



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΤΟΜΕΑΣ ΑΘΛΗΤΙΑΤΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

**Η ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΜΥΩΝ ΤΗΣ ΩΜΟΠΛΑΤΗΣ ΚΑΤΑ
ΤΗΝ ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΑΣΚΗΣΕΩΝ ΣΕ ΣΤΑΘΕΡΗ ΚΑΙ ΑΣΤΑΘΗ
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΣΕ ΑΘΛΗΤΡΙΕΣ ΠΕΤΟΣΦΑΙΡΙΣΗΣ
ΜΕ ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΑ ΩΜΟΠΛΑΤΩΝ**

Καραγιαννάκης Δημήτριος

Μεταπτυχιακή Διατριβή

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ»

ΑΘΗΝΑ 2012

Copyright
Καραγιαννάκης Δημήτριος
Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Εθνικής Αντιστάσεως 41, Δάφνη

Πρακτικό εξέτασης (από τη γραμματεία ΠΜΣ)

Έκφραση ευχαριστιών

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω το πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών «Βιολογία της άσκησης» του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Αθηνών, για τη δυνατότητα που μου έδωσε προκειμένου να πραγματοποιήσω μεταπτυχιακές σπουδές υψηλού επιπέδου. Ένα ιδιαίτερα μεγάλο ευχαριστώ στον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Σπύρο Αθανασόπουλο, για την παροχή των γνώσεων από το προπτυχιακό κιόλας επίπεδο, αλλά και για την καίρια συμβολή του στην πραγματοποίηση των μεταπτυχιακών μου σπουδών. Επίσης, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον καθηγητή κ. Βαγενά Γεώργιο για την πολύτιμη συνεισφορά του στο να πραγματοποιώ στατιστικές αναλύσεις ερευνητικού επιπέδου, καθώς επίσης για την πολύτιμη βοήθειά του στο κομμάτι της επεξεργασίας των πειραματικών δεδομένων. Θα ήθελα ακόμα να ευχαριστήσω τον καθηγητή κ. Μπουντόλο Κων/νο για τις εποικοδομητικές παρεμβάσεις του σε θέματα εμ-βιομηχανικής που είχαν στόχο την επιτυχή ολοκλήρωση της παρούσας ερευνητικής προσπάθειας. Επίσης θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στον Δρ Μανδαλίδη Δημήτρη, ένα σπουδαίο ερευνητή αλλά και φίλο, για την πολύτιμη συμβολή του τόσο σε μεθοδολογικό επίπεδο αλλά και σε επίπεδο συγγραφής της μελέτης. Δε θα πρέπει να παραβλέψω τις ευχαριστίες μου σε όλους τους μεταπτυχιακούς φοιτητές για την πολύτιμη βοήθειά τους, αλλά και στις δοκιμαζόμενες της πειραματικής διαδικασίας, χωρίς την εθελοντική συμμετοχή των οποίων δε θα μπορούσε να ολοκληρωθεί η προσπάθεια αυτή.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ στους δικούς μου ανθρώπους για την ηθική και συναισθηματική συμπαράσταση που μου προσέφεραν όλη αυτή την περίοδο.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι αθλητές που συμμετέχουν σε επαναλαμβανόμενες άνωθεν του κεφαλιού δραστηριότητες (overhead) τεκμηριωμένα επιβαρύνουν με υψηλά φορτία την ωμική ζώνη, με την ωμοπλάτη του κυρίαρχου άκρου να εμφανίζεται χαμηλότερα από την ωμοπλάτη του μη κυρίαρχου άκρου και σε θέση αυξημένης απαγωγής. Διαταραχή της θέσης της ωμοπλάτης έχει ως αποτέλεσμα πιθανή μεταβολή στην ενεργοποίηση των μυών της ωμικής ζώνης, αυξάνοντας τον κίνδυνο τραυματισμού στις overhead δραστηριότητες. Έχει προταθεί ότι, η διαφορά στην οριζόντια και κατακόρυφη απόσταση μεταξύ των δύο ωμοπλατών η οποία ανέρχεται σε 1.5 εκ, αποτελεί το κατώφλι για την ύπαρξη ασυμμετρίας και τη διάγνωση παθολογίας στην ωμική ζώνη. Ωστόσο στην υπάρχουσα βιβλιογραφία δεν έχουν αξιολογηθεί οι μεταβολές στην ενεργοποίηση των μυών της ωμοπλάτης κατά την εκτέλεση ασκήσεων κλειστής κινητικής αλυσίδας (ΚΚΑ), σε ατραυμάτιστους overhead αθλητές με ασυμμετρία στη θέση των ωμοπλατών.

Στην παρούσα μελέτη αξιολογήθηκε η ενεργοποίηση της άνω και μέσης μοίρας του τραπέζοειδούς καθώς και του πρόσθιου οδοντωτού μυός του κυρίαρχου και του μη κυρίαρχου άκρου, σε αθλήτριες πετοσφαίρισης με μεταβολές στη θέση ηρεμίας της ωμοπλάτης της κυρίαρχης πλευράς ≥ 1.5 εκ (N=14) και < 1.5 εκ (N=15). Το μέγεθος της ηλεκτρομυογραφικής (ΗΜΓ) δραστηριότητας των ωμοπλατιαίων μυών στις δύο ομάδες δοκιμαζομένων καταγράφηκε κατά την εκτέλεση κάμψεων-εκτάσεων των αγκώνων από γονατιστή θέση (knee push-ups), με στήριξη των άνω άκρων στο έδαφος και στην ασταθή πλατφόρμα BOSU.

Η ομάδα αθλητριών με αυξημένη ασυμμετρία (≥ 1.5 εκ) παρουσίασε σημαντικά μεγαλύτερες πλευροπλευρικές διαφορές στην κατάσπαση ($p=0,01$) και την απαγωγή των ωμοπλάτων, με βάση τη ρίζα της ωμοπλατιαίας άκανθας ($p=0,02$) και την κάτω γωνία της ωμοπλάτης ($p=0,001$), σε σχέση με την ομάδα με μειωμένη ασυμμετρία (< 1.5 εκ). Ωστόσο, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στο μέγεθος της ΗΜΓ δραστηριότητας της άνω ($p=0,26$) και της μέσης μοίρας του τραπεζοειδή ($p=0,08$), καθώς και του πρόσθιου οδοντωτού μυός ($p=0,22$) σε σχέση με την πλευρά καθώς και την επιφάνεια στήριξης, στις δύο ομάδες δοκιμαζομένων. Η μεταβολή στη θέση της κυρίαρχης ωμοπλάτης πιθανώς να οφείλεται σε επιμήκυνση των προσαγωγών (μέση μοίρα τραπεζοειδή) και ανασπαστών μυών (άνω μοίρα τραπεζοειδή), σε συνδυασμό με βράχυνση των απαγωγών (πρόσθιος οδοντωτός) και κατασπαστών μυών αυτής. Οι προσαρμοστικές αυτές μεταβολές είναι πιθανό να οφείλονται σε μεταβολές του ενδομυϊκού κολλαγόνου (παθητικά στοιχεία), καθώς και του αριθμού των εν σειρά σαρκομερίων (ενεργητικά στοιχεία) των βραχυμένων και επιμηκυμένων μυϊκών ινών. Ωστόσο οι προσαρμογές των ενεργητικών στοιχείων των ωμοπλατιαίων μυών στην ομάδα με αυξημένη ασυμμετρία, δεν φαίνεται ότι ήταν επαρκείς προκειμένου να επηρεάσουν σημαντικά το μέγεθος της ΗΜΓ τους δραστηριότητας, εξαιτίας της πιθανής συμμετοχής των παθητικών στοιχείων των μυών και των μεταβολών στο ρυθμό επιστράτευσης των κινητικών τους μονάδων.

Τελικά η τιμή του 1.5 εκ ως κατώφλι αυξημένης ασυμμετρίας στη θέση των ωμοπλάτων, δεν φαίνεται να αποτελεί κριτήριο μεταβολής της ενεργοποίησης των ωμοπλατιαίων μυών overhead αθλητών κατά την εκτέλεση ασκήσεων ΚΚΑ, και πιθανώς χρειάζεται επαναπροσδιορισμό.

ABSTRACT

Asymmetric malpositioning of the scapula in the overhead throwing shoulder is usually manifested with scapula abduction, either at the level of scapular spine or at the level of the inferior angle of the scapula (or both) and scapular depression relative to the contralateral side. The extremely high loads placed on the dominant shoulder during overhead throwing motion have been proposed as a predisposing factor for these changes in scapular positioning.

This statically observable position may be suggestive of alterations in the EMG activity of the underlying shoulder musculature, increasing the risk of injury during overhead activities. It has been suggested that differences equal or more than 1.5 cm in abduction or/and depression between the dominant and the non dominant scapula should be considered as a threshold of scapular asymmetry that may lead to shoulder dysfunction. However, to date no studies have documented if scapular asymmetry in overhead athletes with no shoulder pathologies, results in alterations in scapular muscle activation during closed kinetic chain exercises.

Therefore the purpose of the current study was to quantify the muscle activation of three scapular muscles (serratus anterior, upper trapezius and middle trapezius) of both upper extremities, in 14 female volleyball players with ≥ 1.5 cm static scapular asymmetry of the dominant shoulder. Fifteen counterparts with scapular asymmetry of < 1.5 cm were used for comparison. The EMG activity of the scapular muscles was recorded in both groups during standard knee push-ups and during knee push-ups on an unstable surface (BOSU Sport Balance Trainer).

The side-to-side differences in scapular vertical height ($p=0,01$) and abduction, either at the level of scapular spine ($p=0,02$) or the inferior angle of the scapula ($p=0,001$), was significant greater in the group with scapular asymmetry ≥ 1.5 cm compared with the group with scapular asymmetry < 1.5 cm. There was not a statistically significant group $\times$ side $\times$ surface interaction for the serratus anterior ($p=0,22$), the upper trapezius ($p=0,26$) and the middle trapezius ($p=0,08$) EMG activity. The asymmetric malpositioning of the scapula on the dominant shoulder may be attributed to adaptive lengthening of the retractors (middle trapezius) and elevators (upper trapezius) combined with adaptive shortening of the abductors (serratus anterior) and depressors of the scapula, pulling the scapula towards the tight muscles. These adaptive changes in muscle fiber length involve a certain amount of deformity of the passive (e.g. intramuscular connective tissue) and active soft tissue structures (e.g. sarcomere number). The fact that the EMG activity of the scapular muscles was not altered suggests that scapular malpositioning (≥ 1.5 cm) was not sufficient to induce more changes in the active than the passive structures of the muscles, resulting consequently in a modulation of motor-unit recruitment and discharge rate.

The findings of the present study revealed that female volleyball players with ≥ 1.5 cm scapular malpositioning demonstrated similar EMG activity of the scapula stabilizers of the dominant shoulder compared to the non dominant shoulder, or compared to female volleyball players with < 1.5 cm scapular malpositioning during closed chain exercises. It is proposed that the criterion of 1.5 cm as a cut-off value that suggest a significant bilateral scapular asymmetry predisposing to dysfunction of the throwing shoulder in overhead athletes should be redefined.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΓΚΡΙΣΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ.....	iii
ΕΚΦΡΑΣΗ ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΩΝ.....	Error! Bookmark not defined.
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	v
ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΣΤΑ ΑΓΓΛΙΚΑ (ABSTRACT).....	vii
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	ix
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	xii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	xiii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	xiv
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
Ορισμός του ερευνητικού προβλήματος	14
Σκοπός και σημασία της έρευνας.....	15
Διατύπωση ερευνητικών ερωτημάτων	16
1.1.1. Ερευνητικό ερώτημα	16
1.1.2. Διατύπωση των ερευνητικών υποθέσεων.....	16
1.1.3. Μεταβλητές	17
1.1.4. Περιορισμοί της έρευνας	17
Διευκρίνιση των όρων	18
Συνοτομογραφίες.....	19
2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	21
2.1. Ο ώμος του overhead αθλητή.....	21
2.2. Κινητικότητα και σταθερότητα της ωμοπλατοθωρακικής άρθρωσης	25
2.3. Η θέση της ωμοπλάτης στον ώμο του overhead αθλητή.....	30

2.4. Μέθοδοι αξιολόγησης της θέσης της ωμοπλάτης	38
2.4.1. Στατικές μετρήσεις της θέσης της ωμοπλάτης.....	39
2.4.2. Δυναμικές μετρήσεις της θέσης της ωμοπλάτης.....	46
2.5. Οι ασκήσεις κλειστής κινητικής αλυσίδας στην αποκατάσταση του ώμου.	51
2.6. Η εφαρμογή των ασκήσεων σε ασταθή επιφάνεια στην αποκατάσταση του ώμου	57
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	62
3.1. Δοκιμαζόμενοι.....	62
3.2. Μετρήσεις - Επιλογή οργάνων	63
3.3. Διαδικασία μετρήσεων	64
3.3.1. Συμπλήρωση ερωτηματολογίων – Αξιολόγηση ωμοπλάτης – Δημιουργία ομάδων – Αξιολόγηση εύρους τροχιάς.....	65
3.3.2. Μέτρηση ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών – Εξοικείωση - Συλλογή δεδομένων	70
3.3.2.1. Διαδικασία ηλεκτρομυογραφίας – Τοποθέτηση ηλεκτροδίων.....	73
3.3.2.2. Διαδικασία ρύθμισης της ΗΜΓ καταγραφής και επεξεργασίας του σήματος	74
3.3.2.3. Διαδικασία μέτρησης της Μέγιστης Εκούσιας Συστολής (ΜΕΣ).....	75
3.3.2.4. Διαδικασία ασκήσεων	77
3.3.3. Ανάλυση δεδομένων.....	78

3.4. Στατιστική ανάλυση	79
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	81
4.1. Θέση ωμοπλατών – Σωματομετρικά χαρακτηριστικά – Εύρος τροχιάς – Αξιοπιστία κλινικών μεθόδων.....	81
4.2. ΗΜΓ δραστηριότητα	85
4.2.1. Μέση μοίρα τραπεζοειδή	86
4.2.2. Πρόσθιος οδοντωτός	87
4.2.3. Άνω μοίρα τραπεζοειδή.....	87
5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	90
5.1. Προσαρμοστικές Μεταβολές στη Θέση των Ωμοπλατών	90
5.2. Επίδραση της Ασυμμετρίας των Ωμοπλατών στην ΗΜΓ Δραστηριότητα των Ωμοπλατιαίων Μυών	95
5.3. Επίδραση της Ασταθούς Επιφάνειας Στήριξης στην Ενεργοποίηση των Ωμοπλατιαίων Μυών	100
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	105
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ	107
8. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	135

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1. Δοκιμασία πλευρικής ολίσθησης της ωμοπλάτης.....	7
Εικόνα 2.1. Στροφές και μετατοπίσεις της ωμοπλάτης σε τρεις διαστάσεις.....	25
Εικόνα 2.2. Ζεύγη μυών της ωμοπλάτης.....	28
Εικόνα 2.3. Overhead αθλήτρια με σύνδρομο “ SICK scapula”	36
Εικόνα 2.4. Καταγραφή της απόστασης από το έσω χείλος της ωμοπλάτης	41
Εικόνα 2.5. Αξιολόγηση της απαγωγής της ωμοπλάτης με τη μέθοδο Di Veta	44
Εικόνα 2.6. Διαφορά στο ύψος, και στην απαγωγή μεταξύ των ωμοπλάτων	45
Εικόνα 2.7. Μέτρηση της άνω στροφής της ωμοπλάτης με ψηφιακό γωνιόμετρο	51
Εικόνα 2.8. Μη φυσιολογικά πρότυπα κίνησης της ωμοπλάτης.....	55
Εικόνα 3.1. Σημεία στην άνω και κάτω γωνία της κυρίαρχης και μη κυρίαρχης ωμοπλάτης.....	64
Εικόνα 3.2. Εφαρμογή της δοκιμασίας της πλευρικής ολίσθησης των ωμοπλάτων...	67
Εικόνα 3.3. Διαφορά στο ύψος και στην απαγωγή μεταξύ των ωμοπλάτων	68
Εικόνα 3.4. Θέσεις ηλεκτροδίων	74
Εικόνα 3.5. Θέσεις μέγιστης εκούσιας συστολής	77
Εικόνα 3.6. Knee push-ups στο έφαδος και στην πλατφόρμα BOSU.....	78

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 4.1. ΗΜΓ δραστηριότητα της μέσης μοίρας του τραπεζοειδή (Α), του πρόσθιου οδοντωτού (Β) και της άνω μοίρας του τραπεζοειδή (Γ), στις ομάδες δοκιμαζομένων με ασυμμετρία μικρότερη από 1.5 εκ (N=15) και μεγαλύτερη από 1.5 εκ (N=14), κατά την εκτέλεση των knee push-ups στο έδαφος και στην ασταθή πλατφόρμα BOSU, τόσο για το κυρίαρχο όσο και για το μη κυρίαρχο άκρο89

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 4.1. Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις των πλευρικών μετατοπίσεων των ωμοπλατών και των διαφορών μεταξύ τους στις αθλήτριες πετοσφαίρισης (N=46), σύμφωνα με τις δοκιμασίες αξιολόγησης της απαγωγής των ωμοπλατών.	82
Πίνακας 4.2. Θέση των ωμοπλατών στις αθλήτριες πετοσφαίρισης (N=46)	82
Πίνακας 4.3. Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις σωματομετρικών χαρακτηριστικών και προπονητικής ηλικίας αθλητριών πετοσφαίρισης, με μεταβολή στη θέση της ωμοπλάτης της κυρίαρχης πλευράς μικρότερη από 1.5 εκ (N=15) και μεγαλύτερη από 1.5 εκ (N=14)	83
Πίνακας 4.4. Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις πλευροπλευρικών διαφορών στην απόσταση μεταξύ των ωμοπλατών, στις αθλήτριες πετοσφαίρισης με μεταβολή στη θέση της ωμοπλάτης της κυρίαρχης πλευράς μικρότερη από 1.5 εκ (N=15) και μεγαλύτερη από 1.5 εκ (N=14)	84
Πίνακας 4.5. Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις του εύρους της έσω και έξω στροφής στη γληνοβραχιόνια άρθρωση του κυρίαρχου και μη κυρίαρχου άνω άκρου, για τις αθλήτριες πετοσφαίρισης με μεταβολή στη θέση της ωμοπλάτης της κυρίαρχης πλευράς μικρότερη από 1.5 εκ (N=15) και μεγαλύτερη από 1.5 εκ (N=14).85	
Πίνακας 4.6. Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις της ΗΜΓ δραστηριότητας των ωμοπλατιαίων μυών με βάση την αλληλεπίδραση των ομάδων, των επιφανειών στήριξης και της πλευράς.....	86

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κατά την ανύψωση του βραχίονα πάνω από το επίπεδο της κεφαλής, πρέπει να γίνει ταυτόχρονη κίνηση της ωμοπλάτης και της άρθρωσης του ώμου. Η θέση της ωμοπλάτης στο θωρακικό τοίχωμα και ο ρόλος της κατά τη διάρκεια της κίνησης του άνω άκρου αποτελεί σημαντικό κομμάτι της φυσιολογικής λειτουργίας του ώμου. Η ταυτόχρονη αυτή κίνηση της ωμοπλάτης και του ώμου αναφέρεται ως «ωμοβραχιόνιος ρυθμός». Καθώς η ωμοπλάτη ολισθαίνει πάνω στο θωρακικό τοίχωμα, για κάθε μια μοίρα στροφής προς τα πάνω της ωμοπλάτης γίνονται ταυτόχρονα δύο μοίρες περίπου κίνησης της άρθρωσης του ώμου, έτσι ώστε για να φθάσει για παράδειγμα το χέρι στις 150 μοίρες κάμψης, θα γίνει 60 μοίρες στροφή της ωμοπλάτης και 90 μοίρες κίνηση κάμψης στην άρθρωση του ώμου (Karandji IA, 2001). Στη βιβλιογραφία αναφέρεται ότι η κίνηση της ωμοπλάτης σε ότι αφορά τις αλλαγές στη στροφή, διαφοροποιείται σημαντικά μεταξύ δοκιμαζομένων, ερευνών, επιπέδων κίνησης και σημείου ανύψωσης του άνω άκρου (Borstad & Ludewig, 2002; McClure et al., 2001). Μικρές αυξήσεις στην στροφή της ωμοπλάτης προς τα επάνω, μπορεί να είναι φυσιολογικές στην αρχή του εύρους τροχιάς της ανύψωσης του βραχίονα στην απαγωγή και κάμψη στο επίπεδο της ωμοπλάτης.

Λειτουργικά στην περιοχή της ωμικής ζώνης οι μύες που κατατάσσονται σε δύο ομάδες: σε αυτούς που εκφύονται από την σπονδυλική στήλη και καταφύονται στην ωμοπλάτη και ρυθμίζουν την κίνηση της ωμοπλάτης, και σε αυτούς που εκφύονται από την ωμοπλάτη και καταφύονται στο βραχιόνιο και ο ρόλος τους είναι να κινούν την άρθρωση του ώμου.

Οι μύες του στροφικού πετάλου διαδραματίζουν ένα πολύ σημαντικό ρόλο στην κίνηση του ώμου. Οι μύες αυτοί εκτός από το ρόλο τους στο να εκτελούν την έσω και έξω στροφή, έχουν επιπλέον ρόλο στο να σταθεροποιούν την κεφαλή του βραχιονίου στην γληνοειδή κοιλότητα της άρθρωσης του ώμου, κάτι που είναι πολύ σημαντικό για τους overhead αθλητές .

Από ότι φαίνεται όταν δυσλειτουργεί το μυϊκό σύστημα της περιοχής της ωμικής ζώνης έχει πολύ μεγάλη συμμετοχή στην πρόκληση τραυματισμών διότι, οποιαδήποτε αλλαγή στη μήκος των μυών που προσφύονται στην ωμοπλάτη θα επηρεάσει τη συγχρονισμένη δράση τους, με αποτέλεσμα να διαταράξει την ολίσθησή της πάνω στο θωρακικό τοίχωμα και συνεπακόλουθα θα προκαλέσει την διαταραχή του ωμοβραχιονίου ρυθμού και αλλαγή της κινηματικής, αλλά και των φορτίσεων της άρθρωσης του ώμου.

Ο μεγαλύτερος αριθμός μελετών που ασχολούνται με τις διαφοροποιήσεις της κινηματικής της ωμοπλάτης έχουν πραγματοποιηθεί με κεντρικό θέμα το σύνδρομο πρόσκρουσης και τις παθήσεις του στροφικού πετάλου (Endo et al., 2001; Graichen et al., 2001; Hebert et al., 2002; Laudner et al., 2006; Lin et al., 2005; Ludewig & Cook, 2000; Lukasiewicz et al., 1999; McClure et al., 2006; Mell et al., 2005; Su et al., 2004; Warner et al., 1992). Υπάρχουν βασικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των μελετών που σχετίζονται με τα δημογραφικά στοιχεία των δοκιμαζομένων, την κλινική τους παρουσίαση, την μεθοδολογία των μετρήσεων, τις υπό εξέταση κινήσεις του βραχίονα, τις περιγραφές της κινηματικής της ωμοπλάτης και τα τμήματα του εύρους τροχιάς όπου περιγράφονται αποκλίσεις.

Ο πόνος στον ώμο του overhead αθλητή οφείλεται τις περισσότερες φορές σε προσαρμογές που έχουν σχέση με την επαναλαμβανόμενη άνωθεν του κεφαλιού δραστηριότητα, όπως είναι οι μεταβολές στη δύναμη, το εύρος κίνησης και τη στάση, σε σχέση όχι μόνο με τη γληνοβραχιόνια άρθρωση αλλά και με τα υπόλοιπα τμήματα της κινητικής αλυσίδας (Borsa et al., 2008). Οι προσαρμογές αυτές μεταβάλλουν τη βιομηχανική καθώς και τις στρατηγικές κίνησης κατά τη διάρκεια του σερβίς και του χτυπήματος της μπάλας, με αποτέλεσμα να αλλάζουν οι φορτίσεις στην ωμική ζώνη και να αυξάνεται ο κίνδυνος τραυματισμού. Τέτοιες προσαρμογές αποτελούν οι μεταβολές στο εύρος τροχιάς της γληνοβραχιόνιας άρθρωσης, η ανισορροπία στη μυϊκή δύναμη των στροφέων μυών του ώμου, η δυσκίνηση της ωμοπλάτης, η αστάθεια της οσφυϊκής μοίρας της ΣΣ και οι μεταβολές στο μήκος και τη δύναμη των μυών του ισχίου (Kibler, 1998 ; Kibler & McMullen, 2003).

Είναι γνωστό ότι το κυρίαρχο άνω άκρο δεν είναι απολύτως σε πανόμοια θέση με το ετερόπλευρο άνω άκρο. Σε αθλητές που χρησιμοποιούν το χέρι πάνω από το επίπεδο του κεφαλιού (overhead αθλητές), έχει παρατηρηθεί ότι η θέση της ωμοπλάτης στην κυρίαρχη συγκρινόμενη με την μη κυρίαρχη πλευρά, είναι σε χαμηλότερη θέση προς τα κάτω, σε μεγαλύτερη απαγωγή και προς τα έξω, καθώς και μεγαλύτερη στροφή προς τα άνω (Burkhart et al., 2003a; Rubin, 2003). Αυτές οι αλλαγές οι οποίες παρατηρούνται μεταξύ της ωμοπλάτης της μιας πλευράς σε σχέση με την άλλη, συνιστούν κλινική ένδειξη ωμοπλατιαίας δυσλειτουργίας και χαρακτηρίζονται ως σύνδρομο δυσκινητικής ωμοπλάτης (Σ.Δ.Ω) (Warner et al., 1992; Kibler, 1998; Lukasiewicz et al., 1999; Ludewig & Cook, 2000).

Ο Burkhart και συν. (2003a), περιγράφουν το σύνδρομο δυσκινητικής ωμοπλάτης με μια σειρά υποκειμενικών και αντικειμενικών ευρημάτων και μετρήσεων. Το Σ.Δ.Ω. περιγράφεται με το ακρωνύμιο SICK και αναφέρεται στα ευρήματα που είναι δυνατόν να παρατηρηθούν σε πάσχοντες από το σύνδρομο αυτό (S-capular malposition (= αποκλίνουσα θέση της ωμοπλάτης), Inferior medial border prominence (= προεξοχή του κάτω έσω ορίου της ωμοπλάτης), C-oracoid pain and malposition (= πόνος στην κορακοειδή απόφυση και αποκλίνουσα θέση αυτής) και dys-K-inesis of scapular movement (= δυσκινησία ως προς την κινηματική της ωμοπλάτης)). Το σύνδρομο αυτό που πρόσφατα έχει αναγνωρισθεί ως ένας ακόμα παράγοντας πρόκλησης πόνου στην περιοχή του ώμου των overhead αθλητών, αποτελεί ένα σύνθετο σύνδρομο υπέρχρησης και μυϊκής κόπωσης, χαρακτηριστικό του οποίου αποτελεί το αίσθημα του «νεκρού χεριού». Το κυριότερο χαρακτηριστικό του συνδρόμου αυτού είναι η μη συμμετρική αποκλίνουσα θέση της ωμοπλάτης στον κυρίαρχο ώμο, που χρησιμοποιείται κατά το κτύπημα της μπάλας στην επίθεση, κάτι το οποίο συνήθως φαίνεται στην εξέταση σαν ο ένας ώμος να είναι χαμηλότερα από τον άλλο. Η θέση αυτή που είναι δυνατόν να αξιολογηθεί στατικά, αποτελεί ένδειξη διαφοροποιήσεων ως προς την ενεργοποίηση των υποκείμενων μυών, οι οποίες και οδηγούν σε διαφοροποίηση της κινηματικής της ωμοπλάτης σε δυναμικές συνθήκες.

Σε overhead αθλητές που παρουσιάζουν το Σ.Δ.Ω. η αποκλίνουσα θέση της κυρίαρχης ωμοπλάτης σε σύγκριση με τον μη κυρίαρχο ώμο, μετράται σε ήρεμη όρθια στάση αντικειμενικά σε 3 θέσεις: στην κατάσπαση, στην πλευρική μετατόπιση και την απαγωγή των ωμοπλάτων.

Όλες οι μετρήσεις πραγματοποιούνται στατικά με τους αθλητές να στέκονται όρθιοι και τα άνω άκρα χαλαρά σε προσαγωγή στο πλάι του κορμού. Η μέτρηση της κατάσπασης γίνεται με τον υπολογισμό της διαφοράς στο κατακόρυφο ύψος της άνω έσω γωνίας της πεσμένης ωμοπλάτης σε εκατοστά σε σύγκριση με την άνω έσω γωνία της αντίθετης πλευράς.

Η πλάγια μετατόπιση της ωμοπλάτης είναι η διαφορά σε εκατοστά της άνω έσω γωνίας της ωμοπλάτης από τη μέση γραμμή (ακανθώδης απόφυση της ΣΣ) μεταξύ της ωμοπλάτης με Σ.Δ.Ω. και της αντίθετης. Η απαγωγή της ωμοπλάτης είναι η διαφορά της γωνίας σε μοίρες του έσω χείλους της ωμοπλάτης από τη μέση γραμμή, μεταξύ της ωμοπλάτης με Σ.Δ.Ω. και της αντίθετης και μετριέται με γωνιόμετρο.

Οι περισσότεροι overhead αθλητές με το σύνδρομο αυτό παρουσιάζουν παρεκκλίνουσα θέση της ωμοπλάτης κατά τη στάση και στις 3 προαναφερθείσες θέσεις μέτρησης, ενώ υπάρχουν κι άλλοι που παρουσιάζουν παρεκκλίνουσα θέση σε οποιονδήποτε συνδυασμό 1 ή 2 θέσεων. Παρότι έχουν επινοηθεί υψηλής τεχνολογίας συστήματα εκτίμησης της σοβαρότητας της δυσλειτουργικής θέσης της ωμοπλάτης φαίνεται ότι με κλινικές μετρήσεις και τη χρήση επιφανειακών σημαδιών εξάγονται χρήσιμα κλινικά συμπεράσματα με δεδομένο το γεγονός ότι μπορεί οι μετρήσεις αυτές να είναι λιγότερο αξιόπιστες και αναπαραγώγιμες. Εν τούτοις, μπορούν να δώσουν μια ποιοτική εκτίμηση της σοβαρότητας του δυσκινητικού αυτού συνδρόμου.

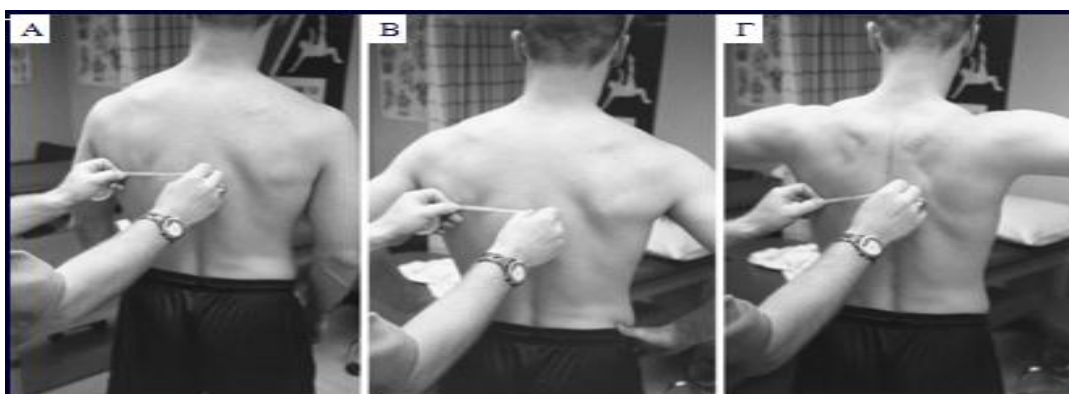
Στη βιβλιογραφία αναφέρεται ένα πλήθος τεχνικών για την αξιολόγηση της θέσης της ωμοπλάτης. Αυτές περιλαμβάνουν την παρατήρηση (Kibler et al., 2002; Struyf et al., 2009), την ψηλάφηση (Bagg & Forrest, 1988; Lewis et al., 2002), τη λήψη

ακτινογραφίας (Freedman & Munro, 1966; Poppen & Walker, 1976; Michiels & Grevenstein, 1995), τη γωνιομέτρηση (Johnson et al., 2001), τη χρήση μετροταινίας (DiVeta et al., 1990; Lewis et al., 2005a; Lewis et al., 2005b) και τη λήψη φωτογραφίας (Raine & Twomey, 1997; Thigpen, et al., 2010). Οι τεχνικές αυτές επιτρέπουν την ανάλυση της θέσης της ωμοπλάτης σε 2 διαστάσεις. Αντίθετα, οι εργαστηριακές μετρήσεις είναι ικανές να προσδιορίζουν την κινηματική της ωμοπλάτης τρισδιάστατα (Hebert et al., 2000), εφαρμόζοντας πολύπλοκες ακτινολογικές τεχνικές (Berthonnaud et al., 2005; Endo et al., 2001), ηλεκτρομηχανικές συσκευές ανίχνευσης (Kebaetse et al., 1999; Lukasiewicz et al., 1999; Myers et al., 2005), τομογραφία Moiré (Warner et al., 1992), καθώς και ηλεκτρομαγνητικό εξοπλισμό (Culham, et al., 1995; Ludewig & Cook, 2000).

Οι παραπάνω αναφερόμενες εργαστηριακές τεχνικές χρησιμοποιούν ακριβό και εξειδικευμένο εργαστηριακό εξοπλισμό καθώς και ειδικά λογισμικά προγράμματα για την ανάλυση των δεδομένων, τα οποία δεν είναι άμεσα διαθέσιμα στην κλινική πρακτική. Αντίθετα, η μέτρηση των θέσεων της ωμοπλάτης με κλινικά μέσα όπως είναι το γωνιόμετρο και η μετροταινία, ενώ προσδιορίζει την κινηματική της ωμοπλάτης σε 2 διαστάσεις, μπορεί με ευκολία να εφαρμοστεί από τον κλινικό ερευνητή (Forthomme et al., 2008).

Η Δοκιμασία της Πλευρικής Ολίσθησης της Ωμοπλάτης (Δ.Π.Ο.Ω.) εφαρμόστηκε αρχικά από τον Kibler (1991), και αποτελεί μια γραμμική αξιολόγηση της ασυμμετρίας στη θέση της ωμοπλάτης κάτω από την επίδραση διαφορετικών φορτίων του υποστηρικτικού μυϊκού συστήματος. Προτείνονται τρεις θέσεις για τα άνω άκρα:

- στη θέση 1 ο δοκιμαζόμενος βρίσκεται με τα άνω άκρα στο πλάι του κορμού του σε θέση ηρεμίας,
- στη θέση 2 ο δοκιμαζόμενος τοποθετεί τα χέρια του στις λαγόνιες ακρολοφίες με τους αντίχειρες προς τα πίσω, και
- στη θέση 3 τα άνω άκρα βρίσκονται σε 90° απαγωγή με τη γληνοβραχιόνια άρθρωση σε έσω στροφή και τους αντίχειρες προς τα κάτω (εικόνα 1.1.)



Εικόνα 1.1. Δοκιμασία πλευρικής ολίσθησης της ωμοπλάτης. Α, στην πρώτη θέση ο δοκιμαζόμενος βρίσκεται με τα χέρια στο πλάι του κορμού σε θέση ηρεμίας. Β, στη δεύτερη θέση ο δοκιμαζόμενος τοποθετεί τα χέρια του στις λαγόνιες ακρολοφίες με τους αντίχειρες προς τα πίσω Γ, στην τρίτη θέση τα άνω άκρα βρίσκονται σε απαγωγή 90° ή χαμηλότερα, με τη γληνοβραχιόνια άρθρωση σε έσω στροφή και τους αντίχειρες προς τα κάτω. (προσαρμοσμένο από Kibler, 1998)

Αμφοτερόπλευρες μετρήσεις από την κάτω γωνία της ωμοπλάτης μέχρι την αντίστοιχη ακανθώδη απόφυση των θωρακικών σπονδύλων πραγματοποιούνται και στις 3 προαναφερόμενες θέσεις. Το σημείο αναφοράς στη σπονδυλική στήλη, όπως αυτό καθορίζεται στη θέση 1, στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο με την κάτω γωνία της ωμοπλάτης, διατηρείται και στις τρεις θέσεις. Μια διαφορά στην απόσταση μεταξύ των ωμοπλατών ίση ή μεγαλύτερη από 1.0 εκ, σε οποιαδήποτε από τις τρεις θέσεις μέτρησης, είχε αρχικά καθοριστεί ως ασυμμετρία που σχετίζεται με αδυναμία των σταθεροποιών μυών της ωμοπλάτης (Kibler, 1991). Πιο πρόσφατα, η διαφορά αυτή

προσδιορίστηκε σε μια τιμή μεγαλύτερη ή ίση του 1.5 εκ, η οποία και ήταν ενδεικτική για τη διάγνωση παθολογίας στην περιοχή του ώμου (Kibler, 1998).

Παρόλα αυτά, πρόσφατα πειραματικά δεδομένα από overhead αθλητές καθώς και απλούς δοκιμαζόμενους οδήγησαν στο συμπέρασμα πως ασυμμετρία στη θέση της ωμοπλάτης παρατηρείται συχνά σε ασυμπτωματικούς δοκιμαζόμενους, και ο καθορισμός της διαφοράς του 1.5 εκ. στην απόσταση μεταξύ των ωμοπλατών δεν προδικάζει την ύπαρξη παθολογιών στην ωμική ζώνη (Koslow et al., 2003; Odom et al., 2001). Επιπρόσθετα, τα αποτελέσματα της Δ.Π.Ο.Ω. δεν μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν προκειμένου να διαφοροποιηθεί η συμπτωματική από τη μη συμπτωματική πλευρά σε ασθενείς με πόνο στην περιοχή του ώμου (Nijs et al., 2005).

Σε μελέτες αξιολόγησης της εγκυρότητας της Δ.Π.Ο.Ω., ο προσδιορισμός της κάτω-έσω γωνίας της ωμοπλάτης επιδερμικά με ψηλάφηση, παρουσίασε υψηλή συσχέτιση με ακτινολογικές προσεγγίσεις του ίδιου σημείου στις διαφορετικές θέσεις μέτρησης ($r=0.91$). Επιπλέον ο δείκτης αξιοπιστίας της δοκιμασίας βρέθηκε υψηλός με τιμές ICC από 0.84 μέχρι 0.88 κατά τις επαναλαμβανόμενες μετρήσεις από τον ίδιο εξεταστή (intratester reliability), ενώ μεταξύ διαφορετικών εξεταστών (intertester) ο δείκτης κυμάνθηκε μεταξύ 0.77 και 0.85, ανάλογα με τη θέση καταγραφής (Kibler, 1998). Τελικά, οι Forthomme και συν. (2008) αναφέρουν ότι η ΔΠΟΩ μπορεί να συμβάλει στην αξιολόγηση της ασυμμετρίας καθώς στον προσδιορισμό πιθανής βελτίωσης στη θέση της ωμοπλάτης κατά τη διάρκεια των προγραμμάτων αποκατάστασης.

Ένας από τους κύριους στόχους της αποκατάστασης των τραυματισμών της ωμικής ζώνης, με ή χωρίς χειρουργική παρέμβαση, αποτελεί η επαναφορά της φυσιολογικής λειτουργίας της περιοχής και η ελαχιστοποίηση του κινδύνου υποτροπής του τραυματισμού. Υπάρχουν μελέτες που προτείνουν την εφαρμογή ασκήσεων ανοικτής και κλειστής κινητικής αλυσίδας για την αποκατάσταση των τραυματισμών του άνω άκρου σε overhead αθλητές (Burkhart et al., 2003b; Wilk et al., 2002).

Οι ασκήσεις ανοικτής κινητικής αλυσίδας αποτελούν τις πλέον συνηθισμένες στην αποκατάσταση του άνω άκρου, διεγείροντας την ενεργοποίηση συγκεκριμένων μυών της περιοχής του ώμου (De Mey et al., 2009; Decker et al., 2003; Reinold, et al., 2004). Σε αντίθεση με το κάτω άκρο, το άνω άκρο είναι περισσότερο λειτουργικό ως σύστημα ανοικτής κινητικής αλυσίδας με διαφορετικά πρότυπα μυϊκής ενεργοποίησης να έχουν καταγραφεί στις διάφορες κινήσεις της άρθρωσης του ώμου όπως είναι η ώθηση, η έλξη, η ανύψωση και η ρίψη πάνω από το επίπεδο της κεφαλής (Illyes & Kiss, 2005). Παρόλα αυτά, η σταθερότητα της περιοχής του ώμου και η απόδοση στις λειτουργικές δραστηριότητες εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη συντονισμένη δράση των μυών που προσπελαίνουν τις αρθρώσεις της ωμικής ζώνης (Myers & Oyama, 2009), με τις ασκήσεις κλειστής κινητικής αλυσίδας να εφαρμόζονται όλο και πιο συχνά στα σύγχρονα προγράμματα αποκατάστασης του άνω άκρου. Οι ασκήσεις αυτές εντάσσονται στα αρχικά στάδια της αποκατάστασης του ώμου διότι θεωρούνται ασφαλέστερες εξαιτίας των μειωμένων διατμητικών δυνάμεων, ενώ τις περισσότερες φορές εκτελούνται με το άνω άκρο ακινητοποιημένο και την αντίσταση να εφαρμόζεται αξονικά ή στροφικά.

Σαν αποτέλεσμα οι ασκήσεις κλειστής κινητικής αλυσίδας επιφέρουν συμπίεση και προσέγγιση στην άρθρωση, συντελούν στην ενίσχυση της μυϊκής συνσύσπασης γύρω από την άρθρωση και στη βελτίωση της δυναμικής σταθερότητας, ενώ προαγάγουν τη διέγερση των ιδιοδεκτικών υποδοχέων (Dillman et al., 1994; Lephart & Henry, 1996; Wilk et al., 1996).

Η σταθερότητα της άρθρωσης του ώμου ορίζεται ως η διατήρηση της κατάλληλης θέσης της βραχιόνιας κεφαλής σε σχέση με την ωμογλήνη, ανεξαρτήτως της θέσης του άνω άκρου, μέσω της συντονισμένης και συγχρονισμένης λειτουργίας των στατικών και δυναμικών σταθεροποιών παραγόντων (Myers et al., 2004). Η συντονισμένη αυτή λειτουργία των στατικών και δυναμικών παραγόντων επιτυγχάνεται μέσω της ρυθμιστικής δράσης του αισθητικοκινητικού συστήματος (Myers & Lephart, 2000). Σύμφωνα με τους Lephart και συν. (2000), το αισθητικοκινητικό σύστημα περιλαμβάνει την ενσωμάτωση των αισθητικών και κινητικών πληροφοριών καθώς και την επεξεργασία τους σε κεντρικό επίπεδο. Η αισθητική πληροφορία μεταδιδόμενη μέσω κεντρομόλων οδών στο κεντρικό νευρικό σύστημα, ενσωματώνεται και επεξεργάζεται μαζί με επιπλέον πληροφορίες από άλλα επίπεδα του νευρικού συστήματος και καθορίζονται οι φυγόκεντρες κινητικές απαντήσεις (Lephart et al., 1997). Η κινητική αντίδραση στην αισθητική πληροφόρηση αποτελεί τον νευρομυϊκό έλεγχο (Myers & Lephart, 2002). Οι Lephart και Henry (2000) αναφέρουν ότι η λειτουργική σταθερότητα της ωμικής ζώνης είναι το αποτέλεσμα της κατάλληλης σταθεροποίησης της ωμοπλατοθωρακικής και της γληνοβραχιόνιας διάρθρωσης καθώς και του ελέγχου του βραχιονίου, μέσω της ρυθμιστικής δράσης των μηχανισμών του νευρομυϊκού ελέγχου.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η λειτουργική σταθερότητα του ώμου εξαρτάται από τη συνσύσπαση των μυών που προσπελαύνουν την περιοχή καθώς επίσης από τα χαρακτηριστικά του αντιδραστικού νευρομυϊκού ελέγχου (Lephart & Henry, 2000). Ο περιορισμός πιθανών νευρομυϊκών ελλειμμάτων και η αποκατάσταση της δυναμικής σταθεροποίησης στον ώμο καθιστά αναγκαία την εφαρμογή ασκήσεων που ενεργοποιούν τους νευρομυϊκούς μηχανισμούς σταθεροποίησης της άρθρωσης, με τους Lephart και Henry (1996) να έχουν προτείνει ένα λειτουργικό σύστημα ταξινόμησης των ασκήσεων με βάση την κλινική τους εφαρμογή και τη χρήση τους στα διαφορετικά στάδια της αποκατάστασης. Με βάση την ταξινόμηση αυτή, η πλήρης αποκατάσταση της ιδιοδεκτικότητας και του νευρομυϊκού ελέγχου επιτυγχάνεται μέσω της προοδευτικής εκτέλεσης δραστηριοτήτων: 1) δυναμικής σταθεροποίησης, 2) αίσθησης της θέσης της άρθρωσης και κιναισθησίας, 3) αντιδραστικού νευρομυϊκού ελέγχου και 4) λειτουργικών κινητικών προτύπων (Lephart & Henry, 1996; Lephart et al., 1997).

