



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

**«ΑΜΕΣΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΠΛΕΙΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΑΛΜΑΤΩΝ ΣΤΗ
ΜΥΙΚΗ ΙΣΧΥ ΚΑΙ ΤΗ ΔΥΝΑΜΗ ΛΑΚΤΙΣΜΑΤΟΣ ΣΕ
ΑΘΛΗΤΕΣ ΚΑΡΑΤΕ ΥΨΗΛΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ»**

Σπύρος Μαργαριτόπουλος

Μεταπτυχιακή Διατριβή
ΠΕΔΙΟ ΣΠΟΥΔΩΝ: ΠΡΟΠΟΝΗΣΙΟΛΟΓΙΑ
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΕΙΔΙΚΗ ΠΡΟΠΟΝΗΤΙΚΗ ΚΛΑΣΙΚΟΥ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2016

© Copyright
Σπύρος Μαργαριτόπουλος
Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Εθνικής Αντιστάσεως 41, 172 37, Δάφνη, Αθήνα

Μέλη της Συμβουλευτικής / Εξεταστικής Επιτροπής

Χαρίλαος Τσολάκης
(Αναπληρωτής καθηγητής)

Απόστολος Θεοδώρου
(Επίκουρος Καθηγητής)

Γεράσιμος Τερζής
(Αναπληρωτής Καθηγητής)

Έκφραση Ευχαριστιών

Με το τέλος της συγγραφής της μεταπτυχιακής μου διατριβής θα ήθελα να ευχαριστήσω κάποιους ανθρώπους που με βοήθησαν σε αυτή τη διατριβή, μου στάθηκαν και μ υποστήριξαν στις σπουδές μου γενικότερα. Αρχικά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Χαρίλαο Τσολάκη μια πραγματική εγκυκλοπέδια γνώσεων, ο οποίος ήταν κάτι παραπάνω απο διαλακτικός και τα έκανε όλα να φαίνονται εύκολα. Ακόμα ευχαριστώ πολύ όλους τους αθλητές και συναθλητές του καράτε που λάβανε μέρος και βοηθήσανε στο πέρας αυτής της μελέτης. Ακόμα τον συνάδελφο Σπύρο Μεθενίτη και την υπόλοιπη ομάδα του εργαστηρίου που με βοήθησαν στη διεξγωγή των μετρήσεων. Τέλος τους γονείς μου που με την αγάπη τους και τη βοήθεια τους κατάφερα να σπουδάσω αλλά και ένα μεγάλο ευχαριστώ στη γυναίκα μου Γεωργία Ρόζη όπου έκτος απο τη βοήθεια της σε αυτή τη διατριβή και στη παρουσία μου στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα γενικότερα, με ανέχεται τα τελευταία χρόνια.

ΑΜΕΣΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΠΛΕΙΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΑΛΜΑΤΩΝ ΣΤΗ ΜΥΙΚΗ ΙΣΧΥ ΚΑΙ ΤΗ ΔΥΝΑΜΗ ΛΑΚΤΙΣΜΑΤΟΣ ΣΕ ΑΘΛΗΤΕΣ ΚΑΡΑΤΕ ΥΨΗΛΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ

Περίληψη

Σκοπός της μελέτης ήταν να διερευνηθεί η άμεση επίδραση της εκτέλεσης πλειομετρικών αλμάτων στην αλματική επίδοση και τη δύναμη οριζόντιου περιστροφικού λακτίσματος αθλητών καράτε υψηλού επιπέδου. Δέκα αθλητές καράτε υψηλού επιπέδου (5 άνδρες και 5 γυναίκες, ηλικία 20 ± 00 έτη, *ανάστημα* 20 ± 00 εκ., *μάζα* 20 ± 00 kg) εκτέλεσαν 3X10 πλειομετρικά άλματα μέγιστης έντασης και λεπτά αργότερα μετρήθηκε η επίδοσή τους στο κατακόρυφο άλμα όπως και η δύναμη του οριζόντιου περιστροφικού λακτίσματος. Η διαδικασία αυτή επαναλήφθηκε άλλες τρεις φορές με διάλειμμα 10 λεπτά μεταξύ των σειρών. Σε μια άλλη ημέρα οι αθλητές εκτέλεσαν το ίδιο πρωτόκολλο χωρίς όμως την παρέμβαση των πλειομετρικών αλμάτων. Η σειρά εκτέλεσης των δύο πρωτοκόλλων ήταν τυχαία. Από την 2 x 4 ANOVA επαναλαμβανόμενων μετρήσεων προέκυψε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των μεταβλητών “συνθήκη” και “χρόνος” για το ύψος του CMJ ($F=6.510$, $p=0.02$, $\eta^2=0,736$). Καμία σημαντική επίδραση δεν παρατηρήθηκε για το χρόνο και ανάμεσα στις διαφορετικές συνθήκες, ωστόσο το ύψος του CMJ μετά τη τρίτη δοκιμασία αυξήθηκε (+3.5%, $p<0.003$) σε σχέση με την πρωταρχική επίδοση. Επίσης παρατηρήθηκαν σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ της δύναμης του περιστροφικού λακτίσματος και την αλματική επίδοση των κάτω άκρων. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι το κατακόρυφο άλμα βελτιώνεται μετά από την εκτέλεση των πλειομετρικών αλμάτων αλλά όχι η δύναμη οριζόντιου περιστροφικού λακτίσματος. Προτείνεται ότι όταν το ζητούμενο σε έναν αγώνα καράτε είναι η άμεση βελτίωση της μυϊκής ισχύος των κάτω άκρων, η εκτέλεση πλειομετρικών αλμάτων είναι μια αποτελεσματική μέθοδος. Δεν φαίνεται να ισχύει το ίδιο για τη δύναμη λακτίσματος.

Λεξείς κλειδιά: Προθέρμανση, Μεταδιεγερτική διευκόλυνση, μαχητικά αθλήματα

THE EFFECT OF PLYOMETRIC EXERCISES ON REPEATED STRENGTH AND POWER PERFORMANCE IN ELITE KARATE ATHLETES

Margaritopoulos Spyros

National and Kapodistrian University of Athens Faculty of Physical Education and Sport

Abstract

Objective: To explore the participation and attitude of institutionalised elderly towards Physical Activity. The purpose of this study was to evaluate the effects of a plyometric protocol on round kick force and lower limbs' jumping performance in elite karate athletes and to examine whether this plyometric protocol could be used over repeated trials in competitive warm up conditions. Ten elite level karate athletes (5 males and 5 females) were randomly assigned to an intervention or a control condition of inactivity. The intervention condition consisted of 3 sets of 5 tuck jumps and was repeated over three trials interspersed by ten min of rest. Round kick force, and counter movement jump (CMJ) height, power, relative power, force and rate of force development (RFD) were measured at the beginning and after each trial. The two-way 2x4 repeated measures ANOVA revealed significant condition x time interaction for CMJ height ($F= 6.510$, $p=0.02$, $\eta^2 =0.736$). No main effects for time or between conditions were observed, however, CMJ height after the third trial was increased (+3.5%, $p<0.003$) compared to baseline performance. Significant correlations were found between round kick force and lower limbs' jumping performance. The results of this study may provide useful information for competitive warmingup strategies in contact sports where strength and power are crucial determinants throughout repetitive successive efforts.

Key words: warm-up, Post activation potentiation, contact sports

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Έκφραση Ευχαριστιών.....	iv
Περίληψη στην ελληνική γλώσσα	v
Περίληψη στην αγγλική γλώσσα (Abstract)	vi
Πίνακας Περιεχομένων	vii
Κατάλογος Σχημάτων	ix
Κατάλογος Πινάκων	ix
I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1. Ορισμός και διατύπωση του προβλήματος.....	6
1.2. Ερευνητικές υποθέσεις	7
1.3. Οριοθετήσεις και περιορισμοί	8
II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	9
2.1. Φυσιολογία της προθέρμανσης (Μηχανισμοί, μέσα, σκοπός)	9
2.2. Ορισμός μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης – Παράγοντες που την επηρεάζουν	12
2.3. Μηχανισμοί	14
2.3.1. Χρόνος αποκατάστασης μεταξύ προενεργοποίησης και απόδοσης.....	18
2.3.2. Μεταδιεγερτική διευκόλυνση και είδη μυϊκής συστολής	21
2.3.3. Μεταδιεγερτική διευκόλυνση και χαρακτηριστικά δοκιμαζομένων (προπονημένοι απροπόνητοι, δυνατοί – αδύνατοι).....	27
2.4. Διερεύνηση της επίδρασης της μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης, όσον αφορά στις δραστηριότητες απόδοσης.....	29
2.4.1. Μεταδιεγερτική διευκόλυνση και αλτικές δοκιμασίες.....	29
2.4.2. Μεταδιεγερτική διευκόλυνση και δοκιμασίες ταχύτητας	32
2.5. Μεταδιεγερτική διευκόλυνση και κινητικά πρότυπα που συνδέονται με την απόδοση αθλημάτων.....	34
2.6. Ενεργειακοί μηχανισμοί και μυοδυναμικά χαρακτηριστικά αθλητών καράτε....	37

III. ΜΕΘΟΔΟΣ	39
3.1. Υλικό	39
3.2. Διαδικασία	39
3.3. Μετρήσεις	43
3.4. Όργανα	47
3.5. Στατιστική ανάλυση	48
IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	49
V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	53
VI. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	63
VII. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	64

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 3.1. Σχεδιάγραμμα μεθόδου.....	42
Σχήμα 3.2. Διάγραμμα δυνάμεων-χρόνου κατά την πραγματοποίηση του κατακόρυφου άλματος με αρχική φόρα.....	44
Σχήμα 3.3. Περιστροφικό λάκτισμα.....	45
Σχήμα 3.4. Βασική θέση μάχης (Kamae) με αριστερό χέρι και πόδι μπροστά.....	46
Σχήμα 4.α. Σχεδιάγραμμα απεικόνισης των αποτελεσμάτων της κατάστασης ελέγχου.....	52
Σχήμα 4.β. Σχεδιάγραμμα απεικόνισης των αποτελεσμάτων της κατάστασης παρέμβασης.....	52

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 4.1. Μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις ανθρωπομετρικών παραμέτρων (n=10).....	39
Πίνακας 4.2. Επίδραση της παρέμβασης των 3 x 5 tuck jumps συγκριτικά με την αδράνεια, στο περιστροφικό λάκτισμα και στις παραμέτρους του κατακόρυφου άλματος με φόρα, σε 10 αθλητές karate διεθνούς επιπέδου	50
Πίνακας 4.3. Συντελεστές συσχέτισης (Pearson's r) μεταξύ αρχικών μετρήσεων και αποτελεσμάτων της επίδοσης της πρώτης, δεύτερης και τρίτης δοκιμασίας για όλους τους ασκούμενους ανεξάρτητα από τη συνθήκη (n=20).....	51

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σημαντικός αριθμός ερευνητικών εργασιών έχει στο παρελθόν μελετήσει τις διαδικασίες της προθέρμανσης (DeVries, 1994; Richards, 1968; Shellock & Prentice, 1985). Η εφαρμογή επιλεγμένων μέσων και τεχνικών προθέρμανσης αν και μερικές φορές στηρίζεται σε εμπειρικές παρατηρήσεις (Goirard, Carbonel, Candau, & Millet, 2009) σκοπεύει στην προετοιμασία και βελτιωμένη απόδοση του αθλητή (Gregson, Batterham, Drust, & Cable, 2005; Judge, Bellar, Judge & Gilreath, 2011), ενώ μειώνει τον κίνδυνο τραυματισμών (Shellock & Prentice, 1985).

Η προθέρμανση γενικού χαρακτήρα προκαλεί αύξηση α) της θερμοκρασίας των ιστών, β) του μεταβολισμού των μυϊκών κυττάρων και γ) του εύρους των κινήσεων των αρθρώσεων (Zentz, Fees, Mehdi & Decker, 1998), ενώ οι διαδικασίες της ειδικής προθέρμανσης σχετίζονται με το είδος της δραστηριότητας προετοιμάζοντας τον αθλητή για την άριστη εκτέλεση των βασικών κινητικών χαρακτηριστικών που θα ακολουθήσουν (Burkett, Phillips & Ziuraitis, 2005; Crewther et al., 2011).

Πρόσφατα ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει προκύψει από τη φυσιολογική δυνατότητα του οργανισμού να «διεγείρεται κινητικά», μετά την εφαρμογή συγκεκριμένων πρωτοκόλλων προθέρμανσης, βελτιώνοντας τη μυϊκή λειτουργία που έπεται χρονικά σε επιλεγμένες μορφές απόδοσης που σχετίζονται με την δύναμη και την ισχύ και αναφέρεται βιβλιογραφικά με τον όρο μεταδιεγερτική διευκόλυνση (post activation potentiation, PAP) (Sale, 2002).

Όπως προκύπτει από την διεθνή βιβλιογραφία σημαντικός αριθμός μελετών έχει εκπονηθεί, διερευνώντας την επίδραση διαφόρων ασκήσεων προθέρμανσης με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά (τύπος άσκησης, επαναλήψεις, ένταση, διάλλειμα αποκατάστασης) στη βελτίωση της απόδοσης σε διάφορες ομάδες ατόμων (αγύμναστα άτομα, μέτρια προπονημένοι αθλητές και αθλητές υψηλού επιπέδου) και των δύο φύλων (Tillin & Bishop, 2009).

Δύο φαίνεται ότι είναι οι κύριοι μηχανισμοί πρόκλησης της PAP α) η φωσφορυλίωση των ελαφριών αλυσίδων μυοσίνης (Gossen & Sale, 2000;

Hamada, Sale, & MacDougall, 2000), και β) η αυξημένη επιστράτευση κινητικών μονάδων (Chiu et al., 2003; Gullich & Schmidtbleicher 1996), ενώ αλλαγές στη γωνία μεταξύ της απονεύρωσης του μυός και των μυϊκών δεματίων μπορεί να συνεισφέρουν στην ανάπτυξη της PAP (Kubo, Kanehisa & Kawakami, 2001; Mahlfeld, Franke & Awiszus, 2004), βελτιώνοντας την ισχύ και τον ρυθμό ανάπτυξης δύναμης (Gossen & Sale, 2000; Sale, 2002).

Τα αποτελέσματα των σχετικών μελετών και ανασκοπήσεων που αφορούν στη PAP παρουσιάζονται με διεξοδικό τρόπο αλλά και αντίθετες απόψεις, οι μεταβολές (2 – 10%), και οι σχετικοί μηχανισμοί που επηρεάζουν την απόδοση σε μεγάλο αριθμό παραμέτρων σε διάφορες αθλητικές δραστηριότητες διατηρώντας τις ευεργετικές αυτές προσαρμογές μερικές φορές έως και είκοσι λεπτά με την αρχική εμφάνισή της (Hodgson, Docherty & Robbins, 2005; Tillin and Bishop, 2009; Wilson et al., 2012).

Οι μελέτες αυτές έχουν διερευνήσει ικανοποιητικά την συνύπαρξη και την αντιστρόφως ανάλογη ισορροπία ανάμεσα στη PAP και την κόπωση, οι οποίες προκαλούνται και εξαρτώνται από ασκησιογενείς παράγοντες προενεργοποίησης, αναπτύσσοντας διαφορετικού μεγέθους φαινόμενα και αντικρουόμενα συμπεράσματα (Behm et al., 2004; Crum, Kawamori, Stone & Haff, 2012; DeRenne, 2010; Tsolakis, Bogdanis, Nikolaou & Zacharogiannis, 2011; Xenofondos et al., 2010).

Οι παράγοντες αυτοί κυρίως αφορούν στα χαρακτηριστικά των πρωτοκόλλων προενεργοποίησης (τύπος, όγκος, αποκατάσταση) και στην ταυτότητα των αντίστοιχων εξεταζόμενων ατόμων (άνδρες –γυναίκες, καθιστικά άτομα – προπονημένα, δυνατοί – αδύνατοι).

Το μέγεθος της επίδρασης των ασκήσεων προενεργοποίησης σε επιλεγμένες μεταβλητές ισχύος, σχετίζεται με τον τύπο της μυϊκής συστολής που προηγήθηκε, επηρεάζοντας τους μηχανισμούς αποκατάστασης οι οποίοι προκαλούν το φαινόμενο της PAP. Οι ισομετρικές συστολές φαίνεται ότι επηρεάζουν άμεσα την απόδοση (Bogdanis, Tsoukos, Veligeas, Tsolakis & Terzis, 2014; Esformes, Keenan, Moody & Bampouras, 2011; French, Cramer & Cooke, 2003; Gullich & Schmidtbleicher, 1996; Miyamoto, Kanehisa, Fukunaga & Kawakami, 2011) η

οποία μειώνεται προοδευτικά μέχρι την εξαφάνισή της με την πάροδο του χρόνου (Hamada, Sale, & MacDougall, 2000). Η πλειοψηφία των μελετών που αφορούν στις ισοτονικές συστολές δείχνουν βελτίωση της ισχύος σε δοκιμασίες κυρίως ταχύτητας και επίδοσης σε αλτικές δοκιμασίες, ενώ σε μικρότερο αριθμό εργασιών το είδος της μυϊκής συστολής φαίνεται ότι δεν επηρεάζει την απόδοση (Behm, Button, Barbour, Butt, & Young, 2004; Chiu et al., 2003; Ebben, Jenson & Blackard, 2000; Esformes, Keenan, Moody & Bampouras, 2011; Jensen & Ebben, 2003; Robbins & Docherty, 2005).

Ο όγκος των ασκήσεων προενεργοποίησης, καθορίζει άμεσα την εμφάνιση της PAP, αναπτύσσοντας τα ευεργετικά της χαρακτηριστικά αμέσως μετά από παρεμβάσεις με πρωτόκολλα σχετικά χαμηλών όγκων (Crow, Buttifant, Kearny & Hrysomallis, 2012). Σε αντίθεση, πρωτόκολλα με μεγάλους όγκους διέγερσης προκαλούν κόπωση, η οποία υπερισχύει στην αρχή, απαιτώντας μεγαλύτερο διάστημα μέχρι την αποκατάσταση η οποία οδηγεί στην εμφάνιση της PAP (Behm et al., 2004; Bevan et al., 2010; Ferreira, Panissa, Miarka & Franchini, 2012; French, Cramer & Cooke, 2003; Hamada, Sale, & MacDougall, 2000).

Ο χρόνος αποκατάστασης όπως προκύπτει από διάφορες μελέτες (Commyns, 2006, 2011; Gourgoulis, Aggelousis, Kasimatis, Mavromatis, & Garas, 2003; Kilduff et al., 2007; Linder, Prins, Murata, DeRenne, Morgan, & Solomon 2010; Lowery et al., 2012) κυμαίνεται από μηδέν έως και είκοσι περίπου λεπτά και εξαρτάται από το είδος και την ένταση των ασκήσεων προενεργοποίησης.

Ελάχιστες είναι οι συγκριτικές μελέτες οι οποίες διερευνούν την επίδραση της PAP όσον αφορά τα δύο φύλα. Η πλειονότητα των εργασιών (Ebben, Jensen, & Blackward 2000; Hanson, Leigh & MacDougall, 2000; Jensen & Ebben 2003; McCann & Flanagan 2010; O'Leary, Hope, & Sale, 1998) δεν αναφέρουν σημαντικές διαφορές ανάμεσα σε άνδρες και γυναίκες, ενώ σε συγκριτική μελέτη των Rixon, Lamont, & Bemben (2007), οι άνδρες απέδωσαν καλύτερα σε σχέση με τις γυναίκες σε επιλεγμένες δοκιμασίες ισχύος των κάτω άκρων μετά από εφαρμογή ισομετρικού πρωτόκολλου διέγερσης. Εντύπωση προκαλεί η έρευνα των Tsolakis, Bogdanids, Nikolaou & Zacharogiannis (2011), στην οποία στους άνδρες παρατηρήθηκε μείωση στην απόδοση στις μετρήσεις μετά από παρέμβαση

σε σχέση με την κατάσταση ελέγχου, ενώ καμία αλλαγή δεν εμφανίστηκε στις γυναίκες. Στο ίδιο ακριβώς συμπέρασμα κατέληξε και η μελέτη των Sarramian, Turner & Greenhalgh (2015), οι οποίοι ερεύνησαν την επίδραση ασκήσεων που επιφέρουν τη PAP στην επίδοση κολυμβητών στα πενήντα μέτρα κολύμβησης. Ενώ οι γυναίκες κολυμβήτριες δεν είχαν καμία αλλαγή στην απόδοση, στους άντρες παρατηρήθηκε καλύτερη επίδοση μετά από ασκήσεις προενεργοποίησης σε σύγκριση με την παραδοσιακή προθέρμανση των κολυμβητών.

Γενικά ή εμφάνιση της PAP είναι περισσότερο προφανής σε άτομα με μεγαλύτερο ποσοστό μυικών ινών τύπου II (Bellar, Judge, Turk & Judge, 2012; Hamada, Sale, & MacDougall, 2000; Terzis, Spengos, Karambatsos, Manta, & Georgiadis, 2009), γεγονός το οποίο συνδέεται με την δυνατότητα καλύτερης φωσφορυλίωσης της των εγκάρσιων γεφυρών μυοσίνης (Sweeney, Bowman & Stull, 1993) και κατ'επέκταση με την μεγαλύτερη δυνατότητα ανάπτυξης δύναμης. Τα ψηλότερα επίπεδα δύναμης και το επίπεδο της προπόνησης φαίνεται επίσης διευκολύνουν την εμφάνιση της PAP σε σύγκριση με λιγότερο δυνατά άτομα και αθλητές ψυχαγωγικού επιπέδου (Chiu et al., 2003; Requena et al., 2012; Rixon, Lamont, & Bemben, 2007).

Η επίδραση της PAP έχει μελετηθεί κυρίως σε αλτικές (Burkett, Phillips & Ziuraitis, 2005; Byrne, Kenny & O' Rourke, 2014; Chiu et al., 2003; Crewther et al., 2011; Duthie, Young & Aitken, 2002; Gilbert & Less, 2005; Kilduff et al., 2007; Rixon, Lamont, & Bemben, 2007; Smilios, Pilianidis, Sotiropoulos, Antonakis, & Tokmakidis, 2005) και δρομικές δοκιμασίες (Bevan, Cunningham, Tooley, Owen, Cook & Kilduff, 2010; Chatzopoulos et al., 2007; Linder et al., 2010; McBride, Nimphius & Erickson, 2005; Okuno et al., 2012) μετά από εφαρμογή διαφορετικών πρωτόκολλων διέγερσης μεγάλης έντασης.

Λίγες είναι οι σχετικές μελέτες οι οποίες διερευνούν την επίδραση διαφόρων πρωτοκόλλων διέγερσης σε βασικά κινητικά πρότυπα τα οποία συνδέονται με την απόδοση: α) των ρίψεων (Bellar, Judge, Turk & Judge, 2012; Judge, Bellar & Judge, 2010; Terzis et al., 2009; Terzis et al., 2012), β) του ποδοσφαίρου (Gelen, 2010; Requena et al., 2011), γ) των δρομέων ταχύτητας (Linder et al., 2010), δ) των αθλοπαιδιών όπως καλαθοσφαίριση, πετοσφαίριση, αμερικάνικο

ποδόσφαιρο, ράγκμπυ (Matthews, O'Conchuir, & Comfort, 2009, McCann & Flanagan, 2010; Moir, Mergy, Witmer & Davis, 2011; Okuno et al., 2012), ε) της κολύμβησης (Kilduff et al., 2011; Sarramian, Turner & Greenhalgh, 2015) και ζ) του judo (Miarka, Vecchio, & Franchini, 2010), ενώ καμιά μελέτη μέχρι σήμερα δεν αναφέρεται στο άθλημα του καράτε. Τα αποτελέσματα των μελετών αυτών έχουν ιδιαίτερο πρακτικό ενδιαφέρον τόσο για τους προπονητές όσο και για τους αθλητές, λαμβάνοντας επίσης υπόψη ότι η PAP είναι ένα φαινόμενο το οποίο θα πρέπει να εξετάζεται σε ατομικό επίπεδο (Tillin & Bishop, 2009).

Σε αρκετά αθλήματα του κλασσικού αθλητισμού (ρίψεις, άλματα), στην άρση βαρών και σε όλα τα αθλήματα επαφής (judo, taekwondo, καράτε, ξιφασκία), η αγωνιστική διαδικασία χαρακτηρίζεται από επαναλαμβανόμενες προσπάθειες ανάμεσα στις οποίες υπάρχει διάλλειμα αποκατάστασης από πέντε έως είκοσι λεπτά. Ελάχιστες εργασίες έχουν διερευνήσει την επίδραση διαφορετικών πρωτοκόλλων ενεργοποίησης με ισομετρικές (Robbins & Docherty, 2005), ισοτονικές (Smilios et al., 2005) και συνδυασμό ισοτονικών και πλειομετρικών ασκήσεων (Esformes et al., 2010) σε συνεχή και διαδοχικά (πολλαπλά πρωτόκολλα) με διαφορετικά διαλλείματα επτά δευτερολεπτα έως δέκα λεπτά στην επίδοση ισχύος των κάτω άκρων με αντικρουόμενα αποτελέσματα.

Η τρίλεπτη διάρκεια ενός αγώνα, ο διαλειμματικός χαρακτήρας του αθλήματος και οι επαναλαμβανόμενες συμβολές των αθλητών ανά δέκα περίπου λεπτά, οι οποίες υποχρεωτικά εξελίσσονται μέχρι την ανάδειξη του νικητή, χαρακτηρίζουν και προσδιορίζουν τις ενεργειακές και μυοδυναμικές απαιτήσεις των αθλητών καράτε (Ravier, Dugue, Grappe & Rouillon, 2009). Ο αερόβιος μηχανισμός σε ποσοστό που κυμαίνεται από 50-74% φαίνεται ότι υποστηρίζει τις άκυκλες και μεγάλης έντασης και εκρηκτικότητας ενέργειες των άνω και κάτω άκρων, οι οποίες αποσκοπούν στην επίτευξη κτυπημάτων στον αντίπαλο (Ravier, Dugue, Grappe & Rouillon, 2006). Η μέγιστη δύναμη δεν καθορίζει την απόδοση (Franchini, Takito, Kiss, & Sterkowicz, 2005; Toskovic Blessing, & Williford, 2004;), ενώ η ταχύτητα ανάπτυξης δύναμης και η ισχύς (Rochel et al., 2009) θεωρούνται σημαντικότεροι παράμετροι επιτυχημένης απόδοσης και διαφοροποιούνται σημαντικά ανάμεσα στους κορυφαίους και τους μέτριους

αθλητές καράτε (Ravier, Grappe, & Rouillon, 2004). Οι προσαρμογές της διαλλειματικής προπόνησης μεγάλης έντασης στην αερόβια όσο και στην αναερόβια ικανότητα αθλητών καράτε είναι επαρκώς τεκμηριωμένη, λαμβάνοντας υπόψη τις σχετικές φυσιολογικές απαιτήσεις του αθλήματος (Ravier et al., 2009). Αντίθετα δεν υπάρχουν επαρκείς πληροφορίες όσον αφορά την επίδραση διαφόρων μεθόδων προπόνησης στη βελτίωση της απόδοσης σε μεταβλητές ισχύος, γεγονός το οποίο καθιστά την εκπόνηση της μελέτης αυτής αναγκαία.

1.1 Ορισμός και διατύπωση του προβλήματος

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα βιβλιογραφικά δεδομένα τα οποία έχουν διατυπωθεί στην εισαγωγή, φαίνεται ότι η εφαρμογή διαφόρων πρωτόκολλων προθέρμανσης τα οποία αποσκοπούν στη βελτίωση της απόδοσης των κάτω άκρων οδηγεί σε αντικρουόμενα αποτελέσματα. Οι περισσότερες από τις μελέτες έχουν διερευνήσει την επίδραση διαφορετικών τύπων μυϊκών συστολών διέγερσης, με ποικίλα χαρακτηριστικά όγκου και διαλλειμάτων αποκατάστασης σε επιλεγμένες μυοδυναμικές ή νευρομυϊκές παραμέτρους ισχύος σε ομάδες εξεταζομένων ατόμων διαφορετικού φύλου, ηλικίας και επιπέδων, ενώ ελάχιστες πληροφορίες υπάρχουν σχετικά με την επίδραση αντίστοιχων παρεμβάσεων στην απόδοση κατά την διάρκεια της αθλητικής προσπάθειας.

Τα αθλήματα επαφής (καράτε, judo, ξιφασκία) λόγω των ιδιαίτερων κινητικών χαρακτηριστικών τα οποία καθορίζονται από την ισχύ και την ταχύτητα ανάπτυξης δύναμης (Rochel et al., 2009; Tsolakis, Kostaki, Vagenas, 2010) μπορεί να επηρεάζονται από επιλεγμένες ασκήσεις διέγερσης τροποποιώντας θετικά την απόδοση των ασκουμένων (Miarka et al., 2012; Tsolakis & Bogdanis, 2012) Από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση φαίνεται ότι οι υπάρχουσες πληροφορίες θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν ως ενδεικτικές, χωρίς να υπάρχουν αντίστοιχες μελέτες σχετικές με το άθλημα του καράτε. Ενδεικτικές είναι επίσης οι μελέτες που αφορούν στη δυνατότητα των αθλητών διαφόρων αγωνισμάτων ισχύος (άλματα, ρίψεις, αθλήματα επαφής, άρση βαρών) να διεγείρονται κινητικά με επαναλαμβανόμενο τρόπο (Esformes, Cameron &

Bambouras, 2010; Robbins & Docherty, 2005; Weber, Brown, Coburn & Zinder, 2008), ο οποίος καθορίζεται από την αγωνιστική διαδικασία (συνεχόμενοι αγώνες ανά 5-20 λεπτά).

