



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

**«ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΚΑΙ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΟΣΤΙΚΩΝ
ΕΛΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΩΜΟΓΛΗΝΗΣ ΣΕ ΑΘΛΗΤΕΣ ΜΕ ΚΑΘ'
ΕΞΙΝ ΕΞΑΡΘΡΗΜΑ ΩΜΟΥ: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΞΟΝΙΚΗΣ
ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΕΚΤΥΠΩΣΗΣ»**

Ιάκωβος Βλαστός

**Μεταπτυχιακή Διατριβή
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ»**

ΑΘΗΝΑ 2022

© Copyright

Βλαστός Ιάκωβος

Σχολή Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού

Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Εθνικής Αντίστασης 41, Δάφνη

ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΕΞΕΤΑΣΗΣ



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

Εθνικών και Καποδιστριακών
Πανεπιστημίων Αθηνών

ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών "Βιολογία της Άσκησης"

ΠΡΑΚΤΙΚΟ

ΤΡΙΜΕΛΟΥΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΡΙΣΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

Του Ιακώβου Βλαστού

Η τριμελής εξεταστική επιτροπή, που ορίστηκε από τη Συνέλευση του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών στη συνεδρία της 24/5/2022 για την κρίση και αξιολόγηση της μεταπτυχιακής διατριβής του κ. Ιακώβου Βλαστού με τίτλο: «Ποσοτική μελέτη των οστικών ελλειμμάτων της ωμογλήνης σε αθλητές με καθ' έξιν εξάρθρωμα του ώμου. Σύγκριση ποσοτικής αξονικής τομογραφίας και εκτύπωσης 3D» αποτελούμενη από τους κ.κ. **Χ. Γιαννακόπουλο** Επίκ. Καθηγητή της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών (επιβλέπων), **Κ. Μπουντόλο** Καθηγητή της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, **Ε. Ρουσάνογλου** Καθηγήτρια της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, εκλήθησαν σήμερα 9/9/2022 ημέρα Παρασκευή και ώρα 12:30 ύστερα από επίσημη έγγραφη πρόσκληση στο Αμφιθέατρο Ε.Παυλίνη της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Αθηνών, προκειμένου να κρίνουν και αξιολογήσουν την παραπάνω διατριβή.

Μετά από διεξοδική συζήτηση και ανταλλαγή απόψεων μεταξύ των μελών της εξεταστικής επιτροπής κατέληξαν ότι η κρίνόμενη διατριβή πληροί όλους τους όρους εκπόνησής της, είναι πρωτότυπη και προάγει την επιστημονική γνώση και ως εκ τούτου κρίνεται αποδεκτή και εγκρίνεται.

Τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής:

Χ. Γιαννακόπουλος, Επίκουρος Καθηγητής του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

Κ. Μπουντόλος, Καθηγητής του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

Ε. Ρουσάνογλου, Καθηγήτρια του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής διπλωματικής μου εργασίας, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες σε όλους όσους συνέβαλλαν στην εκπόνησή της.

Ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή, κ. Χρήστο Γιαννακόπουλο, Επίκουρο Καθηγητή ΣΕΦΑΑ-ΕΚΠΑ, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε εξ' αρχής, αναθέτοντάς μου το συγκεκριμένο θέμα, την επιστημονική του καθοδήγηση, τις υποδείξεις του, την επιμονή, τη συμπαράστασή, τη συνεχή υποστήριξη και το αμείωτο ενδιαφέρον που έδειξε από την αρχή μέχρι το τέλος.

Επίσης, ευχαριστώ τον κ. Κωνσταντίνο Μπουντόλο, Καθηγητή Βιομηχανικής ΣΕΦΑΑ-ΕΚΠΑ και την κ. Ελισάβετ Ρουσάνογλου, Καθηγήτρια Βιομηχανικής ΣΕΦΑΑ-ΕΚΠΑ για τις επικοινωνιακές τους υποδείξεις και την πολύτιμη συμβολή τους στην ολοκλήρωση αυτής της εργασίας, ως μέλη της τριμελούς επιτροπής.

Τέλος, θα ήθελα εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στην οικογένειά μου και τους φίλους για τη στήριξη, τη συμπαράσταση και την κατανόησή τους, καθ' όλη τη διάρκεια των μεταπτυχιακών σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν α) να αναπτυχθεί μια πρωτότυπη μεθοδολογία υπολογισμού του οστικού ελλείματος της ωμογλήνης σε αθλητές με καθ'έξιν εξάρθρωμα του ώμου με την χρήση τρισδιάστατης εκτύπωσης, χρησιμοποιώντας δεδομένα αξονικής τομογραφίας και β) να διερευνηθεί εάν η ποσοτική αξιολόγηση του οστικού ελλείματος της ωμογλήνης με τη χρήση τρισδιάστατης εκτύπωσης αποτελεί ακριβή εκτίμηση του οστικού ελλείματος σε σχέση με τις μεθόδους στις οποίες χρησιμοποιείται τρισδιάστατη αξονική τομογραφία.

Πραγματοποιήθηκε μορφομετρική ανάλυση και υπολογισμός του οστικού ελλείματος (OE) της ωμογλήνης σε 44 αθλητές, με μέσο όρο ηλικίας $33,73 \pm 8,54$. Το 25% του δείγματος ήταν γυναίκες και το 75 % ήταν άντρες, ενώ ο μέσος αριθμός των εξαρτημάτων ήταν $3,25 \pm 1,98$. Σε όλες τις περιπτώσεις πραγματοποιήθηκε τρισδιάστατη εκτύπωση της ωμογλήνης του πάσχοντος, αλλά και του φυσιολογικού ώμου.

Στα ψηφιακά μοντέλα με τρισδιάστατη αξονική τομογραφία υπολογίστηκε το OE με τη μέθοδο: α) PICO, β) τη μέθοδο του δείκτη της ωμογλήνης, γ) τη μέθοδο προσθοπίσθιας απόστασης της ωμογλήνης και δ) τη μέθοδο του σχετικού ύψους/πλάτους της ωμογλήνης. Στα εκτυπωμένα μοντέλα αξιολογήθηκαν: α) η μέθοδος του δείκτη της ωμογλήνης, β) η μέθοδος προσθοπίσθιας απόστασης της ωμογλήνης και γ) η μέθοδος του σχετικού ύψους/πλάτους της ωμογλήνης.

Για την αξιοπιστία της μεθόδου υπολογίστηκε ο δείκτης ενδοταξικής συσχέτισης ICC. Παρατηρήθηκε τέλεια συμφωνία ανάμεσα στις μετρήσεις του ίδιου

εξεταστή με τιμές $ICC > 0,989$ για όλες τις μεθόδους, καθώς και μεταξύ των μετρήσεων δυο διαφορετικών εξεταστών με τιμές $ICC > 0,989$ αντίστοιχα.

Κατά την συσχέτιση μεταξύ των τεχνικών υπολογισμού του οστικού ελλείματος στα τρισδιάστατα εκτυπωμένα μοντέλα και στη μέθοδο PICO παρατηρήθηκε μέτρια συσχέτιση για την μέθοδο προσθοπίσθιας απόστασης και για τη μέθοδο του δείκτη της ωμογλήνης ($ICC=0,69$ και $ICC=0,738$ αντίστοιχα), ενώ παρατηρήθηκε καλή συμφωνία με τη μέθοδο σχετικού ύψους/πλάτους της ωμογλήνης ($ICC=0,856$).

Το συνηθέστερο μορφολογικό σχήμα της ωμογλήνης ήταν η μορφή δίκην αχλαδιού (pear) με ποσοστά εμφάνισης στις φυσιολογικές ωμογλήνες μεταξύ των δύο μεθόδων 64,3% έναντι 71,4%% (εκτυπωμένα έναντι ψηφιακών μοντέλων), ενώ για τις παθολογικές ωμογλήνες 27,3% έναντι 31,8% αντίστοιχα. Ο συχνότερος τύπος εντομής στην ωμογλήνη είναι ο τύπος με μία εντομή σε ποσοστό 88% μεταξύ των φυσιολογικών, ενώ στις παθολογικές παρατηρήθηκε μείωση της εμφάνισης του τύπου ωμογλήνης με 1 εντομή στο 55% και αύξηση τύπου ωμογλήνης χωρίς εντομή με ποσοστό 45% έναντι 7% των φυσιολογικών ωμογληνών.

Ο υπολογισμός του OE της ωμογλήνης με την χρήση τρισδιάστατης εκτύπωσης είναι μία αξιόπιστη μέθοδος συγκρινόμενη με τη μέθοδο PICO και είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στην ταυτόχρονη αξιολόγηση των μορφολογικών χαρακτηριστικών της ωμογλήνης (σχήμα, εντομή, είδος εντομής, βάθος).

ABSTRACT

The purpose of the present study was a) to develop a new methodology for calculating the glenoid bone loss in athletes with habitual dislocation of the shoulder using 3D printing and b) to investigate whether the quantitative assessment of the glenoid bone loss using 3D printing is an accurate assessment method compared to the methods in which CT tomography is used.

Morphometric analysis and calculation of the glenoid bone loss was performed in 44 athletes, with an average age of 33.73 ± 8.54 . 25% of the sample were women and 75% were men, while the average number of dislocations was 3.25 ± 1.98 . In all cases, a three-dimensional printed model of the pathological glenoid was made as well as of the normal glenoid.

In the digital models the glenoid bone loss was calculated using the below methods: a) PICO, b) the glenoid index, c) the anteroposterior glenoid distance and d) the relative height/width of the glenoid. The printed models were evaluated for: a) the glenoid index method, b) the anteroposterior glenoid distance method, and c) the relative glenoid height/width method.

For the reliability of the method, the intraclass correlation index (ICC) was calculated. Perfect agreement was observed between the measurements of the same examiner with ICC values >0.989 for all methods, as well as between the measurements of two different

examiners with ICC values >0.989 respectively.

During the correlation between the techniques for calculating the glenoid bone loss in the 3D printed models and the PICO method, a moderate correlation was observed for the anteroposterior distance method and for the glenoid index method (ICC=0.69 and ICC=0.738 respectively), while good agreement was observed with the relative height/width method of the glenoid (ICC=0.856).

The most common morphological shape of the glenoid was the pear form with rates of occurrence in the normal glenoid between the two methods 64.3% versus 71.4%% (printed versus digital models), while for the pathological glenoid 27.3% versus 31.8% respectively. The most frequent type of notch in the glenoid is the type with one notch at a rate of 88% among the normal ones, while in pathological cases a decrease in the appearance of the glenoid type with 1 incision was observed at 55% and an increase of the glenoid type without incision at a rate of 45% against 7% of normal glenoid.

The calculation of the glenoid bone loss using 3D printing is a reliable method compared to the PICO method and is particularly useful in the simultaneous evaluation of the morphological characteristics of the glenoid (shape, type of notch, depth).

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΕΞΕΤΑΣΗΣ.....	ii
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	iii
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	iv
ABSTRACT	v
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	vi
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	ix
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	xi
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ Α	xiii
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ.....	xiv
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ.....	xv

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι

Εισαγωγή

1.1 Ορισμός του προβλήματος.....	1
1.2 Σημασία της πρότασης	2
1.3 Ερευνητικά ερωτήματα	3
1.4 Ερευνητικές υποθέσεις.....	3
1.5 Μεταβλητές.....	3
1.5.1 Ανεξάρτητες μεταβλητές	3
1.5.2 Εξαρτημένες μεταβλητές.....	3
1.6 Προϋποθέσεις και οριοθετήσεις.....	4
1.7 Περιορισμοί.....	4
1.8 Σκοπός.....	4

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙ

Ανασκόπηση βιβλιογραφίας

2.1. Αστάθεια του ώμου.....	5
2.2. Ανατομία της άρθρωσης του ώμου	5
2.3. Πρόσθια χρόνια αστάθεια του ώμου.....	6
2.3.2. Οστικό έλλειμμα.....	8

2.3.3. Παράγοντες κινδύνου για υποτροπιάζουσα πρόσθια αστάθεια του ώμου.....	9
2.3.3.1. Ηλικία	9
2.3.3.2. Φύλο.....	10
2.3.3.3. Μηχανισμός κάκωσης	10
2.3.3.4. Άλλοι παράγοντες κινδύνου.	10
2.4. Επίπτωση στην απόδοση των αθλητών	10
2.5. Διάγνωση	11
2.5.1. Ιστορικό και κλινική εξέταση	11
2.5.2.1. Απλές ακτινογραφίες	13
2.5.2.2. Μέθοδοι υπολογισμού στην αξονική τομογραφία.....	14
2.5.2.2.1. Μέθοδοι επιφάνειας	14
2.5.2.2.2. Μέθοδος PICO «Gold Standard».....	14
2.5.2.2.3. Μέθοδοι με βάση τη διάμετρο	15
2.5.2.3. Αξονική Τομογραφία	18
2.5.2.4. Μαγνητική τομογραφία	19
2.5.2.5. Αρθροσκόπηση.....	20
2.5.3. Αντιμετώπιση.....	21
2.6. Τρισδιάστατη Εκτύπωση	22
2.6.2. Εξατομίκευση υλικών με τη τρισδιάστατη εκτύπωση	23
2.7. Σύνοψη βιβλιογραφικής ανασκόπησης	24

ΚΕΦΑΛΑΙΟ III

Μεθοδολογία

3.1. Συμμετέχοντες	27
3.2. Εξοπλισμός.....	29
3.3. Περιγραφή της Διαδικασίας.	29
3.3.1. Αξιολογήσεις-Αξιολογητές	31
3.4. Στατιστική	34

ΚΕΦΑΛΑΙΟ IV

Αποτελέσματα

4.1. Περιγραφικά χαρακτηριστικά του δείγματος	37
---	----

4.2. Μορφολογική Αξιολόγηση	39
4.2.1. Σχήμα ωμογλήνης.....	39
4.2.2. Παρουσία εντομής.....	42
4.2.3. Είδος εντομής	44
4.2.4. Μεταβολή του σχήματος της ωμογλήνης πριν τα εξαρθήματα και μετά από αυτά.....	46
4.3. Εγκυρότητα Μεθόδων υπολογισμού του οστικού ελλείματος ως προς τη μέθοδο PICO.....	48
4.4. Συσχέτιση μεταξύ των μεθόδων υπολογισμού του οστικού ελλείματος στα τρισδιάστατα εκτυπωμένα μοντέλα και της μεθόδου PICO.....	49
4.5. Μελέτη Αξιοπιστίας.....	50

ΚΕΦΑΛΑΙΟ V

Συζήτηση- Συμπεράσματα

Συμπεράσματα	57
--------------------	----

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	59
---------------------------	-----------

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	76
--------------------------	-----------

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1 Απεικόνιση ωμογλήνης σε οβελιαία λήψη αξονικής τομογραφίας A. Η φυσιολογική ωμογλήνη έχει προσθιοπίσθια διάμετρο 29,3 mm B. Η ωμογλήνη με οστικό έλλειμα 19,6 mm μετά από 4 επεισόδια πρόσθιου εξαρθρώματος.....	2
Εικόνα 2.1 Η αρθρική επιφάνεια της ωμογλήνης έχει σχήμα αχλαδιού, ενώ ο επιχείλιος χόνδρος προσφέρει βάθος στην άρθρωση	5
Εικόνα 2.2 Προσανατολισμός της αρθρικής επιφάνειας της ωμογλήνης και του βραχιονίου οστού. Η ωμοπλάτη εφάπτεται επί της οπίσθιας επιφάνειας του θωρακικού τοιχώματος με κλίση 30ο σε σχέση με το μετωπιαίο επίπεδο	6
Εικόνα 2.3 Ανατομία της γληνοβραχιόνιας άρθρωσης	7
Εικόνα 2.4 Βλάβες που σχετίζονται με περισσότερα του ενός εξαρθρώματος του ώμου. A= Φυσιολογικό. B= Βλάβη Bankart. Γ= Βλάβη ALPSA Δ= Βλάβη Perthes	8
Εικόνα 2.5 Μηχανισμός Πρόσθιου Εξαρθρώματος του Ωμου	9
Εικόνα 2.6 Κλινικές δοκιμασίες αξιολόγησης ασθενών με πρόσθια αστάθεια του ώμου	12
Εικόνα 2.7 Λήψη Bernageau	13
Εικόνα 2.8 Χρήση της μεθόδου του τέλειου κύκλου για τον υπολογισμό του ΟΕ της ωμογλήνης. Μέθοδος κατά Sugaya	14
Εικόνα 2.9 Χρήση του τέλειου κύκλου για τον υπολογισμό του ΟΕ της ωμογλήνης. Μέθοδος PICO	15
Εικόνα 2.10 Γραμμικές τεχνικές υπολογισμού του οστικού ελλείματος της ωμογλήνης. A=Μέθοδος με βάση τη διάμετρο, B=Μέθοδος ρολογιού, Γ=Μέθοδος του κύκλου και των γραμμών, Δ=Μέθοδος του δείκτη της ωμογλήνης, E=Μέθοδος των διαμέτρων τύπου 1, ΣΤ=Μέθοδος των διαμέτρων τύπου 2, Ζ= Μέθοδος των διαμέτρων τύπου 3, Η= Μέθοδος των διαμέτρων τύπου 4, Θ=Μέθοδος προσθιοπίσθιας διαμέτρου, Ι= Μέθοδος σχετικού ύψους πλάτους της ωμογλήνης, ΙΑ=Μέθοδος του αποκεκαλυμμένου σημείου.....	18
Εικόνα 2.11 Αρθροσκοπική απεικόνιση του αποκεκαλυμμένου σημείου (bare spot) της ωμογλήνης	19
Εικόνα 2.12 Α. Θεώρημα τεμνουσών του κύκλου, Β. Υπολογισμός ΟΕ	20
Εικόνα 2.13 Τρισδιάστατη εκτύπωση στερεολιθικού μοντέλου της ωμογλήνης.....	22
Εικόνα 3.1 Υπολογισμός δείγματος με το λογισμικό G-power	27
Εικόνα 3.2 Επεξεργασία αρχείων DICOM για την δημιουργία τρισδιάστατου ψηφιακού μοντέλου με το λογισμικό 3D Slicer, DICOM= Digital Imaging and Communications in Medicine.....	28
Εικόνα 3.3 Επιλογή της επιθυμητής περιοχής. Με πράσινο χρώμα απεικονίζεται η επιλεγμένη περιοχή	28
Εικόνα 3.4 Δημιουργία τρισδιάστατου ψηφιακού μοντέλου με το λογισμικό 3d Slicer	29
Εικόνα 3.5 Τελική επεξεργασία του τρισδιάστατου μοντέλου με το λογισμικό Meshmixer	30
Εικόνα 3.6 Μέτρηση του οστικού ελλείματος της ωμογλήνης με την μέθοδο PICO	30

Εικόνα 3.7 Μέτρηση του οστικού ελλείμματος της ωμογλήνης με τη μέθοδο σχετικού πλάτους-ύψους σε ψηφιακό τρισδιάστατο μοντέλο	31
Εικόνα 3.8 Επεξεργασία στερεολιθικού αρχείου STL με το λογισμικό Anycubic Photon Workshop για την προετοιμασία του πριν την τελική εκτύπωση	31
Εικόνα 3.9 Μέτρηση της κατακόρυφης μέγιστης διάστασης της ωμογλήνης με παχύμετρο ακριβείας	32
Εικόνα 3.10 Μέτρηση προσθιοπίσθιας απόστασης της ωμογλήνης με παχύμετρο ακριβείας	33
Εικόνα 3.11 Μέτρηση του βάθους της ωμογλήνης στην κατακόρυφη διάμετρο με βαθύμετρο ακριβείας	33
Εικόνα 3.12 Μέτρηση του προσθιοπίσθιου βάθους της ωμογλήνης με βαθύμετρο ακριβείας	34
Εικόνα 4.1 ΠΑΝΩ: Σχήματα ωμογλήνης A=Δίκην αχλάδι, B=Ανάστροφο κόμμα, Γ=Οβάλ, ΚΕΝΤΡΟ: Ύπαρξη εντομής A=Μία εντομή, B=Δύο εντομές, Γ=Καμία εντομή, ΚΑΤΩ: Είδος εντομής A= Ήπια, B=Μέτρια, Γ=Έντονη	40

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 3.1 Πίνακας δεικτών ενδοταξικής συσχέτισης ICC που χρησιμοποιήθηκαν στην εκτίμηση της αξιοπιστίας των μετρήσεων και της εγκυρότητας των μεθόδων υπολογισμού του οστικού ελλείμματος.....	35
Πίνακας 4.1 Περιγραφικά χαρακτηριστικά του δείγματος (μέση τιμή $\pm$ τυπική απόκλιση, εύρος).....	37
Πίνακας 4.2 Περιγραφικά χαρακτηριστικά (μέση τιμή $\pm$ τυπική απόκλιση) του οστικού ελλείμματος με τις διαφορετικές τεχνικές υπολογισμού σε ψηφιακά και εκτυπωμένα μοντέλα	38
Πίνακας 4.3 Πίνακας μέσων τιμών με τυπικές αποκλίσεις των ανεξάρτητων μεταβλητών προσθιοπίσθια απόσταση, κατακόρυφη απόσταση, κατακόρυφο και προσθιοπίσθιο βάθος στα τρισδιάστατα εκτυπωμένα μοντέλα, TA= Τυπική Απόκλιση.....	39
Πίνακας 4.4 Πίνακας μέσων τιμών με τυπικές αποκλίσεις των ανεξάρτητων μεταβλητών προσθιοπίσθια απόσταση, κατακόρυφη απόσταση στα τρισδιάστατα ψηφιακά μοντέλα, TA= Τυπική Απόκλιση.....	39
Πίνακας 4.5 Ποσοστά εμφάνισης σχήματος της ωμογλήνης μεταξύ εκτυπωμένων και ψηφιακών μοντέλων σε φυσιολογικές και παθολογικές ωμογλήνες	41
Πίνακας 4.6 Πίνακας συσχέτισης του σχήματος μεταξύ εκτυπωμένων και ψηφιακών τρισδιάστατων μοντέλων.....	41
Πίνακας 4.7 Πίνακας ποσοστών εμφάνισης εντομής μεταξύ εκτυπωμένων και ψηφιακών μοντέλων της ωμογλήνης σε φυσιολογικές και παθολογικές ωμογλήνες.....	43
Πίνακας 4.8 Πίνακας συσχέτισης της ύπαρξης εντομής στο σχήμα της ωμογλήνης μεταξύ εκτυπωμένων και ψηφιακών μοντέλων.....	43
Πίνακας 4.9 Πίνακας ποσοστών εμφάνισης είδους εντομής της ωμογλήνης μεταξύ εκτυπωμένων και ψηφιακών μοντέλων, τόσο σε φυσιολογικές όσο και σε παθολογικές ωμογλήνες	45
Πίνακας 4.10 Πίνακας συσχέτισης μεταξύ των δύο μεθόδων για το είδος της εντομής της ωμογλήνης	45
Πίνακας 4.11 Πίνακας με τα ποσοστά μεταβολής σχήματος της ωμογλήνης πριν και μετά τα εξαρθήματα	47
Πίνακας 4.12 Πίνακας μεταβολών των μεταβλητών προσθιοπίσθιο βάθος και κατακόρυφο βάθος μεταξύ της φυσιολογικής και της παθολογικής ωμογλήνης, TA Τυπική Απόκλιση	47
Πίνακας 4.13 Πίνακας σύγκρισης με t-test ανά ζεύγη μεταξύ των μετρήσεων των μεθόδων υπολογισμού στα εκτυπωμένα μοντέλα και τη μέθοδο PICO, TA= Τυπική Απόκλιση, ΔΕ=διάστημα εμπιστοσύνης	48
Πίνακας 4.14 Πίνακας αποτελεσμάτων δείκτη συσχέτισης μεταξύ των μεθόδων υπολογισμού του οστικού ελλείμματος της ωμογλήνης σε σχέση με την μέθοδο PICO	49
Πίνακας 4.15 Πίνακας συσχέτισης των μεθόδων μέτρησης οστικού ελλείμματος της ωμογλήνης μεταξύ των τρισδιάστατων εκτυπωμένων και ψηφιακών μοντέλων.....	49