Οι δραστηριότητες δυναμικής σταθεροποίησης προάγουν τη συνσύσπαση των μυών μέσω της συμπίεσης και προσέγγισης των αρθρικών επιφανειών. Στον ώμο, τέτοιες δραστηριότητες αποτελούν οι ασκήσεις αξονικής φόρτισης (μεταφοράς του σωματικού βάρους), διεγείροντας τη συνσύσπαση των μυϊκών ζευγαριών που προσπελαύνουν τη γληνοβραχιόνια και την ωμοπλατοθωρακική διάρθρωση (Davies & Dickoff-Hoffman, 1993; Wik & Arrigo, 1993). Παράδειγμα τέτοιων ασκήσεων αποτελούν η τετραποδική και η τριποδική στήριξη (θέση push-up στο ένα χέρι), με το βάρος να υποστηρίζεται πάνω σε μια σταθερή επιφάνεια ή πάνω σε μια κινούμενη

ασταθή επιφάνεια και με το άνω άκρο ακινητοποιημένο (Padua et al., 2004; Rogol et al., 1998; Ubinger et al., 1999).

Ενώ οι ασκήσεις αξονικής φόρτισης με ακινητοποιημένο το άνω άκρο εφαρμόζονται συνήθως στα αρχικά στάδια της αποκατάστασης, ο Wilk και συν. (1996, 2002, 2009) έχουν προτείνει την εφαρμογή παρόμοιων ασκήσεων (push-ups) πάνω σε σχετικά ασταθείς επιφάνειες στα πιο προχωρημένα στάδια της αποκατάστασης του ώμου. Οι δραστηριότητες αυτές αναφέρονται ως ασκήσεις αντιδραστικού νευρομυϊκού ελέγχου, και στοχεύουν στη διέγερση της αντανakλαστικής μυϊκής σταθεροποίησης τόσο της ωμοπλατοθωρακικής όσο και της γληνοβραχιόνιας άρθρωσης (Lephart & Henry, 2000). Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία οι δυναμικές αυτές δραστηριότητες προκαλούν μεγάλη αστάθεια απαιτώντας υψηλό βαθμό δυναμικής σταθεροποίησης, ενώ αναφέρονται και σαν ασκήσεις ρυθμικής σταθεροποίησης (Irrgang et al., 1992; Wilk et al., 1996; Wilk et al., 2002).

Λαμβάνοντας υπόψη το σημαντικό ρόλο του αισθητικοκινητικού συστήματος στη σταθερότητα και λειτουργία του ώμου, οι κλινικοί θεραπευτές έχουν εφαρμόσει μια ποικιλία προπονητικών τεχνικών για την επαναφορά των λειτουργιών που διαταράσσονται ύστερα από κάποιο τραυματισμό. Οι δραστηριότητες αισθητικοκινητικής προπόνησης έχει αναφερθεί ότι βελτιώνουν τα χαρακτηριστικά ενεργοποίησης των μυών της ωμικής ζώνης, μεταβάλλουν τα κινητικά προγράμματα και βελτιώνουν την ιδιοδεκτική οξύτητα (Myers & Oyama, 2009). Η προσθήκη των ασταθών επιφανειών στην αποκατάσταση έχει βρεθεί ότι αυξάνει την ΗΜΓ

δραστηριότητα των σταθεροποιών μυών (Anderson & Behm, 2004; Behm & Anderson, 2006).

Η επιλεκτική εφαρμογή ασκήσεων που προκαλούν συνενεργοποίηση της άνω μοίρας του τραπεζοειδή και του πρόσθιου οδοντωτού θεωρούνται σημαντικές στην πρόληψη και αποκατάσταση των τραυματισμών της ωμικής ζώνης, με τις ασκήσεις κλειστής κινητικής αλυσίδας να διεγείρουν αυξημένη ενεργοποίηση του πρόσθιου οδοντωτού σε σχέση με την άνω μοίρα του τραπεζοειδή, τόσο σε υγιείς δοκιμαζόμενους (de Oliveira et al., 2008; Lear & Gross, 1998; Maenhout et al., 2010), όσο και σε δοκιμαζόμενους με ήπια παθολογία στην περιοχή του ώμου (Ludewig et al., 2004). Σε πρόσφατη μελέτη, οι Tucker και συν. (2010) παρατήρησαν μεταβολές στην ενεργοποίηση των μυών που σταθεροποιούν την ωμοπλατοθωρακική άρθρωση σε overhead αθλητές με δευτερογενή συμπτώματα πρόσκρουσης στον ώμο σε σχέση με υγιείς overhead αθλητές, κατά την εκτέλεση ασκήσεων κλειστής κινητικής αλυσίδας (push-ups) σε σταθερές και ασταθείς επιφάνειες στήριξης (Tucker et al., 2010). Παρόλα αυτά, δεν έχει διερευνηθεί στην υπάρχουσα βιβλιογραφία και έπρεπε να αξιολογηθεί, αν και κατά πόσο οι παραπάνω μεταβολές στην ενεργοποίηση των μυών της ωμοπλάτης σε overhead αθλητές με παθολογία στην περιοχή του ώμου παρατηρούνται σε overhead αθλητές χωρίς τραυματισμό ή άλλη παθολογία στην περιοχή του ώμου, και με ασυμμετρία στη θέση των ωμοπλατών.

Συνοψίζοντας, η δυσκίνηση της ωμοπλάτης αποτελεί μία μεταβολή στη θέση και στα πρότυπα κίνησης της ωμοπλάτης. Ένα κατάλληλο πρόγραμμα κρίνεται αναγκαίο για επιτυχημένη και ασφαλή αποκατάσταση των παθολογιών της ωμικής ζώνης, με

τις ασκήσεις κλειστής κινητικής αλυσίδας να χρησιμοποιούνται τόσο στα αρχικά όσο και στα πιο προχωρημένα στάδια των πρωτοκόλλων αποκατάστασης. Μια σημαντική παράμετρος κατά την αποκατάσταση του άνω άκρου αποτελεί η προσθήκη της αστάθειας, όπως είναι οι μπάλες ισορροπίας, οι πλατφόρμες ισορροπίας καθώς και άλλες ασταθείς επιφάνειες στήριξης. Η άσκηση με τη χρήση ασταθών επιφανειών βασίζεται στην προοπτική της αύξηση του επίπεδου ενεργοποίησης των σταθεροποιών μυών της περιοχής της ωμικής ζώνης. Ωστόσο στην υπάρχουσα βιβλιογραφία δεν είχαν αξιολογηθεί οι μεταβολές στην ενεργοποίηση των μυών που σταθεροποιούν και στρίβουν την ωμοπλάτη κατά την εκτέλεση ασκήσεων κλειστής κινητικής αλυσίδας, σε overhead αθλητές με ασυμμετρία στη θέση των ωμοπλατών.

Ορισμός του ερευνητικού προβλήματος

Είναι καλά τεκμηριωμένο ότι οι overhead αθλητές πολύ συχνά παρουσιάζουν επώδυνα σύνδρομα και τραυματισμούς στην περιοχή της ωμικής ζώνης, καθώς επίσης ότι οι αθλητές αυτοί συχνά παρουσιάζουν κινητικές δυσλειτουργίες και παρεκκλίσεις στη συμμετρική θέση των ωμοπλατών, του κυρίαρχου συγκριτικά με τον μη κυρίαρχο ώμο. Είναι επίσης γνωστό ότι κατά την εκτέλεση ασκήσεων κλειστής κινητικής αλυσίδας, σε σταθερή και ασταθή επιφάνεια, ενεργοποιούνται έντονα οι μύες που σταθεροποιούν και κινούν την ωμοπλάτη. Το κύριο πρόβλημα το οποίο προσπάθησε να διερευνήσει η παρούσα έρευνα ήταν το αν σε αθλήτριες πετοσφαίρισης που ποτέ δεν παρουσίασαν επώδυνα σύνδρομα και τραυματισμούς στην περιοχή της ωμικής ζώνης, το μέγεθος της μεταβολής στη θέση της ωμοπλάτης του κυρίαρχου άκρου, διαφοροποιεί την ενεργοποίηση των μυών που σταθεροποιούν

και κινούν την ωμοπλατοθωρακική άρθρωση, κατά την εκτέλεση ασκήσεων κλειστής κινητικής αλυσίδας. Έτσι δόθηκαν έμμεσες απαντήσεις στο αν οι συχνοί τραυματισμοί και η υπέρχρηση του ώμου σε overhead αθλητές οδηγούν σε ασυμμετρίες στη θέση των ωμοπλάτων, ή αν οι ασυμμετρίες είναι αιτίες πρόκλησης κινητικών δυσλειτουργιών οι οποίες διαχρονικά ενοχοποιούνται για την αυξημένη συχνότητα τραυματισμών στην περιοχή της ωμικής ζώνης.

Σκοπός και σημασία της έρευνας

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να διερευνηθεί ηλεκτρομυογραφικά η ενεργοποίηση της άνω και της μέσης μοίρας του τραπεζοειδή καθώς και του πρόσθιου οδοντωτού μυός, του κυρίαρχου και του μη κυρίαρχου άκρου, σε ατραυματιστες αθλήτριες πετοσφαίρισης, με μεταβολές στη θέση της κυρίαρχης ωμοπλάτης μικρότερες και μεγαλύτερες από 1.5 εκ, κατά την εκτέλεση ασκήσεων κλειστής αλυσίδας (knee push-ups), σε μία σταθερή και μία ασταθή επιφάνεια στήριξης (πλατφόρμα BOSU). Τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας έχουν μεγάλη πρακτική εφαρμογή αφού δίνονται στοιχεία στους αθλητικούς επιστήμονες για το εάν το μέγεθος της ασυμμετρίας στη θέση ηρεμίας των ωμοπλάτων δημιουργεί προβλήματα στον ώμο. Έτσι θα είναι σε θέση να δομούν είτε προγράμματα άσκησης συγχρονισμένης δράσης των μυών που ρυθμίζουν την κίνηση και αποκαθιστούν τη συμμετρική θέση των ωμοπλάτων, είτε προγράμματα βελτίωσης της λειτουργικής ικανότητας των μυών αυτών. Με αυτό τον τρόπο θα μπορεί να αξιολογείται και να διορθώνεται έγκαιρα μια εκτροπή της θέσης της ωμοπλάτης από το φυσιολογικό, πριν αυτή προκαλέσει μεγάλα μυοσκελετικά προβλήματα στην περιοχή της ωμικής ζώνης των overhead αθλητών.

Διατύπωση ερευνητικών ερωτημάτων

1.1.1. Ερευνητικό ερώτημα

Το ερευνητικό ερώτημα που τέθηκε ήταν, αν διαφοροποιείται η ενεργοποίηση των μυών που σταθεροποιούν και κινητοποιούν την ωμοπλάτη τόσο της κυρίαρχης όσο και της μη κυρίαρχης πλευράς, κατά την εκτέλεση ασκήσεων κλειστής κινητικής αλυσίδας σε αθλήτριες της πετοσφαίρισης με ασυμμετρία στη θέση των ωμοπλάτων μικρότερη και μεγαλύτερη από 1.5 εκ.

1.1.2. Διατύπωση των ερευνητικών υποθέσεων

Διατυπώθηκε η ακόλουθη ερευνητική υπόθεση:

H₀: Το μέγεθος της ΗΜΓ δραστηριότητας των μυών της ωμοπλάτης δε θα διαφοροποιείται πλευροπλευρικά (κυρίαρχο vs. μη κυρίαρχο άκρο) καθώς και μεταξύ των ομάδων, σε αθλήτριες της πετοσφαίρισης με ασυμμετρία στη θέση των ωμοπλάτων μεγαλύτερη από 1.5 εκ σε σχέση με αθλήτριες πετοσφαίρισης με ασυμμετρία μικρότερη από 1.5 εκ, κατά την εκτέλεση ασκήσεων κλειστής κινητικής αλυσίδας που εκτελούνται με στήριξη των άνω άκρων σε σταθερή σε σχέση με ασταθή επιφάνεια στήριξης.

H_a: Το μέγεθος της ΗΜΓ δραστηριότητας των μυών της ωμοπλάτης θα διαφοροποιείται πλευροπλευρικά (κυρίαρχο vs μη κυρίαρχο άκρο) καθώς και μεταξύ των ομάδων, σε αθλήτριες της πετοσφαίρισης με ασυμμετρία στη θέση ηρεμίας των ωμοπλάτων μεγαλύτερη από 1.5 εκ σε σχέση με αθλήτριες πετοσφαίρισης με ασυμμετρία μικρότερη από 1.5 εκ, κατά την εκτέλεση ασκήσεων κλειστής κινητικής

αλυσίδας που εκτελούνται με στήριξη των άνω άκρων σε σταθερή σε σχέση με ασταθή επιφάνεια στήριξης.

1.1.3. Μεταβλητές

Ανεξάρτητες μεταβλητές: Οι ανεξάρτητες μεταβλητές ήταν το μέγεθος της μετατόπισης στη θέση ηρεμίας της κυρίαρχης ωμοπλάτης (μικρότερη, μεγαλύτερη από 1.5 εκ), το άνω άκρο (κυρίαρχο, μη κυρίαρχο) καθώς και οι επιφάνειες στήριξης (έδαφος, πλατφόρμα BOSU).

Εξαρτημένες μεταβλητές: Οι εξαρτημένες μεταβλητές ήταν το μέγεθος της ΗΜΓ δραστηριότητας της άνω και της μέσης μοίρας του τραπεζοειδή καθώς και του πρόσθιου οδοντωτού μυός.

1.1.4. Περιορισμοί της έρευνας

Η προτεινόμενη διαδικασία αξιολόγησης της ασυμμετρίας των ωμοπλάτων ήταν μεν απλή με μεγάλη κλινική εφαρμογή, θα ήταν όμως ακριβέστερη εάν γινόταν με μηχανήματα υψηλής τεχνολογίας. Για την καταγραφή της θέσης των ωμοπλάτων εφαρμόστηκαν στατικές και όχι δυναμικές δοκιμασίες, οι οποίες αξιολόγησαν μόνο την κατακόρυφη και πλευρική μετατόπιση της ωμοπλάτης της κυρίαρχης πλευράς σε σχέση με τη μη κυρίαρχη πλευρά, γύρω από ένα επίπεδο κίνησης.

Το μέγεθος της μυϊκής ενεργοποίησης εκφράστηκε ως ποσοστό της μέγιστης εκούσιας συστολής (ΜΕΣ) του εκάστοτε μυός (normalization), η οποία καταγράφηκε κάτω από ισομετρικές συνθήκες προκειμένου να συγκριθούν δυναμικές δραστηριότητες (knee push-ups). Τα knee push-ups ενώ αποτελούν δυναμικές δραστηριότητες, παρόλα αυτά δεν αποτελούν λειτουργικές κινήσεις.

Οι διαφορετικές ροπές και δυνάμεις που ασκούνται στον ώμο εξαιτίας της κρούσης του άνω άκρου με τη μπάλα όπως συμβαίνει στο σερβίς και το καρφί στην πετοσφαίριση, πιθανώς να επηρεάζει με διαφορετικό τρόπο τη θέση της ωμοπλάτης, σε σχέση με αθλήματα όπως η χειροσφαίριση, η υδατοσφαίριση και το μπίτμπολ στα οποία επικρατεί η ρίψη. Τέλος, τα αποτελέσματα της έρευνας θα έχουν εφαρμογή μόνο σε overhead αθλητές χωρίς τραυματισμούς στην περιοχή της ωμικής ζώνης. Δεν θα έχουν πιθανόν εφαρμογή σε πληθυσμούς με σκελετικές δυσμορφίες και προβλήματα στάσης, όπως κυρτοί ώμοι κ.λ.π., διότι εκεί υπεισέρχονται και άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την ασυμμετρία στη θέση των ωμοπλάτων και την ενεργοποίηση των μυών της περιοχής.

Διευκρίνιση των όρων

Ασυμμετρία ωμοπλάτης: μεταβολές στη θέση ηρεμίας καθώς και στα πρότυπα δυναμικής κίνησης της ωμοπλάτης όπως καταγράφονται από στατικές και δυναμικές κλινικές δοκιμασίες αξιολόγησης της θέσης της ωμοπλάτης

Overhead αθλητές: είναι οι αθλητές οι οποίοι κατά την εκτέλεση των κινητικών δραστηριοτήτων του αθλήματός τους χρησιμοποιούν κυρίως το χέρι πάνω από το επίπεδο της κεφαλής. Σε αυτή την κατηγορία κατατάσσονται οι αθλητές του βόλεϊ, της χειροσφαίρισης, της αντισφαίρισης, της υδατοσφαίρισης, του μπίτμπολ και οι ακοντιστές.

Κυρίαρχο άκρο: το άνω άκρο που συμμετέχει στη ρίψη, το καρφί και το σερβίς στις overhead δραστηριότητες

Μη κυρίαρχο άκρο: το άνω άκρο που δε συμμετέχει στη ρίψη, το καρπί και το σερβίς στις overhead δραστηριότητες

Ασκήσεις κλειστής κινητικής αλυσίδας: οι ασκήσεις στις οποίες το περιφερικό τμήμα του άκρου (χέρι ή πόδι) συναντά αντίσταση ή είναι ακινητοποιημένο

Ασκήσεις ανοικτής κινητικής αλυσίδας: οι ασκήσεις στις οποίες το περιφερικό τμήμα του άκρου (χέρι ή πόδι) κινείται ελεύθερα και δεν είναι ακινητοποιημένο

Συντομογραφίες

ΣΔΩ: Σύνδρομο Δυσκινητικής Ωμοπλάτης

ΘΜΣΣ: Θωρακική Μοίρα Σπονδυλικής Στήλης

ΜΕΣ: Μέγιστη Εκούσια Συστολή

ΣΣ: Σπονδυλική στήλη

ΗΜΓ: Ηλεκτρομυογραφία

ΚΚΑ: Κλειστή Κινητική Αλυσίδα

ΑΚΑ: Ανοικτή Κινητική Αλυσίδα

ΔΠΟΩ: Δοκιμασία Πλευρικής Ολίσθησης της Ωμοπλάτης

ΑΜΤ: Άνω Μοίρα Τραπεζοειδή

ΜΜΤ: Μέση Μοίρα Τραπεζοειδή

ΠΟ: Πρόσθιος Οδοντωτός

ΓΕΕΣ: Γληνοβραχιόνιο Έλλειμμα Έσω Στροφής

ΚΕΣ: Κέρδος Έξω Στροφής

2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

2.1. Ο ώμος του overhead αθλητή

Ο ώμος των αθλητών που συμμετέχουν σε δραστηριότητες που χρησιμοποιούν το χέρι πάνω από το επίπεδο του κεφαλιού (overhead) απαιτεί τη διατήρηση μιας λεπτής ισορροπίας μεταξύ σταθερότητας και κινητικότητας προκειμένου να ανταπεξέλθει στις λειτουργικές απαιτήσεις του εκάστοτε αθλήματος (Crockett, et al., 2002; Ellenbecker et al., 2002). Η ενυπάρχουσα αυτή αντίφαση συνίσταται στο γεγονός ότι ο αθλητικός ώμος πρέπει να παρουσιάζει αυξημένη κινητικότητα προκειμένου να εκτελεί αποτελεσματικά overhead δραστηριότητα στα όρια του εύρους τροχιάς και ταυτόχρονα να είναι σταθερός για την αποτροπή υπεξαρθρήματος της βραχιόνιας κεφαλής. Το φαινόμενο αυτό έχει χαρακτηριστεί σαν ‘παράδοξο του ρίπτη’ (Wik & Arrigo, 1993). Οι overhead αθλητές αγωνιστικού επιπέδου καταπονούν το κυρίαρχο άνω άκρο με υψηλά επαναλαμβανόμενα φορτία στα όρια του εύρους τροχιάς της γληνοβραχιόνιας άρθρωσης, παράγοντας γωνιακές ταχύτητες στο βραχιόνιο οι οποίες μπορούν να φτάσουν τις 7550 deg/sec και στρωφικές ροπές οι οποίες φτάνουν τα 65 Nm (Fleisig et al., 1995). Συνεπώς, η σημασία διατήρησης της ισορροπίας μεταξύ της κινητικότητας και σταθερότητας καθίσταται αναγκαία, λαμβάνοντας υπόψη ότι η άρθρωση του ώμου πρέπει να υποβαστάζει υψηλά φορτία σε όλη τη διάρκεια της αγωνιστικής περιόδου ή της καριέρας ενός overhead αθλητή.

Overhead δραστηριότητες του ώμου περιλαμβάνουν ένα πλήθος αγωνισμάτων όπως είναι οι ρίψεις, η κολύμβηση, η αντισφαίριση, η υδατοσφαίριση και η

πετοσφαίριση. Ο ώμος του overhead αθλητή υπόκειται σε έναν πλήθος βιομηχανικών προσαρμογών όπως είναι η αστάθεια στη γληνοβραχιόνια άρθρωση, οι μεταβολές στο εύρος τροχιάς, οι μυϊκές ανισορροπίες και οι μεταβολές στη θέση της ωμοπλάτης (Kennedy et al., 2009). Οι προσαρμογές αυτές στον αθλητικό ώμο θεωρούνται από τους ερευνητές σαν προδιαθεσικός παράγοντας για την πρόκληση τραυματισμών υπέρχρησης ή καταπόνησης.

Μεταβολές στα πρότυπα κινητικότητας έχουν συστηματικά παρατηρηθεί στον κυρίαρχο ώμο των pitcher του μπέιζμπολ (Borsa et al., 2006; Borsa, et al., 2005; Downar & Sauers, 2005; Ellenbecker et al., 2000; Myers et al., 2006; Osbahr et al., 2002; Reagan et al., 2002), των αθλητών της χειροσφαίρισης και της αντισφαίρισης (Ellenbecker et al., 1996; Pieper, 1998), της υδατοσφαίρισης (Witwer & Sauers, 2006), της πετοσφαίρισης (Wang & Cochrane, 2001) καθώς επίσης στους ώμους κολυμβητών αγωνιστικού επιπέδου (Borsa et al., 2005). Η φυσική εξέταση των παραπάνω αθλητών, με το άνω άκρο σε 90° απαγωγή, έχει αναδείξει προσαρμοστικές μεταβολές στο εύρος τροχιάς της γληνοβραχιόνιας άρθρωσης του κυρίαρχου σε σχέση με τον μη κυρίαρχο ώμο. Το άνω άκρο που χρησιμοποιείται για τη ρίψη, το σερβίς και το καρφί χαρακτηρίζεται από αυξημένο εύρος τροχιάς στην έξω στροφή, το οποίο αναφέρεται σαν κέρδος έξω στροφής (Κ.Ε.Σ.), με ταυτόχρονη μείωση στο εύρος της έσω στροφής το οποίο και αναφέρεται σαν γληνοβραχιόνιο έλλειμμα έσω στροφής (Γ.Ε.Ε.Σ.). Επιπλέον, μείωση στην οριζόντια προσαγωγή του κυρίαρχου σε σχέση με τον μη κυρίαρχο ώμο παρουσιάζουν οι overhead αθλητές όταν αξιολογούνται στην οριζόντια προσαγωγή του βραχιονίου από ύπτια θέση ή από πλάγια κατάκλιση, παθητικά. Ενώ η προσαρμογή αυτή δεν φαίνεται να αποτελεί

προδιαθεσικό παράγοντα πρόκλησης τραυματισμών, εμπειρικά δεδομένα έχουν συνδέσει την υπερβολική μείωση της οριζόντιας προσαγωγής του κυρίαρχου ώμου με την ανάπτυξη παθολογίας στην περιοχή (Burkhart et al., 2003a). Επίσης το Γ.Ε.Ε.Σ. έχει βρεθεί να σχετίζεται με τη μειωμένη οριζόντια προσαγωγή όταν αξιολογούνται ασθενείς με προϋπάρχουσα παθολογία στην περιοχή του ώμου (Myers et al., 2006; Tyler et al., 2000).

Οι παραπάνω μεταβολές στην κινητικότητα του ώμου overhead αθλητών φαίνεται να αποτελούν δευτερεύουσα προσαρμογή σαν αποτέλεσμα των δομικών μεταβολών στο θύλακα της γληνοβραχιόνιας άρθρωσης, στους συνδέσμους, στην ωμογλήνη και στους μύες του στροφικού πετάλου ή των οστικών μεταβολών από μακροχρόνια συμμετοχή σε overhead δραστηριότητα (Meister, 2000; Wilk et al., 2002). Πρόσφατες μελέτες αναφέρουν ότι η συστροφή του βραχιονίου (retroversion) αποτελεί φυσιολογική ανακατασκευαστική προσαρμογή του οστίτη ιστού στον κυρίαρχο ώμο νεαρών overhead αθλητών (Crockett et al., 2002; Osbahr et al., 2002). Ο βαθμός στον οποίο οι παραπάνω προσαρμογές τις κινητικότητας μπορούν να διαταράξουν τη σταθερότητα προδιαθέτοντας τον αθλητικό ώμο σε τραυματισμούς, έχει αποτελέσει αντικείμενο μελέτης από τους ερευνητές (Burkhart et al., 2003a; Kvitne & Jobe, 1993).

Παρά τις προαναφερθείσες μεταβολές στο εύρος της έσω και της έξω στροφής, το συνολικό εύρος τροχιάς μεταξύ του κυρίαρχου και του μη κυρίαρχου ώμου overhead αθλητών δε φαίνεται να διαφέρει σημαντικά (Crockett et al., 2002; Ellenbecker et al., 2002; Reagan et al., 2002). Το συνολικό εύρος κίνησης από τη μέγιστη έξω μέχρι τη μέγιστη έσω στροφή έχει περιγραφεί από τον Wilk και συν. (2002), και

αναφέρεται περίπου στις 180°. Συνεπώς για κάθε μοίρα κέρδους στην έξω στροφή αντίστοιχη μείωση αναφέρεται στην έσω στροφή, χωρίς να επηρεάζεται συνολικά η λειτουργία του ώμου που συμμετέχει στη ρίψη (Wilk et al., 2002). Οι μεταβολές αυτές στην κινητικότητα έχει βρεθεί ότι μπορούν να διαταράξουν τη φυσιολογική λειτουργία του κυρίαρχου ώμου και να γίνουν συμπτωματικές, όταν ο περιορισμός στην έσω στροφή υπερβεί το κέρδος στην έξω στροφή με μια αναλογία Γ.Ε.Ε.Σ./Κ.Ε.Σ. μεγαλύτερη του 1 (Burkhart et al., 2003b).

Οι τραυματισμοί υπέρχρησης ή καταπόνησης στον αθλητικό ώμο αποτελούν συχνό κλινικό φαινόμενο στην αθλητιατρική, καθιστώντας επιτακτική την ανάγκη στους ειδικούς της αθλητικής αποκατάστασης για πλήρη κατανόηση των βραχυπρόθεσμων και μακροπρόθεσμων επιδράσεων της συστηματικής, overhead δραστηριότητας στην ωμική ζώνη (Borsa et al., 2008). Η περιοχή του ώμου περιλαμβάνει ένα σύνολο κινήσεων οι οποίες συμβαίνουν ταυτόχρονα γύρω από 4 αρθρώσεις: τη γληνοβραχιόνια, την ωμοπλατοθωρακική, την ακρωμιοκλειδική και τη στερνοκλειδική άρθρωση. Η δυναμική κίνηση και σταθερότητα του ώμου απαιτεί τη συνδυασμένη λειτουργία και των τεσσάρων αυτών αρθρώσεων προκειμένου να υπάρξει φυσιολογική δραστηριότητα, με μεταβολές στην κινητικότητα και τη σταθερότητα σε οποιαδήποτε από αυτές να διαταράσσει συνολικά τη λειτουργία του άνω άκρου.

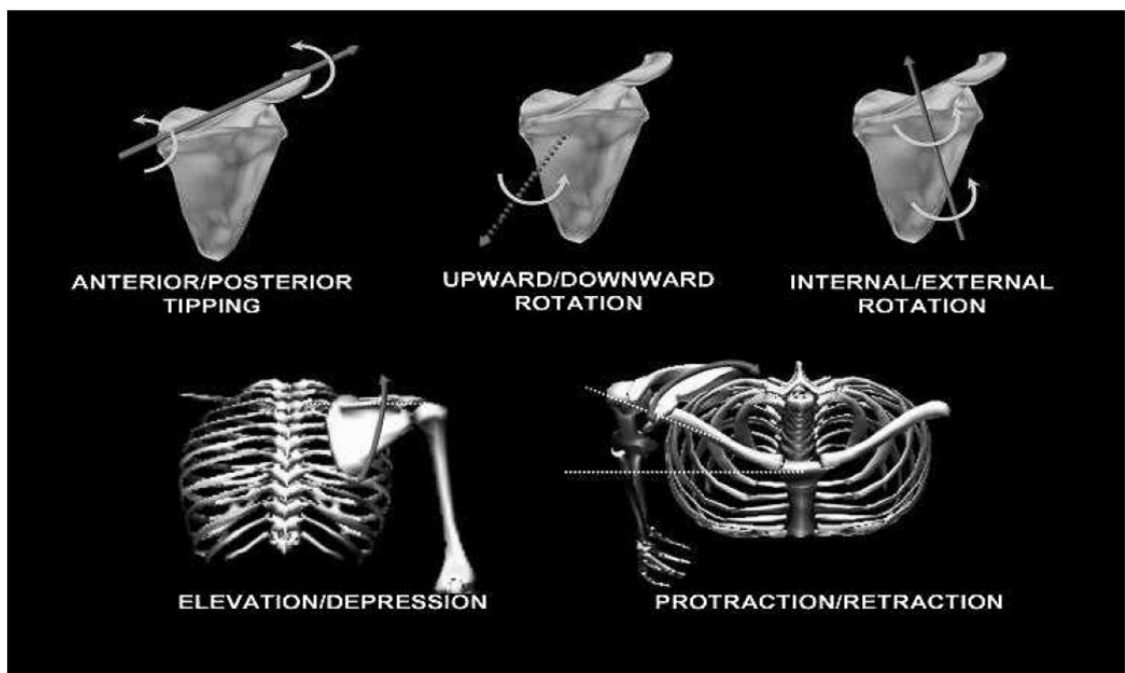
Μεταξύ των παραπάνω αρθρώσεων ο ρόλος της ωμοπλατοθωρακικής άρθρωσης θεωρείται ουσιαστικός διότι εκπληρώνει ορισμένες σημαντικές λειτουργίες όπως είναι:

- η διατήρηση της κατάλληλης ευθυγράμμισης της ωμογλήνης μέσω της συντονισμένης μετατόπισης της ωμοπλάτης με τον κινούμενο βραχίονα, επιτρέποντας την ιδανική λειτουργία των στατικών και δυναμικών σταθεροποιών παραγόντων,
- η προσαρμοσμένη κίνηση της ωμοπλάτης πάνω στο θωρακικό τοίχωμα ανάλογα με τον τύπο της δραστηριότητας που εκτελείται από το άνω άκρο,
- η ανύψωση του ακρωμίου για την αποτροπή της υπακρωμιακής πρόσκρουσης στις overhead δραστηριότητες,
- η παροχή σταθερής βάσης πρόσφυσης των μυών που σταθεροποιούν και κινητοποιούν την ωμοπλατοθωρακική και τη γληνοβραχιόνια άρθρωση, και
- η μεταφορά κινητικής ενέργειας και δύναμης από τα πιο κεντρικά στα πιο ακραία τμήματα της κινητικής αλυσίδας (Kibler, 1998).

2.2. Κινητικότητα και σταθερότητα της ωμοπλατοθωρακικής άρθρωσης

Η κινηματική της ωμοπλάτης έχει αποτελέσει μια περιοχή εξαιρετικού ερευνητικού ενδιαφέροντος τα τελευταία χρόνια (Borsa et al., 2003; Borstad & Ludewig, 2002; McClure et al., 2001; Meyer, et al., 2008). Η λειτουργία της ωμοπλάτης οφείλεται, αλλά και η ίδια συμμετέχει, στη δυναμική δραστηριότητα των αρθρώσεων του ώμου, καθώς επίσης στις γωνιακές επιταχύνσεις του βραχιονίου και στην ελαστικότητα των περιαρθρικών μυών (Borsa et al., 2008). Όπως φαίνεται στην εικόνα 2.1., η ωμοπλάτη παρουσιάζει πέντε βαθμούς ελευθερίας, εκτελώντας τρεις στροφές και δύο μετατοπίσεις γύρω από τρεις άξονες περιστροφής. Οι κινήσεις

αυτές πραγματοποιούνται σε σχέση με το θώρακα και περιγράφονται στη βιβλιογραφία ως στροφή προς τα πάνω/προς τα κάτω (upward/downward rotation), πρόσθια/οπίσθια κλίση (anterior/posterior tip or tilt), έσω/έξω στροφή (internal/external rotation), πρόσθια/οπίσθια μετατόπιση (anterior/posterior translation) και μετατόπιση προς τα πάνω/προς τα κάτω (superior/inferior translation) (McClure et al., 2001).



Εικόνα 2.1. Στροφές και μετατοπίσεις της ωμοπλάτης σε τρεις διαστάσεις. (Προσαρμοσμένο από Myers et al., 2005)

Η προς τα πάνω και προς τα κάτω στροφή της ωμοπλάτης πραγματοποιείται στο μετωπιαίο επίπεδο γύρω από έναν προσθοπίσθιο άξονα, κατακόρυφο στο επίπεδο της ωμοπλάτης. Η άνω στροφή λαμβάνει χώρα όταν η κάτω γωνία της ωμοπλάτης μετατοπίζεται πλευρικά και προς τα πάνω στο θωρακικό τοίχωμα, με μια αναλογία κίνησης σε σχέση με τον ώμο ίση με 2:1. Η σχέση της ταυτόχρονης κίνησης της ωμοπλάτης και του βραχιονίου καθιερώθηκε από τον Codman και αναφέρεται ως

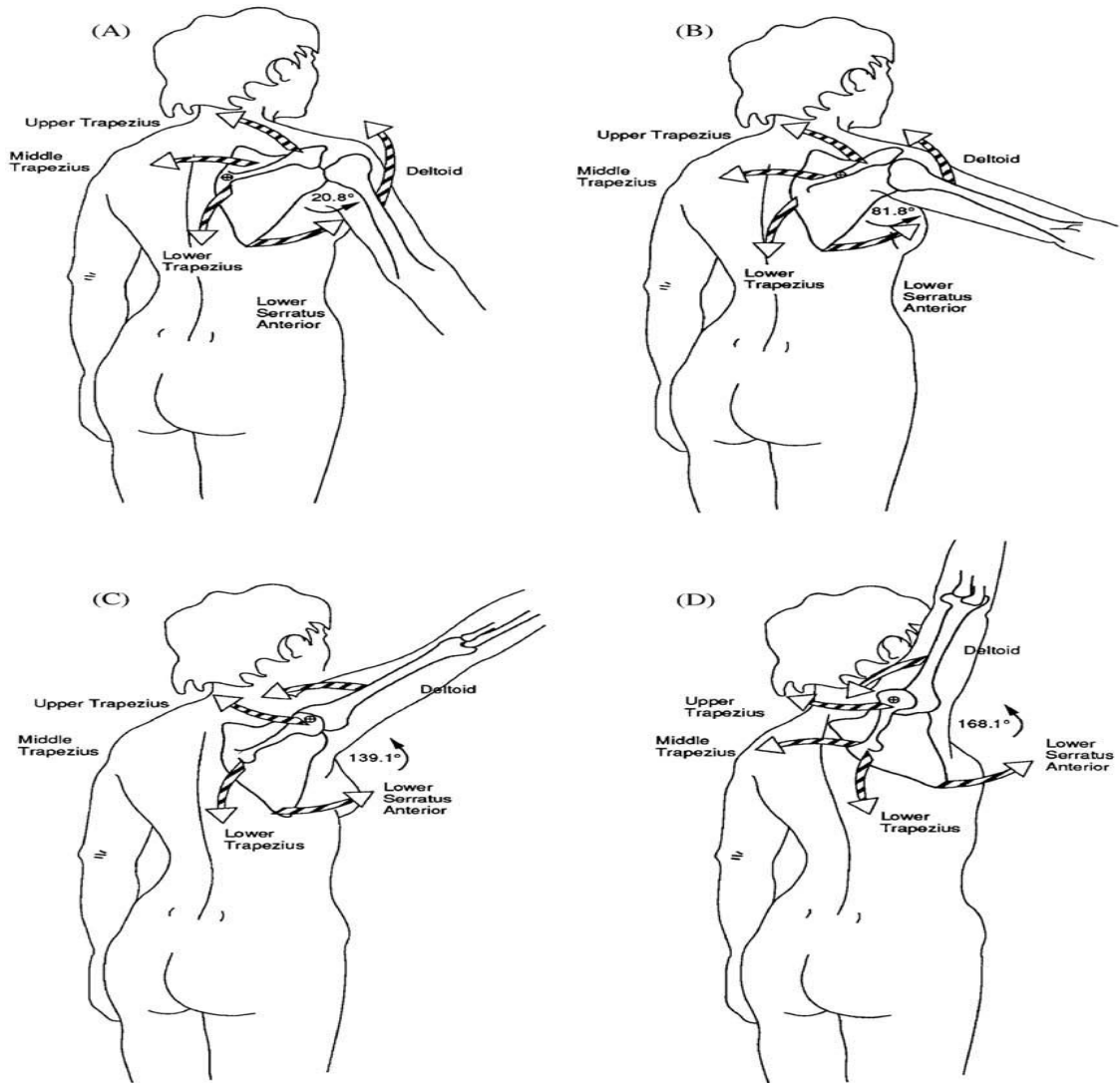
ωμοβραχιόνιος ρυθμός (Inman et al., 1944). Σύμφωνα με το ρυθμό αυτό, η ανύψωση του βραχιονίου προκαλεί μια άνω στροφή της ωμοπλάτης κατά 1° για κάθε 2° ανύψωσης της γληνοβραχιόνιας άρθρωσης, μέχρι τις 120° ανύψωσης, και από εκεί και πέρα η ωμοπλάτη στρίβει κατά 1° για κάθε 1° ανύψωσης μέχρι την πλήρη ανύψωση του άνω άκρου, επιτυγχάνοντας τουλάχιστον 45° με 55° άνω στροφής (Ludewig et al., 1996; McClure et al., 2001).

Η πρόσθια και η οπίσθια κλίση της ωμοπλάτης πραγματοποιείται στο οβελιαίο επίπεδο γύρω από έναν εγκάρσιο άξονα παράλληλο με τη ωμοπλατιαία άκανθα, με την οπίσθια κλίση να απεικονίζει την απομάκρυνση του άνω χείλους της ωμοπλάτης από το θωρακικό κλωβό και αντίστροφα. Η έσω και η έξω στροφή πραγματοποιείται στο εγκάρσιο επίπεδο γύρω από ένα κατακόρυφο άξονα, με την έσω στροφή να απεικονίζει τη μετατόπιση του έσω πλάγιου χείλους της ωμοπλάτης προς τα πίσω μακριά από το θωρακικό κλωβό. Η σύνθετη κίνηση της πρόσθιας μετατόπισης και έσω στροφής αναφέρεται σαν απαγωγή της ωμοπλάτης (protraction), ενώ η σύνθετη κίνηση της οπίσθιας μετατόπισης και έξω στροφής σαν προσαγωγή της ωμοπλάτης (retraction). Η προσαγωγή και απαγωγή αποτελούν τις πλευρικές κινήσεις της ωμοπλάτης στο θώρακα ενώ η μετατόπιση προς τα πάνω και προς τα κάτω αποτελούν την ανάσπαση και την κατάσπαση της ωμοπλάτης πάνω στο θωρακικό τοίχωμα (elevation/depression) (Wu, et al., 2005). Ως επί το πλείστον, η προσαγωγή/απαγωγή, η ανάσπαση/κατάσπαση και η άνω/κάτω στροφή αποτελούν τα τρία ζεύγη κινήσεων της ωμοπλάτης τα οποία θεωρούνται σημαντικά για τις ρίψεις πάνω από το επίπεδο της κεφαλής (Myers et al., 2005).

Εξαιρουμένων των περιαρθρικών μυών, η πρόσφυση της ωμοπλάτης στο θωρακικό κλωβό επιτυγχάνεται μόνο μέσω της άρθρωσής της με την περιφερική άκρη της κλείδας και τις παρακείμενες συνδεσμικές δομές (Borsa et al., 2008). Ο τραπεζοειδής, ο πρόσθιος οδοντωτός, ο ανελκτήρας της ωμοπλάτης, οι ρομβοειδής και ο μικρός θωρακικός αποτελούν τους κύριους μύες οι οποίοι ελέγχουν τις κινήσεις της ωμοπλάτης πάνω στο θωρακικό τοίχωμα.

Τα ζεύγη μυών που σταθεροποιούν και κινητοποιούν την ωμοπλατοθωρακική άρθρωση μεταβάλλονται κατά τη διάρκεια των overhead δραστηριοτήτων, καθώς οι άξονες περιστροφής και τα επίπεδα κίνησης αλλάζουν (Bagg & Forrest, 1988; Dvir & Berme, 1978; Inman et al., 1944; Poppen & Walker, 1978; Schenkman & Rugo de Cartaya, 1987), με τον τραπεζοειδή και τον πρόσθιο οδοντωτό μυ να παραμένουν οι κύριοι πρωταγωνιστές της κίνησης (Bagg & Forrest, 1988, 1986; Inman et al., 1944; Schenkman & Rugo de Cartaya, 1987). Στην αρχή του εύρους τροχιάς, κατά την ανύψωση του άνω άκρου, ο άξονας περιστροφής βρίσκεται ακόμα στη βάση της ωμοπλατιαίας άκανθας, με την άνω στροφή της ωμοπλάτης να πραγματοποιείται κατά κύριο λόγο από την άνω μοίρα του τραπεζοειδή και τον πρόσθιο οδοντωτό, ενώ καθώς ο άξονας περιστροφής μετατοπίζεται προς την ακρωμιοκλειδική άρθρωση η συμμετοχή της άνω μοίρας του τραπεζοειδή περιορίζεται και της κάτω μοίρας του τραπεζοειδή αυξάνεται (Schenkman & Rugo de Cartaya, 1987) (Εικόνα 2.2 Α,Β). Και οι τρεις μοίρες του τραπεζοειδή συμμετέχουν στη μετατόπιση της ωμοπλάτης τόσο κατά την άνοδο όσο και στην κάθοδο του άνω άκρου (Faria et al., 2009), ενώ η έλλειψη συντονισμένης δράσης των παραπάνω μυών έχει βρεθεί ότι μεταβάλλει τη

φυσιολογική κινηματική της ωμοπλάτης, διαταράσσοντας τη λειτουργία της ωμικής ζώνης (Schmitt & Snyder-Mackler, 1999).



Εικόνα 2.2. Ζεύγη μυών της ωμοπλάτης κατά την ανύψωση του βραχιονίου. (Α) Στις πρώτες 60° ανύψωσης ο άξονας περιστροφής βρίσκεται στη βάση της ωμοπλατιαίας άκανθας, με την άνω μοίρα του τραπεζοειδή και τον πρόσθιο οδοντωτό να πραγματοποιούν την άνω στροφή της ωμοπλάτης. Η μέση και κάτω μοίρα του τραπεζοειδή εκτελούν εκκεντρική συστολή για να ελέγξουν την κίνηση. (Β) Στις επόμενες 60°, ο άξονας περιστροφής μετατοπίζεται κατά μήκος της ωμοπλατιαίας άκανθας προς την ακρωμιοκλειδική άρθρωση, με την κάτω μοίρα του τραπεζοειδή να συμμετέχει στην άνω στροφή μαζί με την άνω μοίρα και τον πρόσθιο οδοντωτό. (Γ) Όταν το άνω άκρο φτάσει τις 120° ανύψωσης, ο άξονας περιστροφής βρίσκεται στην ακρωμιοκλειδική άρθρωση με τον κάτω τραπεζοειδή να πραγματοποιεί ιδανικά την άνω στροφή της ωμοπλάτης μαζί με τον πρόσθιο οδοντωτό. (Δ) Στην τελευταία φάση της ανύψωσης, ο κάτω τραπεζοειδής με τον πρόσθιο οδοντωτό είναι οι κύριοι στροφεείς της ωμοπλάτης με τη μέση μοίρα του τραπεζοειδή να πραγματοποιεί έκκεντρη συστολή προκειμένου να ελέγξει την άνω στροφή. (Προσαρμοσμένο από Magarey & Jones, 2003)

2.3. Η θέση της ωμοπλάτης στον ώμο του overhead αθλητή

Πλήθος ερευνών, εφαρμόζοντας τεχνολογία ανάλυσης 2- και 3-διαστάσεων (3-D), έχουν επιχειρήσει να περιγράψουν τις μοίρες περιστροφής καθώς και την αλληλουχία των κινήσεων της ωμοπλάτης κατά τις λειτουργίες του άνω άκρου στα διαφορετικά επίπεδα κίνησης. Σύμφωνα με τις μελέτες αυτές, η ανύψωση του βραχιονίου έχει συνδυαστεί με ένα πρότυπο άνω, έξω στροφής και οπίσθιας κλίσης της ωμοπλάτης ταυτόχρονα με την ανάσπαση και προσαγωγή της κλείδας (Ebaugh et al., 2005; Karduna et al., 2000; Lukasiewicz et al., 1999). Παρόλα αυτά, η σύγκριση των δεδομένων σχετικά με τα πρότυπα κίνησης της ωμοπλάτης δεν είναι εύκολη εξαιτίας των σημαντικών μεθοδολογικών διαφορών μεταξύ των διαφορετικών μελετών (McClure et al., 2001).