Σκοπός της μελέτης αυτής ήταν να διερευνηθεί η επίδραση ενός πλειομετρικού προγράμματος διέγερσης με επαναλαμβανόμενο τρόπο κατά τη διάρκεια της προθέρμανσης, μετά από συγκεκριμένο διάλειμμα αποκατάστασης α) στην ισχύ των κάτω άκρων β) στη δύναμη ενός βασικού κινητικού προτύπου (περιστροφικό λάκτισμα) του καράτε. Πιο συγκριμένα, μελετήθηκε α) η άμεση επίδραση ενός πλειομετρικού πρωτοκόλλου εκρηκτικών αλμάτων με εκρηκτική κάμψη των γονάτων (tuck jumps), σε επιλεγμένες παραμέτρους του κατακόρυφου άλματος με αρχική φόρα (counter movement jump, CMJ) και στη δύναμη του περιστροφικού λακτίσματος σε επίλεκτους αθλητές καράτε και β) η επαναλαμβανόμενη εφαρμογή του πρωτοκόλλου με παρέμβαση σταθερών διαλλειμάτων αποκατάστασης.

Ως ανεξάρτητες μεταβλητές καθορίστηκαν:

1) Η επαναλαμβανόμενη προενεργοποίηση η οποία διακρίθηκε σε 2 επίπεδα: α) εκτέλεση δοκιμασιών με προενεργοποίηση και β) εκτέλεση δοκιμασιών χωρίς την εφαρμογή προενεργοποίησης (συνθήκη ελέγχου).

2) Οι τρεις επαναλαμβανόμενες μετρήσεις των δοκιμασιών σε διαφορετικά χρονικά σημεία (τεστ 1,2,3).

Ως εξαρτημένες μεταβλητές ορίζονται οι πιθανές μεταβολές των παραμέτρων του CMJ και η δύναμη κατά την εκτέλεση περιστροφικού λακτίσματος (round kick force, RKF) στο καράτε.

1.2 Ερευνητικές υποθέσεις

Για το σκοπό της συγκεκριμένης μελέτης διερευνήθηκαν οι εξής ερευνητικές υποθέσεις:

α) Θα βελτιωθεί η επίδοση με την παρέμβαση.

Οι συνθήκες προενεργοποίησης θα εξεταστούν επίσης σε διαδοχικά επαναλαμβανόμενο πρωτόκολλο (3 φορές) μετά από παρέμβαση σταθερής αποκατάστασης.

1.3 Οριοθετήσεις και περιορισμοί

Τα εξεταζόμενα άτομα ήταν επίλεκτοι ενεργοί αθλητές καράτε 16 -17 ετών (Νέοι άνδρες – γυναίκες) με προπονητική ηλικία μεγαλύτερη των πέντε ετών.

Τα αποτελέσματα του καράτε σε μεγάλο βαθμό θα μπορούσαν να χαρακτηρισθούν υποκειμενικά αφού ο παράγοντας αντίπαλος, ο διαιτητής και η σωστή τεχνική μπορεί να διαμορφώσουν το τελικό αποτέλεσμα. Η εκτέλεση των κινητικών προτύπων του αθλήματος επιβάλλουν στον παρατηρητή την πιστή εφαρμογή των ορθών επιμέρους τμημάτων της κίνησης με την καλύτερη δυνατή τεχνική, προκειμένου να μην αλλοιώνεται η μέτρηση των συγκεκριμένων μεταβλητών. Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής αφορούν μόνο τον ειδικό αυτό πληθυσμό και η επέκταση και εφαρμογή τους σε άλλες αθλητικές δραστηριότητες θα πρέπει να αντιμετωπίζεται με ιδιαίτερη προσοχή και επιφύλαξη. Επιπλέον η εκπόνηση της μελέτης έγινε ακολουθώντας σταθερή θερμοκρασία περιβάλλοντος η οποία πιθανόν θα μπορούσε να διαμορφώσει διαφορετικά επίπεδα αρχικής μέτρησης μεταξύ των εξεταζόμενων ατόμων.

II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

2.1 Φυσιολογία της προθέρμανσης (Μηχανισμοί, μέσα, σκοπός)

Οι διαδικασίες της προθέρμανσης προετοιμάζουν και βελτιώνουν σε σημαντικό ποσοστό την απόδοση των ασκουμένων οι οποίοι συμμετέχουν σε φυσικές δραστηριότητες, σε προπόνηση και σε αγώνες. (Hilfiker, Hubner, Lorenz, & Marti, 2007; McMillian, Moore, Hatler, & Taylor, 2006; Saez Saez de Villarreal, Gonzalez-Badillo, & Izquierdo, 2007). Για τον καθορισμό της ιδανικής προετοιμασίας για συγκεκριμένες αθλητικές δραστηριότητες, σημαντικός αριθμός μελετών διερεύνησε την επίδραση ποικίλων πρωτοκόλλων προθέρμανσης σε παραμέτρους της αθλητικής απόδοσης οι οποίες περιλαμβάνουν την δύναμη (Barroso et al., 2014; Bellar, Judge, Turk & Judge, 2012; Bevan et al., 2010; Gossen & Sale, 2000; Okuno et al., 2012), την ταχύτητα (McBride, Nimphius & Erickson, 2005; Terzis et al., 2012; Vetter, 2007), την ισχύ (Hilfiker et al., 2007; McCann & Flanagan, 2010; McMillian et al., 2006; Stieg et al., 2011; Woolstenhulme, Griffiths, Woolstenhulme, & Parcel, 2006) και την ευκινησία (McMillian et al., 2006).

Το μεγαλύτερο ποσοστό των ερευνών οι οποίες διεξήχθησαν κατά τη διάρκεια των δεκαετιών 1950 - 1970 (Asmussen & Boje, 1945; Bobbert, 1990; Elam, 1986; Pacheco, 1957; Richards, 1968) αναφέρονται κυρίως στην ευεργετική επίδραση της αύξησης της θερμοκρασίας του σώματος και ειδικότερα των μυών, των τενόντων και των συνδέσμων στην απόδοση σε διάφορες αθλητικές δραστηριότητες.

Μεταγενέστερες συγγραφικές προσπάθειες διαχωρίζουν σε μια προσπάθεια καλύτερης ερμηνείας την προθέρμανση σε γενική και ειδική. Οι διαδικασίες της γενικής προθέρμανσης περιλαμβάνουν κινήσεις οι οποίες δεν σχετίζονται απευθείας με την δραστηριότητα που πρόκειται να εκτελεστεί, σε αντίθεση με την ειδική προθέρμανση η οποία συμπεριλαμβάνει εφαρμογή συγκεκριμένων ασκήσεων-παρεμβάσεων οι οποίες είναι κινητικά και μεταβολικά συγγενείς με την άσκηση που θα ακολουθήσει (Chu, 1996).

Τα αποτελέσματα των μελετών που αφορούν στην αποτελεσματικότητα της προθέρμανσης λαμβάνοντας υπόψη α) τις εμπειρικές θέσεις οι οποίες συνοδεύουν την εφαρμογή ανάλογων παρεμβάσεων, β) το περιεχόμενο αντικρουόμενων πρωτοκόλλων και γ) τις κινητικές και μεταβολικές απαιτήσεις των αθλητικών δραστηριοτήτων (Smith, Fry, Weiss, Li, & Kinzey, 2001) φαίνεται ότι δεν καταλήγουν σε σαφή και αξιόπιστα συμπεράσματα όσον αφορά στη βελτίωση της απόδοσης, (Evans & Quinney, 1981; Genovely & Stamford, 1982; Grodginovsky & Magel, 1970; Gullich & Schmidtbleicher, 1996; Hawley, Williams, Hamling, & Walsh, 1989; Jackson & Pollock, 1978; Kaufman & Ware, 1977; Kokken & Nelson, 1996; Safran, Seaber & Garrett, 1989; Sedgewick, 1964).

Ένα παραδοσιακό μοντέλο προθέρμανσης τυπικά συμπεριλαμβάνει μια σύντομη περίοδο αεροβικών ασκήσεων χαμηλής έντασης και στατικών διατάσεων (Anderson, Anderson & Turlington, 2000; Martens, 2004) επιδιώκοντας την μείωση των τραυματισμών και την ενίσχυση της αθλητικής επίδοσης (Shellock & Prentice, 1985), ενώ η εκτέλεση διατατικών ασκήσεων εφαρμόζεται για την αύξηση του εύρους της κίνησης των αρθρώσεων (Bandy, Irion & Briggler, 1997), μειώνοντας τις πιθανότητες των τραυματισμών (Safran, Seaber & Garrett, 1989) .

Σε αντίθεση πρόσφατες έρευνες αναφέρουν ότι μια σειρά από στατικές διατάσεις πριν από την προσπάθεια μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά την απόδοση μειώνοντας τη μυϊκή δύναμη και την ισχύ των ασκουμένων, ενώ η εκτέλεση δυναμικών διατάσεων φαίνεται ότι βελτιώνει την απόδοση (Behm & Chaouachi, 2011), χωρίς να επηρεάζονται σημαντικά οι καρδιαγγειακές όσο και οι αποδιδόμενες στις διατάσεις μεταβολικές διεργασίες (O'Brien, Payne, Gastin, & Burge, 1997). Η εφαρμογή κατάλληλων διαδικασιών προθέρμανσης σχετικών με τις μεταβολικές και τις κινητικές απαιτήσεις των δραστηριοτήτων γίνεται περισσότερο επιτακτική όταν η ένταση των προσπαθειών που πρόκειται να ακολουθήσουν είναι ιδιαίτερα υψηλή (προπόνηση-αγώνας), επιζητώντας ταυτόχρονα άριστη απόδοση (Thompssen, Kackley, Palumbo, & Faigenbaum, 2007).

Οι αλτικές εκρηκτικές κινήσεις απαιτούν ικανοποιητική προθέρμανση και σωστή επιλογή ασκήσεων για την παραγωγή υψηλού επιπέδου εκρηκτικής δύναμης (Saez Saez de Villarreal, Gonzalez-Badillo, & Izquierdo, 2007). Πρόσφατες έρευνες έδειξαν ότι όταν κατά τη διάρκεια της ειδικής προθέρμανσης προστεθούν ασκήσεις διέγερσης α) μέγιστης έντασης με εκούσιες ισομετρικές συστολές (Berning et al., 2010; Gullich & Schmidtbleicher, 1996), και β) υψηλής έως και μέγιστης έντασης δυναμικές ασκήσεις (Crewther et al., 2011; Esformes, Cameron & Bampouras, 2010; Gourgoulis et al., 2003; Radcliffe & Radcliffe, 1996; Young et al., 1998), τότε βελτιώνεται: α) ο ρυθμός ανάπτυξης δύναμης και το ύψος του άλματος κατά την διάρκεια συνεχόμενων αλμάτων βάθους (DJ) και CMJs (Esformes, Cameron & Bampouras, 2010; Gullich & Schmidtbleicher, 1996), β) η επίδοση στο κατακόρυφο άλμα (Berning et al., 2010; Crewther et al., 2011; Gourgoulis et al., 2003; Young, Jenner & Griffiths, 1998) και γ) το οριζόντιο άλμα με αρχική φόρα (Radcliffe & Radcliffe, 1996).

Παρομοίως αντίστοιχες μελέτες αναφέρουν ότι η επίδοση στο άλμα μπορεί επίσης να αυξηθεί μετά από προθέρμανση, με προενεργοποίηση ασκήσεων αντίστασης υψηλής έντασης και μέτριας διάρκειας αντίστοιχα (Burkett, Phillips & Ziuraitis, 2005; Crewther et al., 2011; DeRenne, Ho, Hetzler, & Chi, 1992; Duthie, Young & Aitken 2002; Esformes, Cameron & Bampouras, 2010; Gilbert & Lees 2005; Grange, Vandenboom, Xeni, & Houston, 1998; Kilduff et al., 2007; Kilduff et al., 2011; Lowery et al., 2012; Radcliff & Radcliff 1996; Rixon, Lamont, & Bemben 2007; Smilios et al., 2005; Young, Jenner & Griffiths 1998).

Όσον αφορά δε την ειδική προθέρμανση στα άνω άκρα, έχει μελετηθεί με ικανοποιητικό τρόπο η εφαρμογή διαφορετικών τύπων άσκησης διέγερσης σε: α) ρίπτες (Bellar, Judge, Turk & Judge, 2012; Judge, Bellar & Judge, 2010; Terzis et al., 2009; Terzis et al., 2012), β) αθλητές baseball (DeRenne et al., 1992; DeRenne, Ho & Murphy 2001; Vandenboom, Grange & Houston 1993; Wilson et al., 2012), γ) αθλητές καλαθοσφαίρισης (Matthews, O'Conchuir, & Comfort, 2009), δ) αθλητές golf (Read, Miller & Turner, 2012) ε) αθλητές οι οποίοι χρησιμοποιούσαν ισομερώς τα άνω και κάτω άκρα (τρίαθλο, ξιφασκία) κατά τη διάρκεια των αγωνιστικών τους προσπαθειών (Hamada, Sale, & MacDougall,

2000; Tsolakis, Bogdanis, Nikolaou & Zacharogiannis, 2011), με αντικρουόμενα αποτελέσματα όσον αφορά στην απόδοση σε επιλεγμένες νευρομυϊκές δοκιμασίες.

2.2 Ορισμός μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης–Παράγοντες που την επηρεάζουν

Η μεταδιεγερτική διευκόλυνση (PAP) ή μετατετανική ενεργοποίηση (PTP), αναφέρεται στα φαινόμενα κατά τα οποία τα χαρακτηριστικά της μυϊκής απόδοσης ενισχύονται ως αποτέλεσμα της συσταλτικότητάς τους (Hodgson, Docherty, & Robbins, 2005; Robbins & Docherty, 2005). Η διαφορά μεταξύ της PAP διευκόλυνσης και της PTP καθορίζεται από τη φύση της συστολής. Η PTP προκαλείται από μία ακούσια τετανική συστολή ενώ η PAP αναπτύσσεται με εκούσιες μυϊκές συστολές (Sale, 2002; Sale, 2004). Σύμφωνα με τον Sale (2004), η PAP είναι το φαινόμενο κατά το οποίο τα χαρακτηριστικά της μυϊκής απόδοσης εμφανίζονται ενισχυμένα μέσω μιας εκούσιας συστολής των μυών (άσκηση προενεργοποίησης) που έχει προγενέστερα εκτελεστεί με μέγιστη ή υπομέγιστη ένταση αντίστοιχα. Συνήθως όσο μεγαλύτερη είναι η άσκηση προενεργοποίησης, τόσο μεγαλύτερη είναι η ανάπτυξη της PAP, αλλά ταυτόχρονα και μεγαλύτερη είναι η κόπωση που αναμένεται να παραχθεί. Το φαινόμενο αυτό μπορεί να αυξήσει τη μέγιστη δύναμη, αλλά κυρίως τον ρυθμό ανάπτυξης δύναμης κατά τη διάρκεια ακόλουθων μυϊκών συστολών, γεγονός το οποίο μπορεί να μετατοπίσει την ταχοδυναμική σχέση προς τα αριστερά αυξάνοντας την επιτάχυνση των ασκουμένων (Sale, 2002, Judge, 2009).

Η PAP είναι μια κατάσταση η οποία συνυπάρχει με την κόπωση (Hodgson, Docherty, & Robbins, 2005; Rassier & Macintosh, 2002; Wilson et al., 2012) και η ισορροπία ανάμεσα στα δύο αυτά φαινόμενα προκαθορίζει εάν η επόμενη δραστηριότητα θα είναι αυξημένη, μειωμένη ή αμετάβλητη (Gourgoulis et al., 2003; Sale, 2002; Vanderboom et al., 1993). Τόσο η PAP όσο και η κόπωση εμφανίζονται ταυτόχρονα μετά τις πρώτες συσπάσεις προενεργοποίησης και η σωστή διαχείριση των χαρακτηριστικών α) της προενεργοποίησης, β) των εξεταζομένων ατόμων (αρχάριοι - προπονημένοι, άνδρες – γυναίκες, δυνατοί – αδύνατοι), γ) το διάλλειμα που μεσολαβεί μέχρι την άσκηση επίδοσης καθώς και

δ) το είδος της άσκησης που ακολουθεί, καθορίζουν την ποσοστιαία επικράτηση της μιας πάνω στην άλλη (Hodgson, Docherty, & Robbins, 2005; Tillin and Bishop 2009).

Ειδικότερα, η θετική ή αρνητική επίδραση της προθέρμανσης αυτής στην απόδοση η οποία συνδέεται άμεσα με την επικράτηση ενός από τους δύο μηχανισμούς πάνω στον άλλο, εξαρτάται από τη κατάλληλη διαχείριση των χαρακτηριστικών της άσκησης προενεργοποίησης όπως το είδος, η ένταση, ο όγκος και το διάλλειμα αποκατάστασης (Behm, Button, Barbour, Butt & Young, 2004; Commyns, Harrison, Hennessy & Jensen, 2007; French, Kraemer & Cooke, 2003; Kilduff et al., 2007), την κόπωση που αυτές προκαλούν (Stone, Sands, Pierce, Ramsey, & Haff, 2008), τον τύπο των μυϊκών ινών (Bellar, Judge, Turk & Judge, 2012; Hamada, Sale, & MacDougall, 2000; Terzis et al., 2009), το φύλο και το επίπεδο των ασκούμενων (Chiu et al., 2003; DeRenne, 2010; Requena et al., 2012), και της επιλεγμένης δοκιμασίας απόδοσης (Rixon, Lamont, & Bemben, 2007).

Στην πράξη η PAP χρησιμοποιείται στην προπόνηση ισχύος, εφαρμόζοντας συνδυαστική προπόνηση ασκήσεων αντίστασης και πλειομετρικών ασκήσεων αυξάνοντας το προπονητικό ερέθισμα και την απόδοση των πλειομετρικών ασκήσεων (Berning et al., 2010; Robbins & Docherty, 2005; Stone et al., 2008), ενώ εάν χρησιμοποιηθεί σαν μέρος της προθέρμανσης, αποδεικνύεται χρησιμότερη σε σχέση με τα κλασικά προγράμματα, βελτιώνοντας την απόδοση δραστηριοτήτων με εκρηκτικά χαρακτηριστικά όπως τα άλματα (Gossen & Sale, 2000; Gourgoulis et al., 2003), οι ρίψεις (Terzis et al., 2009; Terzis et al., 2012) και οι δρόμοι ταχύτητας (Chatzopoulos et al., 2007; Linder et al., 2010; Okuno et al., 2012).

Παρόλο που από την βιβλιογραφία φαίνεται να υπάρχει θετική σχέση ανάμεσα στη PAP και την απόδοση, σε σημαντικό αριθμό ερευνών δεν διαπιστώθηκαν σημαντικές μεταβολές (Behm et al., 2004; Brandenburg, 2005; Crum, Kawamori, Stone & Haff, 2012; Hanson, Leigh & Mynark, 2007; Jensen & Ebben, 2003; Khamoui et al., 2009; Robbins & Docherty, 2005; Stieg et al., 2011; Tsolakis, Bogdanis, Nikolaou & Zacharogiannis, 2011).

Αν πράγματι η PAP προσφέρει σημαντική βελτίωση στην απόδοση επιλεγμένων νευρομυικών μεταβλητών τότε θα πρέπει να διερευνηθεί διεξοδικά η σημασία της σε πρότυπα κινητικά χαρακτηριστικά διαφόρων αθλημάτων τα οποία συνδέονται με την άριστη επίδοση, γεγονός το οποίο μέχρι σήμερα φαίνεται ότι παρουσιάζει σχετική υστέρηση.

2.3 Μηχανισμοί

Δύο βασικοί μηχανισμοί θεωρούνται υπεύθυνοι για τη PAP: α) η φωσφορυλίωση των ελαφριών αλυσίδων μυοσίνης (RLC) (Baudry & Duchateau, 2007; Chiu et al., 2003; Gossen & Sale, 2000; Hamada, Sale, & MacDougall, 2000; Hodgson, Docherty, & Robbins, 2005; Sale, 2002; Sale 2004) και β) η αύξηση της επιστράτευσης των μεγάλων κινητικών μονάδων (Chiu et al., 2003; Gullich & Schmidtbleicher, 1996; Hodgson, Docherty, & Robbins, 2005), ενώ οι αλλαγές στη γωνία μεταξύ της απονεύρωσης του μυός και των μυϊκών δεματίων (Ρα) φαίνεται ότι μπορούν να συνεισφέρουν στην ανάπτυξη της PAP (Mahlfeld, Franke, & Awiszus, 2004).

Η φωσφορυλίωση είναι πιθανόν να ενισχύει την ενεργοποίηση των ακόλουθων μυϊκών συστολών, μετακινώντας μακριά την κεφαλή της μυοσίνης από τον παχύ κορμό της (Hodgson, Docherty, & Robbins, 2005; Szczesna, 2003). Επίσης πιστεύεται πως η φωσφορυλίωση των ελαφριών αλυσίδων μυοσίνης καθιστά την αλληλεπίδραση της ακτίνης-μυοσίνης ευαίσθητη στο μυοπλασματικό Ca^{2+} (Szczesna, Zhao, & Jones, 2002), αυξάνοντας τον ρυθμό με τον οποίο η μυοσίνη από το στάδιο της μη επαφής προχωρά σε στάδιο επαφής. Κατά συνέπεια, η φωσφορυλίωση των ελαφριών αλυσίδων μυοσίνης έχει τη μεγαλύτερη επίδραση στο Ca^{2+} μετά από σχετικά ήπιες συστολές όπως συμβαίνει κατά τη διάρκεια νευρικών συσπάσεων χαμηλής συχνότητας τετανικών συστολών (Abbate, Sargeant, & Verdijk, 2000; Baudry, Klass, & Duchateau, 2008; Hodgson, Docherty, & Robbins, 2005; Sale, 2002; Sale, 2004).

Η αύξηση στην επιστράτευση μεγάλων κινητικών μονάδων αφορά στην απόκριση του νευρικού συστήματος μετά από δραστηριότητες διέγερσης οι οποίες μπορούν να αναπτύξουν φαινόμενα PAP. Ο πρωταρχικός μηχανισμός που

αποτελεί τη βάση στη παραγωγή δύναμης κατά τη διάρκεια βαλλιστικών κινήσεων υψηλής ταχύτητας, είναι νευρικής φύσεως (Gullich & Schmidbleicher, 1996; Stone et al., 2008). Συλλογικά αυτές οι νευρικές αποκρίσεις περιλαμβάνουν αύξηση στο συγχρονισμό κινητικών μονάδων, ευαισθητοποίηση των α - κινητικών νευρώνων και μείωση της δράσης των ανταγωνιστών μυών (Chiu et al., 2003; Gullich & Schmidbleicher, 1996). Το ρεφλέξ Hoffman το οποίο είναι υπεύθυνο για το μέγεθος και τον αριθμό των κινητικών μονάδων που επιστρατεύονται, εμφανίζεται μειωμένο για περίπου ένα λεπτό μετά την άσκηση διέγερσης, ενώ σημαντική άνοδος παρατηρείται πέντε έως και δεκατρία λεπτά μετά (Trimble & Haarp, 1998). Τέλος τροποποιώντας με παρεμβάσεις διέγερσης τις γωνίες που σχηματίζουν οι μυϊκές ίνες σε σχέση με τον συνδετικό ιστό και τους τένοντες, δημιουργείται μηχανικό πλεονέκτημα στη μετάδοση της κίνησης. Η μείωση της γωνίας που έχει παρατηρηθεί στη πειραματική εργασία του Mahlfeld και των συνεργατών του (2004), ισοδυναμεί με μικρή αλλά σημαντική βελτίωση στη μεταβίβαση δύναμης στους τένοντες, συνεισφέροντας ικανοποιητικά στην ανάπτυξη της PAP.

Όγκος προενεργοποίησης

Από την ανασκόπηση των σχετικών εργασιών φαίνεται ότι η ισορροπία ανάμεσα στην εμφάνιση της PAP και την κόπωση επηρεάζεται σε ένα ποσοστό από τα χαρακτηριστικά της προενεργοποίησης. Μικροί όγκοι βοηθούν στη γρήγορη ανάπτυξη της PAP, ενώ μεγαλύτεροι όγκοι απαιτούν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα για την εμφάνιση της (Tillin & Bishop, 2009).

Ο ιδανικός όγκος προενεργοποίησης μελετήθηκε με διαλλειματικά πρωτόκολλα (Hamada et al., 2003) συγκριτικές μελέτες προενεργοποίησης με ισομετρικές συστολές (French et al., 2003) και ισοτονικές συστολές (Morana et al., 2009) καθώς επίσης με διαλλειματικά πρωτόκολλα ισοτονικών (Chatzopoulos et al., 2007; Rahimi et al., 2007) και ισοκινητικών συστολών (Batista et al., 2007).

Από τα αποτελέσματα των εργασιών αυτών φαίνεται ότι για την ανάπτυξη μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης απαιτούνται μεγάλοι όγκοι, οι οποίοι προκαλούνται από πέντε έως δέκα επαναλήψεις με συνολική διάρκεια περίπου

δεκαπέντε δευτερολέπτων. Κατά τον τρόπο αυτό η PAP επικρατεί της κόπωσης με εμφανή αποτελέσματα στην απόδοση των μεταβλητών επίδοσης.

Σε αντίθεση με τις παρατηρήσεις των προαναφερομένων ερευνητών κάποιες μελέτες δεν διαπίστωσαν σημαντικές μεταβολές (Deutch & Lloyd, 2008; McBride, Nimphius & Erickson, 2005; Magnus et al., 2006; Rubben et al., 2010), γεγονός το οποίο ερμηνεύτηκε είτε διότι ο όγκος προενεργοποίησης ήταν μεγάλος (3-5 επαναλήψεις στο 90% της μέγιστης δύναμης) οπότε απαιτούνταν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα αποκατάστασης είτε ανεπαρκής οπότε χρειαζόντουσαν περισσότερες σειρές άρα και προενεργοποίηση μεγαλύτερου όγκου για την ανάπτυξη της PAP. Οι Barrosο και συνεργάτες του (2013), σε συγκριτική μελέτη τεσσάρων διαφορετικών συνθηκών προθέρμανσης (α: μικρής διάρκειας – χαμηλής έντασης, β: μεγάλης διάρκειας - χαμηλής έντασης, γ: μικρής διάρκειας – μέτριας έντασης και δ: μεγάλης διάρκειας – μέτριας έντασης) σε σχέση με ομάδα ελέγχου η οποία δεν υποβλήθηκε σε προθέρμανσης διαπιστώθηκε ότι οι σημαντικότερες προς συζήτηση μεταβολές επιτεύχθηκαν μετά την προθέρμανση μικρής διάρκειας και χαμηλής έντασης (15 min 40% VO₂ max) η οποία βελτίωσε την μέγιστη απόδοση της δύναμης κατά 3%. Αντιθέτως, η προθέρμανση μεγάλης διάρκειας και μέτριας έντασης μείωσε την απόδοση κατά 3% αναδεικνύοντας ότι ο όγκος και η ένταση της προθέρμανσης επηρεάζει την απόδοση των ασκήσεων που ακολουθούν.

Ένταση προενεργοποίησης

Το μέγεθος της έντασης όπως και ο όγκος της προενεργοποίησης όπως ήδη προαναφέρθηκε σε προηγούμενο υποκεφάλαιο καθορίζει τον χρόνο εμφάνισης της PAP (Gilbert et al., 2005). Συγκριτικές είναι κυρίως οι μελέτες οι οποίες διερευνούν την επίδραση της έντασης των ασκήσεων προενεργοποίησης στην απόδοση σε μεταβλητές επίδοσης. Από τα αποτελέσματα των μελετών αυτών φαίνεται ότι ασκήσεις προενεργοποίησης αφορούσαν κυρίως σε υψηλές εντάσεις μεγέθους (85-95%) 1 RM, οι οποίες προήλθαν από επαναλήψεις που κυμάνθηκαν από τρεις έως και δεκατέσσερις για τη βελτίωση α) δρομικών αποστάσεων ταχύτητας (McBride, Nimphius & Erickson, 2005; Rahimi, 2007), β) της μυϊκής

σκληρότητας (Commyns, Harrison, Hennessy & Jensen, 2007; Moir, Mergy, Witmer & Davis, 2001), γ) του CMJ (Fukutani et al., 2014; Villarreal, Gonzalez-Badillo & Izquierdo, 2007) και δ) σε επιλεγμένο κινητικό πρότυπο καλαθοσφαίρισης (Matthews, O'Conchuir, & Comfort, 2009).

