές παραμέτρους μετά από προγράμματα μυϊκής ενδυνάμωσης. Από τα ευρήματα επιβεβαιώνουμε την πρώτη ερευνητική υπόθεση, σχετικά με το ότι ένα πρόγραμμα ΜΜΔ θα αυξήσει τις φυσιολογικές παραμέτρους στην προπόνηση κολύμβησης που ακολουθεί.

5.2. Επίδραση της προπόνησης Μέγιστης Μυϊκής Δύναμης στις παραμέτρους απόδοσης στην προπόνηση κολύμβησης που ακολουθεί

Η απόδοση μετρήθηκε στην παρούσα μελέτη μέσω της προσδεμένης κολύμβησης και συγκεκριμένα με την αξιολόγηση της δύναμης έλξης (TF) που εφαρμόζουν οι κολυμβητές στο νερό. Η TF δεν διέφερε μεταξύ των συνθηκών

Ε και Π. Αυτό δεν επιβεβαιώνεται, από άλλες μελέτες σε άλλα αθλήματα όπως το τρέξιμο και η ποδηλασία. Συγκεκριμένα, σε μελέτη του Deakin, (2004), παρατηρήθηκε ότι ένα πρόγραμμα ΜΜΔ αυξάνει την κόπωση των αθλητών σε δοκιμασία όπως η αξιολόγηση του εύρους έκτασης του γόνατος σε ισοκινητικό δυναμόμετρο. Στη συγκεκριμένη μελέτη παρατηρήθηκε ότι, το εύρος έκτασης του γόνατος φάνηκε να είναι σε μειωμένο βαθμό 3 ώρες μετά το πέρας του προγράμματος ΜΜΔ. Αυτό επιβεβαιώθηκε και αργότερα από τους Garay, Rhea, Reis, Simão, Strom, Olsen et al., (2011), οι οποίοι μετά από προπόνηση ΜΜΔ, παρατήρησαν 17,5% μείωση του χρόνου εμφάνισης της κόπωσης σε δοκιμασία ποδηλάτησης υπομέγιστης (50% $\dot{V}O_{2max}$) και μέγιστης έντασης (100% $\dot{V}O_{2max}$). Συγκεκριμένα, έχει παρατηρηθεί μείωση της μέγιστης εθελούσιας συστολής, αλλά και του ρυθμού ανάπτυξης της δύναμης 2 έως 48 ώρες μετά το πέρας του προγράμματος ΜΜΔ ή προγράμματος ισχύος (Taipale & Häkkinen, 2013). Σε άλλη μελέτη φαίνεται ότι μετά από ένα πρόγραμμα ΜΜΔ η δύναμη των αθλητών μειώθηκε κατά 24% σε δοκιμασία μέγιστης ισομετρικής δύναμης (Häkkinen, 1993). Αντίθετα, μετά από ένα πρωτόκολλο μέγιστης δύναμης στο 90% της 1RM σε καθίσματα, παρατηρήθηκε ότι οι νεαροί ποδοσφαιριστές, βελτίωσαν το χρονικό διάστημα ολοκλήρωσης των 6 επαναλαμβανόμενων σταδίων ταχύτητας, συγκριτικά με τη συνθήκη ελέγχου. Αυτό πιθανό να οφείλεται σε ενεργοποίηση των κινητικών μονάδων και των ινών τύπου II, αλλά και της δραστηριότητας των εγκάρσιων γεφυρών ακτίνης και μυοσίνης (Low, Harsley, Shaw & Peart, 2015). Ωστόσο, η μη διαφορά της επίδοσης που παρατηρήθηκε στη παρούσα μελέτη, πιθανόν οφείλεται στα διαφορετικά πρωτόκολλα προπόνησης ΜΜΔ, αλλά και στις διαφορετικές δοκιμασίες αξιολόγησης και σχεδιασμού της μελέτης, συγκριτικά με τις παραπάνω μελέτες.

Είναι ευρέως γνωστό ότι η προπόνηση ΜΜΔ, προκαλεί αύξηση ορμονικών και μεταβολικών ανταποκρίσεων (Kang et al., 2005; Taipale et al., 2013; Taipale et al., 2014; Jones et al., 2017). Αυτές οι ορμονικές και μεταβολικές ανταποκρίσεις όπως είναι αύξηση της κορτιζόλης και συγκέντρωσης γαλακτικού πιθανόν να οδηγούν μέσω της μεταβολής της ομοιόστασης του

οργανισμού και σε νευρομυϊκή κόπωση (Jones et al., 2017; Taipale et al., 2013; 2014). Η μείωση της παραγωγής δύναμης οφείλεται επιπλέον και στην αύξηση H^+ , μεταβολικό προϊόν το οποίο ευθύνεται στη παραγωγή κόπωσης και ασβεστίου (Ca^{2+}), προϊόν το οποίο αναστέλλει τα χαρακτηριστικά σύσπασης του μυός (Jones et al., 2017; Low et al., 2015; Häkkinen, 1993). Ωστόσο στη παρούσα μελέτη δεν παρατηρήθηκε κάποια μεταβολή της δύναμης έλξης στο νερό, είτε όταν προηγείται πρόγραμμα ΜΜΔ είτε όχι, παρόλο που ο δείκτης κόπωσης στη Π συνθήκη φάνηκε να είναι σημαντικά υψηλότερος. Η αμετάβλητη δύναμη έλξης στο νερό πιθανό να οφείλεται στο γεγονός ότι οι κολυμβητές κατάφεραν να κινητοποιήσουν και να συγχρονίσουν ένα μεγαλύτερο αριθμό κινητικών μονάδων και νευρώνων, σε προσπάθεια μέγιστης έντασης. Έτσι λοιπόν είναι πιθανό το πρόγραμμα ΜΜΔ της παρούσας μελέτης να μην αύξησε σε σημαντικό βαθμό τη μεταβολική ανταπόκριση (Kang et al., 2005; Taipale et al., 2013; Taipale et al., 2014). Αυτό επιβεβαιώνεται και από το γεγονός ότι η συγκέντρωση γαλακτικού πριν τη προσπάθεια προσδεμένης κολύμβησης δεν ήταν αυξημένη. Η αεροβια ικανότητα των αθλουμένων, το προπονητικό επίπεδο των αθλητών και η προπονητική εμπειρία, είναι παράγοντες που βοηθούν στη ταχύτερη αποκατάσταση ομοιόστασης του οργανισμού μετά από ένα πρόγραμμα ΜΜΔ.