Σε μελέτη τρισδιάστατης ανάλυσης των προτύπων κίνησης της ωμοπλάτης, οι McClure και συν. (2001) παρατήρησαν κατά μέσο όρο 50° άνω στροφής, 30° οπίσθιας κλίσης και 24° έξω στροφής με ταυτόχρονη προσαγωγή (21°) και ανάσπαση (10°) της ωμοπλάτης, ενώ οι Ludewig και συν. (1996) παρατήρησαν κατά μέσο όρο 34° άνω στροφής, 15° οπίσθιας κλίσης και 13° έξω στροφής κατά την ανύψωση του βραχιονίου από τις 0° μέχρι τις 140° στο επίπεδο της ωμοπλάτης. Οι Meskers και συν. (1998), κατέγραψαν επίσης αυξημένη άνω στροφή της ωμοπλάτης κατά την ανύψωση του βραχιονίου στο οβελιαίο σε σχέση με το μετωπιαίο επίπεδο, με τις παραπάνω μελέτες να επιβεβαιώνουν την αυξημένη άνω στροφή της ωμοπλάτης κατά ανύψωση του άνω άκρου στο επίπεδο της ωμοπλάτης, σε σχέση με τα υπόλοιπα επίπεδα κίνησης.

Προσαρμοστικές μεταβολές στη θέση και τον προσανατολισμό της ωμοπλάτης έχουν παρατηρηθεί στον κυρίαρχο σε σχέση με τον μη κυρίαρχο ώμο overhead αθλητών κατά τις δοκιμασίες ανύψωσης του άνω άκρου. Σε πρόσφατη μελέτη, οι Mourtacos και συν. (2003) αξιολόγησαν την άνω στροφή της ωμοπλάτης σε αθλητές του baseball διαφορετικού αγωνιστικού επιπέδου. Στα αποτελέσματα της μελέτης αναφέρεται η αυξημένη άνω στροφή της ωμοπλάτης του κυρίαρχου άκρου σε όλους τους αθλητές, ανεξαρτήτου αγωνιστικής κατηγορίας (Mourtacos et al., 2003). Σε παρόμοια συμπεράσματα σχετικά με την άνω στροφή της ωμοπλάτης επαγγελματιών παικτών του baseball κατέληξαν οι Downar και Sauers (2005), μέσω της εφαρμογής ψηφιακού γωνιόμετρου. Αυτό το πρότυπο άνω στροφής της ωμοπλάτης αναφέρεται ότι πιθανότατα αποτελεί λειτουργική προσαρμογή αναγκαία για τη διατήρηση του υπακρωμιακού διαστήματος κατά τη διάρκεια overhead δραστηριοτήτων (Downar & Sauers, 2005). Τέλος οι Myers και συν. (2005), μελέτησαν τη θέση και τον προσανατολισμό της ωμοπλάτης σε 21 overhead αθλητές και 21 δοκιμαζόμενους ελέγχου μέσω της εφαρμογής συσκευής ηλεκτρομαγνητικής ανίχνευσης. Κατά την ανύψωση του βραχιονίου στο επίπεδο της ωμοπλάτης, οι υγιείς overhead αθλητές παρουσίασαν σημαντικά αυξημένη άνω στροφή σε συνδυασμό με προσαγωγή και έσω στροφή της ωμοπλάτης, ενώ δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στην πρόσθια/οπίσθια κλίση καθώς και στην ανάσπαση/κατάσπαση της ωμοπλάτης μεταξύ των δύο ομάδων. Για τους παραπάνω συγγραφείς, η παρουσία επαρκούς άνω στροφής της ωμοπλάτης κατά τη ρίψη αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την ασφαλή λειτουργία του άνω άκρου, απελευθερώνοντας το ακρώμιο από τις υπακρωμιακές δομές και αποτρέποντας την υπακρωμιακή προστριβή (Myers et al., 2005).

Ο πολύπλοκος ρόλος της ωμοπλάτης στη λειτουργία της περιοχής του ώμου υποχρεώνει τον ειδικό της αθλητικής αποκατάστασης να λαμβάνει υπόψη του τα πρότυπα θέσης και κίνησης της ωμοπλάτης στα πλαίσια των δυσλειτουργιών της ωμικής ζώνης (Forthomme et al., 2008). Η φυσιολογική θέση της ωμοπλάτης ορίζεται αυτή στην οποία η άνω γωνία της ωμοπλάτης και το ακρώμιο βρίσκονται περίπου στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο με τον δεύτερο θωρακικό σπόνδυλο, χωρίς υπερβολική ανάσπαση ή κατάσπαση (Azevedo et al., 2008), και σε 30° έσω στροφής σε σχέση με το μετωπιαίο επίπεδο (de Groot, 1999). Επίσης, ο προσανατολισμός της ωμογλήνης θα πρέπει να έχει κλίση προς τα κάτω (10° κάτω από το οριζόντιο επίπεδο) (Price et al., 2001), ενώ ολόκληρο το έσω χείλος της ωμοπλάτης θα πρέπει να είναι παράλληλο με τη μέση γραμμή του θώρακα, με την ωμοπλάτη της κυρίαρχης πλευράς να βρίσκεται χαμηλότερα και σε μεγαλύτερη απόσταση από τη ΣΣ σε σχέση με αυτή της μη κυρίαρχης πλευράς (Sobush et al., 1996). Τέλος, το έσω χείλος και η κάτω γωνία της ωμοπλάτης θα πρέπει να είναι επίπεδα πάνω στο θωρακικό τοίχωμα (Motttram, 1997).

Ορατές μεταβολές στη θέση ηρεμίας καθώς και στα πρότυπα δυναμικής κίνησης της ωμοπλάτης σε σχέση με το θώρακα αναφέρονται στη βιβλιογραφία σαν δυσκίνηση της ωμοπλάτης (scapular dyskinesis) (Kibler & McMullen, 2003; Warner et al., 1992). Η δυσλειτουργία αυτή έχει συσχετισθεί με μεταβολές σε έναν ή και περισσότερους από τους πέντε βαθμούς ελευθερίας της ωμοπλάτης, καθώς αυτή περιστρέφεται και μετατοπίζεται πάνω στο θωρακικό τοίχωμα, ενώ μια σχέση αιτίας-αποτελέσματος αναφέρεται μεταξύ της δυσκίνησης της ωμοπλάτης και της

παθολογίας του ώμου στους overhead αθλητές (Heyworth & Williams III, 2009; Laudner et al., 2006; Ludewig & Cook, 2000).

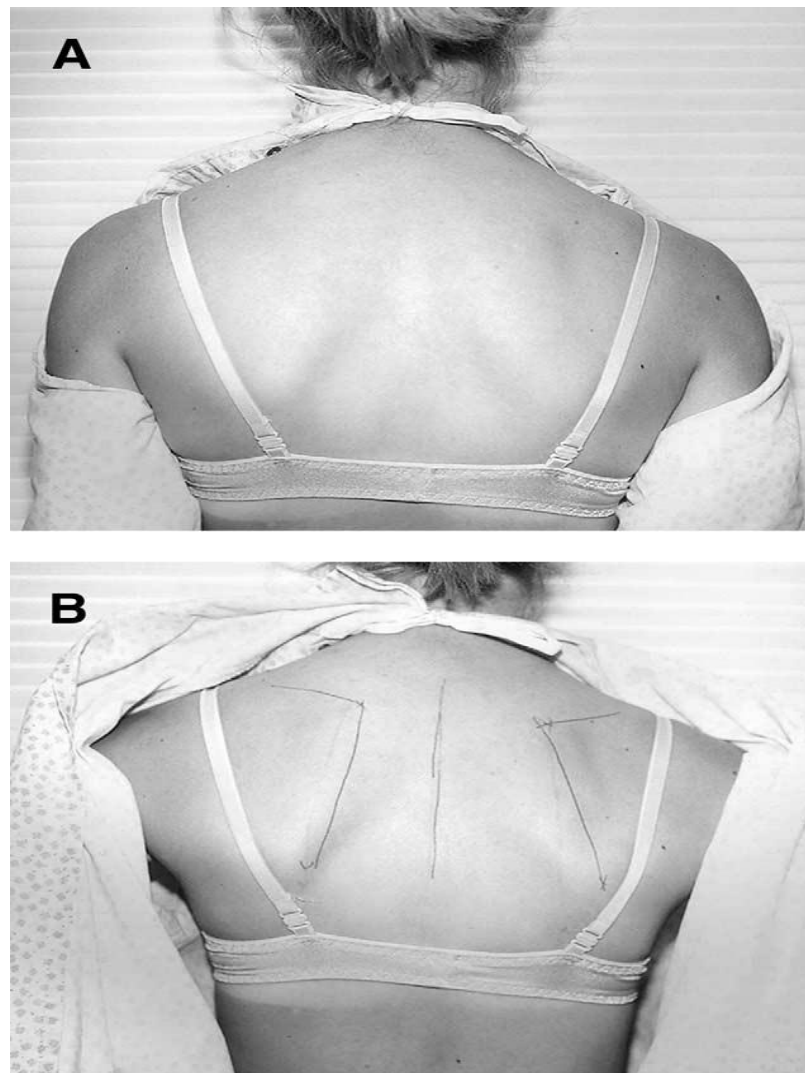
Ένα πλήθος παραγόντων προτείνονται στη βιβλιογραφία σχετικά με τη δημιουργία αυτών των μη φυσιολογικών προτύπων, διαταράσσοντας τη θέση και την κίνηση της ωμοπλάτης. Η λανθασμένη στάση του σώματος όπως αυτή προσδιορίζεται από την πρόσθια μετατόπιση της κεφαλής (Ludewig & Cook, 1996), την αυξημένη θωρακική κύφωση (Finley & Lee, 2003) και τους κυρτούς ώμους (Borstad & Ludewig, 2005), έχει συσχετισθεί με μεταβολές στην κινηματική, τη θέση και τη δραστηριότητα των μυών της ωμοπλάτης. Αυξημένη πρόσθια κλίση και μειωμένη άνω στροφή της ωμοπλάτης έχει παρατηρηθεί σε δοκιμαζόμενους με πρόσθια μετατόπιση της κεφαλής, ενώ η υπερβολική θωρακική κύφωση έχει επίσης αναφερθεί ότι αυξάνει την πρόσθια κλίση της ωμοπλάτης (Kebaetse et al., 1999; Ludewig & Cook, 1996). Σε πρόσφατη μελέτη των Thigpen και συν. (2010), η εκτέλεση overhead δραστηριοτήτων από δοκιμαζόμενους με πρόσθια κλίση της κεφαλής και κυρτούς ώμους είχε σαν αποτέλεσμα τη μεταβολή της φυσιολογικής κινηματικής καθώς και της δραστηριότητας των μυών της ωμοπλάτης, ανεξαρτήτως της παρουσίας πόνου στη περιοχή του ώμου (Thigpen et al., 2010). Οι παραπάνω διαταραχές της στάσης παρουσιάζονται με ποικίλα πρότυπα στη θέση και στο προσανατολισμό της ωμοπλάτης, προδιαθέτοντας τελικά τον overhead αθλητή στην ανάπτυξη παθολογίας στην περιοχή του ώμου.

Το μυϊκό σύστημα συμβάλει σημαντικά στη θέση της ωμοπλάτης τόσο κατά την ηρεμία όσο και κατά τη διάρκεια λειτουργικών δραστηριοτήτων. Η μεταβολή της φυσιολογικής δραστηριότητας των σταθεροποιών μυών της ωμοπλάτης όπως είναι η

καθυστερημένη ενεργοποίηση, η ανεπαρκής επιστράτευση, καθώς και η αυξημένη τάση με επακόλουθη βράχυνση έχει σαν αποτέλεσμα πιθανή διαταραχή στη θέση της ωμοπλάτης (Nijs et al., 2007). Επιπλέον, μεταβολές στην ενεργοποίηση και το συντονισμό των μυών της περιοχής συνεπάγονται συχνά δυσκίνηση της ωμοπλάτης (Cools et al., 2004; Ludewig & Cook, 2000), ενώ η αυξημένη τάση και η βράχυνση μυών, συνδέσμων και αρθρικού θύλακα γύρω από τον ώμο, έχει αναφερθεί ότι μπορούν να επηρεάσουν τη θέση ηρεμίας και την κίνηση της ωμοπλάτης (Borich et al., 2006; Borstad & Ludewig, 2005). Με τη σειρά της, η λανθασμένη θέση και κίνηση της ωμοπλάτης μπορεί να οδηγήσει σε μεταβολές στη σχέση μεταξύ του μήκους και της δύναμης των μυών, καθώς η ίδια λειτουργεί ως σταθερή βάση πρόσφυσης των μυών οι οποίοι σταθεροποιούν και κινητοποιούν την ωμοπλατοθωρακική και τη γληνοβραχιόνια άρθρωση. Επιστημονικά δεδομένα έχουν τεκμηριώσει τη λανθασμένη θέση της ωμοπλάτης σε ασθενείς με σύνδρομο υπακρωμιακής προστριβής (Hebert et al., 2002) με συμπτώματα υπακρωμιακής προστριβής (Cools et al., 2003), με ατραυματική αστάθεια του ώμου (von Eisenhart-Rothe et al., 2005) καθώς και με πολυκατευθυντική αστάθεια του ώμου (Illyes & Kiss, 2006).

Η επαναλαμβανόμενη overhead δραστηριότητα επιβαρύνει με υψηλά φορτία την ωμική ζώνη, διαταράσσοντας τη θέση τη ηρεμίας καθώς και τα πρότυπα δυναμικής κίνησης της ωμοπλάτης. Οι Burkhart και συν. (2003b), έχουν χαρακτηρίσει τον μη φυσιολογικό κυρίαρχο ώμο του αθλητή που συμμετέχει σε άνωθεν της κεφαλής δραστηριότητες με ένα σύνδρομο μυϊκής κόπωσης ή υπέρχρησης, το οποίο και ονόμασαν “SICK scapula”. Το ακρώνυμο SICK αντιπροσωπεύει την λανθασμένη

θέση της ωμοπλάτης (Scapular malposition), την προβολή του κάτω έσω χείλους της (Inferior medial border prominence), τον πόνο στην κορακοειδή απόφυση (Coracoid pain), καθώς και τη μη φυσιολογική κίνηση της ωμοπλάτης (dysKinesis of scapular movement). Ο αθλητής με το σύνδρομο αυτό παρουσιάζεται με μια εμφανώς “πεσμένη” ωμοπλάτη στον κυρίαρχο σε σχέση τον μη κυρίαρχο ώμο. Στην πραγματικότητα η ωμοπλάτη βρίσκεται σε μια θέση απαγωγής και άνω στροφής, με την κλινική εικόνα του αθλητή, όταν αυτός αξιολογείται με τα άνω άκρα στο πλάι του κορμού σε θέση ηρεμίας, να απεικονίζει την ασύμμετρη θέση της ωμοπλάτης του κυρίαρχου άκρου η οποία συνήθως εμφανίζεται χαμηλότερα από την ωμοπλάτη του μη κυρίαρχου άκρου (Εικόνα 2.3.). Αυτή η στατικά παρατηρούμενη θέση είναι ενδεικτική των μεταβολών στην ενεργοποίηση των μυών της περιοχής, κάτι που μπορεί να διαταράζει την κινηματική της ωμοπλάτης κατά τη διάρκεια δυναμικών δραστηριοτήτων (Burkhart et al., 2003b; Kibler et al., 2002; Weiser et al., 1999). Περιορισμό της παραπάνω θεωρίας αποτελεί το γεγονός ότι βασίζεται σε παρατηρήσεις, χωρίς ουσιαστικά να υπάρχουν πειραματικές μετρήσεις της κινηματικής της ωμοπλάτης (Forthomme et al., 2008). Επιπλέον, δεν είχαν αξιολογηθεί στην υπάρχουσα βιβλιογραφία και έπρεπε να διερευνηθούν, οι μεταβολές στην ενεργοποίηση των μυών που σταθεροποιούν την ωμοπλάτη σε overhead αθλητές με σύνδρομο “SICK scapula”, και με ασυμμετρία στη θέση των ωμοπλάτων.



Εικόνα 2.3. Overhead αθλήτρια υψηλού επιπέδου με σύνδρομο “SICK scapula” στο κυρίαρχο (δεξί) άνω άκρο. Η ωμοπλάτη στο κυρίαρχο άκρο βρίσκεται χαμηλότερα από το μη κυρίαρχο, σε θέση απαγωγής και στροφής προς τα πάνω. (Προσαρμοσμένο από Burkhardt et al., 2003b)

Μεταβολές στη θέση ηρεμίας καθώς και τα πρότυπα δυναμικής κίνησης της ωμοπλάτης μπορούν να διαταράξουν τη φυσιολογική λειτουργία της ωμικής ζώνης. Σύμφωνα με τον Kibler (2005), οι μεταβολές αυτές, οι οποίες αναφέρονται ως δυσκίνηση της ωμοπλάτης, δε φαίνεται να σχετίζονται με συγκεκριμένους τραυματισμούς της περιοχής του ώμου αλλά προκαλούνται από διάφορους παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν τους φυσιολογικούς μηχανισμούς ελέγχου της

στατικής θέσης καθώς και της δυναμικής κίνησης της ωμοπλάτης. Η κατηγοριοποίηση των θέσεων αυτών καθώς και των προτύπων δυσκίνησης της ωμοπλάτης, έχει αναφερθεί ότι μπορούν να αποτελέσουν σημαντικό παράγοντα στον σχεδιασμό των προγραμμάτων αποκατάστασης του άνω άκρου (Kibler & McMullen, 2003). Με βάση την παρατήρηση του ασθενή σε ηρεμία και κατά τη διάρκεια της δυναμικής κίνησης, ο Kibler και συν. (2002, 2003) έχουν περιγράψει 4 κατηγορίες προτύπων δυσκίνησης της ωμοπλάτης.

- Το πρότυπο τύπου I χαρακτηρίζει την προβολή του κάτω έσω χείλους της ωμοπλάτης σε ηρεμία, αντιπροσωπεύοντας τον μειωμένο έλεγχο της ωμοπλάτης γύρω από έναν οριζόντιο άξονα παράλληλο στην ωμοπλατιαία άκανθα.
- Το πρότυπο τύπου II χαρακτηρίζει την προβολή ολόκληρου του έσω χείλους της ωμοπλάτης σε ηρεμία (πτερυγοειδής ωμοπλάτη), αντιπροσωπεύοντας τη μη φυσιολογική περιστροφή της ωμοπλάτης γύρω από έναν κατακόρυφο άξονα παράλληλο στη σπονδυλική στήλη.
- Το πρότυπο τύπου III χαρακτηρίζει την προβολή του άνω ορίου της ωμοπλάτης κατά την ανύψωση των άνω άκρων, αντιπροσωπεύοντας την υπερβολική προς τα πάνω μετατόπιση της ωμοπλάτης καθώς και τον μειωμένο έλεγχο γύρω από έναν οβελιαίο άξονα διαμέσου της ωμοπλάτης.
- Το πρότυπο τύπου IV χαρακτηρίζει τη συμμετρική θέση και κίνηση των δύο ωμοπλάτων, λαμβάνοντας υπόψη ότι το κυρίαρχο άνω άκρο μπορεί να βρίσκεται ελαφρά χαμηλότερα από το μη κυρίαρχο.

Για τις περισσότερες overhead δραστηριότητες η ωμοπλάτη λειτουργεί ως συνδετικός κρίκος στην ακολουθία μεταφοράς ταχύτητας, ενέργειας και δύναμης από τα κεντρικότερα στα πιο ακραία τμήματα του σώματος (Elliott et al., 1995). Η ακολουθία αυτή ξεκινάει από το έδαφος και διαμέσου των ξεχωριστών τμημάτων ή των συνδέσεων καταλήγει στην τελική σύνδεση. Η κίνηση των ξεχωριστών τμημάτων συντονίζεται από τη μυϊκή δραστηριότητα και τις ξεχωριστές θέσεις του σώματος, οι οποίες λειτουργούν ώστε να παράγουν, να αθροίζουν και να μεταφέρουν την κινητική ενέργεια μεταξύ αυτών των συνδέσεων. Η ακολουθία αυτή έχει χαρακτηριστεί στη βιβλιογραφία ως κινητική αλυσίδα (Kibler, 1998). Σε περίπτωση δυσκίνησης της ωμοπλάτης η κινητική αλυσίδα διακόπτεται καθώς η ασταθής ωμοπλάτη μεταβιβάζει τις δυνάμεις, οι οποίες παράγονται από το έδαφος και μεταφέρονται διαμέσου των κάτω άκρων και του κορμού, στον ώμο και το άνω άκρο, με μη φυσιολογικό τρόπο (Kibler et al., 2006).

2.4. Μέθοδοι αξιολόγησης της θέσης της ωμοπλάτης

Ένα πλήθος κλινικών και εργαστηριακών τεχνικών αναφέρονται στην επιστημονική βιβλιογραφία για την αξιολόγηση της θέσης της ωμοπλάτης. Οι εργαστηριακές μετρήσεις είναι ικανές να προσδιορίζουν την κινηματική της ωμοπλάτης τρισδιάστατα (Hebert et al., 2000), εφαρμόζοντας πολύπλοκες ακτινολογικές τεχνικές (Berthonnaud et al., 2005; Endo et al., 2001), ηλεκτρομηχανικές συσκευές ανίχνευσης (Kebaetse et al., 1999; Lukasiewicz et al., 1999; Myers et al., 2005), μαγνητικό τομογράφο (von Eisenhart-Rothe et al., 2002), τοπογραφία Moiré (Warner et al., 1992), καθώς και ηλεκτρομαγνητικό εξοπλισμό (Culham et al., 2000). Οι παραπάνω τρισδιάστατες προσεγγίσεις γενικά

χρησιμοποιούν ακριβό και εξειδικευμένο εργαστηριακό εξοπλισμό καθώς και ειδικά λογισμικά προγράμματα για την ανάλυση των δεδομένων, κάνοντας την εφαρμογή τους σχεδόν αδύνατη στην κλινική πρακτική.

Αντίθετα, οι κλινικοί ερευνητές εφαρμόζουν ένα σύνολο κλινικών δοκιμασιών οι οποίες αναπαράγουν αξιόπιστες πλευροπλευρικές συγκρίσεις σχετικά με τη θέση της ωμοπλάτης καθώς και τις μεταβολές σε αυτή κατά τη διάρκεια ενός προγράμματος αποκατάστασης (Lewis & Valentine, 2008). Παραδείγματα κλινικών δοκιμασιών αποτελούν η παρατήρηση (Kibler et al., 2002; Struyf et al., 2009), η ψηλάφηση (Bagg & Forrest, 1988; Lewis et al., 2002), η λήψη ακτινογραφίας (Freedman & Munro, 1966; Poppen & Walker, 1976; Michiels & Grevenstein, 1995), η γωνιομέτρηση (Johnson et al., 2001), η καταγραφή με μετροταινία (DiVeta et al., 1990; Lewis et al., 2005a; Lewis et al., 2005b) και η λήψη φωτογραφίας (Raine & Twomey, 1997; Thigpen, et al., 2010), αξιολογώντας τη θέση της ωμοπλάτης σε 2 διαστάσεις είτε στατικά είτε δυναμικά.

2.4.1. Στατικές μετρήσεις της θέσης της ωμοπλάτης

Η μέτρηση της απόστασης από το οπίσθιο άκρο του ακρωμίου μέχρι το εξεταστικό κρεβάτι περιγράφηκε για πρώτη φορά από την Host (1995). Η τεχνική αυτή περιλαμβάνει την αμφίπλευρη κατακόρυφη καταγραφή της απόστασης από το ακρώμιο μέχρι το εξεταστικό κρεβάτι, με τη χρήση μετροταινίας και το δοκιμαζόμενο σε ύπτια θέση, ενώ η ίδια διαδικασία μπορεί να επαναληφθεί με ενεργητική προσαγωγή των ωμοπλάτων από το δοκιμαζόμενο. Η εφαρμογή της παραπάνω μεθόδου έχει προταθεί ως είναι ενδεικτική για την αξιολόγηση του μήκους του μικρού θωρακικού μυός (Host, 1995). Ένας κοντός ή υπερτονικός

μικρός θωρακικός μπορεί να διατηρήσει την ωμοπλάτη σε μια θέση αυξημένης απαγωγής ή κάτω στροφής, όπως για παράδειγμα η πτερυγοειδής θέση της ωμοπλάτης που παρατηρείται συχνά στις δυσλειτουργίες του ώμου (Mottram, 1997). Η πτερυγοειδής θέση της ωμοπλάτη έχει συσχετιστεί με διαταραχές στη στάση, όπως είναι η πρόσθια μετατόπιση της κεφαλής και οι κυρτοί ώμοι, ενώ ερευνητικά δεδομένα υποστηρίζουν την ύπαρξη σχέσης μεταξύ της λανθασμένης στάσης, του μήκους του μικρού θωρακικού και των μεταβολών στη θέση της ωμοπλάτης (Borstad, 2006).

Ενώ η εφαρμογή της μεθόδου του Host (1995) έχει παρουσιάσει υψηλή αξιοπιστία (intraobserver), με τιμές ICC να κυμαίνονται από 0.88 μέχρι 0.94 σε συμπτωματικούς δοκιμαζόμενους (Nijs et al., 2005), πρόσφατα δημοσιευμένα δεδομένα φαίνεται να αμφισβητούν την εγκυρότητά της σχετικά με την αξιολόγηση του μήκους του μικρού θωρακικού μυός, εξαιτίας της χαμηλής συσχέτισης της με τα αποτελέσματα καταγραφής από συσκευή ηλεκτρομαγνητικής ανίχνευσης (Borstad, 2006). Σύμφωνα με το συγγραφέα, η μέτρηση της απόστασης με το δοκιμαζόμενο σε ύπτια θέση περιλαμβάνει μεροληψία εξαιτίας της επίδρασης που ασκεί το εξεταστικό κρεβάτι στη θέση της ωμοπλάτης (το κρεβάτι είναι πιθανό να ‘προσαρμόζει’ την ωμοπλάτη στη σωστή θέση), καθώς και των μεταβολών στην επίδραση της βαρύτητας (Borstad, 2006). Αντίθετα προτείνεται η εκτέλεση της ίδιας δοκιμασίας με το δοκιμαζόμενο σε όρθια θέση (μέτρηση οριζόντιας απόστασης από το ακρώμιο μέχρι τον τοίχο), με τη μέθοδο αυτή να έχει παρουσιάσει μέτριες τιμές αξιοπιστίας (interobserver) σε δείγμα υγείων δοκιμαζόμενων (Struyf et al., 2009). Επιπλέον, στη μελέτη του Borstad (2006) η καταγραφή της απόστασης με

μετροταινία από την εγκοπή του στέρνου μέχρι την κορακοειδή απόφυση παρουσίασε την υψηλότερη συσχέτιση με το μήκος του μικρού θωρακικού, όπως αυτό προσδιορίστηκε από συσκευή ηλεκτρομαγνητικής ανίχνευσης ($r=0,48$).

Η καταγραφή της απόστασης από το μέσο του έσω χείλους της ωμοπλάτης μέχρι τον τέταρτο θωρακικό σπόνδυλο περιγράφηκε επίσης για πρώτη φορά από τον Host (1995). Η τεχνική αυτή πραγματοποιείται με το δοκιμαζόμενο σε όρθια θέση ηρεμίας, αφού αρχικά προσδιοριστούν μέσω ψηλάφησης ο τέταρτος θωρακικός σπόνδυλος και το έσω χείλος της ωμοπλάτης. Η απόσταση μεταξύ των παραπάνω σημείων καταγράφεται στο οριζόντιο επίπεδο με τη χρήση μετροταινίας, ενώ η ίδια διαδικασία μπορεί να επαναληφθεί με ενεργητική προσαγωγή των ωμοπλατών από το δοκιμαζόμενο (εικόνα 2.4.). Η μέθοδος της ψηλάφησης για τον εντοπισμό των σημείων καταγραφής πάνω στην ωμοπλάτη έχει αποδειχθεί έγκυρη για τον προσδιορισμό της θέσης της ωμοπλάτης στις κλινικές δοκιμασίες (Lewis et al., 2002).



Εικόνα 2.4. Καταγραφή της απόστασης από το μέσο του έσω χείλους της ωμοπλάτης μέχρι τον τέταρτο θωρακικό σπόνδυλο. (προσαρμοσμένο από Nijs et al., 2007)

Σύμφωνα με τον Host (1995), η απόσταση από το έσω χείλος της ωμοπλάτης μέχρι τον τέταρτο θωρακικό σπόνδυλο είχε καθοριστεί στα 5.08 εκ. σε υγιείς δοκιμαζόμενους. Παρόλα αυτά, η κατευθυντήρια αυτή γραμμή ήταν βασισμένη σε κλινικές παρατηρήσεις και όχι σε πειραματικά δεδομένα. Σε πρόσφατη μελέτη των Nijls και συν. (2005), οι τιμές αυτές προσδιορίστηκαν κατά μέσο στα 6.15 εκ. για την συμπτωματική και στα 6.00 εκ. για τη μη συμπτωματική πλευρά, σε δοκιμαζόμενους με παθολογία στην περιοχή του ώμου. Χαμηλές τιμές αξιοπιστίας καταγράφηκαν όταν η δοκιμασία πραγματοποιήθηκε από διαφορετικούς εξεταστές (interobserver) και τον ασθενή σε θέση ηρεμίας, με τις τιμές ICC να κυμαίνονται από 0.50 μέχρι 0.79. Αντίθετα, όταν η καταγραφή της απόστασης από τον τέταρτο θωρακικό σπόνδυλο μέχρι το μέσο του χείλους της ωμοπλάτης πραγματοποιήθηκε με ενεργητική προσαγωγή των ωμοπλάτων η δοκιμασία παρουσίασε υψηλότερη αξιοπιστία (interobserver), με τιμές ICC από 0.70 μέχρι 0.80 (Nijls et al., 2005).

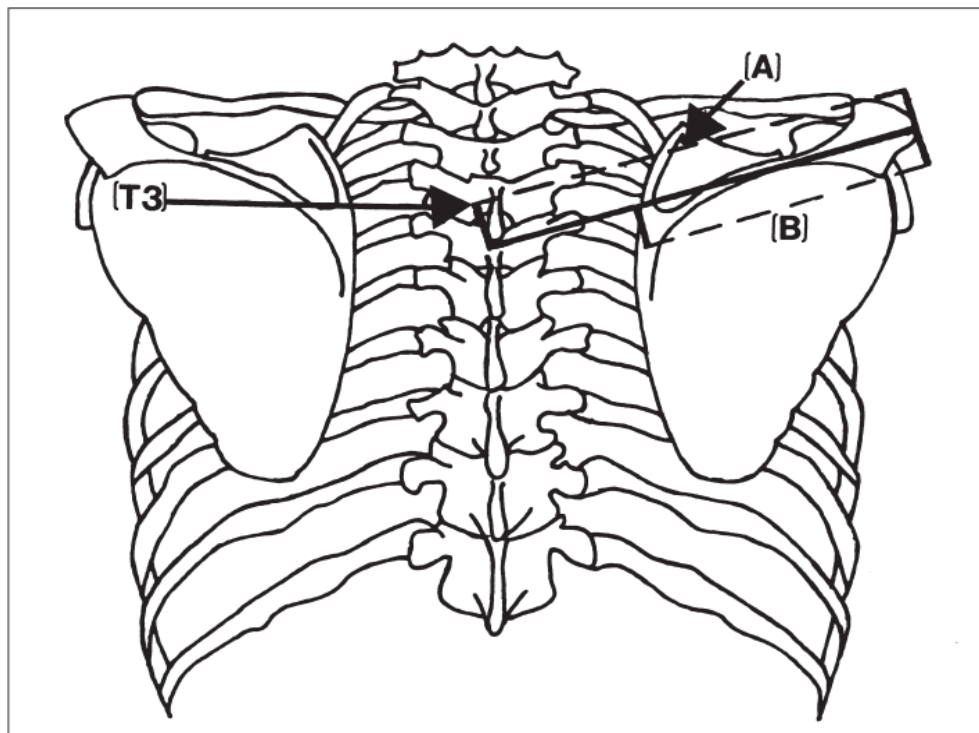
Η καταγραφή της απόστασης από το έσω χείλος της ωμοπλάτης μέχρι τον τρίτο (όχι τον τέταρτο) θωρακικό σπόνδυλο έχει πραγματοποιηθεί από διαφορετικούς ερευνητές, με καταγεγραμμένες τιμές αξιοπιστίας (intraobserver ICC= 0.91) και εγκυρότητας (συσχέτιση της κλινικής δοκιμασίας με τον προσδιορισμό της θέσης της ωμοπλάτης μέσω ακτινογραφίας, $r = 0.57$) (Peterson, et al., 1997).

Οι Diveta και συν. (1990), αξιολόγησαν τη σχέση ανάμεσα στη θέση της ωμοπλάτης και στην παραγωγή δύναμης από τη μέση μοίρα του τραπεζοειδή και το μικρό θωρακικό. Στη μελέτη αυτή η απαγωγή των ωμοπλάτων προσδιορίστηκε διαιρώντας την συνολική απόσταση από τον τρίτο θωρακικό σπόνδυλο μέχρι τη γωνία του ακρωμίου με το μήκος της ωμοπλάτης, ενώ τα άνω άκρα βρίσκονταν στο

πλάι του κορμού σε θέση ηρεμίας. Η αξιολόγηση του μήκους της ωμοπλάτης περιελάμβανε την καταγραφή της απόστασης από τη γωνία του ακρωμίου έως τη βάση της ωμοπλατιαίας άκανθας μέσω της χρήσης μετροταινίας (Εικόνα 2.5.). Αυτή η κανονικοποίηση στην αξιολόγηση της θέσης της ωμοπλάτης πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τους συγγραφείς, προκειμένου να ελεγχτούν τυχόν διαφορές στο σωματικό μέγεθος μεταξύ των δοκιμαζομένων, με μια αυξημένη αναλογία να αποτελεί ένδειξη αυξημένης απαγωγής στη θέση της ωμοπλάτης (DiVeta et al., 1990). Η καταγραφή τόσο της απόστασης από το ακρώμιο μέχρι τον τρίτο θωρακικό σπόνδυλο ($ICC = 0.94$), όσο και του μήκους της ωμοπλάτης ($ICC = 0.85$), έχει παρουσιάσει υψηλές τιμές αξιοπιστίας (intraobserver) σε υγιείς δοκιμαζόμενους (DiVeta et al., 1990). Ομοίως, υψηλές τιμές αξιοπιστίας (interobserver) έχουν καταγραφεί κατά τις επαναλαμβανόμενες μετρήσεις σε ασυμπτωματικούς δοκιμαζόμενους από ξεχωριστό ερευνητή (ICC μεταξύ $0.91 - 0.92$) (Gibson et al., 1995). Παρόλα αυτά, οι DiVeta και συν. (1990) δε παρατήρησαν την ύπαρξη συσχέτισης ανάμεσα στη θέση της ωμοπλάτης και στην ισομετρική δύναμη του μικρού θωρακικού και της μέσης μοίρας του τραπεζοειδή θέτοντας υπό διερεύνηση την παραδοχή περί γραμμικής σχέσης μεταξύ μυϊκής δύναμης και στάσης (Odom et al., 2001).

Οι Greenfield και συν. (1995) αναπαρήγαγαν τη μελέτη των DiVeta et al., συγκρίνοντας τη θέση της ωμοπλάτης μέσω ψηλάφησης, με τον προσδιορισμό της θέσης της ωμοπλάτης μέσω ακτινογραφίας. Η κανονικοποιημένη αναλογία της απαγωγής της ωμοπλάτης, όπως καταγράφηκε μέσω της ψηλάφησης, παρουσίασε τιμές αξιοπιστίας $ICC = 0.97$ (intrarater) και $ICC = 0.96$ (intrerrater) αντίστοιχα, ενώ

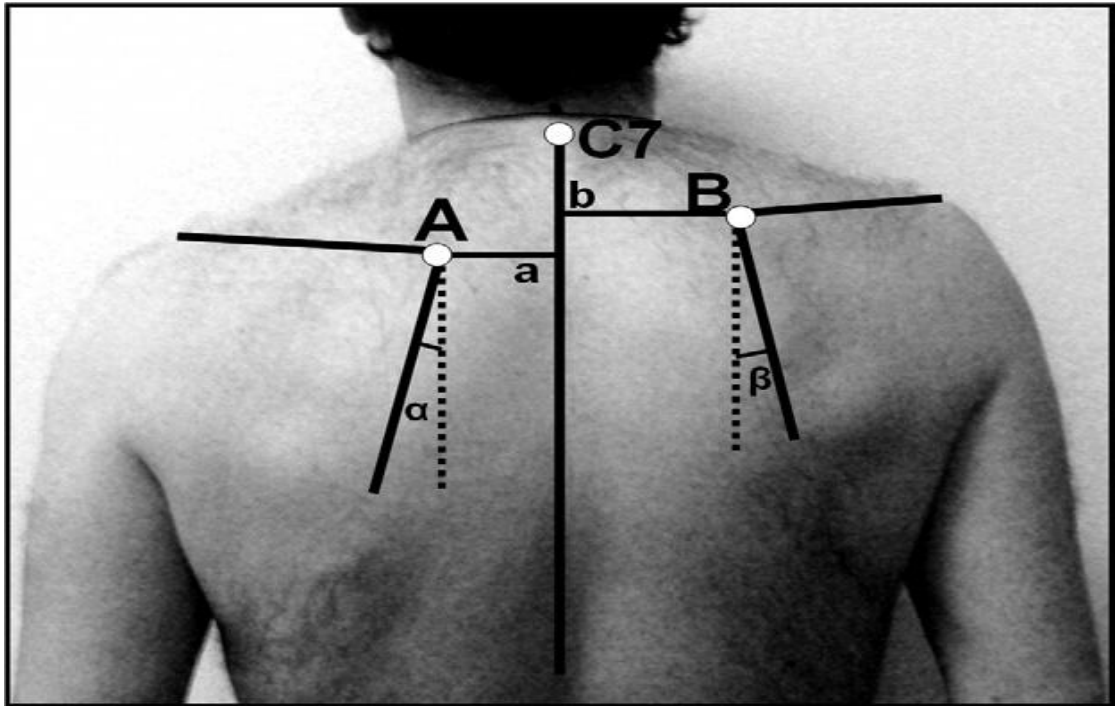
η σύγκριση των μεθόδων της ψηλάφησης και της ακτινογραφίας για τον προσδιορισμό της θέσης της ωμοπλάτης παρουσίασε τιμές συσχέτισης r από 0.73 μέχρι 0.79. Η απουσία διαφορών στην απαγωγή της θέσης της ωμοπλάτης μεταξύ υγιών δοκιμαζομένων και ασθενών με τραυματισμούς καταπόνησης στον ώμο, οδήγησε τον συγγραφέα σε παρόμοια συμπεράσματα με αυτά των DiVeta et al., όσον αφορά τη σχέση μεταξύ στάσης και δυσλειτουργίας. Παρόλα αυτά, πρόσφατη μελέτη αξιοπιστίας (intraobserver) των γραμμικών και γωνιακών μεθόδων αξιολόγησης της θέσης της ωμοπλάτης, φαίνεται να αμφισβητεί την εφαρμογή της μεθόδου των DiVeta et al. σχετικά με τον προσδιορισμό της στατικής θέσης της ωμοπλάτης σε συμπτωματικούς και υγιείς δοκιμαζόμενους (Lewis & Valentine, 2008).



Εικόνα 2.5. Αξιολόγηση της απαγωγής της ωμοπλάτης μετρώντας την απόσταση (A) από την ακανθώδη απόφυση του τρίτου θωρακικού σπονδύλου (T3) μέχρι τη γωνία του ακρωμίου. Αυτή η απόσταση διαιρείται με το μήκος της ωμοπλάτης (B), το οποίο αποτελεί την απόσταση από τη βάση της ωμοπλατιαίας άκανθας μέχρι τη γωνία του ακρωμίου. (Προσαρμοσμένο από DiVeta et al., 1990)

Η δοκιμασία Lennie αποτελεί μια ακόμα μέθοδος για την αξιολόγηση της θέσης της ωμοπλάτης σε ηρεμία, η οποία έχει παρουσιάσει από μέτριες μέχρι υψηλές τιμές αξιοπιστίας (intertester), και τεκμηριωμένη εγκυρότητα σε σχέση με ακτινογραφικές προσεγγίσεις (Sobush et al., 1996). Παρόλα αυτά, η δοκιμασία αυτή αποτελεί μια χρονοβόρα και πολύπλοκη μέθοδος περιορίζοντας την εφαρμογή της στην κλινική πρακτική (Nijs et al., 2007).

Σύμφωνα με τους Burkhart και συν. (2003b), η στατική αξιολόγηση της ασυμμετρίας στη θέση της ωμοπλάτης overhead αθλητών θα πρέπει να περιλαμβάνει τη διαφορά: (1) στο ύψος, (2) στην απαγωγή και (3) στην άνω στροφή μεταξύ των ωμοπλατών (Εικόνα 2.6.). Η διαφορά στο ύψος αποτελεί την κατακόρυφη απόσταση σε εκατοστά μεταξύ της άνω γωνίας της ωμοπλάτης του κυρίαρχου σε σχέση με το μη κυρίαρχο άνω άκρο. Η απαγωγή αποτελεί τη διαφορά της οριζόντιας απόστασης σε εκατοστά της άνω γωνίας της ωμοπλάτης του κυρίαρχου σε σχέση με το μη κυρίαρχο άκρο από τη σπονδυλική στήλη (ΣΣ), ενώ η άνω στροφή των ωμοπλατών αποτελεί τη διαφορά σε μοίρες μεταξύ της γωνίας που σχηματίζει το έσω χείλος της ωμοπλάτης με τη μέση γραμμή της ΣΣ του κυρίαρχου σε σχέση με το μη κυρίαρχο άκρο (Burkhart et al., 2003b). Σύμφωνα με τους Gumina και συν. (2009), 1.5 εκ. ή 5° διαφορά μεταξύ των ωμοπλατών σε οποιαδήποτε από τις παραπάνω μετρήσεις αποτελεί ένδειξη ασυμμετρίας, και χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση ασθενών με δυσκίνηση της ωμοπλάτης.



Εικόνα 2.6. Μέτρηση πρώτη: διαφορά στο κατακόρυφο ύψος μεταξύ της άνω γωνίας της ωμοπλάτης του κυρίαρχου (A) σε σχέση με το μη κυρίαρχο άκρο (B) (μέτρηση της απόστασης από το a στο b σε εκατοστά). Μέτρηση δεύτερη: απόσταση της άνω γωνίας της ωμοπλάτης (A,B) από τη μέση γραμμή, στο κυρίαρχο και μη κυρίαρχο άκρο (η απόσταση σε εκατοστά από το A στο a μείον την απόσταση από το B στο b). Τρίτη μέτρηση: διαφορά σε μοίρες της γωνίας που σχηματίζει το έσω χείλος της ωμοπλάτης με τη μέση γραμμή, μεταξύ του κυρίαρχου (γωνία α) και του μη κυρίαρχου άκρου (γωνία β). (Προσαρμοσμένο από Gumina et al., 2009)

2.4.2. Δυναμικές μετρήσεις της θέσης της ωμοπλάτης

Η δοκιμασία της πλευρικής ολίσθησης της ωμοπλάτης (Δ.Π.Ο.Ω.) εφαρμόστηκε αρχικά από τον Kibler (1991, 1998) και αποτελεί μια γραμμική αξιολόγηση της ασυμμετρίας στη θέση της ωμοπλάτης κάτω από την επίδραση διαφορετικών φορτίων του υποστηρικτικού μυϊκού συστήματος, σε τρεις θέσεις καταγραφής: τοποθετώντας τα άνω άκρα στις 0 μοίρες (θέση 1), στις 45 μοίρες (θέση 2), και στις 90 μοίρες απαγωγής (θέση 3) σε συνδυασμό με έσω στροφή. Η εφαρμογή της δοκιμασίας Δ.Π.Ο.Ω. περιλαμβάνει την καταγραφή της απόστασης από την κάτω γωνία της ωμοπλάτης μέχρι την ακανθώδη απόφυση του αντίστοιχου θωρακικού σπονδύλου, στο οριζόντιο επίπεδο. Δύο μετρήσεις πραγματοποιούνται σε κάθε

πλευρά επιτρέποντας συγκρίσεις των μέσων όρων, ενώ το σημείο αναφοράς στη σπονδυλική στήλη, όπως αυτό καθορίζεται στη θέση 1 στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο με την κάτω γωνία της ωμοπλάτης, διατηρείται και στις τρεις θέσεις. Εκτός από τον προσδιορισμό της ασυμμετρίας στη θέση των ωμοπλατών, η Δ.Π.Ο.Ω. χρησιμοποιήθηκε για την αξιολόγηση της ικανότητας των σταθεροποιών μυών να ελέγξουν τη θέση της ωμοπλάτης κάτω από την επίδραση διαφορετικών φορτίων του υποστηρικτικού μυϊκού συστήματος. Ωστόσο η ΗΜΓ δραστηριότητα των σταθεροποιών μυών της ωμοπλάτης βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα μόνο στη θέση 1, γεγονός που δε συμβαίνει με τις θέσεις 2 και 3 της Δ.Π.Ο.Ω. (Kibler, 1998). Οι θέσεις 2 και 3 τοποθετούν των ώμο σε διαφορετικές μοίρες έσω στροφής και απαγωγής, αυξάνοντας τις απαιτήσεις από την άνω και την κάτω μοίρα του τραπεζοειδή καθώς και τον πρόσθιο οδοντωτό για έλεγχο της ωμοπλάτης (εικόνα 1.1) (Kibler, 1991).