Σημαντική αύξηση στην επίδοση του CMJ παρατηρήθηκε επίσης και με μικρότερης έντασης πρωτόκολλα ισχύος (25-45%), (Sotiropoulos et al., 2010), ενώ ένα συγκριτικό πρωτόκολλο (5 x 70% 1 RM) η και (3 x 85% 1 RM) δεν προκάλεσε ανάπτυξη PAP, το οποίο αποδόθηκε σε υπερβολική ανάπτυξη των μηχανισμών κόπωσης οι οποίοι πιθανόν δεν επέτρεψαν στους μηχανισμούς της μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης να επηρεάσουν θετικά τα κινηματικά χαρακτηριστικά απόδοσης του CMJ. Αντιθέτως στη πρόσφατη έρευνα του Fukutani και των συνεργατών του (2014), βρέθηκε πως μία άσκηση καθίσματος (squat) υψηλής έντασης (5 x 45% 1 RM x , 5 x 60% 1 RM, 3 x 75% 1 RM & 3 x 90% 1 RM) είναι καταλληλότερη από μία ίδια άσκηση μέτριας έντασης (5 x 45% 1 RM, 5 x 60% 1 RM & 3 x 75% 1 RM) για να ενισχύσει τη μετέπειτα επίδοση στο άλμα. Αυτό φάνηκε από τα αποτελέσματα της μελέτης όπου η ροπή της δύναμης σύσπασης και το ύψος του άλματος αυξήθηκαν σημαντικά μετά τα squat και στις δύο παρεμβάσεις, αλλά περισσότερο αυξήθηκαν μετά τη παρέμβαση υψηλής έντασης. Αρκετά μεγάλο ενδιαφέρον έχει και η έρευνα του Hirayama (2014), όπου η επίδοση στο CMJ αυξήθηκε μετά από εφαρμογή ενός σταδιακά αυξανόμενου σε ένταση πρωτόκολλου squat. Σε αντίθεση με άλλες μελέτες στην συγκεκριμένη έρευνα όσο αυξανόταν η ένταση στη προενεργοποίηση, τόσο αυξανόταν και η επίδοση στο CMJ. Επίσης σε σχέση με άλλες μελέτες η τελευταία άσκηση squat ήταν πολύ μεγάλη σε ένταση όπως και η ολική ένταση όλου το πρωτοκόλλου προενεργοποίησης ήταν αρκετά μεγάλη για να εμφανιστεί ενισχυμένο το φαινόμενο της PAP. Με τα παραπάνω συμβαδίζουν και τα αποτελέσματα της μελέτης των Mola, Bruce-Low & Burnet (2014), στην οποία παρόλο που υπήρξαν άτομα που ανταποκρίθηκαν στη PAP η παρέμβαση squat (3 RM) δεν ενίσχυσε καθόλου την ισχύ και το ύψος του CMJ σε κανέννα χρονικό σημείο.

2.3.1 Χρόνος αποκατάστασης μεταξύ προενεργοποίησης και απόδοσης

Η ισορροπία ανάμεσα στη PAP και στην κόπωση οι οποίες αναπτύσσονται με παράλληλο τρόπο σαν αποτέλεσμα εφαρμογής πρωτοκόλλων προενεργοποίησης μεγάλης έντασης ή και όγκου, μπορεί να επηρεάσει τη συσταλτική ικανότητα των δοκιμαζομένων ατόμων σε επιλεγμένες μεταβλητές απόδοσης (Hodgson, Docherty, & Robbins, 2005).

Ο επαρκής χρόνος αποκατάστασης θεωρείται ότι μπορεί να επηρεάσει τη δυναμική αυτή ισορροπία ανάμεσα στις δύο αυτές καταστάσεις αφού ο χρόνος που απαιτείται για την ανάπτυξη – εμφάνιση μεταδιεγερτικών, φαινομένων φαίνεται ότι ποικίλει και εξαρτάται από πολλούς παράγοντες (Tillin & Bishop, 2009).

Η βελτιωμένη απόδοση σε επιλεγμένες μεταβλητές ισχύος η οποία συνδέεται με ασκήσεις προενεργοποίησης μεγάλης έντασης, σχεδόν επανακτά τις αρχικές τιμές της μετά πάροδο τριάντα περίπου λεπτών, ενώ η κόπωση φαίνεται ότι μπορεί να επικαλύψει την ανάπτυξη της PAP ένα περίπου λεπτό (min) μετά την εφαρμογή των ασκήσεων διέγερσης (Gullich & Schmidbleicher, 1996; Rixon Lamont, & Bemben, 2007; Wilson et al., 2012).

Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, φαίνεται ότι τα πειραματικά πρωτόκολλα των σχετικών μελετών χρησιμοποιούν διαστήματα αποκατάστασης που κυμαίνονται από 15 δευτερόλεπτα (sec) μέχρι και 24 min. Τα αποτελέσματα των μελετών αυτών είναι αντικρουόμενα, κυρίως λόγω των διαφορετικών χαρακτηριστικών των ασκήσεων προενεργοποίησης. Ειδικότερα η σχετικά μικρή διάρκεια η οποία συνδέεται με την αποκατάσταση της φωσφοκρεατίνης (Nevill, Jones, McIntyre, Bogdanis, & Nevill, 1997) και τις αντίστοιχες αλλαγές του ρεφλέξ Hoffman (Gullich & Schmitbleicher, 1996), έχει χρησιμοποιηθεί στις μελέτες των Jensen & Ebben (2003), των McCann & Flanagan (2010), καθώς και στην έρευνα που έκανε ο Chatzopoulos και οι συνεργάτες του (2007). Τα αποτελέσματα των μελετών αυτών είναι αντικρουόμενα αφού οι Jensen & Ebben, (2003), και οι McCann & Flanagan (2010), δεν διαπίστωσαν σημαντικές μεταβολές σε μεταβλητές μέτρησης της ισχύος των κάτω άκρων με τη δοκιμασία του CMJ, μετά από εφαρμογή έντονων προγραμμάτων δύναμης, ενώ ο

Chatzopoulos και οι συνεργάτες του (2007), διαπίστωσαν σημαντική βελτίωση της ταχύτητας στο δρόμο των τριάντα μέτρων μόνο στο πρωτόκολλο των 5 min, σε σχέση με την αντίστοιχη μέτρηση στα 3 min η οποία δεν έδωσε σημαντικές διαφορές. Αντίθετα οι Comyns, Harrison, Hennessy, & Jensen (2006), διαπίστωσαν σημαντική πτώση στη δοκιμασία του CMJ μετά από διέγερση αντίστασης (5 RM), η οποία εμφανίστηκε στα 30 sec και διατηρήθηκε μέχρι και 6 min μετά το τέλος των ασκήσεων διέγερσης. Ενδιαφέρουσα είναι και η μελέτη των Comyns, Harrison & Hennessy (2011), οι οποίοι εξέτασαν την επίδοση αθλητών ράκμπι σε μεταβλητές δύο αλτικών ασκήσεων, μετά από διαφορετικές περιόδους ανάπαυσης. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως η ανάπαυση διάρκειας 5 min είναι ιδανική για την αύξηση της δύναμης ώθησης και της δύναμης προσγείωσης, αλλά και για τη μείωση του χρόνου επαφής του πέλματος στο έδαφος πριν την αλτική δραστηριότητα, παράγοντες οι οποίοι κάνουν καλύτερη την επίδοση στο άλμα. Αντίθετα διαλείμματα διάρκειας 15 sec, 45 sec και 2 min είχαν μειωμένη απόδοση στις ίδιες μεταβλητές. Οι συγγραφείς κατέληξαν πως η ανάπαυση διάρκειας 5 min μεταξύ της άσκησης-προπόνησης ενεργοποίησης και της δραστηριότητας επίδοσης, είναι η ιδανική για την εμφάνιση της PAP. Με τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν και οι Tobin & Delahunt (2014), όπου στα αποτελέσματα της μελέτης τους φαίνεται πως μετά από μια πλειομετρική παρέμβαση η μεγαλύτερη επίδοση στο άλμα επιτεύχθηκε στα 5 min μετά παρόλο που δεν είχε μεγάλες διαφορές συγκρίνοντας τις επιδόσεις στα 1 και 3 min. Ακόμα στη πρόσφατη έρευνα του Hirayama (2014), υπήρξε διάλειμμα αποκατάστασης μεταξύ των ασκήσεων ενεργοποίησης (squat) και της επίδοσης διάρκειας 3 min. Ο χρόνος αυτός δημιούργησε ένα συσσωρευτικό αποτέλεσμα το οποίο οδήγησε σε μεγαλύτερη ενίσχυση της επίδοσης στο CMJ μετά από υψηλής έντασης άσκηση squat. Από την άλλη, η μελέτη των Ferreira, Panissa, Miarka & Franchini (2012), αναφέρει μεταδιεγερτική διευκόλυνση μετά από διάλειμμα αποκατάστασης 7 min. Το πρωτόκολλο περιλάμβανε έξι συνεδρίες. Οι δύο συνεδρίες ελέγχου καθόρισαν τις πιέσεις πάγκου (1 RM) και την ισχύ (6 επαναλήψεις στο 50% της 1 RM). Οι τέσσερις πειραματικές συνεδρίες αποτελούνταν από την άσκηση πιέσεων πάγκου (1 RM) και στη συνέχεια

εκτελέσθηκαν σερτ ισχύος με διαφορετικά διαλλείματα ξεκούρασης (1, 3, 5 και 7 λεπτών). Από τα αποτελέσματα φάνηκε μια αύξηση της PAP αλλά και βελτίωση στην επίδοση στις πιέσεις στήθους σε πάγκο, μετά απο 7 min ξεκούρασης σε σύγκριση με τις περιόδους ξεκούρασης διάρκειας 1, 3 και 5 min.

Από αποτελέσματα μελετών (Bevan et al., 2009; Chiu et al., 2003; Kilduff et al., 2007; Kilduff, Owen, Bevan, Bennett, Kingsley, & Gunningham, 2008) φαίνεται ότι ο χρόνος αποκατάστασης ελεγχόταν διαδοχικά αμέσως μετά (μέσα σε 15 sec περίπου) και μετά πάροδο 4 ή 5 min έως και 24 min μετά την παρέμβαση με ασκήσεις διέγερσης. Σε αρκετές από τις προαναφερόμενες μελέτες αναφέρεται σημαντική βελτίωση, η οποία σε πολλές περιπτώσεις έφθανε μέχρι και το 8%, σε παραμέτρους ισχύος των άνω και κάτω άκρων μετά πάροδο 8 περίπου min μετά το τέλος των ασκήσεων αντίστασης με υψηλά φορτία, αφού όμως σε όλες τις περιπτώσεις είχε προηγηθεί σημαντική μείωση των μέσων τιμών.

Σε αντίθεση οι Jo, Judelson, Brown, Coburn, & Dabus, (2010), μελετώντας την επίδραση ασκήσεων υψηλής επιβάρυνσης (1 σερτ των 5 επαναλήψεων squat στο 85% της 1 RM), με ανάπαυση (5, 10, 15 ή 20 min), σε δοκιμασία αναερόβιας μέτρησης Wingate, σε ελαφρά προπονημένα άτομα και ομάδα ελέγχου δεν διαπίστωσαν καμία σημαντική αλλαγή μεταξύ των δύο καταστάσεων σε καμία μεταβλητή. Ανάλογα αποτελέσματα διαπίστωσαν και οι Jones & Lees (2003), οι οποίοι υπέβαλαν καλοπροπονημένους ενήλικες σε δύο συνθήκες επιβάρυνσης α) τέσσερα σερτ των έξι αλμάτων (3 CMJ και 3 DJ) και β) επιπλέον πέντε επαναλήψεις άσκησης squat (85% της 1 RM) οι οποίοι ελέγχθηκαν με τη δοκιμασία Wingate test αμέσως μετά για το πρώτο σερτ και στα 3, 10 και 20 min στα υπόλοιπα σερτ αντίστοιχα. Η κατάσταση ελέγχου περιλάμβανε την ίδια αναερόβια δοκιμασία. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί ότι η επιλογή της δοκιμασίας (Wingate test) η οποία εξετάζει τη μεταβολική ισχύ και διαφοροποιεί σημαντικά τη μεθοδολογία των εργασιών αυτών σε σύγκριση με όλες τις υπόλοιπες στις οποίες οι δοκιμασίες αφορούσαν κυρίως την μηχανική ισχύ των δοκιμαζομένων.

Αντίθετα, ο Behm και οι συνεργάτες του (2004), συγκρίνοντας την εφαρμογή ενός, δύο και τριών ισομετρικών πρωτοκόλλων διάρκειας δέκα δευτερολέπτων διαπίστωσαν σημαντική πτώση της ικανότητας ανάπτυξης δύναμης η οποία εμφανιζόταν μεταξύ του δέκατου και δεκατουπέμπτου λεπτού της αποκατάστασης μετά από το πρωτόκολλο των τριών ισομετρικών επαναλήψεων ενώ στα δύο προηγούμενα δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές μεταβολές.

Σε ανασκόπηση του ο Sale (2002), προτείνει ότι όσο μεγαλύτερο είναι το διάστημα αποκατάστασης τόσο μεγαλύτερη είναι η δυνατότητα ανάκαμψης από την κόπωση, αναπτύσσοντας ποσοστιαία εξισορροπητικά φαινόμενα PAP. Βέβαια θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι με την πάροδο του χρόνου εκτός από την επιθυμητή μείωση της κόπωσης, παρατηρείται και μια προοδευτική μείωση της έντασης της προκαλούμενης PAP. Τέλος σε πρόσφατη βιβλιογραφική ανασκόπηση οι Wilson και συνεργάτες (2012), προτείνουν πώς τόσο οι σύντομες (5 λεπτά), όσο και οι μέτριες (8-12 λεπτά) αλλά και και εκτενείς (18.5 λεπτά) διάρκειες αποκατάστασης μπορούν να καταγράψουν φαινόμενα PAP. Τέλος, το διάστημα αποκατάστασης υπόκειται σε έντονη ατομική μεταβλητότητα γεγονός το οποίο θα πρέπει να συνυπολογίζεται τόσο κατά τον σχεδιασμό των προγραμμάτων διέγερσης όσο και κατά την ερμηνεία των αντίστοιχων αποτελεσμάτων (Tillin & Bishop, 2009).

2.3.2 Μεταδιεγερτική διευκόλυνση και είδη μυϊκής συστολής

Από την ανασκόπηση των σχετικών εργασιών φαίνεται ότι οι ισομετρικές και οι δυναμικές (ισοτονικές) μυϊκές συστολές έχουν κυρίως χρησιμοποιηθεί σαν ερεθίσματα προενεργοποίησης, προκαλώντας διαφορετικής έντασης PAP, η οποία όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο υποκεφάλαιο σχετίζεται με την βαθμό της κόπωσης που αναπτύσσεται με παράλληλο τρόπο (Tillin & Bishop, 2009).

Η νευρομυϊκή κόπωση που μπορεί να αναπτυχθεί εξαρτάται από τις μορφές των μυϊκών συστολών διέγερσης (Babault, Desbrosses, & Fabre, 2006). Η εφαρμογή ενός δυναμικού πρωτοκόλλου μπορεί να προκαλέσει νευρομυϊκή κόπωση η οποία κατά την πρώτη φάση θα μπορούσε να αποδοθεί σε μειωμένη δυνατότητα ανάπτυξης δύναμης (κόπωση περιφερειακού χαρακτήρα), ενώ η

κεντρική κόπωση φαίνεται ότι αναπτύσσεται προς το τέλος του δυναμικού πρωτοκόλλου μειώνοντας τις νευρικές ώσεις προς την περιφέρεια (κόπωση κεντρικού χαρακτήρα) (Kay, St Clair Gibson, & Mitchell, 2000). Σε αντίθεση με το δυναμικό, το αντίστοιχο ισομετρικό πρωτόκολλο προκάλεσε ανάλογες προσαρμογές αλλά με αντίστροφο τρόπο.

Από την ανασκόπηση των σχετικών εργασιών φαίνεται ότι το είδος της μυϊκής συστολής θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τον σχεδιασμό των αντίστοιχων ερευνητικών πρωτοκόλλων και μπορεί να επηρεάσει με διαφορετικό τρόπο τα αποτελέσματα σε δοκιμασίες απόδοσης. Συγκεκριμένα τα αποτελέσματα των Esformes, Keenan, Moody & Bampouras (2011), οι οποίοι εξέτασαν αθλητές ράκμπι στις πιέσεις πάγκου μετά από πρωτόκολλα παρέμβασης ισομετρικού, μειομετρικού, πλειομετρικού και δυναμικού (μειομετρικό-πλειομετρικό) τύπου, έδειξαν πως ισομετρική συστολή διάρκειας επτά δευτερολέπτων επέφερε PAP, η οποία ενίσχυσε την παραγωγή ισχύος μετά από περίοδο ανάπαυσης δώδεκα λεπτών. Αντίθετα οι μειομετρικές, πλειομετρικές και δυναμικές συστολές δεν επέφεραν ανάλογα αποτελέσματα στην ισχύ στη δοκιμασία πιέσεων πάγκου.

Οι εργασίες οι οποίες αναφέρονται στις δυναμικές συστολές εμφανίζουν αντικρουόμενα αποτελέσματα. Συγκεκριμένα σημαντικός αριθμός εργασιών παρουσιάζει θετική επίδραση μετά από εφαρμογή διαφόρων πρωτοκόλλων διέγερσης με αντίσταση, σε εκρηκτικές κινήσεις των άνω και κάτω άκρων οι οποίες αφορούν για τα μεν άνω άκρα α) τις εκρηκτικές πιέσεις πάγκου β) τη μέτρηση ταχύτητας και γ) της επίδοσης διαφόρων οργάνων (Baker, 2003; Bevan et al., 2009; Esformes, Keenan, Moody & Bampouras, 2011; Judge, Bellar & Judge, 2010; Matthews, O'Conchuir, & Comfort, 2009; Miyamoto, Kanehisa, Fukunaga & Kawakami, 2011) ενώ για τα κάτω άκρα οι δοκιμασίες απόδοσης αφορούσαν την επίδοση σε: α) διάφορες αποστάσεις ταχύτητας (Chatzopoulos et al., 2007; Linder et al., 2010) β) την μέτρηση διαφόρων παραμέτρων κατά την διάρκεια αλμάτων χωρίς αρχική φόρα, CMJs, και DJs (Chattong, Brown, Coburn, & Noffal, 2010; Commyns, Harrison, Hennessy & Jensen, 2007; Kilduff, et al., 2008; Smilios, Pilianidis, Sotiropoulos, Antonakis, & Tokmakidis, 2005;

Sotiropoulos et al., 2010) και γ) διάφορες δοκιμασίες ισχύος με τη βοήθεια μπάρας αντιστάσεων (Chiu et al., 2003; Kilduff et al., 2007; Weber et al., 2008).

Αξίζει να σημειωθεί ότι σε καμιά από τις προαναφερόμενες εργασίες το πρωτόκολλο διέγερσης ήταν ίδιο. Ενδεικτικά στις προαναφερόμενες εργασίες έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορα κυρίως μεγάλης έντασης πρωτόκολλα, τα οποία σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες ευθύνονται για τις διαφορετικές ποσοτικές μεταβολές της PAP των εργασιών αυτών. Συγκεκριμένα, πέντε επαναλήψεις στο 85% της 1 RM (Matthews, O'Conchuir, & Comfort, 2009), τρία σετ των τριών επαναλήψεων στο 87% της 1 RM (Bevan et al., 2009), τέσσερις επαναλήψεις στη 1 RM (Linder et al., 2010), δέκα επαναλήψεις στο 90% της 1 RM (Chatzopoulos et al., 2007), τρεις επαναλήψεις στο 91% της 1 RM (Bevan et al., 2010), μία επανάληψη στη 1 RM (Chiu et al., 2003; Ferreira, Panissa, Miarka & Franchini, 2012), γλκέκα επιβάρυνσης (5, 10, 14 και 20% του σωματικού βάρους) (Chatton et al., 2010), μία επανάληψη στο 85% της 1 RM (Weber et al., 2008), μία επανάληψη στο 25-35% ή στο 45-65 % της 1 RM (Sotiropoulos et al., 2010), τρεις επαναλήψεις στο 65%, τρεις στο 80 και τρεις στο 93% της 1 RM (Comyns, Harrison, Hennessy, & Jensen, 2007), πέντε επαναλήψεις στο 50% της 1 RM, τρεις επαναλήψεις στο 70% της 1 RM και πέντε σετ στο 90% της 1 RM (Okuno et al., 2012), τρεις επαναλήψεις στο 91% της 1 RM (Bevan et al., 2010), μία επανάληψη στο 30 ή μία επανάληψη στο 80% της 1 RM (Smilios et al., 2005), μία επανάληψη στο 56%, μία επανάληψη στο 70% και μία επανάληψη στο 93% της 1 RM (Lowery et al., 2012), τρία σετ των τριών επαναλήψεων στο 87% της 1 RM (Kilduff et al., 2007) και τρία σετ των τριών επαναλήψεων της 1 RM (Kilduff et al., 2008) απέδωσαν σημαντικές βελτιώσεις (0.5 έως και 8% περίπου) σε επιλεγμένες μεταβλητές επίδοσης.

Σε αντίθεση με τους παραπάνω ερευνητές ο Brandenburg, (2005), οι Crum, Kawamori, Stone & Haff, (2012), οι Farup & Sorensen (2010), οι Moir, Mergy, Witmer & Davis, (2011), οι Hanson, Leigh, & Mynark, (2007), οι Hrysomalis & Kidgell, (2001), ο Khamoui και οι συνεργάτες του (2009), οι Mangus, Takahashi, Mercer, Holcomb, McWhorter, & Sanchez, (2006), και οι Witmer, Davis, & Moir, (2010), δεν διαπίστωσαν σημαντικές διαφορές σε επιλεγμένες μεταβλητές

δοκιμασιών ισχύος των άνω και κάτω άκρων χρησιμοποιώντας ανάλογες δοκιμασίες με σχεδόν παρόμοια πρωτόκολλα επιβάρυνσης με τις αντίστοιχες εργασίες που βρήκαν θετικά αποτελέσματα και παρουσιάστηκαν παραπάνω. Όπως φαίνεται ενώ τα πρωτόκολλα διέγερσης κυμαινότουσαν ως επί το πλείστον εντός των ορίων που προσδιορίζουν την μέγιστη ένταση, τα αποτελέσματα των προαναφερομένων μελετών συχνά και για στατιστικούς λόγους δεν ήταν σημαντικά. Κατά τον τρόπο αυτό προτείνεται η διερεύνηση των μεταβολών που θα μπορούσαν να αποδοθούν σε πρωτόκολλα διέγερσης με παρόμοια χαρακτηριστικά ελέγχοντας τις διατομικές ή και τις προσωπικές ασκησιογενείς «αποδοχές» των ερεθισμάτων, γεγονός το οποίο θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τον σχεδιασμό ανάλογων προγραμμάτων (Bevan et al., 2010; Comyns et al., 2006; Mangus et al., 2006; Matthews, O’Conchuir, & Comfort, 2009; McCann, & Flanagan, 2010).

Ικανοποιητικός επίσης αριθμός εργασιών έχει διερευνήσει την επίδραση πρωτοκόλλων διέγερσης στα οποία εφαρμόστηκαν μέγιστες εκούσιες ισομετρικές συστολές είτε ισομετρικές συστολές με παράλληλη ηλεκτροδιέγερση σε δοκιμασίες ισχύος. Τα αποτελέσματα των εργασιών αυτών δείχνουν ότι αμέσως μετά την παρέμβαση εμφανίζεται PAP (Babault, Maffiuletti, & Pousson, 2008; Berning, Adams, DeBeliso, Sevene-Adams, Harris, & Stamford, 2010; Cramer, & Cooke, 2003; Crow Buttifant, Kearny & Hrysomallis, 2012; French, Smith & Fry, 2007; Gullich & Schmidbleicher, 1996; Miyamoto, Kanehisa, Fukunaga & Kawakami, 2011; Morana & Perrey, 2009), η οποία μειώνεται προοδευτικά μέχρι την εξαφάνισή της με την πάροδο του χρόνου (Hamada, Sale, & MacDougall, 2000). Η μεγάλη διάρκεια μπορεί να προκαλέσει αντίθετα αποτελέσματα (French, Cramer, & Cooke, 2003) ενώ ο όγκος (αριθμός επαναλήψεων και διάρκεια) μπορούν να προκαλέσουν κόπωση και αντίθετα από τα αναμενόμενα αποτελέσματα. Στην περίπτωση αυτή η επιμήκυνση του διαλλείματος θεωρείται επιβεβλημένη (Behm et al., 2004; Gossen & Sale, 2000; Robbins & Docherty, 2005). Τέλος φαίνεται ότι η PAP που αποδίδεται σε ισομετρικές συστολές σχετίζεται με το επίπεδο των εξεταζομένων ατόμων (Smith & Fry, 2007), με την αθλητική εξειδίκευση (αθλητές ισχύος –αθλητές αντοχής) (Hamada, Sale, &

MacDougall, 2000; Paasuke, Saapar, Ereline, Gapeyeva, Requena, & Oorik, 2007) και τις επιδόσεις σε δοκιμασίες ισχύος (Requena, Saez de Vilareal, Gapeyeva, Ereline, Garcia, & Paasuke, 2011) αντίστοιχα.

Ελάχιστες πληροφορίες υπάρχουν σχετικά με την επίδραση πλειομετρικών κινήσεων οι οποίες μεταβολικά δεν προκαλούν κόπωση στον αθλητή, ενώ ταυτόχρονα προσομοιάζουν τα κινητικά πρότυπα διαφόρων αθλημάτων και εμπειρικά χρησιμοποιούνται στο τελευταίο μέρος της ειδικής προθέρμανσης αφού λειτουργούν ευεργετικά στην καλύτερη προετοιμασία του αθλητή. Σε όλες τις εργασίες αυτές η προσθήκη DJs ανέπτυξε PAP σε α) αλτικές δοκιμασίες (Hilfiker et al., 2007; Tran et al., 2012), β) δοκιμασίες προσδιορισμού μέγιστης δύναμης με αντιστάσεις (Masamoto et al., 2003) και γ) στις επιδόσεις ριπτικού χαρακτήρα (Bellar, Judge, Turk & Judge, 2012; Terzis et al., 2009; Terzis et al., 2012) αναδεικνύοντας την σπουδαιότητα και την ανάγκη περαιτέρω διερεύνησης αυτών των μυϊκών συστολών. Ενδιαφέρουσα είναι η έρευνα του Read και των συνεργατών του (2012), τα αποτελέσματα της οποίας έδειξαν πως ένα λεπτό μετά από τρία CMJs, υπήρξε στατιστικά σημαντική αύξηση της ταχύτητας του χτυπήματος του μπαστουιού σε αθλητές γκόλφ. Ακόμα οι Tobin & Delahunt (2014), στη μελέτη τους ερεύνησαν την επίδραση πλειομετρικών ασκήσεων στην επίδοση στο άλμα σε αθλητές ράκμπι. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως μια σειρά πλειομετρικές ασκήσεις (αναπηδήσεις ποδοκνημικής, περάσματα πάνω απο εμπόδιο και άλματα βάθους), προκάλεσε ενίσχυση στο ύψος του CMJ, αλλά και στη μέγιστη δύναμη. Οι πλειομετρικές ασκήσεις είχαν ως αποτέλεσμα την εμφάνιση της PAP και αυτό συνέβη στη πλειονότητα των ασκούμενων με ελάχιστους ως εξαίρεση. Η έρευνα επίσης των Turner, Bellhouse, Kilduff & Russell (2015), έχει μεγάλο ενδιαφέρον στην οποία οι συγγραφείς χρησιμοποίησαν ως παρέμβαση δύο πλειομετρικά πρωτόκολλα και εξέτασαν την επίδραση τους στα δέκα και είκοσι μέτρα δρόμο ταχύτητας σε σχέση με τη κατάσταση ελέγχου. Το ένα ήταν αναπηδήσεις μόνο με το βάρος του σώματος και το άλλο ήταν αναπηδήσεις με πρόσθετη επιβάρυνση (10% του σωματικού βάρους). Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης οδήγησαν στο συμπέρασμα πως το πρωτόκολλο πλειομετρικών ασκήσεων με επιβάρυνση μπορεί να επιφέρει τη PAP

και να έχει ως αποτέλεσμα την ενίσχυση της επίδοσης στα είκοσι μέτρα δρόμου ταχύτητας. Αν την άλλη η παρέμβαση χωρίς επιβάρυνση είναι πιο κατάλληλη για την ενίσχυση των δέκα μέτρων δρόμου ταχύτητας.

