



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών
— ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837 —

Μ.Π.Σ ΑΘΛΗΣΗ & ΥΓΕΙΑ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΙΑΤΡΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

Διπλωματική εργασία

“Διερεύνηση των ανατομικών, δυναμικών και κινητικών ασυμμετριών σε νεαρούς ελίτ αθλητές και αθλήτριες ξιφασκίας”

Επιμέλεια : Δρακουλάκη Βασιλική Α.Μ. 20170370

Επιβλέπων καθηγητής: Τσολάκης Χαρίλαος

ΑΘΗΝΑ 2020

© Copyright

ΔΡΑΚΟΥΛΑΚΗ ΒΑΣΙΛΙΚΗ

Σχολή Επιστήμων Υγείας

Ιατρική Σχολή- Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Α Ορθοπαιδική Κλινική Πανεπιστημιακό Γενικό Νοσοκομείο Αττικών

Ρίμνι 1,124 62 Χαϊδάρι, Αθήνα

Έκφραση ευχαριστιών

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών Άθληση και Υγεία της Ιατρικής Σχολής Αθηνών. Θερμές ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω ιδιαίτερα στον καθηγητή μου, κ. Χάρη Τσολάκη, για την πολύτιμη βοήθεια του στην συγγραφή της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Επίσης θα ήθελα ευχαριστήσω τους αθλητές που συμμετείχαν στην έρευνα, χωρίς την βοήθεια των οποίων δεν θα ήταν δυνατή η εκπόνηση της μελέτης. Θα ήθελα να ευχαριστήσω επίσης τον υπεύθυνο καθηγητή κ. Παναγιώτη Κουλουβάρη για την παραχώρηση του χώρου, δίχως τον οποίο δεν θα ήταν εφικτή η πραγματοποίηση της έρευνας. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους και την οικογένεια μου για την συμπαράσταση τους,

Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη.....	5
Abstract (260)	6
1 Εισαγωγή	7
1.1 Ορισμός του προβλήματος	9
1.2 Σημασία της έρευνας.....	10
1.3 Ερευνητικές υποθέσεις.....	10
1.4 Πρακτικές εφαρμογές.....	11
1.5 Οριοθετήσεις και περιορισμοί	11
1.6 ΔΙΕΥΚΡΙΝΙΣΗ ΟΡΩΝ	12
2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	13
2.1 Γενικά περί ασυμμετριών	13
2.2 Ασυμμετρίες στον αθλητισμό.....	14
2.3 Ασυμμετρίες στην ξιφασκία.....	16
2.4 Μηχανική προσέγγιση της προβολής.....	16
2.5 Τρόποι διάκρισης και υπολογισμού των ασυμμετριών	20
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	22
3.1 Υλικό-Δοκιμαζόμενοι.....	22
3.2 Πειραματική διαδικασία.....	23
3.3 Μετρήσεις και προσδιορισμοί.....	23
3.4 Στατιστική Ανάλυση.....	26
Αποτελέσματα	Error! Bookmark not defined.
Συζήτηση.....	32
Συμπεράσματα επι των θεωρητικών υποθέσεων.	37
Μελλοντικές εργασίες-κάλυψη ερευνητικών κενών.....	38
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	39

Περίληψη

Η ύπαρξη ασυμμετριών είναι εμφανής ακόμη και σε αθλητές οι οποίοι αγωνίζονται σε συμμετρικά αθλήματα. Ο σκοπός της τρέχουσας μελέτης ήταν να διερευνήσει την ύπαρξη ασυμμετριών σε νέους ελίτ άντρες και γυναίκες ξιφομάχους στα κάτω άκρα και να συσχετίσει τα αποτελέσματα αυτά με την απόδοση τους στην ξιφασκία. 16 άνδρες και 22 γυναίκες ελίτ ξιφομάχοι υποβλήθηκαν σε ανθρωπομετρικό έλεγχο, σε μονόπλευρα κατακόρυφα άλματα, σε οριζόντια άλματα και στην εκτέλεση βασικών κινητικών προτύπων (προβολή και βήμα προβολή). Επίσης, οι αθλητές αξιολογήθηκαν σε ισοκινητικό τεστ σε τρεις διαφορετικές γωνιακές ταχύτητες (60° s^{-1} , 180° s^{-1} και 300° s^{-1}) για την καταγραφή λειτουργικών ασυμμετριών στην έκταση του γόνατος, στην μέγιστη ροπή κάμψης και τις αναλογίες κάμψης / επέκτασης (F / E) των κάτω άκρων. Τα αποτελέσματα μας έδωσαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των φύλων στο ύψος του σώματος, τη σωματική μάζα, το σωματικό λίπος, το μήκος του βραχίονα και το μήκος του ποδιού ($p < 0,05$). Η ανάλυση διακύμανσης ANOVA δεν αποκάλυψε κύριες επιδράσεις μεταξύ φύλου και πλευρικότητας της εγκάρσιας διατομής του μηρού ($p = 0.32$, $\eta^2 = 0.019$), καθώς και στο άλμα πτώσης ($p = 0.62$, $\eta^2 = 0.003$), στο τριπλό άλμα ($p = 0.56$, $\eta^2 = 0.005$) και στο ισοκινητικό τεστ κάμψης-έκτασης του γόνατος στις 60° s^{-1} (Έκταση: $p = 0.67$, $\eta^2 = 0.003$ και Κάμψη: $p = 0.74$, $\eta^2 = 0.003$), 180° s^{-1} (Έκταση: $p = 0.68$, $\eta^2 = 0.002$ και Κάμψη: $p = 0.79$, $\eta^2 = 0.001$) και 300° s^{-1} (Έκταση: $p = 0.54$, $\eta^2 = 0.005$ και Κάμψη: $p = 0.69$, $\eta^2 = .002$). Ο συντελεστής Pearson r έδειξε θετική συσχέτιση του στις υψηλές γωνιακές ταχύτητες 300° s^{-1} με την απόδοση της προβολής και του βήματος προβολής στις γυναίκες ενώ αρνητική στους άνδρες. Αυτό το συμπέρασμα μας δείχνει ότι οι νεαροί άνδρες και οι νεαρές γυναίκες ξιφομάχοι μπορεί να βασίζονται σε διαφορετικές βιοχημικές αλλά κυρίως φυσιολογικές παραμέτρους, κατά την διάρκεια των προσπαθειών τους. Συνοπτικά δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ κυρίαρχων και μη κυρίαρχων ποδιών όσον αφορά το ανατομικό, δυναμικό και λειτουργικό επίπεδο.

Abstract (260)

Asymmetries as we found in other studies are observed in athletes. The purpose of the current study was to investigate asymmetries in young elite male and female fencers between the dominant and non-dominant legs and correlate them with the performance in fencing. Sixteen male and twenty-two female elite fencers have submitted to anthropometric characteristics, unilateral vertical test, horizontal jumping test, lunge and step lunge performances. Also, the athletes were evaluated in isokinetic test at three different angular velocities (60°s^{-1} , 180°s^{-1} and 300°s^{-1}) to recording functional asymmetries in knee extension, flexion peak torques and flexion/extension ratios (F/E) of dominant, non-dominant legs. The results gave us important differences between genders in body height, body mass, body fat, arm span and leg's length ($p < 0.05$). The factorial ANOVA revealed no significant interaction between gender and laterality for mid-thigh cross-sectional areas ($p = 0.32$, $\eta^2 = 0.019$), as well as for performances in drop jump ($p = 0.62$, $\eta^2 = 0.003$), triple hop ($p = 0.56$, $\eta^2 = 0.005$) and isokinetic test at 60°s^{-1} (Extension: $p = 0.67$, $\eta^2 = 0.003$ and Flexion: $p = 0.74$, $\eta^2 = 0.003$), 180°s^{-1} (Extension: $p = 0.68$, $\eta^2 = 0.002$ and Flexion: $p = 0.79$, $\eta^2 = 0.001$) and 300°s^{-1} (Extension: $p = 0.54$, $\eta^2 = 0.005$ and Flexion: $p = 0.69$, $\eta^2 = 0.002$). We didn't find significant differences between dominant and non-dominant legs in all cases (Bilateral asymmetries; $p > 0.05$). Pearson r has shown us a positive correlation between high angular velocities of 300°s^{-1} and performances of lung and step lung in women. However, the correlation in men was negative. This conclusion shows us that young men and young women fencers may be based on differential, biochemical but mainly physiological parameters, during their efforts. In conclusion, no significant differences were observed between dominant and non-dominant legs in anatomical, dynamic and functional level.

1 Εισαγωγή

Σημαντικός αριθμός μελετών έχει δείξει ότι σώμα δεν είναι συμμετρικό, όσον αφορά στα φυσιολογικά ή ανατομικά χαρακτηριστικά, αναπτύσσοντας διαφορές οι οποίες κυριαρχούν συνήθως στη μία πλευρά του σώματος (Blaszczyk, Prince, Raiche & Hebert 2000). Λόγω των εγγενών χαρακτηριστικών του ανθρώπινου σώματος ένα ορισμένο επίπεδο ασυμμετρίας θεωρείται αποδεκτό και εκτιμάται ότι υπάρχει στο 96% του πληθυσμού (Morouco, Marinho, Fernandes, Marques 2015). Πιο συγκεκριμένα οι ασυμμετρίες αυτές που παρατηρούνται χωρίζονται κατά κύριο λόγο σε ανατομικές και λειτουργικές μεταξύ αντίστοιχων μελών του ανθρώπινου σώματος (Kannus, Haapasalo, Sankelo, Sievänen, Pasanen, Heinonen, Oja & Vuori 1995, McCaw 1992, Öunpuu & Winter 1989, Thorngren & Werner 1979). Οι λειτουργικές ασυμμετρίες έχουν οριστεί ως η απόκλιση από την συμμετρία που υπάρχει μεταξύ ομόλογων πλευρών.(Trivers, Manning, Thornhill, Singh, & McGuire 1999). Η ανάπτυξη όμως μυϊκών και λειτουργικών ασυμμετριών των άκρων δεν είναι κάτι που συμβαίνει από τη μια στιγμή στην άλλη.(Oxford 2013).

Οι ασυμμετρίες αυτές λοιπόν παρατηρούμε ότι εμφανίζονται σε υγιείς, ασθενείς αλλά και σε πληθυσμούς, όπως είναι οι αθλητές, (Vařeková, Vařeka ,Janura ,Svoboda, Elfmark 2011). Διάφορες μελέτες μας δείχνουν ότι οι πλευρικές ασυμμετρίες αποτελούν παράγοντα κινδύνου για μυοσκελετικούς τραυματισμούς (Impellizzeri , Rampinini , Maffiuletti and Marcora 2007) και κακή απόδοση, λαμβάνοντας υπόψιν ότι είναι διακριτή η αδυναμία του ασθενέστερου μέλους να παράγει ή και να απορροφήσει την ίδια ποσότητα της δύναμης σε σχέση με το ισχυρότερο μέλος (Fort-Vanmeerhaeghe, Gual, Romero-Rodriguez and Unnitha 2016). Η πλευρική ασυμμετρία λοιπόν είναι ένας όρος που χρησιμοποιείται συχνά στους τομείς της αποκατάστασης των αθλητικών τραυματισμών, για να περιγράψει κάθε σημαντική απόκλιση από τα «κανονιστικά» δεδομένα που αποτυπώνονται λειτουργικά (εύρος κίνησης, μυικότητα, απόδοση) στα άκρα (Grace, Sweetster, Nelson, Ydens, Skipper 1984, Schlumberger, Laude, Bruhn, Herbeck, Dahlinger, Fenkart, Schmidtbleicher, Mayer 2006).

Πολλά αθλήματα χαρακτηρίζονται από μονόπλευρες κινήσεις όπως είναι τα άλματα (πάτημα πάντα με το ίδιο πόδι), οι αλλαγές κατευθύνσεις (στροφή πάντα από την ίδια πλευρά), ο χειρισμός οργάνων (ρίψεις, αντισφαίριση, ξιφασκία) τα οποία μπορούν να αναπτύξουν μυοσκελετικές ασυμμετρίες των κάτω (Fort-Vanmeerhaeghe et al. 2016, Lira, Mascarin, Vargas, Vancini and Andrade 2017) αλλά και των άνω άκρων των αθλητών (Brown, Niehues, Harrah, Yavorsky and Hirshman 1988, Markou and Vagenas 2006). Ωστόσο μυοσκελετικές ανισορροπίες έχουν εντοπιστεί επίσης και σε συμμετρικές δραστηριότητες που δεν έχουν ταχείες αλλαγές κατεύθυνσης όπως είναι το τρέξιμο, το ποδήλατο (Carpes, Mota, Faria 2010) και η κολύμβηση (Morouco et al. 2015).

Η ξιφασκία είναι ένα μαχητικό άθλημα επαφής στο οποίο οι αθλητές συμμετέχουν σε ένα από τα τρία διαφορετικά αγωνίσματα του Ολυμπιακού προγράμματος (ξίφος ασκήσεως, σπάθη ή ξίφος μονομαχίας), και περιλαμβάνουν κυρίως έντονες κινήσεις μικρής διάρκειας προσπαθώντας να αγγίξουν τον αντίπαλο (Akpinara S, Sainburg R., Kirazcid S., and Przybylab A. 2015). Στην ξιφασκία, τα πόδια χρησιμοποιούνται συνήθως ασύμμετρα, και το κινητικό πρότυπο που προκύπτει συνδέεται με την ανάπτυξη μεγάλων δυνάμεων που επιτρέπουν στον αθλητή να είναι πιο αποτελεσματικός (Williams & Walmsley 2000). Όσον αφορά τα άνω άκρα, απαιτείται έντονος συντονισμός και κινητικές δεξιότητες (Akpinara et al. 2015).

Οι ασυμμετρίες λοιπόν που προκύπτουν μέσα από το κινητικό πρότυπο των αθλητών-αθλητριών ξιφασκίας είναι ένα πεδίο το οποίο ελάχιστα έχει μελετηθεί. Σκοπός λοιπόν αυτής της έρευνας είναι η καταγραφή των ασυμμετριών των κάτω άκρων των αθλητριών-αθλητών της ξιφασκίας. Μέσα από αυτήν την μελέτη υποθέσαμε ότι υπάρχουν χαρακτηριστικά τα οποία εμφανίζουν έντονη ασυμμετρία μεταξύ της κυρίαρχης και της μη κυρίαρχης πλευράς. Αυτά τα χαρακτηριστικά είναι, ανατομικά, λειτουργικά και δυναμικά.

Η μελέτη αυτή δίνει πληροφορίες για τις διαφορές της κυρίαρχης και μη κυρίαρχης πλευράς των αθλητών και αθλητριών της ξιφασκίας και κατά πόσο αυτές οι διαφορές επηρεάζουν την απόδοση μελετώντας με ποσοτικό τρόπο τα αποτελέσματα επιλεγμένων λειτουργικών και δυναμικών παραμέτρων. Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής δίνουν ικανοποιητικές πληροφορίες στους προπονητές σχετικά με την δυνατότητα βελτίωσης της απόδοσης των βασικών κινητικών προτύπων, ελαχιστοποιώντας τις διαφορές μεταξύ κυρίαρχου και μη κυρίαρχου κάτω άκρου.

1.1 Ορισμός του προβλήματος

Η ασυμμετρία είναι ένα φαινόμενο το οποίο αποδίδεται στην συνεχή επανάληψη συγκεκριμένων κινητικών δεξιοτήτων οι οποίες υπαγορεύονται από τα κινητικά χαρακτηριστικά των αθλημάτων ενώ φαίνεται ότι υπάρχει ακόμη και σε αθλητές οι οποίοι αγωνίζονται χωρίς μονόπλευρες επιβαρύνσεις (Bishop, Turner and Read 2018). Μεγάλος αριθμός μελετών έχει διερευνήσει την ασκησιογενή ασυμμετρία της κυρίαρχης/ μη κυρίαρχης πλευράς σε διάφορα αθλήματα όπως για παράδειγμα το τένις (Rynkiewicz T., Rynkiewicz M., Zurek, Ziemann, Szymanik 2013) την κολύμβηση (Morouco et al. 2015), το μπάσκετ (Vanmeerhaeghe et al. 2016) κλπ, ενώ ελάχιστες πληροφορίες υπάρχουν όσον αφορά το άθλημα της ξιφασκίας. Ειδικότερα οι Poulis, Chatzis, Christopoulou και Tsolakis (2009) διαπίστωσαν την μη ύπαρξη ισοκινητικών ασυμμετριών σε δείγμα Ελλήνων νεαρών αθλητών και αθλητριών ξιφασκίας. Σε αντίθεση με παλαιότερη μελέτη οι Nystrom et al 1990 αναφέρουν ότι η κυρίαρχη πλευρά υπερείχε κατά 10.25% στις 60°, 11.60% στις 180° και 5.98% στις 300° στην ισοκινητική αξιολόγηση σε αθλητές Ολυμπιακού επιπέδου.