Σύμφωνα με τον Kibler (1991), η Δ.Π.Ο.Ω. αξιολογεί την ικανότητα των οπίσθιων μυών του ώμου προκειμένου να σταθεροποιήσουν και να ελέγξουν τη θέση της ωμοπλάτης, με μια αμφίπλευρη διαφορά μικρότερη του 1.0 εκ στην απόσταση μεταξύ των ωμοπλατών, να αποτελεί ένδειξη συμμετρικής λειτουργίας των σταθεροποιών μυών σε υγιείς, ασυμπτωματικούς αθλητές. Αντίθετα, σε αθλητές με συμπτώματα παθολογίας, ο Kibler παρατήρησε μια διαφορά μεγαλύτερη από 1.0 εκ στην πλευροπλευρική απόσταση των ωμοπλατών, την οποία και συσχέτισε με την ύπαρξη παθολογίας, πόνο και περιορισμένη λειτουργία στην περιοχή του ώμου (Kibler, 1991). Πιο πρόσφατα, η διαφορά αυτή προσδιορίστηκε σε μια τιμή μεγαλύτερη ή ίση του 1.5 εκ, σε οποιαδήποτε από τις τρεις θέσεις μέτρησης,

ενδεικτική για την ύπαρξη ασυμμετρίας και τη διάγνωση παθολογίας στην ωμική ζώνη (Kibler, 1998). Σύμφωνα με τον ίδιο, όσο μεγαλύτερη είναι η πλευρική μετατόπιση της ωμοπλάτης τόσο περισσότερο βραχυμένες θα είναι οι μυϊκές ίνες που προσφύονται σε αυτή, μεταβάλλοντας τη μηχανοδυναμική καμπύλη και την απόδοση των μυών κατά τη σύγκεντρη και έκκεντρη λειτουργία τους (Kibler, 1991).

Σε μελέτες αξιολόγησης της εγκυρότητας της Δ.Π.Ο.Ω., ο προσδιορισμός της κάτω-έσω γωνίας της ωμοπλάτης με ψηλάφηση παρουσίασε υψηλή συσχέτιση με ακτινολογικές προσεγγίσεις του ίδιου σημείου, στις διαφορετικές θέσεις μέτρησης ($r=0.91$). Επιπλέον, ο δείκτης αξιοπιστίας της δοκιμασίας κυμάνθηκε από 0.84 μέχρι 0.88 κατά τις επαναλαμβανόμενες μετρήσεις από τον ίδιο εξεταστή (intratester), ενώ μεταξύ διαφορετικών εξεταστών (intertester) ο δείκτης κυμάνθηκε μεταξύ 0.77 και 0.85, ανάλογα με τη θέση καταγραφής (Kibler, 1998). Σύμφωνα με τον Kibler, η τρίτη θέση καταγραφής αποτελεί την πλέον δύσκολη για ακριβή μέτρηση εξαιτίας της μυϊκής δραστηριότητας. Παρόλα αυτά, η θέση αυτή παρουσίασε τιμές αξιοπιστίας μεγαλύτερες από 0.78 (intra-intertester), με αποτέλεσμα η Δ.Π.Ο.Ω. να προτείνεται ως μια αξιόπιστη μέθοδος για τον προσδιορισμό της θέσης της ωμοπλάτης και τον έλεγχο των μυών που σταθεροποιούν την ωμοπλατοθωρακική άρθρωση (Kibler, 1998).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα μελέτης των Gibson και συν. (1995), η Δ.Π.Ο.Ω. παρουσίασε από καλές μέχρι υψηλές τιμές αξιοπιστίας κατά τις επαναλαμβανόμενες μετρήσεις από τον ίδιο εξεταστή (intratester), αλλά χαμηλές τιμές μεταξύ διαφορετικών εξεταστών (intertester). Σε δείγμα 71 υγιών αθλητών οι οποίοι συμμετείχαν σε αθλήματα κυριαρχίας το ενός άνω άκρου, οι Koslow και συν. (2003)

παρατήρησαν ότι 52 άτομα από το σύνολο του δείγματος παρουσίαζαν μια διαφορά στην απόσταση μεταξύ των ωμοπλάτων τουλάχιστον 1.5 εκ σε μία ή περισσότερες από τις τρεις θέσεις μέτρησης. Οι ίδιοι κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η ασυμμετρία στη θέση των ωμοπλάτων δεν υποδηλώνει υποχρεωτικά και την ύπαρξη δυσλειτουργίας, με τη Δ.Π.Ο.Ω. να παρουσιάζει χαμηλή ικανότητα για τη διάγνωση παθολογιών στην ωμική ζώνη (specificity = 26.8%) (Koslow et al., 2003). Σε παρόμοια συμπεράσματα όσον αφορά την ευαισθησία της δοκιμασίας για τη διάγνωση παθολογίας κατέληξαν οι Odom και συν. (2001), σε συγκρίσεις που πραγματοποίησαν σε ανομοιογενές δείγμα από υγιείς δοκιμαζομένους και ασθενείς με παθολογία στην περιοχή του ώμου. Σύμφωνα με τους συγγραφείς, η Δ.Π.Ο.Ω. δε θα πρέπει να χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό ατόμων με δυσλειτουργίες στην ωμική ζώνη (Odom et al., 2001). Οι Nijls και συν. (2005) παρατήρησαν τιμές ICC > 0.70 (interobserver), αλλά παρόλα αυτά δεν παρατήρησαν την ύπαρξη συσχέτισης ανάμεσα στα αποτελέσματα της δοκιμασίας και στην αναφερόμενη σοβαρότητα του πόνου από τους δοκιμαζόμενους. Τέλος σύμφωνα με τους Oyama και συν. (2008), η ύπαρξη ασυμμετρίας στη θέση των ωμοπλάτων κατά την κλινική αξιολόγηση overhead αθλητών μπορεί να είναι φυσιολογική, ενώ ο προσδιορισμός της θέσης της ωμοπλάτης πιθανώς απαιτεί την εφαρμογή ενός εύρους τεχνικών αξιολόγησης από τους κλινικούς ερευνητές προκειμένου να ανιχνευθεί η ύπαρξη δυσλειτουργίας στην περιοχή του ώμου (McKenna et al., 2004).

Οι Forthomme και συν. (2008), με βάση την κλινική τους εμπειρία αναφέρουν ότι η Δ.Π.Ο.Ω., παρά την προφανή έλλειψη δυνατότητας για τη διάγνωση παθολογιών στην ωμική ζώνη, μπορεί να συμβάλει στην αξιολόγηση της ασυμμετρίας καθώς

στον προσδιορισμό πιθανής βελτίωσης στη θέση της ωμοπλάτης κατά τη διάρκεια των προγραμμάτων αποκατάστασης.

Τέλος, το γωνιόμετρο χρησιμοποιείται για την μέτρηση της άνω στροφής της ωμοπλάτης, και αποτελεί μια ακόμα κλινική μέθοδο αξιολόγησης της θέσης της ωμοπλάτης σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο αναφοράς. Διάφοροι συγγραφείς έχουν τεκμηριώσει την εγκυρότητα και την αξιοπιστία των κλινικών αυτών μετρήσεων της κινηματικής της ωμοπλάτης (Kibler & McMullen, 2003; Johnson et al., 2001). Σε μελέτη των Johnson και συν. (2001), η άνω στροφή της ωμοπλάτης μετρημένη με ψηφιακό γωνιόμετρο συγκρίθηκε με τρισδιάστατες καταγραφές από συσκευή μαγνητικής ανίχνευσης, και με τα άνω άκρα στις 0°, 60°, 90° και 120° ανύψωσης στο επίπεδο της ωμοπλάτης (Εικόνα 2.7.). Το ψηφιακό γωνιόμετρο παρουσίασε από καλές μέχρι υψηλές τιμές αξιοπιστίας (intratester) (τιμές ICC από 0.89 μέχρι 0.96), ενώ η εγκυρότητα της συσκευής στην αξιολόγηση της άνω στροφής της ωμοπλάτης χαρακτηρίστηκε από καλή μέχρι άριστη (r από 0.59 μέχρι 0.92) (Johnson et al., 2001). Επίσης, οι επαναλαμβανόμενες μετρήσεις της άνω στροφής της ωμοπλάτης με γωνιόμετρο σε ασθενείς με διαφορετικές παθολογίες στην περιοχή του ώμου παρουσίασαν πολύ καλή αξιοπιστία (intratester) σε όλες τις θέσεις απαγωγής του άνω άκρου, με τιμές ICC από 0.81 μέχρι 0.94 (Watson et al., 2005), ενώ οι Borsa και συν. (2003) επιβεβαίωσαν μέσω της εφαρμογής ψηφιακού γωνιόμετρου, την αυξημένη άνω στροφή της ωμοπλάτης κατά την ανύψωση του βραχιονίου στο επίπεδο της ωμοπλάτης σε σχέση με το οβελιαίο επίπεδο.



Εικόνα 2.7. Μέτρηση της άνω στροφής της ωμοπλάτης με ψηφιακό γωνιόμετρο προσαρμοσμένο στην ωμοπλατιαία άκανθα, κατά την ανύψωση του βραχιονίου στο επίπεδο της ωμοπλάτης. (προσαρμοσμένο από Laudner et al., 2007)

2.5. Οι ασκήσεις κλειστής κινητικής αλυσίδας στην αποκατάσταση του ώμου.

Οι ασκήσεις κλειστής κινητικής αλυσίδας χρησιμοποιούνται συχνά στα προγράμματα αποκατάστασης του κάτω άκρου, ειδικά ύστερα από τραυματισμούς του πρόσθιου χιαστού συνδέσμου (Risberg et al., 2004; Wright, et al., 2008). Οι αρθρώσεις της ποδοκνημικής, του γόνατος και του ισχίου αποτελούν την κινητική αλυσίδα για το κάτω άκρο, όπως αντίστοιχα η ωμοπλατοθωρακική, η ακρωμιοκλειδική, η στερνοκλειδική και η γληνοβραχιόνια άρθρωση θεωρούνται η κινητική αλυσίδα για το άνω άκρο (Lephart & Henry, 1996). Όταν το περιφερικό τμήμα του άκρου σταθεροποιείται ή ακινητοποιείται, όπως κατά τη φόρτισή του πάνω στο έδαφος, τότε η κινητική αλυσίδα είναι κλειστή. Κατά αναλογία, σε μια ανοικτή κινητική αλυσίδα το περιφερικό τμήμα κινείται και δεν είναι σταθεροποιημένο.

Παρόλο που οι ασκήσεις κλειστής κινητικής αλυσίδας χρησιμοποιούνται πιο συχνά στην αποκατάσταση των τραυματισμών του κάτω άκρου, πρόσφατες μελέτες προτείνουν την ένταξη των δραστηριοτήτων αυτών στα πρωτόκολλα αποκατάστασης του άνω άκρου overhead αθλητών (Burkhart et al., 2003b; Wilk et al., 2002). Σε αντίθεση με το κάτω άκρο, το άνω άκρο είναι περισσότερο λειτουργικό ως σύστημα ανοικτής κινητικής αλυσίδας, με διαφορετικά πρότυπα μυϊκής ενεργοποίησης να έχουν καταγραφεί στις διάφορες κινήσεις της άρθρωσης του ώμου όπως είναι η ώθηση, η έλξη, η ανύψωση και η ρίψη πάνω από το επίπεδο του κεφαλιού (Illyes & Kiss, 2005). Αυτές οι δραστηριότητες σε γενικές γραμμές είναι δυναμικές κινήσεις, πολύ συχνά υψηλής ταχύτητας, όπως είναι η ρίψη της μπάλας στο baseball, η επαναφορά στην αντισφαίριση, ένα καρφί στην πετοσφαίριση. Στις κινήσεις αυτές τα κεντρικότερα τμήματα της κινητικής αλυσίδας χρησιμοποιούνται για σταθεροποίηση, ενώ τα περιφερικότερα τμήματα κινούνται ελεύθερα. Οι κάμπεις-τάσεις αγκώνων (push-ups), οι έλξεις και το κατακόρυφο στη γυμναστική είναι όλα παραδείγματα δραστηριοτήτων κλειστής κινητικής αλυσίδας για το άνω άκρο. Στις περιπτώσεις αυτές το χέρι σταθεροποιείται και οι μυϊκές συστολές γύρω από τα πιο κεντρικά τμήματα, όπως είναι ο αγκώνας και ο ώμος, λειτουργούν για να ανυψώσουν και να χαμηλώσουν το σώμα. Άλλες δραστηριότητες όπως είναι η κολύμβηση, η χιονοδρομία εκτός πίστας και χρήση αναπηρικής καρέκλας περιέχουν γρήγορες εναλλαγές κινήσεων ανοικτής και κλειστής κινητικής αλυσίδας (Wilk et al., 1996).

Σύμφωνα με τους Myers και Oyama (2009), η σταθερότητα της περιοχής του ώμου και η απόδοση στις λειτουργικές δραστηριότητες εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό

από τη συντονισμένη δράση των μυών που προσπελαύνουν τις αρθρώσεις της ωμικής ζώνης, με την εφαρμογή των ασκήσεων κλειστής κινητικής αλυσίδας να γίνεται όλο και πιο συχνά στα σύγχρονα προγράμματα αποκατάστασης του άνω άκρου. Οι δραστηριότητες αυτές εντάσσονται στα αρχικά κιόλας στάδια της αποκατάστασης του ώμου, εξαιτίας των μειωμένων διατμητικών δυνάμεων, ενώ τις περισσότερες φορές εκτελούνται με το άνω άκρο ακινητοποιημένο οπότε δεν προκύπτει κάποια κίνηση, και η αντίσταση εφαρμόζεται αξονικά ή στροφικά. Σαν αποτέλεσμα οι ασκήσεις κλειστής κινητικής αλυσίδας επιφέρουν συμπίεση και προσέγγιση στην άρθρωση, συντελούν στην ενίσχυση της συνσύσπασης των μυών που την προσπελαύνουν και στη βελτίωση της δυναμικής σταθερότητας, ενώ προαγάγουν τη διέγερση των ιδιοδεκτικών υποδοχέων (Dillman et al., 1994; Lephart & Henry, 1996; Wilk et al., 1996).

Η λειτουργική σταθερότητα της περιοχής του ώμου ορίζεται ως η διατήρηση της κατάλληλης θέσης της βραχιόνιας κεφαλής σε σχέση με την ωμογλήνη, ανεξαρτήτως της θέσης του άνω άκρου, μέσω της συντονισμένης και συγχρονισμένης λειτουργίας των στατικών και δυναμικών σταθεροποιών παραγόντων (Myers et al., 2004). Η συντονισμένη αυτή λειτουργία επιτυγχάνεται μέσω της ρυθμιστικής δράσης του αισθητικοκινητικού συστήματος (Myers & Lephart, 2000). Σύμφωνα με τους Lephart και συν. (2000), το αισθητικοκινητικό σύστημα περιλαμβάνει την ενσωμάτωση των αισθητικών και κινητικών πληροφοριών καθώς και την επεξεργασία τους σε κεντρικό επίπεδο. Η αισθητική πληροφορία (ιδιοδεκτικότητα), μεταδιδόμενη μέσω κεντρομόλων οδών στο κεντρικό νευρικό σύστημα ενσωματώνεται και επεξεργάζεται μαζί με επιπλέον πληροφορίες από άλλα επίπεδα

του νευρικού συστήματος και καθορίζονται οι φυγόκεντρες κινητικές απαντήσεις (Lephart et al., 1997). Η κινητική αντίδραση στην αισθητική πληροφόρηση αποτελεί τον νευρομυϊκό έλεγχο (Myers & Lephart, 2002). Οι Lephart και Henry (2000) αναφέρουν ότι η λειτουργική σταθερότητα της ωμικής ζώνης είναι το αποτέλεσμα της κατάλληλης σταθεροποίησης της ωμοπλατοθωρακικής και της γληνοβραχιόνιας διάρθρωσης καθώς και του ελέγχου του βραχιονίου, μέσω της ρυθμιστικής δράσης των μηχανισμών του νευρομυϊκού ελέγχου.

Η παθολογία της περιοχής του ώμου καθώς και τα μη φυσιολογικά πρότυπα κίνησης της ωμοπλάτης έχουν συσχετισθεί από πολλούς ερευνητές με την αδυναμία των μυών της ωμοπλατοθωρακικής άρθρωσης (Cools et al., 2004; Cools et al., 2005; Glousman et al., 1988), ενώ άλλοι συγγραφείς έχουν αποδώσει τη δυσκίνηση της ωμοπλάτης στην μυϊκή ανισορροπία παρά στις απόλυτες τιμές μυϊκής δύναμης (Cools et al., 2007; Ludewig & Cook, 2000). Συγκεκριμένα, η αυξημένη ενεργοποίηση της άνω μοίρας του τραπεζοειδή (Α.Μ.Τ.) έχει προταθεί ότι συμβάλλει στη διαταραχή της φυσιολογικής κίνησης της ωμοπλάτης. Σε ασθενείς με παθολογία στη περιοχή του ώμου, η υψηλή ενεργοποίηση της Α.Μ.Τ. σε συνδυασμό με την αδυναμία του πρόσθιου οδοντωτού μυός (Π.Ο.) έχει βρεθεί ότι διαταράσσει τη φυσιολογική στροφή της ωμοπλάτης και οδηγεί στην πρόκληση συμπτωμάτων πρόσκρουσης κατά τη διάρκεια overhead δραστηριοτήτων (Ludewig & Cook, 2000). Αυξημένη ενεργοποίηση της Α.Μ.Τ. σε συνδυασμό με μειωμένη ενεργοποίηση του Π.Ο., της μέσης (Μ.Μ.Τ.) και της κάτω μοίρας του τραπεζοειδή (Κ.Μ.Τ.) έχει καταγραφεί σε overhead αθλητές και απλούς δοκιμαζόμενους με πόνο στην περιοχή του ώμου (Cools et al., 2007; Ludewig & Cook, 2000; Peat & Grahama, 1977).

Η ανισορροπία στην ενεργοποίηση ανάμεσα στον πρόσθιο οδοντωτό και την άνω μοίρα του τραπεζοειδή (υψηλό πηλίκο A.M.T./Π.Ο.) μπορεί να προκαλέσει διαταραχή των προτύπων κίνησης της ωμοπλάτης, με υπερβολική προς τα πάνω μετατόπιση και περιορισμένη άνω στροφή της ωμοπλάτης κατά την ανύψωση των άνω άκρων. Η διαταραχή αυτή έχει χαρακτηριστεί σύμφωνα με τον Kibler και συν. (2002) σαν δυσκίνηση τύπου III (Εικόνα 2.8.). Σε ασθενείς με ανισορροπία στο πηλίκο A.M.T./Π.Ο., η εφαρμογή ασκήσεων που επιλεκτικά διεγείρουν την ενεργοποίηση του πρόσθιου οδοντωτού ενώ προκαλούν μειωμένη ενεργοποίηση της άνω μοίρας του τραπεζοειδή (χαμηλή αναλογία ενεργοποίησης A.M.T./Π.Ο.) θεωρούνται προτιμότερες σε σχέση με ασκήσεις που ενεργοποιούν συνολικά τους μύες της ωμοπλατοθωρακικής άρθρωσης (Ludewig et al., 2004). Οι ασκήσεις κλειστής κινητικής αλυσίδας (K.K.A.) όπως είναι τα push-ups, έχει βρεθεί ότι διεγείρουν υψηλά επίπεδα ενεργοποίησης του πρόσθιου οδοντωτού ενώ προκαλούν σχετικά χαμηλή ενεργοποίηση της άνω μοίρας του τραπεζοειδή, με την τοποθέτηση των άνω άκρων τόσο σε σταθερές όσο και σε ασταθείς επιφάνειες στήριξης (de Oliveira et al., 2008; Lear & Gross, 1998).



Εικόνα 2.8. Μη φυσιολογικά πρότυπα κίνησης της ωμοπλάτης με υπερβολική μετατόπιση του άνω ορίου της και περιορισμένη άνω στροφή κατά την ανύψωση των άνω άκρων. (προσαρμοσμένο από Ludewig et al., 2004)

Στο μεγαλύτερο μέρος της αποκατάστασης οι ασκήσεις κλειστής κινητικής αλυσίδας χρησιμοποιούνται για την ενδυνάμωση και την επανάκτηση του νευρομυϊκού ελέγχου των μυών που δρουν για τη σταθεροποίηση της ωμικής ζώνης (Ubinger et al., 1999). Οι Lephart και Henry (1996), έχουν προτείνει ένα λειτουργικό σύστημα ταξινόμησης των ασκήσεων με βάση την κλινική τους εφαρμογή και τη χρήση τους στα διαφορετικά στάδια της αποκατάστασης. Με βάση την ταξινόμηση αυτή, η πλήρης αποκατάσταση της ιδιοδεκτικότητας και του νευρομυϊκού ελέγχου επιτυγχάνεται μέσω της προοδευτικής εκτέλεσης δραστηριοτήτων: 1) δυναμικής σταθεροποίησης, 2) αίσθησης της θέσης της άρθρωσης και κιναισθησίας, 3) αντιδραστικού νευρομυϊκού ελέγχου και 4) λειτουργικών κινητικών προτύπων (Lephart & Henry, 1996; Lephart et al., 1997).

Οι δραστηριότητες δυναμικής σταθεροποίησης προάγουν τη συνσύσπαση των μυών μέσω της συμπίεσης και προσέγγισης των αρθρικών επιφανειών. Στον ώμο, τέτοιες δραστηριότητες αποτελούν οι ασκήσεις αξονικής φόρτισης (μεταφοράς του σωματικού βάρους), διεγείροντας τη συνσύσπαση των ζεύγων μυών που προσπελαίνουν τη γληνοβραχιόνια και την ωμοπλατοθωρακική διάρθρωση (Davies & Dickoff-Hoffman, 1993; Wik & Arrigo, 1993). Τα ζεύγη δυνάμεων μεταξύ κάτω και άνω μοίρας του τραπεζοειδή και ανελκτήρα της ωμοπλάτης, όπως και μεταξύ ρομβοειδών, μέσης μοίρας του τραπεζοειδή και του πρόσθιου οδοντωτού είναι κρίσιμα για τη θέση της ωμοπλάτης, δημιουργώντας μια σταθερή βάση για τον κινούμενο βραχίονα. Υπάρχει μια ποικιλία ασκήσεων μεταφοράς βάρους για τη διευκόλυνση της γληνοβραχιόνιας και ωμοπλατοθωρακικής δυναμικής σταθεροποίησης μέσω της χρήσης αξονικής συμπίεσης, όπως είναι η τετραποδική

και η τριποδική στήριξη (θέση push-up στο ένα χέρι), με το βάρος να υποστηρίζεται πάνω σε μια σταθερή επιφάνεια ή πάνω σε μια κινούμενη ασταθή επιφάνεια και με το άνω άκρο ακινητοποιημένο (Padua et al., 2004; Rogol et al., 1998; Ubinger et al., 1999).

2.6. Η εφαρμογή των ασκήσεων σε ασταθή επιφάνεια στην αποκατάσταση του ώμου

Ενώ οι ασκήσεις αξονικής φόρτισης με ακινητοποιημένο το άνω άκρο εφαρμόζονται συνήθως στα αρχικά στάδια της αποκατάστασης, ο Wilk και συν. (1996, 2002, 2009) έχουν προτείνει την εφαρμογή παρόμοιων ασκήσεων (push-up) πάνω σε σχετικά ασταθείς επιφάνειες, όπως είναι οι Ελβετικές μπάλες (swiss ball) και οι ιατρικές μπάλες (medicine ball), στα πιο προχωρημένα στάδια της αποκατάστασης του ώμου. Η προοδευτικότητα των ασκήσεων πρέπει να περιλαμβάνει μετάβαση από τις στατικές ασκήσεις κλειστής κινητικής αλυσίδας στις δυναμικές ασκήσεις αξονικής φόρτισης, μεταβάλλοντας τις επιφάνειες στήριξης καθώς και τα πρότυπα κίνησης (McMullen & Uhl, 2000). Οι δραστηριότητες αυτές αναφέρονται ως ασκήσεις αντιδραστικού νευρομυϊκού ελέγχου, και στοχεύουν στη διέγερση της αντανακλαστικής μυϊκής σταθεροποίησης γύρω από την άρθρωση (Lephart & Henry, 2000). Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία οι ασκήσεις αυτές προκαλούν μεγάλη αστάθεια και απαιτούν υψηλό βαθμό δυναμικής σταθεροποίησης, ενώ αναφέρονται και σαν ασκήσεις ρυθμικής σταθεροποίησης (Irrgang et al., 1992; Wilk et al., 1996; Wilk et al., 2002).

Μια ποικιλία ασταθών επιφανειών αναφέρονται στη βιβλιογραφία, διαθέσιμες για αθλητικούς σκοπούς, προπόνηση φυσικής κατάστασης, καθώς και για ασκήσεις

αποκατάστασης. Η πλέον γνωστή ασταθή βάση στήριξης θεωρείται η Ελβετική μπάλα (swissball ή physioball), η οποία αποτελείται από μια ελαστική μπάλα γεμάτη με αέρα, ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διαφορετικές διαμέτρους. Άλλες ασταθείς επιφάνειες αποτελούν οι ημισφαιρικές μπάλες ισορροπίας (BOSU), οι δίσκοι με αέρα (Dyna Disc), οι πλατφόρμες ισορροπίας (wobble board), οι αφρώδεις επιφάνειες, οι ιατρικές μπάλες (medicine ball), το τραμπολίνο, το μηχάνημα Fitter και η πλατφόρμα BAPS. Ο Borsa και συν. (1994) αναφέρουν ότι οι ασταθείς βάσεις στήριξης προκαλούν μια σειρά κινητικών αντιδράσεων διεγείροντας αρθρικούς και μυϊκούς μηχανοϋποδοχείς για αντανακλαστική αρθρική σταθεροποίηση, ως αποτέλεσμα των ξαφνικών μεταβολών στη θέση της άρθρωσης. Οι ασκήσεις αυτές αντανακλαστικής σταθεροποίησης παρέχουν το μηχανισμό για την εκπαίδευση της δυναμικής αρθρικής σταθεροποίησης (Borsa et al., 1994).

Λαμβάνοντας υπόψη το σημαντικό ρόλο του αισθητικοκινητικού συστήματος στη σταθερότητα και λειτουργία του ώμου, οι κλινικοί θεραπευτές έχουν χρησιμοποιήσει μια ποικιλία προπονητικών τεχνικών για την επαναφορά των λειτουργιών που διαταράσσονται ύστερα από κάποιο τραυματισμό. Οι δραστηριότητες αισθητικοκινητικής προπόνησης αναφέρεται ότι βελτιώνουν τα χαρακτηριστικά ενεργοποίησης καθώς και την παραγωγή δύναμης των μυών της ωμικής ζώνης, μεταβάλλουν τα κινητικά προγράμματα και βελτιώνουν την ιδιοδεκτική ικανότητα. Πιο συγκεκριμένα, οι δραστηριότητες αυτές αναφέρεται ότι διεγείρουν την ενεργοποίηση και το συντονισμό των μυών που πιθανώς είναι αναχαιτισμένοι εξαιτίας του τραυματισμού, διευκολύνοντας τη συνσύσπαση των ζεύγων μυών και ενισχύοντας την αρθρική σταθεροποίηση (Myers & Oyama, 2009). Η προσθήκη των

ασταθών επιφανειών στην αποκατάσταση έχει βρεθεί ότι συμβάλει στις παραπάνω προσαρμογές, πιθανώς αυξάνοντας την ΗΜΓ δραστηριότητα των σταθεροποιών μυών, αναγκαία για τη διατήρηση της ισορροπίας (Anderson & Behm, 2004; Behm & Anderson, 2006).

Παρόλα αυτά, μέχρι σήμερα δεν είχε διερευνηθεί επαρκώς η επίδραση των ασκήσεων κλειστής κινητικής αλυσίδας (push-up) στην ενεργοποίηση των μυών που σταθεροποιούν την ωμοπλατοθωρακική άρθρωση overhead αθλητών, κατά την στήριξη σε σταθερές και ασταθείς επιφάνειες. Προηγούμενες μελέτες έχουν αξιολογήσει την ενεργοποίηση των μυών της ωμοπλάτης σε υγιείς μη overhead δοκιμαζόμενους κατά την εκτέλεση κάμψεων-τάσεων αγκώνων (push-ups) τόσο σε μπάλες ισορροπίας όσο και σε τραμπολίνο, χωρίς όμως να διαπιστώσουν σημαντικές μεταβολές στην ενεργοποίηση του πρόσθιου οδοντωτού και της άνω μοίρας του τραπεζοειδή σε σχέση με το έδαφος (de Oliveira et al., 2008; Lear & Gross, 1998; Lehman et al., 2008; Sandhu et al., 2008). Επιπλέον, η προσθήκη ασταθούς πλατφόρμας ισορροπίας (wobble board) προκάλεσε μείωση στην ενεργοποίηση του πρόσθιου οδοντωτού μυός κατά την εκτέλεση push-up και push-up plus από γονατιστή θέση (knee push-up plus) (Maenhout et al., 2010). Τα παραπάνω αποτελέσματα σχετικά με την επίδραση της αστάθειας, αποδόθηκαν στην υψηλότερη θέση των χεριών κατά των εκτέλεση των ασκήσεων κλειστής κινητικής αλυσίδας, πιθανώς αυξάνοντας το φορτίο στα κάτω άκρα και μειώνοντάς το από τα άνω άκρα (Maenhout et al., 2010).

Η ανύψωση του επιπέδου στήριξης των κάτω άκρων στο ίδιο ή και υψηλότερο επίπεδο από αυτό των ώμων έχει βρεθεί ότι προκαλεί σημαντική αύξηση στην

ενεργοποίηση των μυών της περιοχής του ώμου κατά την εκτέλεση push ups και push-up plus, με στήριξη των άνω άκρων τόσο σε σταθερές όσο και ασταθείς επιφάνειες (Bair et al., 2009; Lear & Gross, 1998; Lehman et al., 2008). Οι Uhl και συν. (2003), αναφέρουν ότι οι αλλαγές στις θέσεις στήριξης κατά την εκτέλεση ασκήσεων μεταφοράς του σωματικού βάρους (push-ups) έχουν σαν αποτέλεσμα μεταβολές στο επίπεδο της μυϊκής ενεργοποίησης, με την ανύψωση του επιπέδου στήριξης των κάτω άκρων στη θέση push-up να αυξάνει σημαντικά την ΗΜΓ δραστηριότητα των μυών της ωμικής ζώνης, σε σχέση με θέσεις μειωμένου φορτίου στα άνω άκρα όπως είναι η γονατιστή τετραποδική και τριποδική στήριξη καθώς και η κλασική θέση push-up (Uhl et al., 2003).

Σε πρόσφατη μελέτη, οι Tucker και συν. (2010) αξιολόγησαν την ενεργοποίηση των μυών της ωμοπλάτης σε υγιείς overhead αθλητές και overhead αθλητές με δευτερογενή συμπτώματα πρόσκρουσης στον ώμο κατά την εκτέλεση ασκήσεων K.K.A. (push-ups) σε σταθερές και ασταθείς επιφάνειες στήριξης. Η M.M.T. παρουσίασε υψηλότερη ενεργοποίηση στους συμπτωματικούς δοκιμαζόμενους κατά την εκτέλεση των ασκήσεων K.K.A. τόσο στις σταθερές όσο και στις ασταθείς επιφάνειες στήριξης. Η προσθήκη της ημισφαιρικής μπάλας ισορροπίας (BOSU), προκάλεσε μεταβολές στην ενεργοποίηση της A.M.T. και του Π.Ο. σε σχέση με το έδαφος, και στις δύο ομάδες δοκιμαζομένων (Tucker et al., 2010). Προηγούμενες μελέτες έχουν τεκμηριώσει ότι η προπόνηση με ασκήσεις K.K.A. στις οποίες η γληνοβραχιόνια άρθρωση βρίσκεται σε κάμψη περίπου 90°, προκαλεί βελτίωση της ιδιοδεκτικότητας και του νευρομυϊκού ελέγχου της ωμικής ζώνης σε υγιείς δοκιμαζόμενους (Rogol et al., 1998; Ubinger et al., 1999). Παρόλα αυτά, παρέμενε

αδιευκρίνιστο και έπρεπε να διερευνηθεί, αν και κατά πόσο οι παραπάνω μεταβολές στην ενεργοποίηση των μυών της ωμοπλάτης συμπτωματικών overhead αθλητών, παρατηρούνται σε υγιείς overhead αθλητές με ασυμμετρία στη θέση των ωμοπλατών. Επίσης, αξιολογήθηκε η επίδραση των ασκήσεων K.K.A. στην ενεργοποίηση των μυών που σταθεροποιούν την ωμοπλατοθωρακική άρθρωση, σε υγιείς overhead αθλητές με διαφορές στο μέγεθος της ασυμμετρίας στη θέση των ωμοπλατών.

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1. Δοκιμαζόμενοι

Οι δοκιμαζόμενες ήταν νεαρές αθλήτριες πετοσφαίρισης όλων των κατηγοριών από τη μείζονα περιοχή της Αττικής και η συμμετοχή τους ήταν εθελοντική μετά από έγγραφη συγκατάθεσή τους. Δημιουργήθηκαν δύο ομάδες, μία ομάδα των 15 ατόμων την οποία αποτελούσαν αθλήτριες στις οποίες η ασυμμετρία στη θέση των ωμοπλάτων ήταν μικρότερη από 1.5 εκ. σε οποιαδήποτε από τις τρεις θέσεις μέτρησης (24.3 έτη $\pm$ 5.7), και μια δεύτερη ομάδα των 14 ατόμων την οποία αποτελούσαν αθλήτριες στις οποίες η ασυμμετρία στη θέση των ωμοπλάτων ήταν μεγαλύτερη ή ίση από 1.5 εκ. σε τουλάχιστον μία εκ των τριών θέσεων αξιολόγησης (24.9 έτη $\pm$ 4.3). Κριτήρια αποκλεισμού του δείγματος ήταν: προϋπάρχον κάταγμα, διάστρεμμα, εξάρθρωμα / υπεξάρθρωμα, αστάθεια, οποιαδήποτε βλάβη ή σύνδρομο υπέρχρησης στα μαλακά μόρια των άνω άκρων τα οποία αποτέλεσαν αιτία ώστε να απέχουν από προπονήσεις και αγώνες για περισσότερο από 6 εβδομάδες, ιστορικό βλάβης του επιχείλιου χόνδρου, παλιός τραυματισμός στην σπονδυλική στήλη, τις πλευρές και οποιαδήποτε χειρουργική επέμβαση, σοβαρή διαταραχή της στάσης όπως: αυξημένη κύφωση, λόρδωση, σκολίωση, κυρτοί ώμοι, καθώς και προϋπάρχον πόνος στην περιοχή του αυχένα και της ωμικής ζώνης κατά την περίοδο των μετρήσεων. Για να πληρούν τα κριτήρια επιλογής οι αθλήτριες θα έπρεπε: να είναι σκελετικά ώριμες (άνω των 18 ετών), και να έχουν συνεχή ενεργό αθλητική δραστηριότητα κατά τα τελευταία πέντε έτη. Οι δοκιμαζόμενες της κάθε ομάδας

πληρούσαν τα παραπάνω κριτήρια και αποτέλεσαν δείγμα ευκολίας (όχι τυχαιοποιημένο).

3.2. Μετρήσεις - Επιλογή οργάνων

- Το ανάστημα των δοκιμαζομένων μετρήθηκε με αναστημόμετρο ακριβείας 1mm (Seca, GmbH & Co, Germany)
- Το σωματικό βάρος των δοκιμαζόμενων μετρήθηκε με ζυγό ακριβείας 50gr (Seca, GmbH & Co, Germany)
- Οι δερματοπτυχές μετρήθηκαν με δερματοπτυχόμετρο (Harpender skinfold caliper, British Indicators, England)
- Για την καταγραφή της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας των μυών της ωμοπλάτης χρησιμοποιήθηκε συσκευή MP 100 (Biopac Systems Inc., 3.9.1., Serial: RS422 800 Kbits/sec, California, USA) 6 αναλογικών καναλιών, και μονοπολικά ηλεκτρόδια Ag-AgCl (Surface EMG) (3M, τύπος Red Dot 2223, διαμέτρου 4,2 εκ., αφρώδη δισκοειδή, επιφανειακά-αυτοκόλλητα με κολλώδη ζελέ).
- Το μήκος των άνω άκρων μετρήθηκε με μεζούρα
- Για τη καταγραφή των αποστάσεων της άνω και κάτω γωνίας της ωμοπλάτης από τη ΣΣ χρησιμοποιήθηκε μετροταινία ακριβείας 1 mm (Seca, GmbH & Co, Germany)
- Η καταγραφή των ασκήσεων κλειστής κινητικής αλυσίδας έγινε με τη χρήση ψηφιακής κάμερας 1.3 megapixel (Microsoft LifeCam, VX 2000, Model 1381, 30 Frames/sec, Microsoft Corporation, USA), συγχρονισμένη με τον ηλεκτρομυογράφο

- Για τις ασκήσεις κλειστής κινητικής αλυσίδας χρησιμοποιήθηκε ασταθή πλατφόρμα ισορροπίας BOSU (1400 Raff Rd, Canton, OH 44750)
- Ο κατάλληλος ρυθμός εκτέλεσης των ασκήσεων κλειστής κινητικής αλυσίδας διατηρήθηκε μέσω της χρήσης μετρονόμου
- Η απόσταση μεταξύ των ακρωμίων μετρήθηκε με ειδικό παχύμετρο ακριβείας 1mm (Metrica S.P.A., Cod 10455, Italy)
- Για την καταγραφή του εύρους της έσω και έξω στροφής της γληνοβραχιόνιας άρθρωσης, τόσο του κυρίαρχου όσο και του μη κυρίαρχου άνω άκρου, χρησιμοποιήθηκε ψηφιακό γωνιόμετρο (Saunders Baseline Digital Inclinator, The Saunders Group Inc, Chaska, MN)



***Εικόνα 3.1.** Σημεία στην άνω και κάτω γωνία της κυρίαρχης και μη ωμοπλάτης, και στη μέση γραμμή (ΣΣ), για τον υπολογισμό της απαγωγής και κατάσπασης των ωμοπλάτων*

3.3. Διαδικασία μετρήσεων

Όλες οι δοκιμασίες της έρευνας αυτής πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο Φυσικοθεραπείας του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών. Οι δοκιμαζόμενες προσήλθαν στο χώρο του εργαστηρίου δύο φορές. Την πρώτη ημέρα πραγματοποιήθηκε η

αξιολόγηση της θέσης των ωμοπλατών, η συμπλήρωση των ερωτηματολογίων, και η δημιουργία των ομάδων. Τη δεύτερη μέρα πραγματοποιήθηκε η εξοικείωση των δοκιμαζόμενων με τη διαδικασία, η μέτρηση των ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών και η συλλογή των δεδομένων κατά την εκτέλεση των ασκήσεων κλειστής κινητικής αλυσίδας. Η σχετική άδεια διεξαγωγής της έρευνας λήφθηκε από την επιτροπή βιοηθικής του ιδίου Τμήματος.

3.3.1. Συμπλήρωση ερωτηματολογίων – Αξιολόγηση ωμοπλάτης – Δημιουργία ομάδων – Αξιολόγηση εύρους τροχιάς

Σαράντα έξι αθλήτριες πετοσφαίρισης αξιολογήθηκαν σχετικά με τη θέση των ωμοπλατών τους ($24.8 \text{ έτη} \pm 5.3$). Όλες οι δοκιμαζόμενες συμμετείχαν εθελοντικά, αφού πρώτα ενημερώθηκαν για το σκοπό και τη διαδικασία της έρευνας. Αρχικά υπέγραψαν το σχετικό έντυπο συμμετοχής (Παράρτημα Ι) και εν συνεχεία λήφθηκε το ιστορικό τους, προκειμένου να αποκλεισθούν όσες εμπίπτουν στα προαναφερθέντα κριτήρια αποκλεισμού, ενώ ακολούθησε αξιολόγηση των δοκιμαζόμενων από των εξεταστή σχετικά με τη ύπαρξη σοβαρών διαταραχών της στάσης όπως: κύφωση, λόρδωση, σκολίωση και κυρτοί ώμοι.

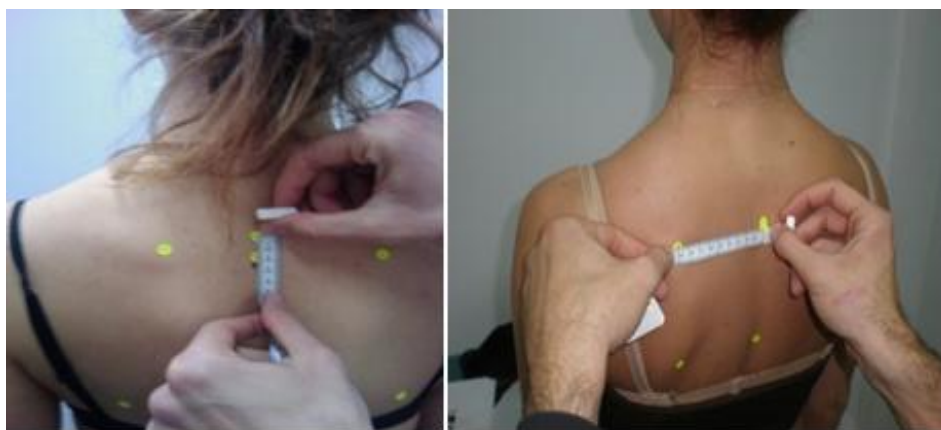
Η αξιολόγηση της θέσης των ωμοπλατών πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τα πρωτόκολλα των Kibler (1991, 1998) και Burkhart et al. (2003). Σύμφωνα με τους Burkhart et al. (2003), η στατική αξιολόγηση της ασυμμετρίας στη θέση των ωμοπλατών overhead αθλητών θα πρέπει να περιλαμβάνει τη διαφορά: (1) στο ύψος, (2) στην απαγωγή μεταξύ των ωμοπλατών με βάση την άνω γωνία της ωμοπλάτης, και (3) στην άνω στροφή μεταξύ των ωμοπλατών. Πριν την δοκιμασία ζητήθηκε από την κάθε δοκιμαζόμενη να φοράει ελαφριά ένδυση ώστε να είναι άμεσα ορατή η

σπονδυλική στήλη και οι ωμοπλάτες. Προκειμένου να διατηρήσουν μια σταθερή στάση κατά τη διάρκεια των μετρήσεων, όλες οι δοκιμαζόμενες καθοδηγήθηκαν να κοιτάζουν ένα σταθερό σημείο στην περιοχή του εργαστηρίου (Odom et al., 2001), το οποίο ήταν τοποθετημένο απέναντί τους στο ύψος των ματιών. Για την αξιολόγηση της απαγωγής των ωμοπλάτων με βάση την κάτω γωνία της ωμοπλάτης, χρησιμοποιήθηκε η πρώτη θέση (Α) της Δοκιμασίας της Πλευρικής Ολίσθησης των Ωμοπλάτων (ΔΠΟΩ), καθώς αποτελεί θέση στην οποία η ΗΜΓ δραστηριότητα των σταθεροποιών μυών της ωμοπλάτης βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα, γεγονός που δε συμβαίνει με τις θέσεις Β και Γ της ΔΠΩΟ (Kibler, 1998). Σύμφωνα με τη θέση Α η κάθε δοκιμαζόμενη θα έπρεπε να βρίσκεται σε όρθια στάση με τα άνω άκρα να κρέμονται στο πλάι του κορμού, σε θέση ηρεμίας. Εν συνεχεία, προσδιορίστηκαν από τον εξεταστή η κάτω γωνία της ωμοπλάτης και η αντίστοιχη ακανθώδη απόφυση του ευρισκόμενου στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο θωρακικού σπονδύλου, και σημειώθηκαν με ειδικά αυτοκόλλητα (markers) (εικόνα 3.1.). Πραγματοποιήθηκε αμφοτερόπλευρη καταγραφή της απόστασης της κάτω γωνίας της κυρίαρχης και μη κυρίαρχης ωμοπλάτης από τη μέση γραμμή, ενώ η ίδια διαδικασία επαναλήφθηκε και δεύτερη φορά με αφαίρεση και επανατοποθέτηση των markers στα προαναφερθέντα σημεία. Για την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε ο μέσος όρος των δύο μετρήσεων, ενώ μια διαφορά ίση ή μεγαλύτερη από 1.5 εκ. μεταξύ κυρίαρχης και μη κυρίαρχης ωμοπλάτης, θεωρήθηκε ως θετικό αποτέλεσμα της ΔΠΟΩ και αποτέλεσε ένδειξη αυξημένης ασυμμετρίας (Kibler, 1991, 1998) (εικόνα 3.2.).



Εικόνα 3.2. Αξιολόγηση της θέσης των ωμοπλάτων σύμφωνα με τη θέση Α της Δοκιμασίας της Πλευρικής Ολίσθησης των Ωμοπλάτων, με βάση την κάτω γωνία της ωμοπλάτης

Για τον καθορισμό της διαφοράς στο ύψος μεταξύ των ωμοπλάτων, προσδιορίστηκε στη ΣΣ το σημείο το οποίο αντιστοιχεί στη ρίζα της ωμοπλατιαίας άκανθας τόσο της κυρίαρχης όσο και της μη κυρίαρχης ωμοπλάτης, στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο, και καταγράφηκε η κατακόρυφη απόσταση μεταξύ των δύο σημείων (εικόνα 3.3). Τέλος, για τον προσδιορισμό της απαγωγής των ωμοπλάτων με βάση την άνω γωνία της ωμοπλάτης, αρχικά καταγράφηκε η απόσταση της ρίζας της ωμοπλατιαίας άκανθας της κυρίαρχης και της μη κυρίαρχης ωμοπλάτης από τη ΣΣ στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο, και εν συνεχεία υπολογίστηκε η διαφορά μεταξύ των δύο αποστάσεων (εικόνα 3.3). Οι παραπάνω μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν δύο φορές με αφαίρεση και επανατοποθέτηση των markers στα προαναφερθέντα σημεία και υπολογίστηκε ο μέσος όρος των δύο μετρήσεων. Σύμφωνα με τους Gumina και συν. (2009), 1.5 εκ διαφορά μεταξύ των ωμοπλάτων σε οποιαδήποτε από τις παραπάνω θέσεις αποτελεί ένδειξη ασυμμετρίας.