Τέλος μέχρι σήμερα υπάρχουν πέντε συγκριτικές μελέτες στις οποίες διερευνώνται παρεμβάσεις α) ισομετρικού και δυναμικού χαρακτήρα (Rixon, Lamont, & Bemben, 2007), β) ισομετρικού, δυναμικού και πλειομετρικού χαρακτήρα (Till & Cooke, 2009), γ) ισομετρικού και πλειομετρικού χαρακτήρα (Tsolakis, Bogdanis, Nikolaou & Zacharogiannis, 2011), δ) δυναμικού και πλειομετρικού χαρακτήρα (Esformes, Cameron & Bambouras, 2010) και ε) μειομετρικού, έκκεντρου και ισομετρικού χαρακτήρα (Bogdanis, Tsoukos, Veligeas, Tsolakis & Terzis, 2014), σε αλτικές και δρομικές δοκιμασίες αντίστοιχα. Από τα αποτελέσματα των Rixon, Lamont, & Bemben (2007), φαίνεται ότι η ισομετρική παρέμβαση αποδείχθηκε υπέρτερη των υπολοίπων προγραμμάτων σε αντίθεση με τα αποτελέσματα των Till & Cooke, (2009), οι οποίοι δεν διαπίστωσαν καμία σημαντική μεταβολή από τις επιλεγμένες παρεμβάσεις της μελέτης τους. Σε ίδια συμπεράσματα κατέληξε και η πρόσφατη μελέτη του Bogdanis και συνεργατών του (2014), όπου βρέθηκε πως οι ισομετρικές συσπάσεις από θέση squat ήταν πιο αποδοτικές από τις έκκεντρες και τις μειομετρικές για την βελτίωση του CMJ όταν η ώθηση της δύναμης της άσκησης ενεργοποίησης είχε εξισωθεί. Αρκετά ενδιαφέρουσα είναι και η έρευνα των Tsolakis, Bogdanis, Nikolaou & Zacharogiannis, (2011), στην οποία σε αντίθεση με τις παραπάνω βρέθηκε πως σε αθλητές ξιφασκίας η επίδοση ισχύος στα κάτω άκρα επηρεάστηκε αρνητικά μετά από ισομετρικές συστολές, ενώ μετά από πλειομετρικό πρωτόκολλο το οποίο δεν επηρέασε την επίδοση αφού οι τιμές στην ισχύ παρέμειναν οι ίδιες με την κατάσταση ελέγχου. Τέλος οι Esformes, Cameron & Bambouras (2010), διαπίστωσαν ότι το δυναμικό πρωτόκολλο που αποτελούνταν από ημικαθίσματα σε μερικές μόνο περιπτώσεις αποδείχτηκε καλύτερο από το αντίστοιχο πλειομετρικό, ενώ δεν προέκυψαν διαφορές από τον επαναλαμβανόμενο χαρακτήρα των παρεμβάσεων.

2.3.3 Μεταδιεγερτική διευκόλυνση και χαρακτηριστικά δοκιμαζομένων (προπονημένοι απροπόνητοι, δυνατοί – αδύνατοι)

Τα προπονημένα άτομα καθώς και οι αθλητές ισχύος φαίνεται ότι μπορούν να βελτιώσουν σε μεγαλύτερο ποσοστό την απόδοση μετά από ασκήσεις προενεργοποίησης σε σύγκριση με αθλητές ψυχαγωγικού χαρακτήρα ή φοιτητές ακαδημιών φυσικής αγωγής αντίστοιχα (Tillin & Bishop, 2009).

Οι ασκησιογενείς προσαρμογές των συστηματικά προπονημένων αθλητών αντίστασης και η αντοχή τους στην κόπωση που προκαλείται μετά από προπόνηση με μεγάλα φορτία, βοηθούν στην γρηγορότερη αποκατάσταση, αναδεικνύοντας τις μεταβολές στην απόδοση που αποδίδονται στη PAP (Chiu et al., 2003; Hamada et al., 2000), ενώ σε μέτρια προπονημένα άτομα το φαινόμενο της κόπωσης επικρατεί (Brandenburg, 2005).

Αθλητές με καλές προπονητικές προσαρμογές μπορούν να αυξήσουν σημαντικά την απόδοση σε επιλεγμένες παραμέτρους ισχύος (CMJ και DJ) σε αντίθεση με ελαφρότερα προπονημένους δοκιμαζόμενους (Berning et al., 2010; Chiu et al., 2003), ενώ σε πρόσφατη βιβλιογραφική ανασκόπηση οι Wilson και συνεργάτες του (2012), αναφέρουν πως αθλητές με περισσότερο από τρία χρόνια εμπειρία στη προπόνηση αντιστάσεων είναι περισσότερο δεκτικοί στη PAP.

Σημαντικές επίσης συσχετίσεις έχουν παρατηρηθεί ανάμεσα στο επίπεδο της PAP και τις δοκιμασίες ισχύος όχι μόνο σε συστηματικά προπονημένους αθλητές (ποδοσφαίρου, ξιφασκίας), επιβεβαιώνοντας τις παρατηρήσεις των προαναφερομένων ερευνητών (Requena et al., 2011; Tsolakis, Bogdanis, Nikolaou & Zacharogiannis, 2011), αλλά και σε φοιτητές φυσικής αγωγής με μικρότερη προπονητική εμπειρία (Terzis et al., 2009).

Η PAP είναι πολύ μεγαλύτερη στις μυϊκές ίνες τύπου II γιατί αυτές είναι δεκτικότερες στη φωσφορυλίωση της μυοσίνης (Baker, 2003; Smith & Fry, 2007) και κατά συνέπεια οι αθλητές δυναμικών αθλημάτων μπορούν να ωφεληθούν αναπτύσσοντας με εμφανέστερο τρόπο φαινόμενα PAP στην απόδοση επιλεγμένων παραμέτρων (Bellar, Judge, Turk & Judge, 2012; Chiu et al., 2003; Hamada Sale, & MacDougall, 2000, Rixon, Lamont, & Bemben, 2007; Terzis et al, 2009).

Μεταξύ των παραγόντων οι οποίοι μπορούν να επηρεάζουν την ανάπτυξη της PAP είναι και η σχέση δύναμης και αποτελέσματος προενεργοποίησης (Aagard, Simonsen, Andersen, Magnuson & Dyhre-Poulsen, 2002; Ebben, 2002). Τα συμπεράσματα των αντίστοιχων μελετών αποδεικνύουν ότι τα άτομα με την μεγαλύτερη μυϊκή δύναμη αναπτύσσουν ποσοτικά μεγαλύτερη και με αποτελεσματικότερο τρόπο PAP σε σχέση με την ομάδα των αδυνάτων (Bellar, Judge, Turk & Judge, 2012; Gourgoulis, Aggeloussis, Kasimatis, Mavromatis & Garas, 2003; Kilduff et al., 2007; Okuno et al., 2012; Young, Jenner & Griffiths, 1998). Στην έρευνα του Hirayama (2014), όπως και στις παραπάνω έρευνες φαίνεται πως οι δυνατοί δοκιμαζόμενοι, οι οποίοι έχουν σε μεγάλο ποσοστό μυϊκές ίνες ταχείας συστολής είχαν πολύ καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με τους πιο αδύναμους.

Σε σημαντικό αριθμό μελετών φαίνεται ότι ο διαχωρισμός των δοκιμαζόμενων σε ομάδες ανάλογα με το επίπεδο δύναμης βοηθά στην βαθύτερη διερεύνηση της επίδρασης διαφόρων ασκήσεων προενεργοποίησης στην απόδοση. Παρατηρήθηκε ότι οι δοκιμαζόμενοι με την ψηλότερη μυϊκή δύναμη παρουσίασαν μεγαλύτερη βελτίωση σε μεταβλητές απόδοσης μέγιστης δύναμης ή μέγιστης ισχύος (Bellar & Judge, 2011; Duthie, Young & Aitken, 2002; Yetter & Moir, 2008). Η ικανότητα των δοκιμαζόμενων να ανυψώνουν φορτία τα οποία ισούνται δύο φορές με το βάρος του σώματος θεωρείται ως το κατώφλι ανάπτυξης PAP (Berning et al., 2010; Bullock & Comfort, 2011; Rubben et al., 2010). Στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξε και η μελέτη του του Fukutani και των συνεργατών του (2014), στην οποία οι δοκιμαζόμενοι ήταν υψηλά προπονημένοι αθλητές ολυμπιακής άρσης βαρών όπου όλοι επηρεάστηκαν θετικά με πρωτόκολλο υψηλής επιβάρυνσης. Αυτό δείχνει πως η PAP επηρεάζει καλύτερα άτομα με μεγάλη μυϊκή δύναμη. Ακόμη και στην έρευνα των Mola, Bruce-Low & Burnet (2014), τα χρονικά σημεία στα οποία οι ανταποκριθέντες εμφάνιζαν PAP ήταν τελείως εξατομικευμένα. Αυτό οφείλεται στα διαφορετικά επίπεδα δύναμης των ασκούμενων διότι οι ανταποκριθέντες είχαν μεγαλύτερη δύναμη στη παρέμβαση (squat 3 RM) απ' ότι οι μη ανταποκριθέντες. Επίσης αρκετό ενδιαφέρον προξενεί η μελέτη των Turner, Bellhouse, Kilduff & Russell (2015).

Από τα αποτελέσματα της φαίνεται πως οι πιο γρήγοροι δοκιμαζόμενοι, δηλαδή αυτοί οι οποίοι είχαν μεγάλη αρχική ταχύτητα και τις καλύτερες επιδόσεις σε δρόμο ταχύτητας, μετά απο πλειομετρικές ασκήσεις είχαν μεγαλύτερο ποσοστό εμφάνισης της PAP σε σχέση με τους πιο αργούς συμμετέχοντες. Τέλος σε αντίθεση με τις προαναφερθείσες μελέτες οι έρευνες των Batista, Rochel, Barroso, Ugrinowitsch & Tricoli (2011) και του Magnus και των συνεργατών του (2006), αναφέρουν πως το επίπεδο δύναμης και το προπονητικό υπόβαθρο δεν παίζουν σημαντικό ρόλο στην εκδήλωση της PAP.

2.4 Διερεύνηση της επίδρασης της μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης όσον αφορά στις δραστηριότητες απόδοσης

2.4.1 Μεταδιεγερτική διευκόλυνση και αλτικές δοκιμασίες

Η πλειονότητα των εργασιών οι οποίες διερευνούν την επίδραση διαφορετικών πρωτοκόλλων ασκήσεων διέγερσης στην απόδοση αθλητικών προσπαθειών έχουν χρησιμοποιήσει σαν δοκιμασίες επίδοσης αλτικές προσπάθειες κυρίως κατακόρυφων αλμάτων με αρχική φόρα (CMJ), με και χωρίς επιβάρυνση (Esformes, Cameron & Bampouras 2010; Lowery et al., 2012; Smilios, Pilianidis, Sotiropoulos, Antonakis, & Tokmakidis, 2005; Thompsen, Kackley & Faigenbaum, 2007), αλμάτων βάθους (DJ) (Comyns et al., 2007) από διαφορετικά ύψη καθώς και οριζόντια άλματα, ενώ σε μερικές γίνεται προσπάθεια ερμηνείας των μηχανισμών με τη βοήθεια ηλεκτρομυογραφικής καταγραφής των προσπαθειών (Marquez, Mon, Acero, Sanchez, & Fernamdez-Del-Olmo, 2009; Sotiropoulos et al., 2010). Οι ασκήσεις διέγερσης των συγκεκριμένων πρωτοκόλλων συνήθως είναι ημικαθίσματα (half squat) με αντιστάσεις τα οποία ποικίλουν από μέτρια έως μεγάλη ένταση (Crewther et al., 2011; Crum, Kawamori, Stone & Haff, 2012; Hanson, Leigh, & Mynark, 2007; Hirayama, 2014; Lowery et al., 2012; Mangus et al., 2006; Moir, Mergy, Witmer & Davis, 2011; Sotiropoulos et al., 2010; Weber et al., 2008; Witmer, Davis, & Moir, 2010), σε συνδυασμούς ισομετρικών και δυναμικών πρωτόκολλων (Berning et al., 2010; Chiu et al., 2003; Comyns et al., 2007; Khamoui et al., 2009; Kilduff et al., 2008; McCann & Flanagan, 2010; Robbins & Docherty, 2005; Smilios et al.,

2005), σε απλές ασκήσεις δυναμικού χαρακτήρα (Dalrymple, Davis, Dwyer, & Moir, 2010), ενώ σε μερικές από αυτές έχουν χρησιμοποιηθεί επίσης αλτικές δοκιμασίες σύγκεντρων και έκκεντρων χαρακτηριστικών ή και ασκήσεων κύκλων διάτασης – σύσπασης (Chatton et al., 2010; Comyns, Harrison, & Hennessy, 2011; Esformes Keenan, Moody & Bampouras, 2012; Hilfiker et al., 2007) και τέλος κυμαινόμενης έντασης ποδηλασία (Marquez et al., 2009). Αρκετά ενδιαφέρουσα είναι η μελέτη του Bogdanis και των συνεργατών του (2014), η οποία συνδυάζει πολλούς τρόπους διέγερσης με διαφορετικά είδη μυϊκής συστολής και την επίδρασή τους στο CMJ. Η μελέτη περιλάμβανε μία συνθήκη ελέγχου και τρεις πειραματικές οι οποίες περιελάμβαναν ενεργοποίηση με διαφορετικά είδη μυϊκής σύσπασης-δράσης: (α) μειομετρικά ημικαθίσματα (7.5 ± 1.2 επαναλήψεις στο 90% της 1 RM), (β) έκκεντρα ημικαθίσματα (9.3 ± 1.5 επαναλήψεις στο 70% της 1 RM), και (γ) τρεις σειρές των τριών δευτερολέπτων μέγιστων ισομετρικών συσπάσεων από θέση ημικαθίσματος με γωνία στο γόνατο (90°). Στη συνέχεια οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν CMJs σε διάφορα χρονικά σημεία. Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής αναφέρουν πως οι ισομετρικές συσπάσεις από ημικάθισμα ήταν πιο αποδοτικές από τις έκκεντρες και τις μειομετρικές για την βελτίωση του CMJ όταν η ώθηση της δύναμης της άσκησης ενεργοποίησης είχε εξισωθεί.

Όσον αναφορά το χρόνο αποκατάστασης, των εργασιών αυτών τα εξεταζόμενα άτομα υποβάλλονταν στις δοκιμασίες αμέσως μετά (Kilduff et al., 2008) μετά πάροδο χρονικού διαστήματος που κυμαινόταν από τρία έως πέντε λεπτά (Berning et al., 2010; Chiu et al., 2003; Comyns, Harrison, & Hennessy, 2011; Crow, Buttifant, Kearny & Hrysonmallis, 2012; Khamoui et al., 2009; Lowery et al., 2012; McCann & Flanagan 2010; Smilios et al., 2005; Weber et al., 2008), οκτώ έως και είκοσι λεπτών (Chiu et al., 2003; Esformes Keenan, Moody & Bampouras, 2012; Kilduff et al., 2008; Lowery et al., 2012; Smilios et al., 2005) αλλά και απο δεκαπέντε δευτερόλεπτα έως και εικοσιένα λεπτά (Bogdanis et al., 2014). Τα εξεταζόμενα άτομα των μελετών αυτών είναι άνδρες και γυναίκες (Hanson, Leigh, & Mynark, 2007; McCann & Flanagan, 2010; Witmer, Davis, & Moir, 2010), προπονημένα και απροπόνητα (Berning et al., 2010; Chiu et al.,

2003; Khamoui et al., 2009; McCann & Flanagan, 2010;) δυνατά και αδύνατα άτομα, αθλητές (Hilfiker et al., 2007; Marquez et al., 2009; McCann & Flanagan, 2010; Kilduff et al., 2008; Sotiropoulos et al., 2010; Weber et al., 2008;) και άτομα που κάνουν καθιστική ζωή (Chiu et al., 2003; Thompsen et al., 2007) αντίστοιχα.

Τα αποτελέσματα των μελετών αυτών είναι αντικρουόμενα προφανώς λόγω των προαναφερομένων διαφορών στη μεθοδολογία, ενώ σε μεγάλο αριθμό μελετών η έντονη απόκλιση στην μεταδιεγερτική συμπεριφορά ανάμεσα στα εξεταζόμενα άτομα φαίνεται ότι μπορεί να επηρεάσει το τελικό αποτέλεσμα γεγονός το οποίο θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τον σχεδιασμό αντίστοιχων προγραμμάτων (Darlymple et al., 2010; Mangus et al., 2006; McCann, & Flanagan, 2010) .

Τα αποτελέσματα της μελέτης των Crow, Buttifant, Kearny & Hrysomallis, (2012), δείχνουν βελτίωση στο CMJ μετά από ασκήσεις χαμηλής επιβάρυνσης σε παίκτες αυστραλιανού ποδοσφαίρου. Συγκεκριμένα αρκετές μελέτες αναφέρουν σημαντική βελτίωση (2-6% περίπου) στην ισχύ των κάτω άκρων μετά από διαφορετικές ασκήσεις διέγερσης προτείνοντας την εφαρμογή ανάλογων μεθόδων τόσο κατά την ειδική προθέρμανση πριν τον αγώνα όσο και κατά την διάρκεια συνδυαστικής προπόνησης αντιστάσεων και πλειομετρικών ασκήσεων αντίστοιχα (Berning et al., 2010; Bogdanis et al., 2014; Chattong et al., 2010; Chiu et al., 2003; Comyns et al., 2007; Khamoui et al., 2009; Kilduff et al., 2008; Lowery et al., 2012; McCann & Flanagan 2010; Smilios, Pilianidis, Sotiropoulos, Antonakis, & Tokmakidis, 2005; Sotiropoulos et al., 2010; Thompsen, Kackley & Faigenbaum, 2007; Weber et al., 2008).

Σε αντίθεση με τις προαναφερόμενες μελέτες, οι έρευνες των Crum, Kawamori, Stone & Haff (2012), του Darlymple και των συνεργατών του (2010), των Hanson, Leigh, & Mynark, (2007), του Hilfiker και των συνεργατών του (2007), του Mangus και των συνεργατών του (2006), των Moir, Mergy, Witmer & Davis, (2011), των Robbins & Docherty (2005), του Stieg και των συνεργατών του (2012), και των Witmer, Davis, & Moir (2010), δεν διαπίστωσαν σημαντικές αλλαγές στην αλτική ικανότητα, ενώ ο Marquez και οι συνεργάτες του (2009),

διαπίστωσαν σημαντική πτώση στη δοκιμασία του CMJ μετά από ποδηλασία διάρκειας δεκαπέντε λεπτών με ελεύθερο ρυθμό κίνησης ή ακόμα και με χαμηλότερο ρυθμό κατά 20% της κίνησης με ελεύθερη επιλογή αντίστοιχα, σε άρρενες φοιτητές αθλητές ομαδικών αθλημάτων οι οποίοι αγωνιζόταν σε τοπικούς συλλόγους.

Τα πρωτόκολλα των εργασιών αυτών ήταν ισομετρικά, δυναμικά, ή αντίστασης σε διαφορετική ένταση (χαμηλή, μέτρια ή πολύ υψηλή) και επαναλήψεις, στα οποία εφαρμόστηκε διαφορετικό χρονικό διάστημα αποκατάστασης από την άσκηση προενεργοποίησης μέχρι την δοκιμασία επίδοσης με διαφορετικό επίπεδο των εξεταζόμενων ατόμων. Οι διαφορές αυτές δεν δίνουν την δυνατότητα εξαγωγής σαφών συμπερασμάτων σχετικά με την επίδραση των προγραμμάτων αυτών στην αλτική ικανότητα των εξεταζομένων ατόμων.

2.4.2 Μεταδιεγερτική διευκόλυνση και δοκιμασίες ταχύτητας

Η εφαρμογή διαφορετικών πρωτοκόλλων ασκήσεων διέγερσης κατά τη διάρκεια της ειδικής προθέρμανσης φαίνεται ότι μπορεί να προκαλέσει PAP ενισχύοντας την επίδοση σε δοκιμασίες ταχύτητας. Σε έρευνά τους ο Chatzopoulos και οι συνεργάτες του (2007), αναφέρουν ότι η άσκηση υψηλής αντιστάσεως (10 επαναλήψεις στο 90% της 1 RM) όταν εκτελείται πέντε λεπτά πριν από τις δοκιμασίες επίδοσης βελτιώνει την απόδοση σε αποστάσεις ταχύτητας δέκα και τριάντα μέτρων αντίστοιχα. Σε παρόμοια αποτελέσματα καταλήγει και ο Smith και οι συνεργάτες του (2001), εφαρμόζοντας συγκεκριμένο πρωτόκολλο ημικαθισμάτων, δέκα λεπτά πριν την δοκιμασία επίδοσης, προκαλώντας βελτίωση στο χρόνο δρόμου ταχύτητας δέκα μέτρων. Επίσης η Linder και οι συνεργάτες της (2010), ανέφεραν μια σημαντική βελτίωση μεγέθους 0.19 δευτερολέπτων ($p < 0.05$), όταν η δοκιμασία ταχύτητας εκατό μέτρων ακολουθούσε μετά από προενεργοποίηση διέγερσης (4 ημικαθισμάτων 4 RM), χωρίς όμως τα αποτελέσματα αυτά να διαφέρουν από τα αντίστοιχα της ομάδας ελέγχου. Ομοίως σε θετικά αποτελέσματα καταλήγει και η έρευνα του Rahimi (2007), στην οποία η εκτέλεση ημικαθισμάτων υψηλής επιβάρυνσης και έντασης ($>80\%$ 1 RM) πριν δρομικές προσπάθειες ταχύτητας μπορεί να προκαλέσουν

βελτίωση της επίδοσης στο δρόμο ταχύτητας των σαράντα μέτρων. Ακόμη, ο Bevan και οι συνεργάτες του (2010), διερευνώντας την επίδραση τριών επαναλήψεων *halfsquats* με επιβάρυνση στο 91% της 1 RM, διαπίστωσαν βελτίωση στην επίδοση αθλητών ράγκμπυ σε επαναλαμβανόμενες αποστάσεις ταχύτητας των πέντε και δέκα μέτρων αντίστοιχα. Επιπλέον, στη μελέτη του Okuno και των συνεργατών του (2012), φαίνεται πως μετά από ημικαθίσματα υψηλής επιβάρυνσης και έντασης (5 επαναλήψεις στο 50% της 1 RM, 3 επαναλήψεις στο 70% της 1 RM και 5 σετ από 1 επανάληψη στο 90% της 1 RM), υπάρχει στατιστικά σημαντική βελτίωση στα επαναλαμβανόμενα σπριντ σε αθλητές χειροσφαίρισης. Επίσης στη μελέτη των Byrne, Kenny & O'Rourke (2014), υπήρξε βελτίωση (2,2%) σε δρόμο ταχύτητας είκοσι μέτρων μετά από ένα δυναμικό πρωτόκολλο σε σχέση με την κατάσταση ελέγχου, ενώ μετά από ένα πρωτόκολλο με άλματα βάθους υπήρξε βελτίωση (5,5%) σε σχέση με την κατάσταση ελέγχου. Συγκριτικά η επίδοση βελτιώθηκε (2,93 %) μετά από την παρέμβαση με τα άλματα βάθους σε σχέση με τη δυναμική παρέμβαση, ενώ ο μεγαλύτερος αριθμός (93%) των ασκούμενων κάρηνε την καλύτερη τους επίδοση μετά από το πρωτόκολλο με τα άλματα βάθους. Τέλος στη πρόσφατη έρευνα των Turner, Bellhouse, Kilduff & Russell (2015), μετά από πλειομετρικές ασκήσεις με το βάρος του σώματος υπήρξε βελτίωση στα δέκα μέτρα δρόμο ταχύτητας στα τέσσερα και στα οκτώ λεπτά σε σχέση με την κατάσταση ελέγχου. Στα είκοσι μέτρα δρόμο ταχύτητας υπήρξε μεγαλύτερη βελτίωση μετά από παρέμβαση πλειομετρικών ασκήσεων με πρόσθετη επιβάρυνση (10% του σωματικού βάρους), στα τέσσερα και στα οκτώ λεπτά σε σχέση με την κατάσταση ελέγχου αλλά και σε σχέση με το πρωτόκολλο πλειομετρικών ασκήσεων με μόνο το σωματικό βάρος.

Σε αντίθεση με τα αποτελέσματα των προαναφερόμενων μελετών οι Till & Cooke (2009), σε συγκριτική μελέτη δεν διαπίστωσαν σημαντική επίδραση της PAP στις ομάδες στην επίδοση α) στο σπριντ και β) στο άλμα μετά από δυναμικές και ισομετρικές μέγιστες εκούσιες συστολές σε σύγκριση με το πρωτόκολλο προθέρμανσης - ελέγχου. Εκτός από την προαναφερθείσα μελέτη οι Deutsch & Lloyd (2008), διαπίστωσαν ότι η εκτέλεση συνδυαστικών ασκήσεων

προενεργοποίησης με ημικαθίσματα και άλματα με πρόσθετη επιβάρυνση οδήγησε σε χειρότερους χρόνους στα πέντε και στα είκοσι μέτρα δρόμων ταχύτητας σε σύγκριση με την κατάσταση ελέγχου σε άρρενες αθλητές ράγκμπυ, προτείνοντας τη συνέχιση των μελετών για τη διαπίστωση της ιδανικής σχέσης των δύο τύπων διέγερσης. Τέλος στη πρόσφατη μελέτη των Sarramian, Turner & Greenhalgh (2015), από τα αποτελέσματα φαίνεται πως οι έλξεις και άλματα σε ύψος λιγότερο από μισό μέτρο οδήγησαν σε χαμηλότερη επίδοση άνδρες κολυμβητές στα πενήντα μέτρα ελεύθερο σε σχέση με ένα παραδοσιακό ζέσταμα κολύμβησης.

2.5 Μεταδιεγερτική διευκόλυνση και κινητικά πρότυπα που συνδέονται με την απόδοση αθλημάτων

Ελάχιστες πληροφορίες υπάρχουν σχετικά με την επίδραση της PAP στα επιλεγμένα κινητικά πρότυπα διαφόρων αθλημάτων. Πιο συγκεκριμένα στις ρίψεις, σε έρευνα που έκανε ο Terzis και οι συνεργάτες του (2009), βρέθηκε πως η επίδοση στη ρίψη σφαίρας από ημικάθισμα με τα δύο χέρια (βασικό κινητικό πρότυπο που χρησιμοποιείται ως προάσκηση από αθλητές ρίψεων) αυξήθηκε μετά από παρέμβαση με άλματα βάθους όταν η δοκιμασία επίδοσης γίνεται αμέσως μετά την παρέμβαση διέγερσης, ενώ είναι περισσότερο εμφανείς στα άτομα με την μεγαλύτερη κατανομή μυϊκών ινών τύπου II. Ομοίως η μελέτη των Judge, Bellar & Judge (2010), αναφέρει πως η επίδοση στη ρίψη σφαίρας με στροφή ενισχύθηκε στη προθέρμανση μετά τη χρήση βαρύτερων σφαιρών από αυτή που χρησιμοποιείται στους αγώνες. Ανάλογα αποτελέσματα αναφέρονται από τους Linder και συνεργάτες της (2010), όπου μετά από παρέμβαση με ημικαθίσματα καταγράφηκε σημαντική βελτίωση στο δρόμο εκατό μέτρων ενώ όσον αφορά την καλαθοσφαίριση, η έρευνα των Matthews, O'Conchuir, & Comfort (2009), αναφέρει αύξηση στην επίδοση στη πάσα στήθους (μικρότερος χρόνος πτήσης και υψηλότερη ισχύς) μετά από πέντε πιέσεις πάγκου (85% της 1 RM). Παρόμοια επίσης αποτελέσματα καταγράφονται από τους Saez Saez de Villarreal, Gonzalez-Badillo, & Izquierdo (2007), οι οποίοι διερεύνησαν την επίδραση διαφορετικών τύπων προθέρμανσης αναφέροντας σημαντική αύξηση

στην επίδοση στο βήμα - άλμα με αρχική φόρα (χρησιμοποιείται σε επιθετικές και αμυντικές ενέργειες στο βόλεϊ), ή οποία φαίνεται ότι διατηρείται και αρκετή ώρα μετά το τέλος της παρέμβασης. Αρκετά ενδιαφέρουσα είναι και η έρευνα του Read και των συνεργατών του (2012), στην οποία βρέθηκε πως μετά απο τρία CMJs αυξάνεται η ταχύτητα του μαστουπιού του γκόλφ κατά τη διάρκεια ενός drive χτυπήματος (συγκεκριμένο χτύπημα με το μαστούπι του γκόλφ στο μπαλάκι που χρησιμοποιείται κυρίως για μεγάλες αποστάσεις). Αντίθετα ο Dalrymple και οι συνεργάτες του (2010), οι οποίοι μελέτησαν πιθανές αλλαγές σε επιλεγμένα κινητικά πρότυπα πετοσφαίρισης, δεν διαπίστωσαν καμία σημαντική διαφορά μετά από δύο ξεχωριστά πρωτόκολλα προενεργοποίησης με στατικές και δυναμικές διατάξεις.

Τέλος αξίζει να αναφερθεί και η πρόσφατη συγκριτική έρευνα των Evetovich, Conley & McCawley (2015), η όποια στην ουσία εμπεριέχει τέσσερις μελέτες με διαφορετικούς ασκούμενους - αθλητές σε κάθε μελέτη όπου διερευνάται η επίδραση της PAP σε διαφορετικά κινητικά πρότυπα των αντίστοιχων αγωνισμάτων. Στη πρώτη μελέτη φαίνεται πως μία παρέμβαση ημικαθισμάτων (1 RM) ενίσχυσε την επίδοση στο CMJ και στο οριζόντιο άλμα σε αθλητές στίβου. Τα αποτελέσματα της δεύτερης μελέτης οδήγησαν στο συμπέρασμα πως μια παρέμβαση πιέσεων πάγκου (3 RM) έχει καλύτερα αποτελέσματα απ ότι τα ημικαθίσματα (3RM) στη επίδοση ρίψης σφαίρας σε αθλητές ρίψεων. Στη τρίτη μελέτη μια παρέμβαση ημικαθισμάτων (3 RM), είχε ως αποτέλεσμα τη βελτίωση στην επίδοση σε δρόμο ταχύτητας σε αθλητές ποδοσφαίρου χωρίς καμία εξαίρεση. Στη τέταρτη μελέτη η επίδοση στο CMJ δεν βελτιώθηκε σημαντικά μετά από ημικαθίσματα (3 RM) σε αθλητές ποδοσφαίρου ενώ στην άσκηση προενεργοποίησης υπήρξαν και μη ανταποκριθέντες. Από τους 11 αθλητές 3 είχαν βελτίωση, 3 δεν είχαν καμία αλλαγή στην επίδοση, ενώ οι υπόλοιποι 5 είχαν χαμηλότερη επίδοση μετά τη παρέμβαση σε σχέση με τη κατάσταση ελέγχου αναδεικνύοντας τη σημασία των ατομικών προσαρμογών κατά την εφαρμογή ασκήσεων διέγερσης.