Πίνακας 4.16 Πίνακας αποτελεσμάτων ελέγχου αξιοπιστίας μεταξύ του ίδιου εξεταστή. LB=lower bound UB=upper bound CI=confidence interval Sig= significance	50
Πίνακας 4.17 Πίνακας αποτελεσμάτων ελέγχου αξιοπιστίας μεταξύ των δύο εξεταστών. LB=lower bound UB=upper bound CI=confidence interval Sig= significance	50

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ Α

Έντυπο δήλωσης συγκατάθεσης.....	74
----------------------------------	----

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

- ΓΒ: Γληνοβραχιόνια άρθρωση
- ΕΧ: Επιχείλιος χόνδρος
- ΚΓΒΣ: Κάτω γληνοβραχιόνιος σύνδεσμος
- ΚΒ: Κεφαλή βραχιονίου
- ΠΕ: Πρόσθιο εξάρθρωμα
- ΟΕ: Οστικό έλλειμμα
- ΡΙCΟ: Ψηφιακή μέθοδος μέτρησης οστικών ελλειμμάτων
- Βλάβη Bankart/ Οστική βλάβη Bankart/ Perthes/ ALPSA/ HAGL/ GLAD/ SLAP: είδη βλαβών που αναγνωρίζονται ως αποτέλεσμα μετά από εξάρθρωμα του ώμου
- 3D-CT : τρισδιάστατη ψηφιακή αξονική τομογραφία
- PACS (Picture Archiving and Communication System): Σύστημα Αρχειοθέτησης & Επεξεργασίας Εικόνων
- NFL: National Football League
- AMBRI: Ατραυματική (Atraumatic), πολλαπλών κατευθύνσεων (Multidirectional), αμφοτερόπλευρη (Bilateral), συχνά ανταποκρίνεται στην φυσικοθεραπεία (Rehabilitation) και μερικές φορές χρειάζεται ρίκνωση του κατωτέρου αρθρικού θυλάκου (Inferior capsular shift/ plication)
- TUBS: Τραυματικό (Traumatic), ετερόπλευρο (Unilateral), με βλάβη Bankart (Bankart) και πολύ συχνά χρειάζεται χειρουργική αποκατάσταση (Surgery)
- DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine): Ψηφιακή απεικόνιση και επικοινωνία στην Ιατρική

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ

- 3D printing: Τρισδιάστατη εκτύπωση συμπαγών στερεολιθικών μοντέλων
- Αξονική τομογραφία: Απεικονιστική μέθοδος με ιονίζουσα ακτινοβολία
- Μαγνητική τομογραφία: Απεικονιστική μέθοδος με την χρήση μαγνητικού πεδίου
- Εξάρθρωμα ώμου: Απώλεια της επαφής των αρθρικών επιφανειών κεφαλής βραχιονίου και ωμογλήνης μετά από τραυματισμό
- Καθ'έξιν εξάρθρωμα: Επαναλαμβανόμενα επεισόδια εξάρθρωσης/αστάθειας του ώμου.
- Βαθύμετρο: όργανο μέτρησης βάθους με ένδειξη χιλιοστών
- Παχύμετρο: όργανο μέτρησης πάχους με ένδειξη χιλιοστών
- Μέθοδος μέτρησης PICO: μέθοδος ψηφιακής μέτρησης οστικού ελλείματος της ωμογλήνης με τη βοήθεια ειδικού λογισμικού και χρήση δεδομένων αξονικής τομογραφίας
- Οστικό έλλειμμα: η ποσότητα οστού που απουσιάζει ως αποτέλεσμα των επαναλαμβανόμενων εξαρθρημάτων σε σχέση με την φυσιολογική ωμογλήνη

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι

Εισαγωγή

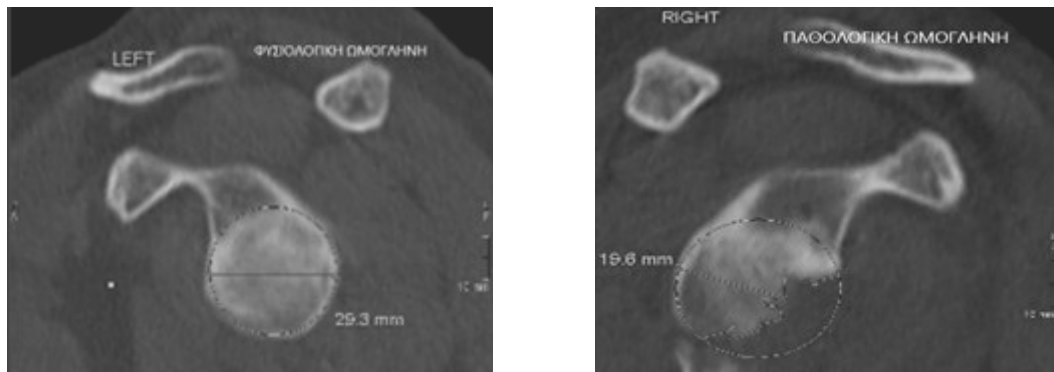
1.1 Ορισμός του προβλήματος

Η γληνοβραχιόνια (ΓΒ) άρθρωση παρουσιάζει εγγενώς αστάθεια συνεπεία της απουσίας οστικής συναρμογής μεταξύ των αρθρικών επιφανειών και την εξάρτηση από την παρουσία των γληνοβραχιόνιων συνδέσμων για την σταθεροποίηση και την επιτέλεση του λειτουργικού της ρόλου που είναι η τοποθέτηση του χεριού στον χώρο. Η ΓΒ άρθρωση έχει επομένως αυξημένο κίνδυνο αστάθειας λόγω της αρχιτεκτονικής του ώμου, που επιτρέπει μεγάλο εύρος κίνησης καθώς και περιστροφή. Η επίπτωση των συμβάντων αστάθειας του ώμου στον γενικό πληθυσμό των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής (ΗΠΑ) είναι 0,08 ανά 1,000 άτομα/έτος και είναι σημαντικά μεγαλύτερη στα αθλήματα επαφής/σύγκρουσης, 0,51 ανά 1,000 άτομα/έτος, καθώς και σε πληθυσμό των ενόπλων δυνάμεων, 1,69 ανά 1,000 άτομα/έτος (Buckup et al., 2018; Hovelius et al., 1996; Owens et al., 2007, 2009; Porcellini et al., 2009; Zacchilli & Owens, 2010).

Κάθε χρόνο στις ΗΠΑ στους αθλητές του αμερικάνικου ποδοσφαίρου, παρατηρούνται 480,000 τραυματισμοί του ώμου ετησίως, όπου το 9% χρήζει χειρουργικής αποκατάστασης (T. W. Robinson et al., 2014). Στο επαγγελματικό πρωτάθλημα NFL (National Football League) σε χρονική περίοδο 13 ετών, το 10% των αθλητών είχαν παρουσιάσει επεισόδιο πρόσθιας αστάθειας του ώμου ενώ σε άλλες μελέτες το ποσοστό αυτό ανέρχεται στο 21% επί των σχετιζόμενων με αθλητικές δραστηριότητες τραυματισμών (Brophy et al., 2007; Kaplan et al., 2005).

Το πρώτο εξάρθρημα και η επαναλαμβανόμενη αστάθεια της ΓΒ άρθρωσης συνοδεύονται από βλάβες των συνδέσμων της ωμογλήνης και κυρίως αποκόλληση των γληνοβραχιόνιων συνδέσμων και του επιχείλιου χόνδρου (EX). Ο συνήθης μηχανισμός κάκωσης που προκαλεί πρόσθιο εξάρθρημα της ΓΒ άρθρωσης είναι η πτώση με το άνω άκρο σε έκταση, απαγωγή και έξω στροφή, προκαλώντας αποκόλληση στην πρόσθια δέσμη του κάτω γληνοβραχιόνου συνδέσμου (ΚΓΒΣ) και του πρόσθιου και κατώτερου τμήματος του EX της ωμογλήνης. Η βλάβη αυτή ονομάζεται βλάβη Bankart και συναντάται στο 90% των ασθενών με οξέα εξάρθρηματα και στο 50 έως 82% των ασθενών με χρόνια, επαναλαμβανόμενα εξάρθρηματα (Mizuno & Hirohata, 1983; Owens et al., 2010; Warren, 1983).

Πολλές μελέτες αναφέρουν ποσοστά εμφάνισης συνοδού οστικής βλάβης από 36 έως 93%, συσχετίζοντας τα υψηλά ποσοστά με μεγαλύτερο αριθμό επεισοδίων εξάρθρηματος (Griffith et al., 2003; Guity et al., 2014). Το οστικό έλλειμα (ΟΕ) της ωμογλήνης (Εικόνα 1.1) και της κεφαλής του βραχιονίου οστού (ΚΒ), το οποίο αποκαλείται βλάβη Hill-Sachs, είναι επιβαρυντικοί παράγοντες που οδηγούν σε υποτροπή των επεισοδίων εξάρθρηματος. Είναι επομένως επιτακτική η ανάγκη για την ακριβή



Εικόνα 1.1 Απεικόνιση ωμογλήνης σε οβελιαία λήψη αξονικής τομογραφίας **A.** Η φυσιολογική ωμογλήνη έχει προσθιοπίσθια διάμετρο 29,3 mm **B.** Η ωμογλήνη με οστικό έλλειμα 19,6 mm μετά από 4 επεισόδια πρόσθιου εξάρθρηματος.

αναγνώριση και για την ποσοτική αξιολόγηση του μεγέθους τους προκειμένου να υποβοηθηθεί η χειρουργική αποκατάσταση (Boileau et al., 2006; Dickens et al., 2017; Nakagawa et al., 2015).

Το ποσοστό του ΟΕ μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέτρο πρόβλεψης της προδιάθεσης για μελλοντική αστάθεια και επεισόδια εξάρθρηματος και αποτελούν τμήμα κλινικών εργαλείων αξιολόγησης όπως το «Πρόβλεψη Υποτροπιάζουσας Αστάθειας του Ώμου» (Predicting Recurrent Instability of the Shoulder, PRIS) (Olds et al., 2020). Η παρουσία ΟΕ είναι σημαντική και στην υποτροπή του εξάρθρηματος και μετά από χειρουργική αποκατάσταση. ΟΕ μεγαλύτερο του 13% της ωμογλήνης μετά από χειρουργική αποκατάσταση οδηγεί σε χειρότερα λειτουργικά αποτελέσματα (Dickens et al., 2017; Shaha et al., 2015). Επομένως, η οστική ακεραιότητα της ωμογλήνης είναι από τους πιο καθοριστικούς παράγοντες, επηρεάζοντας το λειτουργικό αποτέλεσμα και της χειρουργικής παρέμβασης (Pagnani & Dome, 2002; Piasecki et al., 2009a).

Η ποσοτικοποίηση του ΟΕ της ωμογλήνης είναι απαραίτητη για την πρόβλεψη της πιθανότητας υποτροπής του εξάρθρηματος του ώμου και για

την επιτυχία της χειρουργικής αποκατάστασης, ιδίως στον ειδικό πληθυσμό των αθλητών. Επίσης, συμβάλλει στην επιλογή της χειρουργικής τεχνικής που θα χρησιμοποιηθεί από τον ορθοπαιδικό χειρουργό επειδή επηρεάζει τα λειτουργικά αποτελέσματα των ασθενών που υποβάλλονται σε χειρουργική σταθεροποίηση της ΓΒ άρθρωσης (Boileau et al., 2006). Ωστόσο υπάρχει έλλειψη καθολικής συμφωνίας και μεγάλη ετερογένεια αποτελεσμάτων και αναφορών στη βιβλιογραφία σχετικά με τις πολλαπλές μεθόδους που έχουν αναπτυχθεί με σκοπό τον ακριβή υπολογισμό του ΟΕ (Verweij et al., 2020).

1.2 Σημασία της πρότασης

Πολλές μελέτες έχουν ασχοληθεί με την αξιολόγηση του οστικού ελλείματος της ωμογλήνης σε αθλητές που πάσχουν από καθ' έξιν εξάρθρημα του ώμου κάνοντας χρήση ψηφιακών τεχνικών και λογισμικών υπολογισμού. Όλες όμως οι υπάρχουσες τεχνικές αξιολόγησης παρόλο που στην κλινική πράξη χρησιμοποιούνται ευρέως υστερούν στην ακριβή μέτρηση του ελλείματος. Η δημιουργία μιας μεθοδολογίας για την ποσοτικοποίηση των οστικών ελλειμάτων με υψηλότερη ακρίβεια, χρησιμοποιώντας την

τρισδιάστατη εκτύπωση, θα συμβάλει στην καλύτερη προεγχειρητική αξιολόγηση της βλάβης και συνεπώς στην βελτίωση της χειρουργικής αντιμετώπιση πλησιάζοντας την πραγματική ανατομία της ωμογλήνης. Επίσης, υπάρχει βιβλιογραφικό κενό όσον αφορά την συσχέτιση της μορφής της φυσιολογικής ωμογλήνης με την πιθανότητα πρόκλησης εξάρθρωματος του ώμου.

1.3 Ερευνητικά ερωτήματα

Τα ερευνητικά ερωτήματα της παρούσας μελέτης είναι :

- Είναι δυνατή η ανάπτυξη μιας μεθοδολογίας για την τρισδιάστατη εκτύπωση της οστικής επιφάνειας της ωμογλήνης από δεδομένα που λαμβάνονται από αξονική τομογραφία;
- Είναι αξιόπιστη και έγκυρη η μεθοδολογία της τρισδιάστατης εκτύπωσης της ωμογλήνης;
- Μπορεί η τρισδιάστατη εκτύπωση της ωμογλήνης να προσφέρει ισοδύναμα αποτελέσματα σε σχέση με τις μετρήσεις που πραγματοποιούνται σε τρισδιάστατα μοντέλα αξονικής τομογραφίας;
- Μπορεί να αξιολογηθεί η μορφή της ωμογλήνης χρησιμοποιώντας την τεχνολογία της τρισδιάστατης εκτύπωσης;

1.4 Ερευνητικές υποθέσεις

Οι ερευνητικές υποθέσεις της μελέτης είναι:

- Η χρήση ψηφιακών εικόνων αξονικής τομογραφίας προσφέρει τη δυνατότητα ανάπτυξης μίας μεθοδολογίας για την τρισδιάστατη στερεολιθογραφική εκτύπωση της ωμογλήνης.

- Η μεθοδολογία της τρισδιάστατης εκτύπωσης είναι αξιόπιστη και έγκυρη μέθοδος.
- Η χρήση τρισδιάστατης εκτύπωσης θα οδηγήσει σε ισοδύναμα αποτελέσματα υπολογισμού του οστικού ελλείματος της ωμογλήνης με τις ψηφιακές μεθόδους.
- Η χρήση τρισδιάστατης εκτύπωσης θα βοηθήσει στην αξιολόγηση της μορφολογίας της ωμογλήνης.

1.5 Μεταβλητές

1.5.1 Ανεξάρτητες μεταβλητές

Ανεξάρτητες μεταβλητές είναι οι διαφορετικές τεχνικές δημιουργίας τρισδιάστατου μοντέλου για την πραγματοποίηση των μετρήσεων και οι διαφορετικές μέθοδοι μέτρησης. Συγκεκριμένα οι παρακάτω:

- Τρισδιάστατη στερεολιθογραφική εκτύπωση
- Τρισδιάστατη αξονική τομογραφία
- Μέθοδος μέτρησης του δείκτη της ωμογλήνης
- Μέθοδος PICO
- Μέθοδος προσθοπίσθιας διαμέτρου της ωμογλήνης
- Μέθοδος λόγου ύψους/πλάτους της ωμογλήνης

1.5.2 Εξαρτημένες μεταβλητές

Σε κάθε ωμογλήνη μετρήθηκαν οι ακόλουθες παράμετροι, οι οποίες αποτελούν τις εξαρτημένες μεταβλητές:

- Ποσοστό οστικού ελλείματος της ωμογλήνης
- Προσθοπίσθια διάσταση της ωμογλήνης
- Κατακόρυφη μέγιστη διάσταση της ωμογλήνης
- Κατακόρυφο βάθος
- Προσθοπίσθιο βάθος
- Σχήμα ωμογλήνης

- Θέση της εντομής της ωμογλήνης
- Είδος εντομής της ωμογλήνης

της ωμογλήνης μέσου των εκτυπωμένων τρισδιάστατων μοντέλων.

1.6 Προϋποθέσεις και οριοθετήσεις

- Οι δοκιμαζόμενοι που έλαβαν μέρος στη μελέτη, ήταν αθλητές ή αθλήτριες με ετερόπλευρο καθ'έξιν εξάρθρωμα του ώμου, οι οποίοι υπεβλήθησαν σε προεγχειρητική αξονική τομογραφία για την εκτίμηση του οστικού ελλείματος στο πλαίσιο του προεγχειρητικού ελέγχου.
- Όλοι οι συμμετέχοντες υποβλήθηκαν σε αξονική τομογραφία με την ίδια συσκευή, με την ίδια τεχνική και τον ίδιο τρόπο επεξεργασίας.
- Για την εκτύπωση των τρισδιάστατων μοντέλων χρησιμοποιήθηκε τρισδιάστατος εκτυπωτής με χρήση ρητίνης (Photon 3D resin printer, Anycubic).

1.7 Περιορισμοί

- Τα αποτελέσματα αφορούν αθλητές/-τριες, που έπασχαν από ετερόπλευρο καθ'έξιν εξάρθρωμα του ώμου και δεν μπορούν να γενικευτούν για άλλη κάκωση ή παθολογία του ώμου.
- Η χρήση δεδομένων από αξονική τομογραφία οδήγησαν στη δημιουργία του τρισδιάστατου μοντέλου.

1.8 Σκοπός

Σκοπός της προτεινόμενης μελέτης, ήταν να διερευνηθεί εάν είναι δυνατό να δημιουργηθεί μια νέα μεθοδολογία υπολογισμού του οστικού ελλείματος της ωμογλήνης με τη χρήση τρισδιάστατης εκτύπωσης που να οδηγεί στην ακριβή εκτίμηση του ποσοστού της βλάβης σε σχέση με τις ψηφιακές μεθόδους υπολογισμού και εάν είναι δυνατή η ανάλυση της μορφής

ΚΕΦΑΛΑΙΟ II

Ανασκόπηση βιβλιογραφίας

2.1. Αστάθεια του ώμου.

Η αστάθεια του ώμου είναι μια παθολογική κατάσταση, όπου εξαιτίας της υπέρμετρης μετατόπισης της ΚΒ σε σχέση με την ωμογλήνη προκαλείται έντονο άλγος και αίσθημα επαπειλούμενου εξάρθρηματος, κυρίως κατά την ενεργητική κίνηση. Μετά από το πρώτο τραυματικό επεισόδιο εξάρθρηματος, οι περιοριστικές δομές οι οποίες ενεργούν ως βασικοί σταθεροποιητές της ΓΒ άρθρωσης, δηλαδή οι γληνοβραχιόνιοι σύνδεσμοι υφίστανται τραυματισμό με αποτέλεσμα, σε συνδυασμό με τις συνοδές οστικές αλλοιώσεις, τη μείωση της σταθερότητας της ΓΒ άρθρωσης.

Η αστάθεια της ΓΒ άρθρωσης είναι δυνατό να διακριθεί σε αστάθεια μιας κατεύθυνσης και σε αστάθεια πολλαπλών κατευθύνσεων. Τα ακρωνύμια TUBS και AMBRI, είναι μνημονικός κανόνας για τα δύο είδη αστάθειας (Matsen & Zuckerman, 1983).

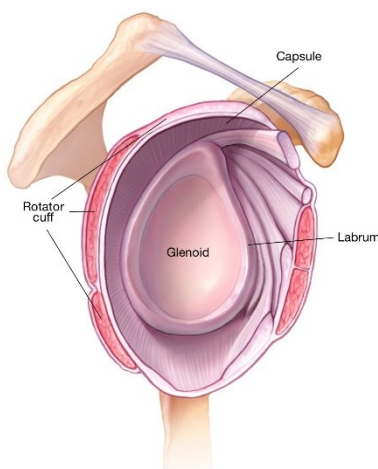
- **TUBS:** Τραυματικό (Traumatic), ετερόπλευρο (Unilateral), με βλάβη Bankart (Bankart) και πολύ

συχνά χρειάζεται χειρουργική αποκατάσταση (Surgery). Παρατηρούνται σε νέους ασθενείς και συχνά χρήζουν χειρουργικής αποκατάστασης επειδή παρουσιάζουν πολύ υψηλά ποσοστά υποτροπής (έως και 90%). Η πρόσθια αστάθεια είναι πιο συχνή από την οπίσθια.

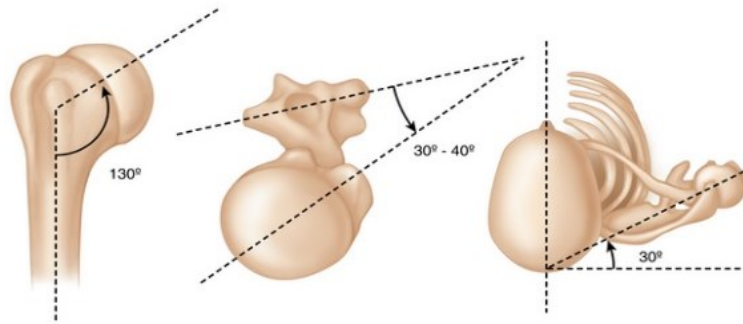
- **AMBRI:** Ατραυματική (Atraumatic), πολλαπλών κατευθύνσεων (Multidirectional), αμφοτερόπλευρη (Bilateral), συχνά ανταποκρίνεται στην φυσικοθεραπεία (Rehabilitation) και μερικές φορές χρειάζεται ρίκνωση του κατώτερου αρθρικού θυλάκου (Inferior capsular shift/ plication).

2.2. Ανατομία της άρθρωσης του ώμου

Η ωμική ζώνη δημιουργείται από την ωμοπλάτη και την κλείδα (οι οποίες αρθρώνονται με το θωρακικό τοίχωμα) και από το άνω πέρας του βραχιονίου οστού, το οποίο αρθρώνεται με την ωμοπλάτη δημιουργώντας την ΓΒ άρθρωση. Οι αρθρώσεις που απαντώνται στην ωμική ζώνη είναι η γληνοβραχιόνια (ΓΒ), η



Εικόνα 2.1 Η αρθρική επιφάνεια της ωμογλήνης έχει σχήμα αχλαδιού, ενώ ο επιχείλιος χόνδρος προσφέρει βάθος στην άρθρωση.