Σκοπός αυτής της μελέτης είναι η καταγραφή και η μελέτη των δυναμικών ασυμμετριών (ισοκινητική δύναμη) των κάτω άκρων αθλητών και αθλητριών ξιφασκίας σε τρεις γωνιακές ταχύτητες (60-180-300°) στην κάμψη και έκταση του γόνατος, στην κυρίαρχη και μη πλευρά. Επιπλέον θα γίνει μελέτη των ασυμμετριών σε ανατομικό επίπεδο καταγράφοντας με ανθρωπομετρικό τρόπο την εγκάρσια διατομή των μηρών. Επιπροσθέτως, θα γίνει διερεύνηση των λειτουργικών ασυμμετριών των κάτω άκρων με την αξιολόγηση της απόδοσης των αθλητών με μια σειρά μονόπλευρων δοκιμασιών (στο τριπλό άλμα, άλμα βάθους) . Για την διερεύνηση του μεγέθους των ασυμμετριών στην απόδοση του κινητικού προτύπου της ξιφασκίας, επιλέχθηκαν οι βασικότερες κινητικές δεξιότητες προβολή και βήμα προβολή.

Ως ανεξάρτητες μεταβλητές καθορίστηκαν οι μεταβλητές των ανατομικών, δυναμικών και κινητικών ασυμμετριών.

Αντιθέτως ως εξαρτημένες μεταβλητές ορίζονται οι εξής:

1. Η εκτέλεση της δεξιότητας της προβολής και

2. Η εκτέλεση του βήματος -προβολή

1.2 Σημασία της έρευνας

Μέσω αυτής της συγκριτικής μελέτης, θα μπορέσουμε διερευνήσουμε την επίδραση των ανατομικών, δυναμικών και λειτουργικών ασυμμετριών στην απόδοση των αθλητών και αθλητριών της ξιφασκίας. Κατά τον τρόπο αυτό οι προπονητές θα αποκτήσουν σημαντικές πληροφορίες όσον αφορά περιορισμούς στην απόδοση και κατά συνέπεια θα μπορούν να διαμορφώνουν κατάλληλα προγράμματα για την βελτίωση της ταχύτητας και της ισχύος του κινητικού προτύπου.

1.3 Ερευνητικές υποθέσεις

Υποθέσαμε ότι υπάρχουν χαρακτηριστικά τα οποία εμφανίζουν έντονη ασυμμετρία μεταξύ της κυρίαρχης και της μη κυρίαρχης πλευράς. Αυτά τα χαρακτηριστικά είναι δυναμικά, λειτουργικά και ανατομικά.:

- Η πρώτη μας υπόθεση είναι ότι τα επαναλαμβανόμενα κινητικά πρότυπα του αθλήματος θα ανέπτυσαν ανατομικές ασυμμετρίες στην κυρίαρχη πλευρά. Αναμέναμε ότι η κυρίαρχη πλευρά θα είχε μεγαλύτερη εγκάρσια διατομή σε σχέση με την μη κυρίαρχη πλευρά.
- Η δεύτερη υπόθεση αφορά τα λειτουργικά χαρακτηριστικά, για την μελέτη των οποίων έγιναν μετρήσεις με τριπλά μονοποδικά άλματα σε κάθε πλευρά. Μέσω αυτών των μετρήσεων υποθέσαμε ότι θα υπήρχε έντονη διαφορά απόδοσης με το κυρίαρχο πόδι να έχει υψηλότερες τιμές στο τριπλό άλμα από τη μη κυρίαρχη πλευρά.
- Όσον αφορά τα δυναμικά χαρακτηριστικά υποθέσαμε ότι η κυρίαρχη πλευρά θα εμφάνιζε μεγαλύτερη μέγιστη ροπή δύναμης ανά κιλό σωματικού βάρους και μεγαλύτερη μέση ισχύ σε όλες τις ταχύτητες αξιολόγησης (60,180,300°/sec)
- Τέλος υποθέσαμε ότι θα υπήρχε μια σημαντική αρνητική σχέση μυοδυναμικών, λειτουργικών και ανατομικών ασυμμετριών με την αγωνιστική προσπάθεια σε

επιλεγμένα κινητικά πρότυπα. Ειδικότερα η ύπαρξη μεγάλων ασυμμετριών θα περιόριζε την απόδοση στην ταχύτητα, κίνηση και την ισχύ στην εκτέλεση της προβολής και του βήματος προβολής. Η σχέση καμπτήρων- εκτεινόντων του γόνατος σε περίπτωση που βρεθεί εκτός των προτεινομένων ορίων αναμενόταν επίσης να επηρεάσει την απόδοση των προαναφερόμενων επιλεγμένων κινητικών προτύπων.

1.4 Πρακτικές εφαρμογές

Αυτή η μελέτη πραγματοποιείται για την παρατήρηση των διαφορών της κυρίαρχης και μη κυρίαρχης πλευράς των νεαρών αθλητών και αθλητριών της ξιφασκίας και κατά πόσο αυτές οι ασυμμετρίες έχουν κάποια σχέση με την επίδοση. Με τα αποτελέσματα από αυτήν την συσχέτιση θα υπάρχει η δυνατότητα παρέμβασης σε προπονητικά προγράμματα για να επιτευχθεί η βελτίωση τους σύμφωνα με τις ανάγκες των αθλητών. Οι προπονητές θα πρέπει να εφαρμόσουν μονοποδικά προγράμματα συνδυαστικών μεθόδων (δύναμης και πλειομετρίας) σε κλειστή κινητική αλυσίδα. Η αξιολόγηση των ασυμμετριών με biodex πρέπει να γίνεται μόνο για διαγνωστικούς λόγους (μελέτη ασυμμετριών μετά από τραυματισμούς), ενώ είναι καλύτερα να χρησιμοποιούνται δοκιμασίες κλειστής αλυσίδας, επιλέγοντας ασκήσεις με παρόμοια κινητικά χαρακτηριστικά (πχ οριζόντιες μετακινήσεις).

1.5 Οριοθετήσεις και περιορισμοί

Στην μελέτη αυτή τα εξεταζόμενα άτομα είναι επίλεκτοι αθλητές και αθλήτριες ξιφασκίας οι οποίοι κάνουν καθημερινές προπονήσεις και με ελάχιστο προπονητικό ιστορικό τα 6 έτη καλύπτοντας όλο το φάσμα των επίσημων ηλικιών κατηγοριών της Παγκόσμιας Ομοσπονδίας Ξιφασκίας (FIE <https://fie.org/>). Τα αποτελέσματα της μελέτης θα αφορούν μόνο αυτόν τον ορισμένο πληθυσμό και οποιαδήποτε συσχέτιση με άλλα αθλήματα θα πρέπει να προσεγγίζονται πολύ προσεκτικά. Το κινητικό πρότυπο κάθε ασυμμετρικού αθλήματος έχει διαφορετικές μυοδυναμικές απαιτήσεις και η εφαρμογή δύναμης γίνεται σε διαφορετικές γωνίες με αποτέλεσμα το μέγεθος των αλλαγών να ποικίλει και αφορά μόνο το συγκεκριμένο άθλημα. Δεν κατέστη δυνατή η διερεύνηση νευρικών προσαρμογών η οποία αποτελεί μελλοντική επιδίωξη. Επίσης σύμφωνα με την ανασκόπηση της πρόσφατης βιβλιογραφίας η χρήση πολλαπλών δυναμοδαπέδων με σειρά >6 (Gulheim, Giroux, Couturier, Chollet and Rabita 2014) θα έδινε ακριβείς κινητικές και δυναμικές πληροφορίες οι οποίες δεν

αποτυπώνονται με την ισοκινητική αξιολόγηση και την μέτρηση της ταχύτητας ισχύος και δύναμης με το ρομποτικό μηχάνημα Quantum.

1.6 Διευκρίνιση Όρων

HT: Ανάστημα

SH: Καθιστό ανάστημα

BM: Μάζα σώματος

AS: Άνοιγμα χεριών

LL: Μήκος ποδιών

BMI: Δείκτης μάζας σώματος

CT: Χρόνος επαφής με το έδαφος

ICC: Συντελεστής ενδοσυσχέτισης

D: Κυρίαρχο

ND: Μη κυρίαρχο

DJ: Άλμα βάθους

SJ: Κατακόρυφο άλμα χωρίς φόρα

CMJ: Κατακόρυφο άλμα με αρχική φόρα

LV: προβολή

SLV: βήμα προβολή

SD: τυπική απόκλιση

MTC: Περίμετρος μηρών

CSA: Εγκάρσια διατομή

EMG: Ηλεκτρομυογράφημα

F/E: Αναλογία καμπτήρων-εκτεινόντων

2.Ανασκόπηση της Βιβλιογραφίας

2.1 Γενικά περί ασυμμετριών

Το ανθρώπινο σώμα με απλή παρατήρηση δείχνει συμμετρικό. Η συμμετρία αυτή αντανακλάται και στην εσωτερική ανατομία του ανθρώπινου σώματος. Για παράδειγμα στα περισσότερα έμβρυα, ήδη επτά εβδομάδες μετά τη σύλληψη, η δεξιά πλευρά του σώματος τους είναι περισσότερο ανεπτυγμένη από την αριστερή (O' Rahilly & Muller, 1987). Όλοι έχουμε μία καρδιά που κατά τα 2/3 της βρίσκεται στο αριστερό τμήμα του σώματός μας και η αριστερή από τη δεξιά πλευρά της διαφέρουν γιατί έχουν διαφορετικούς ρόλους στην κυκλοφορία του αίματος (Μπαλτόπουλος, 2003). Αντίστοιχη ασύμμετρη ανατομία παρατηρείται και στους πνεύμονες, με τον αριστερό να έχει δύο λοβούς ενώ ο δεξιός τρεις. Η ασυμμετρία, επομένως, φαίνεται να είναι ο κανόνας και όχι η εξαίρεση στη φύση και δεν αποτελεί αποκλειστικά ανθρώπινο χαρακτηριστικό, αφού ακόμα και μονοκύτταροι οργανισμοί παρουσιάζουν διαφοροποιήσεις μεταξύ των δύο πλευρών του σώματός τους (Nelson, 2003). Αυτή η ανατομική ασυμμετρία ενός οργανισμού, καθώς και η ανώτερη λειτουργία ενός τμήματος του σώματος ή η επιλεκτική χρήση του, περιγράφεται στην βιβλιογραφία με τον όρο πλευρίωση (laterality) (Martin, 2005).

Οι λειτουργικές ασυμμετρίες, είναι πλευρικές στην κινητική και / ή στην κινηματική κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης μιας εργασίας. Οι κινητικές περιλαμβάνουν μεταβλητές όπως δυνάμεις αντίδρασης εδάφους, ενώ οι κινηματικές περιλαμβάνουν μεταβλητές όπως η θέση του σώματος και η κίνηση. Οι λειτουργικές ασυμμετρίες που αναπτύσσονται κατά την επανάληψη διαφορετικών μη συμμετρικών καθηκόντων μπορεί επίσης να αναπτύσσονται σε τραυματίες ή άτομα με σωματική αναπηρία, χωρίς να αποκλείονται χαμηλά επίπεδα λειτουργικών ασυμμετριών και σε υγιείς πληθυσμούς (Overmoyer, 2012). Κατά συνέπεια μικρές αποκλίσεις από την τέλεια συμμετρία είναι αποδεκτές και παρατηρούνται ευρύτατα στον άνθρωπο (Palmer 1996), γεγονός το οποίο δείχνει ότι το ανθρώπινο σώμα δεν είναι συμμετρικό όσον αφορά τα φυσικά χαρακτηριστικά και τις αντίστοιχες λειτουργίες (McCaw, 1992).

Οι ασυμμετρίες εμφανίζονται σε υγιείς, ασθενείς και ειδικούς πληθυσμούς πχ αθλητές (Vařeková et al. 2011) με διαφορετική συχνότητα και ποιότητα (Friberg 1982). Οι αιτίες εμφάνισης των ασυμμετριών μπορεί να οφείλονται σε προϋπάρχουσες κατασκευαστικές διαφορές ή και σε επαναλαμβανόμενη μονόπλευρη

χρήση ενός μέλους, αναπτύσσοντας έτσι πλευρικές κυριαρχίες (Wojtys & Huston, 2000, Grace et al., 1984). Μέσα από μελέτες έχει αποδειχθεί ότι οι άνθρωποι έχουν μια κυρίαρχη και μια μη κυρίαρχη πλευρά, με την πρώτη να είναι πιο δυνατή και να εκτελεί μεγαλύτερο εύρος κινήσεων από την δεύτερη (Newton, Gerber, Nimphius, Shim, Doan, Doan B., Robertson, Pearson, Craig, Hakkinen and Kraemer 2006). Παρά την περιορισμένη μελέτη του φαινομένου, πιστεύεται ότι οι λειτουργικές ασυμμετρίες αποτελούν συχνά μηχανισμό του σώματος για την κάλυψη των μυοσκελετικών ασυμμετριών (Coplin, 1971; Gould, 1983; Vagenas & Hoshizaki, 1986; Βαγενάς, 1994).

Οι πλευρικές κυριαρχίες αφορούν τα άνω και κάτω άκρα (Vagenas & Hoshizaki, 1991). Πολλές θεωρίες έχουν αναπτυχθεί όσον αφορά την εμφάνιση της πλευρικότητας, οι κυριότερες των οποίων συνοψίζονται στα παρακάτω: α) ασυμμετρίες στο μέγεθος, στο βάρος και στην αιμάτωση των άκρων (Porac & Coren, 1981), (β) ασυμμετρίες στον εγκέφαλο (Glenn, Galaburda, Sherman, 1978, Hicks & Kinsbourne, 1978), (γ) βιολογικές ασυμμετρίες των κυττάρων, που προκαλούν γρηγορότερη ανάπτυξη του αριστερού ημισφαιρίου και αναστολή του δεξιού (Corballis & Morgan, 1978), (δ) κληρονομικότητα μέσω γονιδιακών μηχανισμών (Annett, 1964), (ε) επίδραση του περιβάλλοντος (Payne, 1987; Tan, 1983) και (στ) τραύμα κατά την διάρκεια του τοκετού (Porac & Coren, 1981).

2.2 Ασυμμετρίες στον αθλητισμό

Όπως αναφέραμε και στην προηγούμενη παράγραφο, ασυμμετρίες εμφανίζονται και σε αθλητές. Η μελέτη λοιπόν αυτών θεωρείται αναγκαία σε όλα τα ασυμμετρικά (μονόπλευρα) αθλήματα αφού έχει αποδειχθεί ότι περιορίζουν την απόδοση αυξάνοντας την ενεργειακή δαπάνη (Hodges, Patrick, Reiser 2011) και τον κίνδυνο τραυματισμών (Croisier, Ganteaume, Binet, Genty and Ferret, 2008). Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας φαίνεται ότι υπάρχουν ικανοποιητικές πληροφορίες όσον αφορά τα ανατομικά χαρακτηριστικά αθλητών διαφόρων αθλημάτων (Tsolakis, Bogdanis and Vagenas 2006, Bell, Sanfilippo, Binkley, Heiderscheit 2014), τα λειτουργικά χαρακτηριστικά αθλητών που συμμετέχουν όχι μόνο σε ασυμμετρικές δραστηριότητες αλλά και σε συμμετρικά αθλήματα όπως την ρυθμική γυμναστική

(Frutuosso, Diefenthaler, Vaz, Freitas 2016), την πετοσφαίριση (Markou – Vagenas 2006) την κολύμβηση (Morouco et al. 2015), την κωπηλασία (Riganas, Vrabas, Papaevangelou, Mandroukas 2010), το ποδόσφαιρο (Fousekis, Tsepis and Vagenas 2010, Fort-Vammerhaage et al 2016) ενώ λιγότερα στοιχεία υπάρχουν όσον αφορά την ύπαρξη ασυμμετριών σε νευρικούς παράγοντες (ικανότητα ενεργοποίησης, ταχύτητα μετάδοσης ερεθίσματος κλπ.) (Rybar, Walker, Kuhnen, Ouellette, Berrios, Hunter and Hyngstrom 2014).

Μυϊκές ασυμμετρίες οι οποίες αποτυπώνονται λειτουργικά με διαφορές >10-15% ανάμεσα στην κυρίαρχη και στην υπολειπόμενη πλευρά θεωρούνται μεγάλες και θα πρέπει να αντιμετωπίζονται παρεμβατικά (Kannus 1994). Οι κυριότεροι λόγοι αφορούν στην επαναλαμβανόμενη χρήση της μιας πλευράς λόγω των χαρακτηριστικών κίνησης των μονόπλευρων αθλημάτων (τένις, ρίψεις, ξιφασκία), στην ανεπαρκή αποκατάσταση από τραυματισμούς και στην διαφορά σχέσης καμπτήρων – εκτινόντων των κινούμενων μελών (Webster, Austin, Feller, Clark, McClelland 2015, Newton, et al. 2006). Το άλμα εις μήκος είναι επίσης ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα ενός αθλήματος που δημιουργεί ασυμμετρία, διότι απαιτεί μεγάλη δύναμη αντίδρασης εδάφους και περιλαμβάνει τη συμμετοχή πολλών αρθρώσεων στο σκέλος που εκτελεί την απογείωση, τη στιγμή του άλματος (Stefanyshyn and Nigg, 1998).