Συμπερασματικά, ένα πρόγραμμα ΜΜΔ έχει αποδειχθεί ότι προκαλεί κόπωση σε αξιολογήσεις αμέσως μετά το πέρας του προγράμματος (Deakin, 2004; Garay et al., 2013; Häkkinen, 1993), σε αντίθεση με την παρούσα μελέτη. Ωστόσο, είναι η πρώτη μελέτη η οποία προσπάθησε να εξετάσει αν η προπόνηση ΜΜΔ μεταβάλει την δύναμη έλξης εντός νερού. Σε αυτό το σημείο οφείλουμε να απορρίψουμε την δεύτερη ερευνητική μας υπόθεση, σύμφωνα με την οποία είχε υποτεθεί ότι η προπόνηση ΜΜΔ θα μειώσει την παραγωγή δύναμης εντός νερού κατά την διάρκεια κολύμβησης 10 s.

5.3. Επίδραση της προπόνησης Μέγιστης Μυϊκής Δύναμης στις βιομηχανικές παραμέτρους στην προπόνηση κολύμβησης που ακολουθεί

Στην παρούσα μελέτη οι βιομηχανικές παράμετροι, συχνότητα χεριάς (SR), μήκος χεριάς (SL), αποτελεσματικότητα χεριάς (η_F) μετρήθηκαν κατά την διάρκεια των 5 προσπαθειών 400 μέτρων ελεύθερο.

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης συμφωνούν με άλλη μελέτη, στην οποία παρατηρήθηκε ότι μετά από 5 προσπάθειες 400 μέτρων ελεύθερο, σε περιοχή έντασης παρόμοια με αυτή που χρησιμοποιήθηκε στη παρούσα μελέτη, φάνηκε να αυξάνεται η SR μετά από κάθε προσπάθεια. (Ribeiro, Lima, & Gobatto, 2010). Αντίθετα, σε μελέτη των Toubekis, Vasilaki, Douda, Gourgoulis & Tokmakidis, (2011), σε παρόμοιο πρόγραμμα προπόνησης δεν φάνηκε να μεταβάλεται η SR στη διάρκεια των προσπαθειών, ενώ αμετάβλητο παρέμεινε και το SL. Συνήθως, οι τεχνικές παράμετροι στη κολύμβηση εξετάζονται μέσω δοκιμασιών μέγιστης έντασης. Σε δοκιμασίες μέγιστης έντασης η SR αυξάνεται σημαντικά (Lafite, Vilas-Boas, Demarle, Silva, Fernandes & Billat, 2004). Εν μέρει, τα αποτελέσματα των παραπάνω μελετών επιβεβαιώνουν τα αποτελέσματα μας, ωστόσο καμία από αυτές δεν εξέτασε την μεταβολή της SR μετά από ένα πρόγραμμα ΜΜΔ. Είναι γνωστό ότι όταν πραγματοποιούνται δοκιμασίες με σταθερή ταχύτητα, όπως ήταν οι 5 προσπάθειες των 400 μέτρων ελεύθερο σε ταχύτητα η οποία αντιστοιχούσε στα 4 mmol/L, για να καταφέρει ο κολυμβητής να διατηρήσει ή να αυξήσει την ταχύτητα του (εάν σε περίπτωση βρίσκεται εκτός προκαθορισμένης ταχύτητας), εξαρτάται από έναν συνδυασμό αύξησης της SR και μείωση του SL (Craig, Booner, & Skehan, 1982; Ribeiro et al., 2010). Επίσης, σε μελέτη των Wakayoshi, D'Acquisto, Cappaert & Troup, (1996), παρατηρήθηκε ότι μετά από μία προσπάθεια με σταθερή ταχύτητα και με σταθερή συγκέντρωση γαλακτικού, οι κολυμβητές έπρεπε να αυξήσουν την SR ώστε να διατηρήσουν την ταχύτητα τους σταθερή. Επιπλέον, έχει παρατηρηθεί από τους Wakayoshi et al., (1996), ότι η SR σχετίζεται σημαντικά με φυσιολογικές παραμέτρους όπως είναι η VO_2 , διότι αυξήσεις στην SR σχετίζονται με αυξήσεις στην VO_2 και μπορούν να οδηγήσουν σε αύξηση του ενεργειακού κόστους και κατά

συνέπεια στην μείωση της οικονομίας κολύμβησης. Ωστόσο, στην παρούσα μελέτη η VO_2 των αθλητών μετρήθηκε αμέσως μετά την κάθε προσπάθεια και όχι κατά την διάρκεια των 400 μέτρων ελεύθερο. Επομένως, δεν είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε, εάν αυξήσεις της SR σχετίζονται με αυξήσεις της VO_2 . Είναι πιθανό όμως, εξαιτίας της αύξησης της συγκέντρωσης γαλακτικού που παρατηρήθηκε σε συνδυασμό με την άύξηση της SR στη συνθήκη Π, να δηλώνει μείωση της οικονομίας κολύμβησης.

Αντίθετα, η SL μειώθηκε κατά την διάρκεια 5 προσπαθειών των 400 μέτρων ελεύθερο. Παρόμοια ευρήματα παρατηρήθηκαν και από τους Wakayoshi et al., (1996); Lafite et al., (2004); Alberty et al., (2009), Ribeiro et al., (2010) οι οποίοι παρατήρησαν μείωση του SL κατά την διάρκεια προσπαθειών με σταθερή ταχύτητα ή με αυξανόμενη ταχύτητα σε προσπάθειες 400 μέτρων ελεύθερο. Ωστόσο, στις μελέτες αυτές οι διαφορές στις τεχνικές παραμέτρους παρατηρήθηκαν μέσω δοκιμασιών μέγιστης έντασης. Η μείωση του SL σχετίζεται με την αύξηση του SR που παρατηρήθηκε προηγουμένως. Οι τεχνικές παράμετροι όπως είναι η SR και SL φαίνεται να μεταβάλλονται κατά διαφορετικό τρόπο. Έχει αποδειχθεί, ότι είτε σε προσπάθειες μέτριας, υψηλής έντασης είτε σε προσπάθειες με σταθερή ταχύτητα, οι κολυμβητές προτιμούν να αυξήσουν την SR και να μειώσουν το SL, διότι χρειάζεται υψηλότερη δύναμη έλξης στο νερό ώστε να παραμείνει σταθερό (Lafite et al., 2004). Στο σημείο αυτό οφείλουμε να επιβεβαιώσουμε ένα μέρος της τρίτης μας ερευνητικής υπόθεσης η οποία ήταν ότι ένα πρόγραμμα ΜΜΔ θα μειώσει το SL.