Εικόνα 2.2 Προσανατολισμός της αρθρικής επιφάνειας της ωμογλήνης και του βραχιονίου οστού. Η ωμοπλάτη εφάπτεται επί της οπίσθιας επιφάνειας του θωρακικού τοιχώματος με κλίση 30ο σε σχέση με το μετωπιαίο επίπεδο.

στερνοκλειδική, η ακρωμιοκλειδική και τέλος η ωμοπλαιοθωρακική άρθρωση. Η κατανόηση της ανατομίας της ΓΒ άρθρωσης, καθώς και των οστικών δομών είναι μεγάλης σημασίας για την ακριβή εκτίμηση της οστικής απώλειας καθώς και την επιτυχή χειρουργική αποκατάσταση.

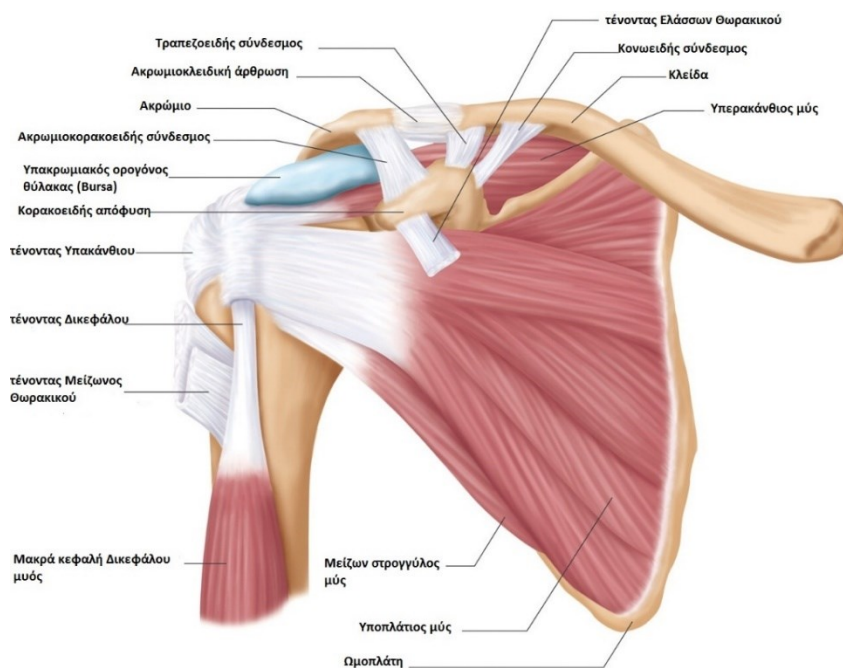
Η ωμογλήνη είναι η αρθρική επιφάνεια της ωμοπλάτης που συμμετέχει στον σχηματισμό της ΓΒ άρθρωσης και έχει σχήμα αχλαδιού, δηλαδή η ουραία προσθιοπίσθια διάμετρος είναι μεγαλύτερη από την κεφαλική διάμετρο (Εικόνα 2.1). Εμφανίζει πρόσθια κλίση 30° σε σχέση με το μετωπιαίο επίπεδο και οπίσθια κλίση 5° σε σχέση με το σώμα της ωμοπλάτης. Η ΚΒ εμφανίζει οπίσθια κλίση 30° σε σχέση με τον διεπικονδύλιο άξονα του βραχιονίου οστού και σχηματίζει γωνία 130°-140° με τον επιμήκη άξονα της διάφυσης του (Εικόνα 2.2).

Η ΓΒ άρθρωση είναι μια σφαιροειδής άρθρωση που παρουσιάζει το μεγαλύτερο εύρος κίνησης από κάθε άλλη άρθρωση στο σώμα. Η σταθερότητα της άρθρωσης παρέχεται από τους στατικούς και δυναμικούς σταθεροποιητές που την περιβάλλουν. Στους στατικούς σταθεροποιητές περιλαμβάνεται ο ΕΧ της ωμογλήνης, οι αρθρικές επιφάνειες, οι γληνοβραχιόνιοι σύνδεσμοι (άνω, μέσος, κάτω), ο

αρθρικός θύλακος και η αρνητική ενδαρθρική πίεση. Από την άλλη πλευρά, οι δυναμικοί σταθεροποιητές είναι το στροφικό πέταλο και ο τένοντας της μακράς κεφαλής του δικεφάλου (Εικόνα 2.3). Ο ΕΧ αυξάνει το βάθος της ωμογλήνης κατά 50%, παρέχοντας έτσι βάθος περίπου 9 χιλιοστά στον κατακόρυφο άξονα και περίπου 5 χιλιοστά στον προσθιοπίσθιο άξονα (Howell & Galinat, 1989).

2.3. Πρόσθια χρόνια αστάθεια του ώμου

Είναι η πιο συχνή μορφή αστάθειας του ώμου, κυρίως μεταξύ των νέων και αθλητών. Η συχνότητα εμφάνισης πρόσθιας αστάθειας είναι 0.08 ανά 1.000 άτομα/έτος στον γενικό πληθυσμό των ΗΠΑ (Owens et al., 2009). Ειδικότερα, νέοι άντρες αθλητές παρουσιάζουν μεγαλύτερη συχνότητα πρόσθιας αστάθειας του ώμου με ποσοστά που φτάνουν το 3% ανά έτος (Owens et al., 2007; Waterman et al.,



Εικόνα 2.3 Ανατομία της γληνοβραχιόνιας άρθρωσης.

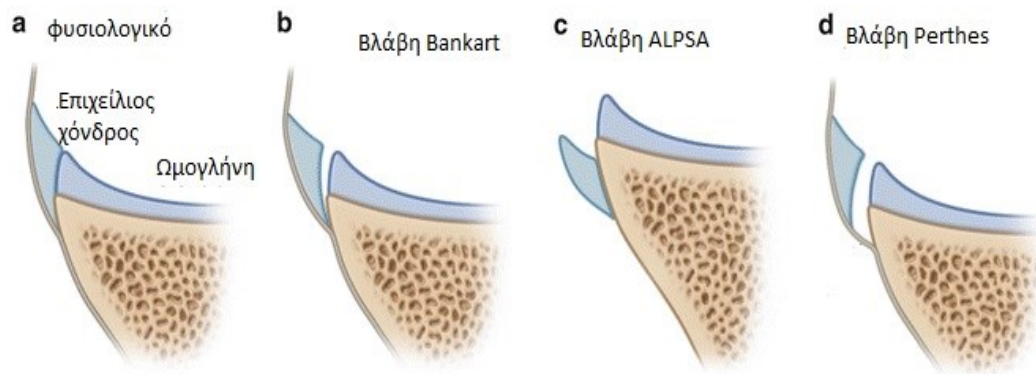
2016). Οι αθλητές που συμμετέχουν σε αθλήματα σύγκρουσης, όπως το Αμερικάνικο ποδόσφαιρο και το ράγκμπι, έχουν ποσοστά έως 0.51 ανά 1.000 άτομα (Gibbs et al., 2015). Πρόσφατη μελέτη έδειξε ποσοστό 14,8% σε 374 αθλητές ράγκμπι γυμνασίου, ενώ στο επαγγελματικό επίπεδο NFL ποσοστό περίπου 10% (Kawasaki et al., 2014). Η επίπτωση στο στρατιωτικό πληθυσμό εκτιμάται σε 1.69 ανά 1000 άτομα/έτος, υψηλότερο από τον γενικό πληθυσμό (Owens et al., 2009). Η βιβλιογραφία δείχνει ότι το στρατιωτικό προσωπικό έχει τουλάχιστον 20 φορές μεγαλύτερο κίνδυνο εμφάνισης αστάθειας στους ώμους σε σύγκριση με τον γενικό πληθυσμό των ΗΠΑ (Owens et al., 2007, 2009).

Σε αρκετές συστηματικές ανασκοπήσεις αναφέρεται ότι το μέσο ποσοστό επαναλαμβανόμενης αστάθειας εντός του πρώτου έτους από το πρώτο επεισόδιο είναι 39% (κυμαίνεται από 4% έως 60%). Άτομα ηλικίας μικρότερης των 40 ετών ήταν 13 φορές πιο πιθανό να παρουσιάσουν

επαναλαμβανόμενη πρόσθια αστάθεια ενώ οι άνδρες είχαν τρεις φορές περισσότερες πιθανότητες από τις γυναίκες. Ασθενείς με ταυτόχρονο κάταγμα του μείζονος βραχιονίου ογκώματος ήταν επτά φορές λιγότερο πιθανό να παρουσιάσουν υποτροπή σε σύγκριση με εκείνους που δεν είχαν κάταγμα. Επίσης, άτομα με χαλαρότητα της άρθρωσης ήταν σχεδόν 3 φορές πιο πιθανό να εμφανίσουν επαναλαμβανόμενη αστάθεια σε σχέση με εκείνους που δεν είχαν. Τέλος, ο ρυθμός επαναλαμβανόμενης πρόσθιας αστάθειας μειώνεται όσο αυξάνεται ο χρόνος από το αρχικό επεισόδιο (Glazebrook, Miller, and Wong 2018; Olds et al. 2015; Zacchilli and Owens 2010).

2.3.1. Βλάβες συνδέσμων, επιχείλιου χόνδρου και αρθρικού θύλακου

Η κύρια παθολογία μετά από εξάρθρημα του ώμου μπορεί να αφορά τον αρθρικό θύλακο, τον ΕΧ της ωμογλήνης, τα οστά και τους συνδέσμους ή όλα τα παραπάνω. Η βλάβη Bankart είναι η πιο τυπική βλάβη και



Εικόνα 2.4 Βλάβες που σχετίζονται με περισσότερα του ενός επεισόδια εξάρθρωτος του ώμου. Α= Φυσιολογικό. Β= Βλάβη Bankart. Γ= Βλάβη ALPSA Δ= Βλάβη Perthes.

παρατηρείται έως και στο 90% των περιπτώσεων πρόσθιας αστάθειας του ώμου. Χαρακτηρίζεται από ρήξη της πρόσθιας δέσμης του ΚΓΒΣ και αποκόλληση του ΕΧ στο πρόσθιο και κατώτερο τμήμα της ωμογλήνης (Mizuno & Hirohata, 1983; Ollerensha, 1923; Owens et al., 2010; Warren, 1983).

Έχουν περιγραφεί και άλλες βλάβες με μικρότερη συχνότητα εμφάνισης, αλλά με εξίσου σημαντικό ρόλο στην υποτροπή των επεισοδίων αστάθειας αν δεν συνυπολογιστούν στην χειρουργική αποκατάσταση (Provencher et al., 2010; Romeo et al., 2001). Κάποιες από αυτές είναι η οστική βλάβη Bankart, η οποία μαζί με την αποκόλληση του ΕΧ συνοδεύεται με κάταγμα του πρόσθιου ή/και του κατώτερου τοιχώματος της ωμογλήνης και η βλάβη Perthes, η οποία διαφοροποιείται από την Bankart μόνο ως προς την διατήρηση της ακεραιότητας του περιostείου (Εικόνα 2.4).

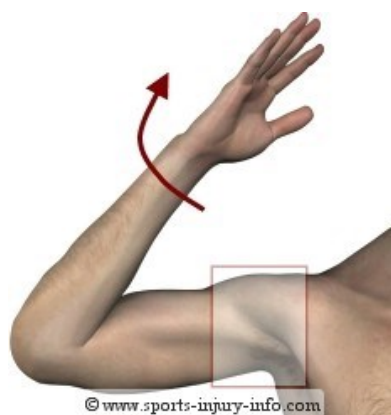
Στην βλάβη ALPSA παρατηρείται απόσπαση της πρόσθιας-κάτω μοίρας του γληνοεπιχείλιου συμπλέγματος με αποκόλληση του περιostείου της πρόσθιας επιφάνειας της ωμογλήνης και διατήρηση της σύνδεσης επί τα εκτός. Τέλος, η βλάβη HAGL προκαλείται από απόσπαση των γληνοβραχιονίων

συνδέσμων από την βραχιόνια πρόσφυση τους (Εικόνα 2.4). Όλες οι παραπάνω βλάβες σχετίζονται με υψηλότερα ποσοστά υποτροπής της πρόσθιας αστάθειας (Glazebrook et al., 2018).

Ωστόσο, κάποιες φορές παρατηρούνται και βλάβες που δεν σχετίζονται με περισσότερα επεισόδια αστάθειας όπως η ρήξη της αρθρικής πλευράς του ΕΧ (βλάβη GLAD) και η βλάβη SLAP κατά την οποία έχουμε αποκόλληση της άνω μοίρας του ΕΧ η οποία μπορεί να συνοδεύεται συνήθως από αποκόλληση και του τένοντα της μακράς κεφαλής του δικεφάλου.

2.3.2. Οστικό έλλειμμα

Μετά από τραυματικό εξάρθρωμα του ώμου με αποκόλληση του ΕΧ μπορεί να παρατηρηθεί κάταγμα στην αρθρική επιφάνεια της ωμογλήνης, το οποίο αποκαλείται οστική βλάβη Bankart. Οι οστικές βλάβες της πρόσθιας επιφάνειας της ωμογλήνης επιτρέπουν στην ΚΒ να εξαρθρώνεται προς τα μπροστά με λιγότερη δύναμη και έχουν επιζήμια επίδραση στην ικανότητα σταθεροποίησης της ΓΒ άρθρωσης κατά την αξονική φόρτιση (Piasecki et al., 2009a). Ως εκ τούτου, ο μεγαλύτερος αριθμός επεισοδίων αστάθειας οδηγεί σε μεγαλύτερη



Εικόνα 2.5 Μηχανισμός Πρόσθιου Εξαρθρήματος του Ώμου.

απώλεια οστού η οποία μειώνει την σταθερότητα της άρθρωσης και αυξάνει την αστάθεια της.

Η αστάθεια μπορεί να επιδεινωθεί περαιτέρω με την παρουσία οστικής βλάβης Hill-Sachs, η οποία αναφέρεται ως διπολική οστική απώλεια όταν συνυπάρχει οστική βλάβη στην πρόσθια επιφάνεια της ωμογλήνης και στην οπίσθια έξω αρθρική επιφάνεια της ΚΒ (Arciero et al., 2015a; Chen et al., 2005). Η βλάβη Hill-Sachs συμβαίνει στο πρόσθιο εξάρθρωμα (ΠΕ) του ώμου όταν το άκρο φορτίζεται σε απαγωγή και έξω στροφή. Όταν συμβαίνει ένα ΠΕ τα θυλακικά στοιχεία (θύλακος, σύνδεσμοι) πολλές φορές είναι διατεταμένα ή έχουν υποστεί ρήξη με αποτέλεσμα την μεγαλύτερη ολίσθηση της ΚΒ επί της ωμογλήνης οδηγώντας σε συμπιεστικό κάταγμα της οπίσθιας, άνω και έξω αρθρικής επιφάνειας της.

Όπως και με τις μεμονωμένες οστικές βλάβες της πρόσθιας επιφάνειας της ωμογλήνης έτσι και οι διπολικές οστικές βλάβες Hill-Sachs αυξάνουν τον αριθμό των υποτροπών του εξάρθρωματος (Provencher et al., 2012).

2.3.3. Παράγοντες κινδύνου για υποτροπιάζουσα πρόσθια αστάθεια του ώμου

Οι παράγοντες κινδύνου για υποτροπιάζουσα πρόσθια αστάθεια του ώμου διακρίνονται σε εξωγενείς, όπως είναι η χρήση του άκρου πάνω από το επίπεδο του ώμου, τα αθλήματα επαφής και το είδος της επιφάνειας της αθλητικής δραστηριότητας (γρασίδι, ταρτάν κ.α.) και ενδογενείς που περιλαμβάνουν την γενικευμένη χαλαρότητα των αρθρώσεων, το φύλο και την ηλικία (Olds et al., 2015).

2.3.3.1. Ηλικία

Αναφέρεται αυξημένος κίνδυνος υποτροπής σε άτομα ηλικίας μικρότερα των 40 ετών σε σύγκριση με αυτά άνω των 40 ετών, με ποσοστά να αγγίζουν το 90% όσο μειώνεται η ηλικία και πολύ μικρότερα όσο αυξάνεται (M. Olds et al., 2015). Επίσης, έχει συσχετισθεί το ποσοστό υποτροπής με την ηλικία του πρώτου τραυματικού επεισοδίου πρόσθιου εξάρθρωματος. Το ποσοστό υποτροπής κυμαίνεται στο 50% όταν το πρώτο επεισόδιο συμβαίνει σε ηλικία 15-30 ετών, ενώ μειώνεται αρκετά στις ηλικιακές ομάδες 41-60 ετών καθώς και >60 ετών (C. M. Robinson & Dobson, 2018)

2.3.3.2. Φύλο

Αρκετές μελέτες ασχολούνται με την επίδραση του φύλου στην πιθανότητα υποτροπής της πρόσθιας αστάθειας, με συνολικό ποσοστό 47% στους άνδρες και 27% στις γυναίκες (Olds et al., 2015). Ορισμένες από αυτές τις μελέτες συνέκριναν τα ποσοστά υποτροπής χωρίζοντας τα και σε ηλικιακές ομάδες πέραν της διαφοροποίησης του φύλου. Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι σε ηλικία μικρότερη των 40 ετών τα ποσοστά υποτροπής ακολουθούν τα γενικά ποσοστά αντρών και γυναικών, ενώ άνω των 40 ετών τα ποσοστά κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα σε άντρες και γυναίκες (22% και 35% αντίστοιχα) (Davy & Drew, 2002; Robinson et al., 2006; Safran et al., 2010; Te Slaa et al., 2003).

2.3.3.3. Μηχανισμός κάκωσης

Πολλοί ερευνητές αναφέρουν ως μηχανισμό του εξαρθρήματος του ώμου την πτώση με το άνω άκρο σε έκταση και απαγωγή στις 90° και έξω στροφή (Εικόνα 2.5). Επίσης, παρατηρείται ότι το πρώτο επεισόδιο συνήθως συμβαίνει κατά τη διάρκεια αθλητικής δραστηριότητας. Οι Simonet και Cofied (Simonet & Cofield, 1984) το 1984 επιβεβαίωσαν αυτή την τάση αναφέροντας πως το 77% των πρώτων επεισοδίων σε ηλικία κάτω των 30 ετών συμβαίνει λόγω κάποιας αθλητικής δραστηριότητας.

2.3.3.4. Άλλοι παράγοντες κινδύνου.

Το επάγγελμα θεωρείται παράγοντας κινδύνου για την υποτροπή του εξαρθρήματος (Sachs et al., 2007). Πιο συγκεκριμένα, όσοι εργάζονταν με τα χέρια πάνω από το επίπεδο του ώμου ήταν περισσότερο πιθανό να παρουσιάσουν νέο επεισόδιο. Αυτό επιβεβαιώνεται και από τους Vermeiren και συν. (Vermeiren et al., 1993) οι οποίοι

διαπίστωσαν ότι οι χειρώνακτες έχουν ποσοστό υποτροπής 31% σε σχέση με άλλα επαγγέλματα όπως οι υπάλληλοι γραφείου, οι φοιτητές, οι συνταξιούχοι και οι νοικοκυρές.

2.4. Επίπτωση στην απόδοση των αθλητών

Η παραμελημένη πρόσθια αστάθεια του ώμου οδηγεί σε απώλεια της φυσιολογικής κιναισθησίας του ώμου και σε έλλειμα στην έσω στροφή που αποτελεί παράγοντα κινδύνου για εσωτερική πρόσκρουση της γληνοβραχιόνιας άρθρωσης (Mornieux et al., 2018). Σε άλλη μελέτη, οι αθλητές που μελετήθηκαν παρουσίασαν μειωμένη δύναμη τόσο της έσω στροφής όσο και της έξω στροφής (Saccol et al., 2014). Τη μείωση αυτή κατέγραψαν και ο Glousman και οι συν. διενεργώντας ηλεκτρομυογραφικό έλεγχο σε αθλητές ρίπτες με χρόνια αστάθεια του ώμου, όπου επιβεβαιώθηκε η μειωμένη λειτουργία του πρόσθιου οδοντωτού μυός προκαλώντας μειωμένη κινητικότητα της ωμοπλάτης, η οποία αυξάνει την αστάθεια της ΓΒ άρθρωσης (Glousman et al., 1988).

Μετά το πρώτο τραυματικό επεισόδιο εξαρθρήματος καταγράφονται υποτροπές που σχετίζονται κυρίως με το άθλημα και την ηλικία του αθλητή. Οι Buss και οι συν. αναφέρουν πως 26 από τους 30 αθλητές που μελέτησαν επέστρεψαν στις αθλητικές δραστηριότητες μετά από συντηρητική αντιμετώπιση, όμως 10 από αυτούς παρουσίασαν υποτροπιάζουσα αστάθεια με 1.4 επεισόδια ανά αθλητή (Buss et al., 2004). Σε μια προοπτική πολυκεντρική μελέτη συγκρίθηκε η χειρουργική και η συντηρητική αντιμετώπιση της πρόσθιας αστάθειας σε αθλητές επαφής και καταγράφηκαν η επιστροφή στο πρότερο επίπεδο δραστηριότητας και η συχνότητα υποτροπών. Μεταξύ

αυτών που αντιμετωπίστηκαν συντηρητικά το 60% παρουσίασε υποτροπή ενώ 26 από τους 29 που αντιμετωπίστηκαν χειρουργικά επέστρεψαν χωρίς επεισόδιο υποτροπής (Dickens et al., 2017).

Μετά από χειρουργική αντιμετώπιση της πρόσθιας αστάθειας του ώμου, εκτός από τα πολύ χαμηλά επεισόδια υποτροπής, οι αθλητές παρουσιάζουν υψηλά ποσοστά επιστροφής στο προηγούμενο επίπεδο χωρίς επεισόδια υποτροπής που ξεπερνάει το 75% (Alentorn-Geli et al., 2016; Cordasco et al., 2020; Kraeutler et al., 2018).