Εικόνα 3.3. Καταγραφή της διαφοράς στο ύψος και την απαγωγή μεταξύ κυρίαρχης και μη κυρίαρχης ωμοπλάτης, με βάση τη ρίζα της ωμοπλατιαίας άκανθας

Από τις 46 αθλήτριες πετοσφαίρισης που αξιολογήθηκαν, στη μελέτη συμπεριελήφθησαν μόνο αυτές στις οποίες η ωμοπλάτη της κυρίαρχης πλευράς ήταν χαμηλότερα σε σχέση με την ωμοπλάτη της μη κυρίαρχης πλευράς και είχε μετατοπιστεί πλευρικά είτε με βάση την κάτω γωνία, είτε με βάση τη ρίζα της ωμοπλατιαίας άκανθας, είτε με συνδυασμό των δύο. Από τις 35 αθλήτριες με τα παραπάνω χαρακτηριστικά, τελικά μόνο οι 30 προσήλθαν στο χώρο του εργαστηρίου τη δεύτερη φορά για την καταγραφή της ΗΜΓ δραστηριότητας των μυών της ωμοπλάτης. Με βάση το μέγεθος της ασυμμετρίας στη θέση των ωμοπλατών δημιουργήθηκαν δύο ομάδες δοκιμαζομένων, με την πρώτη ομάδα να αποτελείται από 15 δοκιμαζόμενες στις οποίες η ασυμμετρία ήταν μικρότερη από 1.5 εκ. και στις τρεις θέσεις μέτρησης, ενώ η δεύτερη ομάδα αποτελούνταν από 15 δοκιμαζόμενες στις οποίες η μεταβολή της θέσης της κυρίαρχης ωμοπλάτης ήταν μεγαλύτερη ή ίση από 1.5 εκ. σε τουλάχιστον μία εκ των τριών θέσεων αξιολόγησης.

Για την καταγραφή του εύρους της έξω στροφής όλες οι δοκιμαζόμενες ήταν σε ύπτια κατάκλιση, με τη γληνοβραχιόνια άρθρωση σε απαγωγή 90° , τον αγκώνα σε

κάμψη 90° και το αντιβράχιο έξω από το επίπεδο του εξεταστικού κρεβατιού. Ακινητοποίηση εφαρμοζόταν στην ωμοπλάτη, ασκώντας σταθερή προς τα κάτω αντίσταση στον υπό εξέταση ώμο από τον κύριο ερευνητή. Από την ουδέτερη θέση (ανατομικά 0° στροφής), ο εξεταστής έφερνε τον ώμο σε έξω στροφή με το γωνιόμετρο να βρίσκεται σταθεροποιημένο κατά μήκους του επιμήκους άξονα του αντιβραχίου. Στο τελικό όριο της παθητικής έξω στροφής της άρθρωσης ένας δεύτερος εξεταστής κατέγραφε την ένδειξη του γωνιόμετρου.

Για την καταγραφή του εύρους της έσω στροφής όλες οι δοκιμαζόμενες ήταν σε ύπτια κατάκλιση, με τη γληνοβραχιόνια άρθρωση σε απαγωγή 90° , τον αγκώνα σε κάμψη 90° και το αντιβράχιο έξω από το επίπεδο του εξεταστικού κρεβατιού. Ακινητοποίηση εφαρμοζόταν στην ωμοπλάτη, ασκώντας σταθερή προς τα κάτω αντίσταση στον υπό εξέταση ώμο από τον κύριο ερευνητή. Από την ουδέτερη θέση (ανατομικά 0° στροφής), ο εξεταστής έφερνε τον ώμο σε έσω στροφή με το γωνιόμετρο να βρίσκεται σταθεροποιημένο κατά μήκους του επιμήκους άξονα του αντιβραχίου. Στο τελικό όριο της παθητικής έσω στροφής της άρθρωσης ένας δεύτερος εξεταστής κατέγραφε την ένδειξη του γωνιόμετρου.

Οι παραπάνω μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν δύο φορές τόσο για το κυρίαρχο όσο και για το μη κυρίαρχο άνω άκρο, με επαναφορά του υπό εξέταση ώμου στην αρχική ουδέτερη θέση και επαναμέτρηση, ενώ υπολογίστηκε ο μέσος όρος των δύο μετρήσεων.

3.3.2. Μέτρηση ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών – Εξοικείωση - Συλλογή δεδομένων

Μετρήθηκαν τα παρακάτω σωματομετρικά χαρακτηριστικά: το ανάστημα, το σωματικό βάρος, το μήκος του άνω άκρου, το πλάτος των ώμων και οι δερματοπτυχές. Οι μετρήσεις του μήκους του άνω άκρου και του πλάτους των ώμων χρησιμοποιήθηκαν προκειμένου να τυποποιηθεί η εκτέλεση των ασκήσεων κλειστής κινητικής αλυσίδας (knee push-ups) σύμφωνα με τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά της κάθε δοκιμαζόμενης. Η μέτρηση του αναστήματος έγινε με αναστημόμετρο αποτελούμενο από ειδική κινητή διαβαθμισμένη ράβδο. Η κάθε δοκιμαζόμενη στεκόταν όρθια, χωρίς υποδήματα, με χαλαρούς τους ώμους και τεντωμένο το σώμα, έτσι ώστε οι γλουτοί και η οσφυϊκή μοίρα να εφάπτονται στη ράβδο. Οι πτέρνες ήταν ενωμένες και τα πέλματα σχημάτιζαν μεταξύ τους γωνία 90°. Το οριζόντιο τμήμα του οργάνου, που φέρει το δείκτη μέτρησης, μετακινήθηκε μέχρι να έρθει σε επαφή με την κορυφή του κεφαλιού. Έπειτα η δοκιμαζόμενη αποχωρούσε, και καταγραφόταν η ένδειξη στο πλησιέστερο εκατοστό.

Για τη μέτρηση του σωματικού βάρους, η κάθε δοκιμαζόμενη ανέβαινε στο ζυγό χωρίς υποδήματα και φορώντας ελαφριά αθλητική ένδυση. Πριν από κάθε μέτρηση, γινόταν έλεγχος του ζυγού με την τοποθέτηση των σταθμών σε μηδενική επιβάρυνση.

Για τον προσδιορισμό του μήκους των άνω άκρων μετρήθηκε η απόσταση από το ακρώμιο μέχρι τη στυλοειδή απόφυση της κερκίδας του ίδιου άκρου, ενώ για τον προσδιορισμό του πλάτους των ώμων μετρήθηκε η απόσταση μεταξύ των ακρωμίων, με τις δοκιμαζόμενες σε όρθια θέση.

Στη συνέχεια υπολογίστηκε το 15% του μήκους των άνω άκρων της κάθε δοκιμαζόμενης. Η απόσταση αυτή χρησιμοποιήθηκε προκειμένου να κανονικοποιηθούν οι σύγκεντρες και έκκεντρες φάσεις των push-ups (Tucker et al., 2010). Με βάση την απόσταση μεταξύ των ακρωμίων, τοποθετήθηκαν δύο κομμάτια ταινίας στο έδαφος και στην επίπεδη επιφάνεια της πλατφόρμας BOSU. Δόθηκαν οδηγίες στις δοκιμαζόμενες να τοποθετήσουν το δείκτη των χεριών τους ακριβώς πάνω στις ταινίες κατά την εκτέλεση των ασκήσεων κλειστής αλυσίδας (Lear & Gross, 1998).

Για τον προσδιορισμό του ποσοστού σωματικού λίπους της κάθε δοκιμαζόμενης, μετρήθηκαν, στο δεξιό ημιμόριο του σώματος, τέσσερις δερματοπτυχές. Η διαδικασία περιελάμβανε έγερση της κάθε λιποδερμικής πτυχής με το δείκτη και τον αντίχειρα του αριστερού χεριού του εξεταστή. Οι σιαγόνες του δερματοπτυχόμετρου τοποθετούνταν κάτω από το σημείο έγερσης της δερματοπτυχής, στο σημείο που οι πλευρές της είναι παράλληλες.

Το δερματοπτυχόμετρο ήταν βαθμονομημένο, ώστε οι σιαγόνες να ασκούν σταθερή πίεση μεταξύ των επιφανειών επαφής 10 p/mm^2 . Η θέση του μετακινούμενου δείκτη στην κλίμακα του δερματοπτυχόμετρου έδινε το πάχος της πτυχής σε mm. Έγιναν 2 μετρήσεις στην κάθε δερματοπτυχή, με την δοκιμαζόμενη να στέκεται όρθια, και χρησιμοποιήθηκε ο μέσος όρος των τιμών μέτρησης. Η τιμή μέτρησης καταγραφόταν το 3^ο sec κατά την εφαρμογή των σιαγόνων στη δερματοπτυχή.

Τα ανατομικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για τον καθορισμό του σημείου έγερσης των δερματοπτυχών είναι:

- στη μεσότητα της απόστασης μεταξύ της άρθρωσης του αγκώνα και του ώμου, στην περιοχή του τρικέφαλου βραχιονίου μυός και με φορά παράλληλη προς τον επιμήκη άξονα του βραχιονίου, εγέρθηκε η τρικεφαλική δερματοπτυχή.
- στη μεσότητα της απόστασης μεταξύ της άρθρωσης του αγκώνα και του ώμου, στην περιοχή του δικεφάλου βραχιονίου μυός και με φορά παράλληλη προς τον επιμήκη άξονα του βραχιονίου, εγέρθηκε η δικεφαλική δερματοπτυχή.
- στην περιοχή της κάτω γωνίας της ωμοπλάτης, σε θέση που απέχει 2-3 εκατοστά από το σπονδυλικό χείλος της ωμοπλάτης εγέρθηκε η υποωμοπλατιαία πτυχή, με λοξή φορά από έξω και πάνω προς τα έσω και κάτω.
- η υπερλαγόνια δερματοπτυχή μετρήθηκε στη γραμμή που φέρεται από την πρόσθια μασχαλιαία σχισμή στη λαγόνια ακρολοφία 1 εκατοστό επάνω και 2 εκατοστά δεξιά.

Ακολούθησε η εξοικείωση των δοκιμαζομένων με τις ασκήσεις κλειστής κινητικής αλυσίδας: knee push-up στο έδαφος και στην ασταθή πλατφόρμα BOSU, καθώς και με τις διαδικασίες Μέγιστης Εκούσιας Συστολής (ΜΕΣ). Ο κύριος εξεταστής παρουσίασε και καθοδήγησε λεκτικά τις δοκιμαζόμενες στη σωστή εκτέλεση των ασκήσεων. Οι δοκιμαζόμενες είχαν όσο χρόνο χρειάζονται στη διάθεσή τους έως ότου νιώσουν άνετα με τη διαδικασία και επιβεβαιωθεί η σωστή εκτέλεση των ασκήσεων από τον εξεταστή, ενώ οι ίδιες λεκτικές οδηγίες δόθηκαν σε όλες τις δοκιμαζόμενες. Μια δοκιμαζόμενη από την ομάδα των αθλητριών με αυξημένη ασυμμετρία (≥ 1.5 εκ) απέτυχε να εκτελέσει τις ασκήσεις με σωστή τεχνική, και αποκλείστηκε από την ερευνητική διαδικασία.

Μετά την εξοικείωση ακολούθησε η συλλογή των δεδομένων κατά την εκτέλεση των ασκήσεων κλειστής κινητικής αλυσίδας.

3.3.2.1. Διαδικασία ηλεκτρομυογραφίας – Τοποθέτηση ηλεκτροδίων

Σε κάθε δοκιμαζόμενη πραγματοποιήθηκε αμφοτερόπλευρη καταγραφή της ΗΜΓ δραστηριότητας των μυών της άνω μοίρας του τραπεζοειδή, της μέσης μοίρας του τραπεζοειδή και του πρόσθιου οδοντωτού. Πριν την τοποθέτηση των ηλεκτροδίων η περιοχή καθαρίστηκε με βαμβάκι εμποτισμένο σε αιθυλική αλκοόλη, προκειμένου να μειωθεί η αντίσταση του δέρματος. Στην συνέχεια ακολούθησε η τοποθέτηση των μονοπολικών ηλεκτροδίων Ag-AgCl, διαμέτρου 4,2 εκ. και με απόσταση μεταξύ των ηλεκτροδίων 2 εκ. (από το ένα κέντρο στο άλλο).

Η τοποθέτηση των ηλεκτροδίων καθώς και οι διαδικασίες της Μέγιστης Εκούσιας Συστολής (ΜΕΣ) πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με προηγούμενες μελέτες αξιολόγησης των διαδικασιών κανονικοποίησης (normalization) της ηλεκτρομυογραφικής καταγραφής, καθώς και της ενεργοποίησης των μυών της ωμοπλάτης κατά την εκτέλεση ασκήσεων κλειστής κινητικής αλυσίδας (Ekstrom et al., 2005; Lear & Gross, 1998). Η τοποθέτηση των ηλεκτροδίων γινόταν πάντοτε κατά μήκος των ινών της γαστέρας του μυός στα εξής σημεία:

Για την άνω μοίρα του τραπεζοειδή ο ώμος βρισκόταν σε απαγωγή 90° . Δύο ηλεκτρόδια τοποθετήθηκαν παράλληλα με τη φορά των μυϊκών ινών, με το ένα να βρίσκεται προς τα πάνω και έσω και το δεύτερο να βρίσκεται προς τα κάτω και έξω, στο μέσο της απόστασης μεταξύ του έβδομου αυχενικού σπονδύλου (Α7) και του ακρωμίου.

Για τη μέση μοίρα του τραπεζοειδή δύο ηλεκτρόδια τοποθετήθηκαν παράλληλα με τη φορά των μυϊκών ινών, με το ένα προς τα μέσα και το άλλο προς τα έξω, 3 εκ. πλάγια στο ύψος του δεύτερου θωρακικού σπονδύλου.

Για τον πρόσθιο οδοντωτό ο ώμος βρισκόταν σε απαγωγή 90° ενώ τα ηλεκτρόδια τοποθετήθηκαν κάθετα, στο ύψος της μέσης μασχαλιαίας γραμμής και πάνω από την πέμπτη με έκτη πλευρά (εικόνα 3.4.). Η σωστή τοποθέτηση των ηλεκτροδίων επιβεβαιωνόταν από την οπτική ανίχνευση του ΗΜΓ σήματος στην οθόνη του υπολογιστή κατά τον έλεγχο των συγκεκριμένων μυών.

Ένα ηλεκτρόδιο αναφοράς τοποθετήθηκε στην κλείδα της κάθε δοκιμαζόμενης, η οποία αποτελεί σημείο ουδέτερης ηλεκτρικής δραστηριότητας.



Εικόνα 3.4. Θέσεις ηλεκτροδίων για την άνω, μέση μοίρα του τραπεζοειδή και τον πρόσθιο οδοντωτό

3.3.2.2. Διαδικασία ρύθμισης της ΗΜΓ καταγραφής και επεξεργασίας του σήματος

Η καταγραφή της ΗΜΓ δραστηριότητας έγινε σε συχνότητα 2048 samples/sec, καθώς είναι γνωστό ότι η χαμηλότερη αποδεκτή συχνότητα δειγματοληψίας είναι κατά περίπτωση η διπλάσια της υψηλότερης οριοθετημένης συχνότητας (cut off frequency), ενώ όσο υψηλότερα ρυθμίζεται αυτή τόσο μεγαλύτερη είναι η ακρίβεια

της καταγραφής σύμφωνα με τις οδηγίες των επιστημονικών περιοδικών (Journal of Electromyography and Kinesiology - Standards for Reporting EMG Data). Το σήμα ενισχύθηκε κατά 1000 φορές με διαφορικό ενισχυτή (differential), A/D Resolution: 16 Bits, αντίσταση input impedance 1.0 MΩ, input voltage range ± 10 Volt. Για όλους τους καταγραμμένους μύες εφαρμόστηκε φίλτρο διέλευσης φάσματος (Band Pass FIR) συχνότητας 10-1000 Hz (Lehman et al., 2008), και φίλτρο αποκοπής συχνότητας (Band Stop FIR) 47-49 Hz (Drake & Callaghan, 2006). Σε όλες τις περιπτώσεις τα φίλτρα είχαν συντελεστή $Q=400$, με $Q \geq 2 \times$ (Συχνότητα καταγραφής / Φίλτρο αποκοπής μικρών συχνοτήτων).

Για τον περιορισμό του θορύβου από το ηλεκτρικό ρεύμα εφαρμόστηκε φίλτρο αποκοπής (47-49 Hz). Όπως αναφέρεται στις οδηγίες των επιστημονικών περιοδικών (Journal of Electromyography and Kinesiology - Standards for Reporting EMG Data) το ΗΜΓ σήμα αποδίδει την περισσότερη ισχύ του στο εύρος συχνοτήτων (bandwidth) 5-500 Hz.

Η ανόρθωση του σήματος περιελάμβανε τον υπολογισμό της ρίζας του μέσου των τετραγώνων σε mV (Soderberg & Knutson, 2000) (Root Mean Square – RMS), ενώ στη συνέχεια ακολούθησε ομαλοποίηση (smoothing). Τέλος, το σήμα εκφράστηκε ως ποσοστό της μέγιστης εκούσιας συστολής του εκάστοτε μύος (normalization).

3.3.2.3. Διαδικασία μέτρησης της Μέγιστης Εκούσιας Συστολής (ΜΕΣ)

Οι δοκιμαζόμενες εκτέλεσαν τρεις μέγιστες εκούσιες ισομετρικές συστολές διάρκειας 5 δευτερολέπτων η κάθε μία, έναντι της αντίστασης του εξεταστή, για τους μύες της κυρίαρχης και της μη κυρίαρχης ωμοπλάτης (άνω, μέση μοίρα τραπεζοειδή, πρόσθιο οδοντωτό).

Για την καταγραφή της ΜΕΣ της άνω μοίρας του τραπεζοειδή, η εξεταζόμενη βρισκόταν σε καθιστή θέση, με το άνω άκρο που καταγράφεται σε 90° απαγωγή, με πλάγια κλίση της κεφαλής προς την ίδια πλευρά και στροφή προς την αντίθετη πλευρά. Από τη θέση αυτή η δοκιμαζόμενη καθοδηγήθηκε ώστε να εφαρμόσει μέγιστη δύναμη απέναντι στην αντίσταση του εξεταστή, προκειμένου να συμπλησιάσει μεταξύ τους το άνω άκρο και το κεφάλι (εικόνα 3.5.).

Για την καταγραφή της ΜΕΣ της μέσης μοίρας του τραπεζοειδή, η δοκιμαζόμενη βρισκόταν σε πρηνή κατάκλιση, με το άνω άκρο που καταγράφεται σε οριζόντια απαγωγή και έξω στροφή. Η αντίσταση εφαρμόστηκε από τον εξεταστή στο ύψος του αγκώνα, απέναντι στη μέγιστη προσπάθεια της δοκιμαζόμενης για επιπλέον οριζόντια απαγωγή (εικόνα 3.5.).

Για την καταγραφή της ΜΕΣ του πρόσθιου οδοντωτού, ο εξεταζόμενος ώμος βρισκόταν σε κάμψη 125°, με την αντίσταση του εξεταστή να εφαρμόζεται πάνω από τον αγκώνα και στην κάτω γωνία της ωμοπλάτης. Από τη θέση αυτή η δοκιμαζόμενη καθοδηγήθηκε ώστε να εφαρμόσει μέγιστη δύναμη απέναντι στην προσπάθεια του εξεταστή να μεταβάλει τη θέση της ωμοπλάτης. Η αξιολόγηση πραγματοποιήθηκε με τη δοκιμαζόμενη σε καθιστή θέση χωρίς την υποστήριξη της πλάτης (εικόνα 3.5.).

Η σωστή θέση των άνω άκρων κατά την εκτέλεση των ΜΕΣ επιβεβαιωνόταν μέσω της χρήσης γωνιόμετρου από τον ερευνητή, ενώ μεταξύ των προσπαθειών μεσολαβούσε διάλειμμα 60 δευτερολέπτων για την αποφυγή των επιδράσεων της κόπωσης.



Εικόνα 3.5. Θέσεις μέγιστης εκούσιας συστολής για την άνω, μέση μοίρα του τραπεζοειδή και τον πρόσθιο οδοντωτό

3.3.2.4. Διαδικασία ασκήσεων

Οι δοκιμαζόμενες εκτέλεσαν 5 κάμψεις-τάσεις των αγκώνων από γονατιστή θέση (knee push-ups) στο έδαφος και στην ασταθή πλατφόρμα BOSU (εικόνα 3.6.), σε τυχαία σειρά. Η ταχύτητα εκτέλεσης των knee push-ups ελέγχθηκε μέσω της χρήσης μετρονόμου, ρυθμισμένο στους 60 χτύπους/λεπτό, ενώ ζητήθηκε από όλες τις δοκιμαζόμενες να διατηρήσουν σταθερό ρυθμό εκτέλεσης των ασκήσεων και στις δύο συνθήκες στήριξης, ολοκληρώνοντας την κάθε επανάληψη σε 2 δευτερόλεπτα.

Η έναρξη των ασκήσεων πραγματοποιήθηκε με τις δοκιμαζόμενες να βρίσκονται σε θέση knee push-up, και τους αγκώνες τους σε πλήρη έκταση. Το άνοιγμα των χεριών κατά την εκτέλεση των ασκήσεων στη σταθερή και ασταθή επιφάνεια ήταν ίσο με την απόσταση μεταξύ των ακρωμίων της κάθε δοκιμαζόμενης, και ο κορμός τους ήταν ευθειασμένος. Στην πλατφόρμα BOSU οι ταινίες για τη θέση των χεριών τοποθετήθηκαν στην επίπεδη επιφάνεια της πλατφόρμας, με την ημισφαιρική επιφάνειά της να βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος. Κατά την εκτέλεση των knee push-ups στην ασταθή επιφάνεια, τα γόνατα των δοκιμαζομένων βρίσκονταν πάνω σε πλατφόρμα ίση σε ύψος με την πλατφόρμα BOSU, προκειμένου να περιορίζεται η

όποια διαφορά στο ύψος μεταξύ χεριών και γονάτων, διατηρώντας αμετάβλητο το φορτίο στα άνω άκρα σύμφωνα με τις υποδείξεις για μελλοντική έρευνα πρόσφατης μελέτης (Maenhout et al., 2010). Κατά την έκκεντρη φάση των ασκήσεων οι δοκιμαζόμενες χαμήλωναν το σώμα τους μέχρι ο κορμός να έρθει σε επαφή με ειδικό αντικείμενο (marker), ίσο σε ύψος με το 15% του μήκους του άνω άκρου της κάθε δοκιμαζόμενης. Το αντικείμενο αυτό τοποθετήθηκε στο μέση γραμμής του κορμού, 10 εκ. χαμηλότερα από τη θέση των χεριών (Tucker et al., 2010). Αμέσως μετά την επαφή με το αντικείμενο, ξεκινούσε η σύγκεντρη φάση της άσκησης με έκταση των αγκώνων και επαναφορά στην αρχική θέση.



Εικόνα 3.6. Knee push-ups στο έδαφος και στην ασταθή πλατφόρμα BOSU

Μεταξύ των επαναλήψεων υπήρχε παύση 5 δευτερολέπτων, ενώ μεταξύ των ασκήσεων μεσολαβούσε διάλειμμα 2 λεπτών για αποφυγή των συμπτωμάτων της κόπωσης. Η εκτέλεση των ασκήσεων καταγραφόταν από κάμερα συγχρονισμένη με τον ηλεκτρομυογράφο.

3.3.3. Ανάλυση δεδομένων

Πλευροπλευρικές συγκρίσεις του μεγέθους της ΗΜΓ δραστηριότητας των μυών της κυρίαρχης και της μη κυρίαρχης ωμοπλάτης πραγματοποιήθηκαν σε κάθε ομάδα

ξεχωριστά, καθώς και μεταξύ του κυρίαρχου άκρου στις δύο ομάδες δοκιμαζομένων, για τις δύο συνθήκες στήριξης.

Για την ανάλυση των ΗΜΓ δεδομένων της ΜΕΣ του εκάστοτε μυός, αφαιρέθηκε το πρώτο και το τελευταίο δευτερόλεπτο από τα συνολικά 5 δευτερόλεπτα της κάθε προσπάθειας, και υπολογίστηκε ο μέσος όρος των ενδιάμεσων τριών δευτερολέπτων. Αυτό πραγματοποιήθηκε προκειμένου να δίνεται χρόνος για την επίτευξη της μέγιστης ενεργοποίησης του μυός και για τον περιορισμό των πιθανών επιδράσεων της κόπωσης. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε η ανόρθωση και η ομαλοποίηση του σήματος και υπολογίστηκε ο μέσος όρος των τριών ΜΕΣ προκειμένου να χρησιμοποιηθεί για περαιτέρω ανάλυση.

Για την ανάλυση των ΗΜΓ δεδομένων των knee push-ups, υπολογίστηκε η μέση ΗΜΓ δραστηριότητα των τριών ενδιάμεσων επαναλήψεων. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε η ανόρθωση και η ομαλοποίηση του σήματος. Η μέση ΗΜΓ δραστηριότητα των 3 επαναλήψεων για την άνω-μέση μοίρα του τραπεζοειδή και τον πρόσθιο οδοντωτό της κυρίαρχης και της μη κυρίαρχης πλευράς, υπολογίστηκε και εκφράστηκε ως ποσοστό του μέσου όρου της ΜΕΣ του εκάστοτε μυός και για την κάθε άσκηση ξεχωριστά (normalization).

3.4. Στατιστική ανάλυση

Έλεγχος t για ανεξάρτητα δείγματα (unpaired t -test) χρησιμοποιήθηκε προκειμένου να ελεγχθούν τυχόν διαφορές στην κατάσπαση, και την απαγωγή των ωμοπλατών (με βάση την κάτω γωνία και τη ρίζα της ωμοπλατιαίας άκανθας), μεταξύ των δύο ομάδων δοκιμαζομένων. Ανάλυση διασποράς με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε προκειμένου να ελεγχθούν τυχόν

διαφορές στο εύρος της έσω και έξω στροφής μεταξύ κυρίαρχου και μη κυρίαρχου άνω άκρου, μεταξύ των δύο ομάδων δοκιμαζομένων (2×2 repeated measures ANOVA). Για την εκτίμηση των διαφορών των χαρακτηριστικών του σωματότυπου μεταξύ των δύο ομάδων, χρησιμοποιήθηκε έλεγχος t για ανεξάρτητα δείγματα (unpaired t-test). Για την εκτίμηση των διαφορών του μεγέθους της ΗΜΓ δραστηριότητας των μυών της ωμοπλάτης στο κυρίαρχο και στο μη κυρίαρχο άκρο, μεταξύ των δύο ομάδων, κατά την εκτέλεση των ασκήσεων κλειστής κινητικής αλυσίδας στις δύο συνθήκες στήριξης, πραγματοποιήθηκε ανάλυση διασποράς με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις για κάθε εξαρτημένη μεταβλητή ($2 \times 2 \times 2$ repeated measures ANOVA). Μετά-ANOVA συγκρίσεις κατά Tukey πραγματοποιήθηκαν προκειμένου να ελεγχθούν πιθανές σημαντικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών (Tukey post hoc analysis). Το επίπεδο της στατιστικής σημαντικότητας ορίστηκε στο 0.05, ενώ για την ανάλυση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πρόγραμμα SPSS 19.0.1 (Chicago, IL).

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ

Τα αποτελέσματα σχετικά με την αξιολόγηση της θέσης των ωμοπλάτων στις αθλήτριες της πετοσφαίρισης, καθώς και τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των δύο ομάδων δοκιμαζομένων (με μεταβολή στη θέση της ωμοπλάτης της κυρίαρχης πλευράς μεγαλύτερη και μικρότερη από 1.5 εκ.) περιγράφονται στην πρώτη ενότητα του παρόντος κεφαλαίου, ενώ στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα σχετικά με την ενεργοποίηση των ωμοπλατιαίων μυών κατά την εκτέλεση των ασκήσεων κλειστής κινητικής αλυσίδας στις δύο ομάδες δοκιμαζομένων.

4.1. Θέση ωμοπλάτων – Σωματομετρικά χαρακτηριστικά – Εύρος τροχιάς – Αξιοπιστία κλινικών μεθόδων

Στο πίνακα 4.1. απεικονίζονται τα αποτελέσματα σχετικά με τη θέση των ωμοπλάτων στις αθλήτριες πετοσφαίρισης. Σύμφωνα με τις δοκιμασίες της στατικής αξιολόγησης της θέσης των ωμοπλάτων, στην πλειονότητα των αθλητριών πετοσφαίρισης η ωμοπλάτη της κυρίαρχης πλευράς μετατοπίστηκε σε απαγωγή, είτε με βάση την κάτω γωνία (n=32/46), είτε με βάση τη ρίζα της ωμοπλατιαίας άκανθας (n=33/46), σε σχέση με τη μη κυρίαρχη πλευρά. Σε 37 δοκιμαζόμενες η ωμοπλάτη της κυρίαρχης πλευράς ήταν χαμηλότερα σε σχέση με την ωμοπλάτη της μη κυρίαρχης πλευράς. Η ωμοπλάτη της μη κυρίαρχης πλευράς μετατοπίστηκε σε απαγωγή είτε με βάση την κάτω γωνία (n=14/46) είτε με βάση τη ρίζα της ωμοπλατιαίας άκανθας (n=13/46), σε σχέση με την ωμοπλάτη της κυρίαρχης πλευράς. Σε 9 αθλήτριες πετοσφαίρισης η ωμοπλάτη της μη κυρίαρχης πλευράς ήταν χαμηλότερα σε σχέση με την ωμοπλάτη της κυρίαρχης πλευράς (Παράρτημα V). Η

απαγωγή της ωμοπλάτης του κυρίαρχου άκρου ήταν σημαντικά μεγαλύτερη σε σχέση με την ωμοπλάτη του μη κυρίαρχου άκρου, τόσο με βάση την κάτω γωνία, όσο και με βάση τη ρίζα της ωμοπλατιαίας άκανθας (πίνακας 4.1.).

Πίνακας 4.1. Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις (σε παρένθεση) των πλευρικών μετατοπίσεων των ωμοπλατών και των διαφορών μεταξύ τους στις αθλήτριες πετοσφαίρισης (N=46), σύμφωνα με τις δοκιμασίες αξιολόγησης της απαγωγής των ωμοπλατών.

ΑΠΑΓΩΓΗ	ΠΛΗΘΟΣ (N)	ΚΥΡΙΑΡΧΟ	ΜΗ ΚΥΡΙΑΡΧΟ	ΔΙΑΦΟΡΑ	P Value
Κάτω γωνία της ωμοπλάτης*	32	7,9 (1,3)	7,2 (1,3)	0,7 (0,6)	.040 ^a
	14	7,5 (0,9)	8,2 (0,9)	0,7 (0,3)	.062
Ρίζα ωμοπλατιαίας άκανθας*	33	8,8 (1,2)	8,0 (1,1)	0,8 (0,5)	.004 ^a
	13	7,5 (1,0)	8,0 (1,1)	0,5 (0,3)	.275

*Έλεγχος t student για ανεξάρτητα δείγματα

^aΣτατιστικά σημαντική για $\alpha=0.05$

Ο αριθμός των αθλητριών πετοσφαίρισης που εμφάνισε απαγωγή και κατάσπαση ή απαγωγή και ανάσπαση στην ωμοπλάτη της κυρίαρχης και μη κυρίαρχης πλευράς παρουσιάζεται στον πίνακα 4.2.

Πίνακας 4.2. Θέση των ωμοπλατών στις αθλήτριες πετοσφαίρισης (N=46)

ΠΛΕΥΡΑ	ΘΕΣΗ ΤΗΣ ΩΜΟΠΛΑΤΗΣ		
	Απαγωγή-Κατάσπαση	Απαγωγή-Ανάσπαση	Σύνολο
Κυρίαρχη	35	5	40
Μη Κυρίαρχη	4	2	6
Σύνολο	39	7	46

Οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις των σωματομετρικών χαρακτηριστικών των δύο ομάδων δοκιμαζομένων οι οποίες συμπεριλήφθηκαν στην μελέτη καταγραφής της ΗΜΓ δραστηριότητας των ωμοπλατιαίων μυών, απεικονίζονται

στον πίνακα 4.3. Οι διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων όσων αφορά τα χαρακτηριστικά αυτά δεν ήταν στατιστικώς σημαντικές (Παράρτημα VI). Στην ομάδα αθλητριών με μειωμένη ασυμμετρία, 13 δοκιμαζόμενες είχαν επιδέξιο το δεξί άνω άκρο και δύο δοκιμαζόμενες το αριστερό, ενώ στην ομάδα με την αυξημένη ασυμμετρία όλες οι δοκιμαζόμενες (N=14) είχαν επιδέξιο το δεξί άνω άκρο.

Πίνακας 4.3. Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις (σε παρένθεση) σωματομετρικών χαρακτηριστικών και προπονητικής ηλικίας αθλητριών πετοσφαίρισης, με μεταβολή στη θέση της ωμοπλάτης της κυρίαρχης πλευράς μικρότερη από 1.5 εκ (N=15) και μεγαλύτερη από 1.5 εκ (N=14)

ΣΩΜΑΤΟΜΕΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΑ	ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΑ	P Value
	< 1.5 εκ	≥ 1.5 εκ	
Ηλικία (έτη)*	24,3 (5,7)	24,9 (4,3)	.784
Ανάστημα (εκ)*	173,0 (5,1)	175,6 (6,0)	.218
Σωματικό βάρος (κιλά)*	64,5 (5,5)	68,0 (8,0)	.186
Σωματικό λίπος (%)*	23,0 (2,7)	22,4 (3,9)	.674
Προπονητική ηλικία (έτη)*	13,1 (6,0)	14,1 (5,1)	.655

* Έλεγχος t student για ανεξάρτητα δείγματα

Οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις για τις πλευροπλευρικές διαφορές στις τρεις δοκιμασίες αξιολόγησης της θέσης των ωμοπλάτων, στις δύο ομάδες δοκιμαζομένων, απεικονίζονται στον πίνακα 4.4. Τρεις από τις συνολικά 29 αθλήτριες πετοσφαίρισης στις οποίες καταγράφηκε η ΗΜΓ των ωμοπλατιαίων μυών, παρουσίασαν απαγωγή της ωμοπλάτης της κυρίαρχης πλευράς μεγαλύτερη ή ίση από 1.5 εκ. σε σχέση με την ωμοπλάτη της μη κυρίαρχης πλευράς με βάση την κάτω γωνία της ωμοπλάτης. Οι περισσότερες πλευροπλευρικές διαφορές καταγράφηκαν στη δοκιμασία προσδιορισμού του ύψους των ωμοπλάτων, καθώς σε οκτώ από τις συνολικά 29 δοκιμαζόμενες η ωμοπλάτη του κυρίαρχου άκρου ήταν τουλάχιστον 1.5 εκ. χαμηλότερα από την ωμοπλάτη του μη κυρίαρχου άκρου. Τέλος, σε πέντε από τις συνολικά 29 αθλήτριες η ωμοπλάτη του κυρίαρχου άκρου μετατοπίστηκε σε

απαγωγή, με βάση τη ρίζα της ωμοπλατιαίας άκανθας, σε απόσταση μεγαλύτερη ή ίση από 1.5 εκ. σε σχέση με την ωμοπλάτη του μη κυρίαρχου άκρου (Παράρτημα VII). Οι πλευροπλευρικές διαφορές στην απόσταση μεταξύ των ωμοπλατών ήταν σημαντικά μεγαλύτερες στην ομάδα των αθλητριών με ασυμμετρία μεγαλύτερη από 1.5 εκ. σε σχέση με τις αθλήτριες με ασυμμετρία μικρότερη από 1.5 εκ. (πίνακας 4.4.).

Πίνακας 4.4. Μέσοι Όροι (Μ.Ο.) και Τυπικές Αποκλίσεις (Τ.Α.) (σε παρένθεση) πλευροπλευρικών διαφορών στην απόσταση μεταξύ των ωμοπλατών, στις αθλήτριες πετοσφαίρισης με μεταβολή στη θέση της ωμοπλάτης της κυρίαρχης πλευράς μικρότερη από 1.5 εκ (N=15) και μεγαλύτερη από 1.5 εκ (N=14)

ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ	ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΑ < 1.5 εκ		ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΑ ≥ 1.5 εκ		P Value
	Εύρος	Μ.Ο. ± Τ.Α.	Εύρος	Μ.Ο. ± Τ.Α.	
Απαγωγή* (εκ) (κάτω γωνία ωμοπλάτης)	0,0-1,3	0,4 (0,4)	0,1-2,3	0,9 (0,6)	.025 ^a
Κατάσπαση* (εκ)	0,3-1,3	0,8 (0,3)	0,0-2,1	1,3 (0,7)	.011 ^a
Απαγωγή * (εκ) (ρίζα ωμοπλατιαίας άκανθας)	0,0-1,1	0,5 (0,3)	0,4-1,7	1,0 (0,5)	.001 ^a

*Έλεγχος t student για ανεξάρτητα δείγματα

^aΣτατιστικά σημαντική για α=0.05

Οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις του εύρους της έσω και έξω στροφής της γληνοβραχιόνιας άρθρωσης, τόσο για το κυρίαρχο όσο και για το μη κυρίαρχο άνω άκρο και στις δύο ομάδες δοκιμαζομένων, απεικονίζονται στον πίνακα 4.5. Ο κυρίαρχος ώμος παρουσίασε μειωμένη έσω στροφή σε σχέση με τον μη κυρίαρχο ώμο, ωστόσο η μείωση αυτή ήταν στατιστικώς σημαντική μόνο για την ομάδα των αθλητριών με αυξημένη ασυμμετρία (Παράρτημα VIII).

Η αξιοπιστία κατά τις επαναλαμβανόμενες μετρήσεις από τον ίδιο εξεταστή των πλευροπλευρικών διαφορών στην απόσταση της κάτω γωνίας των δύο ωμοπλατών

από τη ΣΣ (απαγωγή της ωμοπλάτης με βάση την κάτω γωνία) ήταν υψηλή ($ICC_{3,2}$ 0.95), με τυπικό σφάλμα μέτρησης 1,2 εκ. σε διάστημα 95% (Standard Error of Measurement). Επίσης υψηλή αξιοπιστία παρουσίασε η καταγραφή των πλευροπλευρικών διαφορών στην απόσταση των δύο ωμοπλατών από τη ΣΣ με βάση τη ρίζα της ωμοπλατιαίας άκανθας, κατά τις επαναλαμβανόμενες μετρήσεις από τον ίδιο εξεταστή ($ICC_{3,2}$ 0.94), με τυπικό σφάλμα μέτρησης 1,3 εκ. σε διάστημα 95%. Τέλος η αξιοπιστία μέτρησης της κατακόρυφης απόστασης μεταξύ των ωμοπλατών κατά τις επαναλαμβανόμενες μετρήσεις από τον ίδιο εξεταστή ήταν καλή ($ICC_{3,2}$ 0.73), με τυπικό σφάλμα μέτρησης 0,7 εκ. σε διάστημα 95%.

Πίνακας 4.5. Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις (σε παρένθεση) του εύρους της έσω και έξω στροφής στη γληνοβραχιόνια άρθρωση του κυρίαρχου και μη κυρίαρχου άνω άκρου, για τις αθλήτριες πετοσφαίρισης με μεταβολή στη θέση της ωμοπλάτης της κυρίαρχης πλευράς μικρότερη από 1.5 εκ ($N=15$) και μεγαλύτερη από 1.5 εκ ($N=14$)

ΚΙΝΗΣΗ	ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΑ < 1.5 εκ		P Value	ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΑ ≥ 1.5 εκ		P Value
	Κυρίαρχο	Μη κυρίαρχο		Κυρίαρχο	Μη κυρίαρχο	
Έσω στροφή (°)	53,1 (9,5)	62,5 (7,2)	.065	48,0 (10,0)	59,0 (12,0)	.038 ^a
Έξω στροφή (°)	99,3 (15,3)	99,4 (14,4)	1.00	105,0 (18,0)	101,0 (13,0)	.857

^aΣτατιστικά σημαντική για $\alpha=0.05$

4.2. ΗΜΓ δραστηριότητα

Οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις της ΗΜΓ δραστηριότητας των ωμοπλατιαίων μυών στις δύο ομάδες δοκιμαζομένων (ασυμμετρία <1.5 εκ. και ≥1.5 εκ.), τόσο για το κυρίαρχο όσο και για το μη κυρίαρχο άκρο κατά την εκτέλεση των ασκήσεων ΚΚΑ με στήριξη στο έδαφος και την ασταθή επιφάνεια, απεικονίζονται στον πίνακα 4.6.

Πίνακας 4.6. Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις (σε παρένθεση) της ΗΜΓ δραστηριότητας των ωμοπλατιαίων μυών (% ΜΕΣ) με βάση την αλληλεπίδραση των ομάδων, των επιφανειών στήριξης και της πλευράς

ΜΥΕΣ	ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΑ < 1.5 εκ				ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΑ ≥ 1.5 εκ			
	ΕΛΑΦΟΣ		BOSU		ΕΛΑΦΟΣ		BOSU	
	Κ.	Μ. Κ.	Κ.	Μ. Κ.	Κ.	Μ. Κ.	Κ.	Μ. Κ.
Μέση μοίρα τραπεζοειδή	9,9 (4,2)	10,5 (4,4)	9,6 (2,6)	11,5 (4,2)	11,2 (3,6)	12,1 (4,6)	13,3 (6,3)	13,2 (5,5)
Πρόσθιος οδοντωτός	54,5 (20,9)	56,3 (26,7)	49,9 (18,0)	51,5 (20,5)	70,0 (31,0)	86,3 (43,0)	62,9 (27,3)	83,7 (43,5)
Άνω μοίρα τραπεζοειδή	13,2 (6,1)	15,1 (8,9)	15,7 (8,1)	18,5 (9,9)	17,8 (9,6)	17,6 (10,1)	23,1 (9,9)	21,8 (11,0)

Κ. Κυρίαρχο άκρο

Μ.Κ. Μη Κυρίαρχο άκρο

4.2.1. Μέση μοίρα τραπεζοειδή

Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης δεν παρουσίασαν καμιά στατιστικώς σημαντική αλληλεπίδραση ανάμεσα στις δύο ομάδες, στις δύο πλευρές καθώς και στις δύο επιφάνειες στήριξης για τη μέση μοίρα του τραπεζοειδή ($F=3.129$, $p=.088$). Στο σχήμα 4.6. απεικονίζεται η ΗΜΓ δραστηριότητα της μέσης μοίρας του τραπεζοειδή, εκφρασμένη ως ποσοστό της ΜΕΣ, στις δύο ομάδες δοκιμαζομένων κατά την εκτέλεση των knee push-ups τις δύο συνθήκες στήριξης, τόσο για το κυρίαρχο όσο και για το μη κυρίαρχο άνω άκρο. Δεν παρατηρήθηκε καμία κύρια επίδραση όσον αφορά την ομάδα δοκιμαζομένων ($F=2.113$, $p=.158$), την επιφάνεια στήριξης ($F=3.146$, $p=.087$) καθώς και την πλευρά ($F=1.843$, $p=.186$), για τη μέση μοίρα του τραπεζοειδή (Παράρτημα ΙΧ).