Στα μαχητικά αθλήματα αρκετές έρευνες συνδέουν την απόδοση με τα αντίστοιχα κινητικά τους πρότυπα, όπως στο taekwondo (Aggeloussis,

Gourgoulis, Sertsou, Giannakou, & Mavromatis, 2007; Falco, Alvarez, Estevan, Molina-Garcia, Mugarra, & Iradi, 2009; Tang, Chang, & Nien, 2007), στο judo (Azevedo et al., 2007; Imamura, Iteya, Hreljac, & Escamilla, 2007; Imamura, Hreljac, Escamilla, & Edwards, 2006) στη ξιφασκία (Tsolakis, Kostaki & Vagenas, 2009) και στο καράτε (Doder & Doder, 2006; Mikic, Huremovic, Mehinovic, & Shala, 2009; Violan, Small, Zetaruk, & Micheli, 1997). Παρά το γεγονός ότι σημαντικός αριθμός μελετών συνδέει την απόδοση με τα μυοδυναμικά χαρακτηριστικά των βασικών κινητικών προτύπων σε αθλήματα επαφής – μαχητικά ελάχιστες μελέτες υπάρχουν μέχρι σήμερα οι οποίες να αναφέρονται στις διαδικασίες προενεργοποίησης κατά την προθέρμανση με αντικρουόμενα όμως αποτελέσματα. Ειδικότερα, σε μελέτη των Miarka Vecchio, & Franchini (2011), διερευνήθηκε η επίδραση παρεμβάσεων PAP μέγιστης δύναμης, πλειομετρικών ασκήσεων και συνδυασμού των δύο μεθόδων σε ειδική δοκιμασία φυσικής κατάστασης αθλητών judo. Το πλειομετρικό πρόγραμμα αποτελούνταν από δέκα σετ τριών συνεχόμενων τροποποιημένων DJs σε πλινθία είκοσι, σαράντα και εξήντα εκατοστά αντίστοιχα ξεκινώντας με DJ από συγκεκριμένο για κάθε άτομο ύψος. Το διάλλειμα των τριών λεπτών που μεσολαβούσε μεταξύ της παρέμβασης και της δοκιμασίας ελέγχου αποδείχτηκε ικανοποιητικό να αντιστρέψει τυχόν φαινόμενα κόπωσης, βελτιώνοντας σημαντικά την απόδοση σε σύγκριση με την κατάσταση ελέγχου, γεγονός το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί πρακτικά τόσο κατά την προπόνηση όσο και κατά την ειδική προθέρμανση πριν από τον αγώνα.. Σε αντίθεση ο Tsolakis και οι συνεργάτες του (2011), δεν διαπίστωσαν σημαντικές μεταβολές στο CMJ επιλέκτων αθλητών ξιφασκίας μετά από πλειομετρική παρέμβαση τριών σετ των πέντε tuck jumps παρά το γεγονός ότι υπήρχαν διαδοχικές μετρήσεις απόδοσης για χρονικό διάστημα δώδεκα λεπτών, ενώ προκλήθηκε σημαντική μείωση με ισομετρική προενεργοποίηση (3 σετ των 3 δευτερολέπτων). Στην μελέτη αυτή διαπιστώθηκε επίσης σημαντική σχέση προενεργοποίησης και απόδοσης στους άρρενες αθλητές ξιφασκίας.

Όπως προκύπτει από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας καμιά μελέτη μέχρι σήμερα δεν υπάρχει στο άθλημα του καράτε.

2.6 Ενεργειακοί μηχανισμοί και μυοδυναμικά χαρακτηριστικά αθλητών καράτε

Το άθλημα του καράτε χαρακτηρίζεται από μικρές περιόδους εκρηκτικών τεχνικών κινήσεων έντονων μυοδυναμικών απαιτήσεων και υψηλής ενεργειακής δαπάνης, ακολουθούμενες από ηπιότερες περιόδους αγώνα και σύντομα διαλείμματα πλήρους αποκατάστασης ενεργοποιώντας κυρίως τον αερόβιο μεταβολισμό, ο οποίος σχετίζεται με τις προσθιοπίσθιες μετατοπίσεις των αθλητών, ενώ οι αναερόβιες προσπάθειες φαίνεται ότι συνδέονται με τις κινήσεις των αντίστοιχων τελικών προσπαθειών (Beneke, Beyer, Jachner, Erasmus, & Hutlerer, 2004).

Η ανάλυση των αγωνιστικών προσπαθειών αγώνων μάχης με αντίπαλο (kumite) δείχνει ότι το 11.4% περίπου των κινήσεων διαρκούν από ένα έως επτά δευτερόλεπτα, το 79.5% διαρκεί από οκτώ έως πενήντα, ενώ το 9% περίπου διαρκεί από πενήνταένα έως και εκατονείκοσι δευτερόλεπτα (Sterkowicz, 1992), αναπτύσσοντας μια σχέση άσκησης – αποκατάστασης δύο προς ένα ($18\pm 6: 9\pm 6$ δευτερόλεπτα) και εκτέλεση (16.3 ± 5.1 δευτερόλεπτα) έντονων κινήσεων ανά αγώνα, από τις οποίες κάποιες (3.4 ± 2) από αυτές διαρκούν από ένα έως και τρία δευτερόλεπτα (Beneke et al., 2004).

Αρκετές έρευνες έχουν διερευνήσει τους ενεργειακούς μηχανισμούς του καράτε και ειδικότερα του kumite, υποδεικνύοντας πως το αγώνισμα αυτό βασίζεται σε ενέργειες που απαιτούν υψηλό μεταβολικό ρυθμό (Beneke et al., 2004; Doria, Veicsteinas, Limonta, Maggioni, Aschieri, Eusebi, Fano, & Pietrangelo, 2009; Iide, Imamura, Yoshimura, Yamashita, Miyahara, Miyamoto, & Moriwaki, 2008; Nunan, 2006; Ravier et al., 2006; Ravier et al., 2009). Τα αποτελέσματα διαφόρων εργομετρικών δοκιμασιών είναι περίπου τα ίδια, διαπιστώνοντας ότι ο αερόβιος μεταβολισμός είναι η κυρίαρχη πηγή ενέργειας στο αγώνισμα του kumite, με ποσοστό από 50 έως και 74%, ενώ η αναερόβια γαλακτική πηγή αντιπροσωπεύει το 12 έως 22% της ενέργειας και η αγαλακτική το 14 έως 28% αντίστοιχα (Doria et al., 2009). Σε άλλες μελέτες των οποίων η ένταση των αγώνων ήταν σημαντικά ψηλότερη διαπιστώθηκε ότι κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων της υψηλής έντασης, οι ενεργειακές πηγές

προέρχονται κατά 46% έως και 90% από την αναερόβια αλαλακτική διαδικασία που προκύπτει από διάσπαση υψηλής ενέργειας φωσφορικών ριζών (Francescato, Talon, & Prampero, 1995; Ravier et al., 2006). Τα αντικρουόμενα στοιχεία των προαναφερομένων εργασιών μπορούν να αποδοθούν στις εντάσεις του αγώνα που προέρχονται από αντίπαλους με διαφορετικές ικανότητες, γεγονός το οποίο δεν μπορεί να καθοριστεί από κανένα ανάλογο πρωτόκολλο ερευνητικής μελέτης.

Η εκδήλωση των έντονων αγωνιστικών προσπαθειών στο καράτε και ειδικότερα στο αγωνιστικό kumite, συνδέεται με την δύναμη και την ταχύτητα των κινήσεων και ειδικότερα με την ταχύτητα ανάπτυξης της μυϊκής δύναμης (Ravier, Grappe, & Rouillon, 2004; Rochel et al., 2009). Η μελέτη διαφόρων παραμέτρων οι οποίες σχετίζονται με την ισχύ των κινήσεων των άνω και κάτω άκρων αποδεικνύει τη σημαντικότητά τους στην απόδοση, την σύνδεση τους με τα επιθετικά χαρακτηριστικά των αθλητών και διαφοροποιεί τους υψηλού επιπέδου αθλητές από τους μέτριους (Baker & Davies, 2006; Ravier, Grappe, & Rouillon, 2004; Zehr, Sale, & Dowling, 1997).

III. ΜΕΘΟΔΟΣ

3.1 Υλικό

Τα άτομα που συμμετείχαν στην μελέτη αυτή ήταν δέκα έφηβοι - νέοι (5 άνδρες και 5 γυναίκες) αθλητές καράτε, οι οποίοι είχαν συμπληρώσει το 16^ο και 17^ο έτος της ηλικίας τους και με προπονητική εμπειρία μεγαλύτερη των πέντε ετών. Οι αθλητές ήταν υψηλού επιπέδου μέλη της εθνικής μας ομάδας με πανελλήνιες, πανευρωπαϊκές και παγκόσμιες διακρίσεις.

Οι μέσες τιμές των περιγραφικών και των ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.1.

Πίνακας 4.1: Μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις ανθρωπομετρικών παραμέτρων (n = 10)

	Μέσες τιμές	Τυπική απόκλιση
Ηλικία (έτη)	16,5	0,7
Προπονητική ηλικία (έτη)	6	1,5
Ανάστημα (cm)	169,3	9,64
BMI	21,2	2,00
ΒΑΡΟΣ (kg)	61,4	11,98

Τα άτομα δέχτηκαν μετά από διεξοδική ενημέρωση και παρουσίαση των διαδικασιών να συμμετάσχουν στην μελέτη και υπέγραψαν σχετική βεβαίωση εθελοντικής συμμετοχής μαζί με την έγγραφη συγκατάθεση των γονέων τους.

3.2 Διαδικασία

Στην πρώτη επίσκεψη οι εξεταζόμενοι αφού δήλωσαν και κατέθεσαν ιατρικές βεβαιώσεις, ότι δεν πάσχουν από σοβαρά περιοριστικά ιατρικά προβλήματα υποβλήθηκαν σε μέτρηση των ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών τους. Την ίδια

μέρα ακολούθησε διαδικασία εξοικείωσης εκτελώντας μια σειρά από CMJs και περιστροφικά λακτίσματα σε δυναμοπλατφόρμα. Οι άλλες δύο επισκέψεις αφορούσαν τις μετρήσεις της απόδοσης σε επιλεγμένες μεταβλητές ισχύος των κάτω άκρων (CMJ και περιστροφικό λάκτισμα καράτε), μετά από την εφαρμογή α) ενός προγράμματος ασκήσεων προενεργοποίησης πλειομετρικού τύπου το οποίο επαναλαμβανόταν με τη μορφή παρέμβασης τρεις φορές ακολουθώντας σταθερό διάλλειμα και β) μετρήσεων ελέγχου χωρίς τις πλειομετρικές παρεμβάσεις, όπου τα ίδια άτομα υποβλήθηκαν με τυχαία σειρά στο πρώτο ή το δεύτερο πρωτόκολλο.

Τα εξεταζόμενα άτομα και στις δύο περιπτώσεις υποβλήθηκαν σε σταθερή προθέρμανση πέντε λεπτών με ήπιες δρομικές κινήσεις σε προσωπικό ρυθμό. Η γενική προθέρμανση συνεχίστηκε για επιπλέον πέντε λεπτά με διατάσεις των βασικών μυϊκών ομάδων που συμμετέχουν στα βασικά κινητικά πρότυπα του αθλήματος (τετρακέφαλοι, δικέφαλοι, προσαγωγοί, γαστροκνήμιοι) με παθητικό στην αρχή και βαλλιστικό τρόπο αμέσως μετά. Κατά τον τρόπο ελαχιστοποιήθηκαν πιθανές αρνητικές επιδράσεις στην απόδοση που θα μπορούσαν να αναπτυχθούν μετά τις παθητικές διατάσεις (Fowles, Sale, & MacDougall, 2000, Tsolakis & Bogdanis, 2012).

Αμέσως μετά με τυχαία σειρά τα εξεταζόμενα άτομα υποβλήθηκαν σε α) τέσσερα CMJs και β) τέσσερα περιστροφικά λακτίσματα του κυρίαρχου ποδιού. Ανάμεσα στις προσπάθειες και των δύο δοκιμασιών υπήρχε διάλλειμα 30 sec, ενώ μετά το τέλος της πρώτης δοκιμασίας (πχ. των CMJs) και πριν από την έναρξη της δεύτερης (πχ των περιστροφικών λακτισμάτων) μεσολαβούσε ανάπαυση πέντε λεπτών. Μετά τη πάροδο πέντε λεπτών από το τέλος των αρχικών μετρήσεων επίδοσης ακολούθησε η παρέμβαση προενεργοποίησης η οποία για τις πλειομετρικές ασκήσεις αφορούσε στην εκτέλεση τριών σετ των τριών επαναλήψεων εκρηκτικών αλμάτων με εκρηκτική κάμψη των γονάτων (tuck jumps) με τριάντα δευτερόλεπτα διάλλειμα ανάμεσα σε κάθε σετ.

Μετά από διάλειμμα πέντε λεπτών ακολούθησε η δεύτερη καταγραφή των μετρήσεων επίδοσης σε τυχαία και πάλι σειρά που περιλάμβανε τρία CMJs και

τρία περιστροφικά λακτίσματα, ακολουθώντας το αντίστοιχο προβλεπόμενο διάλλειμα μεταξύ των προσπαθειών.

Μετά το τέλος της καταγραφής των δεύτερων μετρήσεων επίδοσης μεσολάβησε ανάπαυση δέκα λεπτών κατά την οποία οι εξεταζόμενοι αθλητές παρέμειναν σε αδράνεια (ήρεμη καθιστή θέση).

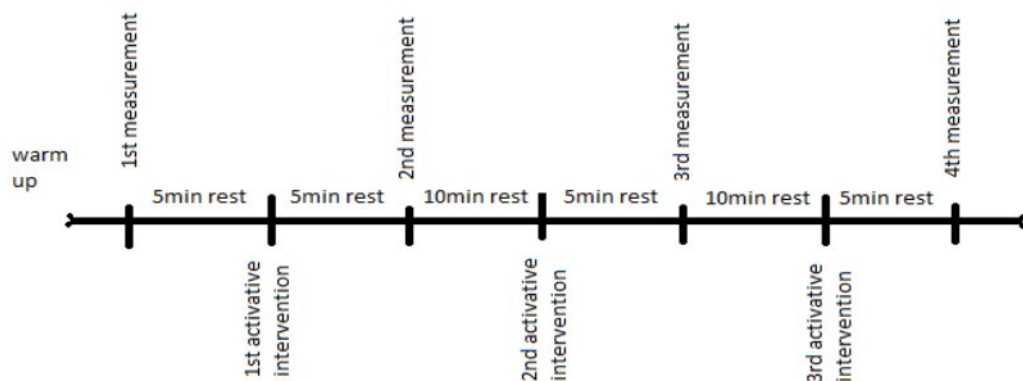
Όλη η προτεινόμενη διαδικασία εξαιρουμένης της αρχικής προθέρμανσης επαναλήφθηκε άλλες δύο φορές (Esformes, Cameron, & Bambouras, 2010). Η επανάληψη του πρωτοκόλλου τη δεύτερη ημέρα αφορούσε στις ίδιες πειραματικές διαδικασίες με εξαίρεση την πλειομετρική παρέμβαση. Τα άτομα της μελέτης το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα παρέμειναν σε ήρεμη καθιστή θέση.

Τα εξεταζόμενα άτομα την προηγούμενη των μετρήσεων απείχαν από κάθε έντονη προπονητική δραστηριότητα. Όλες οι μετρήσεις έγιναν την ίδια ώρα (μεταξύ 16.00 και 18.00) στο χώρο του εργαστηρίου του κλασικού αθλητισμού του ΤΕΦΑΑ Αθηνών από τον ίδιο εκπαιδευμένο ερευνητή.

Συνοπτική απεικόνιση διαδικασίας

- Προθέρμανση (10 λεπτά)
- Μέτρηση απόδοσης του βασικού κινητικού προτύπου και του κατακόρυφου άλματος (4 CMJs και 4 περιστροφικά λακτίσματα με 30 δευτερόλεπτα ξεκούραση ανάμεσα σε κάθε προσπάθεια και 5 λεπτά ξεκούραση ενδιάμεσα στις δοκιμασίες)
- 5 λεπτά ξεκούραση
- Παρέμβαση προενεργοποίησης (3 σετ των 5 tuck jumps με 30 sec ξεκούραση ενδιάμεσα στα σετ, ή παραμονή σε ήρεμη κατάσταση για ίδιο χρονικό διάστημα).
- 5 λεπτά ξεκούραση
- 2^η Μέτρηση απόδοσης του βασικού κινητικού προτύπου και του κατακόρυφου άλματος, (3 CMJs και 3 περιστροφικά λακτίσματα με 30 δευτερόλεπτα ξεκούραση ανάμεσα σε κάθε προσπάθεια και 5 λεπτά ξεκούραση ενδιάμεσα στις δοκιμασίες)

- Διάλλειμα αποκατάστασης διάρκειας 10 λεπτών
- 2^η παρέμβαση προενεργοποίησης (3 σετ των 5 tuck jumps με 30 δευτερόλεπτα ξεκούραση ενδιάμεσα στα σετ, ή παραμονή σε ήρεμη κατάσταση για ίδιο χρονικό διάστημα).
- 5 λεπτά ξεκούραση
- 3^η Μέτρηση απόδοσης του βασικού κινητικού προτύπου και του κατακόρυφου άλματος (3 CMJs και 3 περιστροφικά λακτίσματα με 30 δευτερόλεπτα ξεκούραση ανάμεσα σε κάθε προσπάθεια και 5 λεπτά ξεκούραση ενδιάμεσα στις δοκιμασίες)
- Διάλλειμα αποκατάστασης διάρκειας 10 λεπτών
- 3^η παρέμβαση προενεργοποίησης (3 σετ των 5 tuck jumps με 30 δευτερόλεπτα ξεκούραση ενδιάμεσα στα σετ, ή παραμονή σε ήρεμη κατάσταση για ίδιο χρονικό διάστημα).
- 5 λεπτά ξεκούραση
- 4^η Μέτρηση απόδοσης του βασικού κινητικού προτύπου και του κατακόρυφου άλματος (3 CMJs και 3 περιστροφικά λακτίσματα με 30 δευτερόλεπτα ξεκούραση ανάμεσα σε κάθε προσπάθεια και 5 λεπτά ξεκούραση ενδιάμεσα στις δοκιμασίες)



interventions: 3x5 tuck jumps-30 sec rest between sets

1st measurement: 4 cmj-30sec rest between them/5min rest/4 kicks-30sec rest between them

2nd,3rd & 4th measurement: 3 cmj-30sec rest between them/5min rest/3 kicks-30sec rest between them

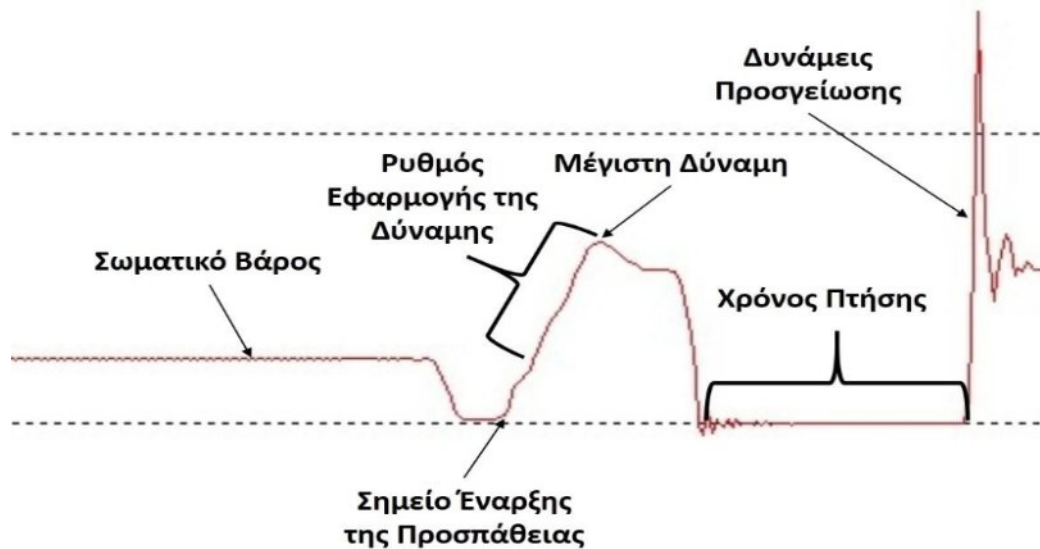
Σχήμα 3.1: Σχεδιάγραμμα μεθόδου

3.3 Μετρήσεις

Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά: Για τη μέτρηση της σωματικής μάζας χρησιμοποιήθηκε ο ηλεκτρονικός ζυγός τύπου Sega alpha770 (Vogel & Halke Hamburg, Germany) με ακρίβεια μέτρησης (0.1kg), για το ανάστημα το αναστημόμετρο τύπου Sega Bodymetar 208 (Vogel & Halke Hamburg, Germany) με ακρίβεια μέτρησης (1mm).

Κατακόρυφο άλμα με φόρα (counter movement jump, CMJ): Το CMJ εκτελέσθηκε ακολουθώντας τις οδηγίες και τους προτεινόμενους περιορισμούς από τους (Bosco, Luhtanen, & Komi, 1983). Η αξιολόγηση της αλτικής ικανότητας πραγματοποιήθηκε σε δυναμοπλατφόρμα (Applied Measurements Ltd Co. UK, WP800- 1000kg weighting platform, s/n:40245, με μέγεθος 80X80εκ.), με συχνότητα δειγματοληψίας 1000Hz και φίλτρα ρυθμισμένα στα 20Hz (Davies et al., 1984; Harris, 2009; Miller, 2012). Οι δοκιμαζόμενοι στέκονταν έξω από την δυναμοπλατφόρμα, ενώ με το παράγγελμα του ερευνητή τοποθετούνταν πάνω της. Το εξεταζόμενο άτομο από την όρθια θέση και τα χέρια στη μεσολαβή εκτέλεσε απότομη κάμψη των γονάτων, η οποία ακολουθούνταν από άμεση και έντονη έκταση των ποδιών. Όλες οι προσπάθειες καταγράφονταν σε επιτραπέζιο ηλεκτρονικό υπολογιστή, αφού πρώτα το σήμα από την πλατφόρμα ψηφιοποιούνταν μέσα από αναλογικό-ψηφιακό μετατροπέα (A/D-converter; Kyowa sensor interface PCD-320A, Kyowa Electronic Instruments Ltd Co. Japan). Η ανάλυση των δεδομένων των αλμάτων έγινε μέσω του συνοδευτικού προγράμματος της δυναμοπλατφόρμας DCS-100A έκδοση 1.14 (Kyowa Electronic Instruments Ltd Co. Japan), σύμφωνα με προηγούμενες αναφορές και οδηγίες (Bosco, et al., 1983; Sayers et al., 1999). Για τον υπολογισμό του ύψους τους άλματος χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση: $\text{Ύψος (cm)} = (0,5 \cdot \text{Χρόνος Πτήσης} \cdot 9,81)^2 \cdot (2 \cdot 9,81)^{-1}$, για την μέγιστη μυϊκή ισχύ: $\text{Ισχύς (W)} = (\text{Σωματικό Βάρος} + \text{Μέγιστη Δύναμη}) \cdot 9,81 \cdot \text{Χρόνος Πτήσης}$ (Linthorne, 2001; Sayers, et al., 1999), ενώ για ο ρυθμό ανάπτυξης δύναμης κατά το άλμα: $\text{RFD (N}\cdot\text{s}^{-1}) = (\text{Μέγιστη Δύναμη} - \text{Σωματικό Βάρος}) \cdot (\text{Χρόνος Μέγιστης Δύναμης} - \text{Χρόνος όπου οι Δυνάμεις έφτασαν ξανά το Σωματικό Βάρος})^{-1}$, η ταχύτητα απογείωσης: $\text{Ταχύτητα (m}\cdot\text{s}^{-1}) = (9.81 \cdot \text{Χρόνος Πτήσης}) \cdot 2^{-1}$ και τέλος το εμβαδόν καμπύλης

δύναμης-χρόνου υπολογίστηκε σύμφωνα με την εξίσωση: Εμβαδόν Καμπύλης Δύναμης-Χρόνου (Impulse; N·s) = Σωματικό Βάρος · Ταχύτητα απογείωσης (Harris, 2009). Ο συντελεστής επαναληπτικότητας (ICC) του ύψους του άλματος έχει βρεθεί από προηγούμενη μελέτη για τη συγκεκριμένη δοκιμασία (0.98, $p < 0.001$).



Σχήμα 3.2. Διάγραμμα δυνάμεων-χρόνου κατά την πραγματοποίηση του κατακόρυφου άλματος με αρχική φόρα και τα κρίσιμα σημεία για τον υπολογισμό των παραμέτρων (Bosco, et al., 1983; Sayers, et al., 1999).

Περιστροφικό λάκτισμα (πίσω διεισδυτικό λάκτισμα, *ushiro-geri*, round kick, RK): Η κίνηση χαρακτηρίζεται από την εκτέλεση κάθετου λακτίσματος στην κοιλιά του αντιπάλου. Αρχικά, η πλάτη του δοκιμαζόμενου είναι σε παράλληλη θέση με τον στόχο. Από τη θέση αυτή ο δοκιμαζόμενος εκτελεί στροφή του κορμού ενώ ακολουθεί η διεισδυτική έκταση του ποδιού (Nakayama, 1977). Ειδικότερα από θέση μάχης (*kamae*) το πόδι που χρησιμοποιείται ως άξονας περιστροφής βρίσκεται μπροστά σε σταθερή επαφή με το έδαφος, διατηρώντας την ισορροπία και τον έλεγχο της κίνησης. Κατά τη διάρκεια του λακτίσματος, το

πόδι στήριξης βρίσκεται σε ελαφρά κάμψη στην άρθρωση του γόνατος ενώ ο κορμός «βλέπει» το στόχο με μικρή πρόσθια κλίση (Hickey, 1997). Κατά την εκτέλεση της στροφής, το γόνατο του ποδιού που λακτίζει λυγίζει και «δείχνει» την ευθεία προς στην οποία θα κινηθεί το λάκτισμα. Η ολοκλήρωση της κίνησης χαρακτηρίζεται από την ραχιαία κάμψη του πέλματος και την απότομη έκταση του ισχίου με σημείο κρούσης στην αρχή την φτέρνα και αμέσως μετά ολόκληρο το πέλμα (Hickey, 1997). Μια συνοπτική απεικόνιση του λακτίσματος φαίνεται στο σχήμα 3.3.



Σχήμα 3.3: Περιστροφικό λάκτισμα (πίσω διεισδυτικό λάκτισμα, ushiro-geri, round kick, RK)

Τα εξεταζόμενα άτομα αφού ακινητοποιήθηκαν στιγμιαία σε θέση μάχης (αριστερή ή δεξιά στάση), εκτέλεσαν περιστροφικό λάκτισμα με το κυρίαρχο πόδι. Μετά την κρούση το πόδι με απότομη κάμψη στην άρθρωση του γόνατος επανέρχονταν στην αρχική του θέση ολοκληρώνοντας την κίνηση αμέσως μετά με την επαφή του στο έδαφος (Hickey, 1997).

Όλοι οι δοκιμαζόμενοι πριν τις μετρήσεις παραγματοποίησαν δύο συνεδρίες εξοικίωσης, όπου πραγματοποιούσαν το λάκτισμα, κατά τις οποίες υπήρχαν σηματοδεδεμένα τετράγωνα, τόσο πάνω στην δυναμοπλατφόρμα, όσο και στο δάπεδο. Πριν την εκτέλεση των δοκιμαστικών, καθώς και κατά την διάρκεια των μετρήσεων, δίνονταν οι οδηγίες προς τους δοκιμαζόμενους να ξεκινάνε από θέση ετοιμότητας μέσα από το τετράγωνο του δαπέδου, να χτυπάνε το τετράγωνο της δυναμοπλατφόρμας και να επιστρέφουν στην αρχική τους θέση με τα δύο πόδια μέσα στο τετράγωνο του δαπέδου. Παράλληλα, οι δοκιμασίες βίντεοσκοπούνταν και έπειτα από κάθε προσπάθεια τα βίντεο ελέγχονταν και δίνονταν τυχόν

διάφορες οδηγίες προς τους δοκιμαζόμενους ώστε να εκτελούν την τεχνική με «σχετικά» όμοιο τρόπο.