2.5. Διάγνωση

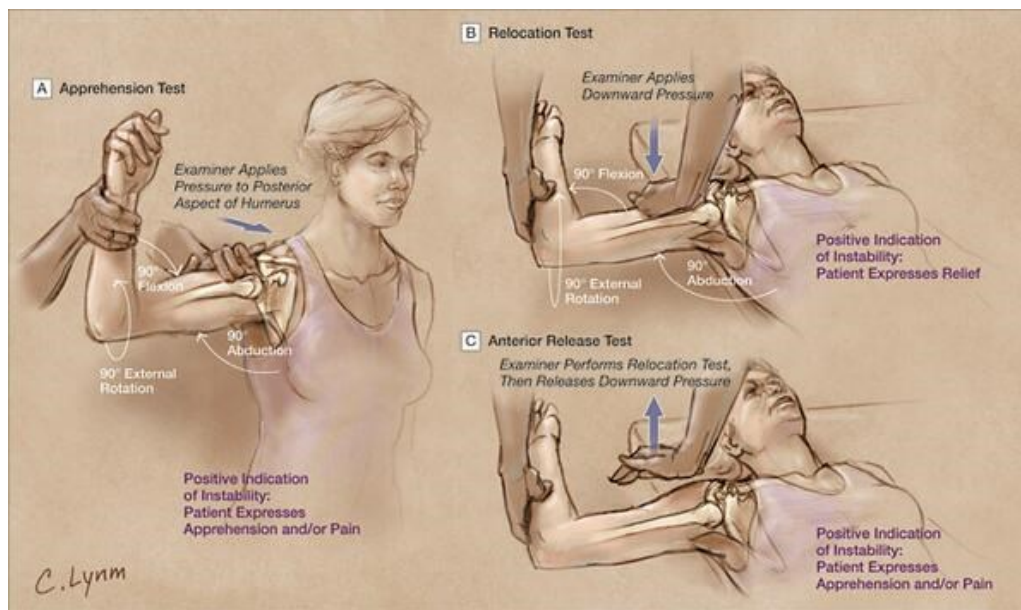
Τα επαναλαμβανόμενα επεισόδια εξάρθρηματος είναι συνήθως αποτέλεσμα βλάβης Bankart, ωστόσο, σε περιπτώσεις καθ'έξιν εξάρθρηματος οι ασθενείς συχνά παρουσιάζουν και οστικές βλάβες στην ωμογλήνη αλλά και στην βραχιόνια κεφαλή. Η ικανότητα ακριβούς αξιολόγησης των οστικών ελαττωμάτων της ΓΒ άρθρωσης με βάση το ιστορικό των ασθενών, την κλινική εξέταση και τα ευρήματα των απεικονιστικών εξετάσεων είναι θεμελιώδους σημασίας για τη συνολική επιτυχία της χειρουργικής αποκατάστασης και την επάνοδο του αθλητή στο προηγούμενο επίπεδο δραστηριότητας.

2.5.1. Ιστορικό και κλινική εξέταση

Η κλινική εξέταση σε συνδυασμό με την απεικονιστική αξιολόγηση του ασταθούς ώμου μπορεί να αναδείξει την παρουσία ΟΕ καθιστώντας αναγκαίο τον ποσοτικό προσδιορισμό για την επιλογή του κατάλληλου τρόπου διαχείρισής του. Για την ακριβή πρόβλεψη και διάγνωση της παρουσίας των οστικών ελλειμμάτων της ωμογλήνης πριν από την χρήση

απεικονιστικών μεθόδων, είναι σημαντικό να κατανοήσουμε το είδος της αστάθειας και τους άλλους παράγοντες όπως είναι η ηλικία, το φύλο, το επίπεδο δραστηριότητας και ο αριθμός επεισοδίων αστάθειας. Τα ευρήματα αυτά από το ιστορικό και τη κλινική εξέταση του ασθενή όχι μόνο καθοδηγούν την επιλογή χειρουργικής τεχνικής, αλλά παρέχουν στοιχεία που βοηθούν στην πρόβλεψη του κινδύνου μελλοντικής υποτροπής.

Οι ασθενείς με ιστορικό τραυματισμού υψηλής ενέργειας, στους οποίους το βραχιόνιο οστό βρισκονταν σε έκταση 30° και απαγωγή 70°, θα πρέπει να θέτουν την υποψία πιθανού ΟΕ (Piasecki et al., 2009b; Provencher et al., 2010). Αυτοί οι ασθενείς είναι συνήθως νέοι αθλητές με έντονες δραστηριότητες και αναφέρεται στην βιβλιογραφία ως η ομάδα με τον υψηλότερο κίνδυνο για επαναλαμβανόμενα εξάρθρηματα (Buckup et al., 2018; Pagnani & Dome, 2002).



Εικόνα 2.6 Κλινικές δοκιμασίες αξιολόγησης ασθενών με πρόσθια αστάθεια του ώμου.

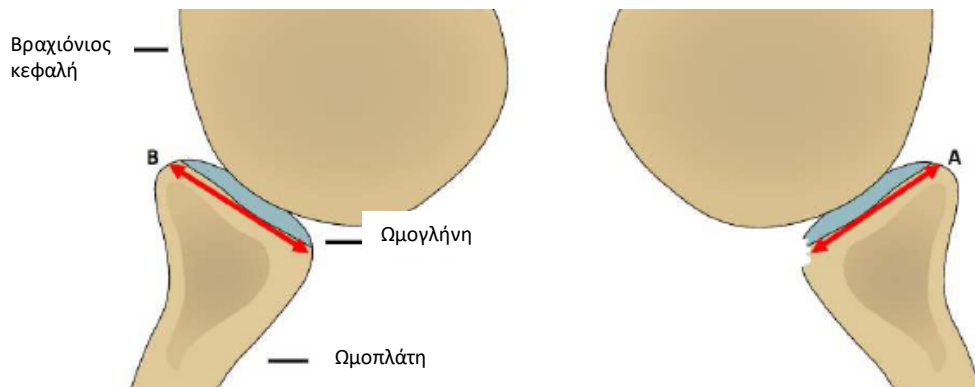
Οι ασθενείς που πάσχουν από καθ'έξιν εξάρθρωμα του ώμου έχουν ιστορικό αστάθειας και αναφέρουν περισσότερο ευχερή εξάρθρωση μετά από κάθε νέο επεισόδιο εξάρθρωματος. Επίσης αναφέρουν συχνά την παρουσία ήχου όταν χρησιμοποιούν το πάσχον άκρο. Με όλα αυτά τα στοιχεία από το ιστορικό του ασθενή ο εξεταστής οργανώνει και καθοδηγεί την κλινική εξέταση του τραυματισμένου καθώς και του υγιούς ώμου ελέγχοντας φυσικές παραμορφώσεις, προηγούμενες χειρουργικές ουλές, δυσπλασία της ωμοπλάτης και/ή πιθανή ατροφία του στροφικού πετάλου (Burkhart & De Beer, 2000; Piasecki et al., 2009b).

Η σύγκριση και των δύο ώμων είναι πολύ σημαντική στην αναγνώριση της κατεύθυνσης και του βαθμού της αστάθειας.

Η αρχική κλινική εξέταση θα πρέπει να περιλαμβάνει προσεκτική αγγειακή και νευρολογική αξιολόγηση του άκρου, μέτρηση του ενεργητικού

και παθητικού εύρους κίνησης, μέτρηση της ισχύος του στροφικού πετάλου και δοκιμασίες αναγνώρισης βλάβης του EX. Για την αξιολόγηση τόσο της κατεύθυνσης όσο και του βαθμού της αστάθειας του ώμου μπορούν να χρησιμοποιηθούν κλινικές δοκιμασίες (Εικόνα 2.6) όπως η δοκιμασία ανάταξης του Jobe (Jobe relocation test), το σημείο υπεραπαγωγής του Gagey (Gagey hyperabduction sign), το σημείο της αύλακας (sulcus sign) και το σημείο φόβου επικείμενου εξάρθρωματος (apprehension sign) (Gagey & Gagey, 2001; Jobe & Kvitne, 1990; Neer & Foster, 1980).

Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δίνεται στα συμπτώματα που αναφέρονται από τον ασθενή όπως τα επαναλαμβανόμενα επεισόδια αστάθειας χωρίς μηχανική πρόκληση, ο βαθύς πόνος και οι ήχοι όπως κλικ και κριγμός (ήχος τριβής μεταξύ δυο οστικών δομών). Ασθενείς με οστική απώλεια της ωμογλήνης παρουσιάζουν θετική δοκιμασία φόβου για επαπειλούμενο εξάρθρωμα στις 90° μοίρες απαγωγής



Εικόνα 2.7 Λήψη Bernageau.

και 90° μοίρες έξω στροφής του ώμου και μεγαλύτερη ολίσθηση προς τα κάτω ή προς τα εμπρός. Τέλος, θα πρέπει να γίνει σύγκριση με τον ετερόπλευρο φυσιολογικό ώμο για να αξιολογηθεί η υποκειμενική αστάθειας (Ochoa & Burkhart, 2008).

Κλινικά ευρήματα όπως τα προαναφερθέντα υποδεικνύουν την παρουσία ΟΕ, το οποίο στην συνέχεια θα πρέπει να διερευνηθεί με απεικονιστικές μεθόδους για να εκτιμηθεί το μέγεθος του.

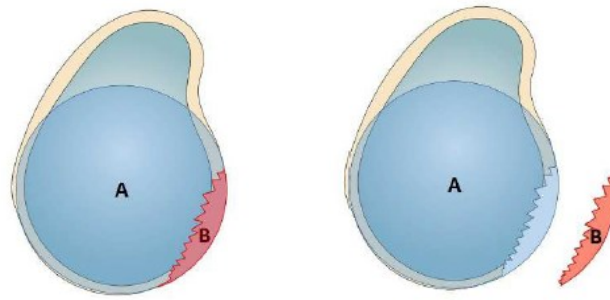
2.5.2. Απεικονιστικές Μέθοδοι υπολογισμού του Οστικού Ελλείματος

Για τον υπολογισμό του ΟΕ της ωμογλήνης χρησιμοποιούνται ευρέως ψηφιακές τεχνικές μέτρησης σε εικόνες αξονικής τομογραφίας. Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιείται και η μαγνητική τομογραφία για την λήψη εικόνων, αποφεύγοντας τις μεγάλες δόσεις ακτινοβολίας γ, στην οποία εκτίθενται οι ασθενείς κατά τη διάρκεια της αξονικής τομογραφίας, με εξίσου υψηλή αξιοπιστία και εγκυρότητα στη μέτρηση του ελλείματος, αφού χρησιμοποιούνται οι ίδιες τεχνικές μέτρησης (Huijsmans et al., 2007; Vorpat et al., 2018; Walter et al., 2019b).

2.5.2.1. Απλές ακτινογραφίες

Οι απλές ακτινογραφίες αποτελούν συχνά μέρος των αρχικών βημάτων του διαγνωστικού πρωτοκόλλου προσφέροντας μια αποτελεσματική, χαμηλού κόστους και χαμηλής ακτινοβολίας λύση έναντι άλλων τρόπων απεικόνισης. Ενώ αρκετές μελέτες υποστηρίζουν την χρήση απλών ακτινογραφιών, η διαγνωστική ευαισθησία, η ειδικότητα και η διαγνωστική ακρίβεια μπορούν να επηρεαστούν από την τοποθέτηση του ασθενή κατά τη διάρκεια της λήψης (Itoi et al., 2003).

Για την μέτρηση της οστικής απώλειας της ωμογλήνης μελέτες αναφέρουν την ακρίβεια και την αξιοπιστία συγκεκριμένων θέσεων του ασθενούς όπως η μασχालιαία λήψη (axillary view), η αληθής προσθοπίσθια λήψη (true AP view), η λήψη West Point και η λήψη Bernageau (Εικόνα 2.7). Από αυτές τις μεθόδους, η λήψη Bernageau είναι η πιο ακριβής και αξιόπιστη σε σύγκριση με την τρισδιάστατη αξονική τομογραφία (3D-CT) (Itoi et al. 2003; Murachovsky et al. 2012), αν και με αυτήν τη μέθοδο είναι δύσκολο να αξιολογηθούν οστικές βλάβες στο κατώτερο χείλος της ωμογλήνης (Itoi et al., 2003).



Εικόνα 2.8 Χρήση της μεθόδου του τέλειου κύκλου για τον υπολογισμό του ΟΕ της ωμογλήνης. Μέθοδος κατά Sugaya.

Η μασχαλιαία και η αληθής προ-σθοπίσθια λήψη έχουν χαμηλή ακρίβεια και αξιοπιστία στην ποσοτικοποίηση ΟΕ της ωμογλήνης, μπορούν όμως να είναι χρήσιμες στην αναγνώριση οστικής απώλειας του περιγράμματος της ωμογλήνης καθώς και αν υπάρχει διακοπή της συνέχειας της σκληρυντικής γραμμής στο κατώτερο τμήμα της ωμογλήνης (Bishop et al., 2013; Itoi et al., 2003). Τέλος η λήψη West Point, ενώ μπορεί να αναγνωριστεί το ΟΕ, δεν είναι ακριβής στην ποσοτικοποίηση αυτού (Itoi et al., 2003).

2.5.2.2. Μέθοδοι υπολογισμού στην αξονική τομογραφία

Υπάρχουν αρκετές μέθοδοι υπολογισμού της έκτασης της βλάβης της ωμογλήνης με αξονική τομογραφία και ο χειρουργός οφείλει να γνωρίζει τόσο τα πλεονεκτήματα όσο και τα μειονεκτήματα κάθε μεθόδου (Verweij et al., 2020). Αυτές οι μέθοδοι χρησιμοποιούν τεχνικές μέτρησης με βάση είτε τη διάμετρο, είτε την επιφάνεια της ωμογλήνης, έχοντας ως κοινό σημείο αναφοράς ότι το κατώτερο τμήμα της ωμογλήνης προσομοιάζει με κύκλο. Η απώλεια του οστού μπορεί να υπολογιστεί χρησιμοποιώντας τις γεωμετρικές ιδιότητες του κύκλου ή συγκρίνοντας την αναλογία των μετρήσεων αυτών με τις μετρήσεις του ετερόπλευρου υγιή ώμου (Griffith et al., 2003).

2.5.2.2.1. Μέθοδοι επιφάνειας

Χρησιμοποιώντας μεθόδους επιφάνειας το ποσοστό του ΟΕ υπολογίζεται σε οβελιαία λήψη της ωμογλήνης με την τοποθέτηση ενός κύκλου που να ταιριάζει τέλεια στην 3^η και στην 9^η ώρα με τα όρια της ωμογλήνης. Στη συνέχεια, υπολογίζεται η περιοχή του κύκλου που δεν καλύπτεται από την ωμογλήνη και υπολογίζεται το ποσοστό επί τοις εκατό με τη χρήση του παρακάτω τύπου :

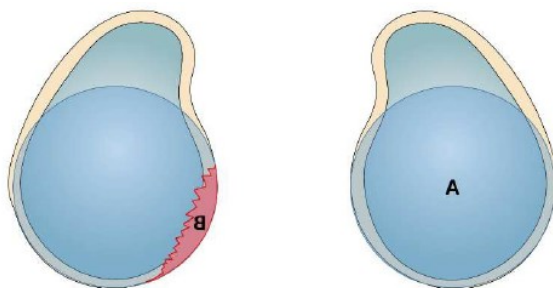
$$\text{OE}\% = \frac{B \text{ (περιοχή εκτός ωμογλήνης)}}{A \text{ (όλη η επιφάνεια του κύκλου)}} \times 100$$

(Bakshi et al., 2018)

Οι Sugaya και οι συν. (Sugaya et al., 2003) περιέγραψαν τη μέθοδο του κύκλου, προσδιορίζοντας το ποσοστό της περιοχής που δεν καλύπτεται από την ωμογλήνη σε σχέση με τον κύκλο που ταιριάζει καλύτερα στο μέγεθος της ωμογλήνης (Εικόνα 2.8).

2.5.2.2.2. Μέθοδος PICO «Gold Standard»

Οι Baudi και συν. (Baudi et al., 2005) ανέπτυξαν τη μέθοδο PICO βασισμένοι στην μέθοδο του κύκλου, με μόνη διαφορά ότι ο «τέλειος» κύκλος προσαρμόζεται σε οβελιαία λήψη της ωμογλήνης στην ετερόπλευρη, υγιή ωμογλήνη και με την βοήθεια ειδικού



Εικόνα 2.9 Χρήση του τέλειου κύκλου για τον υπολογισμό του ΟΕ της ωμογλήνης. Μέθοδος PICO.

λογισμικού ο κύκλος αντικατοπτρίζεται στην πάσχουσα ωμογλήνη. Η περιοχή του κύκλου που δεν καλύπτεται από την αρθρική επιφάνεια της πάσχουσας ωμογλήνης υπολογίζεται με τη χρήση του ειδικού λογισμικού.

Η μέθοδος PICO (Εικόνα 2.9) είναι εξαιρετικά ακριβής και αξιόπιστη στην ποσοτικοποίηση του ΟΕ και αποδείχθηκε ότι υπερτερεί σε σχέση με την δισδιάστατη απεικόνιση (Baudi et al., 2005; Bois et al., 2012; Chuang et al., 2008a; Huijsmans et al., 2007; N. Magarelli et al., 2012).

Σύμφωνα με την μελέτη αξιοπιστίας που πραγματοποιήθηκε από τους Magarelli και συν. (Magarelli et al., 2009a) παρουσιάζει υψηλές τιμές στους δείκτες αξιοπιστίας μεταξύ των εξεταστών και μεταξύ του ίδιου εξεταστή ($ICC=0,94$, $95\% CI=0,89-0,96$; $SEM=1,1\%$ και $ICC=0,90$ ($95\% CI=0,82-0,95$; $SEM=1\%$ αντίστοιχα).

Η μέθοδος PICO χρησιμοποιείται ως μέθοδος αναφοράς (Gold Standard) στον υπολογισμό του ΟΕ, χωρίς να υπάρχει όμως συμφωνία μεταξύ των διαφόρων ερευνητών. Σε μία συστηματική ανασκόπηση αναφέρεται ότι ενώ υπάρχει συμφωνία στη χρήση της απεικονιστικής μεθόδου, δεν υπάρχει συμφωνία για την μέθοδο υπολογισμού (Verweij et al., 2020). Σε άλλη συστηματική ανασκόπηση οι συγγραφείς καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι

δεν υπάρχει ιδανική μέθοδος υπολογισμού βασισμένη στην απεικόνιση με αξονική τομογραφία (Green et al., 2022).

Αυτή η μέθοδος απαιτεί την πραγματοποίηση αξονικής τομογραφίας και των δύο ώμων, με τρισδιάστατη ή δισδιάστατη απεικόνιση, και χρησιμοποιεί ένα προηγμένο λογισμικό υπολογισμού του μεγέθους της βλάβης. Ωστόσο, έχει αποδειχθεί ότι είναι πιο ακριβής και αξιόπιστη μέθοδος υπολογισμού του ΟΕ συγκρινόμενη με τις υπόλοιπες μεθόδους και για αυτό το λόγο χρησιμοποιείται ως σημείο αναφοράς στον υπολογισμό του ΟΕ (Provencher et al., 2019).

2.5.2.2.3. Μέθοδοι με βάση τη διάμετρο

Οι μέθοδοι με βάση τη διάμετρο (γραμμικές τεχνικές) είναι χρήσιμες επειδή δεν χρειάζονται προηγμένο λογισμικό απεικόνισης και υπολογισμού και μπορεί να εφαρμοστεί γρήγορα σε κλινικό περιβάλλον (Bakshi et al., 2015). Επιπλέον, αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν διεγχειρητικά χρησιμοποιώντας αρθροσκοπικές μετρήσεις. Έχουν περιγραφεί αρκετές παραλλαγές μοντέλων γραμμικής μεθόδου στη βιβλιογραφία (Verweij et al., 2020). Για παράδειγμα, με τη χρήση του τέλειου κύκλου μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο λόγος της απόστασης της πρόσθιας επιφάνειας της ωμογλήνης

ως το κέντρο του κύκλου (B) προς τη ακτίνα του τέλειου κύκλου (A) (Εικόνα 2.10):

$$OE \% = \frac{B}{A}$$

Επιπλέον, η χρήση του τέλειου κύκλου χρησιμοποιήθηκε με παραλλαγές χρησιμοποιώντας γραμμικές μεθόδους όπως:

- **Η μέθοδος του ρολογιού:** η τεχνική αυτή χρησιμοποιεί τη γωνία που σχηματίζεται από την αρχή της βλάβης (ώρα A) μέχρι το τέλος της (ώρα B) προβάλλοντας ένα ρολόι στην επιφάνεια της ωμογλήνης. Η ώρα ανάμεσα στα σημεία A και B περικλείει το OE και με ειδικό λογισμικό υπολογίζεται το ποσοστό OE (Εικόνα 2.10).
- **Η μέθοδος του κύκλου και των γραμμών:** Χαράσσεται μια ευθεία γραμμή (A) που ακολουθεί την περιοχή του OE και μια κάθετη γραμμή (B) ως προς την προηγούμενη (Εικόνα 2.10).

$$OE\% = \frac{B}{A} \times 100$$

- **Η μέθοδος του δείκτη της ωμογλήνης:** σε οβελιαία λήψη της ωμογλήνης χαράσσεται στον υγρή ώμο μια γραμμή από το ανώτερο μέχρι το κατώτερο της ωμογλήνης και στη συνέχεια μια κάθετη γραμμή που να διέρχεται από το πιο πλατύ σημείο της ωμογλήνης (B). Το σημείο που διασταυρώνονται οι δύο γραμμές χρησιμοποιείται για να σχεδιαστεί ένας κύκλος (Εικόνα 2.10). Αντικατοπτρίζουμε στον παθολογικό ώμο τον κύκλο για να οριστεί το πλάτος της ωμογλήνης σε αυτόν (A).

$$OE \% = \frac{A}{B}$$

- **Η μέθοδος των διαμέτρων:**

- **Διάμετρος κύκλου 1:** Σε οβελιαίο επίπεδο χαράσσεται μια γραμμή στον κατακόρυφο άξονα της ωμογλήνης. Έπειτα, τοποθετείται ο τέλειος κύκλος με διάμετρο (B). Τέλος χαράσσεται μια κάθετη γραμμή στην προηγούμενη κατακόρυφη η οποία περνάει από το κέντρο του κύκλου μέχρι την περιοχή της βλάβης (A) (Εικόνα 2.10).

$$OE \% = \frac{(B - A)}{B} \times 100$$

- **Διάμετρος κύκλου 2:** Σε οβελιαίο επίπεδο σχηματίζουμε τον τέλειο κύκλο και χαράσσεται μία γραμμή από το οπίσθιο έως το πρόσθιο της ωμογλήνης (A). Μια δεύτερη γραμμή ακολουθεί την γραμμή του OE και μετράμε την απόσταση από αυτή μέχρι το κύκλο (B) (Εικόνα 2.10).

$$OE \% = \frac{B}{A} \times 100$$

- **Διάμετρος κύκλου 3:** Σε οβελιαίο επίπεδο σχηματίζουμε τον τέλειο κύκλο και μία γραμμή από το οπίσθιο όριο έως το πρόσθιο του κύκλου ορίζοντας τη διάμετρο (A). Μια δεύτερη γραμμή από το πρόσθιο όριο του κύκλου μέχρι την περιοχή της βλάβης (B) (Εικόνα 2.10).

$$OE \% = \frac{B}{A} \times 100$$

- Διάμετρος κύκλου 4: Σε οβελιαίο επίπεδο σχηματίζεται μια γραμμή στον κατακόρυφο άξονα της ωμογλήνης από το ανώτερο σημείο μέχρι το κατώτερο και σύμφωνα με αυτήν τοποθετείται ο τέλειος κύκλος και τέλος μια κάθετη γραμμή στην προηγούμενη από το οπίσθιο όριο μέχρι το πρόσθιο όριο του κύκλου (Α). Επιπλέον μια γραμμή από το πρόσθιο όριο του κύκλου μέχρι τη περιοχή της βλάβης (Β) (Εικόνα 2.10).

$$OE \% = \frac{B}{A} \times 100$$

- **Η μέθοδος της προσθοπίσθιας διαμέτρου:** Σε οβελιαίο επίπεδο, υπολογίζεται η διάμετρος στο πιο πλατύ επίπεδο της υγιούς ωμογλήνης (Α) και το πιο πλατύ της παθολογικής (Β) (Εικόνα 2.10).

$$OE \% = \left[1 - \left(\frac{B}{A} \right) \right] \times 100$$

- **Η μέθοδος σχετικού ύψους/πλάτους της ωμογλήνης:** Με βάση τη συσχέτιση μεταξύ ύψους και πλάτους της ωμογλήνης δημιουργήθηκε μια εξίσωση για τους άνδρες και μία για γυναίκες (Εικόνα 2.10).