Όσον αφορά την ηF παρουσιάζει κάποιες προϋποθέσεις (εξοπλισμός) και περιορισμούς (τρόπος εκτίμησης, μέθοδος ανάλυσης; Martin et al., 1981) και για αυτούς τους λόγους είναι δύσκολο να εξετασθεί. Υπάρχουν όμως, κάποιες μελέτες, οι οποίες φαίνεται να την εξετάζουν σε προσπάθειες μέγιστης έντασης. Συγκεκριμένα, έχει παρατηρηθεί σημαντική μείωση της ηF από την πρώτη συγκριτικά με την τελευταία προσπάθεια 50 μέτρων σε δοκιμασία μέγιστης έντασης 200 μέτρων ελεύθερο (1^ο 50άρι: 0.43; 4^ο 50άρι: 0.41, Zamparo, 2005). Τα αποτελέσματα αυτά εμφανίζουν διαφορετική μεταβολή, συγκριτικά με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, στην οποία παρατηρήθηκε ότι η ηF

παραμένει αμετάβλητη μετά από προπόνηση ΜΜΔ. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η παρούσα μελέτη διεξήχθη με σταθερή ταχύτητα και όχι σε μέγιστη ένταση. Αντίθετα μελέτη στην οποία πραγματοποιήθηκαν 5 προσπάθειες 400 μέτρων ελεύθερο με σταθερή ταχύτητα, παρατηρήθηκε η αποτελεσματικότητα χεριάς να μειώνεται (Ribeiro et al., 2010). Μεταβολές στην η_F μπορεί να εξαρτώνται και από μεταβολές των άλλων τεχνικών παραμέτρων όπως SR και SL. Η μη μεταβολή της η_F στη παρούσα μελέτη είναι πιθανό να υποδηλώνει μία διατήρηση της οικονομίας κολύμβησης κατά τη διάρκεια των 400 μέτρων ελεύθερο. Σε συνάρτηση, με την αύξηση της SR και συγκέντρωσης γαλακτικού, οι οποίες είναι μεταβλητές που πιθανόν υποδηλώνουν μείωση της οικονομίας κολύμβησης και αύξησης της ενεργειακής δαπάνης, η η_F προσπαθεί ανάλογα με τις μεταβολές της κίνησης του χεριού του κολυμβητή να διατηρήσει τη κίνηση όσο το δυνατό πιο οικονομική. Η αμετάβλητη η_F σε συνδυασμό με την μη μεταβολή της VO_2 και HR, παράμετροι που αναλύθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο, μπορεί να είναι δείκτες εξοικονόμησης ενέργειας αλλά και εξισορόπησης της ενεργειακής δαπάνης που παρατηρείται από την άύξηση της SR και συγκέντρωσης γαλακτικού. Ωστόσο, από τις μελέτες που υπάρχουν έχει αποδειχθεί ότι όταν αυξάνεται η ένταση και η ταχύτητα των κολυμβητών (συνθήκες αγώνων) αυξάνεται και η κόπωση. Αυτό σημαίνει ότι οι κολυμβητές μετά από ένα χρονικό σημείο κατά την διάρκεια της προσπάθειας μέγιστης έντασης ξεκινούν να γίνονται λιγότερο αποτελεσματικοί κατά την προώθηση τους στο νερό, όπως παρατηρήθηκε από την Zamparo, (2005), αλλά δεν επιβεβαιώθηκε στη παρούσα μελέτη, μετά από πρόγραμμα αντιστάσεων και κατά τη διάρκεια προπόνησης υπομέγιστης έντασης. Είναι γνωστό όμως ότι η η_F εξαρτάται από τη SR και τη ταχύτητα. Η SR μπορεί να αυξήθηκε για τους λόγους τους οποίους αναφέρθηκαν παραπάνω, ωστόσο η ταχύτητα παρέμεινε σταθερή. Αυτό μπορεί να οδήγησε στο να μην μεταβληθεί η η_F , διότι οι κολυμβητές μπορεί να αύξησαν τη γωνία του χεριού τους κατά τη διάρκεια της έσω σάρωσης στο νερό, ή η τοποθέτηση του αγκώνα να ήταν διαφορετική (Ribeiro et al., 2010). Σε αυτό το σημείο λοιπόν, οφείλουμε να απορρίψουμε ένα μέρος της τρίτης μας

ερευνητικής υπόθεσης, ότι η ΜΜΔ θα μειώσει την η_F στην προπόνηση κολύμβησης που ακολουθεί.

Συμπερασματικά, δεν υπάρχει ένας ιδανικός συντονισμός κινήσεων, τον οποίο πρέπει να ακολουθήσει ο κολυμβητής κατά την διάρκεια κολύμβησης για να παραμένει οικονομικός. Ο κολυμβητής θα πρέπει να βρεί τρόπους να διατηρεί την ενεργειακή του δαπάνη σταθερή (Seifert, Komar, Barbosa, Toussaint, Millet & Davids, 2014). Η μη μεταβολή της η_F , σε αντίθεση με μεταβολή της SR μπορεί να συμβαίνει στο να εξοικονομεί ο κολυμβητής περισσότερη ενέργεια, ώστε να διατηρήσει την ταχύτητά του σταθερή. Ωστόσο, ένα πρόγραμμα ΜΜΔ με τα χαρακτηριστικά της παρούσας μελέτης είναι πιθανό να προκαλεί νευρομυϊκή κόπωση. Έτσι λοιπόν, οι κολυμβητές αναγκάζονται να μεταβάλουν τα πρότυπα κίνησής τους ώστε να διατηρήσουν τη ταχύτητά τους σταθερή.

VI. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η προπόνηση ΜΜΔ έχει σημαντική επίδραση σε φυσιολογικές και τεχνικές παραμέτρους στη προπόνηση κολύμβησης που ακολουθεί 45 λεπτά αργότερα. Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε: i) αύξηση της συγκέντρωσης γαλακτικού αλλά αμετάβλητη πρόσληψη οξυγόνου και καρδιακή συχνότητα κατά τη διάρκεια 5 επαναλήψεων 400 μέτρων ελεύθερο ii) αύξηση της συχνότητας κίνησης των χεριών και μείωση του μήκους χεριάς, αλλά η αποτελεσματικότητα χεριάς παρέμεινε αμετάβλητη.

Οι μεταβολές που περιγράφονται παραπάνω είναι πιθανό να οφείλονται στη νευρομυϊκή κόπωση η οποία προκαλείται από το πρόγραμμα ΜΜΔ που προηγείται. (Taipale et al., 2013; Jones et al., 2017). Κατά συνέπεια η προηγηθείσα μεταβολική ή μυϊκή διαταραχή είναι πιθανό να επιδρά στην τεχνική εκτέλεση των κινήσεων, μειώνει την οικονομική εκτέλεσή τους και αυξάνει την ενεργοποίηση του αναερόβιου μεταβολισμού (αύξηση της συγκέντρωσης γαλακτικού). Αυτές οι μεταβολές αναγκάζουν τους κολυμβητές να καταβάλουν μεγαλύτερη προσπάθεια για να διατηρήσουν σταθερή την ταχύτητά τους σε μια σειρά επαναλήψεων με ένταση που αντιστοιχεί σε συγκέντρωση γαλακτικού 4 mmol/l μετά από ΜΜΔ.