Η μελέτη των μυοδυναμικών ασυμμετριών αφορά κυρίως στην καταγραφή της μυϊκής δύναμης με τη βοήθεια ισοκινητικών μηχανημάτων (Menzel, Chagas, Szmuchrowski, Araujo, de Andrade and de Jesus-Moraleida 2013) των αλτικών δοκιμασιών σε δυναμοδάπεδο (Impellizzeri et al 2007, Maupas et al. 2002) ή συσκευές καταγραφής των χρόνων πτήσης (Petschnig, Baron, Albrecht 1998). Η συσχέτιση των αποτελεσμάτων των ισοκινητικών μετρήσεων και της απόδοσης των αλτικών δοκιμασιών αποδεικνύεται μάλλον χαμηλές (Murphy, Connolly, Beynon 2003), ενώ τα χαρακτηριστικά της ισοκινητικής δύναμης διαφέρουν σημαντικά από αυτά των αγωνιστικών κινήσεων (Myer et al 2008).

Για την ερμηνεία των μηχανισμών η χρήση του ηλεκτρομυογραφήματος θεωρείται επιβεβλημένη προσθέτοντας σημαντικές πληροφορίες που αφορούν στην νευρική συμμετοχή στην αποτύπωση των ασκησιογενών ασυμμετριών (Pincivero, Aldworth, Dickerson, Petry, & Shultz, 2000)

2.3 Ασυμμετρίες στην ξιφασκία

Η ξιφασκία είναι ένα εκ φύσεως μονόπλευρο άθλημα (ο αθλητής ξιφασκίας υποχρεωτικά χειρίζεται το ξίφος με το κυρίαρχο χέρι, αναπτύσσοντας κατά τον τρόπο αυτό μια κυρίαρχη πλευρά η οποία αποτελείται από το σύστημα χέρι-κορμός-πόδι) ,με αποτέλεσμα την ανάπτυξη αντίστοιχων ασυμμετριών (Akrinara, Sainburgb, Kirazcid, Przybyla 2015). Η επαναλαμβανόμενη χρήση του βασικού κινητικού προτύπου χαρακτηρίζεται από έντονες μετακινήσεις και αλλαγές κατεύθυνσης μικρής διάρκειας και μεγάλης έντασης συνδυάζοντας σύγκεντρες και έκκεντρες συστολές των κάτω άκρων οι οποίες καταγράφονται υπέρ της κυρίαρχης πλευράς. Η ύπαρξη ασυμμετριών στην ξιφασκία ελάχιστα έχει μελετηθεί σε ανατομικό (Tsolakis et al 2006) και μυοδυναμικό επίπεδο (Nystrom, Lindwall, Ceci, Harmenberg, Swedenhag, Ekblom 1990 , Poulis et al 2009, Akpinar et al 2015).

Το μέγεθος των ασυμμετριών μεταξύ κυρίαρχης και υπολειπόμενης πλευράς καθώς και η σχέση καμπτήρων - εκτεινόντων τόσο του κυρίαρχου όσο και του υπολειπόμενου μέλους φαίνεται ότι επηρεάζουν την απόδοση (Bangsbo, 1994, Manning & Pickup, 1998; Cavanagh, Pollock & Lands, 1977) και αυξάνουν τον κίνδυνο τραυματισμών όπως αναφέρεται σε αρκετές μελέτες που αφορούν και άλλα αθλήματα όπως είναι το ποδόσφαιρο (Tsepis et al., 2004; 2006, Overmoyer 2012). Αντίστοιχες μελέτες στην ξιφασκία δεν υπάρχουν.

Η απόδοση των βασικών χαρακτηριστικών (μετακινήσεις και προβολές) στην ξιφασκία έχει καταγραφεί με τη βοήθεια δυναμοδαπέδων και βιντεοσκόπησης (Gulheim, Giroux, Couturier, Chollet, Rabita 2014), ή φωτοκύτταρων (Tsolakis and Vagenas 2010, Turner, Bishop, Chavda, Edwards, Brazier and Kilduff 2016). Τα αποτελέσματα των μελετών αυτών εμφανίζουν διαφορετική ακρίβεια και αξιοπιστία.

2.4 Μηχανική προσέγγιση της προβολής

Η κίνηση της προβολής μοιάζει πολύ με αυτή ενός βήματος, όπου αναπτύσσονται μεγάλες αντισταθμιστικές δυνάμεις ανάλογες της διάρκειας και της ευρύτητας της συγκεκριμένης κίνησης σε διάφορες μυϊκές ομάδες που σχετίζονται με την θέση, την στάση και την προσθοπίσθια μετατόπιση του σώματος (Knoll & Kiss 2003).

Σύμφωνα με τους ειδικούς της ξιφασκίας, η βασικότερη κίνηση των αθλητών στο σύνολο των επιθετικών ενεργειών, θεωρείται η προβολή. Η προβολή είναι ένας συνδυασμός κινήσεων των άνω και κάτω άκρων. Πιο συγκεκριμένα, η κίνηση περιλαμβάνει γρήγορη και δυναμική έκταση του μη κυρίαρχου ποδιού ξεκινώντας την προώθηση του σώματος προς τα εμπρός την ίδια χρονική στιγμή ακολουθεί η δυναμική έκταση του κυρίαρχου ποδιού. Μόλις η φτέρνα του κυρίαρχου ποδιού ακουμπήσει στο έδαφος, ο κορμός μεταφέρεται παθητικά διατηρώντας την κάθετη σχέση του με το έδαφος (Tsolakis & Szabo, 1996).

Σε μια μελέτη των Klinger & Andrian (1983), χρησιμοποιώντας το δυναμοδάπεδο για την καταγραφή των δυνάμεων που αναπτύσσονται κατά την διάρκεια εκτέλεσης της προβολής από υψηλή, μέση και χαμηλή θέση, παρατήρησαν ότι η ταχύτητα προβολής είναι αντιστρόφως ανάλογη των κάθετων δυνάμεων και ευθέως ανάλογη των οριζόντιων. Σύμφωνα λοιπόν με αυτήν την παρατήρηση φτάνουμε στο συμπέρασμα ότι όσο πιο χαμηλή είναι η θέση φύλαξης τόσο γρηγορότερη είναι και η εκτέλεση της προβολής ενώ παράλληλα διαπιστώνουμε ότι ο σημαντικότερος παράγοντας για την ανάπτυξη της δύναμης και της ισχύος κατά την διάρκεια της κίνησης είναι η έκταση του πίσω ποδιού.

Σύμφωνα με τον Roi, (1987) οι εκτείνοντες του κυρίαρχου ποδιού συσπώνται με έκκεντρο τρόπο προσπαθώντας να αποσβέσουν την κίνηση του κορμού φτάνοντας τελικά το σώμα στην τελική του θέση, ενώ οι εκτείνοντες του μη κυρίαρχου ποδιού έχουν προωθητικό ρόλο μέσω σύγκεντρων -ισοτονικών συστολών.

Οι Stewart & Korpetka (2005) παρατήρησαν ότι η μοναδική μεταβλητή που επηρεάζει σημαντικά την ταχύτητα κίνησης της προβολής είναι η μέγιστη γωνιακή ταχύτητα του κυρίαρχου αγκώνα. Μέσα από τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης λοιπόν καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι αυτό που επηρεάζει την απόδοση στην ξιφασκία είναι η γρηγορότερη επίτευξη της μέγιστης ταχύτητας της προβολής.

Οι Williams & Walmsley (2000), έκαναν καταγραφή συγκεκριμένων μυϊκών δυνάμεων των άνω και των κάτω άκρων σε δείγμα αρχάριων και κορυφαίων αθλητών κατά την εκτέλεση της προβολής. Τα αποτελέσματα της έρευνας, επιβεβαιώνοντας τις παρατηρήσεις των παραπάνω ερευνητών, έδειξαν ότι ο τετρακέφαλος μυς του μη κυρίαρχου ποδιού φαίνεται να συσπάται πρώτος μαζί με τον δελτοειδή και τρικέφαλο βραχιόνιο του κυρίαρχου χεριού και σε δεύτερο χρόνο ακολουθούν οι δικέφαλοι

μηριαίοι του κυρίαρχου και του μη κυρίαρχου. Ο τετρακέφαλος μυς του μη κυρίαρχου ποδιού έχει διπλό έργο, από την μία έχει να αποσβέσει τις αντιδραστικές δυνάμεις έκτασης του οπλισμένου χεριού και από την άλλη να παράγει επαρκής δύναμη για την έκταση του μηρού και κατ' επέκταση και της πρόσθιας μετατόπισης του σώματος (Williams, 1992).

Στην μελέτη του Guilhem et al. (2014), με την βοήθεια ηλεκτρομυογράφου, έγινε καταγραφή δυνάμεων κατά την διάρκεια του κινητικού προτύπου του βήματος προβολή χωρίζοντας αυτήν την επιθετική ενέργεια σε τέσσερις φάσεις. Οι φάσεις 1, 2 αντιστοιχούν στο βήμα προς τα εμπρός και οι φάσεις 3,4 αντιστοιχούν στην προβολή. Η νύξη του χεριού του αθλητή ξιφασκίας (σπάθη) παρατηρείται ότι ξεκινάει γύρω στο μέσο της φάσης 3, δηλαδή σχεδόν παράλληλα με την έναρξη της προβολής και τελειώνει με την ολοκλήρωση της. Τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας επιβεβαιώνουν τις δυναμικές ενέργειες που εμπλέκονται στην απόδοση των των βασικών κινητικών προτύπων αθλητών ξιφασκίας κατά την εκτέλεση των οποίων η μέση οριζόντια μέγιστη ισχύ βρέθηκε να είναι μεγαλύτερη από 1000 W και μέγιστη αρνητική ισχύ φρεναρίσματος 1446 T. Πιο συγκεκριμένα, αυτά τα δεδομένα απεικονίζουν πώς η ικανότητα να προχωρήσουμε προς τα εμπρός και να επιβραδύνουμε τη σωματική μάζα όσο το δυνατόν γρηγορότερα αποτελεί έναν καθοριστικό παράγοντα υψηλών επιδόσεων (Barth and Beck 2007). Αναλύοντας λοιπόν την κίνηση της προβολής (φάση 3), παρατηρούμε ότι οι εκτείνοντες του ισχίου και του γόνατος του μη κυρίαρχου ποδιού πρέπει να αποκτήσουν γρήγορα μέγιστες τιμές ώστε να προωθήσουν γρήγορα τη σωματική μάζα προς τα εμπρός, όπως αποκαλύπτεται από την επίτευξη της μέγιστης ταχύτητας κίνησης. Οι εκτείνοντες μύς του ισχίου και του γόνατος ενεργοποιούνται για να μπορέσει ο αθλητής να σηκώσει το κυρίαρχο πόδι από το έδαφος, ενώ ταυτόχρονα ενεργοποιούνται οι εκτατικοί μύς του μη κυρίαρχου ποδιού για να εξασκήσουν δυνάμεις προώθησης στο έδαφος. . Οι μύς του κυρίαρχου ποδιού (μέσος και έξω πλατύς, γαστροκνήμιος και περνιαίος) ενεργοποιούνται για να πραγματοποιηθεί κάμψη του ισχίου, παράλληλα με έκταση γόνατος και στη συνέχεια πελματιαία κάμψη προετοιμαζόμενοι για την φάση επαφής με το έδαφος (φάση 4) . Όταν η επιτάχυνση φτάσει στο 0 (δηλαδή όταν το κυρίαρχο πόδι ακουμπήσει στο έδαφος) , η τελική φάση περιλαμβάνει κυρίως τους εκτείνοντες μύς του γόνατος του κυρίαρχου ποδιού και τους πελματιαίους μύς οι οποίοι αναπτύσσουν έκκεντρες δυνάμεις για την

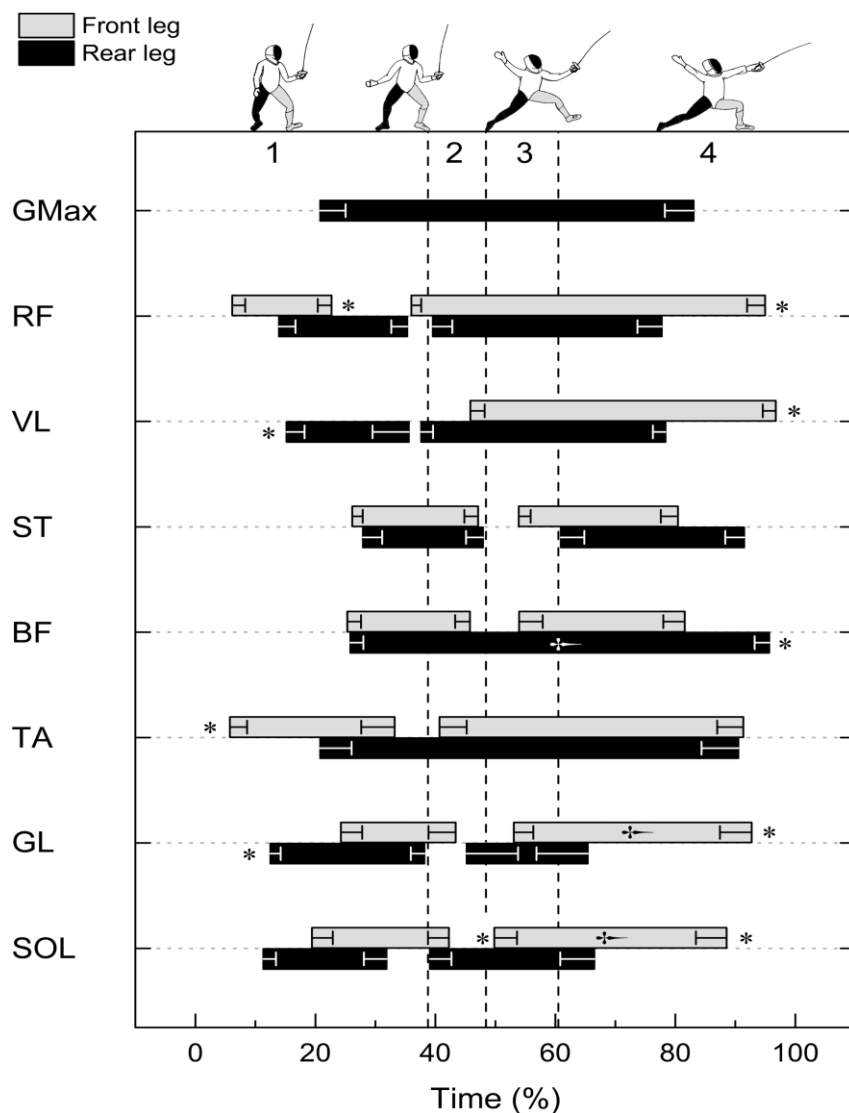
επιβράδυνση του κορμού Παράλληλα, οι μυς του μη κυρίαρχου ποδιού αδρανοποιούνται σταδιακά κατά την διάρκεια του τελευταίου μέρους της επίθεσης, εκτός από τον ημιτενοντώδη μυ και τον δικέφαλο μηριαίο, οι οποίοι ενεργοποιούνται έκκεντρα έτσι ώστε να ασκήσουν μια εκτεταμένη ροπή στρέψης στο ύψος του ισχίου και να φρενάρουν την κάμψη του κορμού, συμβάλλοντας στη σταθεροποίηση του σώματος στο τελευταίο μέρος της επίθεσης. Όταν εξετάζουμε την επίθεση ως σύνολο, ο δικέφαλος μηριαίος ενεργοποιήθηκε περισσότερο για το μη κυρίαρχο πόδι παρά για το κυρίαρχο.

Μέσω λοιπόν αυτής της διαδικασίας παρατηρήσαμε ότι α) οι ελίτ ξιφομάχοι ενεργοποιούν κυρίως τους εκτείνοντες μυς του μη κυρίαρχου ποδιού κατά την διάρκεια των δυο κινητικών φάσεων, ενώ οι εκτείνοντες του κυρίαρχου φαίνονται να εμπλέκονται στην τελική φάση της επίθεσης, παρατήρηση η οποία θεωρείται σημαντική για την ορθή εκτέλεση της προβολής β) το μέσο ποσοστό μυϊκής δραστηριότητας του μη κυρίαρχου ποδιού είναι υψηλότερο καθ' όλη τη διάρκεια της επίθεσης και γ) το επίπεδο μυϊκής δραστηριότητας και η μέγιστη ταχύτητα κίνησης των εκτείνοντων του ισχίου και του γόνατος συσχετίζονται με τη μέγιστη ταχύτητα κίνησης κατά της διάρκεια του βήματος προβολής.