Η διαπίστωση και η καταγραφή της κυριαρχίας έγινε μετά από ερώτηση των εξεταζομένων ατόμων (Kramer, & Balsor, 1990) ενώ γινόταν επιβεβαίωση με τη βοήθεια της δοκιμασίας του λακτίσματος μπάλας, η οποία συνδυάζει την εκτίμηση δυναμικών και κινασθητικών στοιχείων ταυτόχρονα (Tanaka, Hashimoto, Nakata, Ito, Ino, & Ifukube, 1996). Ο στόχος κατά τη διάρκεια της μέτρησης βρισκόταν σε μεταβλητή απόσταση ανάλογα με τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά και την εμπειρία των δοκιμαζομένων (Loturco, Artioli, Kobal, Gil, & Franchini, 2014).

Οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν το λάκτισμα από τη βασική θέση μάχης στο καράτε (kamae). Σε αυτή τη θέση τα πόδια βρίσκονται σε διάσταση μεταξύ τους με το μπροστινό πόδι στην άρθρωση του γόνατος να είναι λυγισμένο σε γωνία μεταξύ 90° και 120° ενώ το πίσω σε γωνία μεταξύ 130° και 170°. Η άρθρωση του ισχίου στο μπροστινό πόδι είναι σε γωνία 140° με 160° ενώ στο πίσω σε γωνία 190° με 220°. Το κορμί είναι ίσιο με κλίση ούτε προς τα εμπρός ούτε προς τα πίσω με το γοφό σε ελαφριά διαγώνια κλίση προς την πλευρά του πίσω ποδιού. Τα χέρια βρίσκονται μπροστά από το στήθος σε θέση φύλαξης και ετοιμότητας με γωνίες στην άρθρωση του αγκώνα μεταξύ 80° και 100°. Μπροστά και πιο ψηλά είναι πάντα το χέρι της ίδιας πλευράς με το πόδι που έχει μπροστά ο ασκούμενος ενώ το άνοιγμα τους είναι λίγο πίο μικρό απο το άνοιγμα των ώμων (σχήμα 3.4).



Σχήμα 3.4: Βασική θέση μάχης (Kamae) με αριστερό χέρι και πόδι μπροστά

Όλοι οι δοκιμαζόμενοι κατά τη διεξαγωγή των μετρήσεων λάκτισαν με το δεξί πόδι έχοντας το αριστερό πόδι μπροστά στη βασική θέση μάχης. Σε όλους το δεξί ήταν το δυνατό κυρίαρχο πόδι γεγονός αρκετά σύνηθες για το άθλημα του καράτε. Το πόδι λακτίσματος κατά την κρούση είχε γωνία στην άρθρωση του γόνατος 70° με 120° ενώ στη άρθρωση του ισχίου 100° με 150°. Όλες οι γωνίες έχουν εκτιμηθεί θεωρητικά καθώς σε κάθε αθλητή ποικίλουν ανάλογα με τον σωματότυπο και το αγωνιστικό στυλ του καθενός. Κάθε δοκιμαζόμενος εκτέλεσε τρία λακτίσματα πριν από την έναρξη των παρεμβάσεων εκ των οποίων το καλύτερο κρατήθηκε για τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων. Η ανάλυση των δεδομένων έγινε με βάση την καμπύλη δύναμης-χρόνου, μέσω του συνοδευτικού προγράμματος της δυναμοπλατφόρμας DCS-100A έκδοση 1.14 (Kyowa Electronic Instruments Ltd Co. Japan), σύμφωνα με προηγούμενες αναφορές και οδηγίες (Aagaard et al., 2002). Η αξιοπιστία της διαδικασίας ελέγχτηκε σε μια υποομάδα 5 ατόμων από τους δοκιμαζόμενους, με τον συντελεστή αξιοπιστίας (ICC) να κυμαίνεται στο 0,9.

3.4 Όργανα

Οι μετρήσεις των κατακόρυφων αλμάτων έγιναν με ένα δυναμοδάπεδο Kyowa τύπου EFP-S-2KNSA12 που τοποθετήθηκε στα πόδια των δοκιμαζομένων αθλητών κατά την εκτέλεση των αλμάτων. Το δυναμοδάπεδο αυτό συνδεόταν με έναν φορητό υπολογιστή μέσω ενός ενισχυτή φορτίου (Kyowa PCD-320A). Η συχνότητα της δειγματοληψίας για την καταγραφή του φυσικού μεγέθους της ώθησης της δύναμης ορίστηκε στα 1000 Hz.

Οι μετρήσεις της δύναμης του λακτίσματος έγιναν με το ίδιο δυναμοδάπεδο το οποίο με ειδικά προσαρμοσμένες βάσεις τοποθετήθηκε κατακόρυφα σε σταθερό και συμπαγή τοίχο. Το δυναμοδάπεδο ρυθμίστηκε έτσι ώστε να καταγράφει την δύναμη κρούσης του λακτίσματος σε κιλά.

3.5 Στατιστική ανάλυση

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έγινε με τη βοήθεια του στατιστικού προγράμματος SPSS v 18.00 και περιελάμβανε τις παρακάτω αναλύσεις:

Επαναλαμβανόμενες μετρήσεις 2 way ANOVA για την εξέταση των διαφορών στη γυριστή κλωτσιά και την επίδοση του CMJ ανάμεσα στις δύο συνθήκες (πλειομετρία και αδράνεια) και στο χρόνο.

Πολλαπλό τεστ σύγκρισης Bonferroni post-hoc εφαρμόστηκε για τον προσδιορισμό διαφορών μεταξύ μέσων. Για την αποφυγή σφάλματος τύπου I ($p < 0.05$), η στατιστική σημαντικότητα για κάθε τεστ ορίστηκε στο επίπεδο $p < 0.0033$. Επίσης, εφαρμόστηκε μερικό η^2 (partial eta square), όπου σύμφωνα με τον Richardson (2011), το η^2 θεωρείται μικρό (0.01 με 0.059), μέτριο (0.06 με 0.137) και μεγάλο (> 0.138).

Τεστ αξιοπιστίας για όλες τις ανεξάρτητες μεταβλητές της μελέτης σε διαφορετικά πειράματα υπολογίζοντας το συντελεστή intra-class correlation (ICC) χρησιμοποιώντας 2 way mixed model (Kottner et al., 2011). Ο συντελεστής συσχέτισης Pearson's product moment χρησιμοποιήθηκε για να εξεταστεί η σχέση ανάμεσα στις μεταβλητές. Η στατιστική σημαντικότητα ορίστηκε στο $p < 0.05$.

IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα περιγραφικά στατιστικά για όλες τις παραμέτρους των επιδόσεων φαίνονται στο πίνακα 1. Από τις επαναλαμβανόμενες μετρήσεις 2-way ANOVA παρατηρήθηκαν σημαντικές αλληλεπιδράσεις όσον αφορά στις μεταβλητές της απόδοσης του κατακορύφου άλματος (ισχύς $F= 6.51$, $p=0.02$, και $\eta^2=0.736$). Δεν παρατηρήθηκαν main effects για το χρόνο ή μεταξύ των καταστάσεων, ωστόσο, οι post-hoc συγκρίσεις με διόρθωση Bonferroni ($p<0.0033$) οδήγησαν σε σημαντικές διαφορές στο ύψος του CMJ μετά τη 3^η δοκιμασία (+35%, $p=0.0033$) σε σχέση με την επίδοση στη κατάσταση ελέγχου. Επίσης λόγω της διόρθωσης Bonferroni α επιπέδου ($p<0.0033$) δεν παρατηρήθηκε καμία άλλη σημαντική διαφορά στις post-hoc συγκρίσεις στο περιστροφικό λάκτισμα, την ισχύ στο CMJ, τη σχετική ισχύ, τη δύναμη και το ρυθμό ανάπτυξης δύναμης αντίστοιχα.

Πίνακας 4.2: Επίδραση της παρέμβασης των 3 x 5 tuck jumps συγκριτικά με την αδράνεια, στο περιστροφικό λάκτισμα και στις παραμέτρους του κατακόρυφου άλματος με φόρα, σε 10 αθλητές karate διεθνούς επιπέδου.

Παράμετροι	Συνθήκη	Αρχικές μετρήσεις	Τέστ 1	Τέστ 2	Τέστ 3
RKF (N)	Παρέμβαση	533,44±82,24	562,41±49,48	533,82±79,07	555,37±68,67
	Αδράνεια	531,49±118,39	542,89±88,01	507,72±112,10	543,14±61,22
CMJH (cm)	Παρέμβαση	39±7,61	40,4±7,84	39±8,15	40,3±9,82*
	Αδράνεια	41,5±7,44	39,9±7,73	39,7±8,02	38,4±8,72
CMJP (W)	Παρέμβαση	1066,59±383,45	1106,22±387,45	1053,37±367,77	1081,73±447,49
	Αδράνεια	1159,52±359,53	1121,32±374,94	1016,12±336,15	1072,43±448,6
CMJRP (W·Kg ⁻¹)	Παρέμβαση	17,03±3,41	17,84±3,99	16,99±3,99	17,27±5,04
	Αδράνεια	18,58±3,72	17,99±4,31	17,36±4,33	17,17±5,5
CMJF (N)	Παρέμβαση	737,11±181,3	708,5±172,15	665,6±180,92	693,8±218,16
	Αδράνεια	749,9±181,83	748,5±139,37	722,3±243,86	790,4±256,42
CMJRFD (N·s ⁻¹)	Παρέμβαση	32872,65±8105,52	32213,99±9389	30977,53±10722,04	30064,13±12552,53
	Αδράνεια	34142,16±7195,52	35428,64±5653,98	32584,04±11944,11	35760,43±11863,01

Τα δεδομένα περιγράφονται με μέσους και τυπικές αποκλίσεις (SD). RKF: Δύναμη του περιστροφικού λακτίσματος. CMJH: Ύψος του κατακόρυφου άλματος με φόρα. CMJP: Ισχύς του κατακόρυφου άλματος με φόρα. CMJRP: Σχετική ισχύς του κατακόρυφου άλματος με φόρα. CMJF: Δύναμη του κατακόρυφου άλματος με φόρα. CMJRFD: Ρυθμός ανάπτυξης δύναμης του κατακόρυφου άλματος με φόρα. Με (#) παρουσιάζεται η στατιστικά σημαντική επίδραση της ανεξάρτητης μεταβλητής συνθήκη (παρέμβαση αδράνεια). Με (†) παρουσιάζεται η στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των ανεξάρτητων μεταβλητών συνθήκη και χρόνος και με (*) η στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις διαφορετικές χρονικές στιγμές της κάθε συνθήκης. $p < 0.001$.

Ωστόσο υπήρξε μια συνεχής τάση για αύξηση στις τιμές της δύναμης του περιστροφικού λακτίσματος ($533.44 \pm 82.24 \text{ N} \cdot \text{sec}^{-1}$ σε $562.41 \pm 49.48 \text{ N} \cdot \text{sec}^{-1}$), του ύψους του κατακόρυφου άλματος με φόρα ($39 \pm 7.61 \text{ cm}$ σε $40.4 \pm 7.84 \text{ cm}$), της ισχύς του κατακόρυφου άλματος με φόρα ($1066.59 \pm 383.45 \text{ W}$ to $1106.22 \pm$

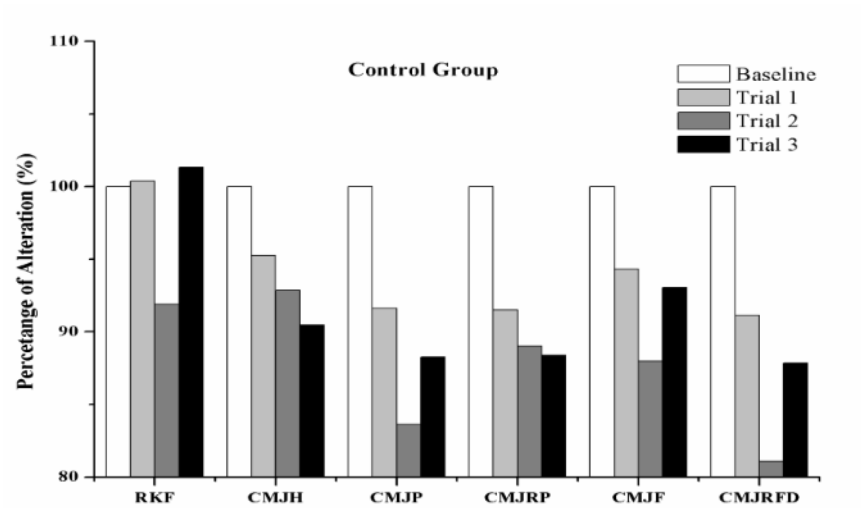
387.45 W) και της σχετικής ισχύς του κατακόρυφου άλματος με φόρα ($17.03 \pm 3.41 \text{ W}\cdot\text{mass}^{-1}$ to $17.84 \pm 3.99 \text{ W}\cdot\text{mass}^{-1}$) αμέσως μετά τη πρώτη δοκιμασία πλειομετρικής παρέμβασης. Όταν όλοι οι ασκούμενοι θεωρήθηκαν ως μία ομάδα, ανεξάρτητα με τη συνθήκη, στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις βρέθηκαν μεταξύ των αρχικών μετρήσεων επίδοσης (παράμετροι επιδόσεων του άλματος και δύναμη του λακτίσματος) οι οποίες ξεκίνησαν από 0.583 έως 0.729 ($p < 0.05-0.005$), καθώς επίσης και μεταξύ των αρχικών μετρήσεων και των αποτελεσμάτων της επίδοσης της δεύτερης, τρίτης και τέταρτης δοκιμασίας ($r=0.432$ σε 0.930 ; $p < 0.05-0.005$).

Πίνακας 4.3: Συντελεστές συσχέτισης (Pearson's r) μεταξύ αρχικών μετρήσεων και αποτελεσμάτων της επίδοσης της πρώτης, δεύτερης και τρίτης δοκιμασίας για όλους τους ασκούμενους ανεξάρτητα από τη συνθήκη ($n=20$)

Παράμετροι		Συντελεστές συσχέτισης				
		RKF	CMJH	CMJP	CMJF	CMJRFD
RKF	Αρχικές μετρήσεις	-	0,659 [#]	0,729 [#]	0,656 [#]	0,583**
	Τέστ 1	0,930 [#]	0,689 [#]	0,727 [#]	0,570**	N.S.
	Τέστ 2	0,692 [#]	0,619 [#]	0,659 [#]	0,479*	N.S.
	Τέστ 3	0,913 [#]	0,612 [#]	0,677 [#]	0,583**	0,432*

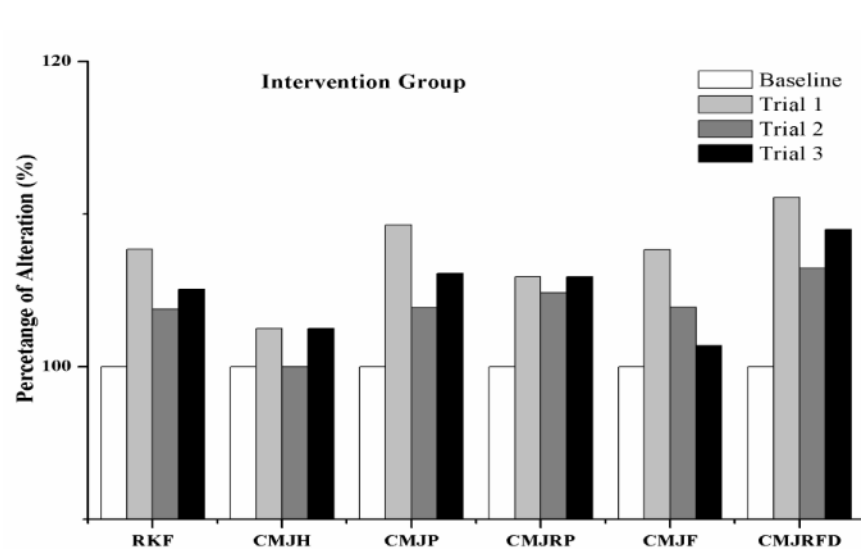
RKF: Δύναμη περιστροφικού λακτίσματος; CMJH: Ύψος κατακόρυφου άλματος με φόρα; CMJP: Ισχύς κατακόρυφου άλματος με φόρα; CMJF: Δύναμη κατακόρυφου άλματος με φόρα; CMJRFD: Ρυθμός ανάπτυξης δύναμης κατακόρυφου άλματος με φόρα; N.S.: Μη στατιστικά σημαντικό. (*): $p < 0.05$, (**): $p < 0.01$ και (#): $p < 0.005$.

Σχήμα 4.α: Σχεδιάγραμμα απεικόνισης των αποτελεσμάτων της κατάστασης ελέγχου



RKF: Δύναμη περιστροφικού λακτίσματος; CMJH: Ύψος κατακόρυφου άλματος με φόρα; CMJP: Ισχύς κατακόρυφου άλματος με φόρα; CMJF: Δύναμη κατακόρυφου άλματος με φόρα; CMJRFD: Ρυθμός ανάπτυξης δύναμης κατακόρυφου άλματος με φόρα.

Σχήμα 4.β: Σχεδιάγραμμα απεικόνισης των αποτελεσμάτων της κατάστασης παρέμβασης



RKF: Δύναμη περιστροφικού λακτίσματος; CMJH: Ύψος κατακόρυφου άλματος με φόρα; CMJP: Ισχύς κατακόρυφου άλματος με φόρα; CMJF: Δύναμη κατακόρυφου άλματος με φόρα; CMJRFD: Ρυθμός ανάπτυξης δύναμης κατακόρυφου άλματος με φόρα.

V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Το αγώνισμα του καράτε χαρακτηρίζεται από σύντομες ενεργητικές κινήσεις υψηλής έντασης (λακτίσματα, γροθιές και διαρκείς μετακινήσεις του σώματος) κατά τη διάρκεια τρίλεπτων επαναλαμβανόμενων αγωνιστικών διαστημάτων (κούμπε). Η αγωνιστική διαδικασία επαναλαμβάνεται με διαδοχικό τρόπο με την παρεμβολή διαλλειμάτων (γύρων) τα οποία διαρκούν από τρία έως είκοσι λεπτά, χρόνος ο οποίος θεωρείται επαρκής ώστε ο αθλητής να ανακτήσει τις δυνάμεις του και να προετοιμαστεί για την επόμενη συμβολή (World Karate Federation, 2009).

Κατά συνέπεια μπορούμε να υποθέσουμε πως αφού η PAP μπορεί να είναι ωφέλιμη σε άλλα εκρηκτικά αθλήματα όπως οι ρίψεις, η ξιφασκία και οι δρόμοι ταχύτητας (Terzis et al., 2012; Tsolakis & Bogdanis, 2012; Linder et al., 2010; Terzis et al., 2009; Till & Cooke, 2009), τότε θα μπορούσε επίσης να επιφέρει καλά αποτελέσματα στην απόδοση σε αγώνες καράτε. Οπότε το κύριο ερώτημα που προκύπτει, είναι τι θα μπορούσε να κάνει ο αθλητής πριν τον αγώνα και κατά τη διάρκεια αυτών των σύντομων διαλλειμάτων για να μπορέσει να ενισχύσει την απόδοση του ή και να έχει καλύτερες προσαρμογές κατά τη διάρκεια της προπόνησης.

Ο σκοπός αυτής της μελέτης ήταν να εξετάσει την επίδραση πλειομετρικών ασκήσεων μέτριας έντασης ως μέσο προενεργοποίησης, κατά τη διάρκεια τριών επαναλαμβανόμενων πρωτοκόλλων, στη δύναμη του λακτίσματος και στην ισχύ των κάτω άκρων (όπως προσδιορίστηκε από επιλεγμένες κινητικές μεταβλητές του CMJ) σε επίλεκτους αθλητές καράτε. Επιπλέον εξετάστηκαν και οι επιδράσεις μιας παύσης για ξεκούραση διάρκειας δέκα λεπτών.

Είναι γνωστό ότι ο όγκος της εκάστοτε διέγερσης επηρεάζει την απόδοση. Μικροί όγκοι βοηθούν στη γρήγορη ανάπτυξη της PAP, ενώ μεγαλύτεροι όγκοι απαιτούν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα για την εμφάνιση της (Tillin & Bishop, 2009). Από τα αποτελέσματα της μελέτης μας φαίνεται ότι σε αντίθεση με την υπόθεση μας, οι πλειομετρικές ασκήσεις (3 x 5 tuck jumps), οι οποίες μπορούν να εκτελεστούν από αθλητές καράτε πριν τον αγώνα ως μέσο προθέρμανσης ή κατά

την προπόνηση ως μέσο ενδυνάμωσης, δεν έδειξαν κάποια άμεση σημαντική ενίσχυση της απόδοσης στο CMJ ή στη δύναμη του λακτίσματος αμέσως μετά την εφαρμογή του πλειομετρικού πρωτοκόλλου. Παρόλα αυτά παρατηρήθηκε μια αύξηση στη δύναμη του περιστροφικού λακτίσματος, στο ύψος του CMJ, στην ισχύ και σχετική ισχύ μετά τη πρώτη παρέμβαση, αν και όχι στατιστικά σημαντική λόγω του αυστηρού τέστ Bonferonni το οποίο δεν επέτρεψε την ανάδειξη αυτών των διαφορών. Το γεγονός αυτό μας δείχνει πως το συγκεκριμένο πλειομετρικό πρόγραμμα ίσως είναι ωφέλιμο ως στρατηγική προθέρμανσης στη προπόνηση και στους αγώνες στα μαχητικά αθλήματα. Όσον αφορά την επαναλαμβανόμενη διαδικασία φαίνεται πως το συγκεκριμένο πλειομετρικό πρωτόκολλο (3 x 5 tuck jumps) ενίσχυσε το ύψος του CMJ μετά τη τρίτη δοκιμασία σε σχέση με την ομάδα ελέγχου. Επιπλέον οι συσχετίσεις μεταξύ του περιστροφικού λακτίσματος και των επιλεγμένων παραμέτρων της αλματικής επίδοσης των κάτω άκρων μας οδηγούν στο συμπέρασμα πως η ισχύς συνδέεται με την απόδοση στο αγωνιστικό καράτε.

Έντονες κινήσεις εκρηκτικού χαρακτήρα εκτελούνται και χρησιμοποιούνται με εμπειρικό τρόπο από τους αθλητές και προπονητές σε αγωνίσματα δύναμης και ισχύος κατά τη διάρκεια της προθέρμανσης ή και πριν από την αγωνιστική προσπάθεια (Bishop, Boneti & Spencer 2003). Η εφαρμογή πλειομετρικών ασκήσεων χρησιμοποιείται ως προπονητικό μέσο για τη βελτίωση της απόδοσης σε παραμέτρους εκρηκτικότητας και ισχύος και ειδικά στη βελτίωση τόσο της κατακόρυφης όσο και της οριζόντιας αλματικής ικανότητας (Bobbert 1990, Chamari et al., 2008; Markovic et al., 2007). Ωστόσο υπάρχει ανάγκη να εξεταστεί η εφαρμογή τους κατά τη διάρκεια της προθέρμανσης όπως επίσης σε αγωνιστικές συνθήκες.

Με βάση την εμπειρία των προπονητών μέχρι σήμερα, την ευκολία εφαρμογής αλλά και την θεωρία που ακολουθεί στην παρούσα μελέτη επιλέχθηκαν οι πλειομετρικές ασκήσεις αυτού του είδους γιατί επιπροσθέτως έμοιαζαν και με τα κινητικά πρότυπα του καράτε. Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας φαίνεται ότι σημαντικός αριθμός ερευνητών έχει μελετήσει την επίδραση διαφόρων μορφών πλειομετρικών ασκήσεων (έκκεντρα άλματα βάθους, μέτριας έντασης

πλειομετρικές ασκήσεις, άλματα βάθους, άλματα με εκρηκτική κάμψη των γονάτων), εκτελεσμένα με ποικίλη ένταση διέγερσης σε επιλεγμένες παραμέτρους δύναμης (1 RM, αλμάτων χωρίς φόρα) και ισχύος (κατακόρυφο άλμα και άλματα βάθους) με αντικρουόμενα αποτελέσματα, ενώ ελάχιστες πληροφορίες υπάρχουν σε επιλεγμένα κινητικά πρότυπα απόδοσης διαφόρων αθλημάτων (Chen et al., 2013; Tsolakis, Bogdanis, Nikolaou & Zacharogiannis, 2011; Turki et al., 2011, Hilficker et al., 2007; ; Saez Saez de Villarreal, Gonzalez-Badillo, & Izquierdo, 2007; Masamoto et al., 2003, Tsolakis & Bogdanis 2012, Till and Cooke, 2009). Το σύνολο των μελετών αυτών αφορούσε αθλητές υψηλού επιπέδου διαφόρων ατομικών και ομαδικών αθλημάτων ταχυδυναμικού χαρακτήρα (πετοσφαίρισης, ποδόσφαιρου, καλαθοσφαίρισης, χειροσφαίρισης, ξιφασκίας)

Παρατηρώντας τα ερευνητικά πρωτόκολλα μερικών εργασιών στις οποίες προκλήθηκε διέγερση (Chen et al., 2013; Hilfiker, Hubner, Lorenz & Marti 2007, Masamoto, Larson, Gates & Faigenbaum 2003, Saez de Villarreal, Gonzalez-Badillo & Izquierdo 2007) εξάγονται τα παρακάτω συμπεράσματα: α) για τη διέγερση μεγάλων κινητικών μονάδων οι οποίες υπάρχουν στις μυϊκές ίνες τύπου II, απαιτούνται ερεθίσματα ισχύος (Deschenes, 1899; Mahlfield et al., 2004), με παρόμοια κινητικά με την δοκιμασία επίδοσης χαρακτηριστικά (Saez Saez de Villarreal, Gonzalez-Badillo, & Izquierdo, 2007), τα οποία σύμφωνα με τη βιβλιογραφία αναπτύσσονται κατά την εκτέλεση πλειομετρικών ασκήσεων μεγάλης έντασης όπως πχ τα άλματα βάθους (Khlifa et al., 2010). Οι ασκήσεις αυτές αυξάνουν την διεγερσιμότητα των μεγάλων κινητικών μονάδων οι οποίες συσπώνται κατά προτεραιότητα, παίζοντας σημαντικό ρόλο στην απόδοση σε δοκιμασίες δύναμης και ισχύος χωρίς όμως να προκαλούν φαινόμενα κόπωσης (Linnamo et al., 1998). Κατά συνέπεια η εφαρμογή αυτού του είδους πλειομετρικής προπόνησης, μπορεί να βελτιώσει τον ενδομυϊκό συγχρονισμό και κατά συνέπεια να επιφέρει βελτίωση της απόδοσης σε σχετικές με τη δύναμη και την ισχύ παραμέτρους (Masamoto et al., 2003).

Συγκεκριμένα σε κάποιους ερευνητές (Hilfiker, Hubner, Lorenz & Marti 2007; Masamoto, Larson, Gates & Faigenbaum 2003; Tsolakis & Bogdanis 2012; Saez Saez de Villarreal, Gonzalez-Badillo, & Izquierdo, 2007; Chen et al., 2013)

διαπιστώνουν σημαντική βελτίωση της απόδοσης α) στο SJ και CMJ απο 2 έως 7 % (Hilficker et al., 2007; Saez Saez de Villareal et al., 2007; Chen et al., 2013). β) στη δοκιμασία της 1 RM κατά 3.5% (Masamoto et al., 2003), ενώ στην εργασία των Tsolakis & Bogdanis (2012), το CMJ βελτιώθηκε οκτώ λεπτά μετά το τέλος της παρέμβασης εξισορροπώντας την κατά 5.5% μείωση που είχε προηγουμένως παρατηρηθεί μετά από εφαρμογή ενός έντονου προγράμματος διατατικών ασκήσεων. Οι ασκήσεις παρέμβασης αφορούσαν σε δύο DJs (Masamoto et al., 2003), τέσσερις ασκήσεις πλειομετρικού χαρακτήρα οι οποίες επαναλαμβάνονταν πέντε έως δέκα φορές (Saez Saez de Villareal et al., 2007), ένα ή δύο σετ των πέντε DJs (Chen et al., 2013) και πέντε DJs έκκεντρον χαρακτήρα με ακινητοποίηση μετά την προσγείωση (Hilficker et al., 2007).

Μόνο στην εργασία των Tsolakis & Bogdanis (2012), το πλειομετρικό ερέθισμα αφορούσε τρία σετ των πέντε tuck jumps. Τα χαρακτηριστικά του πρωτοκόλλου αυτού αποδείχθηκε ότι δεν προκάλεσαν προενεργοποίηση αφού πιθανώς το διατατικό πρόγραμμα που προηγήθηκε μάλλον κάλυψε σε ένα ποσοστό την επίδραση της PAP η οποία καθυστερημένα εμφανίστηκε στο όγδοο λεπτό αντιστρέφοντας την αρνητική επίδραση στο CMJ.