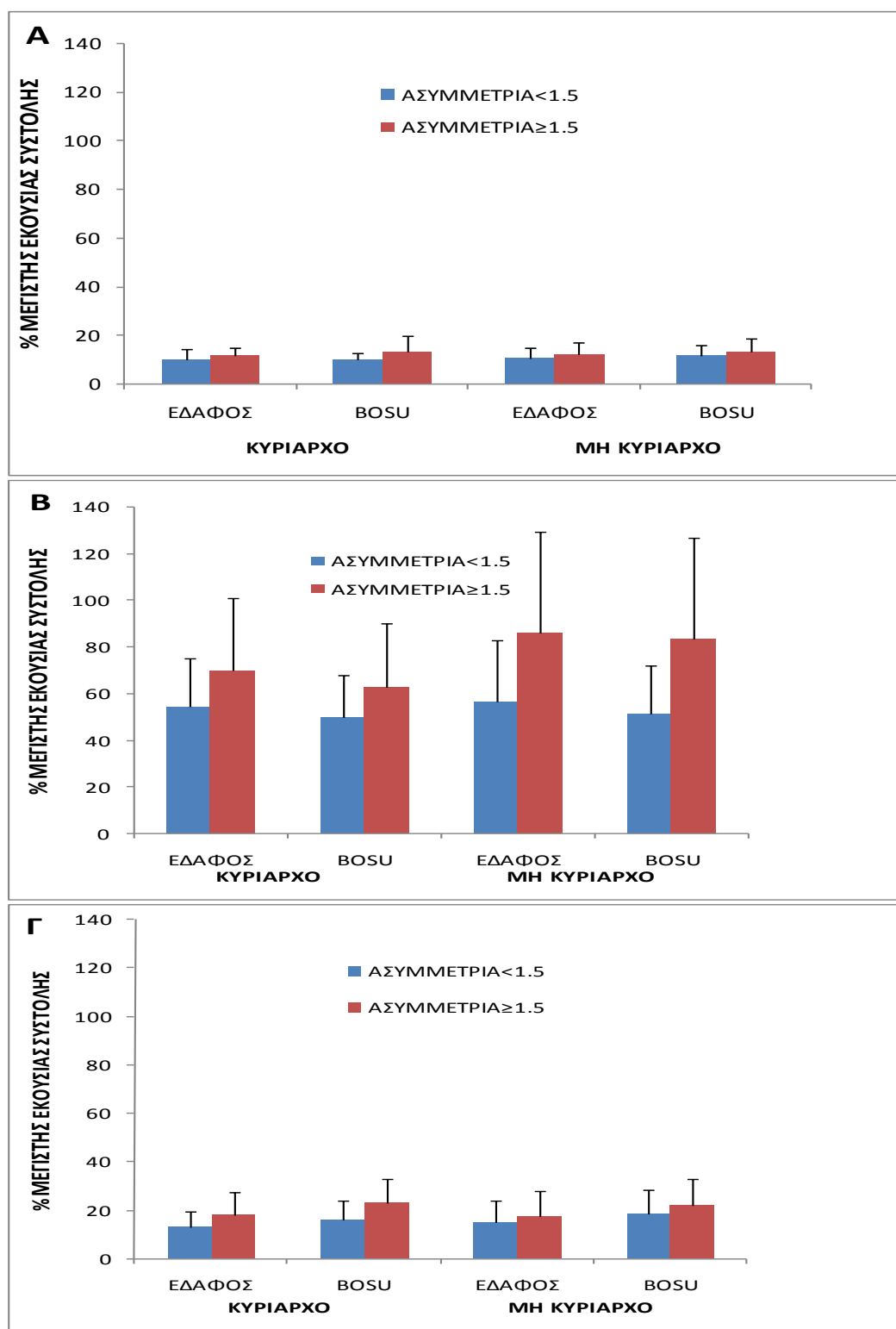
4.2.2. Πρόσθιος οδοντωτός

Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης δεν παρουσίασαν καμιά στατιστικώς σημαντική αλληλεπίδραση ανάμεσα στις δύο ομάδες, στις δύο πλευρές καθώς και στις δύο επιφάνειες στήριξης για τον πρόσθιο οδοντωτό ($F=1.553$, $p=.223$). Στο σχήμα 4.6. απεικονίζεται η ΗΜΓ δραστηριότητα του πρόσθιου οδοντωτού, εκφρασμένη ως ποσοστό της ΜΕΣ, στις δύο ομάδες δοκιμαζομένων κατά την εκτέλεση των knee push-ups τις δύο συνθήκες στήριξης, τόσο για το κυρίαρχο όσο και για το μη κυρίαρχο άνω άκρο. Παρατηρήθηκε κύρια επίδραση των ομάδων όσον αφορά την ενεργοποίηση του πρόσθιου οδοντωτού ($F=6.055$, $p=.018$). Οι αθλήτριες πετοσφαίρισης με αυξημένη μεταβολή στη θέση της κυρίαρχης ωμοπλάτης παρουσίασαν σημαντικά μεγαλύτερη ενεργοποίηση του πρόσθιου οδοντωτού κατά την εκτέλεση των knee push-ups ($75,7\% \pm 37,2\%$) σε σχέση με τις αθλήτριες με μικρότερη μεταβολή στη θέση της κυρίαρχης ωμοπλάτης ($53,1\% \pm 21,4\%$). Επίσης παρατηρήθηκε κύρια επίδραση των επιφανειών στήριξης ($F=6.322$, $p=.018$). Η στήριξη των άνω άκρων στο έδαφος κατά την εκτέλεση των knee push-ups, προκάλεσε σημαντικά μεγαλύτερη ενεργοποίηση του πρόσθιου οδοντωτού ($66,4\% \pm 33,0\%$) σε σχέση με την ασταθή πλατφόρμα BOSU ($61,6\% \pm 31,1\%$). Αντίθετα δεν παρατηρήθηκε καμιά κύρια επίδραση όσον αφορά το κυρίαρχο ή το μη κυρίαρχο άκρο ($F=2.916$, $p=.099$) (Παράρτημα ΙΧ).

4.2.3. Άνω μοίρα τραπεζοειδή

Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης δεν παρουσίασαν καμιά στατιστικώς σημαντική αλληλεπίδραση ανάμεσα στις δύο ομάδες, στις δύο πλευρές καθώς και στις δύο επιφάνειες στήριξης για την άνω μοίρα του τραπεζοειδή ($F=1.284$, $p=.267$).

Στο σχήμα 4.6. απεικονίζεται η ΗΜΓ δραστηριότητα της άνω μοίρας του τραπεζοειδή, εκφρασμένη ως ποσοστό της ΜΕΣ, στις δύο ομάδες δοκιμαζομένων κατά την εκτέλεση των knee push-ups τις δύο συνθήκες στήριξης, τόσο για το κυρίαρχο όσο και για το μη κυρίαρχο άνω άκρο. Παρατηρήθηκε κύρια επίδραση των επιφανειών στήριξης όσον αφορά την ενεργοποίηση του άνω τραπεζοειδή ($F=9.433$, $p=.005$). Η εκτέλεση των knee push-ups με στήριξη των άνω άκρων στη ασταθή πλατφόρμα BOSU προκάλεσε σημαντικά μεγαλύτερη ενεργοποίηση της άνω μοίρας του τραπεζοειδή ($19,7\% \pm 9,9\%$) σε σχέση με το έδαφος ($15,9\% \pm 8,8\%$). Δεν παρατηρήθηκε καμία κύρια επίδραση των ομάδων ($F=2.422$, $p=.131$) καθώς και της πλευράς ($F=.346$, $p=.561$) στην ενεργοποίηση του μυός (Παράρτημα IX).



Σχήμα 4.1. ΗΜΓ δραστηριότητα της μέσης μοίρας του τραπεζοειδή (Α), του πρόσθιου οδοντωτού (Β) και της άνω μοίρας του τραπεζοειδή (Γ), στις ομάδες δοκιμαζομένων με ασυμμετρία μικρότερη από 1.5 εκ (N=15) και μεγαλύτερη από 1.5 εκ (N=14), κατά την εκτέλεση των knee push-ups στο έδαφος και στην ασταθή πλατφόρμα BOSU, τόσο για το κυρίαρχο όσο και για το μη κυρίαρχο άκρο

5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

5.1. Προσαρμοστικές Μεταβολές στη Θέση των Ωμοπλάτων

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, η θέση της ωμοπλάτης της κυρίαρχης πλευράς των αθλητριών πετοσφαίρισης μεταβλήθηκε σε σχέση με την θέση της ωμοπλάτης της μη κυρίαρχης πλευράς. Στην πλειονότητα των δοκιμαζομένων η ωμοπλάτη της κυρίαρχης πλευράς μετατοπίστηκε προς τα έξω (απαγωγή είτε με βάση την κάτω γωνία, είτε με βάση τη ρίζα της ωμοπλατιαίας άκανθας, είτε με συνδυασμό και των δύο) και προς τα κάτω (κατάσπαση) σε σχέση με την ωμοπλάτη της μη κυρίαρχης πλευράς.

Σε μια προηγούμενη μελέτη η κλινική αξιολόγηση της θέσης των ωμοπλάτων ανέδειξε επίσης αυξημένη απαγωγή και κατάσπαση της ωμοπλάτης της κυρίαρχης πλευράς σε πετοσφαιριστές/στριες με και χωρίς πόνο στην περιοχή της ωμικής ζώνης (Kugler et al., 1996). Ο Oyama και συν. (2008) χρησιμοποιώντας μια συσκευή ηλεκτρομαγνητικής ανίχνευσης διαπίστωσαν αυξημένη απαγωγή της ωμοπλάτης της κυρίαρχης σε σχέση με την μη κυρίαρχη πλευρά κατά την ήρεμη όρθια στάση σε μη τραυματισμένους αθλητές αντισφαίρισης, αλλά όχι της πετοσφαίρισης. Τα παραπάνω αποτελέσματα αποδόθηκαν στις διαφορετικές απαιτήσεις του αθλήματος της αντισφαίρισης, όπως η αυξημένη ροπή αδράνειας που ασκείται στον ώμο από τη χρήση της ρακέτας. Χαμηλότερη θέση της ωμοπλάτης (κατάσπαση) της κυρίαρχης πλευράς σε σχέση με τη μη κυρίαρχη πλευρά έχει επίσης παρατηρηθεί και από άλλους ερευνητές (Burkhart et al., 2003b) σε τραυματισμένους όμως overhead αθλητές με Σύνδρομο Δυσκινητικής Ωμοπλάτης

(ΣΔΩ). Οι παρατηρήσεις αυτές ωστόσο, δεν επιβεβαιώθηκαν από κλινικές ή άλλες ποσοτικές μετρήσεις της κινηματικής και της θέσης των ωμοπλάτων.

Δεδομένου ότι η ωμοπλάτη σχηματίζει με την οπίσθια επιφάνεια του θωρακικού τοιχώματος μια «λειτουργική» άρθρωση, η λειτουργία της οποίας εξαρτάται αμιγώς από την δράση των μυών που προσφύονται σε αυτή, η μετατόπισή της ενδεχομένως να οφείλεται στη μεταβολή του μήκους των μυών αυτών. Η διάταξη των ελκτικών δυνάμεων της άνω μοίρας του τραπεζοειδή και του πρόσθιου οδοντωτού μυός ως ζεύγος δυνάμεων, έχει πρωτίστως ως αποτέλεσμα την άνω στροφή της ωμοπλάτης κατά την ανύψωση του βραχίονα. Η τάση ωστόσο που ασκείται από το σύνολο του τραπεζοειδή, σε συνδυασμό με την τάση που ασκείται από τον ρομβοειδή μυ κατά την προσαγωγή την ωμοπλάτης αντισταθμίζουν την τάση του πρόσθιου οδοντωτού να προκαλέσει απαγωγή. Η τάση επίσης της άνω μοίρας του τραπεζοειδή και του ανελκτήρα της ωμοπλάτης να μετατοπίσουν την ωμοπλάτη προς τα άνω αντισταθμίζεται από την τάση της κάτω μοίρας του τραπεζοειδή και του ελάσσονα θωρακικού να την μετατοπίσουν προς τα κάτω. Με την ενέργεια των μυών αυτών εξασφαλίζεται τόσο η κινητοποίηση όσο και η σταθεροποίηση της ωμοπλατοθωρακικής άρθρωσης πάνω στο θωρακικό τοίχωμα (Kibler 1998).

Με την προϋπόθεση ότι η θέση της ωμοπλάτης δεν επηρεάζεται από μυοσκελετικά προβλήματα της σπονδυλικής στήλης (π.χ. σκολίωση, κύφωση), η παρατηρούμενη απαγωγή της κυρίαρχης ωμοπλάτης πιθανόν να οφείλεται σε επιμήκυνση των προσαγωγών μυών αυτής (μέση μοίρα του τραπεζοειδή και ρομβοειδείς μύες) σε συνδυασμό με βράχυνση των πρόσθιων θωρακικών μυών (μείζων και ελάσσων θωρακικός, πρόσθιος οδοντωτός μυς) (Hrysomallis & Goodman 2001, Kugler et al., 1996). Αντίστοιχα η θέση κατάσπασης της ωμοπλάτης

υποδηλώνει επιμήκυνση των ανασπαστών (άνω μοίρα του τραπεζοειδή και ανελκτήρα της ωμοπλάτης) με παράλληλη βράχυνση των κατασπαστών μυών αυτής (κάτω μοίρα τραπεζοειδή και ελάσσων θωρακικός). Έχει αναφερθεί ότι όταν σε μια άρθρωση ενεργεί ένα ζεύγος μυών με τον ένα μυ να εμφανίζει βράχυνση και τον άλλο επιμήκυνση τότε η άρθρωση αυτή τείνει να μετατοπιστεί προς την πλευρά του βραχυμένου μυός (Norris in Bullock-Saxton et al., 2000). Το κατά πόσο η βράχυνση ενός μυός/μυϊκής ομάδας ακολουθεί ή προηγείται της επιμήκυνσης των ανταγωνιστικών μυών/μυϊκών ομάδων (ή των έτερων μυών που συνεργούν σε ένα ζεύγος) δεν έχει ακόμα αποσαφηνιστεί. Έχει ωστόσο αναφερθεί ότι επαναλαμβανόμενες μυϊκές συσπάσεις, όπως αυτές που απαιτούνται στην εκτέλεση αθλητικών δραστηριοτήτων, ιδιαίτερα όταν εκτελούνται σε περιορισμένο εύρος κίνησης, μπορεί να προκαλέσουν προσαρμοστικές μυϊκές βραχύνσεις (Williams et al., 1988) και πιθανόν διαταραχές στην θέση των αρθρώσεων.

Οι μύες οι οποίοι δυνητικά μπορεί να εμφανίσουν τέτοιες προσαρμοστικές βραχύνσεις είναι αυτοί που σταθεροποιούν και κινητοποιούν την ωμοπλάτη πάνω στο θωρακικό τοίχωμα αθλητών που συμμετέχουν σε overhead δραστηριότητες. Ηλεκτρομυογραφικές μελέτες έχουν καταγράψει αυξημένη ενεργοποίηση του πρόσθιου οδοντωτού καθώς και της κάτω μοίρας του τραπεζοειδή κατά την εκτέλεση overhead αθλητικών δραστηριοτήτων. Η ΗΜΓ δραστηριότητα του πρόσθιου οδοντωτού, ο οποίος αποτελεί έναν ισχυρό απαγωγό της ωμοπλάτης, έχει βρεθεί ότι κορυφώνεται κατά τη φάση όπλισης (arm cocking) (106 ± 56 % της ΜΕΣ), ενώ της κάτω μοίρας του τραπεζοειδή, η οποία συμμετέχει στην κατάσπαση της ωμοπλάτης, κατά τη φάση επιβράδυνσης (arm deceleration) του άνω άκρου (78 ± 33 % της ΜΕΣ) (Escamilla & Andrews, 2009).

Το ενδεχόμενο ωστόσο ύπαρξης προσαρμοστικών μεταβολών στο μήκος των μυών αυτών της ωμοπλάτης, και η συμβολή τους στη διαταραχή της θέσης της ωμοπλατοθωρακικής άρθρωσης δεν έχει μελετηθεί επαρκώς. Ο Kibler (1991) αναφέρει σχετικά με τη μεταβολή της θέσης της ωμοπλάτης στον ώμο του overhead αθλητή, ότι όσο περισσότερο η ωμοπλάτη του κυρίαρχου άκρου μετατοπίζεται πλευρικά τόσο περισσότερο βραχυμένοι θα είναι οι μύες που την μετατοπίζουν (π.χ. πρόσθιος οδοντωτός), μεταβάλλοντας τη μηχανοδυναμική καμπύλη και την απόδοση τους κατά την σύγκεντρη και έκκεντρη λειτουργία τους. Η παρατήρηση αυτή όμως δεν έχει τεκμηριωθεί με αντικειμενικά ευρήματα. Άλλοι ερευνητές έχουν διαπιστώσει «προσαρμοστική» βράχυνση του ελάσσονα θωρακικού στο κυρίαρχο άνω άκρο αθλητών/τριών αντισφαίρισης, η οποία ενδεχομένως να οφείλεται στο επαναλαμβανόμενο πρότυπο κίνησης των αθλητών/τριών αυτών (Cools et al 2010). Άλλες μελέτες έχουν δείξει ότι η αυξημένη ενεργητική ή παθητική τάση του ελάσσονα θωρακικού σε άτομα με διαταραχές της στάσης του σώματος μπορεί να επηρεάσει τη θέση καθώς και τη φυσιολογική κινηματική της ωμοπλάτης (Borstad et al., 2006; Cools et al., 2010; Hebert et al., 2002; Ludewig et al., 1996) σε βαθμό παρόμοιο με αυτό που εμφανίζουν δοκιμαζόμενοι με σύνδρομο πρόσκρουσης στον ώμο (Borstad & Ludewig 2005). Αν και στην παρούσα μελέτη δεν αξιολογήθηκε η τάση του ελάσσονα θωρακικού, είναι πιθανό ο μυς αυτός ως κατασπαστής της ωμοπλάτης, να συνέβαλε μερικώς στην προς τα κάτω μετατόπισή της.

Η μεταβολή στη θέση της ωμοπλάτης και η υποδηλούμενη μεταβολή στο μήκος των μυών που προσφύονται σε αυτή είναι πιθανόν επίσης να οφείλεται σε προσαρμογές του εύρους κίνησης της ωμοπλατοθωρακικής «άρθρωσης». Η κίνηση της άρθρωσης αυτής είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την κίνηση της γληνοβραχιόνιας

άρθρωσης, και προσαρμογές του εύρους κίνησης της πρώτης ενδέχεται να συνδέονται με προσαρμογές του εύρους κίνησης της δεύτερης. Η μειωμένη έσω στροφή στη γληνοβραχιόνια άρθρωση του κυρίαρχου άνω άκρου που παρατηρήθηκε στις πετοσφαιρίστριες με αυξημένη ασυμμετρία στην παρούσα μελέτη, συμφωνεί με τα αποτελέσματα προηγούμενων μελετών σε πετοσφαιριστές (Wang & Cochrane, 2001) και σε άλλους overhead αθλητές (Borsa et al., 2005, 2006; Downar & Sauers, 2005; Ellenbecker et al., 1996). Η μεταβολή αυτή είναι πιθανόν να τροποποίησε την κινητικότητα της ωμοπλατοθωρακικής «άρθρωσης», διαταράσσοντας το εύρος κίνησης της ωμοπλάτης και υποχρεώνοντας τους μύες που προσφύονται σε αυτή να λειτουργούν από θέση βράχυνσης ή επιμήκυνσης.

Ανεξάρτητα από τα αίτια πρόκλησης (επαναλαμβανόμενη μυϊκή δραστηριότητα ή διαταραχή του εύρους κίνησης), οι «προσαρμοστικές» μεταβολές στο μήκος των μυών είναι πιθανό να οφείλονται σε μεταβολές του ενδομυϊκού κολλαγόνου. Μελέτες σε σκελετικούς μύες ποντικών και αρουραίων έδειξαν αύξηση των έμμεσων δεικτών που σχετίζονται με τη σύνθεση του κολλαγόνου, όπως είναι η δραστηριότητα του ενζύμου προλίλη 4-υδροξυλάση (Han et al., 1999; Takala et al., 1983), αύξηση της συγκέντρωσης υδροξυπρολίνης και κολλαγόνου (Kovanen et al., 1984a; Suominen et al., 1980) καθώς και της συγκέντρωσης mRNA στο κολλαγόνο τύπου I, III και IV (Han, et al., 1999; Koskinen et al., 2001) μετά από άσκηση. Σε μία από τις μελέτες αυτές αναφέρεται ότι η σκληρότητα του υλικού (material stiffness) και όχι η συγκέντρωση υδροξυπρολίνης αυξήθηκε σημαντικά σε μύες βραδείας συστολής αρουραίων (υποκνημίδιος μυς) μετά από άσκηση αντοχής, σε αντίθεση με τους μύες ταχείας συστολής (ορθός μηριαίος μυς) οι οποίοι δεν παρουσίασαν καμία μεταβολή (Kovanen et al., 1984b). Άλλοι ερευνητές αναφέρουν

ότι η αυξημένη μυϊκή σκληρότητα που παρουσιάστηκε μετά από άσκηση αντοχής σε αρουραίους οφείλεται στην επιτάχυνση του μεταβολισμού του κολλαγόνου στον συνδετικό ιστό των σκελετικών τους μυών (Kovanen et al., 1980).

Οι πληροφορίες σχετικά με την επίδραση της προπόνησης στη συγκέντρωση του κολλαγόνου σε ανθρώπους, αναφέρουν αύξηση της δραστηριότητας της προλίλη υδροξυλάσης μετά από άσκηση αντοχής (Suominen & Heikkinen, 1975). Σε πρόσφατη μελέτη ανιχνεύθηκε αύξηση της σύνθεσης του κολλαγόνου τόσο στο επιγονατιδικό τένοντα όσο και τον τετρακέφαλο μυ δοκιμαζόμενων ύστερα από έντονη άσκηση μικρής διάρκειας, υποδηλώνοντας παρόμοιο ρυθμό μυοτενόντιας προσαρμογής (Miller et al., 2005).

Το μήκος ηρεμίας καθώς και η σκληρότητα ενός μυός καθορίζονται από τις μηχανικές του ιδιότητες. Η αύξηση του ενδομυϊκού συνδετικού ιστού συνοδεύεται από αύξηση της σκληρότητας και μείωση του μήκους του μυός, δεδομένου ότι η πρώτη είναι αντιστρόφως ανάλογη της δεύτερης (Herbert, 1988). Αν και η σκληρότητα, και ως εκ τούτου το μήκος, των απαγωγών και κατασπαστών μυών της ωμοπλάτης δεν αξιολογήθηκε στην παρούσα μελέτη, είναι πιθανόν να έχει μεταβληθεί δεδομένης της αυξημένης ενεργοποίησης που παρουσιάζουν οι μύες αυτοί στις overhead δραστηριότητες, μετατοπίζοντας την ωμοπλάτη της κυρίαρχης πλευράς.

5.2. Επίδραση της Ασυμμετρίας των Ωμοπλατών στην ΗΜΓ Δραστηριότητα των Ωμοπλατιαίων Μυών

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης έδειξαν υψηλότερη ΗΜΓ δραστηριότητα του πρόσθιου οδοντωτού και της άνω και κάτω μοίρας του

τραπέζοειδή στις πετοσφαιρίστριες με αυξημένη ασυμμετρία στη θέση των ωμοπλάτων. Οι διαφορές αυτές ωστόσο ήταν σημαντικές μόνο για τον πρόσθιο οδοντωτό (κύρια επίδραση). Η ΗΜΓ δραστηριότητα των υπό μελέτη μυών δε διαφοροποιήθηκε σε σχέση με την πλευρά (κυρίαρχη vs κυρίαρχη) καθώς και την επιφάνεια στήριξης (σταθερή vs ασταθής επιφάνεια) στις δύο ομάδες δοκιμαζομένων.

Η σημαντική αύξηση της ΗΜΓ δραστηριότητας του πρόσθιου οδοντωτού που παρατηρήθηκε στις πετοσφαιρίστριες με αυξημένη ασυμμετρία στη θέση των ωμοπλάτων, πιθανόν να οφείλεται στη ενεργοποίηση περισσότερων κινητικών μονάδων λόγω της αυξημένης δύναμης που εμφανίζει ο μυς αυτός στο κυρίαρχο άνω άκρο overhead αθλητών (Cools et al., 2010). Οι παρατηρηθείσες μεταβολές της ΗΜΓ δραστηριότητας του πρόσθιου οδοντωτού είναι πιθανόν επίσης να οφείλονται και στην ενδεχόμενη προσαρμοστική βράχυνση του μυός, όπως προέκυψε από τη μεταβολή της στατικής θέσης των ωμοπλάτων. Οι Herring και συν. (1984), έχουν αναφέρει ότι οι μυϊκές ίνες οι οποίες είναι υποχρεωμένες να συσπώνται από θέση βράχυνσης περιορίζουν το μήκος τους μειώνοντας τον αριθμό των εν σειρά σαρκομερίων, έτσι ώστε οι κινητικές μονάδες του μυός να επιστρατεύονται πλήρως στο εύρος τροχιάς της άρθρωσης. Μείωση του αριθμού των εν σειρά σαρκομερίων (έως 40%) και ως εκ τούτου μείωση του μήκους των μυών έχει επίσης διαπιστωθεί και μετά από ακινητοποίηση των αρθρώσεων σε πειραματόζωα, με τους μύες σε θέση βράχυνσης (Goldspink et al., 1974; Tabary et al., 1972; Williams & Goldspink, 1973, 1978). Αν και είναι άγνωστο το κατά πόσο η μεταβολή στη θέση ή/και το εύρος τροχιάς μιας άρθρωσης, η οποία δεν έχει ακινητοποιηθεί, επηρεάζει τον

αριθμό των εν σειρά σαρκομερίων, έχει αναφερθεί ότι ο αριθμός αυτών ρυθμίζεται με τέτοιο τρόπο ώστε να διατηρείται ιδανική η αλληλοκάλυψη των μυονηματίων για την παραγωγή δύναμης (Williams & Goldspink, 1978). Η πιθανή ως εκ τούτου μείωση του αριθμού των σαρκομερίων, λόγω της υποδηλούμενης βράχυνσης του πρόσθιου οδοντωτού, ίσως προκάλεσε επιστράτευση περισσότερων κινητικών μονάδων και άρα αύξηση της ΗΜΓ δραστηριότητας του μυός, προκειμένου να σταθεροποιήσει αποτελεσματικότερα την ωμοπλάτη πάνω στο θωρακικό τοίχωμα κατά την εκτέλεση των ασκήσεων ΚΚΑ.

Ο μεγαλύτερος αριθμός κινητικών μονάδων που ενεργοποιείται όταν ένας μυς συσπάται από θέση βράχυνσης έχει επίσης αποδοθεί στο γεγονός ότι οι γρήγορες κινητικές μονάδες επιστρατεύονται πρώτες, με τις αργές κινητικές μονάδες να ενεργοποιούνται νωρίτερα στους επιμηκυσμένους μύες (Kennedy & Cresswell, 2001). Σε προηγούμενες μελέτες οι οποίες αξιολόγησαν την επίδραση του μήκους του μυός στη παραγωγή της δύναμης, η αυξημένη ενεργοποίηση η οποία καταγράφηκε κατά τη σύσπαση ενός μυός ή μιας μυϊκής ομάδας από θέση βράχυνσης αποδόθηκε στην αύξηση του ρυθμού επιστράτευσης των κινητικών μονάδων (Christova et al., 1998; Vander Linden et al., 1991). Οι αλλαγές στο κατώφλι και το ρυθμό επιστράτευσης των κινητικών μονάδων στις βραχυμένες μυϊκές δεσμίδες υποδηλώνουν προσαρμογή της κεντρικής εντολής εξαιτίας των μεταβολών της κεντρομόλας ιδιοδεκτικής πληροφόρησης (Pasquet et al., 2005).

Σε αντίθεση με τον βραχυμένο πρόσθιο οδοντωτό η ΗΜΓ δραστηριότητα της επιμηκυσμένης άνω και μέσης μοίρας του τραπέζοειδούς δεν παρουσίασε καμία σημαντική μεταβολή. Η αύξηση του αριθμού των εν σειρά σαρκομερίων (έως 25%)

που έχει παρατηρηθεί τόσο σε μύες που έχουν ακινητοποιηθεί σε θέση επιμήκυνσης (Goldspink et al., 1974; Tabary et al., 1972; Williams & Goldspink, 1973, 1978), όσο και μετά από επαναλαμβανόμενη διάταση μη ακινητοποιημένων μυών (Summers et al., 1985), είναι πιθανό να μη συνοδεύτηκε από αύξηση στο μήκος ή τη σκληρότητα των μυών αυτών εξαιτίας της ιδιότητας των παθητικών τους στοιχείων να δέχονται/φέρουν φορτία (Herbert 1988). Οι κολλαγόνες ίνες του περιμύϊου οι οποίες όπως έχει διαπιστωθεί στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο εμφανίζουν πτυχώσεις (Rowe, 1981), ευθυγραμμίζονται κατά την επιμήκυνση του μυός (Williams & Goldspink, 1984). Ως εκ τούτου η συμμετοχή των παθητικών στοιχείων και η ενδεχόμενη αύξηση του αριθμού των σαρκομερίων των μυών πιθανώς προκάλεσε επιστράτευση λιγότερων κινητικών μονάδων και άρα μη σημαντική αύξηση της ΗΜΓ δραστηριότητάς των επιμηκυμένων μυών.

Το γεγονός ότι η ΗΜΓ δραστηριότητα των υπό μελέτη μυών δεν διαφοροποιήθηκε μεταξύ των δύο ομάδων σε σχέση με την επιφάνεια στήριξης ή την πλευρά του σώματος, πιθανόν να οφείλεται στο μέγεθος των πλευροπλευρικών διαφορών στη θέση των ωμοπλατών, το οποίο καθορίστηκε ως κριτήριο αυξημένης ασυμμετρίας. Σύμφωνα με τον Kibler (1998), η διαφορά στην οριζόντια και κατακόρυφη απόσταση μεταξύ των δύο ωμοπλατών σε σχέση με την ΣΣ η οποία ανέρχεται σε 1.5 εκ, αποτελεί το κατώφλι για την ύπαρξη ασυμμετρίας και τη διάγνωση παθολογίας στην ωμική ζώνη, χωρίς όμως ο ίδιος να παρέχει ερευνητική απόδειξη για το συμπέρασμα αυτό. Σε πρόσφατη μελέτη η οποία πραγματοποιήθηκε σε δείγμα 71 υγιών αθλητών οι οποίοι συμμετείχαν σε αθλήματα κυριαρχίας του ενός άνω άκρου, οι Koslow και συν. (2003) παρατήρησαν ότι 52 άτομα από το σύνολο του δείγματος παρουσίαζαν μια διαφορά στην απόσταση μεταξύ των

ωμοπλατών τουλάχιστον 1.5 εκ. σε μία ή περισσότερες από τις τρεις θέσεις της ΔΠΟΩ. Οι ίδιοι κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι ασυμμετρία στη θέση των ωμοπλατών μεγαλύτερη από 1.5 εκ. με βάση την ΔΠΟΩ, δεν υποδηλώνει υποχρεωτικά και την ύπαρξη δυσλειτουργίας στην ωμική ζώνη (Koslow et al., 2003). Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης δεν επιβεβαιώνουν τους ισχυρισμούς άλλων ερευνητών σύμφωνα με τους οποίους ασυμμετρία μεγαλύτερη από 1.5 εκ. μεταξύ των ωμοπλατών σε overhead αθλητές αποτελεί ένδειξη μεταβολής στην ενεργοποίηση των μυών της ωμικής ζώνης (Burkhart et al., 2003b). Ως εκ τούτου η τιμή αυτή ως κριτήριο αυξημένης ασυμμετρίας των ωμοπλατών και ενδεχομένως ως παράγοντα πρόκλησης τραυματισμού του ώμου overhead αθλητών χρειάζεται επαναπροσδιορισμό.

Επίσης, ο καθορισμός της ασυμμετρίας στην παρούσα μελέτη προέκυψε από πλευροπλευρικές συγκρίσεις στη θέση των ωμοπλατών, χωρίς προηγουμένως να έχει καθοριστεί η φυσιολογική θέση ηρεμίας της ωμοπλάτης τόσο της κυρίαρχης όσο και της μη κυρίαρχης πλευράς. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα να μην είναι γνωστό αν η μετατόπιση της κυρίαρχης ωμοπλάτης σε απαγωγή και κατάσπαση οφείλονταν σε μικρότερου βαθμού απαγωγή και κατάσπαση ή προσαγωγή και ανάσπαση της μη κυρίαρχης ωμοπλάτης. Στη φυσιολογική θέση ηρεμίας το έσω χείλος της ωμοπλάτης είναι παράλληλο με τη ΣΣ και σε απόσταση 3 ιντσών από τη μέση γραμμή (Sobush et al., 1996), ενώ η άνω γωνία και το ακρώμιο βρίσκονται περίπου στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο με τον 2^ο θωρακικό σπόνδυλο, χωρίς υπερβολική ανάσπαση ή κατάσπαση (Azevedo et al., 2008).

Άμεση σύγκριση των αποτελεσμάτων της παρούσας μελέτης με αποτελέσματα άλλων μελετών ωστόσο δεν είναι εφικτή, δεδομένου ότι η μελέτη αυτή είναι η πρώτη στην οποία καταγράφηκε η ενεργοποίηση των σταθεροποιών μυών της ωμοπλάτης σε υγιείς overhead αθλήτριες οι οποίες ταξινομήθηκαν με βάση το μέγεθος της ασυμμετρίας στη θέση των ωμοπλάτων τους. Από προηγούμενες μελέτες έχει διαπιστωθεί ότι η ενεργοποίηση των μυών της ωμοπλάτης διαφοροποιείται από την αλλαγή της θέσης των αρθρώσεων ή της στάσης του σώματος (Ludewig & Cook, 1996; Thigpen et al., 2010). Μεταβολή της φυσιολογικής κινηματικής καθώς και της ενεργοποίησης των μυών της ωμοπλάτης έχει παρατηρηθεί κατά τη διάρκεια εκτέλεσης δραστηριοτήτων ανοικτής κινητικής αλυσίδας πάνω από το επίπεδο του κεφαλιού, σε υγιείς δοκιμαζόμενους με διαταραχές της στάσης όπως η πρόσθια κλίση της κεφαλής και οι κυρτοί ώμοι (Thigpen et al., 2010). Σημαντική συσχέτιση έχει παρατηρηθεί επίσης ανάμεσα στη μεταβολή της θέσης της ωμοπλάτης και στην ενεργοποίηση των σταθεροποιών της μυών, κατά την τεχνητά προκαλούμενη πρόσθια κλίση της κεφαλής σε υγιείς δοκιμαζόμενους (Ludewig & Cook, 1996).

5.3. Επίδραση της Ασταθούς Επιφάνειας Στήριξης στην Ενεργοποίηση των Ωμοπλατιαίων Μυών

Η στήριξη στην ασταθή επιφάνεια (πλατφόρμα BOSU) προκάλεσε σημαντική μείωση στην ενεργοποίηση του πρόσθιου οδοντωτού μυός, ενώ αντίθετα οδήγησε σε σημαντική αύξηση της ενεργοποίησης της άνω μοίρας του τραπεζοειδή, ανεξαρτήτως ομάδας καθώς και πλευράς (κύρια επίδραση). Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με πρόσφατη μελέτη στην οποία χρησιμοποιήθηκε η ίδια ασταθής

πλατφόρμα κατά την εκτέλεση push-ups σε δείγμα ατραυμάτιστων και συμπτωματικών overhead αθλητών (Tucker et al., 2010).

Παρόμοια συμπεριφορά για τον πρόσθιο οδοντωτό έχει καταγραφεί σε προηγούμενες μελέτες στις οποίες αξιολογήθηκε η επίδραση της ασταθούς στήριξης στην ενεργοποίηση των μυών της ωμοπλάτης σε υγιείς δοκιμαζόμενους, οι οποίοι όμως δε συμμετείχαν σε overhead αθλητικές δραστηριότητες (de Oliveira et al., 2008; Lehman et al., 2008; Maenhout et al., 2010). Η εκτέλεση ασκήσεων ΚΚΑ με στήριξη στη μπάλα ισορροπίας (swiss ball) προκάλεσε μείωση της ΗΜΓ δραστηριότητας του πρόσθιου οδοντωτού, η οποία όμως δε ήταν σημαντική (de Oliveira et al., 2008; Lehman et al., 2008). Ωστόσο στις παραπάνω μελέτες οι δοκιμαζόμενοι αξιολογήθηκαν είτε με στήριξη σε θέση push-up χωρίς να πραγματοποιήσουν δυναμική κίνηση (Oliveira et al., 2008), είτε κατά την κάμψη-έκταση των αγκώνων με τα άνω άκρα να βρίσκονται σε υψηλότερο επίπεδο στήριξης σε σχέση με τα κάτω άκρα (Lehman et al., 2008). Οι Maenhout και συν. (2010), επέδωσαν την μείωση της ΗΜΓ δραστηριότητας του πρόσθιου οδοντωτού στη μετατόπιση του κέντρου βάρους και την αύξηση του φορτίου στα κάτω άκρα, εξαιτίας της στήριξης των άνω άκρων στην πλατφόρμα ισορροπίας (wobble board).

Αντιφατικά ωστόσο είναι τα αποτελέσματα που αναφέρονται στην βιβλιογραφία σχετικά με την επίδραση της ασταθούς στήριξης στην ενεργοποίηση της άνω μοίρας του τραπεζοειδή κατά την εκτέλεση ασκήσεων ΚΚΑ. Ενώ η χρήση της ελβετικής μπάλας (swissball) προκάλεσε μη σημαντική αύξηση της ΗΜΓ δραστηριότητας (de Oliveira et al., 2008; Lehman et al., 2008; Sandhu et al., 2008), η στήριξη στην πλατφόρμα ισορροπίας (wobble board) οδήγησε σε σημαντική μείωση της

ενεργοποίησης της άνω μοίρας του τραπεζοειδή (Maenhout et al., 2010). Ωστόσο στις παραπάνω μελέτες η θέση εκτέλεσης των ασκήσεων ΚΚΑ καθώς και η τοποθέτηση των άνω και κάτω άκρων παρουσίαζαν διαφορές σε σχέση με το επίπεδο στήριξης. Οι Uhl και συν. (2003), αναφέρουν ότι οι αλλαγές στις θέσεις στήριξης κατά την εκτέλεση ασκήσεων μεταφοράς του σωματικού βάρους (push-ups) έχουν σαν αποτέλεσμα μεταβολές στο μέγεθος ενεργοποίησης των μυών της ωμικής ζώνης (Uhl et al., 2003).

Η μέση μοίρα του τραπεζοειδή δεν παρουσίασε σημαντικές διαφορές σε σχέση με την επιφάνεια στήριξης κατά την εκτέλεση των knee push-ups, κάτι που παρατηρήθηκε και σε προηγούμενη μελέτη κατά την εκτέλεση knee push-ups plus στο έδαφος και στην πλατφόρμα ισορροπίας (wobble board) (Maenhout et al., 2010). Αντίθετα η προσθήκη της πλατφόρμας BOSU προκάλεσε σημαντική αύξηση στην ενεργοποίηση της μέσης μοίρας του τραπεζοειδή κατά την εκτέλεση push-ups σε overhead αθλητές (Tucker et al., 2010). Η ανάγκη για αυξημένη σταθεροποίηση της ωμοπλάτης κατά τη στήριξη στην ασταθή πλατφόρμα εξαιτίας της συμμετοχής overhead αθλητών με συμπτώματα δευτερογενούς πρόσκρουσης στον ώμο στη μελέτη των Tucker και συν. (2010), πιθανώς δικαιολογεί την ασυμφωνία των αποτελεσμάτων σε σχέση με την παρούσα μελέτη.

Οι μεταβολές στην ενεργοποίηση της άνω μοίρας του τραπεζοειδή και του πρόσθιου οδοντωτού μυός που παρατηρήθηκαν στην παρούσα μελέτη, πιθανώς σχετίζονται με το λειτουργικό ρόλο των μυών αυτών καθώς ο πρώτος συμβάλλει στην σταθεροποίηση ενώ ο δεύτερος στην κίνηση της ωμοπλατοθωρακικής άρθρωσης (Janda, 1983). Σύμφωνα με τον Janda (1983), οι μύες με βάση τη

λειτουργική τους ικανότητα κατατάσσονται σε τονικούς (στάσης) και σε φασικούς (κίνησης). Η επίδραση του λειτουργικού ρόλου των μυών στην ΗΜΓ τους δραστηριότητα, έχει αναφερθεί σε προηγούμενες μελέτες στις οποίες αξιολογήθηκε η επίδραση της αστάθειας στα κάτω άκρα. Η εκτέλεση «καθισμάτων» με μπάρα (squat) με στήριξη σε ασταθείς πλατφόρμες, προκάλεσε μείωση στην ΗΜΓ δραστηριότητα του έσω και έξω πλατύ μυός (McBride et al., 2006) ενώ αντίθετα προκάλεσε αύξηση στην ενεργοποίηση του υποκνημίδιου μυός (Anderson & Behm, 2005). Οι μεταβολές στην ΗΜΓ δραστηριότητα των παραπάνω μυών αποδόθηκαν στον σταθεροποιητικό ρόλο του υποκνημίδιου για τη διατήρηση της στάσης σε σχέση με τον τετρακέφαλο μηριαίο μυ (Anderson & Behm, 2005).

Έχει αναφερθεί επίσης ότι η ανισορροπία στην ενεργοποίηση ανάμεσα στον πρόσθιο οδοντωτό και την άνω μοίρα του τραπεζοειδή (υψηλό πηλίκο Α.Μ.Τ./Π.Ο.) (Ludewig et al 2004), μπορεί να προκαλέσει διαταραχή των προτύπων κίνησης της ωμοπλάτης, με υπερβολική προς τα πάνω μετατόπιση και περιορισμένη άνω στροφή αυτής κατά την ανύψωση των άνω άκρων. Η κίνηση αυτή της ωμοπλάτης πάνω στο θωρακικό τοίχωμα μπορεί δυνητικά να προκαλέσει συμπτώματα υπακρωμιακής προστριβής (ή πρόσκρουσης). Αν και στην παρούσα μελέτη το πρότυπο ενεργοποίησης των μυών αυτών ήταν παρόμοιο δεν αναφέρθηκαν από τους εξεταζόμενους παρόμοια συμπτώματα. Στο γεγονός αυτό συνέβαλλε πιθανώς η αποτελεσματική ενεργοποίηση της μέσης μοίρας του τραπεζοειδή η οποία σε συνδυασμό με την μειωμένη ενεργοποίηση του πρόσθιου οδοντωτού απέτρεψε την υπερβολική απαγωγή της ωμοπλάτης συμβάλλοντας στην αποτελεσματικότερη σταθεροποίηση της ωμοπλατοθωρακικής άρθρωσης. Επιπλέον, αν και η ενεργοποίηση της άνω μοίρας του τραπεζοειδή αυξήθηκε και του πρόσθιου

οδοντωτού μειώθηκε κατά τη στήριξη στην ασταθή επιφάνεια, η διατήρηση της ΗΜΓ τους δραστηριότητας κάτω από 20% και πάνω από 60% της ΜΕΣ αντίστοιχα, δεν ήταν ενδεχομένως ικανή να διαταράξει τη σχέση ενεργοποίησης των μυών αυτών. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με προηγούμενες μελέτες στις οποίες η ενεργοποίηση της άνω μοίρας του τραπεζοειδή κατά την εκτέλεση knee push-up plus, δεν ξεπέρασε το κατώφλι ελάχιστης ενεργοποίησης (20% της ΜΕΣ) (Decker et al., 1999; Ludewig et al., 2004).

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ωμοπλάτη της κυρίαρχης πλευράς αθλητριών πετοσφαίρισης βρίσκεται σε θέση αυξημένης κατάσπασης και απαγωγής (απαγωγή είτε με βάση την κάτω γωνία, είτε με βάση τη ρίζα της ωμοπλατιαίας άκανθας, είτε με συνδυασμό και των δύο) σε σχέση με την ωμοπλάτη της μη κυρίαρχης πλευράς. Η ασυμμετρία των ωμοπλάτων πιθανώς σχετίζεται με «προσαρμοστικές» μεταβολές στο μήκος των ωμοπλατιαίων μυών εξαιτίας της επαναλαμβανόμενης δραστηριότητας του κυρίαρχου άνω άκρου των overhead αθλητών, ή/και των διαταραχών του εύρους τροχιάς της ωμοπλατοθωρακικής «άρθρωσης». Ανεξαρτήτως από τα αίτια πρόκλησης (επαναλαμβανόμενη μυϊκή δραστηριότητα/διαταραχή του εύρους κίνησης), οι «προσαρμοστικές» αυτές μεταβολές είναι πιθανό να οφείλονται σε μεταβολές του ενδομυϊκού κολλαγόνου και του αριθμού των εν σειρά σαρκομερίων, των μυών που σταθεροποιούν και κινητοποιούν την ωμοπλάτη πάνω στο θωρακικό τοίχωμα. Στις αθλήτριες πετοσφαίρισης με μετατόπιση στη θέση της κυρίαρχης ωμοπλάτης μεγαλύτερη από 1.5 εκ, οι προσαρμογές των παθητικών στοιχείων στους επιμηκυμένους μύες, καθώς επίσης η μεταβολή στο ρυθμό επιστράτευσης των κινητικών μονάδων στους βραχυμένους μύες, πιθανώς συμβάλουν ούτως ώστε να μη μεταβάλλεται σημαντικά το μέγεθος της ΗΜΓ τους δραστηριότητας, κατά την εκτέλεση ασκήσεων ΚΚΑ με στήριξη σε σταθερές και ασταθείς επιφάνειες. Συνεπώς η τιμή του 1.5 εκ ως κατώφλι αυξημένης ασυμμετρίας στο μέγεθος των πλευροπλευρικών διαφορών στη θέση των ωμοπλάτων, δεν φαίνεται να αποτελεί κριτήριο μεταβολής της ενεργοποίησης των ωμοπλατιαίων μυών overhead αθλητών.

Η εφαρμογή ασκήσεων ΚΚΑ όπως είναι τα knee push-ups προκαλούν αυξημένη ενεργοποίηση του πρόσθιου οδοντωτού και μειωμένη ενεργοποίηση της άνω μοίρας του τραπεζοειδή, επιτυγχάνοντας ισορροπία στο πηλίκo ενεργοποίησης μεταξύ των μυών αυτών και αποτρέποντας συμπτώματα υπακρωμιακής προστριβής. Ωστόσο, παρόλο που ο τύπος της ασταθούς επιφάνειας που χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με το είδος της άσκησης που εκτελείται κάθε φορά, μπορεί να επηρεάσει διαφορετικά το επίπεδο της ΗΜΓ δραστηριότητας του εκάστοτε μυός, η επιλογή των συνθηκών άσκησης (σταθερή ή ασταθής επιφάνεια στήριξης) θα πρέπει να γίνεται σύμφωνα με την μυϊκή ομάδα στην ενεργοποίηση της οποίας στοχεύει το πρόγραμμα αποκατάστασης. Εάν στόχος του προγράμματος άσκησης είναι η αύξηση της ενεργοποίησης του πρόσθιου οδοντωτού, η χρήση της πλατφόρμας BOSU δε συστήνεται λόγω της επίδρασής της στην ΗΜΓ δραστηριότητα του μυός.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Anderson, K. G., & Behm, D. G. (2004). Maintenance of EMG activity and loss of force output with instability. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18 (3), pp. 637-640.
- Anderson, K., & Behm, D. G. (2005). Trunk muscle activity increases with unstable squat movements. *Canadian Journal of Applied Physiology* , 30 (1), σσ. 33-45.
- Azevedo, D. C., de Lima Pires, T., de Souza Andrade, F., & McDonnell, M. K. (2008). Influence of scapular position on the pressure pain threshold of the upper trapezius muscle region. *European Journal of Pain*, 12 (2), pp. 226-232.
- Bagg, S. D., & Forrest, W. J. (1988). A biomechanical analysis of scapular rotation during arm abduction in the scapular plane. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 67 (6), pp. 238-245.
- Bagg, S. D., & Forrest, W. J. (1986). Electromyographic study of the scapular rotators during arm abduction in the scapular plane. *American Journal of Physical Medicine*, 65 (3), pp. 111-124.
- Bair, C., Buckley, B., Pralle, R., Schroeter, M., Smith, B., & Jorgensen, M. (2009). Shoulder Muscle EMG Activity in Women During Push up on Varying Surfaces. *Proceedings of the 5th Annual GRASP Symposium*, (pp. 14-15).
- Behm, D. G., & Anderson, K. G. (2006). The role of instability with resistance training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 20 (3), pp. 716-722.