Μέσα από μελέτες των Υίου & Do (1999,2000,2001) συμπεραίνουμε ότι αυτό που διαφοροποιεί τους κορυφαίους αθλητές μεταξύ τους είναι η ικανότητα της διαφορετικής χρονικής έναρξης των τμηματικών κινήσεων που απαρτίζουν το συνολικό σύνθετο κινητικό πρότυπο, ελαχιστοποιώντας τους χρόνους που μεσολαβούν συνδέοντας την μια κίνηση με την άλλη, με την προϋπόθεση να μην παρεκκλίνουν από το επιθυμητό επίπεδο τεχνικής. Αυτές τις μελέτες ωστόσο έρχεται να τις επιβεβαιώσει και η θεωρία του Bernstein (1967), η οποία λέει ότι η σωστή οργάνωση των κινήσεων μπορεί να αποδειχθεί οικονομικότερη με την εξάσκηση.

Παρακάτω, από την μελέτη των Quilhem et al 2014, με την χρήση ηλεκτρομυογράφου παρατηρούμε την δραστηριότητα 15 μυών των κάτω άκρων κατά την διάρκεια της προβολής. Οι τιμές εκφράζονται σε ποσοστό επί τοις εκατό της συνολικής επίθεσης. Σημαντική διαφορά παρατηρούμε στην έκρηξη κατά την έναρξη της προβολής και κατά την διάρκεια μεταξύ του κυρίαρχου και του μη κυρίαρχου

ποδιού ($P < 0.05$). Επίσης σημαντικές διαφορές παρατηρούμε κατά την διάρκεια της έκρηξης μεταξύ του D και του ND ποδιού ($P < 0.05$).



2.5 Τρόποι διάκρισης και υπολογισμού των ασυμμετριών

Η έννοια της ασυμμετρίας μεταξύ των άκρων όπως έχουμε αναφέρει και προηγουμένως έχει διερευνηθεί ευρέως και συγκρίνει την απόδοση του ενός άκρου σε σχέση με το άλλο (Keeley, Plummer, & Oliver, 2011). Έχουν τεκμηριωθεί πολλές ταξινομήσεις ποσοτικοποίησης αυτών των διαφορών μεταξύ των άκρων, συμπεριλαμβανομένων των κυρίαρχων έναντι μη κυρίαρχων (Newton et al. 2006; Rouissi, Chtara, Owen, Chaalali, Chaouachi, Gabbett, & Chamari 2016; Stephens, Lawson, DeVoe, & Reiser, 2007), ισχυρότερης έναντι ασθενέστερης πλευράς (Impellizzeri, et al. 2007; Sato & Heise, 2012), της δεξιάς έναντι της

αριστερής (Atkins, Bentley, Hurst, Sinclair, & Hesketh, 2016; Zifchock, Davis, Higginson, & Royer, 2008) και των τραυματισμένων έναντι των μη τραυματισμένων άκρων (Arden, Webster, Taylor, & Feller, 2011; Barber, Noyes, Mangine, McColskey, & Hartman, 1990; Greenberger & Paterno, 1995; Grindem et al., 2011; Rohman, Steubs & Tompkins, 2015). Η παρουσία σημαντικών ασυμμετριών μεταξύ κυρίαρχης και μη κυρίαρχης πλευράς είναι αναμενόμενη σε αθλήματα των οποίων τα αγωνιστικά χαρακτηριστικά επιβαρύνουν συστηματικά την μια πλευρά (Schiltz et al., 2009). Οι τρόποι καταγραφής αυτών των ασυμμετριών με βάση την ανασκόπηση βιβλιογραφίας είναι α) ισοκινητική αξιολόγηση (Markou et al. 2006, Dellagrana, Diefenthaler, Felipe, Carpes, Hernandez, Campos 2015, Riganas, et al. 2010), β) οι συσκευές χρόνου πτήσης (Bishop, Turner and Read, 2018, Healy, Kenny, Harrison 2016, Slomka, Sobota, Skowronek, Rzepko, Czarny, Juras, 2016) και γ) γηπεδικά τεστ (Guilhem et al. 2014, Tsolakis, Tsekouras, Daviotis, Koulouvaris, Papangelopoulos, 2018).

Η ισοκινητική αξιολόγηση καταγράφει τη μέγιστη, τη μέση μηχανική ροπή, την ισχύ, το μηχανικό έργο και τις αναλογίες μεταξύ των ανταγωνιστικών μυικών ομάδων του εξεταζόμενου μέλους (markou et al. 2006). Κατά συνέπεια μπορούμε να συγκρίνουμε την κυρίαρχη και μη κυρίαρχη πλευρά και εσωτερικά στο ίδιο πόδι ανισοροπίες μεταξύ ανταγωνιστών μυών (κάμψη-έκταση, έσω-έξω στροφή κλπ) (Harding, Black, Bruulsema, Maxwell & Stratford, 1988; Kramer, 1990; Li, Wu, Maffulli, Chan & Chan, 1996; Montgomery, Douglass & Deuster, 1989; Tredinnick & Duncan, 1988).

Ένας ακόμη τρόπος καταγραφής είναι το κατακόρυφο άλμα, το οποίο είναι ένα από τα πιο δημοφιλή τεστ κινητικών δεξιοτήτων και απόδοσης κίνησης. Χρησιμοποιείται από ερευνητές και προπονητές συνήθως ως μέσω παρακολούθησης των φυσικών ικανοτήτων των αθλητών και ως μέσω αξιολόγησης της δύναμης και της ισχύος των κάτω άκρων (Cronin and Hansen, 2005). Σε μερικά αθλήματα όπως είναι το βόλεϊ, το μπάσκετ, το ποδόσφαιρο, το κατακόρυφο άλμα θεωρείται μια από τις βασικές ικανότητες που καθορίζει και την απόδοση (Baker 1996, Klavora 2000). Σε άλλα αθλήματα χρησιμοποιείται ως πρόβλεψη απόδοσης δυναμης-ταχύτητας(Bissas, Havenetidis 2008, Young 1995) και ισχύος αντίστοιχα (Harman, Rosenstein M., Frykman, Rosenstein R. & Kramemer 2003, Markovic & Jaric 2007, Nedeljkovic, Mirkon, Markovic & Jaric 2009). Η καταγραφή δεδομένων σε «πραγματικό» χρόνο από τον προπονητή είναι απαραίτητη για την άμεση παροχή πληροφοριών με αξιόπιστα και προσιτά εργαλεία δουλειάς. Η εκτέλεση μονοποδικών δοκιμασιών

ισχύος προσφέρει πληροφορίες απόδοσης οι οποίες μπορούν να αξιοποιηθούν και ως μοντέλα προβλεψής τραυματισμών (Loturco, Pereira, Kobal, Abad, Komatsu, Cunha, Arliani, Eijnisman, Pochini, Nakamura and Cohen 2017) και της επίδοσης σε αγωνίσματα ταχύτητας (Barr and Nolte 2011) και αλλαγής κατεύθυνσης (Meylan, McMaster, Cronin, Mohammad, Rogers and de Klerk 2009)

Η μελέτη των ασυμμετριών με βιομηχανική ανάλυση σε αθλήματα όπου περιλαμβάνουν πολύπλοκες κινητικές δεξιότητες σε «πραγματικές συνθήκες» όπως είναι η ξιφασκία, είναι πολύ περιορισμένη (Guilhem, 2014). Μέσω λοιπόν της μεθόδου των γηπεδικών τέρστ μας επιτρέπεται η καταγραφή δυνάμεων αντίδρασης εδάφους κατά την διάρκεια πολύπλοκων και μεγάλων κινήσεων και προσφέρει παράλληλα την δυνατότητα μελέτης των μοτίβων μυϊκής ενεργοποίησης σε σχέση με την μηχανική τους αποτελεσματικότητα (Guilhem,2014).

3. Μεθοδολογία της έρευνας

3.1 Υλικό-Δοκιμαζόμενοι

Στην μελέτη συμμετείχαν 37 αθλητές-αθλήτριες ξιφασκίας ηλικίας 14-26 ετών οι οποίοι ήταν αντιπροσωπευτικό δείγμα αθλητών όλων των επίσημων αγωνιστικών ηλικιακών κατηγοριών, ασκούντο συστηματικά 4 φορές την εβδομάδα και για 6 χρόνια χωρίς κανένα πρόσφατο τραυματισμό. Το σύνολο των αθλητών συμπεριλαμβάνονται στις λίστες των επίλεκτων αθλητών που προπονούνται στο Εθνικό Προπονητήριο του ΟΑΚΑ και ήταν όλοι πρωταθλητές Ελλάδος σε διαφορετικές κατηγορίες 15 από αυτούς είχαν λάβει μέρος σε Διεθνείς αγώνες, ενώ 5 είχαν συμμετάσχει σε Πανερωπαϊκά και Παγκόσμια Πρωταθλήματα των κατηγοριών εφήβων, νέων και ανδρών-γυναικών. Πριν από την μελέτη οι δοκιμαζόμενοι/ες ενημερωθήκαν διεξοδικά για το σκοπό, τους πιθανούς κινδύνους, την εμπιστευτικότητα και την ανωνυμία, αλλά και το δικαίωμα να τερματίσουν την

συμμετοχή τους κατά βούληση και υπέγραψαν το σχετικό έγγραφο συγκατάβασης. Η μελέτη υποβλήθηκε προς έγκριση στην επιτροπή ηθικής της Ιατρικής σχολής.

3.2 Πειραματική διαδικασία

Τα δοκιμαζόμενα άτομα προσήλθαν στο εργαστήριο δύο φορές την ίδια ώρα έτσι ώστε να εξοικειωθούν με τις διαδικασίες των μετρήσεων και να υποβληθούν στις αντίστοιχες αξιολογήσεις. Αρχικά κάθε άτομο υποβλήθηκε σε ανθρωπομετρικό έλεγχο (ανάστημα, σωματικό βάρος, δερματοπτυχές, περιμέτρους) και έγινε σχετική εξοικείωση με το ισοκινητικό δυναμόμετρο, το τριπλό άλμα και το μηχάνημα αξιολόγησης της ταχύτητας και ισχύος του κινητικού προτύπου. Στη συνέχεια μια εβδομάδα μετά τα δοκιμαζόμενα άτομα αφού προθερμάθηκαν σε δαπεδοεργόμετρο τύπου Wood way Pro XL σε σταθερή ταχύτητα 8km επι 8-10 min και μετά από 10 min παθητικών και δυναμικών διατάσεων των κάτω άκρων, υποβλήθηκαν σε ισοκινητική αξιολόγηση της κάμψης –έκτασης του γόνατος με ισοκινητικό δυναμόμετρο Biodex 4 σε 3 διαφορετικές γωνιακές ταχύτητες (60,180,300°) και αξιολόγηση της απόδοσης στο άλμα βάθους και στο τριπλό άλμα χωρίς φόρα. Για την μελέτη της επίδρασης του βαθμού των ασυμμετριών στην απόδοση της ξιφασκίας οι αθλητές θα εκτελέσουν επαναλαμβανόμενες προσπάθειες με τη βοήθεια ισοκινητικού ρομποτικού μηχανήματος Quantum 1080 με γραμμικό εκτυληκτήρα ο οποίος δίνει πληροφορίες της ταχύτητας, της ισχύος και της δύναμης της κίνησης στο κινητικό πρότυπο βήμα προβολή. Οι μετρήσεις ήταν διπλές για την εξαγωγή του σχετικού δείκτη ενδοσυσχέτισης (ICC=085)

3.3 Μετρήσεις και προσδιορισμοί

Ανθρωπομετρία

Κάθε δοκιμαζόμενος/η υπεβλήθη σε ανθρωπομετρικό έλεγχο. Το μέτρημα του αναστήματος (HT) και του καθιστού αναστήματος (SH) έγιναν χρησιμοποιώντας έναν σταδιομετρητή με ακρίβεια 0,5cm (SECA 220, Seca Corporation, Columbia, USA). Το μήκος του ποδιού (LL) εκτιμήθηκε με βάση τη διαφορά του αναστήματος (HT) από το καθιστό ανάστημα (SH). Η έκταση του βραχίονα (AS) αξιολογήθηκε ως η απόσταση μεταξύ των άκρων των μεσαίων δακτύλων και των δύο χεριών, τοποθετημένη σε έναν τοίχο, με τα δύο χέρια να απάγονται στις 90°, τους αγκώνες

και τους καρπούς να εκτείνονται και τις παλάμες στραμμένες προς τα εμπρός. Το σωματικό βάρος (BM) μετρήθηκε με τη χρήση βαθμονομημένης ψηφιακής κλίμακας με ακρίβεια ± 100 g (Seca 707, Seca Corporation, Columbia, USA). Οι μέτρηση της σύνθεσης του σώματος μετρήθηκε σύμφωνα με τη μέθοδο πάχους του δέρματος που αναπτύχθηκε από τους Durnin και Rahaman (Durnin and Rahaman 1967). Ο συντελεστής ενδοσυσχέτισης (ICC) για το σωματικό λίπος ήταν 0.93, (95% CI: Κάτω = 0.89, Άνω = 0.97) και για LBM 0.98, (95% CI: Κάτω = 0.95, Άνω = 0.99, $p < 0.0001$). Ο Δείκτης Μάζας Σώματος (BMI) υπολογίστηκε από το BM και HT (Kg / m^2). Η εγκάρσια διατομή των μυών των μηρών (CSA) εκτιμήθηκε με μετρήσεις ανθρωπομετρίας και δέρματος (Housh D.J., Housh T.J., Weir J.P., Weir L.L., Johnson and Stout 1995). Η περιφέρεια στο μέσο του μηρού (MTC) μετρήθηκε σε όρθια θέση με πλαστική ταινία στο πλησιέστερο 0.1 cm. Επίσης μετρήθηκε η δερματοπτυχή του πρόσθιου μέρους στο μέσο του μηρού (Housh et al. 1995). Κάθε μέτρηση έγινε δύο φορές από τον ίδιο ερευνητή με δαγκάνα δέρματος Harpenden (CMS Weighing Equipment, London, UK), ακριβείας 0.1 mm. Η εγκάρσια διατομή του μηρού CSA εκτιμήθηκε χρησιμοποιώντας την εξίσωση πολλαπλής παλινδρόμησης Housh (HMR): Total Thigh Muscle CSA: $(4.68 \cdot \text{περιφέρεια μέσου μηρού σε cm}) - (0.64 \cdot \text{πρόσθιο δέρμα μηρού σε mm}) - 22.69$ (Housh et al. 1995). Το ICC για αυτήν την αξιολόγηση ήταν 0.89 (95% CI: {Lower = 0,81, Higher= 0.93, $\eta = 15$ }).

Ισοκινητική αξιολόγηση

Για την ισοκινητική αξιολόγηση χρησιμοποιήθηκε το μηχάνημα Biodex 4 (Model 2000, Multi-joint System 4 Pro, Biodex Corporation, Shirley NY, USA). Σε αυτήν την δοκιμασία ο δοκιμαζόμενος/η εκτέλεσε δοκιμασία για τα κάτω άκρα στην οποία έγινε καταγραφή των λειτουργικών ασυμμετριών (ισοκινητική δύναμη) σε 3 γωνιακές ταχύτητες ($60-180-300^\circ$) στην κάμψη και στην έκταση. Η δοκιμασία αυτή εκτελείται ως εξής, ο αθλητής -αθλήτρια κάθεται στη θέση (καρέκλα) του ισοκινητικού μηχανήματος Biodex, ακινητοποιείται χιαστί με πλευρικούς και εγκάρσιους μιάντες έτσι ώστε τα χέρια του να παραμένουν ελεύθερα πάνω στις λαβές στο ύψος των μηρών. Η πλάτη του καθίσματος είναι μεταβλητή ώστε να εξασφαλίζει απόσταση τριών δαχτύλων της διάρθρωσης του γόνατος από το τελευταίο άκρο του καθίσματος. Ο βραχίονας του δυναμόμετρου είναι μεταβλητού μήκους ο οποίος εξασφαλίζει

απόσταση δυο δαχτύλων από το χαμηλότερο σημείο πρόσδεσης. Εκτός από τα προαναφερθέντα σημεία ελέγχου το κέντρο πρόσδεσης του βραχίονα πάνω στο δυναμόμετρο ευθυγραμμίζεται στο ύψος των μηριαίων κονδύλων. Μετά την πρόσδεση και τον έλεγχο των σημείων προσοχής εκτελούμε 2 έως 3 δοκιμαστικές προσπάθειες πριν από την έναρξη της δοκιμασίας. Ο αριθμός των επαναλήψεων για κάθε γωνιακή ταχύτητα είναι (60°-180°-300°) ήταν αντίστοιχα 5, 10 και 15 προσπάθειες. Ανάμεσα σε κάθε γωνιακή ταχύτητα υπήρχε διάστημα ανάπαυσης 30'' ξεκούραση. Ως κυρίαρχη πλευρά στην ξιφασκία χαρακτηρίζεται η ομώνυμη πλευρά λαβής του ξίφους, η οποία συχνά και αναγκαστικά πιθανόν να υπερκαλύπτει πλευρικές ενδογενής ασυμμετρίες (Poulis et al. 2009). Ο απαιτούμενος χρόνος για την αλλαγή του βραχίονα στην αντίθετη πλευρά ήταν 3 min. Καθ' όλη την διάρκεια της δοκιμασίας υπήρξε λεκτική ενθάρρυνση του αθλητή έτσι ώστε να μπορεί να εκτελεί τις προσπάθειες του με το μέγιστο των δυνάμεων του. Η αξιολόγηση έγινε και στις 2 πλευρές, κυρίαρχης και μη κυρίαρχης.