Συνεπώς, προτείνεται να πραγματοποιούνται μικρότερα σε διάρκεια προπονητικά σετ στη ταχύτητα που χρησιμοποιείται για αερόβια προπόνηση όταν προηγείται πρόγραμμα ΜΜΔ. Ωστόσο, ο στόχος του προπονητικού προγράμματος που επιλέγεται από τον προπονητή μπορεί να καθορίσει το πότε πρέπει να χρησιμοποιείται ένα πρόγραμμα ΜΜΔ. Για παράδειγμα, εάν ο στόχος είναι η ανάπτυξη της δύναμης εκτός νερού τότε προπόνηση ΜΜΔ μπορεί να εφαρμόζεται πριν από τη προπόνηση στο νερό. Αντίθετα, εάν είναι το περιεχόμενο προπόνησης στο νερό τότε θα ήταν προτιμότερο η προπόνηση ΜΜΔ να ακολουθεί μετά ή να εφαρμόζεται κάποια άλλη χρονική στιγμή της ημέρας, αρκετές ώρες πριν από τη προπόνηση στο νερό.

Κατά την διάρκεια της παρούσας μελέτης προέκυψαν κάποια ερευνητικά ερωτήματα που χρειάζονται περαιτέρω διερεύνηση και ίσως θα έπρεπε:

1. Να εξεταστεί η επίδραση της προπόνησης ΜΜΔ σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα πριν τη προπόνηση στο νερό (πρωινή ώρα).
2. Να εξεταστεί η επίδραση της προπόνησης ΜΜΔ σε διαφορετικά προγράμματα προπόνησης στο νερό όπως για παράδειγμα προπόνηση ταχυτήτων.
3. Να εξεταστεί αν η παρόμοια προπόνηση ΜΜΔ προκαλεί μεταβολές σε κάποια άλλη χρονική στιγμή του ετήσιου κύκλου προπόνησης (π.χ. αγωνιστική περίοδος).

VII. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Alberty, M., Sidney, M., Pelayo, P., & Toussaint, H. (2009). Stroking characteristics during time to exhaustion tests. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 3, 637-644.
- Amaro, M. N., Marinho, A. D., Marques, C. M., Batalha, N., & Morouço, G. P. (2016). Effects of dry-land strength and conditioning programs in age group swimmers. *Journal of Strength and Conditioning Research*,
- Aspenes, S., Kjendlie, L. P., Hoff, J., & Helgerud, J. (2009). Combined strength and endurance training in competitive swimmers. *Journal of Sports Science and Medicine*, 8, 357-365.
- Aujouannet, A. Y., Bonifazzi, M., Hintzy, F., Vuillerme, N., & Rouard, H. A. (2006). Effect of a high intensity swim test on kinematic parameters in high level athletes. *Journal of Applied Physiology Nutrition Metabolism*, 31, 150-158.
- Barden, M. J., & Kell, T. R. (2009). Relationships between stroke parameters and critical swimming speed in a sprint interval training set. *Journal of Sport Science*, 27(3), 227-235.
- Bosquet, L., Porta-Benache, J., & Blais, J. (2010). Validity of a commercial linear encoder to estimate bench press 1RM from the force-velocity relationship. *Journal of Sports Science and Medicine*, 9(3), 459-463.
- Buitrago, S., Wirtz, N., Yue, Z., Kleinöber, H., & Mester, J. (2012). Effects of load and training modes on physiological and metabolic responses in resistance exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 112, 2739-2748.
- Burleson, M. A., O'Bryant, H. S., Stone, M. H., Collins, M. A., & Triplett-McBride, T. (1998). Effect of weight training exercise and treadmill exercise on post-exercise oxygen consumption. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(5), 518-522.

- Chollet, D., Chabies, S., & Chatard, C. J. (1999). A new index of coordination for the crawl: Description and usefulness. *International Journal of Sports Medicine*, 20, 54-59.
- Cobb, P. J., Hotchkiss, R. R., Karl, E. I., & Buchman, G. T. (1996). Mechanisms of cell injury and death. *British Journal Of Anaesthesia*, 77, 3-10.
- Collins, A. M., Cureton, J. K., Hill, W. D., & Ray, A. C. (1991). Relationship of heart rate to oxygen uptake during weight lifting exercise. *Medicine and Science In Sports and Exercise*, 23(5), 636-640.
- Costill, L. D., Kovaleski, J., Porter, D., Kirwan, J., Fielding, R., & King, D. (1985). Energy expenditure during front crawl swimming: Predicting success in middle distance events. *International Journal of Sports Medicine*, 6, 266-270.
- Craig, A. B., Boomer, W., & Skehan, P. (1982). Testing your swimmers: stroke rate, velocity, distance per stroke. *Swimming Technique*, 23(4), 23-25.
- Deakin, G. B. (2004). Concurrent training in endurance athletes: the acute effects of strength training on the recovery of muscle force generation capacity and cycling efficiency, post-training. PhD thesis, *Southern Cross University*, Australia.
- Dingley, A. A., Pyne, B. D., Youngson, J., & Burkett, B. (2015). Effectiveness of a dry-land resistance training program on strength, power and swimming performance in Paralympic swimmers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(3), 619-626.
- Doma, K., & Deakin, G. B. (2014). The acute effects intensity of strength training on running performance. *European Journal of Sport Science*, 14(2), 107-115.
- Durnin, J. V. G. A. & Womersley, J. (1974). Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *British Journal of Nutrition*, 32, 77-97.
- Farrel, W. J., Lantis, J. D., Ade, J. C., Cantrell, S. G., & Larson, D. R. (2017). Aerobic exercise supplemented with muscular endurance training

- improves onset blood lactate accumulation. *Journal of Strength and Conditioning Research*, ahead of print.
- Fernandes, J. R., Billat, L. V., Cruz, A. C., Colaço, J. P., Cardoso, S. C., & Vilas-Boas, J. P. (2005). Has gender any effect on the relationship between time limit at VO₂max velocity and swimming economy? *Journal of Human Movement Studies*, 49, 127-148.
- Fernandes-Rio, J., Terrados, N., Fernandes-Garcia, B., & Suman, E. O. (2010). Effects of vibration training on force production in female basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(5), 1373-1380.
- Figueiredo, P., Nazario, R., Sousa, M., Pelarigo, G. J., Vilas-Boas, P. J., & Fernandes, R. (2014). Kinematical analysis along maximal lactate steady state swimming intensity, *Journal of Sports Science and Medicine*, 13, 610-615.
- Figueiredo, P., Zamparo, P., Sousa, A., Vilas-Boas, P. J., & Fernandes, J. R. (2011). An energy balance of the 200 m front crawl race. *European Journal of Applied Physiology*, 111(5), 767-777.
- Fleck, S. J., & Kraemer, J. W. (1997). Designing resistance training programs. *Human Kinetics*, 83-115.
- Fitts, R. (1994). Cellular mechanisms of muscle fatigue. *Physiological Reviews*, 74(1).
- Fitts, R. (2008). The cross-bridge cycle and skeletal muscle fatigue. *Journal of Applied Physiology*, 104, 551-558.
- Garay, L., Rhea, M., Reis, V., Simao, R., Menezes, P., Strom-Olsen, H., et al. (2013). Effects of a resistance exercise session on the physiological response and time to exhaustion during submaximal and maximal cycling. *Journal of Exercise Physiology*, 15(1), 36-44.
- Garrido, N., Marinho, A. D., Barbosa, M. T., Costa, M. A., Silva, J. A., Perez-Turpin, A. J., et al. (2010). Relationships between dry land strength, power variables and short sprint performance in young competitive swimmers. *Journal of Human Sport and Exercise*, 5(2), 240-249