Σε αντίθεση με τις προαναφερόμενες ερευνες υπάρχουν και μελέτες στις οποίες χρησιμοποιούνται πλειομετρικά πρωτόκολλα (3 έως 5 tuck jumps) και αποτυγχάνουν να ενισχύσουν τη διεγερσιμότητα των κινητικών μονάδων γρήγορης σύσπασης με αποτέλεσμα να μην προκαλέσουν PAP (Masamoto et al., 2003; Till and Cooke, 2009). Από την άλλη μεριά η εκτέλεση περισσότερων σετ και επαναλήψεων πλειομετρικών ασκήσεων προενεργοποίησης μπορεί να οδηγήσει στη κούραση (Tillin & Bishop, 2009). Έτσι και στη μελέτη μας λαμβάνοντας υπόψη τη διαπιστωμένη λόγω των συσχετίσεων δύναμης και λακτίσματος σκεφτήκαμε ότι περισσότερες επαναλήψεις θα μπορούσαν να προκαλέσουν μείωση της δύναμης και να επηρεάσουν την ταχύτητα εκτέλεσης των λακτισμάτων. Στην έρευνα του Turki και των συνεργατών του (2011), η πλειομετρική παρέμβαση που χρησιμοποιήθηκε (3 σετ από 3 tuck jumps), δεν ήταν το κατάλληλο ερέθισμα για να αυξήσει την επίδοση στο CMJ, η οποία υπολογίστηκε σε συγκεκριμένα χρονικά σημεία (0, 4, 8, 12, 16 και 20 λεπτά)

μετά τη παρέμβαση. Ομοίως ο Tsolakis και οι συνεργάτες του (2011), ανέφεραν στην έρευνα τους πως μια παρόμοια πλειομετρική παρέμβαση (3 σετ από 5 tuck jumps) , δεν είχε καμία επίδραση στην επίδοση στο ύψος του CMJ μετά από 12 λεπτά ξεκούραση σε επίλεκτους αθλητές ξιφασκίας.

Εκτός της μελέτης διέγερσης αμέσως μετά, στα αθλήματα επαφής στα οποία επαναλαμβάνονται οι αγωνιστικές διαδικασίες ανά 10 min είναι εξίσου ενδιαφέρον να διαπιστώσουμε την εφαρμογή επαναλαμβανόμενων πρωτοκόλλων διέγερσης. Από τη γνώση μας μέχρι τώρα μόνο η μελέτη του Esformes και των συνεργατών του (2010), εξέτασε εάν οι παράμετροι του CMJ ενισχύθηκαν σε σχέση με την αδράνεια μετά από παρεμβάσεις ασκήσεων υψηλής αντίστασης και πλειομετρικού τύπου σε τρεις συνεχόμενες δοκιμασίες. Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής έδειξαν ότι το δυναμικό πρωτόκολλο που αποτελούνταν από ημικαθίσματα (3 RM) σε μερικές μόνο περιπτώσεις αποδείχτηκε καλύτερο από το αντίστοιχο πλειομετρικό και από την κατάσταση αδράνειας, ενώ δεν προέκυψαν διαφορές από τον επαναλαμβανόμενο χαρακτήρα των παρεμβάσεων.

Σε αντίθεση με αυτά τα αποτελέσματα στη δική μας έρευνα βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην επίδοση στο CMJ αμέσως μετά τη τρίτη δοκιμασία της πλειομετρικής παρέμβασης. Στη μελέτη του Esformes και των συνεργατών του (2010), όλες οι διαδικασίες των τεστ, η περίοδος ξεκούρασης (5 λεπτά) μεταξύ των πλειομετρικών ασκήσεων, ο αριθμός των επαναλήψεων (24 πελματιαίες επαφές) και η διάρκεια της πλειομετρικής παρέμβασης μπορεί να είχαν ως αποτέλεσμα την εμφάνιση κόπωσης και στη συνέχεια τη μείωση της ισχύος, παράγοντες οι οποίοι κατέστειλαν οποιαδήποτε διέγερση (Batista et al., 2007).

Οι πλησιέστερες προς το άθλημα του καράτε πληροφορίες προέρχονται από εργασίες σε αθλήματα επαφής (contact sports) όπως το judo (Miarka et al., 2010) και η ξιφασκία (Tsolakis, Bogdanis, Nikolaou & Zacharogiannis, 2011). Τα αποτελέσματα της μελέτης μας φαίνεται εν μέρει να συμφωνούν με τα ανάλογα ευρήματα του Miarka και των συνεργατών του (2010), οι οποίοι μελέτησαν την επίδραση διαφορετικών παρεμβάσεων που προκαλούν PAP (διέγερση μέγιστης δύναμης ή πλειομετρικών ασκήσεων και συνδυασμού των δύο μεθόδων) σε

ειδική δοκιμασία φυσικής κατάστασης αθλητών judo. Το πλειομετρικό πρόγραμμα αποτελούνταν από δέκα σετ τριών συνεχόμενων τροποποιημένων DJs σε πλινθία με διαφορετικά ύψη (20, 40 και 60 εκατοστά αντίστοιχα) ξεκινώντας με DJ από συγκεκριμένο για κάθε άτομο ύψος. Ένα πρόγραμμα δηλαδή με περισσότερο από τριάντα πλειομετρικές επαφές στο έδαφος το οποίο φαίνεται ότι είναι από τα μεγαλύτερα σε όγκο και ένταση πρωτόκολλο από τα αντίστοιχα της βιβλιογραφίας. Το διάλλειμα των τριών λεπτών που μεσολαβούσε μεταξύ της παρέμβασης και της δοκιμασίας ελέγχου αποδείχτηκε ικανοποιητικό να αντιστρέψει τυχόν φαινόμενα κόπωσης, βελτιώνοντας σημαντικά την απόδοση σε σύγκριση με την κατάσταση ελέγχου. Τα αποτελέσματα αυτά επιβεβαιώνουν ότι για την πρόκληση της PAP σε δοκιμασίες ισχύος απαιτούνται ισχυρά ερεθίσματα μεγάλου όγκου τα οποία μπορούν να διεγείρουν νευρικά τις μεγάλες κινητικές μονάδες βελτιώνοντας την απόδοση (Mahlfield et al., 2004). Σε αντίθεση ο Tsolakakis και οι συνεργάτες του (2011), δεν διαπίστωσαν σημαντικές μεταβολές στο CMJ επιλέκτων αθλητών ξιφασκίας μετά από πλειομετρική παρέμβαση τριών σετ των πέντε tuck jumps παρά το γεγονός ότι υπήρχαν διαδοχικές μετρήσεις απόδοσης για χρονικό διάστημα δώδεκα λεπτών. Νεώτερες απόψεις των Tsolakakis & Bogdanis, (2012) δείχνουν ότι η εφαρμογή 3 x 5 tuck jumps μπορεί να αναπτύξει PAP τα οποία αντιστρέφουν την αρνητική επίδραση των παθητικών διατάσεων όταν εφαρμόζονται κατά τη διαδικασία της προθέρμανσης σε κορυφαίους αθλητές ξιφασκίας.

Οι εργασίες που αφορούν στην μυϊκή διέγερση αθλημάτων επαφής συμπεριλαμβανομένης και της παρούσης διέφεραν σημαντικά ως προς τη μεθοδολογία, γεγονός το οποίο καθιστά δύσκολη την άμεση μεταξύ τους σύγκριση και την αντίστοιχη εξαγωγή σαφών συμπερασμάτων. Απο τη σύγκριση των αποτελεσμάτων των μελετών αυτών, μπορούμε να υποθέσουμε πως οι πλειομετρικές ασκήσεις έχουν τη δυνατότητα να επιστρατεύουν τις κινητικές μονάδες υψηλής παραγωγής ενέργειας οι οποίες ενισχύουν τη νευρική διέγερση μόνο όταν απαιτούνται φορτία υψηλής ισχύος (Chen et al., 2013; Hilficker et al., 2007; Mahfield et al., 2004; Masamoto et al., 2003). Δυστυχώς η

ηλεκτρομυογραφία (EMG) δεν ήταν διαθέσιμη κάνοντας έτσι αδύνατη την εξερεύνηση των υποκείμενων μηχανισμών αυτών των αποτελεσμάτων.

Η αγωνιστική απόσταση στα αθλήματα επαφής αποτελεί καθοριστικό παράγοντα επίδοσης (Estevan, Jandacka & Falco, 2011) και σχετίζεται με την επιτάχυνση (Bolander et al., 2009) αλλά και με τη δύναμη κρούσης (Koo 2002). Επίσης φαίνεται ότι εξαρτάται από α) τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά όπως το μήκος ποδιού (Jakubiak & Saunders, 2008) και β) το επίπεδο των ασκούμενων (Falco et al., 2009).

Για τον καθορισμό της απόστασης στην παρούσα μελέτη ακολουθήθηκε η άποψη του Loturco και των συνεργατών του (2014), οι οποίοι έδειξαν πως οι κορυφαίοι αθλητές καράτε μπορούν να προσαρμόζουν με ελεύθερη επιλογή την απόσταση όταν αποσκοπούν στη ανάπτυξη μέγιστης δύναμης κρούσης. Λαμβάνοντας δε υπόψη ότι η μέγιστη επιτάχυνση του χεριού συσχετίζεται με την εμπειρία των αγωνιζομένων στις πολεμικές τέχνες (Neto, Marzullo, Bolander, & Bir, 2012) και δεδομένου του γεγονότος ότι οι δοκιμαζόμενοι ήταν αθλητές υψηλού επιπέδου, είναι πιθανόν πως ήταν ικανοί να προσαρμόζονται στην ιδανική απόσταση για να επιτύχουν τη μέγιστη επιτάχυνση και τη μέγιστη δύναμη κρούσης. Έτσι λοιπόν τα αποτελέσματα αποκτούν ρεαλιστικό χαρακτήρα και μπορούμε να δούμε καθαρά την επίδραση η μή της PAP.

Το διάστημα αποκατάστασης ανάμεσα στην άσκηση προενεργοποίησης και την επίδοση είναι μέγιστης σημασίας καθώς μπορεί να διαταράξει σε μεγάλο βαθμό την ισορροπία ανάμεσα στη PAP και την κόπωση (Hodgson, Docherty, & Robbins, 2005). Όσο μεγαλύτερο είναι το διάστημα μεταξύ της άσκησης προενεργοποίησης και της επίδοσης, τόσο γρήγορα απομακρύνεται η κόπωση που προκαλεί η άσκηση προενεργοποίησης ενώ ταυτόχρονα φθίνει ο μηχανισμός της PAP (Sale, 2002). Χρειάζεται μεγάλη προσοχή στην ισορροπία των δύο αυτών παραγόντων (ένταση προενεργοποίησης και διάρκεια ανάπαυσης) για να έχουμε επαρκή εμφάνιση PAP αλλά και όσο το δυνατόν μικρότερη κόπωση. Στη μελέτη μας το διάλειμα ξεκούρασης (5 λεπτά), ήταν ένα επαρκές διάστημα αποθεραπείας για να επιφέρει μια ενίσχυση στην επίδοση σε καλά προπονημένους αθλητές καράτε. Έχει προηγουμένως αναφερθεί πως σε καλά προπονημένους αθλητές, η

αναπλήρωση απο την κόπωση μπορεί να είναι αρκετά σύντομη ώστε να εκδηλώσουν την αρχική αυξημένη ικανότητα συστολής (Harisson, 2010).

Η δύναμη με την οποία εκτελείται ένα λάκτισμα έχει μεγάλη σημασία σε κάθε πολεμική τέχνη αλλά και στο αγωνιστικό καράτε. Η μεγάλη δύναμη εκτέλεσης του περιστροφικού λακτίσματος στο στομάχι, εκτός από τα σημεία-βαθμούς που δίνει στον αθλητή, έχει επίσης μεγάλο πλεονέκτημα την μείωση της αγωνιστικότητας του αντιπάλου, σε αθλήματα όπως το taekwondo και το καράτε. Η δύναμη με την ισχύ όπως είναι γνωστό είναι μεγέθη ανάλογα ($P = F \times V$) και η ισχύς μπορεί να θεωρηθεί και ως η ταχύτητα ανάπτυξης της δύναμης. Στο καράτε και ειδικότερα στο αγωνιστικό kumite, η εκδήλωση έντονων προσπαθειών συνδέεται με την δύναμη και την ταχύτητα των κινήσεων και ειδικότερα με την ταχύτητα ανάπτυξης της μυϊκής δύναμης (Ravier, Grappe, & Rouillon, 2004; Rochel et al., 2009).

Όπως αναμενόταν, η δύναμη του περιστροφικού λακτίσματος συσχετίστηκε θετικά με την αλτική ικανότητα των κάτω άκρων (ύψος, ισχύς, σχετική ισχύς, και δύναμη κατακόρυφου του CMJ), τονίζοντας τη σημασία των ειδικών ικανοτήτων της φυσικής κατάστασης για τη βελτιστοποίηση της απόδοσης των τεχνικών χαρακτηριστικών (Loturno et al., 2014). Αυτό το αποτέλεσμα έχει πρακτική ισχύ, διότι σε έναν αγώνα καράτε οι στρατηγικές που σχετίζονται με την καλή επίδοση έχουν ως στόχο να μεγιστοποιήσουν την μυϊκή ισχύ και δύναμη των λακτισμάτων και έχουν μεγάλη αξία για ένα αθλητή καράτε.

ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Οι αθλητές καράτε σε μια ημέρα μπορεί να αγωνιστούν διαδοχικά αρκετές φορές με διάσπαρτα χρονικά διαστήματα αδράνειας (World Karate Federation, 2009), κατάσταση η οποία επηρεάζει αρνητικά την επίδοσή τους. Ένα ενδιαφέρον εύρημα της έρευνας μας είναι πως η ενίσχυση της επίδοσης στο ύψος του CMJ παρατηρήθηκε μετά τη τρίτη παρέμβαση. Επιπλέον η δύναμη του περιστροφικού λακτίσματος, το ύψος του άλματος, η ισχύς και η σχετική ισχύς έδειξαν μια αυξητική τάση αμέσως μετά τη πρώτη παρέμβαση. Οι διαφορές αμέσως μετά την πρώτη παρέμβαση (3 σετ των 3 tuck jumps) δείχνουν το επίπεδο προθέρμανσης

και μπορεί υπό προϋποθέσεις να δείχνουν το επίπεδο ετοιμότητας των αθλητών καράτε. Στη μελέτη μας έγινε προσπάθεια αποτύπωσης των αγωνιστικών συνθηκών όσον αφορά το διάλλειμα μεταξύ των πρωτοκόλλων χρησιμοποιώντας αθλητές καράτε με ικανοποιητικό προπονητικό υπόβαθρο γεγονός το οποίο θα μπορούσε να δημιουργήσει ένα ευνοϊκότερο περιβάλλον ανάπτυξης φαινομένων PAP (Tillin & Bishop 2009). Οι διαφορές μεταξύ των δύο συνθηκών (πειραματικής και ελέγχου) φανερώουν σε ένα ποσοστό ότι η εφαρμογή πλειομετρικών πρωτοκόλλων μέτριας έντασης μπορεί να εφαρμοστεί με επαναλαμβανόμενο τρόπο κατά τη διαδικασία του αγώνα, βελτιώνοντας την απόδοση της ισχύος του CMJ σε αθλητές καράτε υψηλού επιπέδου. Το εύρημα αυτό είναι πολύ σημαντικό για τους αθλητές και αθλήτριες καράτε και φαίνεται πως κάποιες πλειομετρικές ασκήσεις οι οποίες χρησιμοποιούνται συχνά ως μέρος της ρουτίνας προθέρμανσης, μπορούν να προσφέρουν κάποιο πλεονέκτημα και θα πρέπει να προτιμούνται από προπονητές οι οποίοι έχουν στόχο να βελτιώσουν την ισχύ στα κάτω άκρα των αθλητών τους.

Για ασκούμενους και αθλητές η γραμμή διάκρισης μεταξύ της PAP και της προθέρμανσης είναι λεπτή και σε αγωνιστικές καταστάσεις, οι οποίες ορίζονται από συγκεκριμένους κανόνες το να χρησιμοποιηθεί μια συγκεκριμένη προθέρμανση σχετική με τα κινητικά πρότυπα του καράτε είναι μια πιο πρακτική προσέγγιση η οποία είναι γενικά αποτελεσματική και πιο εύκολη στην εφαρμογή της, εξασφαλίζοντας συνεχή παραγωγή δύναμης κατά τη διάρκεια επαναλαμβανόμενων δοκιμασιών ή αγώνων. Ωστόσο είναι ακόμα υπο διερεύνηση το ποιά είναι η καλύτερη στρατηγική προετοιμασίας για αθλητές υψηλού επιπέδου (Fletcher, 2013).

Το προπονητικό υπόβαθρο των ασκούμενων πρέπει επίσης να ληφθεί σοβαρά υπόψη στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Όλοι οι αθλητές που έλαβαν μέρος ήταν ενεργά μέλη της εθνικής ομάδας της Ελλάδος, λαμβάνοντας μέρος σε διεθνή διοργανώσεις έχοντας ένα αξιοσημείωτο προπονητικό και αγωνιστικό υπόβαθρο, επομένως η ύπαρξη έστω και μικρών βελτιώσεων έχει μεγάλη σημασία σε τέτοιους πλυθησμούς. Αθλητές τέτοιου επιπέδου είναι πιθανόν να έχουν φθάσει κοντά στη κορύφωση τους και έτσι οποιαδήποτε βελτίωση είναι δύσκολο να

παρατηρηθεί (Cornie, McGuigan & Newton 2011 a,b). Ο μικρός αριθμός των δοκιμαζόμενων (5 άνδρες, 5 γυναίκες) θα πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψη. Η τάση βελτίωσης μερικών παραμέτρων του CMJ και της δύναμης λακτίσματος θα μπορούσε εν μέρει να αποδοθεί στον μικρό αριθμό των εξεταζομένων ατόμων τα οποία αφορούσαν και στα δύο φύλα, παράγοντας ο οποίος αλλοίωσε τη στατιστική «δύναμη» των αποτελεσμάτων. Ο μικρός αριθμός του δείγματος θα μπορούσε να ληφθεί ως περιοριστικός παράγοντας της μελέτης. Το δείγμα όμως αποτελούσαν κορυφαίοι αθλητές της Εθνικής ομάδας, ενώ κατά τον σχεδιασμό της μελέτης αποφασίστηκε να μην συμπεριληφθούν αθλητές χαμηλότερου επιπέδου οι οποίοι μπορεί να είχαν διαφορετική ανταπόκριση στη συγκεκριμένη πλειομετρική παρέμβαση προενεργοποίησης.

Τέλος σύμφωνα με σημαντικό αριθμό ερευνητών (Masamoto et al., 2003; Till & Cooke 2009; Tsolakis, Bogdanis, Nikolaou & Zacharogiannis, 2011; Turki et al., 2011) τα tuck jumps δεν είναι επαρκή για να προκαλέσουν φαινόμενα PAP. Κατά συνέπεια επιβάλλεται η διερεύνηση της εφαρμογής πλειομετρικών ασκήσεων μεγαλύτερης έντασης (πχ. DJs), τα οποία φαίνεται ότι επιφέρουν καλύτερα αποτελέσματα (Chen et al., 2013; Hilficker et al., 2007; Masamoto et al., 2003; Saez Saez de Villarreal, Gonzalez-Badillo, & Izquierdo, 2007) σε επιλεγμένες δοκιμασίες ισχύος. Επιπλέον θα πρέπει επίσης να διερευνηθεί η εφαρμογή αγωνιστικών κινητικών προτύπων ως μέσων προθέρμανσης τα οποία με βάση την αρχή της εξειδίκευσης πιθανόν να προενεργοποιούν και να αποδίδουν τις αλλαγές που οφείλονται στη PAP βελτιώνοντας επίσης το νευρομυϊκό συντονισμό των ασκούμενων σε αληθινές αγωνιστικές συνθήκες.

Εφόσον λοιπόν η PAP είναι ένα εξατομικευμένο φαινόμενο, η εφαρμογή της στρατηγικής αυτής πρέπει να χρησιμοποιείται από τους προπονητές για κάθε αθλητή ξεχωριστά λαμβάνοντας όμως υπόψη τον όγκο, την ένταση και τις περιόδους ανάπαυσης των ασκήσεων προενεργοποίησης που θα προκαλούν την κατάλληλη διέγερση σε ατομικό επίπεδο (Tillin & Bishop, 2009). Φυσικά απαιτείται περεταίρω έρευνα πάνω στην εφαρμογή πλειομετρικών ασκήσεων ως μέρος της συγκεκριμένης προθέρμανσης πριν τους αγώνες.

VI. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η βελτιωμένη μυϊκή λειτουργία διαμέσου παρεμβατικών δοκιμασιών χρήζει ιδιαίτερης σημασίας στα αθλήματα επαφής όπου η δύναμη και η ισχύς παίζουν σημαντικό ρόλο μέσω επαναλαμβανόμενων προσπαθειών (Roschel et al., 2009).

Η μελέτη αυτή έδειξε πως οι πλειομετρικές ασκήσεις είναι δυνατόν να ενσωματωθούν στην προθέρμανση πριν από αγώνες διατηρώντας ένα επίπεδο προθέρμανσης - διέγερσης επι μακρόν καλύπτοντας τις επαναλαμβανόμενες αγωνιστικές προσπάθειες σε αθλητές καράτε υψηλού επιπέδου, δημιουργώντας ενισχυμένη απόδοση σε καλά προπονημένους αθλητές και αθλήτριες καράτε.

Συμπεραίνουμε λοιπόν, πως οι πλειομετρικές ασκήσεις δύνανται να προστεθούν στα πρωτόκολλα προθέρμανσης όχι μόνο πριν τον πρώτο αγώνα, αλλά και κατά τη διάρκεια συνεχόμενων αγώνων σε αθλήματα επαφής.

Λαμβάνοντας υπόψη ότι η μυϊκή ενεργοποίηση είναι ένα εξατομικευμένο φαινόμενο και αφορά κυρίως αθλητές καράτε υψηλού επιπέδου, η προπονητική αυτή στρατηγική μπορεί να εφαρμόζεται από τους προπονητές αναδιαμορφώνοντας το περιεχόμενο της προθέρμανσης και τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά των πλειομετρικών παρεμβάσεων με σκοπό να βρεθεί το κατάλληλο προπονητικό ερέθισμα για την ενίσχυση της επίδοσης στο αγωνιστικό καράτε.

VII. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Aagaard, P., & Andersen, J. L. (1998). Correlation between contractile strength and myosin heavy chain isoform composition in human skeletal muscle. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 30(8): 1217-1222.
- Aagaard, P., Simonsen, E. B., Andersen, J. L., Magnusson, P., & Dyhre-Poulsen, P. (2002). Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *Journal of Applied Physiology*. 93(4): 1318-1326.
- Armstrong, W. J., Grinnell, D. C. & Warren, G. S. (2010). The acute effect of whole-body vibration on the vertical jump height. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 24(10): 2835-2839.
- Azarbayjani, A. M., Rahmani, M., Rasaee, J. M., Tojari, F., Pournemati, P., Ostojic, S. M. & Stannard, S. R. (2010). The effect of sport competition on salivary steroids in amateur female karate athletes. *Journal of Physical Education and Sport*. 27(2).
- Baker, D. (2003). Acute effect of alternation heavy and light resistances on power output during upper-body complex power training. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 17(3): 493-497.
- Baker, D. & Newton, R. U. (2005). Acute effect on power output of alternation an agonist and antagonist muscle exercise during complex training. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 19(1): 202-205.
- Batista, M. A. B., Ugrinowitsch, C., Roschel, H., Lotufo, R., Ricard, M. D. & Tricoli, V. A. A. (2007). Intermittent exercise as a conditioning activity to induce postactivation potentiation. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 21(3): 837-840.
- Batista, M. A. B., Roschel, H., Barroso, R., Ugrinowitsch, C. & Tricoli, V. (2011). Influence of strength training background on postactivation potentiation response. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 25(9): 2496-2502.

- Barroso, R., Silva-Batista, C., Tricoli, V., Rochel, H. & Ugrinowitsch, C. (2013). The effects of different intensities and durations of the general warm up on leg press 1RM. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 27(4): 1009-1013.
- Behm, D. G., Button, D. C., Barbour, G., Butt, J. C. & Young, W. Y. (2004). Conflicting effects of fatigue and potentiating on voluntary force. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 18(2): 365-372.
- Bellar, D., Judge, L. W., Turk, M. & Judge, M. (2012). Efficacy of potentiation of performance through overweight implement throws on male and female collegiate and elite weight throwers. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 26(6):1469-1474.
- Beneke, R., Beyer, T., Jachner, C., Erasmus, J. & Hutler, M. (2004). Energetics of karate kumite. *European Journal of Applied Physiology*. 92: 518-523.
- Berning, J. M., Adams, K. J., DeBeliso, M., Sevene-Adams, P. G., Harris, C. & Stamford, B. A. (2010). Effect of functional isometric squats on vertical jump in trained and untrained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 24(9): 2285-2289.
- Bertini, I., Pujia, A. & Giampietro, M. (2003). A follow-up study of the variations in the body composition of karate athletes. *Acta Diabetol*. 40: 142-144.
- Bevan, H. R., Owen, N. J., Cunningham, D. J., Kingsley, M. I. C. & Kilduff, L. P. (2009). Complex training in professional rugby players: influence of recovery time on upper- body output. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 23(6):1780-1785.
- Bevan, H. R., Cunningham, D. J., Tooley, E. P., Owen, N. J., Cook, C. J. & Kilduff, L. P. (2010). Influence of postactivation potentiation on sprinting performance in professional rugby players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 24(3): 701-705.
- Berning, J. M., Adams, K. J., DeBeliso, M., Sevene-Adams, P. G., Harris, C. & Stamford, B. A. (2010). Effect of functional isometric squats on vertical jump in trained and untrained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 24(9): 2285-2289.

- Bogdanis, G. C., Tsoukos, A., Veligeas, P., Tsolakis, C. & Terzis, G. (2014). Effects of muscle action type with equal impulse of conditioning activity on postactivation potentiation. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 28(9): 2521-2528.
- Bolander, R.P., Neto, O.P. & Bir, C.A. (2009). The effects of height and distance on the force production and acceleration in martial arts strikes. *International Journal of Sports Medicine*. 8: 47–52.
- Bosco, C., Ito, A., Komi, P. V., Luhtanen, P., Rahkila, P., Rusko, H., & Viitasalo, J. T. (1982). Neuromuscular function and mechanical efficiency of human leg extensor muscles during jumping exercises. *Acta Physiologica Scandinavica*. 114(4): 543-550
- Bosco, C., & Komi, P. V. (1979). Mechanical characteristics and fiber composition of human leg extensor muscles. *European Journal of Applied Physiology Occupational Physiology*. 41(4): 275-284
- Bosco, C., Komi, P. V., Tihanyi, J., Fekete, G., & Apor, P. (1983). Mechanical power test and fiber composition of human leg extensor muscles. *European Journal of Applied Physiology Occupational Physiology*. 51(1): 129-135.
- Bosco, C., & Komi, P. V. (1979). Potentiation of the mechanical behavior of the human skeletal muscle through prestretching. *Acta Physiol Scand*. 106(4): 467-472.
- Bosco, C., & Komi, P. V. (1980). Influence of aging on the mechanical behavior of leg extensor muscles. *European Journal of Applied Physiology Occupational Physiology*. 45(2-3): 209-219.
- Bosco, C., Luhtanen, P., & Komi, P. V. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European Journal of Applied Physiology Occupational Physiology*. 50(2): 273-282.
- Boullosa, D. A. & Tuimil, J. L. (2009). Postactivation potentiation in distance runners after two different field running protocols. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 23(5): 1560-1565.

- Brandenburg, J. P. (2005). The acute effects of prior dynamic resistance exercise using different loads on subsequent upper-body explosive performance in resistance-training men. *Journal of Strength and Conditioning Research*.19(2): 427-432.
- Burkett, L. N, Phillips, W. T. & Ziuraitis, J. (2005). The best warm-up for the vertical jump in college-age athletic men. *Journal of Strength and Conditioning Research*.19(3):673-676.
- Bullock, N. & Comfort, P. (2011). An investigation into the acute effects of depth jumps on maximal strength performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 25(11): 3137-3141.
- Byrne, P. J., Kenny, J. & O'Rourke, B. (2014). Acute potentiating effect of depth jumps on sprint performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 28(3): 610-615.
- Chamari, K., Chaouachi, A., Hambli, M., Kaouech, F., Wissloff, U. & Castagna, C. (2008). The 5-jumps for distance as field test to assess lower limb explosive – power in soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 22(3): 944-950.
- Chaouachi, A., Castagna, C., Chtara, M., Brughelli, M., Turki, O., Galy, O., Chamari, K. & Behm, D. (2010). Effect of warm-ups involving static or dynamic stretching on agility, sprinting, and jumping performance in trained individuals. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 24(8):2001-2011.
- Chatton, C., Brown, L. E., Coburn, J. W. & Noffal, G. J. (2010). Effect of a dynamic loaded warm-up on vertical jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 24(7): 1751-1754.
- Chatzopoulos, D. E., Michailidis, C. J., Giannakos, A. K., Alexiou, K. C., Patikas, D. A., Antonopoulos, C. B. & Kotzamanidis, C. M. (2007). Postactivation potentiation effects after heavy resistance exercise on running speed. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 21(4): 1278- 1281.