Αξιολόγηση ισχύος των κάτω άκρων

Η καταγραφή της ισχύος των κάτω άκρων προσδιορίστηκε χρησιμοποιώντας την συσκευή Optojump (Optojump, Microgate, Italy). Οι συμμετέχοντες πραγματοποίησαν πτώση με το ένα πόδι στο κυρίαρχο και στο μη κυρίαρχο σκέλος τους. Όλα τα άλματα πραγματοποιήθηκαν από κουτί ύψους 0,2m. Σε κάθε συμμετέχοντα είχαν δοθεί αυστηρές οδηγίες έτσι ώστε να περιορίσει οποιαδήποτε συμμετοχή του κορμού στην δοκιμασία. Επιπλέον, δεν επιτράπηκε η αλτική κίνηση από το κουτί παρά μόνο η ελεύθερη πτώση των αθλητών. Στόχος του άλματος ήταν η μέγιστη απόδοση πηδήματος ελαχιστοποιώντας τον χρόνο επαφής (CT) με το έδαφος (Young et al., 1995). Μεταξύ κάθε άλματος υπήρχαν 30 sec ανάπαυσης (Read and Cisar, 2001). Οι αυξομειώσεις των συντελεστών ενδοσυσχέτισης (ICC) για το μονοποδικό κυρίαρχο (DDJ) και το μη κυρίαρχο (NDDJ) μέλος ήταν 0.91 και 0.9 (p<0.001) αντίστοιχα. Η αξιοπιστία του συστήματος Optojump έχει μελετηθεί σε σχέση με δυναμοδάπεδο Kistler η οποία αποδείχθηκε πολύ υψηλή r=0.99 (Slomka et al.2017).

Ταχύτητα και ισχύς κινητικού προτύπου

Η προβολή (LV) και το βήμα προβολή (SLV) καθορίστηκαν χρησιμοποιώντας ένα ρομποτικά ελεγχόμενο εκτυληκτήρα (1080 Quantum Motion Inc, North America). Το καλώδιο του 1080 τοποθετήθηκε στην στολή της ξιφασκίας κάθε δοκιμαζόμενου, κάθε τεστ πραγματοποιήθηκε 2 φορές και το καλύτερο αποτέλεσμα καταγράφηκε για περαιτέρω στατιστική επεξεργασία. Ο χρόνος ανάπαυσης μεταξύ των δοκιμών ήταν στα 30 sec ενώ ο χρόνος ξεκούρασης μεταξύ των δύο διαδοχικών τεστ ήταν περίπου στα 3 min. Το 1080 Quantum έχει αποδειχθεί ως μηχανήμα με υψηλή εγκυρότητα και αξιοπιστία (Boerigner and Whyte 2019). Η συσκευή ρυθμιζόταν πριν από κάθε δοκιμή των αθλητών σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Όλες οι δοκιμασίες πραγματοποιήθηκαν πάνω στην πίστα ξιφασκίας προκειμένου να μιμηθούν τις πραγματικές συνθήκες ξιφασκίας όπως περιγράφεται αλλού (Tsolakis et al., 2018). Η αξιοπιστία της δοκιμασίας της προβολής και του βήματος προβολή καθώς και η επανάληψη τους ανερχόταν σε 0.90 και 0.91 αντίστοιχα ($p < 0.001$). Σε αυτήν την δοκιμασία ο αθλητής/τρια εκτέλεσε βασικές κινητικές δεξιότητες της ξιφασκίας (προβολή και βήμα προβολή).

Τριπλό μονοποδικό άλμα

Το τριπλό μονοποδικό άλμα απόστασης για το κυρίαρχο και το μη κυρίαρχο πόδι καθορίστηκε για να ανιχνεύσει τυχόν ελλείματα ασυμμετρίας που σχετίζονται με την ανάπτυξη ισχύος των κάτω άκρων. Οι συμμετέχοντες πραγματοποίησαν 3 συνεχόμενα άλματα, μέγιστης απόδοσης στο κυρίαρχο και στο μη κυρίαρχο πόδι. Για κάθε συμμετέχοντα δόθηκαν 3 δοκιμές. Η καλύτερη απόδοση που καταγράφηκε κρατήθηκε για στατιστική ανάλυση. Κυρίαρχο άκρο ICC = 0.96, μη κυρίαρχο άκρο ICC = 0.94 ($p < 0.001$) Ο αθλητής εκτελούσε διαδοχικές προσπάθειες με το κυρίαρχο και μη κυρίαρχο πόδι με διάστημα 30 sec ανάπαυσης μεταξύ των προσπαθειών.

3.4 Στατιστική Ανάλυση

Όλα τα δεδομένα αναλύθηκαν χρησιμοποιώντας το SPSS (IBM SPSS Statistics Version 23). Η στατιστική δοκιμασία Ανάλυσης διακύμανσης διπλής κατεύθυνσης (two –way) ANOVA χρησιμοποιήθηκε για να την ανίχνευση διαφορών μεταξύ των

φύλων και μεταξύ των άκρων (κυρίαρχου και μη κυρίαρχου ποδιού) σε όλα τα μονόπλευρά τεστ. Έγιναν επίσης μεταanalύσεις με διόρθωση κατά Bonfferoni. Οι % Δ διαφορές υπολογίστηκαν μεταξύ του κυρίαρχου και του μη κυρίαρχου μηρού με τη βοήθεια t-test εξαρτημένων δειγμάτων. Η αξιοπιστία μεταξύ της εξέτασης και της επανεξέτασης για όλες τις εξαρτώμενες μεταβλητές που μετρήθηκαν σε αυτή την έρευνα προσδιορίστηκε υπολογίζοντας τον συντελεστή ενδοσυσχέτισης (ICC) χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο ανάλυσης διπλής κατεύθυνσης. Οι σχέσεις μεταξύ των παραμέτρων από επιλεγμένα κινητικά μοτίβο της ξιφασκίας (ταχύτητα και απόδοση δύναμης των ποδιών) και οι ποσοστιαίες ασυμμετρίες σε μονόπλευρα τεστ εξετάστηκαν με τον υπολογισμό του συντελεστή συσχέτισης Pearson (r). Το μέγεθος της επίδρασης για συγκρίσεις κατά ζεύγη καθορίστηκε από το Cohen's d σύμφωνα με τον τύπο $([M1-M2] / SD_{pooled})$, όπου οι M1 και M2 είναι οι μέσες τιμές που συγκρίθηκαν και το SD_{pooled} είναι η μέση τυπική απόκλιση) (small: 0.20-0.49, medium: 0.50 -0.79 και large:> 0.80). Τα δεδομένα παρουσιάζονται ως μέσες ± τυπικές αποκλίσεις (SD). Για κάθε ανάλυση η στατιστική σημαντικότητα καθορίστηκε σε $p \leq 0.05$.

Αποτελέσματα

Πίνακας 1. Χαρακτηριστικά ανδρών (N=16) και γυναικών (N=22) νέων ελιτ ξιφομάχων.

		Ηλικία (χρόνια)	Σωματι κό βάρος (kg)	Σωματι κό λίπος (%)	Έκταση βραχίον α (cm)	Υψος (cm)	Μήκος ποδιού (cm)	Cd (cm)	Cnd (cm)	CSAD (cm ²)	CSAND (cm ²)
ΑΝΔΡΕΣ	Mean	17.4	68.5**	20.5*	181.4*	175.0*	86.5*	55.6	53.3	227.01	216.3
	SD	4.3	14.1	3.9	9.6	8.5	5.4	6.4	6.4	27.2	28.0
ΓΥΝΑΙΚΕΣ	Mean	16.05	60.9	26.9	170.0	166.8	81.0	57.7	55.8	231.7	222.2
	SD	2.7	6.0	3.9	7.2	6.7	4.8	4.7	4.5	18.4	19.7

Cd: περιφέρεια κυρίαρχου ποδιού. Cnd: περιφέρεια μη κυρίαρχου ποδιού. CSAD: Εγκάρσια διατομή κυρίαρχου ποδιού. CSAND: Εγκάρσια διατομή μη κυρίαρχου ποδιού.

*p=0.001 και, **p=0.03 άνδρες vs γυναίκες

Ανάμεσα στα δυο φύλα, βρέθηκαν σημαντικές διαφορές στο ύψος, στη μάζα σώματος, στο σωματικό λίπος, στο μήκος του βραχίονα και στο μήκος του ποδιού ($p < 0,05$, Πίνακας 1). Αντίθετα, δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των φύλων στη σύγκριση των περιμέτρων των μηρών (MTC) και των εγκάρσιων διατομών (CSA) μεταξύ του κυρίαρχου (D) και του μη κυρίαρχου (ND) ποδιού ($p > 0.05$, Πίνακας 1)

Πίνακας 2. Κυρίαρχο (D) και μη κυρίαρχο (ND) πόδι σε όλα τα μονοποδικά tests των ανδρών (N=16) και των γυναικών (N=22) ξιφομάχων.

		Τριπλό άλμα		Άλμα βάθους (cm)		Προβολή		Βήμα Προβολή	
		(cm)							
		D	ND	D	ND	Μέγιστη ταχύτητα α (m/s)	Μέγιστη ισχύς (W)	Μέγιστη Ταχύτητα (m/s)	Μέγιστη ισχύς (W)
ΑΝΔΡΕΣ	Mean	5.64*	5.46*	15.13**	15.97**	3.55*	188.72*	3.98*	208.12*
	SD	0.53	0.59	3.55	3.32	0.69	54.82	0.92	82.56
ΓΥΝΑΙΚΕΣ	Mean	4.49	4.47	11.97	12.10	2.68	102.46	2.99	112.95
	SD	0.59	0.71	3.82	2.89	0.68	42.42	0.64	37.02
	D	2.09	1.53	-0.19	-0.04	1.35	1.47	1.52	1.67

*p=0.000 και **p=0.01 για την σύγκριση μεταξύ ανδρών και γυναικών

Πίνακας 3. Απόλυτες και σχετικές μέγιστες ροπές του κυρίαρχου (D) και του μη κυρίαρχου ποδιού (ND) σε άνδρες (N=16) και γυναίκες (N=22) νέους ελίτ ξιφομάχους

		Γωνιακές ταχύτητες					
		60°s ⁻¹		180°s ⁻¹		300°s ⁻¹	
		D	ND	D	ND	D	ND
Απόλυτες μέγιστες ροπή (Nm)							
Άνδρες	Mean	194.98*	187.94*	137.98*	132.93*	108.91*	103.73*
	SD	48.96	49.25	35.96	30.54	29.35	18.51
Γυναίκες	Mean	139.05	139.64	98.06	98.07	76.24	75.95
	SD	26.46	27.38	19.28	21.13	13.69	15.87
Έκταση Vs Γυναικών	Cohen's D Ανδρών	1.53	1.30	1.49	1.46	1.55	1.63
	Cohen's D Γυναικών						
Άνδρες	Mean	103.53*	99.24*	81.09*	80.56*	70.33*	65.09*
	SD	29.58	25.71	22.72	19.49	21.61	15.17
Γυναίκες	Mean	73.82	69.51	57.52	54.96	49.27	48.85
	SD	12.25	10.89	12.51	10.68	10.07	8.61
Κάμψη Vs Γυναικών	Cohen's D Άνδρες	1.44	1.65	1.38	1.75	1.45	1.37
	Cohen's D Γυναίκες						
Σχετικές μέγιστες ροπές (Nm·Kg ⁻¹)							
Άνδρες	Mean	2.94*	2.88*	2.09*	2.05	1.66*	1.60*
	SD	0.38	0.50	0.35	0.32	0.32	0.28
Γυναίκες	Mean	2.33	2.34	1.67	1.70	1.28	1.27
	SD	0.31	0.31	0.43	0.49	0.18	0.21
Έκταση Vs Γυναικών	Cohen's D Άνδρες	1.22	1.39	1.08	0.84	1.57	1.40
	Cohen's D Γυναίκες						
Άνδρες	Mean	1.58*	1.51*	1.22*	1.24*	1.08*	1.00*
	SD	0.33	0.29	0.25	0.23	0.29	0.19
Γυναίκες	Mean	1.24	1.17	0.96	0.93	0.83	0.82
	SD	0.16	0.13	0.17	0.14	0.16	0.13
Κάμψη Vs Γυναικών	Cohen's D Άνδρες	1.42	1.49	-0.11	0.34	0.37	0.97
	Cohen's D Γυναίκες						

*p=0.000 και **p=0.01 για την σύγκριση μεταξύ ανδρών και γυναικών

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων βρέθηκαν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα δυο φύλα στα μονοποδικά άλματα μεταξύ του κυρίαρχου ποδιού (D) ($p = 0.004$, $d = -0.19$) και του μη κυρίαρχου (ND) ($p: 0.006$, $d = -0.04$ Πίνακας 2), καθώς και για το τριπλό μονοποδικό άλμα και των δύο ποδιών (D: $p: 0.000$, $d = 2.09$; ND: $p: 0.000$, $d = 1.53$ Πίνακας 2), με τους άνδρες αθλητές να επιτυγχάνουν υψηλότερες επιδόσεις. Τα αποτελέσματα έδειξαν επίσης σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο φύλων για τις μέγιστες τιμές της ταχύτητας και της παραγωγής ισχύος στην προβολή ($p: 0.000$; $d: 1.35$ και 1.47 για ταχύτητα και ισχύ αντίστοιχα) και στο βήμα προβολή ($p: 0.000$; $d: 1.52$ και 1.67 για ταχύτητα και ισχύ αντίστοιχα) με τους άνδρες να έχουν υψηλότερες τιμές και στα δυο (Πίνακας 2). Επιπλέον, παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ γυναικών και ανδρών σε όλα τα ισοκινητικά τεστ (Πίνακας 3). Συγκεκριμένα, οι άνδρες αθλητές πέτυχαν υψηλότερες απόλυτες μέγιστες τιμές ροπής σε όλες τις γωνιακές ταχύτητες και στα δύο πόδια D (Έκταση: $p < 0.001$, $d: 1.53, 1.49, 1.55$; Κάμψη: $p < 0.001$, $d: 1.44, 1.38, 1.45$ για $60, 180$ και 300° s^{-1} αντίστοιχα) και ND (Έκταση: $p < 0.001$, $d: 1.30, 1.46, 1.63$; Κάμψη: $p < 0.001$, $d: 1.65, 1.75, 1.37$ για $60, 180$ και 300° s^{-1} αντίστοιχα). Ομοίως, οι άνδρες αθλητές πέτυχαν υψηλότερες τιμές στις σχετικές μέγιστες ροπές BW σε όλες τις γωνιακές ταχύτητες και στα δυο πόδια, κυρίαρχο (Έκταση: $p < 0.001$, $d: 1.22, 1.08, 1.57$ Κάμψη: $p < 0.001$, $d: 1.42, -0.11, 0.37$ για $60, 180$ και 300° s^{-1} αντίστοιχα) και μη κυρίαρχο (Έκταση: $p < 0.001$, $d: 1.39, 0.84, 1.40$; Κάμψη: $p < 0.001$, $d: 1.49, 0.34, 0.97$ για $60, 180$ και 300° s^{-1} αντίστοιχα · Πίνακας 3). Δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές για τους λόγους F / E και rF / E , σε οποιαδήποτε γωνιακή ταχύτητα ($p > 0.05$). Δεν βρέθηκαν επίσης σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποδιών D και ND σε καμία από τις περιπτώσεις (Πλευρικές ασυμμετρίες, $p > 0.05$, Πίνακες 2 και 3). Τέλος δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ φύλου και πλευρικών αποτελεσμάτων στο drop jump ($p = 0,65$), triple hop ($p = 0,56$), σε απόλυτες ($p = 0,273-0,789$), σε σχετικές ($p = 0,351-0,974$) μέγιστες ροπές σε όλες τα ισοκινητικά τεστ, στην προβολή και στο βήμα προβολή ($p > 0,450$; (Πίνακες 2 και 3).