- **Γυναίκες:** Πλάτος = $\left(\frac{1}{3} \text{Ύψους} \right) + 13 \text{χιλιοστά}$
- **Αντρες:** Πλάτος = $\left(\frac{1}{3} \text{Ύψους} \right) + 15 \text{χιλιοστά}$

$$OE \% = \left[\left(1 - \frac{\text{πλάτος ωμογλήνης}}{\text{αναμενόμενο πλάτος}} \right) \right] \times 100$$

- **Η μέθοδος του αποκεκαλυμμένου σημείου (Bare spot):** Σε οβελιαίο επίπεδο χαράσσεται μια

κατακόρυφη γραμμή από το ανώτερο προς το κατώτερο της ωμογλήνης και μια κάθετη σε αυτήν που περνάει από το πλατύτερο επίπεδο της. Το σημείο διασταύρωσης των δύο γραμμών εντοπίζεται στο αποκεκαλυμμένο σημείο της ωμογλήνης και βάσει αυτού σχεδιάζεται ένας τέλειος κύκλος. Υπολογίζονται η απόσταση από το οπίσθιο όριο του κύκλου μέχρι το αποκεκαλυμμένο σημείο (ΟΑ) και η απόσταση από την περιοχή της βλάβης μέχρι το αποκεκαλυμμένο σημείο (ΠΑ) αντίστοιχα (Εικόνα 2.10).

$$OE \% = \left[\left(\frac{OA - PA}{(2 \times OA)} \right) \right] \times 100$$

Η μέθοδος του αποκεκαλυμμένου σημείου μπορεί να χρησιμοποιηθεί και διεγχειρητικά με τη βοήθεια αρθροσκοπικού μέτρου με ένδειξη χιλιοστών. Μετράτε η απόσταση από το αποκεκαλυμμένο σημείο ως το οπίσθιο τοίχωμα της ωμογλήνης (Α) και την απόσταση από το αποκεκαλυμμένο σημείο έως το πρόσθιο τοίχωμα με την βλάβη (Β).

$$OE \% = \left(\frac{B}{AX2} \right) \times 100$$

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούν την απώλεια του πλάτους πρέπει να πραγματοποιούνται σε εικόνες του ώμου με τη βλάβη. Αυτές που χρησιμοποιούν τον τέλειο κύκλο ως αναφορά μπορούν να πραγματοποιηθούν στον παθολογικό ή/και στον υγιή ώμο (Provencher et al., 2019). Πρόσφατες μελέτες αναφέρουν ότι ο ποσοτικός προσδιορισμός του ΟΕ χρησιμοποιώντας μεθόδους με αμφοτερόπλευρη

απεικόνιση με αξονική τομογραφία, όπως ο δείκτης της ωμογλήνης, παρέχει ακριβέστερη αξιολόγηση του ΟΕ (Chuang et al., 2008a). Οι Altan και οι συν. (Altan et al., 2014a) σε μια κλινική μελέτη σε ασθενείς με ΟΕ >6% ανέφεραν πως η μέθοδος του δείκτη της ωμογλήνης δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά με μεθόδους μέτρησης με βάση την επιφάνεια.

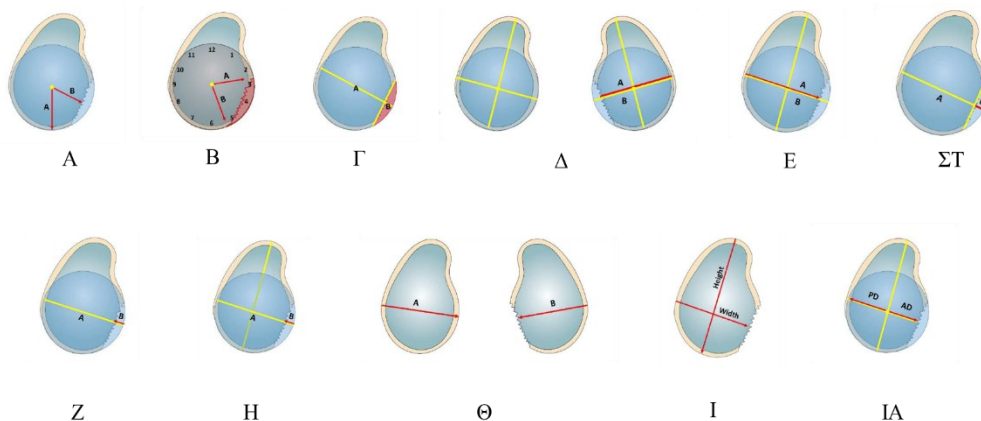
Η θέση του οστικού ελλείματος παίζει σημαντικό ρόλο στην ακρίβεια της ποσοτικοποίησης της οστικής βλάβης όσον αφορά τις γραμμικές μετρήσεις, οι οποίες υπολογίζουν με ακρίβεια βλάβες στο πρόσθιο τοίχωμα της ωμογλήνης και να υποεκτιμούν βλάβες του κατώτερου πρόσθιου τοιχώματος. Αυτό εξηγείται από μια μελέτη του Provencher και συν. (Provencher et al., 2010), οι οποίοι αναφέρουν πως οι μετρήσεις με βάση τη διάμετρο και με βάση το αποκεκαλυμμένο σημείο είναι μικρότερης ακρίβειας όταν η βλάβη εντοπίζεται κάτω από τη γραμμή που τέμνει σε γωνία 45° μοίρες τη κατακόρυφο άξονα της ωμογλήνης.

Σε μελέτη του 2015 συγκρίθηκαν οι γραμμικές μέθοδοι με τις μεθόδους

προσδιορισμού της επιφάνειας σε τρισδιάστατα ψηφιακά μοντέλα καταλήγοντας στο ότι οι πρώτες υπερεκτιμούν το μέγεθος της βλάβης (Bakshi et al., 2015). Για την μέθοδο του τέλειου κύκλου έχει υποστηριχθεί ότι η ανακρίβειά του οφείλεται σε εσφαλμένο γεωμετρικό τύπο υπολογισμού και ότι οι ανακρίβειες εντοπίζονται σε απώλειες της τάξης του 15-25% (Bhatia et al., 2013). Επομένως μπορεί να γίνει υπερεκτίμηση της βλάβης όταν ξεπερνά το κρίσιμο κατώφλι του 20-21% που οδηγεί σε επαναλαμβανόμενη αστάθεια (Bhatia et al., 2013; Itoi et al., 2003; Yamamoto et al., 2009).

2.5.2.3. Αξονική Τομογραφία

Η αξονική τομογραφία είναι η πιο διαδεδομένη απεικονιστική μελέτη για την ποσοτικοποίηση του ΟΕ της ωμογλήνης. Αν και οι αξονικές τομογραφίες είναι δαπανηρές και απαιτούν υψηλά επίπεδα έκθεσης σε ακτινοβολία, σε σύγκριση με άλλες μεθόδους, λίγες μελέτες στηρίζουν την αντικατάστασή της (Bishop et al., 2013; Chuang et al., 2008a; Kwon et al., 2005; Sugaya et al., 2003). Σε πολλές μελέτες που συγκρίνουν διαφορετικούς τρόπους απεικόνισης, η



Εικόνα 2.10 Γραμμικές τεχνικές υπολογισμού του οστικού ελλείματος της ωμογλήνης. Α=Μέθοδος με βάση τη διάμετρο, Β=Μέθοδος ρολογιού, Γ=Μέθοδος του κύκλου και των γραμμών, Δ=Μέθοδος του δείκτη της ωμογλήνης, Ε=Μέθοδος των διαμέτρων τύπου 1, ΣΤ=Μέθοδος των διαμέτρων τύπου 2, Ζ= Μέθοδος των διαμέτρων τύπου 3, Η= Μέθοδος των διαμέτρων τύπου 4, Θ=Μέθοδος προσθιοπίσθιας διαμέτρου, Ι= Μέθοδος σχετικού ύψους πλάτους της ωμογλήνης, ΙΑ=Μέθοδος του αποκεκαλυμμένου σημείου.

δισδιάστατη και η τρισδιάστατη αξονική τομογραφία έχουν αναφερθεί ως οι πιο ακριβείς και αξιόπιστες σε σχέση με τις απλές ακτινογραφίες, τη μαγνητική τομογραφία και τις αρθροσκοπικές μεθόδους, με την τρισδιάστατη αξονική να ορίζεται και ως «χρυσός κανόνας» (Gold Standard) (Bishop et al., 2013; Bois et al., 2012; Rerko et al., 2013a).

Επιπλέον, η τρισδιάστατη αξονική τομογραφία έχει ειδικότητα στον εντοπισμό οστικής απώλειας της τάξης 90-100% (Moroder et al., 2013; Sugaya et al., 2003). Κατά τη σύγκριση απεικόνισης τρισδιάστατης και δισδιάστατης αξονικής, η τρισδιάστατη έχει αναφερθεί ότι είναι πιο ακριβής και αξιόπιστη (Bois et al., 2012).

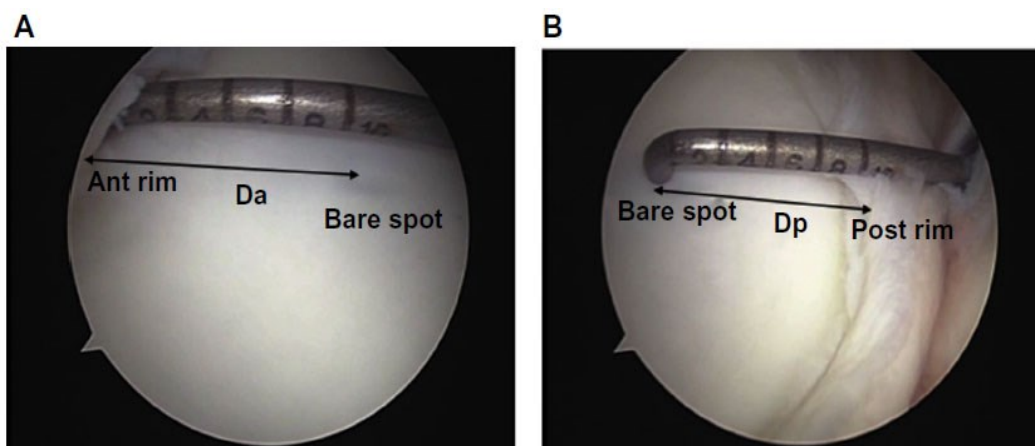
Το τρισδιάστατο μοντέλο μετά την ανασύνθεση με ειδικό λογισμικό δίνει υψηλή ακρίβεια αναπαράστασης της επιφάνειας της ωμογλήνης, ενώ η δισδιάστατη απεικόνιση επηρεάζεται από την κλίση της ωμογλήνης, με αποτέλεσμα να έχει χαμηλότερη ακρίβεια στις μετρήσεις και να χρειάζεται μεγάλη προσοχή στην τοποθέτηση του ασθενούς (Moroder et al., 2018).

Ενώ η δισδιάστατη απεικόνιση περιορίζεται από την κλίση της ωμοπλάτης, η τρισδιάστατη απεικόνιση απαιτεί δαπανηρό λογισμικό και εξελιγμένο υπολογιστικό σύστημα που ενδέχεται να μην είναι διαθέσιμο σε όλα τα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης, ενώ είναι και πιο χρονοβόρα λόγω της μετατροπής σε τρισδιάστατες εικόνες (Bakshi et al., 2018).

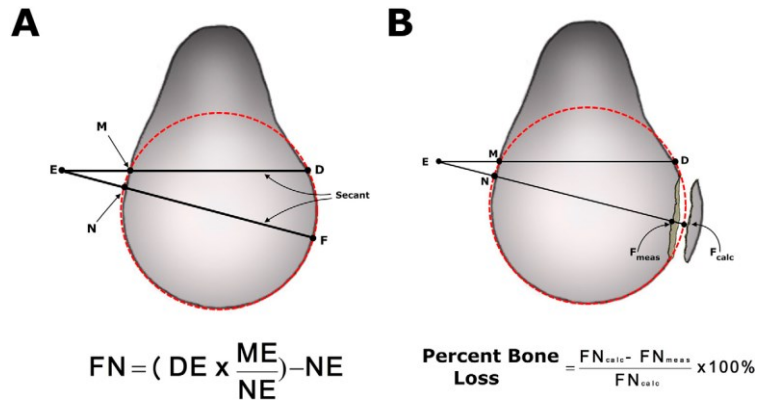
2.5.2.4. Μαγνητική τομογραφία

Τα κύρια πλεονεκτήματα της χρήσης μαγνητικής τομογραφίας για τον εντοπισμό και τον ποσοτικό προσδιορισμό του ΟΕ της ωμογλήνης είναι η δυνατότητα αξιολόγησης τόσο των μαλακών μορίων (συνδεσμικά στοιχεία, EX, θύλακος της άρθρωσης και τένοντες) όσο και των οστικών δομών σε συνδυασμό με την αποφυγή έκθεσης σε ακτινοβολία (Souza et al., 2014).

Οι παράγοντες που περιορίζουν την ακρίβεια της μαγνητικής τομογραφίας είναι η κατακόρυφη κλίση της ωμογλήνης και η δύσκολη απεικόνιση του χείλους της λόγω της παρουσίας των μαλακών ιστών (Gyftopoulos et al., 2012). Αν και υπάρχει διαφωνία στη



Εικόνα 2.11 Αρθροσκοπική απεικόνιση του αποκεκαλυμμένου σημείου (bare spot) της ωμογλήνης.



Εικόνα 2.12 Α. Θεώρημα τεμνουσών του κύκλου, Β. Υπολογισμός ΟΕ.

βιβλιογραφία σχετικά με το εάν η μαγνητική τομογραφία μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αντικαταστάτης της αξονικής τομογραφίας, μελέτες αναφέρουν ότι η μαγνητική τομογραφία δεν έχει σημαντικές διαφορές στις μετρήσεις κατά τη σύγκριση των δύο απεικονίσεων (Gyftopoulos et al., 2012; Huijsmans et al., 2007). Άλλες μελέτες αναφέρουν χαμηλότερη ακρίβεια και αξιοπιστία σε σχέση με την τρισδιάστατη αξονική τομογραφία (Lee et al., 2013; Moroder et al., 2018; Tian et al., 2012).

Συνοπτικά, οι δισδιάστατες μετρήσεις όπως η αναλογία ύψους/πλάτους είναι λιγότερο αξιόπιστες, λόγω των διαφόρων μειονεκτημάτων που αναφέρθηκαν παραπάνω, επομένως κατά τη χρήση μαγνητικής τομογραφίας προτείνονται οι μετρήσεις επιφανείας όπως η PICO (Souza et al., 2014; Huijsmans et al., 2007).

2.5.2.5. Αρθροσκόπηση

Ο Burkhart και οι συν. (Burkhart et al., 2002) ήταν οι πρώτοι που περιέγραψαν το αποκεκαλυμμένο σημείο της ωμογλήνης και το χρησιμοποίησαν ως το ανατομικό κέντρο αυτής (Εικόνα 2.11). Αυτό διευκόλυνε την αρθροσκοπική μέτρηση των οστικών απωλειών, αποδεχόμενοι ότι στους ασθενείς με πρόσθια αστάθεια, το οστό από το οπίσθιο τοίχωμα προς τη γυμνή περιοχή θα ήταν ακόμη ανέπαφο. Ως

αποτέλεσμα, ο κύκλος που δημιουργείται από το κατώτερο αρθρικό όριο, κάτω από τη εντομή της ωμογλήνης, με το κεντρικό σημείο στην αποκεκαλυμμένη περιοχή επιτρέπει την άμεση σύγκριση της οπίσθιας ακεραιότητας της ωμογλήνης σε σχέση με την πρόσθια επιφάνεια της χρησιμοποιώντας έναν αρθροσκοπικό μετρητή.

Αυτή η τεχνική έχει επικυρωθεί έναντι τρισδιάστατων μετρήσεων, που δείχνουν συνεπή και ακριβή αποτελέσματα κατά την αρθροσκοπική μέτρηση σε σύγκριση με τις τεχνικές μέτρησης διαμέτρου και επιφάνειας σε τρισδιάστατη ανακατασκευή της ωμογλήνης (Griffith et al., 2007; Hamamoto et al., 2016; Shin et al., 2018).

Ωστόσο, ο ρόλος του αποκεκαλυμμένου σημείου είναι αμφιλεγόμενος διότι μπορεί να επηρεάσει τις μετρήσεις από 5-48% και να παραπλανήσει τους χειρουργούς, αφού πολλές φορές η θέση του είναι έκκεντρη (Barcia et al., 2013; Saintmard et al., 2009; Takeda et al., 2014). Λόγω της ασυνέπειας της αποκεκαλυμμένης περιοχής της ωμογλήνης, οι Detterline και οι συν. εφάρμοσαν το θεώρημα των τεμνουσών του κύκλου (Secant chord theory, Εικόνα 2.12) στην ωμογλήνη για τον ακριβέστερο προσδιορισμό της πρόσθιας οστικής απώλειας, με

μικρότερη απόκλιση του σφάλματος μέτρησης (Detterline et al., 2009).

2.5.3. Αντιμετώπιση

Μετά από συντηρητική αντιμετώπιση του πρώτου εξάρθρηματος του ώμου, υπάρχει η τάση επιστροφής στον αθλητισμό ή στις πλήρεις καθημερινές δραστηριότητες εντός 6 εβδομάδων ενώ άλλοι προτείνουν η επιστροφή στον αθλητισμό να γίνεται μετά από ένα χρόνο από το πρώτο επεισόδιο. Και οι δύο πρακτικές εμφανίζουν υψηλό ποσοστό υποτροπής, έως και 56%, σε ηλικίες κάτω των 30 ετών (Simonet & Cofield, 1984).

Η πρόσθια αστάθεια μπορεί να αντιμετωπιστεί είτε συντηρητικά είτε χειρουργικά με πολλές τεχνικές, όπως η ανοιχτή επέμβαση Bankart, η αρθροσκοπική επέμβαση Bankart, η τεχνική Latarjet, η τεχνική Bristow και παλαιότερες τεχνικές, όπως η Putti-Platt και η Magnuson-Stack (Glazebrook et al., 2018).

Αρθροσκοπικές και ανοιχτές επεμβάσεις Bankart εκτελούνται σε ασθενείς με ρήξη του EX χωρίς οστική συμμετοχή. Αντιθέτως, ένδειξη για τη διαδικασία Latarjet είναι η οστική απώλεια της ωμογλήνης. Η διαδικασία περιλαμβάνει οστεοτομία της κορακοειδούς απόφυσης και μετακίνηση, μαζί με τον κοινό τένοντα των καμπτήρων που καταφύονται σε αυτήν, στο πρόσθιο-κάτω χείλος της ωμογλήνης, μέσω μιας οριζόντιας τομής στον υποπλάτιο μυ.

Η χειρουργική επέμβαση Bristow είναι παρόμοια με τη Latarjet, όπου η κορακοειδής απόφυση μεταφέρεται στην ωμογλήνη χωρίς τους προσφυόμενους μύες. Οι επεμβάσεις Putti-Platt και Magnuson-Stack είναι μη ανατομικές τεχνικές που περιλαμβάνουν βράχυνση του τένοντα του

υποπλάτιου μύος και δεν πραγματοποιούνται πλέον.

Τα τελευταία χρόνια, πολλές από τις παραπάνω χειρουργικές επεμβάσεις έχουν πραγματοποιηθεί αρθροσκοπικά και έχουν παρουσιάσει υποσχόμενα αποτελέσματα (Glazebrook et al., 2018). Στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχει έλλειψη μια συστηματικής ανασκόπησης των χειρουργικών τεχνικών για την αποκατάσταση της πρόσθιας αστάθειας του ώμου ενώ ορισμένες χειρουργικές επεμβάσεις έχουν απλά συγκριθεί με την αντίστοιχη αρθροσκοπική τεχνική.

Παρόλα αυτά, η επέμβαση Bankart (ανοιχτή ή αρθροσκοπική) αποτελεί τον χρυσό κανόνα στη χειρουργική αντιμετώπιση όταν υπάρχει αποκόλληση του επιχείλιου χόνδρου χωρίς οστική συμμετοχή. Μια πρόσφατη συστηματική ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, η οποία συμπεριέλαβε 655 δημοσιευμένα άρθρα κατέληξε να αποδώσει βαθμό σύστασης στη κάθε τεχνική (Glazebrook et al., 2018). Σε τέσσερις τεχνικές δόθηκε βαθμός σύστασης Α. Σε αυτές συμπεριλαμβάνονται η ανοιχτή επέμβαση Bankart, η αρθροσκοπική επέμβαση Bankart και η τεχνική Latarjet.

Η τεχνική Latarjet θα πρέπει να εξετάζεται ως θεραπευτική επιλογή όταν υπάρχει έλλειμμα της ωμογλήνης πάνω από το 20-25% του πλάτους της. Η τεχνική πλήρωσης της KB (Remplissage), προϋποθέτει ότι υπάρχει βλάβη Hill-Sachs. Η τεχνική συνίσταται σε τενοντόδεση του οπίσθιου αρθρικού θυλάκου και του υπακανθίου στη βλάβη Hill-Sachs. Στη χρόνια πρόσθια αστάθεια το ΟΕ μπορεί να φτάσει ή και να ξεπεράσει το 40%. Αυτές οι περιπτώσεις πρέπει να αντιμετωπίζονται με τοποθέτηση οστικού

μοσχεύματος, συνήθως από το λαγό-νιο οστό.

2.6. Τρισδιάστατη Εκτύπωση

Η οστική φθορά που προκαλείται από συγκεκριμένες ασθένειες (οστεοαρθρίτιδα) ή άλλες καταστάσεις (τραυματισμοί) παρατηρείται συχνά στην κλινική πράξη. Η μεταμόσχευση οστού χρησιμοποιείται ευρέως κάνοντας χρήση αυτόλογου οστού ή και άλλων ειδών μοσχευμάτων. Ωστόσο, οι αυτόλογες πηγές οστού είναι περιορισμένες, οπότε γεννήθηκε η ανάγκη δημιουργίας ικριωμάτων, τα οποία με τη βοήθεια αυτόλογων κυττάρων ανοίγουν τον δρόμο για νέες επιλογές θεραπείας (Ji et al., 2018).

Η μηχανική των οστών έχει χρησιμοποιηθεί για την δημιουργία ενός απορροφήσιμου ικριώματος πορώδους οστού, το οποίο εμφυτεύεται στο ανθρώπινο σώμα μετά την ενίσχυσή του με αυξητικούς παράγοντες και οστικά κύτταρα (Tang et al., 2016). Το ιδανικό ικρίωμα πρέπει να έχει καλή

βιοσυμβατότητα, βιοαπορροφησιμότητα και κατάλληλη μηχανική αντοχή (Ku et al., 2013).