- Berthonnaud, E., Herzberg, G., Zhao, K. D., An, K. N., & Dimnet, J. (2005). Three-dimensional in vivo displacements of the shoulder complex from biplanar radiography. *Surgical and Radiologic Anatomy*, 27, pp. 214-222.
- Borich, M. R., Bright, J. M., Lorello, D. J., Cieminski, C. J., Buisman, T., & Ludewig, P. M. (2006). Scapular angular positioning at end range internal rotation in cases of glenohumeral internal rotation deficit. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 36 (12), pp. 926-934.
- Borsa, P. A., Dover, G. C., Wilk, K. E., & Reinold, M. M. (2006). Glenohumeral range of motion and stiffness in professional baseball pitchers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 38 (1), pp. 21-26.
- Borsa, P. A., Laudner, K. G., & Sauers, E. L. (2008). Mobility and stability adaptations in the shoulder of the overhead athlete. A theoretical and evidence-based perspective. *Sports Medicine*, 38 (1), pp. 17-36.
- Borsa, P. A., Lephart, S. M., Kocher, M. S., & Lephart, S. P. (1994). Functional assessment and rehabilitation of shoulder proprioception for glenohumeral instability. *Journal of Sport Rehabilitation*, 3, pp. 84-104.
- Borsa, P. A., Scibek, J. S., Jacobson, J. A., & Meister, K. (2005). Sonographic stress measurement of glenohumeral joint laxity in collegiate swimmers and age-matched controls. *American Journal of Sports Medicine*, 33 (7), pp. 1077-1084.

- Borsa, P. A., Timmons, M. K., & Sauers, E. L. (2003). Scapular positioning patterns during humeral elevation in unimpaired shoulders. *Journal of Athletic Training* , 38 (1), pp. 12-17.
- Borsa, P. A., Wilk, K. E., Jacobson, J. A., Scibek, J. S., Dover, G. C., Reinold, M. M., et al. (2005). Correlation of range of motion and glenohumeral translation in professional baseball pitchers. *American Journal of Sports Medicine*, 33 (9), pp. 1392-1399.
- Borstad, J. D. (2006). Resting position variables at the shoulder: Evidence to support a posture-impairment association. *Physical Therapy* , 86 (4), pp. 549-557.
- Borstad, J. D., & Ludewig, P. M. (2002). Comparison of scapular kinematics between elevation and lowering of the arm in the scapular plane. *Clinical Biomechanics* , 17, pp. 650-659.
- Borstad, J. D., & Ludewig, P. M. (2005). The effect of long versus short pectoralis minor resting length on scapular kinematics in healthy individuals. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 35, pp. 227-238.
- Bullock-Saxton, J., Murphy, D., Norris, C., Richardson, C., & Tunnell, P. (2000). The muscle designation debate: the experts respond. *Journal of Bodywork and Movement Therapies* , 4 (4), pp. 225-241.
- Burkhart, S. S., Morgan, C. D., & Kibler, W. B. (2003a). The Disabled Throwing Shoulder: Spectrum of Pathology Part I: Pathoanatomy and Biomechanics. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic and Related Surgery* , 19 (4), pp. 404-420.

- Burkhart, S. S., Morgan, C. D., & Kibler, W. B. (2003b). The disabled throwing shoulder: spectrum of pathology Part III: The SICK scapula, scapular dyskinesis, the kinetic chain, and rehabilitation. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic and Related Surgery* , 19 (6), pp. 641-661.
- Christova, P., Kossev, A., & Radicheva, N. (1998). Discharge rate of selected motor units in human biceps brachii at different muscle lengths. *Journal of Electromyography and Kinesiology* , 8, σσ. 287-294.
- Cools, A. M., Declercq, G. A., Cambier, D. C., Mahieu, N. N., & Witvrouw, E. E. (2007). Trapezius activity and intramuscular balance during isokinetic exercise in overhead athletes with impingement symptoms. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 17, pp. 25-33.
- Cools, A. M., Witvrouw, E. E., Declercq, G. A., Vanderstraeten, G. G., & Cambier, D. C. (2004). Evaluation of isokinetic force production and associated muscle activity in the scapular rotators during a protraction-retraction movement in overhead athletes with impingement symptoms. *British Journal of Sports Medicine*, 38, pp. 64-68.
- Cools, A. M., Witvrouw, E. E., Mahieu, N. N., & Danneels, L. A. (2005). Isokinetic scapular muscle performance in overhead athletes with and without impingement symptoms. *Journal of Athletic Training*, 40 (2), pp. 104-110.
- Cools, A. N., Witvrouw, E. E., Declercq, G. A., Danneels, L. A., & Cambier, D. C. (2003). Scapular muscle recruitment patterns: trapezius muscle latency with and without impingement symptoms. *American Journal of Sports Medicine*, 31 (4), pp. 542-549.

- Cools, A. M., Johansson, F. R., Cambier, D. C., Vande Velde, A., Palmans, T., & Witvrouw, E. E. (2010). Descriptive profile of scapulothoracic position, strength and flexibility variables in adolescent elite tennis players. *British Journal of Sports Medicine* , 44, pp. 678-684.
- Crockett, H. C., Gross, L. B., Wilk, K. E., Schwartz, M. L., Reed, J., O'Mara, J., et al. (2002). Osseous adaptation and range of motion at the glenohumeral joint in professional baseball pitchers. *American Journal of Sports Medicine*, 30 (1), pp. 20-26.
- Culham, E. G., Noce, R. R., & Bagg, S. D. (1995). Shoulder complex position and glenohumeral subluxation in hemiplegia. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 76, pp. 857-864.
- Davies, G. J., & Dickoff-Hoffman, S. (1993). Neuromuscular testing and rehabilitation of the shoulder complex. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* , 18 (2), pp. 449-558.
- de Groot, J. H. (1999). The scapula-humeral rhythm: effects of 2-D roentgen projection. *Clinical Biomechanics* , 14, pp. 63-68.
- De Mey, K., Cagnie, B., Van de Velde, A., Danneels, L. A., & Cools, A. M. (2009). Trapezius muscle timing during selected shoulder rehabilitation exercises. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 39 (10), pp. 743-752.

- de Oliveira, A. S., de Morais, C. M., & de Brum, D. P. (2008). Activation of the shoulder and arm muscles during axial load exercises on a stable base of support and on a medicine ball. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 18 (3), pp. 472-9.
- Decker, M. J., Hintermeister, R. A., Faber, K. J., & Hawkins, R. J. (1999). Serratus anterior muscle activity during selected rehabilitation exercises*. *The American Journal of Sports Medicine* , 27 (6), pp. 784-791.
- Decker, M. J., Tokish, J. M., Ellis, H. B., Torry, M. R., & Hawkins, R. J. (2003). Subscapularis Muscle Activity during Selected Rehabilitation Exercises. *American Journal of Sports Medicine* , 31 (1), pp. 126-134.
- Dillman, C. J., Murray, T., & Hintermeister, R. A. (1994). Biomechanical differences of open and closed chain exercises with respect to the shoulder. *Journal of Sport Rehabilitation*, 3, pp. 228-238.
- DiVeta, J., Walker, M. L., & Skibinski, B. (1990). Relationship between performance of selected scapular muscles and scapular abduction in standing subjects. *Physical Therapy* , 70, pp. 470-479.
- Downar, J. M., & Sauers, E. L. (2005). Clinical measures of shoulder mobility in the professional baseball player. *Journal of Athletic Training* , 40 (1), pp. 23-29.
- Drake, J. D., & Callaghan, J. P. (2006). Elimination of electrocardiogram contamination from electromyogram signals: An evaluation of currently used removal techniques. *Journal of Electromyography and Kinesiology* , 16, pp. 175-187.

- Dvir, Z., & Berme, N. (1978). The shoulder complex in elevation of the arm: A mechanism approach. *Journal of Biomechanics* , 11, pp. 219-225.
- Ebaugh, D. D., McClure, P. W., & Karduna, A. R. (2005). Three-dimensional scapulothoracic motion during active and passive arm elevation. *Clinical Biomechanics* , 20, pp. 700-709.
- Edman, K. A., & Andersson, K. E. (1968). The variation in active tension with sarcomere length in vertebrate skeletal muscle and its relation to fiber width. *Experientia* , 24 (2), σσ. 134-136.
- Ekstrom, R. A., Soderberg, G. L., & Donatelli, R. A. (2005). Normalization procedures using maximum voluntary isometric contractions for the serratus anterior and trapezius muscles during surface EMG analysis. *Journal of Electromyography and Kinesiology* , 15, pp. 418-428.
- Ellenbecker, T. S., Mattalino, A. J., Elam, E., & Caplinger, R. (2000). Quantification of anterior translation of the humeral head in the throwing shoulder : Manual assessment versus stress radiography. *American Journal of Sports Medicine*, 28 (2), pp. 161-167.
- Ellenbecker, T. S., Roetert, E. P., Bailie, D. S., Davies, G. J., & Brown, S. W. (2002). Glenohumeral joint total rotation range of motion in elite tennis players and baseball pitchers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34 (12), pp. 2052-2056.
- Ellenbecker, T. S., Roetert, E. P., Piorkowski, P. A., & Schulz, D. A. (1996). Glenohumeral joint internal and external rotation range of motion in elite junior

- tennis players. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 24 (6), pp. 336-341.
- Elliott, B. C., Marshall, R. N., & Noffal, G. J. (1995). Contributions of upper limb segment rotations during the power serve in tennis. *Journal of Applied Biomechanics*, 11 (4), pp. 433-442.
- Endo, K., Ikata, T., Katoh, S., & Takeda, Y. (2001). Radiographic assessment of scapular rotational tilt in chronic shoulder impingement syndrome. *Journal of Orthopaedic Science*, 6, pp. 3-10.
- Escamilla, R. F., & Andrews, J. R. (2009). Shoulder muscle recruitment patterns and related biomechanics during upper extremity sports. *Sports Medicine* , 39 (7), pp. 569-590.
- Faria, C. D., Teixeira-Salmela, L. F., & Gomes, P. F. (2009). Applicability of the coactivation method in assessing synergies of the scapular stabilizing muscles. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 18 (5), pp. 764-772.
- Finley, M. A., & Lee, R. Y. (2003). Effect of sitting posture on 3-dimensional scapular kinematics measured by skin-mounted electromagnetic tracking sensors. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 84, pp. 563-568.
- Fleisig, G. S., Andrews, J. R., Dillman, C. J., & Escamilla, R. F. (1995). Kinetics of baseball pitching with implications about injury mechanisms. *American Journal of Sports Medicine*, 23 (2), pp. 233-239.

- Forthomme, B., Crielaard, J. M., & Croisier, J. L. (2008). Scapular positioning in athlete's shoulder. Particularities, clinical measurements and implications. *Sports Medicine*, 38 (5), pp. 369-386.
- Freedman, L., & Munro, R. R. (1966). Abduction of the arm in the scapular plane: scapular and gleno-humeral movements: a roentgenographic study. *Journal of Bone & Joint Surgery American*, 48, pp. 1503-1510.
- Gibson, M. H., Goebel, G. V., Jordan, T. M., Kegerries, S., & Worrell, T. W. (1995). A reliability study of measurement techniques to determine static scapular position. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 21, pp. 100-106.
- Glousman, R., Jobe, F., Tibone, J., Moynes, D., Antonelli, D., & Perry, J. (1988). Dynamic electromyographic analysis of the throwing shoulder with glenohumeral instability. *Journal of Bone & Joint Surgery American*, 70, pp. 220-226.
- Goldspink, G., Tabary, C., Tabary, J. C., Tardieu, C., & Tardieu, G. (1974). Effect of denervation on the adaptation of sarcomere number and muscle extensibility to the functional length of the muscle*. *The Journal of Physiology*, 236, pp. 733-742.
- Gordon, A. M., Huxley, A. F., & Julian, F. J. (1966). The variation in isometric tension with sarcomere length in vertebrate muscle fibres. *The Journal of Physiology*, 124, σσ. 170-182.
- Graichen, H., Stammberger, T., Bonél, H., Wiedemann, E., Englmeier, K. H., Reiser, M., et al. (2001). Three-dimensional analysis of shoulder girdle and supraspinatus motion

- patterns in patients with impingement syndrome. *Journal of Orthopaedic Research*, 19 (6), pp. 1192-1198.
- Greenfield, B., Catlin, P. A., Coats, P. W., Green, E., McDonald, J. J., & North, C. (1995). Posture in patients with shoulder overuse injuries and healthy individuals. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 21 (5), pp. 287-295.
- Gumina, S., Carbone, S., & Postacchini, F. (2009). Scapular dyskinesis and SICK scapula syndrome in patients with chronic type III acromioclavicular dislocation. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic and Related Surgery* , 25 (1), pp. 40-45.
- Han, X., Wang, W., Komulainen, J., Koskinen, S. O., Kovanen, V., Vihko, V., et al. (1999). Increased mRNAs for procollagens and key regulating enzymes in rat skeletal muscle following downhill running. *Pflügers Archiv European Journal of Physiology* , 437, pp. 857-864.
- Hebert, L. J., Moffet, H., McFadyen, B. J., & Dionne, C. E. (2002). Scapular behavior in shoulder impingement syndrome. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 83 (1), pp. 60-69.
- Hebert, L. J., Moffet, H., McFadyen, B. J., & St-Vincent, G. (2000). A method of measuring three-dimensional scapular attitudes using the Optotrak probing system. *Clinical Biomechanics* , 15, pp. 1-8.
- Herbert, R. (1988). The passive mechanical properties of muscle and their adaptations to altered patterns of use. *The Australian Journal of Physiotherapy* , 34 (3), σσ. 141-149.

- Herring, S. W., Grimm, A. F., & Grimm, B. R. (1984). Regulation of sarcomere number in skeletal muscle: A comparison of hypotheses. *Muscle & Nerve* , 7 (2), pp. 161-173.
- Heyworth, B. E., & Williams III, R. J. (2009). Internal impingement of the shoulder. *American Journal of Sports Medicine*, 37 (5), pp. 1024-1037.
- Host, H. H. (1995). Scapular taping in the treatment of anterior shoulder impingement. *Physical Therapy* , 75, pp. 803-812.
- Hrysomallis, C., & Goodman, C. (2001). A review of resistance exercise and posture realignment. *Journal of Strength and Conditioning Research* , 15 (3), σσ. 385-390.
- Illyes, A., & Kiss, R. M. (2005). Shoulder muscle activity during pushing, pulling, elevation and overhead throw. *Journal of Electromyography and Kinesiology* , 15, pp. 282-289.
- Illyes, A., & Kiss, R. M. (2006). Kinematic and muscle activity characteristics of multidirectional shoulder joint instability during elevation. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 14, pp. 673-685.
- Inman, V. T., Saunders, J. B., & Abbott, L. C. (1944). Observation on the function of the shoulder joint. *Journal of Bone & Joint Surgery American*, 26, pp. 1-30.
- Irrgang, J. J., Whitney, S. L., & Harner, C. D. (1992). Nonoperative treatment of rotator cuff injuries in throwing athletes. *Journal Sport Rehabilitation*, 1, pp. 197-222.
- Janda, V. (1983). *Muscle Function Testing*. Butterworths.

- Johnson, M. P., McClure, P. W., & Karduna, A. R. (2001). New method to assess scapular upward rotation in subjects with shoulder pathology. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 31 (2), pp. 81-89.
- Kapandji IA (2001). *Η λειτουργική ανατομική των αρθρώσεων*. Εκδόσεις Πασχαλίδης.
- Karduna, A. R., McClure, P. W., & Michener, L. A. (2000). Scapular kinematics: effects of altering the Euler angle sequence of rotations. *Journal of Biomechanics* , 33, pp. 1063-1068.
- Kebaetse, M., McClure, P., & Pratt, N. A. (1999). Thoracic position effect on shoulder range of motion, strength ,and three-dimensional scapular kinematics. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 80, pp. 945-950.
- Kennedy, D. J., Visco, C. J., & Press, J. (2009). Current concepts for shoulder training in the overhead athlete. *Current Sports Meicine Reports*, 8 (3), pp. 154-160.
- Kennedy, P. M., & Cresswell, A. G. (2001). The effect of muscle length on motor-unit recruitment during isometric plantar flexion in humans. *Experimental Brain Research* , 137, σσ. 58-64.
- Kibler, W. B. (1991). Role of the scapula in the overhead throwing motion. *Contemporary Orthopaedics*, 22 (5), pp. 525-532.
- Kibler, W. B. (2005). Scapular dysfunction. *Athletic therapy today* , 11 (5), pp. 6-9.
- Kibler, W. B. (1998). The role of the scapula in athletic shoulder function. *American Journal of Sports Medicine*, 26 (2), pp. 325-337.

- Kibler, W. B., & McMullen, J. (2003). Scapular dyskinesis and its relation to shoulder pain. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons* , 11 (2), pp. 142-151.
- Kibler, W. B., Sciascia, A., & Dome, D. (2006). Evaluation of Apparent and Absolute supraspinatus strength in patients with shoulder injury using the scapular retraction test. *American Journal of Sports Medicine*, 2006 34: 1643 , 34 (10), pp. 1643-1647.
- Kibler, W. B., Uhl, T. L., Maddux, J. W., Brooks, P. V., Zeller, B., & McMullen, J. (2002). Qualitative clinical evaluation of scapular dysfunction: a reliability study. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 11 (6), pp. 550-556.
- Koskinen, S. O., Wang, W., Ahtikoski, A. M., Kjær, M., Han, X. Y., Komulainen, J., et al. (2001). Acute exercise induced changes in rat skeletal muscle mRNAs and proteins regulating type IV collagen content. *American Journal of Physiology Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* , 280, pp. R1292–R1300.
- Koslow, P. A., Prosser, L. A., Strony, G. A., Suchecki, S. L., & Mattingly, G. E. (2003). Specificity of the lateral scapular slide test in asymptomatic competitive athletes. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 33, pp. 331-336.
- Kovanen, V., Suominen, H., & Heikkinen, E. (1984a). Collagen of slow twitch and fast twitch muscle fibres in different types of rat skeletal muscle. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* , 52, pp. 235-242.

- Kovanen, V., Suominen, H., & Heikkinen, E. (1984b). Mechanical properties of fast and slow skeletal muscle with special reference to collagen and endurance training. *Journal of Biomechanics* , 17 (10), pp. 725-735.
- Kugler, A., Krüger-Franke, M., Reininger, S., Trouillier, H. H., & Rosemeyer, B. (1996). Muscular imbalance and shoulder pain in volleyball attackers. *British Journal of Sports Medicine* , 30 (3), σσ. 256-259.
- Kvitne, R. S., & Jobe, F. W. (1993). The diagnosis and treatment of anterior instability in the throwing athlete. *Clinical Orthopaedics and Related Research* , 291, pp. 107-123.
- Laudner, K. G., Myers, J. B., Pasquale, M. R., Bradley, J. P., & Lephart, S. M. (2006). Scapular dysfunction in throwers with pathologic internal impingement. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 36 (7), pp. 485-494.
- Laudner, K. G., Stanek, J. M., & Meister, K. (2007). Differences in scapular upward rotation between baseball pitchers and position players. *Am. J. Sports Med.* , 35 (12), pp. 2091-2095.
- Lear, L. J., & Gross, M. T. (1998). An electromyographical analysis of the scapular stabilizing synergists during a push-up progression. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 28 (3), pp. 146-57.
- Lehman, G. J., Gilas, D., & Patel, U. (2008). An unstable support surface does not increase scapulothoracic stabilizing muscle activity during push up and push up plus exercises. *Manual Therapy* , 13, pp. 500–506.

- Lehman, G. J., MacMillan, B., MacIntyre, I., Chivers, M., & Flutter, M. (2006). Shoulder muscle EMG activity during push up variations on and off a Swiss ball. *Dynamic Medicine* , p. 5:7.
- Lephart, S. M., & Henry, T. J. (2000). Restoration of Proprioception and Neuromuscular Control of the Unstable Shoulder. In S. M. Lephart, & F. H. Fu, *Proprioception and neuromuscular control in joint stability* (pp. 405-413). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Lephart, S. M., & Henry, T. J. (1996). The physiological basis for open and closed kinetic chain rehabilitation for the upper extremity. *Journal of Sport Rehabilitation* , 5 (1), pp. 71-87.
- Lephart, S. M., Pincivero, D. M., Giraldo, J. L., & Fu, F. H. (1997). The role of proprioception in the management and rehabilitation of athletic injuries. *American Journal of Sports Medicine*, 25, pp. 130-137.
- Lephart, S. M., Riemann, B. L., & Fu, F. (2000). Introduction to the sensorimotor system. In S. M. Lephart, & F. H. Fu, *Proprioception and Neuromuscular Control in Joint Stability* (pp. xvii-xxiv). Champaign, IL: Human Kinetics, New Zealand.
- Lewis, J. S., & Valentine, R. E. (2008). Intraobserver reliability of angular and linear measurements of scapular position in subjects with and without symptoms. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 89, pp. 1795-1802.

- Lewis, J. S., Green, A., & Wright, C. (2005a). Subacromial impingement syndrome: The role of posture and muscle imbalance. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 14 (4), pp. 385-392.
- Lewis, J. S., Wright, C., & Green, A. (2005b). Subacromial impingement syndrome: the effect of changing posture on shoulder range of movement. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 35 (2), pp. 72-87.
- Lewis, J., Green, A., Reichard, Z., & Wright, C. (2002). Scapular position: the validity of skin surface palpation. *Manual Therapy*, 7 (1), pp. 26-30.
- Lin, J. J., Hanten, W. P., Olson, S. L., Roddey, T. S., Soto-quijano, D. A., Lim, H. K., et al. (2005). Functional activity characteristics of individuals with shoulder dysfunctions. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 15 (6), pp. 576-586.
- Ludewig, P. M., & Cook, T. M. (2000). Alterations in shoulder kinematics and associated muscle activity in people with symptoms of shoulder impingement. *Physical Therapy*, 80 (3), pp. 276-291.
- Ludewig, P. M., & Cook, T. M. (1996). The effect of head position on scapular orientation and muscle activity during shoulder elevation. *Journal of Occupational Rehabilitation*, 6 (3), pp. 147-158.
- Ludewig, P. M., Cook, T. M., & Nawoczenski, D. A. (1996). Three-dimensional scapular orientation and muscle activity at selected positions of humeral elevation. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 24 (2), pp. 57-65.

- Ludewig, P. M., Hoff, M. S., Osowski, E. E., Meschke, S. A., & Rundquist, P. J. (2004). Relative balance of serratus anterior and upper trapezius muscle activity during push-up exercises. *American Journal of Sports Medicine*, 32 (2), pp. 484-493.
- Lukasiewicz, A. C., McClure, P., Michener, L., Praff, N., & Senneff, B. (1999). Comparison of 3-dimensional scapular position and orientation between subjects with and without shoulder impingement. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* , 29, pp. 574-586.
- Maenhout, A., Van Praet, K., Van Herzele, M., & Cools, A. (2010). Electromyographic analysis of knee push up plus variations: what is the influence of the kinetic chain on scapular muscle activity? *British Journal of Sports Medicine*, 44 (4), pp. 1010-1015.
- Masi, A. T., & Hannon, J. C. (2008). Human resting muscle tone (HRMT): Narrative introduction and modern concepts. *Journal of Bodywork and Movement Therapies* , 12, pp. 320-332.
- McBride, J. M., Cormie, P., & Deane, R. (2006). Isometric squat force output and muscle activity in stable and unstable conditions. *Journal of Strength & Conditioning Research* , 20 (4), σσ. 915-918.
- McClure, P. W., Michener, L. A., Sennett, B. J., & Karduna, A. R. (2001). Direct 3-dimensional measurement of scapular kinematics during dynamic movements in vivo. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 10, pp. 269-277.
- McKenna, L., Cunningham, J., & Straker, L. (2004). Inter-tester reliability of scapular position in junior elite swimmers. *Physical Therapy in Sport* , 5, pp. 146-155.

- McMullen, J., & Uhl, T. L. (2000). A kinetic chain approach for shoulder rehabilitation. *Journal of Athletic Training* , 35 (3), pp. 329-337.
- McQuade, K. J., & Smidt, G. L. (1998). Dynamic scapulohumeral rhythm: The effects of external resistance during elevation of the arm in the scapular plane. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 27 (2), pp. 125-133.
- Meister, K. (2000). Injuries to the shoulder in the throwing athlete. Part one: Biomechanics/pathophysiology/classification of injury. *A American Journal of Sports Medicine*, 28 (2), pp. 265-275.
- Meskers, C. G., Vermeulen, H. M., de Groot, J. H., van der Helm, F. C., & Razing, P. M. (1998). 3D shoulder position measurements using a six-degree-of-freedom electromagnetic tracking device. *Clinical Biomechanics* , 13, pp. 280-292.
- Meyer, K. E., Saether, E. E., Soiney, E. K., Shebeck, M. S., Paddock, K. L., & Ludewig, P. M. (2008). Three-dimensional scapular kinematics during the throwing motion. *Journal of Applied Biomechanics* , 24, pp. 24-34.
- Michiels, I., & Grevenstein, J. (1995). Kinematics of shoulder abduction in the scapular plane: on the influence of abduction velocity and external load. *Clinical Biomechanics* , 10 (3), pp. 137-143.
- Miller, B. F., Olesen, J. L., Hansen, M., Døssing, S., Crameri, R. M., Welling, R. J., και συν. (2005). Coordinated collagen and muscle protein synthesis in human patella tendon and quadriceps muscle after exercise. *Journal of Physiology* , 567 (3), σσ. 1021-1033.

- Mottram, S. L. (1997). Dynamic stability of the scapula. *Manual Therapy*, 2 (3), pp. 123-131.
- Mourtacos, S. L., Sauers, E. L., & Downar, J. M. (2003). Adolescent baseball players exhibit differences in shoulder mobility between the throwing and non-throwing shoulder and between divisions of play [abstract]. *Journal of Athletic Training* , 38, p. S72.
- Myers, J. B., & Lephart, S. M. (2002). Sensorimotor Deficits Contributing to Glenohumeral Instability. *Clinical Orthopaedics and Related Research* (400), pp. 98-104.
- Myers, J. B., & Lephart, S. M. (2000). The Role of the Sensorimotor System in the Athletic Shoulder. *Journal of Athletic Training* , 35 (3), pp. 351-363.
- Myers, J. B., & Oyama, S. (2009). Sensorimotor Training for Shoulder Injury. *Athletic Training & Sports Health Care* , 1 (4), pp. 1-10.
- Myers, J. B., Ju, Y. Y., Hwang, J. H., McMahon, P. J., Rodosky, M. W., & Lephart, S. M. (2004). Reflexive muscle activation alterations in shoulders with anterior glenohumeral instability. *American Journal of Sports Medicine*, 32 (4), pp. 1013-1021.
- Myers, J. B., Laudner, K. G., Pasquale, M. R., Bradley, J. P., & Lephart, S. M. (2006). Glenohumeral range of motion deficits and posterior shoulder tightness in throwers with pathologic internal impingement. *American Journal of Sports Medicine*, 34 (3), pp. 385-391.

- Myers, J. B., Laudner, K. G., Pasquale, M. R., Bradley, J. P., & Lephart, S. M. (2005). Scapular position and orientation in throwing athletes. *American Journal of Sports Medicine*, 33 (2), pp. 263-271.
- Nijs, J., Roussel, N., Struyf, F., Mottram, S., & Meeusen, R. (2007). Clinical assessment of scapular positioning in patients with shoulder pain: State of art. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics* , 30 (1), pp. 69-75.
- Nijs, J., Roussel, N., Vermeulen, K., & Souvereyns, G. (2005). Scapular positioning in patients with shoulder pain: A study examining the reliability and clinical importance of 3 clinical tests. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 86, pp. 1349-1355.
- Odom, C. J., Taylor, A. B., Hurd, C. E., & Denegar, C. R. (2001). Measurement of scapular asymmetry and assessment of shoulder dysfunction using the lateral scapular slide test: a reliability and validity study. *Physical Therapy* , 81 (2), pp. 799-809.
- Osborne, D. C., Cannon, D. L., & Speer, K. P. (2002). Retroversion of the humerus in the throwing shoulder of college baseball pitchers. *American Journal of Sports Medicine*, 30 (3), pp. 347-353.
- Oyama, S., Myers, J. B., Wassinger, C. A., Ricci, D., & Lephart, S. M. (2008). Asymmetric resting scapular posture in healthy overhead athletes. *Journal of Athletic Training* , 43 (6), pp. 565-570.

- Padua, D. A., Guskiewicz, K. M., Prentice, W. E., Schneider, R. E., & Shields, E. W. (2004). The effect of select shoulder exercises on strength, active angle reproduction, single-arm balance, and functional performance. *Journal of Sport Rehabilitation*, 13, pp. 75-95.
- Pasquet, B., Carpentier, A., & Duchateau, J. (2005). Change in muscle fascicle length influences the recruitment and discharge rate of motor units during isometric contractions. *Journal of Neurophysiology*, 94, σσ. 3126-3133.
- Peat, M., & Grahama, R. (1977). Electromyographic analysis of soft tissue lesions affecting shoulder function. *American Journal of Physical Medicine*, 56 (5), pp. 223-240.
- Peterson, D. E., Blankenship, K. R., Robb, J. B., Walker, M. J., Bryan, J. M., Stetts, D. M., et al. (1997). Investigation of the validity and reliability of four objective techniques for measuring forward shoulder posture. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 25 (1), pp. 34-42.
- Pieper, H.-G. (1998). Humeral torsion in the throwing arm of handball players. *American Journal of Sports Medicine*, 26 (2), pp. 247-253.
- Poppen, N. K., & Walker, P. S. (1978). Forces at the glenohumeral joint in abduction. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 135, pp. 165-170.
- Poppen, N. K., & Walker, P. S. (1976). Normal and abnormal motion of the shoulder. *Journal of Bone & Joint Surgery American*, 58, pp. 195-201.
- Price, C. I., Rodgers, H., Franklin, P., Curless, R. H., & Johnson, G. R. (2001). Glenohumeral subluxation, scapula resting position, and scapula rotation after stroke:

a noninvasive evaluation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 82 (7), pp. 955-960.

Raine, S., & Twomey, L. T. (1997). Head and shoulder posture variations in 160 asymptomatic women and men. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 78, pp. 1215-1223.

Reagan, K. M., Meister, K., Horodyski, M. B., Werner, D. W., Carruthers, C., & Wilk, K. (2002). Humeral retroversion and its relationship to glenohumeral rotation in the shoulder of college baseball players. *American Journal of Sports Medicine*, 30 (3), pp. 354-360.

Reinold, M. M., Wilk, K. E., Fleisig, G. S., Zheng, N., Barrentine, S. W., Chmielewski, T., et al. (2004). Electromyographic Analysis of the Rotator Cuff and Deltoid Musculature During Common Shoulder External Rotation Exercises. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 34, pp. 385-394.

Risberg, M. A., Lewek, M., & Snyder-Mackler, L. (2004). A systematic review of evidence for anterior cruciate ligament rehabilitation: how much and what type? *Physical Therapy in Sport*, 5, pp. 125-145.

Rogol, I. M., Ernst, G., & Perrin, D. H. (1998). Open and closed kinetic chain exercises improve shoulder joint reposition sense equally in healthy subjects. *Journal of Athletic Training*, 33 (4), pp. 315-318.

Rowe, R. D. (1981). Morphology of perimysial and endomysial connective tissue in skeletal muscle. *Tissue & Cell*, 13 (4), pp. 681-690.

- Rubin, B. D. (2003). Evaluation of the overhead athlete: examination and ancillary testing. *Arthroscopy* , 19 Suppl 1: (1), pp. 42-46.
- Rubin, B. D., & Kibler, W. B. (2002). Fundamental principles of shoulder rehabilitation:Conservative to postoperative management. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic and Related Surgery* , 18 (9), pp. 29-39.
- Sahara, W., Sugamoto, K., Murai, M., Tanaka, H., & Yoshikawa, H. (2007). The three-dimensional motions of glenohumeral joint under semi-loaded condition during arm abduction using vertically open MRI. *Clinical Biomechanics* , 22, pp. 304-312.
- Sandhu, J. S., Mahajan, S., & Shenoy, S. (2008). An electromyographic analysis of shoulder muscle activation during push-up variations on stable and labile surfaces. *International Journal of Shoulder Surgery* , 2 (2), pp. 30-35.
- Schenkman, M., & Rugo de Cartaya, V. (1987). Kinesiology of the shoulder complex. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* , 8 (9), pp. 438-450.
- Schmitt, L., & Snyder-Mackler, L. (1999). Role of scapular stabilizers in etiology and treatment of impingement syndrome. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 29 (1), pp. 31-38.
- Sobush, D. C., Simoneau, G. G., Dietz, K. E., Levene, J. A., Grossman, R. E., & Smith, W. B. (1996). The Lennie test for measuring scapular position in healthy young adult females: A reliability and validity study. *ournal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 23 (1), pp. 39-50.

- Soderberg, G. L., & Knutson, L. M. (2000). A guide for use and interpretation of kinesiologic electromyographic data. *Physical Therapy* , 80 (5), pp. 485-498.
- Struyf, F., Nijs, J., De Coninck, K., Giunta, M., Mottram, S., & Meeusen, R. (2009). Clinical assessment of scapular positioning in musicians: An intertester reliability study. *Journal of Athletic Training* , 44 (5), pp. 519-526.
- Summers, P. J., Ashmore, C. R., Lee, Y. B., & Ellis, S. (1985). Stretch-induced growth in chicken wing muscles: Role of soluble growth-promoting factors. *Journal of Cellular Physiology* , 125 (2), pp. 288-294.
- Suominen, H., & Heikkinen, E. (1975). Enzyme activities in muscle and connective tissue of M. Vastus lateralis in habitually training and sedentary 33–70-year-old men. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* , 34, pp. 249-254.
- Suominen, H., Kiiskinen, A., & Heikkinen, E. (1980). Effects of physical training on metabolism of connective tissues in young mice. *Acta Physiologica Scandinavica* , 108 (1), pp. 17-22.
- Su, K. P., Johnson, M. P., Gracely, E. J., & Karduna, A. R. (2004). Scapular rotation in swimmers with and without impingement syndrome: practice effects. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36 (7), pp. 1117-1123.
- Tabary, J. C., Tabary, C., Tardieu, C., Tardieu, G., & Goldspink, G. (1972). Physiological and structural changes in the cat's soleus muscle due to immobilization at different lengths by plaster casts*. *The Journal of Physiology* , 224, pp. 231-244.

- Takala, T. E., Myllyla, R., Salminen, A., Anttinen, H., & Vihko, V. (1983). Increased activities of prolyl 4-hydroxylase and galactosylhydroxylsyl glucosyltransferase, enzymes of collagen biosynthesis, in skeletal muscle of endurance-trained mice. *Pflügers Archiv European Journal of Physiology*, 399, pp. 271-274.
- Thigpen, C. A., Padua, D. A., Michener, L. A., Guskiewicz, K., Giuliani, C., Keener, J. D., et al. (2010). Head and shoulder posture affect scapular mechanics and muscle activity in overhead tasks. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 20 (4), pp. 701-709.
- Tucker, W. S., Armstrong, C. W., Gribble, P. A., Timmons, M. K., & Yeasting, R. A. (2010). Scapular muscle activity in overhead athletes with symptoms of secondary shoulder impingement during closed chain exercises. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 91, pp. 550-556.
- Tyler, T. F., Nicholas, S. J., Roy, T., & Gleim, G. W. (2000). Quantification of posterior capsule tightness and motion loss in patients with shoulder impingement. *American Journal of Sports Medicine*, 28 (5), pp. 668-673.
- Ubinger, M. E., Prentice, W. E., & Guskiewicz, K. M. (1999). Effect of closed kinetic chain training on neuromuscular control in the upper extremity. *Journal of Sport Rehabilitation*, 8, pp. 184-194.
- Uhl, T. L., Carver, T. J., Mattacola, C. G., Mair, S. D., & Nitz, A. J. (2003). Shoulder musculature activation during upper extremity weight-bearing exercise. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 33 (3), pp. 109-117.

- Vander Linden, D. W., Kukulka, C. G., & Soderberg, G. L. (1991). The effect of muscle length on motor unit discharge characteristics in human tibialis anterior muscle. *Experimental Brain Research* , 84, σσ. 210-218.
- von Eisenhart-Rothe, R. M., Jager, A., Englmeier, K. H., Vogl, T. J., & Graichen, H. (2002). Relevance of arm position and muscle activity on three-dimensional glenohumeral translation in patients with traumatic and atraumatic shoulder instability. *American Journal of Sports Medicine*, 30 (4), pp. 514-522.
- von Eisenhart-Rothe, R., Matsen III, F. A., Eckstein, F., Vogl, T., & Graichen, H. (2005). Pathomechanics in atraumatic shoulder instability: Scapular positioning correlates with humeral head centering. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 433, pp. 82-89.
- Wang, H. K., & Cochrane, T. (2001). Mobility impairment, muscle imbalance, muscle weakness, scapular asymmetry and shoulder injury in elite volleyball athletes. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 41 (3), pp. 403-410.
- Warner, J. J., Micheli, L. J., Arslanian, L. E., Kennedy, J., & Kennedy, R. (1992). Scapulothoracic Motion in Normal Shoulders and Shoulders With Glenohumeral Instability and Impingement Syndrome. A Study Using Moire Topographic Analysis. *Clinical Orthopaedics & Related Research* , 285, pp. 191-199.
- Watson, L., Balster, S. M., Finch, C., & Dalziel, R. (2005). Measurement of scapula upward rotation: a reliable clinical procedure. *British Journal of Sports Medicine* , 39, pp. 599-603.

- Weiser, W. M., Lee, T. Q., McMaster, W. C., & McMahon, P. J. (1999). Effects of simulated scapular protraction on anterior glenohumeral stability. *American Journal of Sports Medicine*, 27, pp. 801-805.
- Wik, K. E., & Arrigo, C. (1993). Current concepts in the rehabilitation of the athletic shoulder. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 18 (1), pp. 365-378.
- Wilk, K. E., Arrigo, C. A., & Andrews, J. R. (1996). Closed and Open Kinetic Chain Exercise for the Upper Extremity. *Journal of Sport Rehabilitation* , 5 (1), pp. 88-102.
- Wilk, K. E., Meister, K., & Andrews, J. R. (2002). Current concepts in the rehabilitation of the overhead throwing athlete. *American Journal of Sports Medicine*, 30 (1), pp. 136-151.
- Wilk, K. E., Obma, P., Simpson, C. D., Cain, E. L., Dugas, J. R., & Andrews, J. R. (2009). Shoulder injuries in the overhead athlete. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* , 39 (2), pp. 38-54.
- Williams, P. E., & Goldspink, G. (1978). Changes in sarcomere length and physiological properties in immobilized muscle. *Journal of Anatomy* , 127, pp. 459-468.
- Williams, P. E., & Goldspink, G. (1984). Connective tissue changes in immobilised muscle. *Journal of Anatomy* , 138 (2), pp. 343-350.
- Williams, P. E., & Goldspink, G. (1973). The effect of immobilization on the longitudinal growth of striated muscle fibres. *Journal of Anatomy* , 116, pp. 45-55.

- Williams, P. E., Catanese, T., Lucey, E. G., & Goldspink, G. (1988). The importance of stretch and contractile activity in the prevention of connective tissue accumulation in muscle. *Journal of Anatomy* , 158, σσ. 109-114.
- Witvrouw, E., Bellemans, J., Lysens, R., Danneels, L., & Cambier, D. (2001). Intrinsic risk factors for the development of patellar tendinitis. *American Journal of Sports Medicine*, 29 (2), pp. 190-195.
- Witwer, A., & Sauers, E. (2006). Clinical measures of shoulder mobility in college water-polo players. *Journal of Sport Rehabilitation* , 15, pp. 45-57.
- Wright, R. W., Preston, E., Fleming, B. C., Amendola, A., Andrish, J. T., Bergfeld, J. A., et al. (2008). A systematic review of anterior cruciate ligament reconstruction rehabilitation. Part II : open versus closed kinetic chain exercises, neuromuscular electrical stimulation, accelerated rehabilitation, and miscellaneous topics. *Journal of Knee Surgery* , 21, pp. 225-234.
- Wu, G., van der Helm, F. C., Veeger, H. E., Makhsous, M., Van Roy, P., Anglin, C., et al. (2005). ISB recommendation on definitions of joint coordinate systems of various joints for the reporting of human joint motion—Part II: shoulder, elbow, wrist and hand. *Journal of Biomechanics* , 38, pp. 981-992.
- Yoshizaki, K., Hamada, J., Tamai, K., Sahara, R., Fujiwara, T., & Fujimoto, T. (2009). Analysis of the scapulohumeral rhythm and electromyography of the shoulder muscles during elevation and lowering: Comparison of dominant and nondominant shoulders. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery* , 18, pp. 756-763.

8. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: ΠΡΟΣΚΛΗΣΗ ΚΑΙ ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΚΑΤΑΘΕΣΗΣ ΔΟΚΙΜΑΖΟΜΕΝΩΝ



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ
ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

ΤΟΜΕΑΣ ΑΘΛΗΤΙΑΤΡΙΚΗΣ ΚΑΙ
ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

Εργαστήριο Αθλητικής Φυσικοθεραπείας

Καθηγητής : Σπύρος Αθανασόπουλος

Η ωμική ζώνη εμπλέκεται σε ένα μεγάλο αριθμό αγωνισμάτων και αθλητικών δραστηριοτήτων, με τους αθλητές που συμμετέχουν σε επαναλαμβανόμενες άνωθεν της κεφαλής δραστηριότητες (overhead) να διατρέχουν αυξημένο κίνδυνο για εμφάνιση πόνου στην περιοχή. Ο ρόλος της ωμοπλάτης στη φυσιολογική λειτουργία της ωμικής ζώνης είναι σημαντικός διότι από την κατάλληλη τοποθέτησή της εξαρτάται η αποτελεσματική λειτουργία του άνω άκρου. Μεταβολές στη θέση ηρεμίας καθώς και στα πρότυπα δυναμικής κίνησης της ωμοπλάτης του κυρίαρχου άκρου overhead αθλητών σε σχέση με το θώρακα, χαρακτηρίζονται σαν ασυμμετρία στη θέση της ωμοπλάτης. Η διαταραχή της θέσης της ωμοπλάτης έχει ως αποτέλεσμα μεταβολή της φυσιολογικής δραστηριότητας των μυών που σταθεροποιούν και κινητοποιούν την ωμοπλάτη, με αποτέλεσμα να αυξάνεται ο κίνδυνος τραυματισμού στις δραστηριότητες που περιλαμβάνουν ρίψη πάνω από το επίπεδο της κεφαλής.

Συμμετέχετε με τη συγκατάθεσή σας σε μία έρευνα που εξετάζει τις μεταβολές στην ενεργοποίηση των μυών που σταθεροποιούν και κινητοποιούν την ωμοπλάτη. Η εκτίμηση της ενεργοποίησης γίνεται με την εφαρμογή ηλεκτρομυογραφίας κατά την εκτέλεση ασκήσεων κλειστής κινητικής αλυσίδας (knee push-ups). Η ερευνητική διαδικασία θα διεξαχθεί στο Εργαστήριο Φυσικοθεραπείας του Τ.Ε.Φ.Α.Α. του Πανεπιστημίου Αθηνών, στη Δάφνη.

Όλες οι πληροφορίες και οι μετρήσεις είναι εμπιστευτικές. Μπορείτε να αποσυρθείτε από τη διαδικασία οποιαδήποτε στιγμή θελήσετε, χωρίς καμία επίπτωση. Μπορείτε να έχετε πρόσβαση στο φάκελο των αποτελεσμάτων σας μετά την πλήρωση της διαδικασίας.

Παρακαλώ συμπληρώστε τα στοιχεία σας:

ΕΠΩΝΥΜΟ :

ΟΝΟΜΑ :

ΦΥΛΟ : Ημερομηνία Γέννησης :

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ :

.....

ΤΗΛΕΦΩΝΑ :

Ο / Η υπογράφων/ουσα δέχομαι να συμμετάσχω στην παρούσα ερευνητική εργασία. Πληροφορήθηκα επαρκώς για τις λεπτομέρειες της παραπάνω διαδικασίας και έχω ενημερωθεί ότι μπορώ να αποσυρθώ από την ερευνητική διαδικασία όποια στιγμή το θεωρήσω αναγκαίο χωρίς καμία επίπτωση. Μου δόθηκε ένα αντίγραφο αυτού του εντύπου.