Πίνακας 4. Σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ της ξιφασκίας και των δυναμικών και λειτουργικών παραμέτρων απόδοσης

σε άνδρες (N=16) και γυναίκες (N=22) νεαρούς/ες ελίτ ξιφομάχους, ($p<0.05$)

Μεταβλητές	Μέγιστη Ταχύτητα προβολής	Μέγιστη Ισχύς προβολής	Μέγιστη Ταχύτητα βήματος προβολής	Μέγιστη Ισχύς βήματος προβολής
ΑΝΔΡΕΣ				
Κυρίαρχο πόδι F/E 300°s ⁻¹			-0.570	-0.619
Κυρίαρχο πόδι rF/E 300°s ⁻¹			-0.564	-0.614
ΓΥΝΑΙΚΕΣ				
Κυρίαρχο πόδι F/E 300°s ⁻¹	0.635	0.562	0.522	0.556
Κυρίαρχο πόδι rF/E 300°s ⁻¹	0.649	0.568	0.532	0.557
Απόσταση τρίπλου άλματος κυρίαρχου ποδιού	0.445	0.446		
Απόσταση άλματος μη κυρίαρχου ποδιού	0.442	0.500		
F/E: Λόγος μέγιστης ροπής κάμψης/έκτασης				

Οι μέγιστες τιμές της ταχύτητας και της ισχύος στο βήμα προβολή συσχετίστηκαν αρνητικά με την αναλογία F/E του κυρίαρχου ποδιού στις 300°s⁻¹ στους νεαρούς αθλητές ξιφασκίας ($r:-0.570$ and $r: -0.619$, $p<0.05$) και θετικά στις νεαρές γυναίκες ($r: 0.522$ and $r: 0.556$, $p<0.05$; Table 4) Αντίθετα στην προβολή, ο λόγος F / E του κυρίαρχου ποδιού στους 300°s⁻¹ συσχετίστηκε θετικά με την ταχύτητα και τη ισχύ στις γυναίκες αθλήτριες ($r: 0.562-0.649$, $p <0.05$; Πίνακας 4). Τέλος, κάτι που παρατηρήθηκε μόνο στις γυναίκες αθλήτριες ήταν ότι η απόσταση του triple hop είτε με το κυρίαρχο, είτε με το μη κυρίαρχο πόδι συσχετίστηκε σημαντικά με τις μέγιστες τιμές της ταχύτητας και της δύναμης στην προβολή ($r: 0.442-0.500$; $p<0.05$; Πίνακας 4).

Συζήτηση

Το κύριο εύρημα της παρούσας μελέτης ήταν η απουσία ασυμμετριών μεταξύ κυρίαρχης και μη κυρίαρχης πλευράς. Τα αποτελέσματα βγήκαν από δοκιμασίες κλειστών ή ανοιχτών κινητικών αλυσίδων, σε νεαρούς ελίτ αθλητές και αθλήτριες ξιφασκίας. Αντίθετα, όπως ήταν αναμενόμενο, σημαντικές διαφορές βρέθηκαν μεταξύ ανδρών και γυναικών στην μονοποδική πτώση, στο τριπλό άλμα, στις ισοκινητικές απόλυτες και σχετικές μέγιστες ροπές σε όλες τις γωνιακές ταχύτητες και στα δυο πόδια και στην εκτέλεση συγκεκριμένων κινητικών μοτίβων της ξιφασκίας (μέγιστη ταχύτητα και ισχύς στην προβολή και στο βήμα προβολή) υπέρ των ανδρών. Τέλος, τα συγκεκριμένα κινητικά μοτίβα της ξιφασκίας φαίνεται ότι είχαν υψηλή συσχέτιση με την έκταση στο ισοκινητικό στη σχέση καμπτήρων-εκτεινόντων του γόνατος κατά την διάρκεια υψηλών γωνιακών ταχυτήτων (300°s^{-1}), καθώς και με την απόδοση στο μονοποδικό τριπλό άλμα.

Η ξιφασκία χαρακτηρίζεται, όπως αναφέρεται και παραπάνω, από κινήσεις κλειστής κινητικής αλυσίδας των κάτω άκρων, στις οποίες οι κάμψεις γόνατος και οι εκτατικοί μύες κυρίαρχου και μη κυρίαρχου ποδιού ενεργοποιούνται και συστέλλονται διαφορετικά κατά την διάρκεια της επίθεσης (Guilhem et al. 2014; Mulloy, Mullineaux and Irwin 2015; Tsolakis and Vagenas 2010; Tsolaks et al. 2006; Turner et al. 2016; Turner, James, Dimitriou, Greenhalgh, Moody, Fulcher, Mias and Kilduff 2014; Williams and Walmsley 2000). Πράγματι, κατά την διάρκεια της προπόνησης της ξιφασκίας ή των αγώνων, μεγάλες και επαναλαμβανόμενες έκκεντρες δυνάμεις εφαρμόζονται στην τελική φάση της προβολής του κυρίαρχου ποδιού για την σταθεροποίηση του σώματος, ενώ οι προωθητικές δυνάμεις ουσιαστικά παράγονται από το μη κυρίαρχο πόδι κατά την αρχική φάση της προβολής. Έτσι, αυτές οι διαφορετικές ενέργειες αναπτύσσουν μορφολογικές, λειτουργικές και δυναμικές ασυμμετρίες μεταξύ των ποδιών, καθώς και μεταξύ των μυών του κάθε σκέλους, όπως έχει αναφερθεί σε μεγάλο αριθμό σχετικών μελετών (Bishop et al. 2018, Guilhem et al. 2014, Kotsasian, Tsolakis and Drake 2016, Nyström et al. 1990, Tsolaks et al. 2006, Turner et al. 2016, Turner et al. 2014). Ωστόσο, τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης δεν συμφωνούν με αυτές τις αναφορές, υποδεικνύοντας την απουσία μορφολογικών, λειτουργικών και δυναμικών ασυμμετριών, στους κορυφαίους νεαρούς αθλητές και νεαρές αθλήτριες της παρούσης μελέτης.

Ειδικότερα, οι μετρήσεις της περιφέρειας στο μέσο του μηρού και οι εγκάρσιες διατομές του κυρίαρχου και του μη κυρίαρχου ποδιού δεν διέφεραν μεταξύ τους, ούτε στους νεαρούς αθλητές ούτε στις νεαρές αθλήτριες. Πρόσφατα, σημαντικές διαφορές μεταξύ των εγκάρσιων διατομών κυρίαρχου και μη κυρίαρχου ποδιού έχουν αναφερθεί σε μέτρια προπονημένους αθλητές και αθλήτριες ξιφασκίας, ενώ αντίστοιχες διαφορές δεν παρατηρήθηκαν σε αντίστοιχο δείγμα αθλητών και αθλητριών ξιφασκίας υψηλού επιπέδου (Kotsasian et al. 2016). Επιπλέον η μελέτη της ανατομικής ασυμμετρίας (εγκάρσια διατομή των κυρίαρχων και των μη κυρίαρχων ποδιών) μπορεί να αποτελέσει κριτήριο διάκρισης των κορυφαίων από της εθνικού επιπέδου αθλητές ξιφασκίας (Kotsasian et al. 2016). Σε παλαιότερη μελέτη η ύπαρξη ανατομικών ασυμμετριών στα κάτω άκρα ήταν εμφανής μόνο στους ενήλικες αθλητές ξιφασκίας υποδεικνύοντας τις προσαρμογές οι οποίες επέρχονται με την συστηματική προπόνηση σε βάθος χρόνου, κάτι το οποίο δεν ήταν φανερό στις μικρότερες ηλικιακές ομάδες (Tsolakis et al. 2006). Έτσι, η απουσία ασυμμετριών μεταξύ των εγκάρσιων διατομών των μηρών του κυρίαρχου και του μη κυρίαρχου ποδιού, που παρατηρήθηκαν στην παρούσα μελέτη, μπορεί να βασιστεί στο γεγονός ότι οι συμμετέχοντες ήταν νέοι ελίτ αθλητές, επαληθεύοντας με αυτόν τον τρόπο τα αποτελέσματα των προηγούμενων μελετών (Kotsasian et al. 2016; Tsolaks et al. 2006).

Μέχρι τώρα, η μελέτη των δυναμικών ασυμμετριών σε αθλητές ξιφασκίας έχει γίνει χρησιμοποιώντας αξιολογήσεις ισοκινητικής ισχύος από ελάχιστους ερευνητές (Nyström et al. 1990; Poulis et al. 2009). Οι τιμές μέγιστης ροπής των ανδρών στους 60° s^{-1} και 180° s^{-1} της παρούσας μελέτης ήταν πολύ χαμηλότερες από αυτές που αναφέρθηκαν προηγουμένως από τους Nyström et al. (1990). Ωστόσο, αυτές οι διαφορές μπορούν να εξηγηθούν εύκολα διότι οι συμμετέχοντες ήταν νεότεροι και λιγότερο έμπειροι σε σύγκριση με τους Σουηδούς αθλητές που συμμετείχαν στη μελέτη των Nyström et al. (1990), οι οποίοι ήταν αθλητές ολυμπιακού επιπέδου. Η παρούσα μελέτη δε αποκάλυψε σημαντικές ασυμμετρίες μεταξύ των ποδιών, αλλά μόνο μεταξύ των φύλων σε όλες τις γωνιακές ταχύτητες (60° s^{-1} , 180° s^{-1} και 300° s^{-1}). Αυτό συμφωνεί με τους Poulis et al., (2006), οι οποίοι έδειξαν σημαντικές διαφορές μόνο μεταξύ ελίτ και μέτρια προπονημένων αθλητών ξιφασκίας σε όλες τις γωνιακές ταχύτητες (30° s^{-1} , 60° s^{-1} και 240° s^{-1}). Επιπλέον, και σύμφωνα με την ίδια μελέτη, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στις αναλογίες καμπτήρων-

εκτεινόντων (F/E ratio) είτε μεταξύ των ποδιών είτε μεταξύ των φύλων. Έτσι, η παρούσα μελέτη φαίνεται να συμφωνεί με άλλες αναφορές, υποστηρίζοντας ότι η αθλητική κυριαρχία δεν προκαλεί κατ' ανάγκη ασυμμετρίες, είτε μεταξύ των άκρων είτε εντός του μυός του κάθε άκρου, τουλάχιστον όταν οι ασυμμετρίες αξιολογούνται με ισοκινητικά τεστ (Poulis et al. 2009).

Δυστυχώς, τα αποτελέσματα των δοκιμασιών ανοιχτής κινητικής αλυσίδας, ακόμη και αν είναι πιο ακριβή σχετικά με την απόδοση παραμέτρων μυϊκής δύναμης, δεν μπορούν απόλυτα να ερμηνεύσουν την αθλητική απόδοση διότι δεν αντικατοπτρίζουν τις μηχανικές και μεταβολικές απαιτήσεις ενός αθλήματος όπως είναι η ξιφασκία που χαρακτηρίζεται από κινήσεις κλειστής κινητικής αλυσίδας (Bishop et al. 2018). Έτσι, μια πιο ειδική για τον αθλητισμό προσέγγιση που χρησιμοποιεί μυϊκές συσπάσεις που ενσωματώνουν τον κύκλο διάτασης-σύσπασης, όπως τα μονοποδικά τεστ κάθετων και οριζόντιων αλμάτων (Hewit, Cronin, Hume 2012, Tsolakis and Vagenas 2010), μπορεί να προσφέρει μια καλύτερη εικόνα η οποία είναι πολύ χρησιμότερη στην εκτίμηση της απόδοσης (Bishop et al. 2018). Πράγματι, η απόδοση στο άλμα πτώσης φαίνεται να είναι ο ισχυρότερος προγνωστικός παράγοντας της απόδοσης στην ξιφασκία, σε σύγκριση με άλλους τύπους δοκιμών απόδοσης δύναμης και ισχύος (Tsolakis και Vagenas 2010; Tsolakis et al. 2018; Tsolaks et al. 2006), ενώ έχει αναφερθεί πρόσφατα ότι μετά από προγράμματα προετοιμασίας με οριζόντια άλματα, η απόδοση στην ξιφασκία αυξάνεται σημαντικά (Κοντοχριστόπουλος, Bogdanis, Paradisis and Tsolakis 2019). Στην παρούσα μελέτη, δεν βρέθηκαν σημαντικές ασυμμετρίες στις μονοποδικές πτώσεις και στο τριπλό μονοποδικό άλμα τόσο σε ελίτ νέους αθλητές όσο και σε νέες αθλήτριες ξιφασκίας ενισχύοντας το συμπέρασμα ότι η μονόπλευρη φύση της ξιφασκίας και το διαφορετικό μοτίβο ενεργοποίησης /κίνησης των κυρίαρχων και μη κυρίαρχων μυών του ποδιού, δεν οδηγούν σε ασυμμετρίες των κάτω άκρων. Επιπλέον, τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης είναι σύμφωνα με μια προηγούμενη μελέτη, αναφέροντας ότι σε κορυφαίους αθλητές ξιφασκίας, δεν υπάρχει ασυμμετρία απόδοσης κάτω άκρων, κατά την διάρκεια κάθετης δοκιμασίας κλειστής κινητικής αλυσίδας (κατακόρυφο άλμα με προφόρτιση) σε αντίθεση με τους μέτριους αθλητές ξιφασκίας στους οποίους διαπιστώθηκαν σημαντικές ασυμμετρίες (Kotsasian et al. 2016). Έτσι, λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω, φαίνεται ότι οι ελίτ νεαροί άνδρες και γυναίκες αθλητές ξιφασκίας δεν

χαρακτηρίζονται από ασυμμετρία απόδοσης δύναμης / ισχύος, τόσο σε τεστ ανοιχτής κινητική αλυσίδα όσο και σε κλειστής.

Σε πρόσφατη μελέτη ο Gulheim et al (2014), όπως και σε παλαιότερη μελέτη των Williams-Williams (2000), αποδεικνύεται ο κυρίαρχος ρόλος του μη κυρίαρχου ποδιού στην ώθηση (εκτατική φάση). Όπως αναφέραμε και προηγουμένως κατά την εκκίνηση της προβολής οι εκτείνοντες του ισχίου και του γόνατος του μη κυρίαρχου ποδιού πρέπει να αναπτύξουν μέγιστες τιμές με σκοπό την γρήγορη προώθηση της σωματικής μάζας προς τα εμπρός. Επιπλέον είναι σαφής η διπλή λειτουργία του τετρακέφαλου κατά την έκταση και την ακινητοποίηση του σώματος. Πιο αναλυτικά οι μυς του τετρακέφαλου του κυρίαρχου ποδιού εκτελούν κάμψη ισχίου και παράλληλα έκταση του γόνατος. Μόλις η επιτάχυνση μηδενιστεί οι ίδιοι μύες καλούνται να αναπτύξουν έκκεντρες δυνάμεις για την επιβράδυνση του κορμού για την ολοκλήρωση της προβολής.

Η προβολή στις γυναίκες συσχετίστηκαν σημαντικά με τις επιδόσεις του κυρίαρχου και του μη κυρίαρχου ποδιού στο τριπλό άλμα, ένα εύρημα που δείχνει ότι και τα δυο πόδια παρόλο που χαρακτηρίζονται από διαφορετικά κινητικά μοτίβα, κατά τη διάρκεια της ξιφασκίας, συμβάλλουν εξίσου στην απόδοση της. Κατά συνέπεια, οι προπονητές ξιφασκίας θα πρέπει να γνωρίζουν ότι βελτιώνοντας τα ελλείμματα κάθε ποδιού ξεχωριστά με την εκτέλεση μονοποδικών ασκήσεων κλειστής αλυσίδα με συνδυαστική προπόνηση δύναμης και πλειομετρικών ασκήσεων, αναμένεται να βελτιώσουν την απόδοση του κινητικού προτύπου της προβολής και του βήματος προβολής.