- Garrido, N., Marinho, A. D., Reis, M. V., Tillaar, R., Costa, M. A., Silva, J. A., et al. (2010). Does combined dry land strength and aerobic training inhibit performance of young competitive swimmers? *Journal of Sports Science and Medicine*, 9, 300-310.
- Girold, S., Calmels, P., Maurin, D., Milhaou, N., & Chatard, J. (2006). Assisted and resisted sprint training in swimming. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(3), 547-554.
- Girold, S., Maurin, D., Dugue, B., Chatard, J., & Millet, G. (2007). Effects of dry land vs resisted and assisted sprint exercises on swimming sprint performances. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 599-605.
- Girold, S., Jalab, C., Bernard, O., Carette, P., Kemoun, G., & Dugue, B. (2012). Dry land strength training vs electrical stimulation in sprint swimming performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(2), 497-505.
- Gullich, A., & Schmidtbleicher, D. (1996). MVC-induced short-term potentiation of explosive force. *New Studies in Athletics*, 11, 67-81.
- Häkkinen, K. (1993). Neuromuscular fatigue and recovery in male and female athletes during heavy resistance exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 14(2), 53-59.
- Hoff, J., Gran, A., & Helgerud, J. (2002). Maximal strength training improves aerobic endurance performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 12, 288-295.
- Jackson, A. S., & Pollock, M. L. (1978). Generalized equations for predicting body density of men. *British Journal of Nutrition*, 40, 497-504.
- Johnson, E.R., Sharp, L. R., & Hedrick, E. C. (1993). Relationship of swimming power and dry land power to sprint freestyle performance: A multiple regression approach. *Journal of swimming research*, 9, 10-14.

- Jones, W. T., Howatson, G., Russell, M., & French, N. D. (2017). Effects of strength and endurance exercise order on endocrine responses to concurrent training. *European Journal of Sport Science*, 17(3), 326-334.
- Jürimäe, J., Haljaste, H., Cicchella, A., Lätt, E., Purge, P., Leppik, A., & Jürimäe, T. (2007). Analysis of swimming performance from, physical, physiological and biomechanical parameters in young swimmers. *Pediatric Exercise Science*, 19, 70-81.
- Kang, J., Hoffman, R. J., Im, J., Spiering, A. B., Ratamess, A. N., Rundell, W. K. et al. (2005). Evaluation of physiological responses during recovery following three resistance exercise programs. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 305-309.
- Keys, A., Fidanza, F., Karvonen, M. J., Kimura, N., & Taylor, L. H. (1972). Indices of relative weight and obesity. *Journal of Chronic Diseases*, 25(6-7), 329-343.
- Κλεισούρας, Β. (2015). Εργομετρία, 3η έκδοση. Κύπρος, ST: Broken Hill Publishers LTD
- Krabak, L. B., Hancock, L. K., & Drake, S. (2013). Comparison of dry-land training programs between age groups of swimmers. *American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation*, 5, 303-309.
- Kraemer, J. W., Adams, K., Cafarelli, E., Gary, A. D., Dooly, C., Faigenbaum, S. M., et al. (2002). Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine in Science and Sports in Exercise*, 34(2), 2002.
- Kraemer, J. W., Marchitelli, L., Gordon, E. S., Harman, A. E., Dziados, E. J., Mello, R. et al. (1990). Hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise protocols. *Journal of Applied Physiology*, 69(4), 1442-1450.
- Kraemer, J. W., Patton, F. J., Gordon, E. S., Harman, A. E., Deshenes, R. M., Reynolds, K. et al., (1995). Compatibility of high-intensity strength and

endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. *Journal of Applied Physiology*, 78(3), 976-989.

Kjendlie, P., Ingjer, F., Stallman, K. R., & Stray-Gundersen, J. (2004). Factors affecting swimming economy in children and adults. *European Journal of Applied Physiology*, 93, 65-74.

Kjendlie, P., & Thorsvald, K. (2006). A tethered swimming power test is highly reliable. *Biomechanics & Medicine in Swimming X. Portuguese Journal of Sport Science*, 6(2), 231-233.

Laffite, L. P., Vilas-Boas, J. P., Demarle, A., Silva, J., Fernandes, R., & Billat, V. L. (2004). Changes in physiological and stroke parameters during a maximal 400-m free swimming test in elite swimmers. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 29(s1), s17-s31.

Levinger, I., Goodman, C., Hare, L. D., Jerums, G., Toia, D., & Selig, S. (2009). The reliability of the 1RM strength test for untrained middle-aged individuals. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12, 310-316.

Low, D., Harsley, P., Shaw, M., & Peart, D. (2015). The effect of heavy resistance exercise on repeated sprint performance in young athletes. *Journal of Sports Sciences*, 33(10), 1028-1034.

Marcinik, J. E., Potts, J., Schlabach, G., Will, S., Dawson, P., & Hurley, F. B. (1991). Effects of strength training on lactate threshold and endurance performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23(6), 739-743.

Martin, R. B., Yeater, R. A., & White, M. K. (1981). A simple analytical model for the crawl stroke. *Journal of Biomechanic*, 31, 493-468.

Millet, P. G., Jaouen, B., Borrani, F., & Candau, R. (2002). Effects of concurrent endurance and strength on running economy and VO₂ kinetics. *Journal of Medicine in Science and Sports in Exercise*, 34(8), 1351-1359.