Υπογραφή συμμετέχοντος
ερευνητή

Υπογραφή

ΑΘΗΝΑ,.....

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II: ΑΤΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ, ΣΩΜΑΤΟΜΕΤΡΙΚΑ
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΤΑΣΗΣ**

ΑΤΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

ΗΜΕΡ/ΝΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ	ΟΜΑΔΑ		Α/Α
ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ			
ΠΑΤΡΩΝΥΜΟ		ΜΗΤΡΩΝΥΜΟ	
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΓΕΝΝΗΣΗΣ			
ΤΟΠΟΣ ΚΑΤΑΓΩΓΗΣ (Νομός)			
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΣΩΡΙΝΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ			
ΤΗΛΕΦΩΝΟ			
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΜΟΝΙΜΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ			
ΤΗΛΕΦΩΝΟ			
ΤΗΛΕΦΩΝΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΚΙΝΗΤΟ	E – MAIL	

ΣΩΜΑΤΟΜΕΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

ΑΝΑΣΤΗΜΑ (cm)		ΣΩΜΑΤΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (KGR)		BODY MASS INDEX (β/α ²)	
ΕΙΔΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ					
ΛΙΠΟΣ (%)					
ΛΙΠΟΣ (Kgr)					
ΔΕΡΜΑΤΟΠΤΥΧΕΣ (mm)	Δικεφαλική δερματοπτυχή				
	Τρικεφαλική δερματοπτυχή				
	Υποωμοπλάτεια δερματοπτυχή				
	Υπερλαγόνια δερματοπτυχή				

ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

ΣΚΟΛΙΩΣΗ	πλευρά ήβου	Κλίση
ΑΜΣΣ	λόρδωση	ευθειασμός
ΘΩΡΑΚΙΚΟ ΚΥΡΤΩΜΑ	κύφωση	επίπεδη ράχη
ΟΜΣΣ	λόρδωση	επίπεδη μέση

Συμβολισμοί : Φ/Σ = Φυσιολογικά, + μικρό έλλειμμα, ++ μέτριο έλλειμμα, +++ μεγάλο έλλειμμα

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ: ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΠΛΕΥΡΙΚΟΤΗΤΑΣ,
ΣΥΝΗΘΕΙΩΝ, ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΩΝ ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΩΝ ΚΑΙ ΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΥ
ΕΠΙΠΕΔΟΥ**

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

<u>Κυρίαρχο κάτω άκρο</u>		
<u>Κυρίαρχο άνω άκρο:</u>	Στη γραφή:	Στη ρίψη:
<u>Διατροφικές συνήθειες:</u>		
<u>Άλλες συνήθειες:</u>		
Αλκοόλ:	Ναι:	Όχι:
Κάπνισμα:	Ναι:	Όχι:
Αριθμός τσιγάρων ημερησίως:		

<u>Λήψη Φαρμάκων:</u>	Ναι:	Όχι:
Βιταμίνες:		
Άλλα (ποια):		

Συνυπάρχοντα Προβλήματα:	
Οικογενειακό Ιστορικό:	
Αλλεργίες:	
Έμμηνος ρήση : Αμηνόρροια	Φ/Σ Ολιγομηνόρροια
<u>Προηγούμενες Ασθένειες:</u>	<u>Θεραπεία</u>
1	
2	
3	

<u>Κατηγορία Ομάδας:</u>	<u>Όνομα Ομάδας:</u>
A1 Εθνική Κατηγορία	
A2 Εθνική Κατηγορία	
B' Εθνική Κατηγορία	
A' Τοπικό	
B' Τοπικό	

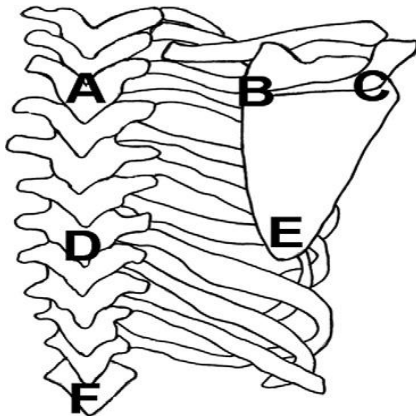
<u>Αγωνιστική Θέση:</u>	
Πασαδόρος:	
Ακραίος:	
Κεντρικός:	

<u>Έτος έναρξης προπόνησης:</u>	
<u>Προπονητική Ηλικία:</u>	
<u>Συχνότητα Προπόνησης:</u>	
Ώρες/Ημέρα:	
Φορές/Εβδομάδα:	
Μήνες/Έτος:	
<u>Συμμετογή σε άλλο άθλημα:</u>	
Ώρες/Ημέρα:	
Φορές/Εβδομάδα:	
Μήνες/Έτος:	
<u>Άλλες Κινητικές Δραστηριότητες:</u>	

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV: ΔΟΚΙΜΑΣΙΕΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ ΤΗΣ ΩΜΟΠΛΑΤΗΣ

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ:

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ:



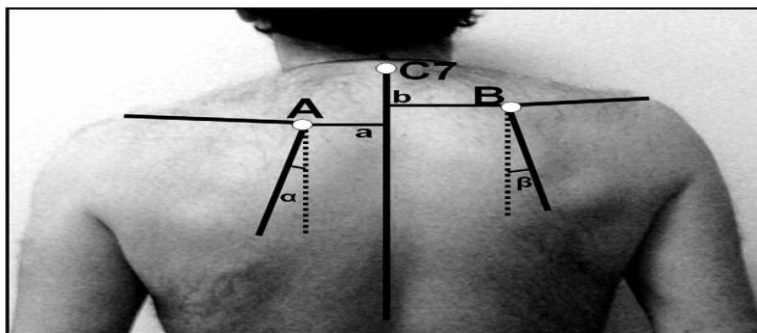
Απόσταση D-E

Κυρίαρχο Άκρο

Μη Κυρίαρχο

Μέτρηση: 1^η 2^η 1^η 2^η

θέση A : cm cm cm cm



Μέτρηση: 1^η 2^η

Απόσταση a-b: cm cm

Απόσταση A-a: cm cm

Απόσταση B-b: cm cm

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ V: ΠΡΩΤΟΓΕΝΗ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΤΑΤΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΑΣΙΩΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ ΤΩΝ ΩΜΟΠΛΑΤΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ Α: πρωτογενή δεδομένα της θέσης των ωμοπλάτων στις αθλήτριες πετοσφαίρισης, με βάσης τις στατικές δοκιμασίες αξιολόγησης. Παρουσιάζονται οι τιμές των αποστάσεων της Κάτω Γωνίας της Ωμοπλάτης (ΚΓΩ), καθώς και της Ρίζας της Ωμοπλατιαίας Άκανθας (ΡΩΑ) από τη σπονδυλική στήλη, τόσο για το κυρίαρχο (ΚΑ) όσο και για το μη κυρίαρχο άνω άκρο (ΜΚΑ) . Επίσης παρουσιάζονται οι τιμές της διαφοράς στο ύψος μεταξύ των ωμοπλάτων, με βάση την κατακόρυφη απόσταση που αντιστοιχεί στη ριζά της ωμοπλατιαίας άκανθας της κυρίαρχης σε σχέση με τη μη κυρίαρχη πλευρά. Οι αρνητικές τιμές στο ύψος των ωμοπλάτων υποδηλώνουν ότι η ωμοπλάτη της μη κυρίαρχης πλευράς ήταν χαμηλότερα από την ωμοπλάτη της κυρίαρχης πλευράς.

Πίνακας Α

A/A	ΚΓΩ ΚΑ	ΚΓΩ ΜΚΑ	ΡΩΑ ΚΑ	ΡΩΑ ΜΚΑ	ΥΨΟΣ
1	9,3	8,4	8,2	6,5	0,9
2	9,5	9,4	9,2	7,6	0,8
3	8,1	7,6	8,0	9,1	0,6
4	7,3	7,7	9,2	7,5	0,0
5	7,2	6,3	9,0	8,3	1,4
6	8,7	7,4	9,3	9,3	0,3
7	7,7	7,3	7,7	7,8	1,1
8	7,9	7,0	10,0	9,1	1,9
9	8,2	8,0	8,8	7,9	2,0
10	8,1	8,7	8,4	8,3	1,1
11	9,9	9,4	10,2	8,5	-0,2
12	8,5	8,9	9,1	8,7	1,9
13	9,4	7,9	9,2	8,3	0,8
14	7,5	8,0	8,8	8,6	0,5
15	9,2	8,9	8,9	9,2	-0,3
16	6,7	7,1	8,5	8,7	0,8
17	7,2	8,4	8,9	9,4	1,8
18	9,0	9,3	9,1	8,8	1,5
19	8,8	9,6	10,8	9,8	-1,3
20	6,5	7,0	7,3	6,4	0,7
21	8,3	7,3	9,5	9,4	-0,8
22	7,5	7,2	6,9	7,3	0,8
23	8,1	7,1	7,8	7,4	1,9
24	8,0	5,7	9,4	8,3	0,2
25	7,9	6,7	7,6	7,3	-1,9
26	6,4	5,7	8,3	8,0	0,8
27	6,3	6,3	7,2	7,3	1,3
28	7,8	7,6	8,2	8,7	0,8
29	4,9	4,2	5,1	5,4	1,2
30	7,4	7,7	9,4	8,5	1,3
31	8,3	9,1	9,7	8,9	-0,7
32	6,1	6,1	6,8	7,3	0,5
33	8,1	6,3	8,7	7,2	1,1
34	8,7	7,4	8,8	7,9	-0,3
35	7,9	9,0	8,8	7,9	1,1
36	4,7	4,1	8,4	7,5	1,6
37	9,6	9,6	9,8	8,7	-0,6
38	6,0	7,1	7,2	6,9	1,2
39	6,6	7,5	6,9	8,0	-0,4
40	6,7	6,7	7,5	8,1	1,2
41	8,3	7,3	9,3	7,8	1,2
42	7,9	7,7	8,1	7,2	1,4
43	6,7	6,2	7,5	7,8	0,8
44	9,4	9,0	9,3	8,5	0,9
45	6,8	6,8	4,0	3,8	0,5
46	8,7	7,5	9,8	8,3	2,1

ΠΙΝΑΚΑΣ Β: Αποτελέσματα της δοκιμασίας student-t για την απαγωγή των ωμοπλάτων στις αθλήτριες πετοσφαίρισης (n=32) στις οποίες η κάτω γωνία της ωμοπλάτης (ΚΓΩ) του κυρίαρχου άκρου (ΚΑ) είναι σε μεγαλύτερη απόσταση από τη σπονδυλική στήλη σε σχέση με την ωμοπλάτη του μη κυρίαρχου άκρου (ΜΚΑ)

ΠΙΝΑΚΑΣ Γ: Αποτελέσματα της δοκιμασίας student-t για την απαγωγή των ωμοπλάτων στις αθλήτριες πετοσφαίρισης (n=14) στις οποίες η κάτω γωνία της ωμοπλάτης του μη κυρίαρχου άκρου είναι σε μεγαλύτερη απόσταση από τη σπονδυλική στήλη σε σχέση με την ωμοπλάτη του κυρίαρχου άκρου

ΠΙΝΑΚΑΣ Δ: Αποτελέσματα της δοκιμασίας student-t για την απαγωγή των στις αθλήτριες πετοσφαίρισης (n=33) στις οποίες η ρίζα της ωμοπλατιαίας άκανθας (ΡΩΑ) του κυρίαρχου άκρου είναι σε μεγαλύτερη απόσταση από τη σπονδυλική στήλη σε σχέση με το μη κυρίαρχο άκρο

ΠΙΝΑΚΑΣ Ε: Αποτελέσματα της δοκιμασίας student-t για την απαγωγή στις αθλήτριες πετοσφαίρισης (n=13) στις οποίες η ρίζα της ωμοπλατιαίας άκανθας του μη κυρίαρχου άκρου είναι σε μεγαλύτερη απόσταση από τη σπονδυλική στήλη σε σχέση με το κυρίαρχο άκρο

Πίνακας Β

Έλεγχος t student για ανεξάρτητα δείγματα										
		Levene's Test για ομοιογένεια των διασπορών		t-test για έλεγχο της διασποράς των μέσων τιμών						
		F	Σημαντικότητα	t	Β.ε.	Δίπλευρος έλεγχος σημαντικότητας	Διαφορά των μέσων όρων	Τυπ. σφάλμα της διασποράς	95% διαστήματα εμπιστοσύνης της διαφοράς	
									Κατώτερο	Ανώτερο
ΚΓΩ ΚΑ- ΜΚΑ	Παραδοχή ίσων διασπορών	0,01	0,95	2,10	62,00	0,04	0,68	0,33	0,03	1,34

Πίνακας Γ

Έλεγχος t student για ανεξάρτητα δείγματα										
		Levene's Test για ομοιογένεια των διασπορών		t-test για έλεγχο της διασποράς των μέσων τιμών						
		F	Σημαντικότητα	t	Β.ε.	Δίπλευρος έλεγχος σημαντικότητας	Διαφορά των μέσων όρων	Τυπ. σφάλμα της διασποράς	95% διαστήματα εμπιστοσύνης της διαφοράς	
									Κατώτερο	Ανώτερο
ΚΓΩ ΜΚΑ- ΚΑ	Παραδοχή ή ίσων διασπορών	0,03	0,87	1,95	26,00	0,06	0,66	0,34	-0,04	1,37

Πίνακας Δ

Έλεγχος t student για ανεξάρτητα δείγματα										
		Levene's Test για ομοιογένεια των διασπορών		t-test για έλεγχο της διασποράς των μέσων τιμών						
		F	Σημαντικότητα	t	Β.ε.	Δίπλευρος έλεγχος σημαντικότητας	Διαφορά των μέσων όρων	Τυπ. σφάλμα της διασποράς	95% διαστήματα εμπιστοσύνης της διαφοράς	
									Κατώτερο	Ανώτερο
ΡΩΑ ΚΑ- ΜΚΑ Α	Παραδοχή ίσων διασπορών	0,00	0,99	2,96	64,00	0,00	0,83	0,28	0,27	1,39

Πίνακας Ε

Έλεγχος t student για ανεξάρτητα δείγματα										
		Levene's Test για ομοιογένεια των διασπορών		t-test για έλεγχο της διασποράς των μέσων τιμών						
		F	Σημαντικότητα	t	Β.ε.	Δίπλευρος έλεγχος σημαντικότητας	Διαφορά των μέσων όρων	Τυπ. σφάλμα της διασποράς	95% διαστήματα εμπιστοσύνης της διαφοράς	
									Κατώτερο	Ανώτερο
ΡΩΑ ΜΚΑ -ΚΑ	Παραδοχή ή ίσων διασπορών	0,02	0,90	1,12	24,00	0,28	0,46	0,41	-0,39	1,31

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VI: ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΔΟΚΙΜΑΣΙΑΣ STUDENT –
t ΓΙΑ ΤΙΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΣΤΑ ΣΩΜΑΤΟΜΕΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ
ΔΟΚΙΜΑΖΟΜΕΝΩΝ ΤΩΝ ΔΥΟ ΟΜΑΔΩΝ**

Πίνακας Α

Έλεγχος t student για ανεξάρτητα δείγματα										
Παράμετρος		Levene's Test για ομοιογένεια των διασπορών		t-test για έλεγχο της διασποράς των μέσων τιμών						
		F	Σημαντικότ ητα	t	Β.ε.	Δίπλευρος έλεγχος σημαντικότ ητας	Διαφορ ά των μέσων όρων	Τυπ. σφάλμα της διασπορά ς	95% διαστήματα εμπιστοσύνης της διαφοράς	
									Κατώτερ ο	Ανώτερ ο
Ανάστημα	Παραδοχ ή ίσων διασπορώ ν	0,9 4	0,34	-1,26	27,0 0	0,22	-2,61	2,06	-6,84	1,63
Σωματικό βάρος	Παραδοχ ή ίσων διασπορώ ν	0,7 2	0,40	-1,36	27,0 0	0,19	-3,43	2,53	-8,62	1,76
Ηλικία	Παραδοχ ή ίσων διασπορώ ν	1,1 5	0,29	-0,28	27,0 0	0,78	-0,52	1,89	-4,40	3,35
Προπονητικ ή ηλικία	Παραδοχ ή ίσων διασπορώ ν	0,3 1	0,58	-0,45	27,0 0	0,66	-0,94	2,07	-5,19	3,32
Ποσοστό σωματικού λίπους	Παραδοχ ή ίσων διασπορώ ν	1,8 9	0,18	0,43	27,0 0	0,67	0,53	1,24	-2,02	3,07

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VII: ΠΡΩΤΟΓΕΝΗ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΛΕΥΡΟΠΛΕΥΡΙΚΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΣΤΗΝ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΩΜΟΠΛΑΤΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ Α: Πρωτογενή δεδομένα των πλευροπλευρικών διαφορών στην απόσταση των ωμοπλατών από τη ΣΣ, με βάση την Κάτω Γωνία της Ωμοπλάτης (ΚΓΩ), τη Ρίζα της Ωμοπλατιαίας Άκανθας (ΡΩΑ), και τη διαφορά στην κατακόρυφη απόσταση μεταξύ των δύο ωμοπλατιαίων ακανθών (ΥΨΟΣ), στην ομάδα αθλητριών με ασυμμετρία $\geq 1,5$ εκ (N=14).

ΠΙΝΑΚΑΣ Β: Πρωτογενή δεδομένα των πλευροπλευρικών διαφορών στην απόσταση των ωμοπλατών από τη ΣΣ, με βάση την Κάτω Γωνία της Ωμοπλάτης (ΚΓΩ), τη Ρίζα της Ωμοπλατιαίας Άκανθας (ΡΩΑ), και τη διαφορά στην κατακόρυφη απόσταση μεταξύ των δύο ωμοπλατιαίων ακανθών (ΥΨΟΣ), στην ομάδα αθλητριών με ασυμμετρία $< 1,5$ εκ (N=15).

ΠΙΝΑΚΑΣ Γ: Αποτελέσματα της δοκιμασίας student-t για τον έλεγχο των πλευροπλευρικών διαφορών στην απόσταση των ωμοπλατών μεταξύ των δύο ομάδων, σύμφωνα με τις στατικές δοκιμασίες αξιολόγησης της θέσης των ωμοπλατών

Πίνακας Α

A/A	ΚΓΩ	ΡΩΑ	ΥΨΟΣ
1	0,2	1,6	0,8
2	0,4	1,7	0,0
3	0,9	0,7	1,5
4	0,9	0,9	1,9
5	0,2	0,9	2,0
6	0,4	0,4	1,9
7	1,5	0,9	0,8
8	0,3	0,4	1,5
9	1,0	0,5	1,9
10	2,3	1,1	0,2
11	1,8	1,5	1,1
12	0,6	0,9	1,6
13	1,0	1,5	1,2
14	1,3	1,5	2,1

Πίνακας Β

A/A	ΚΓΩ	ΡΩΑ	ΥΨΟΣ
1	0,6	1,1	0,6
2	1,3	0,0	0,3
3	0,4	0,1	1,1
4	0,5	0,2	0,5
5	0,4	0,9	0,7
6	0,3	0,4	0,8
7	0,7	0,4	0,8
8	0,2	0,5	0,8
9	0,3	0,9	1,3
10	0,0	0,5	0,5
11	1,1	0,3	1,2
12	0,0	0,6	1,2
13	0,5	0,3	0,8
14	0,4	0,8	0,9
15	0,0	0,2	0,5

Πίνακας Γ

Έλεγχος t student για ανεξάρτητα δείγματα										
		Levene's Test για ομοιογένεια των διασπορών		t-test για έλεγχο της διασποράς των μέσων τιμών						
		F	Σημαντικ ότητα	t	Β.ε.	Δίπλευρος έλεγχος σημαντικότητ ας	Διαφορ ά των μέσων όρων	Τυπ. σφάλμα της διασπορά ς	95% διαστήματα εμπιστοσύνης της διαφοράς	
									Κατώτε ρο	Ανώτερ ο
ΡΩΑ	Παραδο χή ίσων διασπορ ών	3,47	0,07	2,38	27,0 0	0,03	0,46	0,19	0,06	0,86
ΚΓΩ	Παραδο χή ίσων διασπορ ών	3,05	0,09	3,73	27,0 0	0,00	0,55	0,15	0,25	0,85
ΥΨΟΣ	Παραδο χή ίσων διασπορ ών	9,53	0,01	2,74	27,0 0	0,01	0,52	0,19	0,13	0,91

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VIII: ΠΡΩΤΟΓΕΝΗ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΟΥ ΕΥΡΟΥΣ ΤΗΣ ΕΞΩ
ΚΑΙ ΕΣΩ ΣΤΡΟΦΗΣ ΤΗΣ ΓΛΗΝΟΒΡΑΧΙΟΝΙΑΣ ΑΡΘΡΩΣΗΣ**

ΠΙΝΑΚΑΣ Α: Πρωτογενή δεδομένα στο εύρος της έξω και έσω στροφής του κυρίαρχου και μη κυρίαρχου άνω άκρου, στην ομάδα αθλητριών με αυξημένη ασυμμετρία στη θέση των ωμοπλατών (N=14)

ΠΙΝΑΚΑΣ Β: Πρωτογενή δεδομένα στο εύρος της έξω και έσω στροφής του κυρίαρχου και μη κυρίαρχου άνω άκρου, στην ομάδα αθλητριών με μειωμένη ασυμμετρία στη θέση των ωμοπλατών (N=15)

ΠΙΝΑΚΑΣ Γ: Αποτελέσματα της ανάλυσης διασποράς (ANOVA) για τον έλεγχο των αλληλοεπιδράσεων στο εύρος της έσω και έξω στροφής μεταξύ των δύο πλευρών καθώς και μεταξύ των δύο ομάδων

Πίνακας Α

A/A	ΚΥΡΙΑΡΧΟ ΕΞΩ ΣΤΡΟΦΗ	ΚΥΡΙΑΡΧΟ ΕΣΩ ΣΤΡΟΦΗ	ΜΗ ΚΥΡΙΑΡΧΟ ΕΞΩ ΣΤΡΟΦΗ	ΜΗ ΚΥΡΙΑΡΧΟ ΕΣΩ ΣΤΡΟΦΗ
1	114	33	110	51
2	118	45	112	50
3	120	50	112	60
4	112	56	89	62
5	122	46	112	65
6	87	48	88	47
7	86	55	86	50
8	66	59	83	71
9	103	32	97	58
10	99	52	106	66
11	120	59	111	71
12	124	34	115	30
13	120	51	109	79
14	85	62	82	67

Πίνακας Β

Α/Α	ΚΥΡΙΑΡΧΟ ΕΞΩ ΣΤΡΟΦΗ	ΚΥΡΙΑΡΧΟ ΕΣΩ ΣΤΡΟΦΗ	ΜΗ ΚΥΡΙΑΡΧΟ ΕΞΩ ΣΤΡΟΦΗ	ΜΗ ΚΥΡΙΑΡΧΟ ΕΣΩ ΣΤΡΟΦΗ
1	88	38	79	55
2	104	51	109	58
3	106	53	103	67
4	125	68	120	71
5	77	60	83	55
6	81	46	94	64
7	114	49	116	51
8	117	67	112	67
9	91	57	113	75
10	88	55	74	64
11	101	41	100	56
12	86	51	86	67
13	114	64	101	69
14	86	61	93	67
15	116	41	113	54

Πίνακας Γ. Έσω στροφή

Συγκρίσεις εντός των ομάδων						
Μεταβλητή	ΠΛΕΥΡΑ	Τύπου III Άθροισμα Τετραγώνων	Β.ε.	Μέσα Τετράγωνα	F	Σημαντικότητα
ΠΛΕΥΡΑ	Επίπεδο 1 vs. Επίπεδο 2	2769,7	1,0	2769,7	35,7	0,0
ΠΛΕΥΡΑ * ΟΜΑΔΑ	Επίπεδο 1 vs. Επίπεδο 2	9,7	1,0	9,7	0,1	0,7
Σφάλμα (ΠΛΕΥΡΑ)	Επίπεδο 1 vs. Επίπεδο 2	2097,6	27,0	77,7		

Έσω στροφή

Συγκρίσεις μεταξύ των ομάδων					
Μεταβλητή	Τύπου III Άθροισμα Τετραγώνων	Β.ε.	Μέσα Τετράγωνα	F	Σημαντικότητα
Intercept	90770,22	1,00	90770,22	1149,00	0,00
ΟΜΑΔΑ	126,15	1,00	126,15	1,60	0,22
Σφάλμα	2133,02	27,00	79,00		

Πολλαπλές Συγκρίσεις						
Έσω Στροφή Tukey HSD (1: Αυξημένη Ασυμμετρία - Κυρίαρχο, 2: Αυξημένη Ασυμμετρία - Μη Κυρίαρχο, 3: Μειωμένη Ασυμμετρία - Κυρίαρχο, 4: Μειωμένη Ασυμμετρία - Μη Κυρίαρχο)						
(I) GROUP	(J) GROUP	Διαφορά μέσων όρων	Τυπ. σφάλμα της διασποράς	Σημαντικότητα	95% διαστήματα εμπιστοσύνης της διαφοράς	
					Κατώτερο όριο	Ανώτερο όριο
1	2	-10,36*	3,75	0,04	-20,30	-0,42
	3	-4,75	3,69	0,57	-14,53	5,02
	4	-13,95*	3,69	0,00	-23,73	-4,18
2	1	10,36*	3,75	0,04	0,42	20,30
	3	5,60	3,69	0,43	-4,17	15,38
	4	-3,60	3,69	0,76	-13,37	6,18
3	1	4,75	3,69	0,57	-5,02	14,53
	2	-5,60	3,69	0,43	-15,38	4,17
	4	-9,20	3,62	0,07	-18,80	0,40
4	1	13,95*	3,69	0,00	4,18	23,73
	2	3,60	3,69	0,76	-6,18	13,37
	3	9,20	3,62	0,07	-0,40	18,80
*. Σημαντική Διαφορά για $p = 0.05$						

Έξω στροφή

Συγκρίσεις εντός των ομάδων						
Μεταβλητή	ΠΛΕΥΡΑ	Τύπου III Άθροισμα Τετραγώνων	B.ε.	Μέσα Τετράγωνα	F	Σημαντικότητα
ΠΛΕΥΡΑ	Επίπεδο 1 vs. Επίπεδο 2	142,631	1	142,631	1,604	,216
ΠΛΕΥΡΑ* ΟΜΑΔΑ	Επίπεδο 1 vs. Επίπεδο 2	160,286	1	160,286	1,802	,191
Σφάλμα (ΠΛΕΥΡΑ)	Επίπεδο 1 vs. Επίπεδο 2	2401,162	27	88,932		

Έξω στροφή

Συγκρίσεις μεταξύ των ομάδων για έξω στροφή					
Μεταβλητή	Τύπου III Άθροισμα Τετραγώνων	B.ε.	Μέσα Τετράγωνα	F	Σημαντικότητα
Intercept	297850,26	1,00	297850,26	1,42	0,00
ΟΜΑΔΑ	87,50	1,00	87,50	0,42	0,52
Σφάλμα	5656,55	27,00	209,50		

Πολλαπλές Συγκρίσεις						
Έξω Στροφή						
Tukey HSD (1: Αυξημένη Ασυμμετρία - Κυρίαρχο, 2: Αυξημένη Ασυμμετρία - Μη Κυρίαρχο, 3: Μειωμένη Ασυμμετρία - Κυρίαρχο, 4: Μειωμένη Ασυμμετρία - Μη Κυρίαρχο)						
(I) ΟΜΑΔΑ	(J) ΟΜΑΔΑ	Διαφορά μέσω των όρων	Τυπ. σφάλμα της διασποράς	Σημαντικότητα	95% διαστήματα εμπιστοσύνης της διαφοράς	
					Κατώτερο όριο	Ανώτερο όριο
1	2	4,57	5,75	0,86	-10,68	19,82
	3	5,83	5,66	0,73	-9,17	20,82
	4	5,70	5,66	0,75	-9,30	20,69
2	1	-4,57	5,75	0,86	-19,82	10,68
	3	1,26	5,66	1,00	-13,74	16,25
	4	1,12	5,66	1,00	-13,87	16,12
3	1	-5,83	5,66	0,73	-20,82	9,17
	2	-1,26	5,66	1,00	-16,25	13,74
	4	-0,13	5,56	1,00	-14,87	14,60
4	1	-5,70	5,66	0,75	-20,69	9,30
	2	-1,12	5,66	1,00	-16,12	13,87
	3	0,13	5,56	1,00	-14,60	14,87

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΧ: ΠΡΩΤΟΓΕΝΗ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΗΛΕΚΤΡΟΜΥΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΜΥΩΝ ΤΗΣ ΩΜΟΠΛΑΤΗΣ

ΠΙΝΑΚΑΣ Α: Πρωτογενή δεδομένα ΗΜΓ δραστηριότητας των ωμοπλατιαίων μυών, για την ομάδα των αθλητριών πετοσφαίρισης με μεταβολή στη θέση της ωμοπλάτης της κυρίαρχης πλευράς μικρότερη από 1.5 εκ (N=15). Παρουσιάζονται οι τιμές ενεργοποίησης, εκφρασμένες ως ποσοστό της ΜΕΣ, για την άνω μοίρα του τραπεζοειδή (ΑΜΤ), τη μέση μοίρα του τραπεζοειδή (ΜΜΤ) και τον πρόσθιο οδοντωτό (ΠΟ), τόσο για το κυρίαρχο (ΚΑ) όσο και για το μη κυρίαρχο άκρο (ΜΚΑ) κατά την εκτέλεση των knee push-ups με στήριξη των άνω άκρων στην ασταθή πλατφόρμα BOSU και στο έδαφος.

ΠΙΝΑΚΑΣ Β: Πρωτογενή δεδομένα ΗΜΓ δραστηριότητας των ωμοπλατιαίων μυών, για την ομάδα των αθλητριών πετοσφαίρισης με μεταβολή στη θέση της ωμοπλάτης της κυρίαρχης πλευράς μεγαλύτερη από 1.5 εκ (N=14). Παρουσιάζονται οι τιμές ενεργοποίησης, εκφρασμένες ως ποσοστό της ΜΕΣ, για την άνω μοίρα του τραπεζοειδή (ΑΜΤ), τη μέση μοίρα του τραπεζοειδή (ΜΜΤ) και τον πρόσθιο οδοντωτό (ΠΟ), τόσο για το κυρίαρχο (ΚΑ) όσο και για το μη κυρίαρχο άκρο (ΜΚΑ) κατά την εκτέλεση των knee push-ups με στήριξη των άνω άκρων στην ασταθή πλατφόρμα BOSU και στο έδαφος.

ΠΙΝΑΚΑΣ Γ: Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις της ΗΜΓ των ωμοπλατιαίων μυών (% ΜΕΣ) με βάση την κύρια επίδραση των ομάδων (Μέσος Όρος ± ΤΑ).

ΠΙΝΑΚΑΣ Δ: Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις της ΗΜΓ των ωμοπλατιαίων μυών (% ΜΕΣ) με βάση την κύρια επίδραση των επιφανειών στήριξης (Μέσος Όρος $\pm$ ΤΑ)

ΠΙΝΑΚΑΣ Ε: Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις της ΗΜΓ των ωμοπλατιαίων μυών (% ΜΕΣ) με βάση την κύρια επίδραση της πλευράς (Μέσος Όρος $\pm$ ΤΑ)

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΤ: Αποτελέσματα ανάλυσης διασποράς (ANOVA) για την αλληλεπίδραση ανάμεσα στις δύο ομάδες, στις δύο πλευρές καθώς και στις δύο επιφάνειες στήριξης για τη μέση μοίρα του τραπεζοειδή

ΠΙΝΑΚΑΣ Ζ: Αποτελέσματα ανάλυσης διασποράς (ANOVA) για την αλληλεπίδραση ανάμεσα στις δύο ομάδες, στις δύο πλευρές καθώς και στις δύο επιφάνειες στήριξης για τον πρόσθιο οδοντωτό

ΠΙΝΑΚΑΣ Η: Αποτελέσματα ανάλυσης διασποράς (ANOVA) για την αλληλεπίδραση ανάμεσα στις δύο ομάδες, στις δύο πλευρές καθώς και στις δύο επιφάνειες στήριξης για την άνω μοίρα του τραπεζοειδή

Πίνακας Α

A/A	ΜΜΤ ΒΟΣΥ ΚΑ	ΜΜΤ ΒΟΣΥ ΜΚΑ	ΠΟ ΒΟΣΥ ΚΑ	ΠΟ ΒΟΣΥ ΜΚΑ	ΑΜΤ ΒΟΣΥ ΚΑ	ΑΜΤ ΒΟΣΥ ΜΚΑ	ΜΜΤ ΕΛΛΦΟΣ ΚΑ	ΜΜΤ ΕΛΛΦΟΣ ΜΚΑ	ΠΟ ΕΛΛΦΟΣ ΚΑ	ΠΟ ΕΛΛΦΟΣ ΜΚΑ	ΑΜΤ ΕΛΛΦΟΣ ΚΑ	ΑΜΤ ΕΛΛΦΟΣ ΜΚΑ
1	8,1	12,9	85,9	36,4	14,9	24,5	7,6	13,9	92,2	40,2	13,0	14,7
2	13,0	12,4	49,6	54,7	5,8	13,2	11,8	11,2	51,9	50,0	6,0	10,6
3	7,3	8,7	56,2	42,7	15,3	27,0	7,3	7,3	38,4	43,7	6,2	7,6
4	8,4	18,1	81,7	70,4	9,0	8,9	9,8	18,3	89,8	96,9	7,3	7,9
5	10,4	11,9	50,3	51,7	34,2	24,6	10,5	8,6	52,2	56,4	24,2	15,8
6	12,5	11,1	51,6	52,3	21,1	46,1	7,9	8,1	66,6	72,5	20,0	42,2
7	5,7	10,5	27,9	33,4	19,2	10,6	5,2	10,8	31,9	32,3	11,8	6,8
8	12,1	11,8	31,7	18,9	12,9	13,8	11,0	7,1	31,1	21,2	10,1	8,3
9	6,7	8,3	36,0	33,1	7,5	9,8	5,3	7,2	41,8	23,1	6,4	8,9
10	9,1	14,7	43,3	42,4	18,5	23,4	7,8	10,7	39,5	43,6	17,0	21,7
11	7,1	8,3	63,5	81,8	10,1	10,5	6,8	9,0	65,9	67,5	11,5	15,7
12	12,8	5,6	50,2	70,5	9,1	13,0	15,6	6,0	80,7	103,5	11,7	16,3
13	7,8	7,6	33,8	54,3	10,0	11,0	9,1	8,2	43,5	57,6	10,8	11,1
14	13,9	21,7	60,4	35,4	29,7	22,1	21,7	21,8	62,3	37,5	23,9	20,5
15	9,7	9,2	26,3	94,7	18,3	18,5	10,4	9,2	29,9	99,2	17,9	18,0

Πίνακας Β

A/A	ΜΜΤ ΒΟΣΥ ΚΑ	ΜΜΤ ΒΟΣΥ ΜΚΑ	ΠΟ ΒΟΣΥ ΚΑ	ΠΟ ΒΟΣΥ ΜΚΑ	ΑΜΤ ΒΟΣΥ ΚΑ	ΑΜΤ ΒΟΣΥ ΜΚΑ	ΜΜΤ ΕΛΛΦΟΣ ΚΑ	ΜΜΤ ΕΛΛΦΟΣ ΜΚΑ	ΠΟ ΕΛΛΦΟΣ ΚΑ	ΠΟ ΕΛΛΦΟΣ ΜΚΑ	ΑΜΤ ΕΛΛΦΟΣ ΚΑ	ΑΜΤ ΕΛΛΦΟΣ ΜΚΑ
1	8,4	9,2	74,0	45,8	25,7	18,3	9,7	9,3	107, 0	76,2	42,1	25,9
2	11,8	13,3	40,1	58,4	17,4	26,2	12,8	12,3	58,0	66,9	7,3	13,2
3	11,9	13,2	54,0	97,5	24,5	23,5	7,7	14,3	55,4	103,3	11,8	14,5
4	12,3	15,4	38,4	98,8	15,7	14,1	13,7	14,2	40,3	79,8	12,9	10,9
5	12,6	14,2	60,2	77,2	16,1	30,4	16,0	13,6	66,3	70,6	21,8	27,4
6	10,5	8,3	40,1	23,3	26,1	10,9	7,3	6,8	36,2	18,2	22,2	10,0
7	6,5	9,2	139,1	84,5	13,9	11,2	5,4	7,7	141, 7	97,1	7,8	10,7
8	12,7	12,5	67,5	101,6	39,0	46,3	14,5	9,4	86,5	102,8	29,8	45,3
9	27,7	26,3	39,5	58,1	39,6	30,2	12,5	16,5	34,5	49,5	16,4	14,7
10	24,6	19,8	85,3	176,1	31,5	27,8	14,8	17,6	90,1	166,3	21,6	22,8
11	5,8	6,3	42,6	35,2	16,8	13,0	6,5	7,9	48,8	39,1	21,6	16,1
12	17,0	17,5	80,6	151,8	32,3	29,8	15,4	22,2	95,6	157,9	11,3	14,4
13	8,8	6,0	48,6	50,5	5,7	3,8	11,7	6,8	47,0	53,0	9,8	4,9
14	15,4	14,0	70,1	112,2	19,1	19,9	8,8	10,6	72,9	127,9	12,3	16,1

Πίνακας Γ. Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις της ΗΜΓ των ωμοπλατιαίων μυών (% ΜΕΣ) με βάση την κύρια επίδραση των ομάδων (Μέσος Όρος $\pm$ ΤΑ)

ΜΥΕΣ	ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΑ < 1.5 εκ	ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΑ > 1.5 εκ
Μέση μοίρα τραπεζοειδή	10,4 (3,9)	12,4 (5,0)
Πρόσθιος οδοντωτός*	53,1 (21,4)	75,7 (37,2)
Άνω μοίρα τραπεζοειδή	15,6 (8,4)	20,1 (10,2)

* $p < 0.05$ **Πίνακας Δ.** Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις της ΗΜΓ των ωμοπλατιαίων μυών (% ΜΕΣ) με βάση την κύρια επίδραση των επιφανειών στήριξης (Μέσος Όρος $\pm$ ΤΑ)

ΜΥΕΣ	BOSU	ΕΔΑΦΟΣ
Μέση μοίρα τραπεζοειδή	11,9 (4,9)	10,9 (4,2)
Πρόσθιος οδοντωτός*	61,6 (31,1)	66,4 (33,0)
Άνω μοίρα τραπεζοειδή**	19,7 (9,9)	15,9 (8,8)

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$ **Πίνακας Ε.** Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις της ΗΜΓ των ωμοπλατιαίων μυών (% ΜΕΣ) με βάση την κύρια επίδραση της πλευράς (Μέσος Όρος $\pm$ ΤΑ)

ΜΥΕΣ	ΚΥΡΙΑΡΧΟ	ΜΗ ΚΥΡΙΑΡΧΟ
Μέση μοίρα τραπεζοειδή	11,0 (4,5)	11,8 (4,7)
Πρόσθιος οδοντωτός	59,1 (25,2)	68,9 (37,2)
Άνω μοίρα τραπεζοειδή	17,3 (9,1)	18,2 (10,0)

Πίνακας ΣΤ. Μέση Μοίρα Τραπεζοειδή

Συγκρίσεις εντός των ομάδων							
ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΠΛΕΥΡΑ	Τύπου III Άθροισμα Τετραγώνων	Β.ε.	Μέσα Τετράγωνα	F	Σημαντικότητα
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	Επίπεδο 1 vs. Επίπεδο 2		29,58	1	29,58	3,15	0,09
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ * ΟΜΑΔΑ	Επίπεδο 1 vs. Επίπεδο 2		10,56	1	10,56	1,12	0,30
Σφάλμα (ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ)	Επίπεδο 1 vs. Επίπεδο 2		253,80	27	9,40		
ΠΛΕΥΡΑ		Επίπεδο 1 vs. Επίπεδο 2	20,30	1	20,30	1,84	0,19
ΠΛΕΥΡΑ * ΟΜΑΔΑ		Επίπεδο 1 vs. Επίπεδο 2	5,18	1	5,18	0,47	0,50
Σφάλμα (ΠΛΕΥΡΑ)		Επίπεδο 1 vs. Επίπεδο 2	297,46	27	11,02		
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ * ΠΛΕΥΡΑ	Επίπεδο 1 vs. Επίπεδο 2	Επίπεδο 1 vs. Επίπεδο 2	0,64	1	0,64	0,06	0,81
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ * ΠΛΕΥΡΑ * ΟΜΑΔΑ	Επίπεδο 1 vs. Επίπεδο 2	Επίπεδο 1 vs. Επίπεδο 2	34,50	1	34,50	3,13	0,09
Σφάλμα (ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ*ΠΛΕΥΡΑ)	Επίπεδο 1 vs. Επίπεδο 2	Επίπεδο 1 vs. Επίπεδο 2	297,69	27	11,03		

Συγκρίσεις μεταξύ των ομάδων					
Μεταβλητή	Τύπου III Άθροισμα Τετραγώνων	Β.ε.	Μέσα Τετράγωνα	F	Σημαντικότητα
Intercept	3773,17	1	3773,17	256,08	0,00
ΟΜΑΔΑ	31,13	1	31,13	2,11	0,16
Σφάλμα	397,83	27	14,73		

Πίνακας Ζ. Πρόσθιος Οδοντωτός

Συγκρίσεις εντός των ομάδων							
ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΠΛΕΥΡΑ	Τύπου III Άθροισμα Τετραγώνων	Β.ε.	Μέσα Τετράγωνα	F	Σημαντικότητα
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	Επίπεδο 1 vs. Επίπεδο 2		674,07	1	674,07	6,32	0,02
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ * ΟΜΑΔΑ	Επίπεδο 1 vs. Επίπεδο 2		0,28	1	0,28	0,00	0,96
Σφάλμα (ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ)	Επίπεδο 1 vs. Επίπεδο 2		2878,61	27	106,62		
ΠΛΕΥΡΑ		Επίπεδο 1 vs. Επίπεδο 2	2975,15	1	2975,15	2,92	0,10
ΠΛΕΥΡΑ * ΟΜΑΔΑ		Επίπεδο 1 vs. Επίπεδο 2	2047,75	1	2047,75	2,01	0,17
Σφάλμα (ΠΛΕΥΡΑ)		Επίπεδο 1 vs. Επίπεδο 2	27545,32	27	1020,20		
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ * ΠΛΕΥΡΑ	Επίπεδο 1 vs. Επίπεδο 2	Επίπεδο 1 vs. Επίπεδο 2	131,30	1	131,30	1,28	0,27
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ * ΠΛΕΥΡΑ * ΟΜΑΔΑ	Επίπεδο 1 vs. Επίπεδο 2	Επίπεδο 1 vs. Επίπεδο 2	158,93	1	158,93	1,55	0,22
Σφάλμα (ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ*ΠΛΕΥΡΑ)	Επίπεδο 1 vs. Επίπεδο 2	Επίπεδο 1 vs. Επίπεδο 2	2762,25	27	102,31		

Συγκρίσεις μεταξύ των ομάδων					
Μεταβλητή	Τύπου III Άθροισμα Τετραγώνων	Β.ε.	Μέσα Τετράγωνα	F	Σημαντικότητα
Intercept	120094,90	1	120094,90	195,79	0,00
ΟΜΑΔΑ	3714,21	1	3714,21	6,06	0,02
Σφάλμα	16561,34	27	613,38		

Πίνακας Η. Άνω Μοίρα Τραπεζοειδή

Συγκρίσεις εντός των ομάδων								
ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ		ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΠΛΕΥΡΑ	Τύπου ΙΙΙ Άθροισμα Τετραγώνων	Β.ε .	Μέσα Τετράγωνα	F	Σημαντικότητα
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ		Επίπεδο 1 vs. Επίπεδο 2		430,88	1	430,88	9,4 3	0,01
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ * ΟΜΑΔΑ		Επίπεδο 1 vs. Επίπεδο 2		23,47	1	23,47	0,5 1	0,48
Σφάλμα (ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ)		Επίπεδο 1 vs. Επίπεδο 2		1233,26	27	45,68		
ΠΛΕΥΡΑ			Επίπεδο 1 vs. Επίπεδο 2	18,92	1	18,92	0,3 5	0,56
ΠΛΕΥΡΑ * ΟΜΑΔΑ			Επίπεδο 1 vs. Επίπεδο 2	66,50	1	66,50	1,2 2	0,28
Σφάλμα (ΠΛΕΥΡΑ)			Επίπεδο 1 vs. Επίπεδο 2	1474,98	27	54,63		
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ * ΠΛΕΥΡΑ		Επίπεδο 1 vs. Επίπεδο 2	Επίπεδο 1 vs. Επίπεδο 2	0,58	1	0,58	0,0 3	0,88
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ * ΠΛΕΥΡΑ * ΟΜΑΔΑ		Επίπεδο 1 vs. Επίπεδο 2	Επίπεδο 1 vs. Επίπεδο 2	29,86	1	29,86	1,2 8	0,27
Σφάλμα (ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ*ΠΛ ΕΥΡΑ)		Επίπεδο 1 vs. Επίπεδο 2	Επίπεδο 1 vs. Επίπεδο 2	627,86	27	23,25		

Συγκρίσεις μεταξύ των ομάδων					
Μεταβλητή	Τύπου ΙΙΙ Άθροισμα Τετραγώνων	Β.ε.	Μέσα Τετράγωνα	F	Σημαντικότητα
Intercept	9222,30	1	9222,30	154,39	0,00
ΟΜΑΔΑ	144,71	1	144,71	2,42	0,13
Σφάλμα	1612,84	27	59,74		