Αντίθετα, ανάλογες σχέσεις δεν βρέθηκαν στους άνδρες συμμετέχοντες. Επιπλέον, οι αναλογία καμπτήρων-εκτεινόντων (F/E ratio) του κυρίαρχου ποδιού, κατά τη διάρκεια της προσπάθειας υψηλής γωνιακής ταχύτητας ($300 \text{ }^\circ \text{ s}^{-1}$), συσχετίστηκαν θετικά με τις επιδόσεις της προβολής και του βήματος προβολής σε γυναίκες ξιφομάχους, αλλά αρνητικά στους νεαρούς άνδρες. Σύμφωνα με αυτά τα αποτελέσματα, παρατηρείται ότι χαμηλότερες τιμές στη σχέση καμπτήρων-εκτεινόντων (σημαντικά δυνατότεροι μύες έκτασης γόνατος) στους νεαρούς ξιφομάχους και υψηλότερες τιμές (σχεδόν ίση ισχύς μεταξύ μυών κάμψης -έκτασης γόνατος) στην σχέση καμπτήρων-εκτεινόντων στις αντίστοιχες γυναίκες φαίνεται ότι σχετίζονται με υψηλότερες επιδόσεις στο βήμα προβολή. Οι προαναφερθείσες

σχέσεις, δείχνουν ότι οι νεαροί άνδρες και οι νεαρές γυναίκες ξιφομάχοι, μπορεί να βασίζονται σε διαφορετικές βιομηχανικές αλλά κυρίως φυσιολογικές παραμέτρους, κατά την διάρκεια των προσπαθειών τους. Πράγματι, οι επιδόσεις σε εκρηκτικές δραστηριότητες επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από το μέγεθος των μυών, τη σύνθεση των μυϊκών ινών και τη νευρική ενεργοποίηση (Aagaard, Simonsen, Andersen, Magnusson and Dyhre-Poulsen 2002; Maffiuletti, Aagaard, Blazevich, Folland, Tillin and Duchateau 2016; Methenitis, Spengos, Zaras, Stasinaki, Papadimas, Karampatsos, Arnaoutis and Terzis 2019). Ωστόσο, η λειτουργία του νευρικού συστήματος (π.χ. ενεργοποίηση του αγωνιστή μυ, ενεργοποίηση ή απενεργοποίηση ανταγωνιστών μυών κ.λπ.) μπορεί να έχει τη σημαντικότερη συμβολή στις διαφορές που σχετίζονται με το φύλο στις αθλητικές δραστηριότητες (Bouchant, Martin, Maffiuletti and Ratel 2011; O'Brien, Reeves, Baltzopoulos, Jones and Maganaris 2010), ενώ οι αυξήσεις του μεγέθους των μυών και της ενεργοποίησης που προκαλούνται από την προπόνηση είναι σημαντικά διαφορετικές μεταξύ των φύλων αυτής της ηλικίας (Bouchant et al. 2011; O'Brien et al. 2010). Από την άλλη πλευρά, οι σχέσεις αυτές μπορεί επίσης να υποδηλώνουν ότι οι άνδρες αθλητές βασίζονται κυρίως στη δύναμη του κυρίαρχου ποδιού και στο μυϊκό τους σύστημα, κυρίως των τετρακέφαλων, για να σταματήσουν / ελέγξουν την κίνησή τους κατά τη φάση «φρεναρίσματος», ενώ οι γυναίκες κυρίως στην παραγωγή υψηλής ισχύος. Αυτό το συμπέρασμα υποστηρίζεται περαιτέρω από το γεγονός ότι αυτές οι σχέσεις βρέθηκαν μόνο κατά τη διάρκεια ισοκινητικών τεστ με υψηλές γωνιακές ταχύτητες, ενώ μόνο σε γυναίκες βρέθηκαν σημαντικοί συσχετισμοί μεταξύ της απόδοσης του τριπλού άλματος και της προβολής. Τα ισοκινητικά τεστ υψηλών ταχυτήτων χρησιμοποιούνται συνήθως για την αξιολόγηση της μυϊκής ισχύος, ενώ η μυϊκή δύναμη αξιολογείται καλύτερα κατά τη διάρκεια χαμηλότερων γωνιακών ταχυτήτων, π.χ. 60° s^{-1} (Brown και Weir 2001). Επίσης, κατά την εκτέλεση του τριπλού άλματος, ως τεστ κλειστής κινητικής αλυσίδας, η οποία περιλαμβάνει τον κύκλο διάταξης – σύσπασης και την παραγωγή δύναμης σε υψηλές ταχύτητες, είναι ανάλογη με αυτές που παρατηρήθηκαν κατά την διάρκεια των πραγματικών επιθέσεων ξιφασκίας (Impellizzeri et al. 2007; Kontochristopoulos et al. 2019; Tsolakis and Vagenas 2010; Tsolakis et al. 2018; Tsolaks et al. 2006), η απόδοση των αθλητών-αθλητριών εξαρτάται από την υψηλή παραγωγή μυϊκής ισχύος και όχι από την μέγιστη δύναμη (Munro και Herrington 2011).

Η παρατήρηση αυτή δεν ήταν αναμενόμενη, και έτσι η παρούσα μελέτη δεν κατάφερε να φέρει δεδομένα για να επαληθεύσει τις προαναφερθείσες υποθέσεις. Έτσι, απαιτούνται μελλοντικές μελέτες με προηγμένη τεχνολογία (EMG, υπερηχογράφημα ή DXA) για να εξηγήσουν τις σχέσεις αυτής της μελέτης, καθώς και για να διερευνήσουν τις σχέσεις μεταξύ των νευρομυϊκών ιδιοτήτων, των διαφορετικών μορφών αντοχής (ισομετρικές, σύγκεντρες -έκκεντρες συστολές) και την απόδοση της ξιφασκίας (Force plates) για την παροχή πρόσθετων πληροφοριών για τους ειδικούς που θα μπορούσαν να οδηγήσουν το σχεδιασμό αποτελεσματικών προγραμμάτων διαφορετικών μορφών μυϊκής δύναμης και προετοιμασίας για τη μεγιστοποίηση της απόδοσης στην ξιφασκία.

Συμπερασματικά, τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης μας δείχνουν ότι σε νεαρούς αθλητές και σε νεαρές αθλήτριες της ξιφασκίας δεν υπάρχουν ασυμμετρίες, μεταξύ κυρίαρχων και μη κυρίαρχων ποδιών, ενώ η εγκάρσια διατομή των μυών, η οριζόντια απόδοση άλματος και η ισοκινητική δύναμη κυρίαρχου και μη κυρίαρχου ποδιού φαίνεται να μην επηρεάζονται από τις βιομηχανικές, λειτουργικές και δυναμικές ιδιαιτερότητες που παρουσιάζει η ξιφασκία στα κάτω άκρα.

Συμπεράσματα επι των θεωρητικών υποθέσεων.

Σύμφωνα με τις παραπάνω υποθέσεις μεταξύ της κυρίαρχης και μη κυρίαρχης πλευράς καταλήγουμε στα παρακάτω συμπεράσματα:

- Τα επαναλαμβανόμενα κινητικά πρότυπα του αθλήματος σύμφωνα με την παρούσα μελέτη αποδείχθηκε ότι δεν προκαλούν έντονες ανατομικές ασυμμετρίες στην κυρίαρχη πλευρά, σε νεαρούς και νεαρές αθλητές. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην σχετικά μικρή προπονητική ηλικία των αθλητών, το οποίο καθιστά δύσκολη την εγκατάσταση έντονων ασυμμετριών.
- Όσον αφορά τα λειτουργικά χαρακτηριστικά παρόλο που τα αγόρια ξεπέρασαν τα κορίτσια στις μονόπλευρες δοκιμασίες δεν βρέθηκαν σημαντικές ασυμμετρίες μεταξύ του κυρίαρχου και του μη κυρίαρχου ποδιού στις μονοποδικές πτώσεις και στο τριπλό μονοποδικό άλμα τόσο σε ελίτ νέους αθλητές όσο και σε νέες αθλήτριες.
- Αντίστοιχα η παρούσα μελέτη πέρα από τις λειτουργικές και ανατομικές ασυμμετρίες δε αποκάλυψε ούτε σημαντικά δυναμικές ασυμμετρίες μεταξύ των ποδιών, αλλά μόνο μεταξύ των φύλων σε όλες τις γωνιακές ταχύτητες (60° s^{-1} , 180° s^{-1} και 300° s^{-1}).

1). Όπως επίσης, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στις αναλογίες καμπτήρων-εκτεινόντων είτε μεταξύ των ποδιών είτε μεταξύ των φύλων.

- Τέλος σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας παρατηρήσαμε ότι μόνο στις γυναίκες η προβολή και το βήμα προβολή συσχετίστηκαν σημαντικά με τις λειτουργικές ασυμμετρίες. Επίσης στο ισοκινητικό τεστ στο κυρίαρχο πόδι στις υψηλές γωνιακές ταχύτητες ($300 \text{ }^\circ \text{ s}^{-1}$) παρατηρήθηκε θετική συσχέτιση για τις γυναίκες και αρνητική για τους άνδρες κατά την αγωνιστική προσπάθεια, το οποίο μπορεί να σημαίνει ότι οι άνδρες αθλητές βασίζονται κυρίως στην δύναμη του κυρίαρχου ποδιού και το μυϊκό τους σύστημα για να σταματήσουν/ελέγξουν την κίνηση στην τελική φάση του «φρεναρίσματος», σε αντίθεση με τις γυναίκες οι οποίες βασίζονται κυρίως στην παραγωγή υψηλής ισχύος.

Μελλοντικές εργασίες-κάλυψη ερευνητικών κενών

Η μελέτη των μηχανισμών για να διαπιστωθεί εάν οι ασυμμετρίες προέρχονται από κεντρικούς ή περιφερικούς παράγοντες (EMG, υπέρηχος, δυναμοδάπεδο)

Η μελέτη εφαρμογής προγραμμάτων δύναμης με σκοπό να μειωθεί το έλλειμα μεταξύ των άκρων και εάν ο περιορισμός των διαφορών βοηθά στη μεγιστοποίηση της απόδοσης.

Βιβλιογραφία

1. 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. *J Appl Physiol*, 93(4): 1318-1326.
2. Akpinara Selcuk, Sainburg Robert L., Kirazcid Sadettin, and Przybylab Andrzej (2015), Motor asymmetry in elite fencers, *Author manuscript* 47(4): 302–311.
3. Adrian M and A. Klinger (1983), A biomechanical analysis of the fencing lunge. *Proceedings of the Eighth International Congress of Biomechanics* 882-888 *Human Kinetics*.
4. Annett M. (1967), The binomial distribution of right , mixed and left handedness. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 19 327-333.
5. Ardern, C. L., Webster, K. E., Taylor, N. F., & Feller, J. A. (2011). Return to the preinjury level of competitive sport after anterior cruciate ligament reconstruction surgery: Two-thirds of patients have not returned by 12 months after surgery. *The American Journal of Sports Medicine*, 39, 538–543.
6. Atkins, S. J., Bentley, I., Hurst, H. T., Sinclair, J. K., & Hesketh, C. (2016). The presence of bilateral imbalance of the lower limbs in elite youth soccer players of different ages. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30, 1007–1013.
7. Baker D. (1996), Improving vertical jumping performance through general, special, and specific strength training: a brief review, *J. Strength Cond. Res.*, 10, 2, 131–136.
8. Bangsbo, J. (1994) The physiology of soccer – with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiologica Scandinavica* 15(619), 1-156.
9. Barber, S. D., Noyes, F. R., Mangine, R. E., McColskey, J. W., & Hartman, W. (1990). Quantitative assessment of functional limitations in normal and anterior cruciate ligament-deficient knees. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 255, 204–214.
10. Barr, M. J., & Nolte, V. W. (2011). Which Measure of Drop Jump Performance Best Predicts Sprinting Speed? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(7), 1976–1982.
11. Barth B., and Beck E. (2007). *The complete guide to fencing*. Oxford: Meyer and Meyer sport (UK) Ltd

12. Bell David R., Sanfilippo Jennifer L., Binkley Neil and Heiderscheit Bryan C. (2014) Lean Mass Asymmetry Influences Force and Power Asymmetry During Jumping in Collegiate Athletes. *J Strength Cond Res*, 28(4): 884–891.
13. Bernstein N. (1967), *The coordination and regulation of movements*. New York: Pergamon Press.
14. Bissas A.I., Havenetidis K. (2018), The use of various strengthpower tests as predictors of sprint running performance, *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 48, 1, 49–54
15. Bishop C., Turner A., Read P. (2018), Effects of inter-limb asymmetries on physical and sports performance: a systematic review. *J Sports Sci*, 36(10): 1135-1144.
16. Blaszczyk, J., Prince, F., Raiche, M., & Hebert, R. (2000). Effect of ageing and vision on limb load asymmetry during quiet stance. *J Biomech*, 33, 1243-1248.
17. Boehringer S., Whyte D. (2019) Validity and Test-Retest Reliability of the 1080 Quantum System for Bench Press Exercise. *J Strength Cond Res*, 33(12): 3242-3251.
18. Bouchant A., Martin V., Maffiuletti N., Ratel S. (2011) Can muscle size fully account for strength differences between children and adults? *J Appl Physiol*, 110(6): 1748-1749.
19. Brown, L. P., Niehues, S. L., Harrah, A., Yavorsky, P., & Hirshman, H. P. (1988). Upper extremity range of motion and isokinetic strength of the internal and external shoulder rotators in major league baseball players. *The American Journal of Sports Medicine*, vol. 16, No 6: 577-585
20. Brown L., Weir J. (2001) ASEP, Procedures Recommendation I: Accurate assessment of muscular strength and power. *J Exerc Physiol*, 4(3): 1-21.
21. Carpes FP, Mota CB, Faria IE (2010), On the bilateral asymmetry during running and cycling - a review considering leg preference. *Phys Ther Sport*, 11(4): 136–42
22. Cavanagh, P., Pollock, M., & Landa, (1977). A Biomechanical comparison of elite and good distance runners. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 301, 328-345
23. Coplin, T.H. (1971). Isokinetic exercise: Clinical usage. *Re Journal of NATA*, 6, 110-114.
24. Cronin JB, Hansen KT. (2005) Strength and power predictors of sports speed. *J Strength Cond Res*, 19: 349-357.
25. Croisier Jean-Louis, PhD, PT, Ganteaume Sebastien, PT, Binet Johnny, PT, Genty Marc, MD, and Ferret Jean-Marcel MD (2008) , *Strength Imbalances and Prevention*

- of Hamstring Injury in Professional Soccer Players, *The American Journal of Sports Medicine*, 36(8), 1469–1475.
26. De Lira CAB, Mascarin NC, Vargas VZ, Vancini RL, Andrade MS (2017), Isokinetic Knee Muscle Strength Profile In Brazilian Male Soccer, Futsal And Beach Soccer Players A Cross-Sectional Study. *Int J Sport Ther.* 12(7):1103-1110
 27. Dellagrana Rodolfo A., Diefenthaler Fernando, Carpes Felipe, Hernandez Sara G., Campos Wagner de (2015), Evidence for Isokinetic Knee Torque Asymmetries In Male Long Distance-Trained Runners. *The International Journal of Sports Physical Therapy*, v 10 (4): 514-519.
 28. Do MC & E Yiou (1999), Do centrally programmed anticipatory postural adjustments in fast stepping affect performance of an associated touché movement. *Exp. Brain Res* 129: 462-466.
 29. Fort-Vanmeerhaeghe Azahara, Gual Gabriel, Romero-Rodriguez Daniel, Unnitha Viswanath (2016), Lower Limb Neuromuscular Asymmetry in Volleyball and Basketball Players, *Sport Training- Section 3. volume 50*, 135-143.
 30. Fousekis Konstadinos, Tsepis Elias and Vagenas George (2010), Lower Limb Strength in Professional Soccer Players: Profile, Asymmetry, and Training Age *Journal of Sports Science and Medicine*, 9, 364-373.
 31. Friberg O.(1982). Leg length asymmetry in stress fractures: a clinical and radiological study. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 22, 485-488
 32. Frutuoso Anderson S., Diefenthaler Fernando, Vaz Marco A. and Freitas Cintia de la Rocha (2016), Lower Limb Aymmetries In Rhythmic Gymnastics Athletes, *The International Journal of Sports Physical Therapy*, v11 n1:34-43
 33. Glenn D. Rosen, Albert M. Galaburda, Gordon F. Sherman (1978), *Mechanisms of Brain Asymmetry: New Evidence and Hypotheses.* v 47: 29-36.
 34. Greenberger, H. B., & Paterno, M. V. (1995). Relationship of knee extensor strength and hopping test performance in the assessment of lower extremity function. *Journal of Orthopaedic Sports Physical Therapy*, 22, 202–206.
 35. Guilhem G., Giroux C., Couturier A., Chollet D., Rabita G. (2014), Mechanical and muscular coordination patterns during a high-level fencing assault. *Med Sci Sports Exerc*, 46(2): 341-350.
 36. Harding B., Black T., Bruulsema A., Maxwell B. & Stratford P. (1988). Reliability of a reciprocal test protocol performed on the Kinetic Communicator: an isokinetic test

- of knee extensor and flexor strength. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 10 (6), 218-223
37. Harman E., Rosenstein M., Frykamn P., Rosenstein R., Kramer W.J.W. (1991), Estimation of human power from vertical jump, *J. Appl. Sport Sci. Res.*, 5, 116–120.
 38. Healy, R., Kenny, I. C., & Harrison, A. J. (2016). Assessing Reactive Strength Measures in Jumping and Hopping Using the Optojump™ System. *Journal of human kinetics*, 54, 23–32.
 39. Hewit J., Cronin J., Hume P. (2012), Multidirectional leg asymmetry assessment in sport. *Strength Cond J*, 34(1): 82-86.
 40. Hodges, S. J., Patrick, R. J., & Reiser, R. F. (2011). Effects of fatigue on bilateral ground reaction force asymmetries during the squat exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(11), 3107-3117.
 41. Housh D.J., Housh T.J., Weir J.P., Weir L.L., Johnson G.O., Stout, J.R. (1995) Anthropometric estimation of thigh muscle cross-sectional area. *Med Sci Sports Exerc*, 27(5): 784-791.
 42. Gorballis Michael C, Morgan J.Michael (1978), On the biological basis of human laterality: I. Evidence for a maturational left-right gradient. *The Behavioral And Brain Sciences* 2,261-336
 43. Gould, N. (1983). Evaluation of hyperpronation and pes planus in adults. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 181,3745.
 44. Grace, T. G., Sweetster, E. R., Nelson, M. A., Ydens, L. R., Skipper, B. J. (1984). Isokinetic muscle imbalance and knee joint injuries. *Journal of Bone and Joint Surgery (Am)*, 66:734-740.
 45. Impellizzeri Franco M., Rampinini Ermanno, Maffiuletti Nicola, and Marcora Samuele M., (2007), A Vertical Jump Force Test for Assessing Bilateral Strength Asymmetry in Athletes, *Medicine & Science in Sports & Exercise*.
 46. Kannus, P. (1994). Isokinetic Evaluation of Muscular Performance. *International Journal of Sports Medicine*, 15(S 1), S11–S18.
 47. Kannus P., Haapasalo H., Sankelo M., Sievänen H., Pasanen M., Heinonen A., Oja P. & Vuori I. (1995). Effect of starting age of physical activity on bone mass in the dominant arm of tennis and squash players. *Annals of Internal Medicine*, 123, 27-31.
 48. Keeley, D. W., Plummer, H. A., & Oliver, G. D. (2011). Predicting asymmetrical lower extremity strength deficits in college-aged men and women using common