Είναι δύσκολο με τις παραδοσιακές τεχνικές παρασκευής ικριωμάτων να προετοιμαστούν εξατομικευμένα ικριώματα για συγκεκριμένες βλάβες και με συγκεκριμένα δομικά χαρακτηριστικά. Η τεχνολογία τρισδιάστατης εκτύπωσης έρχεται να βοηθήσει σε αυτό το κενό προσφέροντας τεχνικές που μπορούν να παράγουν με ακρίβεια εξατομικευμένα ικριώματα με βάση το ΟΕ του κάθε ασθενούς σύμφωνα με τα δεδομένα των μεθόδων απεικόνισης. Έτσι υπάρχει τέλεια αντιστοιχία του ικριώματος με το ΟΕ και ταυτόχρονα μπορεί να μιμηθεί την μικροδομή του οστού (Temple et al., 2014).

Οι εφαρμογές βιολογικής εκτύπωσης για τη μηχανική ιστών είναι ένα πολύ ελκυστικό θέμα για την προσφορά νέων λύσεων στα πολλά προβλήματα που καλείται να επιλύσει η ιατρική. Οι τρέχουσες διαδικασίες κατασκευής δεν επαρκούν για την παραγωγή σύνθετων ολόκληρων οργάνων, αλλά μπορούν να παράγουν απλά δομημένα όργανα και ιστούς (Hacıoglu et al., 2018). Η βελτίωση των εφαρμογών βιολογικής εκτύπωσης εξαρτάται επίσης από την τεχνολογία των βλαστικών κυττάρων, την τεχνολογία επιστήμης υλικών και τις δυνατότητες παραγωγής μεγάλης κλίμακας βιοϋλικών.

2.6.1. Εφαρμογή 3D εκτύπωσης στην ιατρική

Με την εμφάνιση οικονομικά αποδοτικών τεχνολογιών τρισδιάστατης εκτύπωσης έχει καταστεί εφικτή η δημιουργία φυσικών αναπαραστάσεων ανατομίας συγκεκριμένου ασθενούς από δεδομένα απεικόνισης (αξονική τομογραφία) ως εργαλείο για τον προεγχειρητικό σχεδιασμό (Εικόνα 2.13).



Εικόνα 2.13 Τρισδιάστατη εκτύπωση στερεολιθικού μοντέλου της ωμογλήνης.

Ενώ προηγμένες ψηφιακές μέθοδοι έχουν χρησιμοποιηθεί πολλά χρόνια στην προεγχειρητική λήψη αποφάσεων, τα τρισδιάστατα τυπωμένα μοντέλα υπόσχονται να ξεπεράσουν τις απεικονίσεις, τοποθετώντας την ανατομία των ασθενών στα χέρια των χειρουργών (Beebe & Kritpracha, 2004; Horton & Fishman, 2002; Radtke et al., 2010).

Η τρισδιάστατη εκτύπωση έχει εφαρμοστεί σε ένα ευρύ φάσμα κλινικών πεδίων, όπως είναι η συγγενής καρδιακή νόσος, η ανακατασκευή της κροταφογναθικής άρθρωσης, το πυελικό τραύμα και η ογκολογική χειρουργική μεταξύ πολλών άλλων (Bibb et al., 2010; Mitsouras et al., 2015; Wake et al., 2017).

Τα τρισδιάστατα μοντέλα έχουν αποδειχθεί χρήσιμα στη χειρουργική εκπαίδευση. Σε μια μελέτη των Podolsky και συν., ασκούμενοι στη νευροχειρουργική και η ορθοπεδική χειρουργική διδάχθηκαν την τοποθέτηση βιδών, με μία ομάδα να λαμβάνει επιπλέον εκπαίδευση μέσω προσομοίωσης σε τρισδιάστατο τυπωμένο μοντέλο σπονδυλικής στήλης, το οποίο δημιουργήθηκε από εικόνες αξονικής τομογραφίας (Podolsky et al., 2010). Οι συμμετέχοντες ανέφεραν υποκειμενικά οφέλη από την εκπαίδευση με το τυπωμένο μοντέλο. Ομοίως, οι Waran και συν., δημιούργησαν εκτυπωμένα μοντέλα με όγκο εγκεφάλου και βρέθηκε ότι ήταν χρήσιμο για την εξάσκηση ασκούμενων νευροχειρουργών (Waran, Narayanan, Karuppiyah, Owen, et al., 2014).

Ένας σημαντικός περιορισμός στη χρήση της τρισδιάστατης εκτύπωσης είναι ο χρόνος που απαιτείται για τη δημιουργία μοντέλων υψηλής πιστότητας, επειδή στα μοντέλα που χρησιμοποιούνται για χειρουργικό

σχεδιασμό απαιτείται υψηλή ακρίβεια (Wang et al., 2019).

Πέρα από το χρόνο που απαιτείται για την προετοιμασία και εκτύπωση του μοντέλου, υπάρχουν επίσης άλλα μειονεκτήματα της τρισδιάστατης εκτύπωσης σε σύγκριση με άλλες μεθόδους απεικόνισης, όπως είναι η σωστή απόδοση του όγκου των μοντέλων και το υψηλό κόστος που σχετίζεται με τη ροή εργασίας της τρισδιάστατης εκτύπωσης συμπεριλαμβανομένων του λογισμικού, του κόστους αγοράς του εκτυπωτή και του κόστους του υλικού εκτύπωσης.

Επιπλέον, τα τυπωμένα μοντέλα συνήθως δεν καταγράφουν δομικές πληροφορίες πέρα από την επιφάνεια, ενώ αντίθετα οι εικόνες επιτρέπουν την επιθεώρηση εσωτερικών χαρακτηριστικών. Οι νεότερες τεχνολογίες εκτύπωσης 3D που βασίζονται σε voxel μπορεί να είναι χρήσιμες στην αντιμετώπιση αυτού του περιορισμού (Bader et al., 2018).

2.6.2. Εξατομίκευση υλικών με τη τρισδιάστατη εκτύπωση

Παρά τη βελτιωμένη αντοχή των υλικών της ολικής αρθροπλαστικής του ώμου, η τρισδιάστατη εκτύπωση βρίσκει εφαρμογή σε περιπτώσεις που χρήζουν αναθεώρησης λόγω άσηπτης χαλάρωσης των προθέσεων (2.6%-13%) ή λόγω λοίμωξης (3.5%-22%), βοηθώντας στην εξατομικευμένη προετοιμασία μεγάλων οστικών ελλειμμάτων της ωμογλήνης (Eid et al., 2018).

Τα τρισδιάστατα μοντέλα της ωμογλήνης προσφέρουν καλύτερη κατανόηση της ανατομίας του ασθενή και των μορφολογικών χαρακτηριστικών της ωμογλήνης σε σύγκριση με τις τρισδιάστατες εικόνες των αξονικών τομογραφιών (Wang et al., 2019). Σε

μια έρευνα των Rose και συν., χρησιμοποιήθηκε η προεγχειρητική αξονική τομογραφία, ενός παιδιού που υποβλήθηκε σε χειρουργική ανακατασκευή του μαστοειδούς άντρου, του μέσου ωτός, για τη δημιουργία ενός τρισδιάστατου μοντέλου. Οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα πως η προεγχειρητική χρήση του μοντέλου τους επέτρεψε να ελίσσονται διεγχειρητικά πιο εύκολα και να αναγνωρίζουν με μεγαλύτερη ευκολία πιθανές επιπλοκές (Rose et al., 2015).

Τα εκτυπωμένα μοντέλα της ωμογλήνης είναι χρήσιμα στους χειρουργούς ώμου για την προετοιμασία των υλικών πριν την αρθροπλαστική του ώμου, πετυχαίνοντας μείωση του χειρουργικού χρόνου και βελτιστοποίηση της τοποθέτησης των εμφυτευμάτων της ωμογλήνης (Gauci et al., 2016).

2.7. Σύνοψη βιβλιογραφικής ανασκόπησης

Το πρόσθιο καθ'έξιν εξάρθημα του ώμου ή πρόσθια χρόνια αστάθεια του ώμου είναι ένα σημαντικό κλινικό πρόβλημα, ιδίως σε ειδικούς πληθυσμούς όπως είναι οι αθλητές, οι στρατιωτικοί κ.α. καθώς επηρεάζει τη λειτουργικότητα του άνω άκρου και αποτελεί πρόκληση για την αποκατάστασή μετά από χειρουργική παρέμβαση (Buckup et al., 2018; Owens et al., 2007; Zacchilli et al., 2010).

Ο πιο σημαντικός παράγοντας για την υποτροπή του εξάρθρωτος και παρουσίας πολλαπλών επεισοδίων είναι η ύπαρξη οστικού ελλείμματος της ωμογλήνης, το οποίο όσο μεγαλύτερο είναι τόσο αυξάνει τον αριθμό και την ευκολία με την οποία συμβαίνει ένα εξάρθημα (Boileau et al., 2006; Dickens et al., 2017; Nakagawa et al., 2015). Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας είναι η ηλικία που συμβαίνει το

πρώτο εξάρθημα. Όσο μικρότερη είναι η ηλικία του πρώτου εξάρθρωτος τόσο αυξάνει και η πιθανότητα νέου επεισοδίου, ενώ μειώνεται αισθητά όσο μεγαλύτερη είναι αυτή (Olds et al., 2015; Robinson et al., 2006).

Ο τρόπος υπολογισμού του OE της ωμογλήνης, το οποίο αποτελεί ένα σημαντικό κριτήριο για την επιλογή της κατάλληλης χειρουργικής τεχνικής για την αποκατάσταση της βλάβης, βασίζεται στην ψηφιακή απεικόνιση της άρθρωσης του ώμου με απλή ακτινογραφία, με δισδιάστατη ή τρισδιάστατη αξονική τομογραφία και τελευταία με τη χρήση μαγνητικής τομογραφίας (Walter et al., 2019b).

Υπάρχουν αρκετές μέθοδοι υπολογισμού του ποσοστού του OE που διακρίνονται σε δύο μεγάλες ομάδες: αυτές που χρησιμοποιούν τη μέθοδο του τέλειου κύκλου και εκείνες που χρησιμοποιούν γραμμικές μεθόδους υπολογισμού, με τις δεύτερες να παρουσιάζουν υπερεκτίμηση του μεγέθους του OE έναντι των μεθόδων που χρησιμοποιούν τη μέθοδο του τέλειου κύκλου (Provencher et al., 2019). Για τις μεθόδους που χρησιμοποιούν τη μέθοδο του τέλειου κύκλου υποστηρίζεται πως η ανακρίβειά τους βασίζεται σε εσφαλμένο γεωμετρικό τύπο υπολογισμού και σε εξάρτηση της μεθόδου από την εμπειρία μέτρησης, με εσφαλμένες μετρήσεις που φθάνουν μέχρι και 25% στις διαφορετικές συστηματικές ανασκοπήσεις (Bhatia et al., 2015).

Η μέθοδος PICO αποτελεί άτυπα τον Χρυσό Κανόνα (Gold Standard) για τον υπολογισμό του ποσοστού του OE εξαιτίας της υψηλής αξιοπιστίας και εγκυρότητας που παρουσιάζει έναντι των υπολοίπων μεθόδων υπολογισμού (Baudi et al., 2005; Bois et al.,

2012; Nicola Magarelli et al., 2009b). Όπως επιβεβαιώνεται από συστηματικές ανασκοπήσεις είναι η μέθοδος που χρησιμοποιείται περισσότερο για τον υπολογισμό του ποσοστού του ΟΕ αλλά παρουσιάζεται μεγάλη ετερογένεια μεταξύ των διάφορων μελετών με αποτέλεσμα να μην υπάρχει επίσημη συμφωνία ότι είναι ο χρυσός κανόνας (Green et al., 2022; Walter et al., 2019b).

Οι ερευνητές έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα ότι χρειάζονται περισσότερες μελέτες με τη χρήση όμοιας μεθοδολογίας για την επιβεβαίωση αυτής της μεθόδου, ενώ συμφωνούν ότι η τεχνική απεικόνισης με τα καλύτερα αποτελέσματα σε συνδυασμό με τη μέθοδο υπολογισμού PICO είναι η τρισδιάστατη αξονική τομογραφία (Weil et al., 2022).

Από την άλλη πλευρά, η χρήση της τρισδιάστατης εκτύπωσης έχει εφαρμοστεί σε ένα ευρύ φάσμα κλινικών πεδίων όπως είναι η συγγενής καρδιακή νόσος, η ανακατασκευή της κροταφογναθικής άρθρωσης, το πυελικό τραύμα και η ογκολογική χειρουργική μεταξύ άλλων (Bibb et al., 2010; Mitsouras et al., 2015; Wake et al., 2017). Έχει αποδειχθεί χρήσιμη στη χειρουργική εκπαίδευση, παρουσιάζοντας οφέλη μεταξύ των εκπαιδευομένων (Podolsky et al., 2010; Waran, Narayanan, Karuppiiah, Owen, et al., 2014; Waran, Narayanan, Karuppiiah, Pancharatnam, et al., 2014).

Τα τρισδιάστατα μοντέλα της ωμογλήνης παρέχουν φυσική κλίμακα της ανατομίας του ασθενούς και μορφολογικά χαρακτηριστικά της ωμογλήνης σε σύγκριση με τις τρισδιάστατες εικόνες των αξονικών τομογραφιών (Wang et al., 2019). Επίσης, είναι χρήσιμα για την δημιουργία

εξατομικευμένων υλικών στις παθήσεις της ωμογλήνης (Gauci et al., 2016).

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να διερευνήσει εάν η χρήση της τρισδιάστατης εκτύπωσης της ωμογλήνης μπορεί να δημιουργήσει μία νέα, έγκυρη και αξιόπιστη, μεθοδολογία υπολογισμού του ΟΕ με ισοδύναμα αποτελέσματα με τις ήδη υπάρχουσες ψηφιακές μεθόδους καθώς επίσης και εάν με τη χρήση της τρισδιάστατης εκτυπωμένης απεικόνισης της ωμογλήνης μπορεί να αξιολογηθεί η μορφή και τα μορφολογικά χαρακτηριστικά της.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ III

Μεθοδολογία

3.1. Συμμετέχοντες

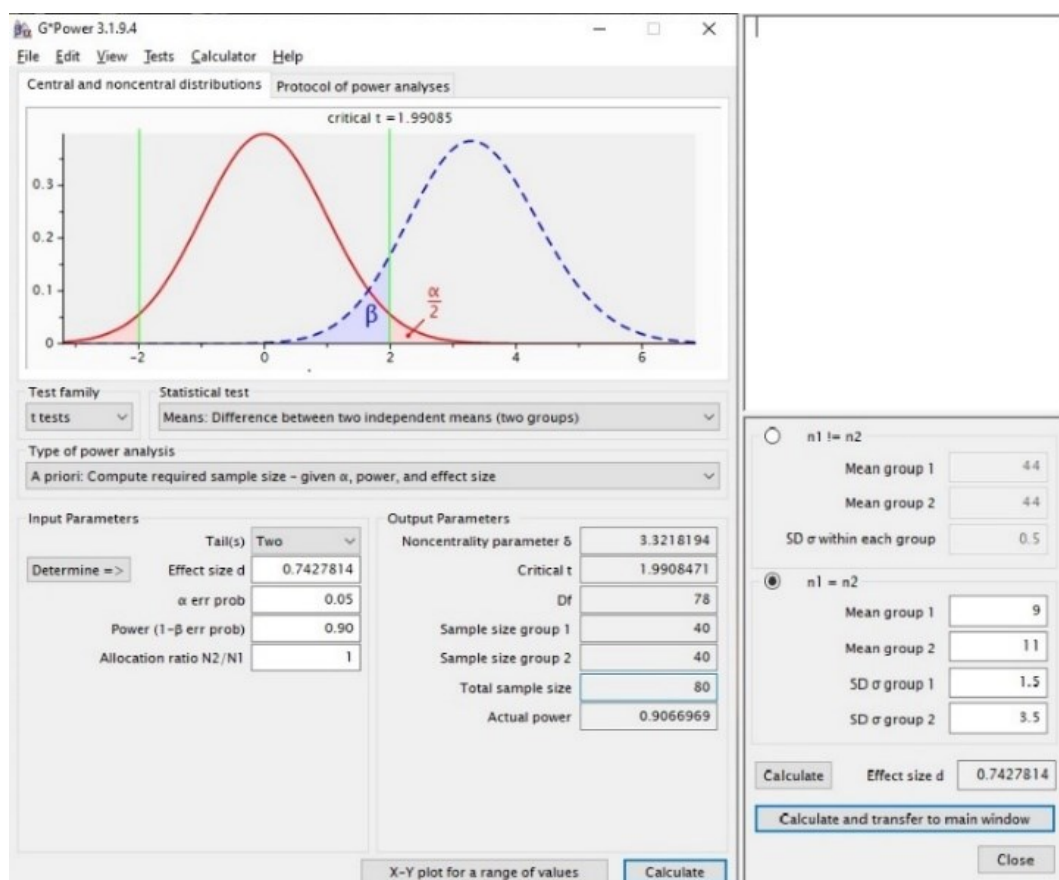
Στην παρούσα μελέτη πραγματοποιήθηκε μορφομετρική ανάλυση και υπολογισμός του οστικού ελλείματος της ωμογλήνης σε 33 άντρες και 11 γυναίκες που υπεβλήθησαν σε αμφοτερόπλευρο απεικονιστικό έλεγχο με αξονική τομογραφία υψηλής ανάλυσης. Συνολικά χρησιμοποιήθηκαν 86 μοντέλα ωμογλήνης, 44 παθολογικά και 42 υγιά τόσο σε ψηφιακή τρισδιάστατη μορφή όσο και σε εκτυπωμένη τρισδιάστατη μορφή.

Το δείγμα αφορούσε αποκλειστικά σκελετικά ώριμους αθλητές και αθλήτριες ερασιτεχνικού επιπέδου ηλικίας από 18 έως 45 ετών με

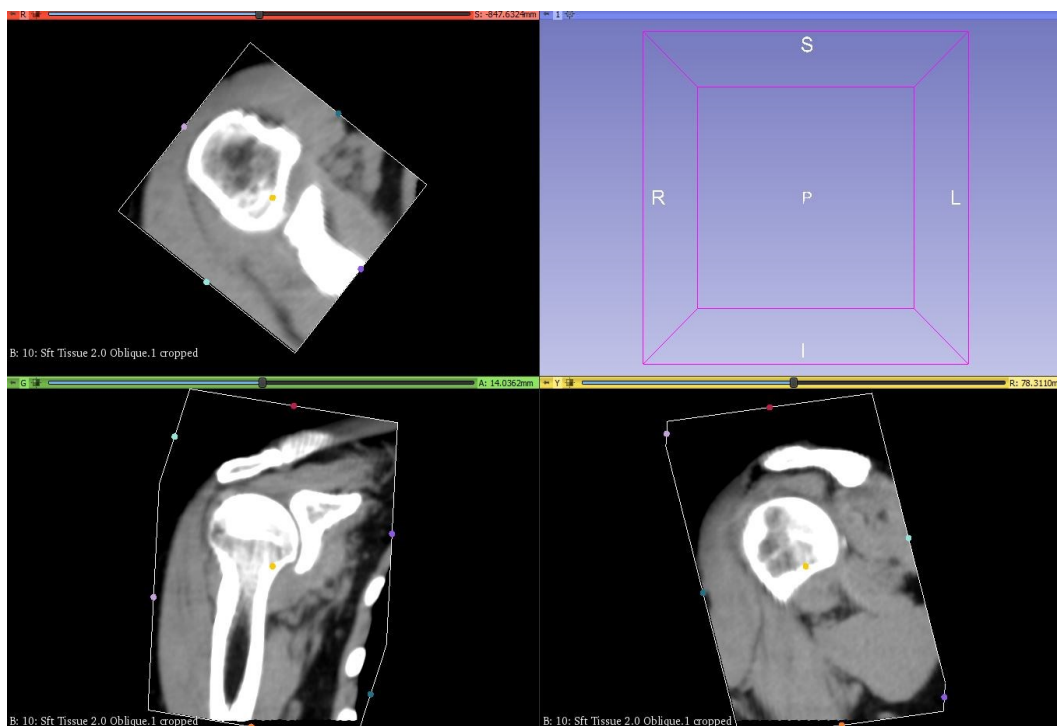
υποτροπιάζουσα τραυματική αστάθεια του ώμου, οι οποίοι αφού ενημερώθηκαν γραπτά, υπέγραψαν συναίνεση συγκατάθεσης χρήσης προσωπικών δεδομένων.

Η μελέτη έλαβε έγκριση της Επιτροπής Ερευνητικής Δεοντολογίας-Βιοηθικής της Σχολής Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών με Αριθμό πρωτοκόλλου έγκρισης 1170/12-02-2020.

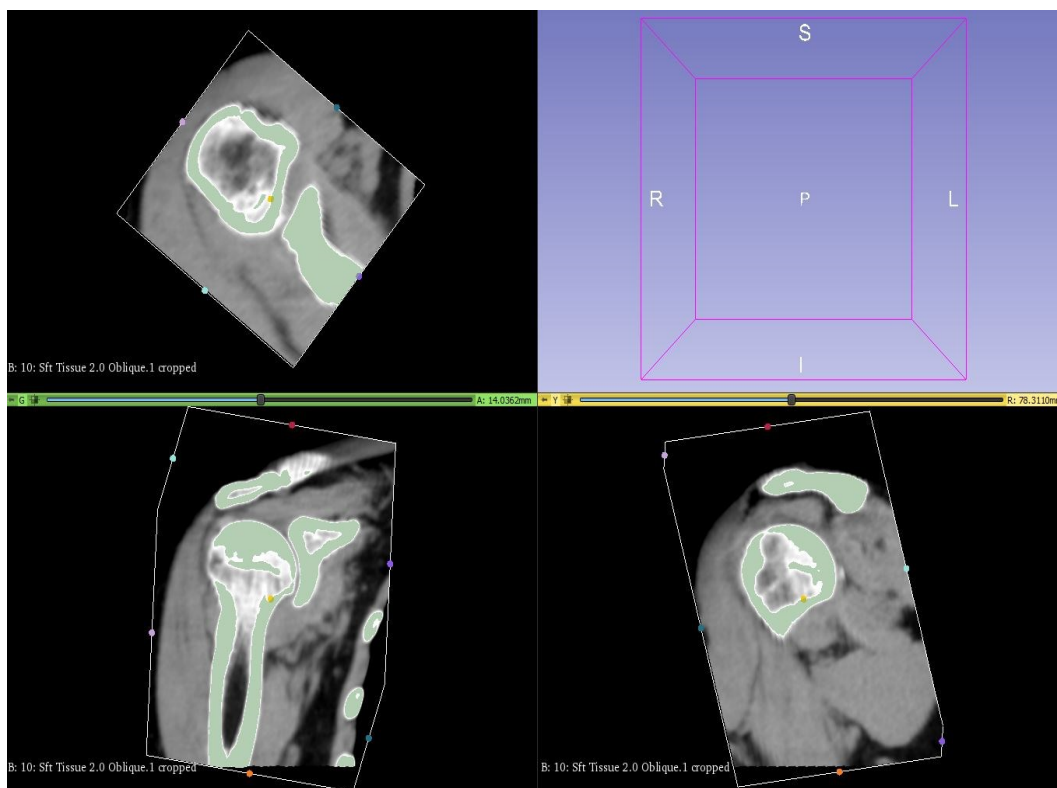
Στην παρούσα μελέτη έγινε χρήση του λογισμικού G-power για τον υπολογισμό του δείγματος, θέτοντας την στατιστική ισχύ στο 0.90, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0.05$, υπολογίζοντας το σε 40 συμμετέχοντες (Εικόνα 3.1).