- Chen, Z., Wang, Y., Peng, H., Yu, C. & Wang, M. (2013). The acute effect of drop jump protocols with different volumes and recovery time on countermovement jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 27(1): 154-158.
- Chiu, L. Z. F., Fry, A. C., Weiss, L. W., Schilling, B. K., Brown, L. E. & Smith, S. L. (2003). Postactivation potentiation response in athletic and recreationally trained individuals. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 17(4): 671-677.
- Cohen, J. (2013). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*: Routledge Academic.
- Comuns, T. M., Harrison, A. J. & Hennessy, L. K. (2011). An investigation in to the recovery process of a maximum stretch- shortening cycle fatigue protocol on drop and rebound jumps. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 25(8): 2177-2184.
- Comuns, T. M., Harrison, A. J., Hennessy, L. & Jensen, R. L. (2006). The optimal complex training rest interval for athletes from anaerobic sports. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 20(3):471-476.
- Comuns, T. M., Harrison, A. J., Hennessy, L. & Jensen, R. L. (2007). Identifying the optimal resistive load for complex training in male rugby players. *Sports Biomechanics*. 6(1):59-70.
- Cormie, P., McGuigan, M. R., and Newton, R. U. (2011a). Developing maximal neuromuscular power: Part 1--biological basis of maximal power production. *Sports Medicine*. 41(1): 17-38.
- Cormie, P., McGuigan, M. R., and Newton, R. U. (2011b). Developing maximal neuromuscular power: part 2 - training considerations for improving maximal power production. *Sports Medicine*, 41 (2), 125-146.
- Crewther, B. T., Kilduff, L. P., Cook, C. J., Middleton, M. K., Bunce, P. J. & Yang, G. (2011). The acute potentiating effects of back squats on athlete performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 25(12): 3319-3325.

- Crow, J. F., Buttifant, D., Kearny, S. G. & Hrysomallis, C. (2012). Low load exercises targeting the gluteal muscle group acutely enhance explosive power output in elite athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 26(2): 438-442.
- Crum, A. J., Kawamori, N., Stone, M. H. & Haff, G. (2012). The acute effects of moderately loaded concentric- only quarter squats on vertical jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 26(4): 914-925.
- Dalrymple, K. J., Davis, S. E., Dwyer, G. B. & Moir, G. L. (2010). Effect of static and dynamic stretching on vertical jump performance in collegiate women volleyball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 24(1): 149-155.
- Davies, C. T., Wemyss-Holden, J., & Young, K. (1984). Measurement of short term power output: comparison between cycling and jumping. *Ergonomics*. 27(3): 285-296.
- DeRenne, C. (2010). Effects of postactivation potentiation warm-up in male and female sport performances: A brief Review. *Strength and Conditioning Journal*. 32(6).
- Deutsch, M. & Lloyd, R. (2008). Effect of order of exercise on performance during a complex training session in rugby players. *Journal of Sports Sciences*. 26(8): 803-809.
- Doder, D.V. & Doder, R.Z. (2006). Effect of anthropological characteristics on the efficiency of execution of forward kick. *Proc. Nat. Sci, Matica Srpska Novi Sad*. 110: 45-54.
- Donti O, Tsolakis C and Bogdanis G (2014) Effects of Baseline Levels of Flexibility and Vertical Jump Ability on Performance Following Different Volumes of Static Stretching and Potentiating Exercises in Elite Gymnasts *Journal of Sports Science and Medicine*. 13: 105-113.
- Doria, C., Veicsteinas, A., Limonta, E., Maggioni, M.A., Aschieri, P., Eusebi, F., Fano, G. & Pietrangelo, T. (2009). Energetics of karate (kata and kumite

- techniques) in top-level athletes. *European Journal of Applied Physiology*. 107: 603-610.
- Ebben, W. P., Petushek, E. J., Fauth, M. L., Millin, K., Spadavecchia, M., Petrauskas, K. & Feldmann, C. R. (2010). Do high hamstring to quadriceps activation ratios impair jumping performance? *Journal of Strength and Conditioning Research*. 24(p1).
- Esformes, J. I., Cameron, N. & Bampouras, T. M. (2010). Postactivation potentiation following different modes of exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 24(7): 1911-1916.
- Esformes, J. I. & Bampouras, T. M. (2013). Effect of back squat depth on lower-body postactivation potentiation. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2 (11): 2997-3000.
- Esformes, J. I., Keenan, M., Moody, J. & Bampouras, T. M. (2011). Effect of different types of conditioning contraction on upper body postactivation potentiation. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 25(1): 143-148.
- Estevan, I., Jandacka, D. & Falco, C. (2013). Effect of stance position on kick performance in taekwondo. *Journal of Sports Sciences*. 31(16): 1815-1822.
- Evetovich, T. K., Conley, D. S. & McCawley, P. F. (2015). Postactivation potentiation enhances upper and lower body athletic performance in collegiate male and female athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 29(2): 336-342.
- Faigenbaum, A. D., McFarland, J. E., Schwerdtman, J. A., Ratamess, N. A., Kang, J. & Hoffman, J. R. (2006). Dynamic warm-up protocols, with and without a weighted vest, and fitness performance in high school female athletes. *Journal of Athletic Training*. 41(1): 357-363.
- Falco, C., Alvarez, O., Castillo, I., Estevan, I., Martos, J., Muggara, F. & Iradi, A. (2009). Influence of the distance in a roundhouse kick's execution time and impact force in Taekwondo. *Journal of Biomechanics*. 42(3): 242-248.

- Farup, J. & Sorensen, H. (2010). Postactivation potentiation: Upper body force development changes after maximal force intervention. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 24(7): 1874-1879.
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A. G. & Buchner, A. (2007). G* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavioral Research Methods*. 39 (2): 175-191.
- Ferreira, S., Panissa, V., Miarka, B. & Franchini, E. (2012). Postactivation potentiation: Effect of various recovery intervals on bench press power performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 26(3): 739-744.
- Feros, S.A., Young, W.B., Rice, A.J. & Talpey, S.W. (2012). The effects of including a series of isometric contractions to the rowing warm-up in 1000 m rowing ergometer time trial performance *Journal of Strength and Conditioning Research*. 26 (12): 3326-3334.
- Fletcher, I.M (2013). An investigation into the effect of a pre-performance strategy on jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 27(1): 107-115.
- Fletcher, L. M. & Monte-Colombo, M. M. (2010). An investigation in to the effects of different warm- up modalities on specific motor skills related to soccer performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 24(8): 2096-2101.
- Francescato, M.P., Talon, T. & di Prampero, P.E. (1995). Energy cost and energy sources in karate. *European Journal of Applied Physiology*. 71: 355-361.
- French, D. N., Kraemer, W. J. & Cooke, C. B. (2003). Changes in dynamic exercise performance following a sequence of preconditioning isometric muscle actions. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 17(4): 678-685.
- Fukatani, A., Takei, S., Hirata, K., Miyamoto, N., Kanehisa, H. & Kawakami, Y. (2014). Influence of the intensity of squat exercises on the subsequent jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 28(8): 2236-2243

- Giampietro, M., Pujia, A. & Bertini, I. (2003). Anthropometric features and body composition of young athletes practicing karate at a high and medium competitive level. *Acta Diabetol.* 40: 145-158.
- Gilbert, G. & Lees, A. (2005). Changes in the force development characteristics of muscle following repeated maximum force and power exercise. *Ergonomics.* 48(11-14): 1576-1584.
- Gourgoulis, V., Aggelousis, N., Kasimatis P., Mavromatis, G. & Garas, A. (2003). Effect of a submaximal half-squats warm-up program on vertical jump ability. *Journal of Strength and Conditioning Research.* 17 (2): 342-344.
- Guidetti, L., Cagno, A., Gallotta, M., Battaglia, C., Piazza, M. & Baldari, C. (2009). Precompetition warm-up in elite and subelite rhythmic gymnastics. *Journal of Strength and Conditioning Research.* 23(6): 1877-1882.
- Gulledge, J. K. & Dapena, J. (2008). A comparison of the reverse and power punches in oriental martial arts. *Journal of Sports Sciences.* 26 (2): 189-196.
- Gullich, A. & Schmidtbleicher, D. (1996). MVC induced short-term potentiation of explosive force *New Studies in Athletics.* 11: 67-81
- Hamada, T., Sale, D. G. & MacDougall, J. D. (2000). Postactivation potentiation in endurance- trained male athletes. *Medicine & Science in Sports and Exercise.* 403-411.
- Hanson, E. D., Leigh, S. & Mynark, R. G. (2007). Acute effect of heavy – and light-load squat exercise on the kinetic measures of vertical jumping. *Journal of Strength and Conditioning Research.* 21(4): 1012-1017.
- Harisson, A. (2010). Postactivation Potentiation. National Strength and Conditioning Association (NSCA), Hor Topic Series, www.nscalift.org.
- Harris, G. D. (2009). Exercise Testing Special Protocols. In C. Evans and R. White (Eds.), *Exercise Stress Testing for Primary Care and Sports Medicine* (pp. 45-54): Springer New York.

- Hickey, P. M. (1997). *Karate Techniques & Tactics. Skills for sparring and self-defence*. USA: Human Kinetics
- Hilfiker, R., Hubner, K., Lorenz, T. & Marti, B. (2007). Effects of drop jumps added to the warm-up of elite sport athletes with a high capacity for explosive development. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 21(2): 550-555.
- Hirayama, K. (2014). Acute effects of an ascending intensity squat protocol on vertical jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 28(5): 1284-1288.
- Hodgson, M., Docherty, D. & Robbins, D. (2005). Post-Activation Potentiation. Underlying Physiology and Implications for Motor Performance. *Sports Medicine*. 35(7):585-595.
- Hoffman, J. R. (2007). Effects of maximal squat exercise testing on vertical jump performance in American college football players. *Journal of Sports Science and Medicine*. 6:149-150.
- Iide, K., Imamura, H., Yoshimura, Y., Yamashita, A., Miyahara, K., Miyamoto, N. & Moriwaki, C. (2008). Physiological responses of simulated karate sparring matches in young men and boys. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 22(3): 839-844.
- Jakubiak, N. & Saunders, D. H. (2008). The feasibility and efficacy of elastic resistance training for improving the velocity of the Olympic Taekwondo turning kick. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 22:1194-1197.
- Jensen, R. L. & Ebben, W. P. (2003). Kinetic analysis of complex training rest interval effect on vertical jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 17(2): 345-349.
- Judge, L. W., Bellar, D. & Judge, M. (2010). Efficacy of potentiation of performance through overweight implement throws on male and female high-school weight throwers. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 24(7): 1804-1809.

- Judge, L. W., Bellar, D., Judge, M. & Gilreath, E. (2011). Efficacy of potentiation of performance through overweight implement throws on high school weight throwers. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 25(1): S16-S17.
- Khamoui, A. V., Brown, L. E., Coburn, J. W., Judelson, D. A., Uribe, B. P., Nguyen, D., Tran, T., Eurich, A. D. & Noffal, G. J. (2009). Effect of potentiating exercise volume on vertical jump parameters in recreationally trained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 23(5): 1465-1469.
- Khelifa, R., Aouadi, R., Hermassi, S., Chelly, M.S., Jlid, M.C., hbacha, H. & Castagna, C. (2010). Effects of plyometric training program with and without added load on jumping ability in basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 24(4): 2955-2961.
- Kilduff, L. P., Bevan, H. R., Kingsley, M. I. C., Owen, N. J., Bennett, M. A., Bunce, P. J., Hore, A. W., Maw, J. R. & Cunningham, D. J. (2007). Postactivation potentiation in professional rugby players: Optimal recovery. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 21(4): 1134-1138.
- Kilduff, L. P., Owen, N., Bevan, H., Bennett, M., Kingsley, M. I. C. & Cunningham, D. (2008). Influence of recovery time on post-activation potentiation in professional rugby players. *Journal of Sports Sciences*. 26(8): 795-802.
- Kilduff, L. P., Cunningham, D. J., Owen, N. J., West, D. J., Bracken, R. M. & Cook, C. J. (2011). Effect of postactivation potentiation on swimming starts in international sprint swimmers. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 25(9): 2418-2423.
- Kim, Y.K., Kim, Y.H., & Im, S.J. (2011). Inter-joint coordination in producing kicking velocity of Taekwondo kicks. *Journal of Sports Science and Medicine*. 10(1): 31-38.
- Kottner, J., Audige, L., Brorson, S., Donner, A., Gajewski, B. J., Hrobjartsson, A., Roberts, C., Shoukri, M. & Streiner, D. L. (2011). Guidelines for

- Reporting Reliability and Agreement Studies (GRRAS) were proposed. *Journal of Clinical Epidemiology*. 64 (1): 96-106.
- Koo, H. S., (2002). An kinematic analysis of Naraechagi Taekwondo technique. *Korean Journal of Physical Education*. 44(1): 601-613. (In Korean: English abstract).
- Kostovski, Z. & Georgiev, G. (2009). Measure characteristics of motor tests for assessing rhythmic structure and explosive strength with karate athletes and non-athletes at the age of 12. *Sport SPA*. 6(2): 37-42.
- Kramer, J. F. & Balsor, B. E. (1990). Lower extremity preference and knee extensor torques in intercollegiate soccer players. *Canadian Journal of Sport Sciences*. 15(3): 180-184.
- La Torre, A., Castagna, C., Gervasoni, E., Ce, E., Rampichini, S., Ferrarin, M. & Merati, G. (2010). Acute effects of static stretching on squat jump performance at different knee starting angles. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 24(3): 687-694.
- Linder, E. E., Prins, J. H., Murata, N. M., Derenne, C., Morgan, C. F. & Solomon, J. R. (2010). Effects of preload 4 repetition maximum on 100-m sprint times in collegiate women. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 24(5): 1184-1190.
- Linthorne, N. P. (2001). Analysis of standing vertical jumps using a force platform. *American Journal of Physics*. 69: 1198–1204.
- Locurto, I., Artioli, G. G., Kobal, R., Gil, S. & Franchini, E. (2014). Predicting punching acceleration from selected strength and power variables in elite karate athletes: A multiple regression analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*.
- Lowery, R. P., Duncan, N. M., Loenneke, J. P., Sikorski, E. M., Naimo, M. A., Brown, L. E., Wilson, F. G. & Wilson, J. M. (2012). Effects of potentiating stimuli intensity under varying rest periods on vertical jump performance and power. *National Strength and Conditioning Association*. 2-11.

- Mahlfeld, K., Franke, J. & Awiszus, F. (2004) Postcontraction changes of muscle architecture in human quadriceps muscle. *Muscle Nerve*. 597–600
- Mangus, B. C., Takahashi, M., Mercer, J. A., Holcomb, W. R., McWhorter, J. W. & Sanchez, R. (2006). Investigation of vertical jump performance after completing heavy squat exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 20(3): 597-600.
- Marcora, S., & Miller, M. K. (2000). The effect of knee angle on the external validity of isometric measures of lower body neuromuscular function. *Journal of Sports Science*. 18(5): 313-319.
- Marcovic, G., Jukic I., Milanovic, D. & Metikos, D. (2007). Effects of sprint and plyometric training on muscle function and athletic performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 21(2): 543-549.
- Marquez, G. J., Mon, J., Acero, R. M., Sanchez, J. A. & Fernandez-Del-Olmo, M. (2009). Low-intensity cycling affects the muscle activation pattern of consequent countermovement jumps. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 23(5): 1470-1476.
- Masamoto, N., Larson, R., Gates, T. & Faigenbaum, A. (2003). Acute effects of plyometric exercise on maximum squat performance in male athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 17(1): 68-71.
- Masiulis, N., Skurvydas, A., Kamandulis, S., Snieckus, A., Brazaitis, M., Daniuseviciute, L. & Ramanauskiene, I. (2008). Post-activation potentiation and fatigue in quadriceps femoral muscle after a 5s maximal voluntary isometric contraction. *Kuno Kultura. Sportas. Biomedicinos Mokslo*. 1(68): 55-60.
- Matthews, M., O’Conchuir, C. & Comfort, P. (2009). The acute effects of heavy and light resistances on the flight time of a basketball push-pass during upper body complex training. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 23(7): 1988-1995.
- McBride J. M., Nimphious S. & Erickson T. M. (2005). The acute effect of heavy-load squats and loaded countermovement jumps on sprint

- performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 19(4): 893-897.
- McCann, M. R. & Flanagan, S. P. (2010). The effects of exercise selection and rest interval on postactivation potentiation of vertical jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 24(5): 1285-1291.
- McCarthy, J. P., Wood, D. S., Bolding, M. S., Roy, J. L. P. & Hunter, G. R. (2012). Potentiation of concentric force and acceleration only occurs early during the stretch-shortening cycle. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 26(9): 2345-2355.
- Miarca, B., Del Vecchio, D. D. & Franchini, E. (2010). Acute effects and postactivation potentiation in the special judo fitness test. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 25(2): 427-431.
- Mikic, B., Huremovic, D. & Mehinovic, J. Canonical correlation between basic-motor abilities and karate competitor's efficacy. *Sport SPA*. 6(2): 33-36.
- Miller, T. (2012). NSCA's Guide to Tests & Assessments: *Human Kinetics*.
- Misiaszek, J. E. (2003). The H-reflex as a tool in neurophysiology: its limitations and uses in understanding nervous system function. *Muscle Nerve*. 28: 144-160.
- Miyaguchi, K. & Demura, S. (2010). Specific factors that influence deciding the takeoff leg during jumping movements. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 24(9): 2516-2522.
- Miyamoto, N., Kanehisa, H., Fukunaga, T. & Kawakami, Y. (2011). Effect of postactivation potentiation on the maximal voluntary isokinetic concentric torque in humans. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 25(1): 186-192.
- Moir, G. L., Mergy, D., Witmer, C. A. & Davis, S. E. (2011). The acute effects of manipulating volume and load of back squats on countermovement vertical jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 25(6): 1486-1491.

- Mola, J., Bruce-Low, S. & Burnet, S. (2014). Optimal recovery time for postactivation potentiation in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 28(6): 1529-1537.
- Morana, C. & Perrey, S. (2009). Time course of postactivation potentiation during intermittent submaximal fatiguing contractions in endurance- and power-trained athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 23(5): 1456-1464.
- Mori, S., Ohtani, Y. & Imanaka, K. (2002). Reaction times and anticipatory skills of karate athletes. *Human Movement Sciences*. 21: 213-230.
- Nakayama. M. (1977). *Best Karate I. Comprehensive*. New York: Kodansha International. Ltd
- Neto, O. P., Marzullo, A. C. D. M., Bolander, R. P. & Bir, C. A. (2013). Martial arts striking hand peak acceleration, accuracy and consistency. *European Journal of Sport Science*. 1-6.
- Nunan, D. (2006). Development of a sports specific aerobic capacity test for karate – a pilot study. *Journal of Sports Science and Medicine*. 47-53.
- Okuno, N. M., Tricoli, V., Silva, S. B., Bertuzzi, R., Moreira, A. & Kiss, M.A. (2013). Postactivation potentiation on repeated sprint ability in elite handball players. *National Strength and Conditioning Association*. 27(3): 662-8.
- O' Leary, D.D., Hope, K. & Sale, D. G. (1997). Posttetanic potentiation of human dorsiflexors. *Journal of Applied Physiology*. 83: 2131-2138.
- Parmigiani, S., Dadomo, H., Bartolomucci, A., Brain, P.F., Carbucicchio, A., Costantino, C., Ferrari, P. F., Palanza, P. & Volpi, R. (2009). Personality traits and endocrine response as possible asymmetry factors of agonistic outcome in karate athletes. *Aggressive Behavior*. 35: 324-333.
- Probst, M. M., Fletcher, R. & Seelig, D. S. (2007). A comparison of lower body flexibility, strength, and karate knee stability between karate athletes and active controls. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 21(2): 451-455.

- Rahimi, R. (2007). The acute effects of heavy versus light load squats on sprint performance. *Facta Universitatis*. 5(2): 163-169.
- Ravier, G., Dugue, B., Grappe, F., Rouillon, J. D. (2009). Impressive anaerobic adaptations in elite karate athletes due to few intensive intermittent sessions added to regular karate training. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. 19: 687-694.
- Ravier, G., Dugue, B., Grappe, F., Rouillon, J. D. (2006). Maximal accumulated oxygen deficit and blood responses of ammonia, lactate and phafter anaerobic test: a comparison between international and national elite karate athletes. *International Journal of Sports and Medicine*. 27:810-817.
- Ravier, G., Grappe, F. & Rouillon, J. D. (2004). Application of force-velocity cycle ergometer test and vertical jump tests in the functional assessment of karate competitor. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 44: 349-55.
- Read, P., Miller, S. C. & Turner, A. N. (2012). The effects of PAP on Golf Club Head Speed. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(6): 1579-1582
- Reiman, M. P., Peintner, A. M., Boehner, A. L., Cameron, C. N., Murphy, J. R. & Carter, J. W. (2010). Effects of dynamic warm-up with and without a weighted vest on lower extremity power performance of high school male athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 24(12): 3387-3395.
- Requena, B., Saez- Saez de Villarreal, E., Gapeyeva, H., Ereline, J., Garcia, I. & Paasuke, M. (2011). Relationship between postactivation potentiation of knee extensor muscles, sprinting and vertical jumping performance in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 25(2): 367-373.
- Richardson, J. T. E. (2011). Eta squared and partial eta squared as measures of effect sizes in educational research. *Educational Research Review*. 6: 135-147.

- Rixon, K., Lamont, H. S. & Bemben, M. G. (2007). Influence of type of muscle contraction, gender, and lifting experience on postactivation potentiation performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 21(1): 500-505.
- Robbins, D. W. (2005). Postactivation potentiation and its practical applicability: A brief review. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 19(2): 453-458.
- Robbins, D. W. & Docherty, D. (2005). Effect of loading on enhancement of power performance over three consecutive trials. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 19(4): 898-902
- Rochel, H., Batista, M., Monteiro, R., Bertuzzi, R.C., Barroso, R., Loturco, I., Ugrinowitsch, C., Tricoli, V. & Franchini, E. (2009). Association between neuromuscular tests and kumite performance on the Brazilian karate national team. *Journal of Sports Science and Medicine*. 8(3): 20-24.
- Ruben, R. M., Molinari, M. A., Bibbee, C. A., Childress, M. A., Harman, M. S., Reed, K. P. & Haff, G. G. (2010). The acute effects of an ascending squat protocol on performance during horizontal plyometric jumps. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 24(2): 358-369.
- Saez-Saez de Villarreal, E., Gonzalez-Badillo, J. J. & Izquierdo, M. (2007). Optimal warm-up stimuli of muscle activation to enhance short and long-term acute jumping performance. *European Journal of Applied Physiology*.
- Sale, D. G. (2002). Postactivation potentiation: Role in human performance. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. 138-143.
- Santos, E. J. A. M. & Janeira, M. A. A. S. (2008). Effects of complex training on explosive strength in adolescent male basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 22(3): 903-909.
- Sarramian, V.G., Turner, A.N. & Greenhalgh, A.K. (2015). Effect of postactivation potentiation on fifty-meter freestyle in national swimmers. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 29(4): 1003-1009.

- Sayers, S. P., Harackiewicz, D. V., Harman, E. A., Frykman, P. N. & Rosenstein, M. T. (1999). Cross validation of three jump power equations. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 31: 572-577.
- Smilios, T., Pilianidis, T., Sotiropoulos, K., Antonakis, M. & Tokmakidis, S. P. (2005). Short-term effects of selected exercise and load in contrast training on vertical jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 19(1): 135-139.
- Smith, J. C. & Fry, A. C. (2007). Effects of a ten-second maximum voluntary contraction on regulatory myosin light-chain phosphorylation and dynamic performance measures. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 21(1): 73-76.
- Smith, J. C., Fry, A. C., Weiss, L. W., Li, Y. & Kinzey, S. J. (2001). The effects of high-intensity exercise on a 10-second sprint cycle test. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 15(3): 344-348.
- Sotiropoulos, K., Smilios, I., Christou, M., Barzouka, K., Spaias, A., Douda, H. & Tokmakidis, S. P. (2010). Effects of warm-up on vertical jump performance and muscle electrical activity using half-squats at low and moderate intensity. *Journal of Sports Science and Medicine*. 9: 326-331.
- Sterkowicz, P.K.L. (2010). Body composition and somatotype of the top of polish male karate contestants. *Biology of Sport*. 27(3): 195-201.
- Stieg, J., Faulkinbury, K. J., Brown, L. E., Coburn, J. W. & Judelson, D. A. (2010). Acute effects of depth jump volume on vertical jump performance in Ncaa Di women soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 24.
- Tanaka, T., Hashimoto, N., Nakata, M., Ito, T., Ino, S. & Ifukube, T. (1996). Analysis of toe pressures under the foot while dynamic standing on one foot in healthy subjects. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 23(3):188-93
- Terzis, G., Karampatsos, G., Kyriazis, T., Kavouras, S.A. & Georgiadis, G. (2012). Acute effects of countermovement jumping and sprinting on shot

- put performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 26(3): 684-690.
- Terzis, G., Spengos, K., Karampatsos, G., Manta, P. & Georgiadis, G. (2009). Acute effect of drop jumping on throwing performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 23(9): 2592-2597.
- Terzis, G., Stratakos, G., Manta, P. & Georgiadis, G. (2008). Throwing performance after resistance training and detraining. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 22(4): 1198-1204.
- Thompsen, A. G., Kackley, T., Palumbo, M. A. & Faigenbaum, A. D. (2007). Acute effects of different warm-up protocols with and without a weighted vest on jumping performance in athletic women. *Journal of Strength and Conditioning Research*. (21)1: 52-56.
- Till, K. A. & Cooke, C. (2009). The effects of postactivation potentiation on sprint and jump performance of male academy soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 23(7): 1960-1967.
- Tillin, N. A. & Bishop, D. (2009). Factors modulating post activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities. (2009). *Sports Medicine*. 39(2): 147-166.
- Tobin, D. P. & Delahunt, E. (2014). The acute effect of plyometric stimulus on jump performance in professional rugby players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 28(2): 367-372.
- Tran, T., Faulkinbury, K., Stieg, J., Khamoui, A. V., Uribe, B. P., Dabbs, N. C., Jo, E., Brown, L. E., Coburn, J. D. & Judelson, D. A. (2010). Effect of 10 repetitions of box jumps and depth jumps on peak ground reaction force. *Journal of Strength and Conditioning Research*. (24)1: 1-1.
- Trimble, M. H. & Harp, S. S. (1998). Postexercise potentiation of the H-reflex in humans. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 30(6): 933-941.
- Tsolakis, C. & Bogdanis, C. (2012). Acute effects of two different warm-up protocols on flexibility and lower limb explosive performance in male and female high level athletes. *Journal of Sports Science and Medicine*. 11: 669-675.

- Tsolakis, C., Bogdanis, G., Nikolaou, A. & Zacharogiannis, E. (2011). Influence of type of muscle contraction and gender on postactivation potentiation of upper and lower limb explosive performance in elite fencers. *Journal of Sports Science and Medicine*. 10: 577-583.
- Turki, O., Chaouachi, A., Drinkwater, E. J., Chtara, M., Chamari, K., Amri, M. & Behm, D. G. (2011). Ten minutes of dynamic stretching is sufficient to potentiate vertical jump performance characteristics. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 25(9): 2453-2463.
- Turner, A.P., Bellhouse, S., Kilduff, L. & Russell, M. (2015). Postactivation potentiation of sprint acceleration performance using plyometric exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 29(2): 343-350.
- Violan, M. A., Small, E. W., Zetaruk, M. N. & Micheli, L. J. (1997). The effect of karate training on flexibility, muscle strength, and balance in 8- to 13-year old boys. *Pediatric Exercise Science*. 9: 55-54.
- Weber, K. R., Brown, L. E., Coburn, J. W. & Zinder, S. M. (2008). Acute effects of heavy-load squats on consecutive squat jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 22(3): 726-730.
- Wilson, J. M., Duncan, N.M., Martin, P. J., Brown, L. E., Lonneke, J. P., Wilson, S. M. C., Jo, E., Lowery, R. P. & Ugrinowitsch, C. (2013). Meta-analysis of postactivation potentiation and power. Effects of conditioning activity volume, gender, rest period and training status. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 27(3): 854-859.
- Wilson, J. M., Miller, A. L., Szymanski, D. J., Duncan, N. M., Andersen, J. C., Alcantara, Z. G., Morrison, T. J. & Bergman, C. J. (2012). Effects of various warm-up protocols and rest period lengths on batting velocity and acceleration of intercollegiate baseball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 26(9): 2317-2323.
- Wong, D. P., Tan, E. C. H., Chaouachi, A., Carling, C., Castagna, C., Bloomfield, J. & Behm, D. G. (2010). Using squat testing to predict training loads for

- lower-body exercises in elite karate athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 24(11): 3075-3080.
- Wong, S. K., Thung, J. S. & Pieter, W. (2006). Mood and performance in young Malaysian karateka. *Journal of Sports Science and Medicine*.54-59.
- World Karate Federation. (2002). Kata and Kumite (sparing) competition rules Version 5.3.A Madrid.
- Xenofondos, A., Lapidis, K., Kyranoudis, A., Galazoulas, C., Bassa, E. & Kotzamanidis, C. (2010). Postactivation potentiation: factors affecting it and the effect on performance. *Journal of Physical Education and Sport*. 28(3): 1582-8131.
- Zaras, N. D., Stasinaki, A. N., Krase, A. A., Methenitis, S. K., Karampatsos, G. P., Georgiadis, G. V., Spengos, K. M., & Terzis G. D. (2014). Effects of tapering with light vs heavy loads on track and field throwing performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 28(12): 3484-3495
- Zehr, E. P., Sale, D. G. & Dowling, J. J. (1997). Ballistic movement performance in karate athletes. *Medicine and Science in Sports & Exercise*. 29(10): 1366-1373.