- horizontal and vertical power field tests: A possible screening mechanism. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25, 1632–1637.
49. Kinsbourne Marcel, Hicks Robert E. (1978), Functional Cerebral Space: A Model for Overflow, Transfer and Interference Effects in Human Performance : A Tutorial Review 345-361.
 50. Klavora P. (2000), Vertical-jump tests: a critical review, *Strength Cond. J.*, 22, 5, 70–75.
 51. Knoll Z& RM Kiss. (2003), Gait pattern of professional fencers. *Facta Universitatis. Physical Education and Sport*. 1 (10): 33-41.
 52. Kontochristopoulos N., Bogdanis G., Paradisis G., Tsolakis C. (2019), Effect of a Supplementary Periodized Complex Strength Training and Tapering Period on Postactivation Potentiation of Sport-Specific Explosive Performance in Adolescent National-Level Fencers. *J Strength Cond Res*, Published Ahead
 53. Kotsasian A., Tsolakis C., Drake A.M. (2016), Anatomic and Functional Characteristics of Lower Extremities in Elite and Sub-Elite Fencers. *Biol Exerc*, 12(1): 1-14.
 54. Kramer J. F. & Balsor B. E. (1990). Lower extremity preference and knee extensor torques in intercollegiate soccer players. *Canadian Journal of Sports Sciences*, 15, 180-184
 55. Li R. C. T., Wu Y., Maffulli N., Chan K. M. & Chan J. L. C. (1996). Eccentric and concentric isokinetic knee flexion and extension: a reliability study using the Cybex 6000 dynamometer. *British Journal of Medicine*, 30, 156-160
 56. Loturco I, Pereira LA, Kobal R, Abad CCC, Komatsu W, Cunha R, Arliani G, Ejnisman B, Pochini AC, Nakamura FY, Cohen M. (2017), Functional Screening Tests: Interrelationships and Ability to Predict Vertical Jump Performance. *Int J Sports Med*. 39(3):189-197.
 57. Maffiulett, N.A., Aagaard P., Blazevich A.J., Folland J., Tillin N., Duchateau J. (2016), Rate of force development: physiological and methodological considerations. *Eur J Appl Physiol*, 116(6): 1091-1116.
 58. Manning, J. T., & Pickup, L. J. (1998). Symmetry and performance in middle distance runners. *International Journal of Sports Medicine*, 19(3), 205-209.
 59. Markou S., and Vagenas G. (2006), Multivariate isokinetic asymmetry of the knee and shoulder in elite volleyball players, 6(1): 71_ 80

60. Markovic G., Jaric S., (2007) Is vertical jump height a body size independent measure of muscle power?, *J. Sports Sci.*, 25, 12, 1355–1363.
61. Maupas, E., Paysant, J., Datie, A. ., Martinet, N., & André, J. . (2002). *Functional asymmetries of the lower limbs. A comparison between clinical assessment of laterality, isokinetic evaluation and electrogoniometric monitoring of knees during walking. Gait & Posture*, 16(3), 304–312. doi:10.1016/s0966-6362(02)00020-6
62. Methenitis S., Spengos K., Zaras N., Stasinaki A.N., Papadimas G., Karampatsos G., Arnaoutis G, Terzis G. (2019) Fiber Type Composition And Rate Of Force Development In Endurance And Resistance Trained Individuals. *J Strength Cond Res*, 33(9): 2388–2397.
63. Meylan C, McMaster T, Cronin J, Mohammad NI, Rogers C, and de Klerk M. (2009) Single-leg lateral, horizontal, and vertical jump assessment: reliability, interrelationships, and ability to predict sprint and change-of-direction performance. *J Strength Cond Res* 23(4): 1140–1147.
64. McCaw S. T. (1992). Leg length inequality. Implications for running injury prevention. *Sports Medicine*, 14 (6), 422-429.
65. Menzel H.-J., Chagas M. H., Szmuchrowski L. A., Araujo S. R. S., de Andrade A. G. P., & de Jesus-Moraleida F. R. (2013). Analysis of Lower Limb Asymmetries by Isokinetic and Vertical Jump Tests in Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(5), 1370–1377.
66. Montgomery L. C., Douglass L. W. & Deuster P. A. (1989). Reliability of an isokinetic test of muscle strength and endurance. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 11,315-322
67. Morouço, P. G., Marinho, D. A., Fernandes, R. J., & Marques, M. C. (2015). Quantification of upper limb kinetic asymmetries in front crawl swimming. *Human Movement Science*, 40, 185–192
68. Mulloy F., Mullineaux D., Irwin G. (2015), Use of the kinematic chain in the fencing attacking lunge. 33 International Conference of Biomechanics in Sports, Poitiers, France, June 29 - July 3, 1114-1117.
69. Munro A., Herrington L. (2011) Between-session reliability of four hop tests and the agility T-test. *J Strength Cond Res*, 25(5): 1470-1477.
70. Murphy D F, Connolly D A J, Beynonn B D (2003), Risk Factors For Lower Extremity Injury: A review of the literature, *Br J Sports Med*, 37:13–29

71. Myer GD, Brent JL, Ford KR, Hewett TE. (2008) A pilot study to determine the effect of trunk and hip focused neuromuscular training on hip and knee isokinetic strength. *Br J Sports Med.*;42(7):614-619.
72. Μπαλτόπουλος Παναγιώτης (2003), Ανατομία του ανθρώπου, Δομή και λειτουργία.
73. Nedeljkovic A., Mirkov D.M., Markovic S., Jaric S. (2009), Tests of muscle power output assess rapid movement performance when normalized for body size, *J. Strength Cond. Res.*, 23, 5, 1593–605.
74. Nelson, S. E. (2003). Setting the story straight: A study of discrepant accounts of conflict and their convergence. Unpublished Doctoral Dissertation, University of Oregon.
75. Newton, R., Gerber, A., Nimphius S., Shim, J., Doan B., Robertson M., Pearson D., Craig B., Hakkinen K., Kraemer W. (2006) Determination of functional strength imbalance of the lower extremities. *J. Strength Cond. Res.*, 20, 971–977.
76. Nyström J., Lindwall O., Ceci R., Harmenberg, J., Swedehag J., Ekblom, B. (1990), Physiological and morphological characteristics of world class fencers. *Int J Sports Med*, 11(02): 136-139.
77. O'Brien T., Reeves N., Baltzopoulos V., Jones D., Maganaris C. (2010) In vivo measurements of muscle specific tension in adults and children. *Exp Physiol*, 95(1): 202-210.
78. O' Rahilly & Muller (2010), Developmental stages in human embryos: revised and new measurements, *Karger*, 192:73–84
79. Öunpuu S. & Winter D. A. (1989). Bilateral Electromyographical analysis of the lower limbs during walking in normal adults. *Electromyography and Clinical Neurophysiology*, 72, 429-438.
80. Overmoyer Grant (2012), Relationships between asymmetries in functional movements and the star excursion balance test.
81. Oxford Mark (2013), The effect of muscle imbalance on running performance in collegiate level athletes, University of Windsor
82. Palmer Richard A. (1996), Waltzing with Asymmetry, Is fluctuating asymmetry a powerful new tool for biologist or just an alluring new dance step. *BioScience*. Vol. 46, (No. 7) 518-532.
83. Payne M. A. (1987). Impact of cultural pressures on self-reports of actual and approved hand use. *Neuropsychologia*, 25 (1B),247-258

84. Petscing Renate MD., Baron Ramon MD, Albrecht Michaela MD (1998), The Relationship Between Isokinetic Quadriceps Strength Test and Hop Tests for Distance and One-Legged Vertical Jump Test Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction, *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 28 (1): 23-31.
85. Pincivero, D. M., Aldworth, C., Dickerson, T., Petry, C., & Shultz, T. (2000). Quadriceps-hamstring EMG activity during functional, closed kinetic chain exercise to fatigue. *European Journal of Applied Physiology*, 81(6), 504–509.
86. Porac, C., & Coren, S. (1981), *Lateral Preferences in Human Behavior*. New York, NY: Springer-Verlay.
87. Poulis I., Chatzis S., Christopoulou K., Tsolakis, C. (2009) Isokinetic strength during knee flexion and extension in elite fencers. *Percept Mot Ski*; 108(3): 949-961.
88. Riganas Christos S., Vrabas Ioannis S., Papaevangelou Evaggelia, Mandroukas Konstantinos (2010) , Isokinetic strength and joint mobility asymmetries in oarside experienced oarsmen, *The Journal Of Strength and Conditioning Research*, 24(11)/3166–3172.
89. Read MM, Cisar C. (2001) The influence of varied rest interval lengths on depth jump performance. *J Strength Cond Res*. 15:279–283.
90. Rohman, E., Steubs, J. T., & Tompkins, M. (2015). Changes in involved and uninvolved limb function during rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: Implications for limb symmetry index measures. *American Journal of Sports Medicine*, 43, 1391–1398.
91. Roi GS, Mognoni P. (1987) Lo spadista modello. *Sds*, 9: 51 – 57.
92. Rouissi, M., Chtara, M., Owen, A., Chaalali, A., Chaouachi, A., Gabbett, T., & Chamari, K. (2016). Effect of leg dominance on change of direction ability amongst young elite soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 34, 542–548.
93. Rybar, M. M., Walker, E. R., Kuhnen, H. R., Ouellette, D. R., Berrios, R., Hunter, S. K., & Hyngstrom, A. S. (2014). The stroke-related effects of hip flexion fatigue on over ground walking. *Gait & Posture*, 39(4), 1103–1108.
94. Rynkiewicz T., Rynkiewicz M., Zurek, Ziemann, Szymanik (2013), Asymmetry of muscle mass distribution in tennis players, *Trends in Sport Sciences*; 1(20): 47-53.
95. Sato, K., & Heise, G. D. (2012). Influence of weight distribution asymmetry on the biomechanics of a barbell squat. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26, 342–349.

96. Schiltz, M., Lehance, C., Maquet, D., Bury, T., Crielaard, J.-M., & Croisier, J.-L. (2009). Explosive strength imbalances in professional basketball players. *Journal of Athletic Training*, 44, 39–47
97. Schlumberger, A., Laube, W., Bruhn, S., Herbeck, B., Dahlinger, M., Fenkart, G., Schmidtleicher, D., Mayer, F. (2006). Muscle Imbalances-fact or fiction?. *Isokinetics and Exercise Science*, 14: 3-11.
98. Slomka Kajetan J., Sobota Grzegorz, Skowronek Tomasz, Rzepko Marian, Czarny Wojciech, Juras Grzegorz (2016), Evaluation of reliability and concurrent validity of two optoelectric system used for recording maximum vertical jumping performance versus the gold standard, *Acta of Bioengineering and Biomechanics Original paper v19, No2: 141-147.*
99. Stefanyshyn, J. D., & Nigg, B. M. (1998). Contribution of the lower extremity joints to mechanical energy in running vertical jumps and running long jumps. *Journal of Sports Sciences*, 16(2), 177–186.
100. Stephens, T. M., II, Lawson, B. R., DeVoe, D. E., & Reiser, R. F., II. (2007). Gender and bilateral differences in single-leg countermovement jump performance with comparison to a double-leg jump. *Journal of Applied Biomechanics*, 23, 190–202.
101. Stewart SL and B. Kopetka (2005), The kinematic determinants of speed in the fencing lunge. *Journal of Sports Sciences* 23: 105.
102. Tan L. E. (1983). Handedness in two generations. *Perceptual and Motor Skills*, 56, 867-874
103. Thorngren K.-G. & Werner C. O.(1979). Normal grip strength. *Acta Orthopedica Scandinavica*, 50, 255-259.
104. Tredinnick T. J. & Duncan P. W. (1988). Reliability of measurements of concentric and eccentric isokinetic loading. *Physical Therapy*, 68 (5), 656-659
105. Tsepis Elias, Giakas Giannis, Vagenas George, Georgoulis Anastasios (2004), Frequency content asymmetry of the isokinetic curve between ACL deficient and healthy knee, *Journal of Biomechanics* 37 (2004) 857–864
106. Tsepis E., Vagenas G., Ristanis S., Georgulis A. (2006), Thigh muscle weakness in ACL deficient knees persist without structural rehabilitation. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 450, 211-218

107. Tsolakis, C., Bogdanis, G. C., & Vagenas, G. (2006) Anthropometric profile and limb asymmetries in young male and female fencers. *Journal of Human Movement Studies*, 50, 201-216
108. Tsolakis, C., Tsekouras, Y. E., Daviotis, T., Koulouvaris, P., Papaggelopoulos, P. J. (2018), Neuromuscular screening to predict young fencers` performance, *Biology of Exercise*, 14 : 103-118
109. Tsolakis C., Vagenas, G.(2010), Anthropometric, physiological and performance characteristics of elite and sub-elite fencers. *J Hum Kinet*, 23: 89-95.
110. Τσολάκης X., Szabo A. (1996), *Ξιφασκία*, 7-141.
111. Trivers, R., Manning, J., Thornhill, R., Singh, D., & McGuire, M. (1999). Jamaican symmetry project: long-term study of fluctuating asymmetry in rural Jamaican children. *Human Bio*, 71, 417-430.
112. Turner A., Bishop C., Chavda S., Edwards M., Brazier J., Kilduff L. (2016) Physical characteristics underpinning lunging and change of direction speed in fencing. *J Strength Cond Res*, 2016; 30(8): 2235-2241.
113. Turner A., James N., Dimitriou L., Greenhalgh A., Moody J., Fulcher D., Mias E, Kilduff L. (2014), Determinants of Olympic fencing performance and implications for strength and conditioning training. *J Strength Cond Res*, 28(10): 3001-3011.
114. Vagenas, G. (1994). Canonical correlation analysis of functional and kinematic asymmetries in long distance runners. *Athletic Science: Theory and Practice*, 9, 85/100 (in Greek).
115. Vagenas, G., & Hoshizaki, T.B. (1986). Optimization of an asymmetrical motor skill: Sprint start. *International Journal of Sport Biomechanics*, 2,29-40.
116. Vagenas G., Hoshizaki B. (1991), Functional Asymmetries and Lateral Dominance in the Lower Limbs of Distance Runners, *International Journal Of Sport Biomechanics*,7,311-329
117. Vařeková Renata, Vařeka Ivan, Janura Miroslav, Svoboda Zdenek, Elfmark Milan (2011), Evaluation of Postural Asymmetry and Gross Joint Mobility in Elite Female Volleyball Athletes, *Journal of Human Kinetics* volume 29 , 5-13.
118. Webster KE, Austin DC, Feller JA, Clark RA, McClelland JA. (2015) Symmetry of squatting and the effect of fatigue following anterior cruciate ligament

reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.*23(11):3208-3213.
doi:10.1007/s00167-014-3121-3

119. Williams LRT. (1992), Control of rapid arm movement. In JJ Summers (ed) *Advances in Psychology: Approaches to the Study of Motor Control*. Amsterdam: North – Holland Publishing Company, pp: 233-249,
120. Williams, L. R. T., & Walmlsey, A. (2000) Response timing and muscular coordination in fencing: a comparison of elite and novice fencers. *Journal of Sports Medicine and Science in Sports*, 3, 460-475.
121. Wojtys E. M. & Huston L. J. (2000). Longitudinal effects of anterior cruciate ligament injury and patellar tendon autograft reconstruction on neuromuscular performance. *American Journal of Sports Medicine*, 28 (3), 336-344
122. Yiou E & MC Do (2001), In a complex sequential movement, what component of the motor program is improved with intensive practice, sequence timing or ensemble motor learning. *Exp. Brain Res* 137: 197-204.
123. Yiou E & MC Do (2000), In fencing, does intensive practice equally improve the speed performance of the touché when it is performed alone and in combination with the lunge. *Int. J. Sports Med.* 21: 122-126.
124. Young W. (1995), Laboratory strength assessment of athletes, *New Stud. Athl.*, 10, 1, 89–96.
125. Young WB, Pryor JF, Wilson GJ. (1995) Effect of Instructions on characteristics of Countermovement and Drop Jump Performance. *J Strength Cond. Res* 9:232–236
126. Zifchock, R., Davis, I., Higginson, J., & Royer, T. (2008). The symmetry angle: A novel, robust method of quantifying asymmetry. *Gait & Posture*, 27, 622–627.