Εικόνα 3.1 Υπολογισμός δείγματος με το λογισμικό G-power.



Εικόνα 3.2 Επεξεργασία αρχείων DICOM για την δημιουργία τρισδιάστατου ψηφιακού μοντέλου με το λογισμικό 3D Slicer, DICOM= Digital Imaging and Communications in Medicine.



Εικόνα 3.3 Επιλογή της επιθυμητής περιοχής. Με πράσινο χρώμα απεικονίζεται η επιλεγμένη περιοχή.

3.2. Εξοπλισμός

Η λήψη της ψηφιακής απεικόνισης πραγματοποιήθηκε με αξονικό τομογράφο Siemens Somatom Emotion Duo (Siemens Healthcare GmbH, Erlangen, Germany). Οι συμμετέχοντες τοποθετήθηκαν σε ύπτια θέση εντός του πεδίου του αξονικού τομογράφου όπου και έγιναν απεικόνιση και των δύο ώμων ξεχωριστά. Όλα τα αρχεία DICOM που προέκυψαν αναλύθηκαν χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα PACS (Picture Archiving and communication System, Σύστημα Αρχειοθέτησης Εικόνων και Επικοινωνίας).

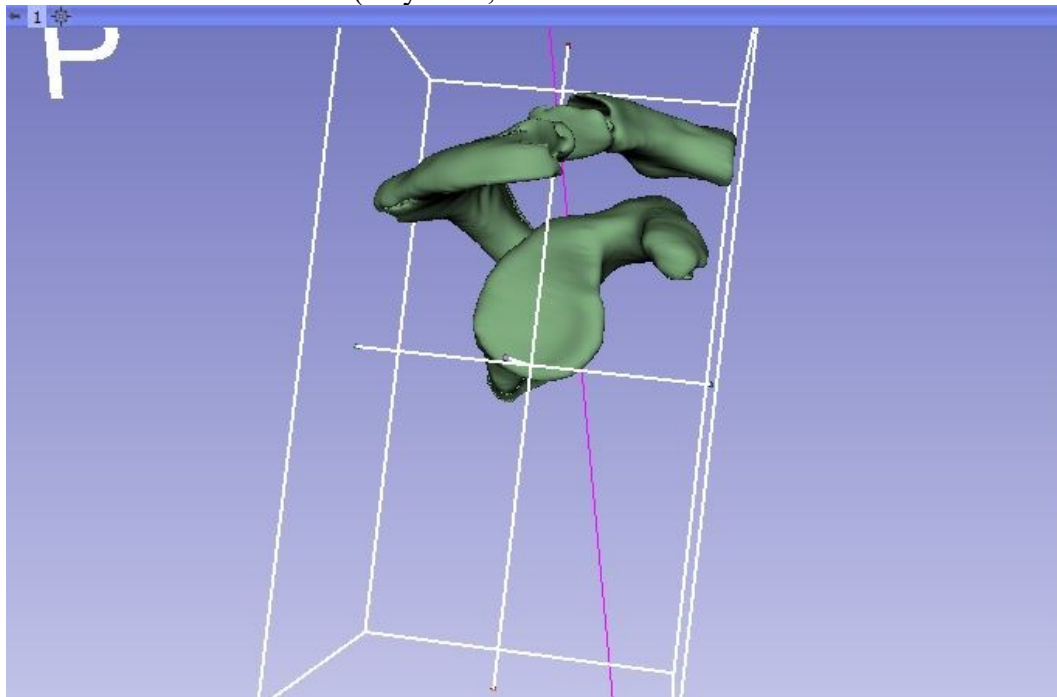
Χρησιμοποιήθηκαν ειδικά λογισμικά για την δημιουργία των τρισδιάστατων στερεολιθικών μοντέλων όπως το 3D-Slicer, το Meshmixer και το Anycubic Photon Workshop.

Για την εκτύπωση των στερεολιθικών μοντέλων χρησιμοποιήθηκε ο τρισδιάστατος εκτυπωτής ρητίνης Photon 3D Resin Printer (Anycubic,

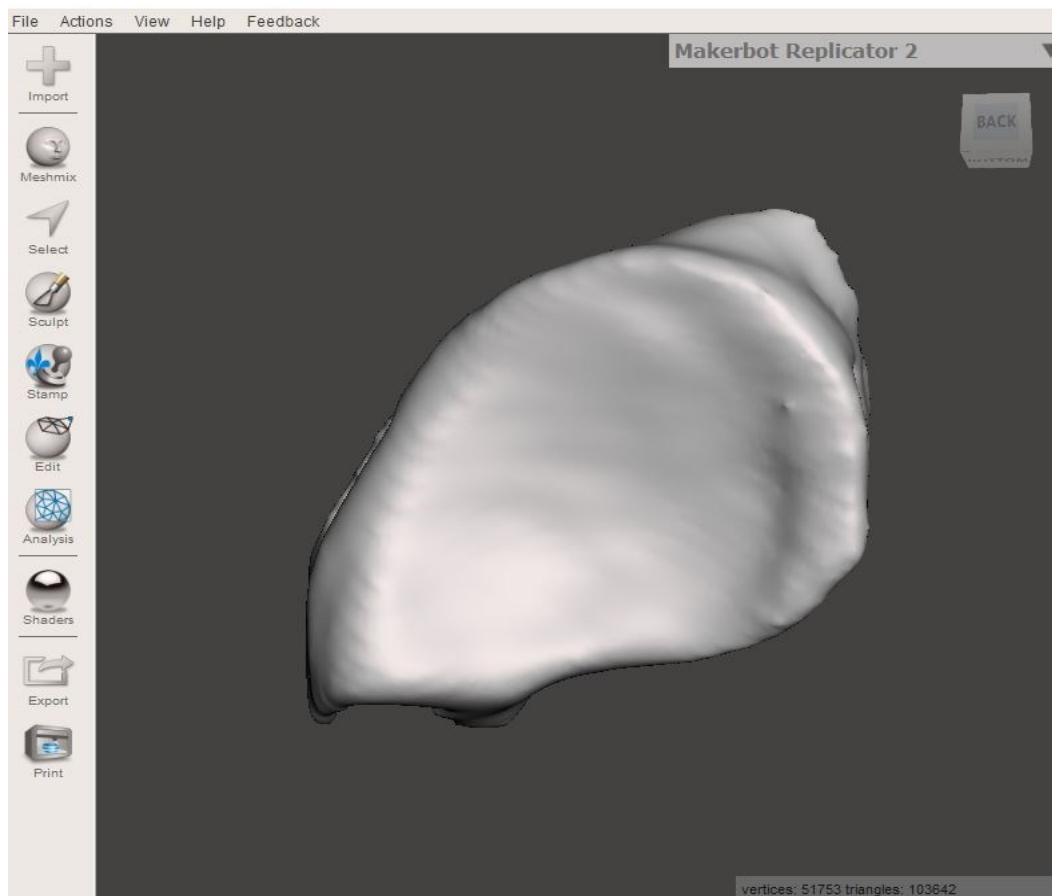
Shenzhen, Guangdong, China). Τέλος για τις μετρήσεις επί των εκτυπωμένων μοντέλων χρησιμοποιήθηκε παχύμετρο και βαθύμετρο με ακρίβεια χιλιοστών του μέτρου (Limit, Sandbergsvägen 3, Sweden). Όλα τα όργανα έχουν χρησιμοποιηθεί σε έρευνες και πληρούν όλα τα απαραίτητα κριτήρια αξιοπιστίας και εγκυρότητας (Bakshi et al., 2015; Pansard et al., 2013).

3.3. Περιγραφή της Διαδικασίας.

Στην πρώτη φάση της διαδικασίας πραγματοποιήθηκε η επιλογή του δείγματος με βάση τα κριτήρια που ορίστηκαν κατά τον σχεδιασμό της μελέτης (ηλικία 18 με 45 ετών, αθλήτης ή αθλήτρια, ετερόπλευρη πρόσθια αστάθεια, απεικονιστικός έλεγχος αμφοτερόπλευρα με αξονική τομογραφία) και η συλλογή των εικόνων από τις αξονικές τομογραφίες χρησιμοποιώντας το Σύστημα Αρχειοθέτησης & Επεξεργασίας Εικόνων (PACS, Picture Archiving and Communication



Εικόνα 3.4 Δημιουργία τρισδιάστατου ψηφιακού μοντέλου με το λογισμικό 3d Slicer.



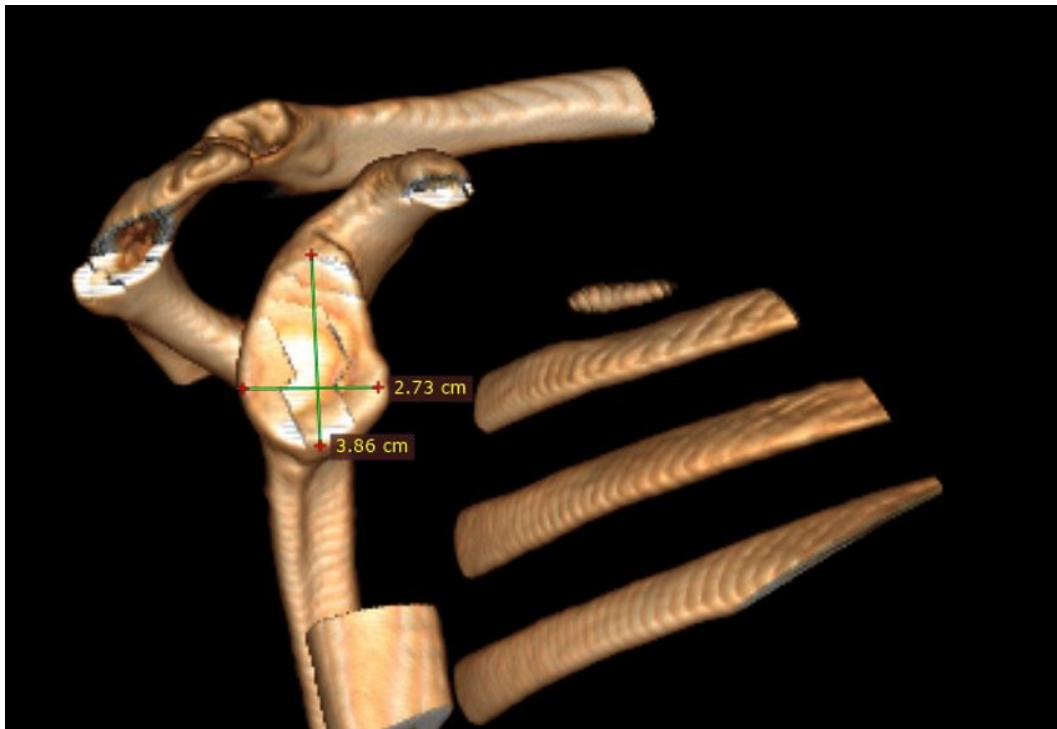
Εικόνα 3.5 Τελική επεξεργασία του τρισδιάστατου μοντέλου με το λογισμικό Meshmixer.

System). Στη συνέχεια ακολούθησε επεξεργασία των εικόνων της αξονικής τομογραφίας για την δημιουργία τρισδιάστατων ψηφιακών και στερεολιθογραφικών μοντέλων με τη βοήθεια των ειδικών λογισμικών Radiant Dicom Viewer, 3D Slicer και Meshmixer (Εικόνες 3.2-3.5).

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της προσθιοπίσθιας και της κατακόρυφης απόστασης διάστασης της ωμογλήνης στα τρισδιάστατα ψηφιακά μοντέλα για τον υπολογισμό του ΟΕ με τη μέθοδο του δείκτη της ωμογλήνης, τη μέθοδο προσθιοπίσθιας διάστασης της ωμογλήνης και τη μέθοδο του σχετικού ύψους/πλάτους της ωμογλήνης (Εικόνα 3.7). Επίσης, υπολογίστηκε το ΟΕ με τη μέθοδο PICO (βλ. Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας, σελ.



Εικόνα 3.6 Μέτρηση του οστικού ελλείμματος της ωμογλήνης με την μέθοδο PICO.



Εικόνα 3.7 Μέτρηση του οστικού ελλείμματος της ωμογλήνης με τη μέθοδο σχετικού πλάτους-ύψους σε ψηφιακό τρισδιάστατο μοντέλο.

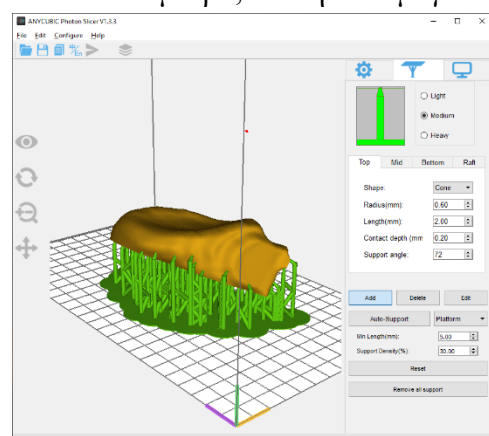
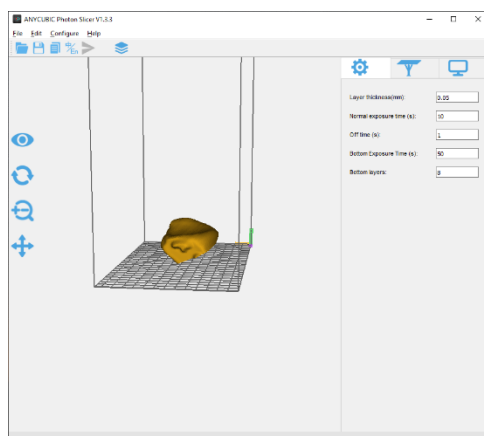
25) στις εικόνες της τρισδιάστατης αξονικής τομογραφίας (Εικόνα 3.6).

Στην δεύτερη φάση της διαδικασίας έγινε επεξεργασία των τρισδιάστατων στερεολιθογραφικών μοντέλων για την προετοιμασία τους πριν την τρισδιάστατη εκτύπωση με το λογισμικό ANYCUBIC Photon Workshop (Εικόνα 3.8). Ακολούθησε

εκτύπωση των στερεολιθογραφικών μοντέλων και η τελική τους επεξεργασία, η οποία συμπεριλάμβανε τον καθαρισμό και το τελικό φινιρίσμα, πριν την έναρξη των μετρήσεων.

3.3.1. Αξιολογήσεις-Αξιολογητές

Οι μετρήσεις στα εκτυπωμένα μοντέλα περιλάμβαναν την προσδιοπίσθια διάμετρο, την μέγιστη



Εικόνα 3.8 Επεξεργασία στερεολιθικού αρχείου STL με το λογισμικό Anycubic Photon Workshop για την προετοιμασία του πριν την τελική εκτύπωση.

κατακόρυφη απόσταση, το προσθιοπίσθιο και το κατακόρυφο βάθος (Εικόνες 3.9-3.12). Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν από δύο (2) αξιολογητές. Ο πρώτος αξιολογητής πραγματοποίησε τρεις μετρήσεις για κάθε μεταβλητή ενώ ο δεύτερός από μία. Τα δεδομένα των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό του οστικού ελλείματος της ωμογλήνης με τις παρακάτω μεθόδους:

- τη μέθοδο του δείκτη της ωμογλήνης,
- τη μέθοδο προσθιοπίσθιας απόστασης της ωμογλήνης
- και τη μέθοδο του σχετικού ύψους/πλάτους της ωμογλήνης.



Εικόνα 3.9 Μέτρηση της κατακόρυφης μέγιστης διάστασης της ωμογλήνης με παχύμετρο ακριβείας.



Εικόνα 3.10 Μέτρηση προσθιοπίσθιας απόστασης της ωμογλήνης με παχύμετρο ακριβείας.



Εικόνα 3.11 Μέτρηση του βάθους της ωμογλήνης στην κατακόρυφη διάμετρο με βαθύμετρο ακριβείας.



Εικόνα 3.12 Μέτρηση του προσθοπίσθιου βάθους της ωμογλήνης με βαθύμετρο ακριβείας.

3.4. Στατιστική

Οι τιμές των μεταβλητών παρουσιάζονται χρησιμοποιώντας την μέση τιμή, την τυπική απόκλιση, τις συχνότητες και τα ποσοστά.

Για την αξιοπιστία και την εγκυρότητα των μετρήσεων, καθώς και για την εγκυρότητα των μεθόδων μέτρησης (μέθοδος του δείκτη της ωμογλήνης, η μέθοδος προσθοπίσθιας διάστασης της ωμογλήνης και η μέθοδος του σχετικού ύψους/πλάτους της ωμογλήνης) σε σχέση με τη μέθοδο PICO υπολογίστηκε ο δείκτης ενδοταξικής συσχέτισης ICC (Intraclass Correlation Coefficient).

Ο υπολογισμός του δείκτη Intrarater βασίστηκε στις τρεις μετρήσεις του 1^{ου} αξιολογητή και για τον δείκτη Inter-rater στο μέσο όρο των τριών μετρήσεων του 1^{ου} αξιολογητή και στην μία μέτρηση του 2^{ου} αξιολογητή. Ενώ για την εγκυρότητα κάθε μίας εκ των τριών μεθόδου υπολογισμού του

οστικού ελλείμματος (Προσθοπίσθια Απόσταση, Σχετικό ύψος/πλάτος της ωμογλήνης και Δείκτης της ωμογλήνης) ως προς την μέθοδο PICO βασίστηκε στον μέσο όρο των 2 αξιολογητών. Το OE με τη μέθοδο PICO υπολογίστηκε με χρήση ειδικού λογισμικού, μετά από επιλογή της περιοχής της ωμογλήνης από τον αξιολογητή σε εικόνες ψηφιακής τομογραφίας, για μία φορά σε κάθε ψηφιακό μοντέλο.

Η εγκυρότητα (validity) των μεθόδων υπολογισμού του οστικού ελλείμματος, «Προσθοπίσθια Απόσταση», «Σχετικό ύψος/πλάτος της ωμογλήνης» και «Δείκτης της ωμογλήνης», σε σχέση με την μέθοδο PICO, υπολογίστηκε από την 1^η μέτρηση του 1^{ου} αξιολογητή ICC (2,1) και από τον μέσο όρο των μετρήσεων των δύο αξιολογητών με τον δείκτη ICC (2,2) (McGraw & Wong, 1996) (Πίνακας 3.1).

Επίσης, πραγματοποιήθηκε σύγκριση με t-test, για την ανίχνευση στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των μετρήσεων που κατεγράφησαν από τις τρεις διαφορετικές μεθόδους υπολογισμού του οστικού ελλείμματος και των τιμών που κατεγράφησαν με την μέθοδο PICO.

Η ατομική αξιοπιστία (intra-rater reliability) του 1^{ου} αξιολογητή εκτιμήθηκε με τον δείκτη ICC (3,3), ενώ η αξιοπιστία μεταξύ των αξιολογητών (inter-rater reliability) εκτιμήθηκε με τον δείκτη ICC (2,1) (McGraw & Wong, 1996) (Πίνακας 3.1).

Η συμφωνία ανάμεσα στα μορφολογικά χαρακτηριστικά της

ωμογλήνης (ποιοτικές μεταβλητές) των ψηφιακών τρισδιάστατων μοντέλων και των τρισδιάστατων εκτυπωμένων μοντέλων, εκτιμήθηκε με τον δείκτη Cohen's Kappa unweighted και linear weighted (McHugh, 2012).

Οι αξιολογήσεις πραγματοποιήθηκαν από ένα ορθοπαιδικό χειρουργό και έναν έμπειρο ακτινολόγο. Το Στατιστικό Πακέτο που χρησιμοποιήθηκε για την επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων είναι το SPSS, έκδοση 28.01 (IBM Corporation, Somers, NY, USA).

Πίνακας 3.1 Πίνακας δεικτών ενδοταξικής συσχέτισης ICC που χρησιμοποιήθηκαν στην εκτίμηση της αξιοπιστίας των μετρήσεων και της εγκυρότητας των μεθόδων υπολογισμού του οστικού ελλείμματος.

ICC (3.3)	Two-way mixed effect agreement
ICC (2.1)	Two-way random effect agreement
ICC (2.1) 1 ^{ος} Ερευνητής	Two-way random effect agreement
ICC (2.2) Μέσος όρος ερευνητών	Two-way random effect agreement

ΚΕΦΑΛΑΙΟ IV

Αποτελέσματα

Στη μελέτη πραγματοποιήθηκε αξιολόγηση του οστικού ελλείματος της ωμογλήνης με μετρήσεις που έγιναν σε ψηφιακά τρισδιάστατα μοντέλα και σε εκτυπωμένα τρισδιάστατα μοντέλα με τη χρήση διαφορετικών μεθόδων υπολογισμού (μέθοδος προσθιοπίσθιας απόστασης, μέθοδος σχετικού ύψους/πλάτους της ωμογλήνης, μέθοδος του δείκτη της ωμογλήνης και μέθοδος PICO) και μορφολογική αξιολόγηση της ωμογλήνης (σχήμα, είδος και ύπαρξη εντομής) στα ψηφιακά και εκτυπωμένα μοντέλα.

4.1. Περιγραφικά χαρακτηριστικά του δείγματος

Ο μέσος όρος ηλικίας ήταν τα $33,73 \pm 8,54$ έτη. Το 25% (11/44) του δείγματος ήταν γυναίκες και το 75%(33/44) ήταν άντρες, ενώ ο μέσος αριθμός των εξαρθρημάτων ήταν $3,25 \pm 1,98$ (Πίνακας 4.1).

Ο υπολογισμός του ΟΕ πραγματοποιήθηκε με μετρήσεις σε 44 τρισδιάστατα εκτυπωμένα μοντέλα (συμπεριελήφθησαν μόνο τα παθολογικά) και 44 τρισδιάστατα ψηφιακά μοντέλα της αξονικής τομογραφίας αντίστοιχα.

Ο μέσος όρος του οστικού ελλείματος της ωμογλήνης υπολογισμένο στα τρισδιάστατα εκτυπωμένα μοντέλα με τις 3 διαφορετικές τεχνικές υπολογισμού (μέθοδος προσθιοπίσθιας

απόστασης, μέθοδος σχετικού ύψους/πλάτους της ωμογλήνης και μέθοδος του δείκτη της ωμογλήνης) κυμάνθηκε από $14,36 \pm 11,60\%$ έως $15,37 \pm 10,81\%$, ενώ στα τρισδιάστατα ψηφιακά μοντέλα από $11,40 \pm 8,58$ έως $14,66 \pm 12,28\%$ αντίστοιχα (Πίνακας 4.2).