- Neiva, P. H., Marques, C. M., Barbosa, M. T., Izquierdo, M., & Marinho, A. D. (2014). Warm-up and performance in competitive swimming. *Journal of Sports Medicine*, 44(3), 319-330.
- Neiva, H., Morouço, P., Silva, J. A., Marques, C. M., & Marinho, A. D. (2011). The effect of warm-up on tethered front crawl swimming forces. *Journal of Human Kinetics*, 113-119.
- Newton, U. R., Jones, J., Kraemer, J. W., & Wardle, H. (2002). Strength and power training of Australian Olympic Swimmers. *National Strength and Conditioning Association*, 24(3), 7-15.
- Olbrecht, J. (2011). Lactate production and metabolic in swimming. In. World Book of Swimming: From Science to Performance, Editors: Seifert, L., Chollet, D., Mujika, I. 256-275.
- Olds, S. T., & Abernethy, J. P. (1993). Postexercise oxygen consumption following heavy and light resistance exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 7(3), 147-152.
- Pavolainen, L., Hakkinen, K., Hamalainen, I., Nummela, A., & Rusko, H. (1999). Explosive – strength training improves 5 – km running time by improving running economy and muscle power. *Journal of Applied Physiology*, 86(5), 1527-1533.
- Perissinotto, E., Pisent, C., Serdi, G., Grigoletto, F., & Enzi, G. (2002). Anthropometric measurements in the elderly: age and gender differences. *British Journal of Nutrition*, 87, 177-186.
- Potdevin, J. F., Alberthy, E. M., Chevutscui, A., Pelayo, P., & Sidney, C. M. (2011). Effects of a 6 weeks plyometric training program on performances in pubescent swimmers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(1), 80-86.
- Sadowski, J., Mastalerz, A., Gromisz, W., & Ninzikowski, T. (2012). Effectiveness of the power dry – land training programmes in youth swimmers. *Journal of Human Kinetics*, 32, 77-86.

- Seifert, L., Komar, J., Barbosa, T., Toussaint, H., Millet, G., & Davids, K. (2014). Coordination pattern variability provides functional adaptations to constraints in swimming performance. *Sports Medicine*, 44, 1333-1345.
- Smillios, I., Pilianidis, T., Karamouzis, M., & Tokmakidis, P. S. (2003). Hormonal responses after various resistance exercise protocols. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(4), 644-654.
- Sharp, L. R., Troup, P. J., & Costill, L. D. (1982). Relationship between power and sprint freestyle swimming. *Medicine in Science and Sports and Exercise*, 14, 53-56.
- Stone, H. M., Fleck, J. S., Triplett, T. N., & Kraemer, J. W. (1991). Health and performance potential of resistance training. *Journal of Sports Medicine*, 11(4), 210-231.
- Pinnington, H., & Dawson, B. (2001). Examination of the validity and reliability of the accusport blood lactate analyser. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 4(1), 129-138.
- Racil, G., Ounis, B., Hammouda, O., Kallel, A., Zouhal, H., Chamari, K., & Amri, M. (2013). Effects of high vs. moderate exercise intensity during interval training on lipids and adiponectin levels in obese young females. *European Journal of Applied Physiology*, 113, 2531-2540.
- Ratamess, A. N., Falvo, J. M., Magnine, T. G., Hoffman, R. J., Faigenbaum, D. A., & Kang, J. (2007). The effect of rest interval length on metabolic responses to the bench press exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 100(1), 1-17.
- Rooijen, V., Voogd-Claessen, L., Lauche, K., Jaenne, V., & Vliet, R. (2010). Development of a new product for unrestrained heart rate measurement in swimming: a user centered design approach. *8th Conference of the International Sports Engineering Association*, 2, 2693-2699.

- Ribeiro, P. J., Cadavid, E., Baena, J., Monsalvete, E., Barna, A., & De Rose, H. E. (2015). Metabolic predictors of middle-distance swimming performance. *British Journal of Sports Medicine*, 24 (3), 196-200.
- Ribeiro, P. F. L., Lima, S. C. M., & Gobatto, A. C. (2010). Changes in physiological and stroking parameters during interval swims at the slope of the d-t relationship. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13, 141-145.
- Riewald, S., & Rodeo, S. (2015). Science of swimming faster. 1st Edition. United States of America, Human Kinetics.
- Rodriguez, F. A. (1999). Cardiorespiratory and metabolic field testing in swimming and water polo: from physiological concepts to practical methods. *Biomechanics & Medicine in Swimming*, VIII, 219-226.
- Taipale, S. R., & Häkkinen, K. (2013). Acute hormonal and force responses to combined strength and endurance loadings in men and women: The “Order Effect”. *Plos One*, 8(2), 1-10.
- Taipale, S. R., Schumann, M., Mikkola, J., Nyman, K., Kyröläinen, H., Nummela, A., et al. (2014). Acute neuromuscular and metabolic responses to combined strength and endurance loadings: “order effect” in recreationally endurance trained runners. *Journal of Sports Sciences*, 32(12), 1155-1164.
- Tanaka, H., Costill, L. D., Thomas, R., Fink, J. W., & Widrick, J. J. (1993). Dry land resistance training for competitive swimming. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25(8), 952-959.
- Tesch, A. P., Erland, B. C., & Kaiser, P. (1986). Muscle metabolism during intense, heavy resistance exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 55, 363-366.
- Toubekis, G. A., Vasilaki, A., Douda, H., Gourgoulis, V., & Tokmakidis, S. (2011). Physiological responses during interval training at relative to

critical velocity intensity in young swimmers. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 14, 363-368.

Trappe, W. S., & Pearson, R. D. (1994). Effects of weight assisted dry-land strength training on swimming performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 8 (4), 209-213.

Wakayoshi, K., D'Acquisio, L. J., Cappaert, M. J., & Troup, P. J. (1995). Relationship between oxygen uptake, stroke rate and swimming velocity in competitive swimming. *International Journal of Sports Medicine*, 16(1), 19-23.

Wahrlich, V., Anjos, A. L., Going, B. S., & Lohman, G. T. (2006). Validation of the VO2000 calorimeter for measuring resting metabolic rate. *Clinical Nutrition*, 25, 687-692.

Zamparo, P., Pendergast, R. D., Mollendorf, J., Termin, A., & Minetti, E. A. (2005). An energy balance of front crawl. *European Journal of Applied Physiology*, 94, 134-144.

Zamparo, P. (2006). Effects of age and gender on the propelling efficiency to the arm stroke. *European Journal of Applied Physiology*, 97, 52-58.

Zacca, R., Fernandes, P. J. R., Pyne, D., & Castro, S. F. (2016). Swimming training assessment: the critical velocity and the 400-m test for age group swimmers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(5), 1365-1372.

VIII. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Στο παράρτημα συμπεριλαμβάνονται:

- Το έντυπο δήλωσης συγκατάθεσης των δοκιμαζομένων
- Το έντυπο καταγραφής διατροφής των αθλητών



ΤΟΜΕΑΣ ΥΓΡΟΥ ΣΤΙΒΟΥ

Εργαστήριο Υγρού Στίβου

ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗΣ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ ΣΤΗΝ ΚΟΛΥΜΒΗΣΗ

Μελέτη για τη μεταπτυχιακή διατριβή του: Αρσονιάδη Γαβριήλ

Επιβλέπων καθηγητής: Τουμπέκης Αργύρης, Επίκουρος Καθηγητής

Πληροφορίες για τους ενδιαφερόμενους και δήλωση συμμετοχής

Τίτλος της μελέτης: Άμεση επίδραση της προπόνησης δύναμης εκτός νερού σε παραμέτρους απόδοσης και τεχνικής σε προπόνηση κολύμβησης που ακολουθεί.

Προπόνηση για τη βελτίωση της μέγιστης δύναμης χρησιμοποιείται σε μεγάλο βαθμό από αρκετούς προπονητές για την μεγιστοποίηση της απόδοσης των κολυμβητών κυρίως σε αγωνίσματα ταχύτητας και μικρής διάρκειας. Ωστόσο, η προπόνηση μέγιστης δύναμης που είναι χρήσιμη για τους κολυμβητές και εκτελείται συνήθως πριν από την προπόνηση, είναι δυνατό να έχει επίδραση σε φυσιολογικές παραμέτρους (πρόσληψη οξυγόνου, καρδιακή συχνότητα, συγκέντρωση γαλακτικού), τεχνικές παραμέτρους (συχνότητα χεριάς, μήκος χεριάς, αποτελεσματικότητα χεριάς) και σε παραμέτρους απόδοσης (δύναμη) στην προπόνηση κολύμβησης που ακολουθεί. Αύξηση στις φυσιολογικές ανταποκρίσεις και μείωση του μήκους χεριάς ή αύξηση της συχνότητας χεριάς είναι πιθανό να προκαλέσουν μείωση της αποτελεσματικής προσαρμογής του κολυμβητή κατά την

προπόνηση. Επιπλέον, μείωση της απόδοσης είναι πιθανό να περιορίσει το προπονητικό ερέθισμα στο ημερήσιο πρόγραμμα.

Σκοπός της μελέτης: Να διερευνήσει την επίδραση της προπόνηση μέγιστης δύναμης σε φυσιολογικές παραμέτρους, σε τεχνικές παραμέτρους και σε παραμέτρους απόδοσης σε προπόνηση κολύμβησης που ακολουθεί.

Χώρος διεξαγωγής της μελέτης

Όλες οι διαδικασίες θα πραγματοποιηθούν στις εγκαταστάσεις της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών. Συγκεκριμένα στο κολυμβητήριο της σχολής και το γυμναστήριο της σχολής.

Διαδικασίες

Ο προγραμματισμός των διαδικασιών θα γίνεται μετά από συνεννόηση με τους συμμετέχοντες και τους προπονητές τους.

Περιορισμοί για τους συμμετέχοντες

Οι κολυμβητές θα πραγματοποιούν τις δοκιμασίες δύο ημέρες μέσα στην εβδομάδα (Σάββατο & Κυριακή).

Προκαταρκτικές Δοκιμασίες

1. Θα γίνει αξιολόγηση των ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών των αθλητών (ανάστημα, μάζα σώματος, ανάστημα από καθιστή θέση, μήκος κνήμης, ποσοστό σωματικού λίπους).
2. Ατομική χρονομέτρηση 400μ ελεύθερο μέγιστης έντασης για τον υπολογισμό της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου.
3. Προσπάθεια προοδευτικά αυξανόμενης έντασης η οποία περιλαμβάνει 5 προσπάθειες 200 μέτρων ελεύθερο. Μετά από κάθε προσπάθεια δείγμα αίματος θα λαμβάνεται από το δάκτυλο του κολυμβητή για τον προσδιορισμό

της συγκέντρωσης γαλακτικού. Η καρδιακή συχνότητα θα καταγράφεται συνεχώς με τηλεμετρία.

4. Υπολογισμός μέγιστης ανύψωσης βάρους σε επιλεγμένες ασκήσεις (πιέσεις στήθους, κωπηλατική, καθίσματα, πιέσεις ποδιών).

Κύριες δοκιμασίες

Αποτελούνται από δύο διαφορετικές συνθήκες (πειραματική & ελέγχου).

1. **Πειραματική συνθήκη:** Προηγείται το πρόγραμμα μέγιστης δύναμης εκτός νερού (στο γυμναστήριο) με διάρκεια περίπου 45 λεπτά, μετά από 15 λεπτά οι κολυμβητές μπαίνουν στο νερό και πραγματοποιούν προθέρμανση 1000 μέτρων (400 μ. ελεύθερο, 4x50 μ. (πόδια με σανίδα), 4x50 μ. (ασκήσεις), 4x50 μ. με αυξανόμενη ένταση), προσδεμένη κολύμβηση 6-10 δευτερολέπτων και 5 προσπάθειες 400 μ. ελεύθερο με υπομέγιστη ένταση (π.χ. στην ταχύτητα που αντιστοιχεί σε συγκέντρωση γαλακτικού 4 mmol/l).
2. **Συνθήκη ελέγχου:** Οι κολυμβητές μπαίνουν στο νερό και πραγματοποιούν προθέρμανση 1000 μέτρων (400 μ. ελεύθερο, 4x50 μ. (πόδια με σανίδα), 4x50 μ. (ασκήσεις), 4x50 μ. με αυξανόμενη ένταση), προσδεμένη κολύμβηση 6-10 δευτερολέπτων και 5 προσπάθειες 400 μ. ελεύθερο με υπομέγιστη ένταση (π.χ. στην ταχύτητα που αντιστοιχεί σε συγκέντρωση γαλακτικού 4 mmol/l).

Οι μετρήσεις θα γίνουν στην ίδια για όλους προπονητική περίοδο κατά την διάρκεια του χειμερινού μεσόκυκλου σε κολυμβητήριο 25 μέτρων.

Οι μετρήσεις είναι ασφαλείς και θα γίνουν από ειδικευμένο προσωπικό. Δεν υπάρχει πιθανότητα τραυματισμού αφού πρόκειται για προσπάθειες συνηθισμένες στην προπόνηση των κολυμβητών.

Προστασία των δεδομένων

Τα δεδομένα που θα συλλέγουν είναι δυνατό να παρουσιαστούν ή να δημοσιευτούν σε Ελληνικά ή ξενόγλωσσα περιοδικά. Σε καμία περίπτωση όμως δεν θα αναφέρεται το όνομα ή κάποιο από τα προσωπικά στοιχεία των εξεταζόμενων.

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ

Έχω διαβάσει την περιγραφή των διαδικασιών για τη μελέτη της άμεσης επίδρασης της προπόνησης δύναμης εκτός νερού σε παραμέτρους απόδοσης και τεχνικής σε προπόνηση κολύμβησης που ακολουθεί. Έχω δικαίωμα να ζητήσω περισσότερες εξηγήσεις οποιαδήποτε στιγμή στη διάρκεια της έρευνας και να αποχωρήσω οποτεδήποτε το επιθυμώ χωρίς να δώσω κάποιες εξηγήσεις για τους λόγους.

ΣΥΜΦΩΝΩ ΝΑ ΠΑΡΩ ΜΕΡΟΣ ΣΤΗΝ ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΟΛΥΜΒΗΣΗ

Ονοματεπώνυμο:

Υπογραφή Ημερομηνία

- Στην περίπτωση που ο συμμετέχων είναι ανήλικος το παραπάνω έντυπο αποδοχής το υπογράφει ο κηδεμόνας του.

Άμεση επίδραση της προπόνησης δύναμης εκτός νερού σε παραμέτρους απόδοσης και τεχνικής στην προπόνηση κολύμβησης που ακολουθεί

ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΟΥ

ΕΠΩΝΥΜΟ:

ΟΝΟΜΑ:

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ:

ΤΗΛ.

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΔΙΑΙΤΑΣ:/...../.....

Καταγράψτε και περιγράψτε όσο πιο αναλυτικά γίνεται, όλες τις τροφές και τα ροφήματα που θα καταναλώσετε τις δύο (2) ημέρες πριν από την πρώτη δοκιμασία.

Προσπαθήσετε να καταναλώσετε ακριβώς τις ίδιες ποσότητες πριν από κάθε επόμενη δοκιμασία.

**Προσπάθησε να μην καταναλώσεις αλκοόλ 2 ημέρες πριν από κάθε δοκιμασία.
Απόφυγε να πεις καφέ την προηγούμενη μέρα και το πρωί πριν την δοκιμασία.**

ΗΜΕΡΑ :

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ:

...../...../.....

Καταγράψτε κάθε τροφή ή χυμό σε καινούργια γραμμή. Καταγράψτε και την ποσότητα νερού την οποία καταναλώνετε.

Εάν έχετε ζυγαριά ακριβείας, ζυγίστε το πιάτο πρώτα άδειο και στην συνέχεια σερβίρετε ένα – ένα τα επιμέρους συστατικά και ζυγίστε κάθε φορά καταγράφοντας την αύξηση.

Εάν δεν υπάρχει ζυγαριά περιγράψτε το περιεχόμενο κάθε μερίδας με λεπτομέρεια.

Καταγράψτε το όνομα του κατασκευαστή για τυποποιημένα είδη διατροφής (π.χ. σοκολάτα Lacta).

Καταγράψτε κάθε τροφή και χυμό αμέσως μετά την πρόσληψη. Αν τρωτε έξω από το σπίτι σημειώστε σε ένα πρόχειρο χαρτί και καταγράψτε το μετά.

Ωρα	Κατανάλωση		Εταιρία	Περιγραφή τροφής (φρέσκια, κατεψυγμένη, κονσέρβα, τρόπος μαγειρέματος)	Βάρος μερίδας (γραμ.)	Βάρος υπολείμ. (γραμ.)	Διαφορά Βάρους (γραμ.)
	Π.μ.	Μ.μ.					
	Σπίτι	αλλού	Παραγωγής				

Άμεση επίδραση της προπόνησης δύναμης εκτός νερού σε παραμέτρους απόδοσης και τεχνικής στην προπόνηση κολύμβησης που ακολουθεί

ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΑΣ ΣΩΜΑΤΙΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ

ΟΝΟΜΑ.....

Καταγράψτε το σύνολο των ωρών που αφιερώνετε σε κάθε μια από τις παρακάτω δραστηριότητες, στην δεύτερη στήλη. Στην τρίτη και τέταρτη στήλη κατέγραφε τις δραστηριότητές σου τις δύο ημέρες πριν από την πρώτη δοκιμασία.

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ

ΩΡΕΣ ΑΝΑ ΕΒΔΟΜΑΔΑ

ΗΜΕΡΑ 1

ΗΜΕΡΑ 2

ΔΙΑΒΑΣΜΑ- ΕΡΓΑΣΙΑ ΓΡΑΦΕΙΟΥ			
ΑΕΡΟΜΠΙΚ			
ΒΑΡΗ			
ΚΟΛΥΜΠΙ			
ΠΕΡΙΠΑΤΗΜΑ			
ΠΟΔΗΛΑΤΟ			
ΓΥΜΝΑΣΤΙΚΗ.			
ΑΛΛΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ			
ΩΡΕΣ ΥΠΝΟΥ ΤΙΣ ΔΥΟ ΗΜΕΡΕΣ 			
ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΚΑΘΕ ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ:			

Άμεση επίδραση της προπόνησης δύναμης εκτός νερού σε παραμέτρους απόδοσης και τεχνικής στην προπόνηση κολύμβησης που ακολουθεί

ΠΟΤΕ ΣΥΜΜΕΤΕΙΧΕΣ ΤΕΛΕΥΤΑΙΑ ΦΟΡΑ ΣΕ ΑΓΩΝΕΣ:

ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΚΟΛΥΜΒΗΣΗΣ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΕΒΔΟΜΑΔΑ (ΠΡΟΣΦΑΤΑ) :

ΠΟΣΕΣ ΠΡΟΠΟΝΗΣΕΙΣ ΚΟΛΥΜΒΗΣΗΣ ΚΑΝΕΙΣ ΚΑΘΕ ΕΒΔΟΜΑΔΑ:

ΠΡΟΣΟΧΗ .

ΠΡΟΣΠΑΘΗΣΕ ΔΥΟ ΗΜΕΡΕΣ ΠΡΙΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΡΩΤΗ ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ ΝΑ ΚΑΤΑΓΡΑΨΕΙΣ ΚΑΘΕ ΑΘΛΗΤΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΠΟΥ ΘΑ ΚΑΝΕΙΣ, ΜΕ ΑΚΡΙΒΕΙΑ.

ΠΡΟΣΠΑΘΗΣΕ ΝΑ ΕΠΑΝΑΛΑΒΕΙΣ ΤΙΣ ΙΔΙΕΣ ΑΚΡΙΒΩΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΤΙΣ ΔΥΟ ΗΜΕΡΕΣ ΠΡΙΝ ΑΠΟ ΚΑΘΕ ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ.

ΕΙΝΑΙ ΠΡΟΤΙΜΟΤΕΡΟ ΟΙ ΑΘΛΗΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΔΥΟ ΗΜΕΡΩΝ ΠΡΙΝ ΑΠΟ ΚΑΘΕ ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ ΝΑ ΕΙΝΑΙ ΧΑΜΗΛΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ. (ΑΕΡΟΒΙΑ)

ΚΑΤΕΓΡΑΨΕ ΟΤΙΔΗΠΟΤΕ ΠΙΣΤΕΥΕΙΣ ΌΤΙ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΕΠΗΡΕΑΣΕ ΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΟΥ ΠΡΙΝ ΑΠΟ ΚΑΠΟΙΑ ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