Η προσθιοπίσθια απόσταση της ωμογλήνης και η κατακόρυφη απόστασή της μετρήθηκε στα ψηφιακά και στα εκτυπωμένα τρισδιάστατα μοντέλα, ενώ το κατακόρυφο και προσθιοπίσθιο βάθος μόνο στα εκτυπωμένα μοντέλα.

Στον Πίνακα 4.3 και 4.4 παρουσιάζονται η μέση τιμή της προσθιοπίσθιας απόστασης, της κατακόρυφης απόστασης στα εκτυπωμένα και στα τρισδιάστατα μοντέλα μεταξύ των φυσιολογικών και παθολογικών ωμογληνών, καθώς και το προσθιοπίσθιο και κατακόρυφο βάθος μόνο στα εκτυπωμένα μοντέλα.

Πίνακας 4.1 Περιγραφικά χαρακτηριστικά του δείγματος (μέση τιμή $\pm$ τυπική απόκλιση, εύρος).

	Μέση τιμή $\pm$ ΤΑ	Εύρος
Ηλικία	$33,73 \pm 8,54$	18-46
Αριθμός εξαρθρημάτων	$3,25 \pm 1,98$	1-8
Φύλο Α/Γ	33(75%)/11(25%)	

Πίνακας 4.2 Περιγραφικά χαρακτηριστικά (μέση τιμή $\pm$ τυπική απόκλιση) του οστικού ελλείμματος με τις διαφορετικές τεχνικές υπολογισμού σε ψηφιακά και εκτυπωμένα μοντέλα.

		Μέση τιμή $\pm$ ΤΑ
Μέθοδος PICO	1 ^ο αξιολογητή	11,40 $\pm$ 8,58
Μέθοδος προσθιοπίσθιας απόστασης στα εκτυπωμένα τρισδιάστατα μοντέλα	1 ^η εκτίμηση 1 ^ο αξιολογητή	14,96 $\pm$ 11,66
	2 ^η εκτίμηση 1 ^ο αξιολογητή	14,42 $\pm$ 11,59
	3 ^η εκτίμηση 1 ^ο αξιολογητή	14,36 $\pm$ 11,60
	Εκτίμηση 2 ^ο αξιολογητή	14,50 $\pm$ 11,58
Μέθοδος σχετικού ύψους/πλάτους της ωμογλήνης στα εκτυπωμένα τρισδιάστατα μοντέλα	1 ^η εκτίμηση 1 ^ο αξιολογητή	15,11 $\pm$ 10,51
	2 ^η εκτίμηση 1 ^ο αξιολογητή	15,37 $\pm$ 10,81
	3 ^η εκτίμηση 1 ^ο αξιολογητή	15,12 $\pm$ 10,91
	Εκτίμηση 2 ^ο αξιολογητή	14,54 $\pm$ 10,81
Μέθοδος δείκτη της ωμογλήνης στα εκτυπωμένα τρισδιάστατα μοντέλα	1 ^η εκτίμηση 1 ^ο αξιολογητή	14,93 $\pm$ 11,66
	2 ^η εκτίμηση 1 ^ο αξιολογητή	14,42 $\pm$ 11,59
	3 ^η εκτίμηση 1 ^ο αξιολογητή	14,36 $\pm$ 11,60
	Εκτίμηση 2 ^ο αξιολογητή	14,50 $\pm$ 11,58
Μέθοδος προσθιοπίσθιας απόστασης στα τρισδιάστατα ψηφιακά μοντέλα	1 ^ο αξιολογητή	14,66 $\pm$ 12,28
Μέθοδος σχετικού ύψους/πλάτους της ωμογλήνης στα τρισδιάστατα ψηφιακά μοντέλα	1 ^ο αξιολογητή	13,83 $\pm$ 11,92
Μέθοδος δείκτη της ωμογλήνης στα τρισδιάστατα ψηφιακά μοντέλα	1 ^ο αξιολογητή	14,66 $\pm$ 12,28

Πίνακας 4.3 Πίνακας μέσων τιμών με τυπικές αποκλίσεις των ανεξάρτητων μεταβλητών προσθιοπίστια απόσταση, κατακόρυφη απόσταση, κατακόρυφο και προσθιοπίσθιο βάθος στα τρισδιάστατα εκτυπωμένα μοντέλα, TA = Τυπική Απόκλιση.

Μεταβλητή	Φυσιολογικό Μέση τιμή $\pm$ TA	Παθολογικό Μέσος τιμή $\pm$ TA
Προσθιοπίστια απόσταση	26,01 $\pm$ 2,6	22,39 $\pm$ 3,33
Κατακόρυφη απόσταση	34,93 $\pm$ 2,85	34,68 $\pm$ 3,11
Προσθιοπίσθιο βάθος	1,48 $\pm$ 0,67	0,97 $\pm$ 0,58
Κατακόρυφο βάθος	4,08 $\pm$ 0,69	4,06 $\pm$ 0,79

ψηφιακών μοντέλων σε φυσιολογικές και παθολογικές ωμογλήνες.

4.2. Μορφολογική Αξιολόγηση

Κατά την μορφολογική αξιολόγηση στη παρούσα μελέτη εκτιμήθηκαν συνολικά 86 εκτυπωμένα τρισδιάστατα μοντέλα, 44 αφορούσαν την παθολογική ωμογλήνη και 42 την ετερόπλευρη υγιή. Καταγράφηκαν το σχήμα, η ύπαρξη και το είδος της εντομής Σχήματα και πραγματοποιήθηκε συσχέτιση με 86 ψηφιακά τρισδιάστατα μοντέλα (Εικόνα 4.1).

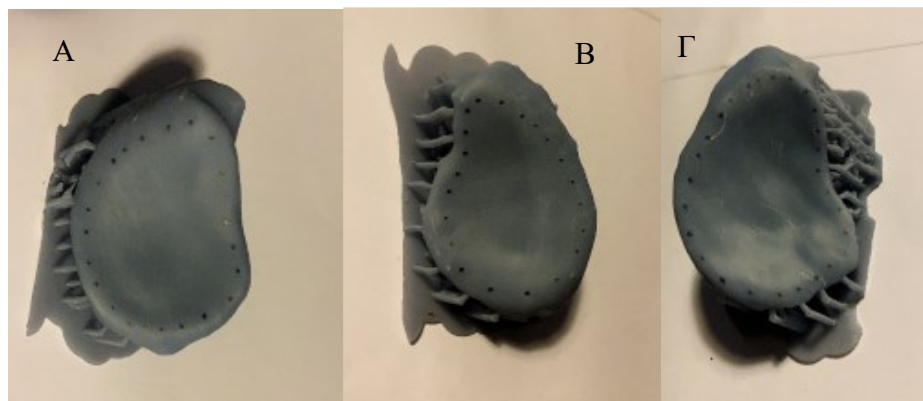
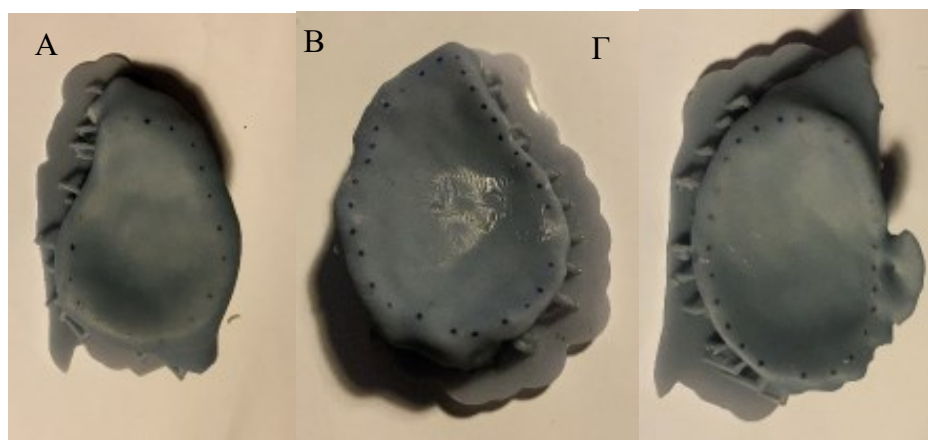
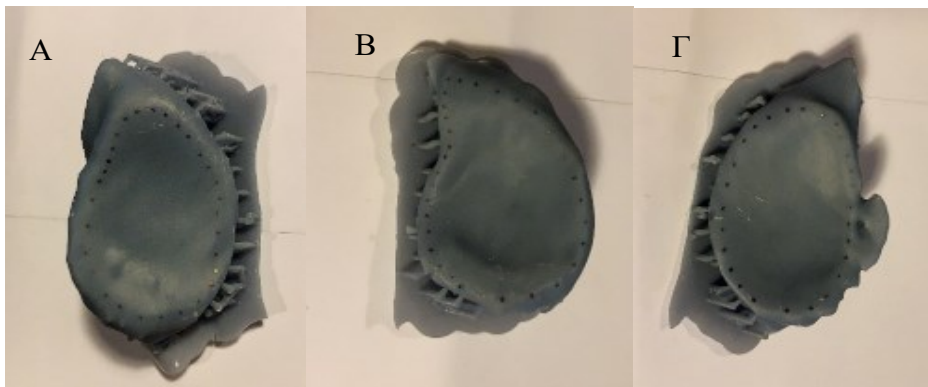
Η συσχέτιση μεταξύ των δύο τεχνικών απεικόνισης της ωμογλήνης (τρειςδιάστατη εκτύπωση και τρισδιάστατη ψηφιακή απεικόνιση) για τις φυσιολογικές ωμογλήνες έδειξε ότι υπάρχει μέτρια συμφωνία (Unweighted Kappa (95% CI) 0.514 (0.25-0.77), $p < 0.005$), ενώ για τις παθολογικές ο αντίστοιχος δείκτης έδειξε ουσιώδη συμφωνία (Unweighted Kappa (95% CI) 0.736 (0.54-0.93) $p < 0.005$). (Πίνακας 4.6).

4.2.1. Σχήμα ωμογλήνης

Στον Πίνακα 4.5 φαίνεται η συχνότητα εμφάνισης του σχήματος της ωμογλήνης μεταξύ εκτυπωμένων και

Πίνακας 4.4 Πίνακας μέσων τιμών με τυπικές αποκλίσεις των ανεξάρτητων μεταβλητών προσθιοπίστια απόσταση, κατακόρυφη απόσταση στα τρισδιάστατα ψηφιακά μοντέλα, TA = Τυπική Απόκλιση.

Μεταβλητή	Φυσιολογικό Μέση τιμή $\pm$ TA	Παθολογικό Μέση τιμή $\pm$ TA
Προσθιοπίστια απόσταση	27,33 $\pm$ 2,39	23,26 $\pm$ 3,75
Κατακόρυφη απόσταση	37,31 $\pm$ 3,17	37,07 $\pm$ 3,27



Εικόνα 4.1 ΠΑΝΩ: Σχήματα ωμογλήνης Α = Δίκην αχλάδι Β = Ανάστροφο κόμμα Γ = Οβάλ, ΚΕ-ΝΤΡΟ: Υπαρξη εντομής Α = Μία εντομή Β = Δύο εντομές Γ = Καμία εντομή, ΚΑΤΩ: Είδος εντομής Α = Ήπια Β = Μέτρια Γ = Έντονη.

Πίνακας 4.5 Ποσοστά εμφάνισης σχήματος της ωμογλήνης μεταξύ εκτυπωμένων και ψηφιακών μοντέλων σε φυσιολογικές και παθολογικές ωμογλήνες.

Σχήμα Φυσιολογικής ωμογλήνης	Τρισδιάστατα εκτυπωμένα μοντέλα	Τρισδιάστατα ψηφιακά μοντέλα
Ανάστροφο Κόμμα	11 (26,2%)	6 (14,3%)
Οβάλ	4 (9,5%)	6 (14,3%)
Δίκην Αχλάδι	27 (64,3%)	30 (71,4%)
Σχήμα Παθολογικής ωμογλήνης	Τρισδιάστατα εκτυπωμένα μοντέλα	Τρισδιάστατα ψηφιακά μοντέλα
Ανάστροφο Κόμμα	5 (11,4%)	2 (4,5%)
Οβάλ	27 (61,4%)	28 (63,6%)
Δίκην Αχλάδι	12 (27,3%)	14 (31,8%)

Πίνακας 4.6 Πίνακας συσχέτισης του σχήματος μεταξύ εκτυπωμένων και ψηφιακών τρισδιάστατων μοντέλων.

Φυσιολογικό		Σχήμα ωμογλήνης στα τρισδιάστατα ψηφιακά μοντέλα				Σύνολο
		Ανάστροφο κόμμα	Οβάλ	Δίκην Αχλάδι		
Σχήμα ωμογλήνης στα τρισδιάστατα εκτυπωμένα μοντέλα	Ανάστροφο κόμμα	n	5	0	6	11
		%	11,9%	0,0%	14,3%	26,2%
	Οβάλ	n	1	3	0	4
		%	2,4%	7,1%	0,0%	9,5%
	Δίκην Αχλάδι	n	0	3	24	27
		%	0,0%	7,1%	57,1%	64,3%
	Σύνολο	n	6	6	30	42
		%	14,3%	14,3%	71,4%	100,0%
Unweighted Kappa (95% CI) 0.514 (0.25-0.77), p<0.005						
Linear weighted Kappa (95% CI) 0.504 (0.24-0.77), p<0.005						

Παθολογικό		Σχήμα ωμογλήνης στα τρισδιάστατα ψηφιακά μοντέλα				Σύνολο
		Ανάστροφο Κόμμα		Οβάλ	Δίκην Αχλάδι	
Σχήμα ωμογλήνης στα τρισδιάστατα εκτυπωμένα μοντέλα	Ανάστροφο κόμμα	n	2	0	3	5
		%	4,5%	0,0%	6,8%	11,4%
	Οβάλ	n	0	26	1	27
		%	0,0%	59,1%	2,3%	61,4%
	Δίκην Αχλάδι	n	0	2	10	12
		%	0,0%	4,5%	22,7%	27,3%
	Σύνολο	n	2	28	14	44
		%	4,5%	63,6%	31,8%	100,0%

Unweighted Kappa (95% CI) 0.736 (0.54-0.93) p<0.005

Linear weighted Kappa (95% CI) 0.639 (0.38-0.89) p<0.005

4.2.2. Παρουσία εντομής

Η ύπαρξη εντομής στην ανάλυση των μορφολογικών χαρακτηριστικών βασίστηκε στην παρουσία μίας ή δύο εντομών καθώς και στην πλήρη απουσία αυτής. Στον Πίνακα 4.7 παρουσιάζονται οι συχνότητες της ύπαρξης μίας, δύο ή καμίας εντομής στις φυσιολογικές και παθολογικές ωμογλήνες μεταξύ των δύο τεχνικών απεικόνισης. Μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης (88.1%) παρουσίασε η μία εντομή και στις δυο μεθόδους απεικόνισης για τις φυσιολογικές, ενώ για τις παθολογικές δεν παρατηρήθηκε καμία διπλή εντομή μεταξύ των δύο

τεχνικών απεικόνισης, με μεγαλύτερο ποσοστό εμφάνισης να παρουσιάζει η μία εντομή αντίστοιχα και στις δύο τεχνικές.

Κατά την συσχέτιση, όσον αφορά την αναγνώριση του είδους της εντομής μεταξύ των δύο τεχνικών απεικόνισης, ο δείκτης kappa για τις φυσιολογικές ωμογλήνες ανέδειξε ουσιαστική συμφωνία (Unweighted Kappa (95% CI) 0.780 (0.48-1,00) p<0.005), ενώ για τις παθολογικές ωμογλήνες μέτρια συμφωνία (Unweighted Kappa (95% CI) 0.585 (0.34-0,83), p<0.005) (Πίνακας 4.8).

Πίνακας 4.7 Πίνακας ποσοστών εμφάνισης εντομής μεταξύ εκτυπωμένων και ψηφιακών μοντέλων της ωμογλήνης σε φυσιολογικές και παθολογικές ωμογλήνες.

Έντομη εντομής φυσιολογικής ωμογλήνης	Τρισδιάστατα εκτυπωμένα μοντέλα	Τρισδιάστατα ψηφιακά μοντέλα
Καμία	3 (7,1%)	3 (7,1%)
Μία	37 (88,1%)	37 (88,1%)
Δύο	2 (4,8%)	2 (4,8%)

Έντομη εντομής παθολογικής ωμογλήνης	Τρισδιάστατα εκτυπωμένα μοντέλα	Τρισδιάστατα ψηφιακά μοντέλα
Καμία	20 (45,5%)	19 (43,2%)
Μία	24 (54,5%)	25 (56,8%)
Δύο	0	0

Πίνακας 4.8 Πίνακας συσχέτισης της ύπαρξης εντομής στο σχήμα της ωμογλήνης μεταξύ εκτυπωμένων και ψηφιακών μοντέλων.

Φυσιολογικό		Παρουσία εντομής στα τρισδιάστατα ψηφιακά μοντέλα			Σύνολο	
		Καμία	Μία	Δύο		
Παρουσία εντομής στα τρισδιάστατα εκτυπωμένα μοντέλα	Καμία	n	2	1	0	3
		%	4,8%	2,4%	0,0%	7,1%
	Μία	n	1	36	0	37
		%	2,4%	85,7%	0,0%	88,1%
	Δύο	n	0	0	2	2
		%	0,0%	0,0%	4,8%	4,8%
	Σύνολο	n	3	37	2	42
		%	7,1%	88,1%	4,8%	100,0%

Unweighted Kappa (95% CI) 0.780 (0.48-1,00) p<0.005

Linear weighted Kappa (95% CI) 0.786 (0.50-0.89) p<0.005

Παθολογικό		Παρουσία εντομής στα τρισδιάστατα ψηφιακά μοντέλα		Σύνολο
		Καμία	Μία	
Παρουσία εντομής στα τρισδιάστατα εκτυπωμένα μοντέλα	Καμία	n	15	20
		%	34,1%	45,5%
	Μία	n	4	24
		%	9,1%	54,5%
	Σύνολο	n	19	44
		%	43,2%	100,0%
Unweighted Kappa (95% CI) 0.585 (0.34-0.83), p<0.005				

4.2.3. Είδος εντομής

Το είδος της εντομής ελέγχθηκε στις δύο διαφορετικές τεχνικές απεικόνισης της ωμογλήνης ως προς τον τύπο αυτής. Η εντομή της ωμογλήνης χαρακτηρίζεται από τρεις τύπους (ήπια, μέτρια και έντονη εντομή) (Coskun et al., 2006).

Στον Πίνακα 4.9 παρουσιάζονται τα ποσοστά εμφάνισης του είδους της εντομής για τις φυσιολογικές και παθολογικές ωμογλήνες. Όπως φαίνεται υψηλότερη συχνότητα εμφάνισης στις φυσιολογικές είχε ο τύπος 2 με τους τύπους 1 και 3 να εμφανίζουν ίδια συχνότητα εμφάνισης για τα τρισδιάστατα εκτυπωμένα μοντέλα, ενώ στα τρισδιάστατα ψηφιακά μοντέλα μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης

παρουσίασε ο τύπος 1. Στις παθολογικές, μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης παρουσίασε ο τύπος 1 και για τις δύο τεχνικές απεικόνισης (Πίνακας 4.9). Κατά τον έλεγχο συσχέτισης για τις δύο τεχνικές απεικόνισης, όσον αφορά το είδος της εντομής, ο δείκτης kappa έδειξε ότι υπάρχει μέτρια συμφωνία (Unweighted Kappa (95% CI) 0.527 (0.32-0.73) p<0.005, Unweighted Kappa (95% CI) 0.455 (0.24-0.67) p<0.005) και στις φυσιολογικές αλλά και στις παθολογικές ωμογλήνες (Πίνακας 4.10).

Πίνακας 4.9 Πίνακας ποσοστών εμφάνισης είδους εντομής της ωμογλήνης μεταξύ εκτυπωμένων και ψηφιακών μοντέλων, τόσο σε φυσιολογικές όσο και σε παθολογικές ωμογλήνες.

Είδος εντομής φυσιολογικής ωμογλήνης	Τρισδιάστατα εκτυπωμένα μοντέλα	Τρισδιάστατα ψηφιακά μοντέλα
Τύπος 1	12 (28.6%)	16 (38.1%)
Τύπος 2	15 (33.7%)	15 (33.7%)
Τύπος 3	12 (28.6%)	8 (19%)
Καμία	3 (7.1%)	3 (7.1%)

Είδος εντομής παθολογικής ωμογλήνης	Τρισδιάστατα εκτυπωμένα μοντέλα	Τρισδιάστατα ψηφιακά μοντέλα
Τύπος 1	15 (34.1%)	14 (31.8%)
Τύπος 2	5 (11.4%)	10 (22.7%)
Τύπος 3	4 (9.1%)	1 (2.3%)
Καμία	20 (45.5%)	19 (43.2%)

Πίνακας 4.10 Πίνακας συσχέτισης μεταξύ των δύο μεθόδων για το είδος της εντομής της ωμογλήνης.

Φυσιολογικό			Είδος εντομής στα τρισδιάστατα ψηφιακά μοντέλα				Σύνολο
			I	II	III	Καμία	
Είδος εντομής στα τρισδιάστατα εκτυ- πωμένα μοντέλα	I	n	11	1	0	0	12
		%	26,2%	2,4%	0,0%	0,0%	28,6%
	II	n	3	9	2	1	15
		%	7,1%	21,4%	4,8%	2,4%	35,7%
	III	n	1	5	6	0	12
		%	2,4%	11,9%	14,3%	0,0%	28,6%
	Καμία	n	1	0	0	2	3
		%	2,4%	0,0%	0,0%	4,8%	7,1%
Σύνολο	n	16	15	8	3	42	
	%	38,1%	35,7%	19,0%	7,1%	100,0%	

Unweighted Kappa (95% CI) 0.527 (0.32-0,73) p<0.005							
Linear weighted Kappa (95% CI) 0.577 (0.37-0.78) p<0.005							
Παθολογικό			Είδος εντομής στα τρισδιάστατα ψηφιακά μοντέλα				Σύνολο
			I	II	III	Καμία	
Είδος εντομής στα τρισδιάστατα εκτυπωμένα μοντέλα	I	n	8	3	0	4	15
		%	18,2%	6,8%	0,0%	9,1%	34,1%
	II	n	1	4	0	0	5
		%	2,3%	9,1%	0,0%	0,0%	11,4%
	III	n	1	2	1	0	4
		%	2,3%	4,5%	2,3%	0,0%	9,1%
	Καμία	n	4	1	0	15	20
		%	9,1%	2,3%	0,0%	34,1%	45,5%
	Σύνολο	n	14	10	1	19	44
		%	31,8%	22,7%	2,3%	43,2%	100,0%
Unweighted Kappa (95% CI) 0.455 (0.24-0,67) p<0.005							
Linear weighted Kappa (95% CI) 0.463 (0.23-0.70) p<0.005							

4.2.4. Μεταβολή του σχήματος της ωμογλήνης πριν τα εξαρθήματα και μετά από αυτά

Στη παρούσα μελέτη αξιολογήθηκε επίσης η μεταβολή του σχήματος της ωμογλήνης πριν τα εξαρθήματα και μετά από αυτά.

Παρατηρήθηκε ότι οι ωμογλήνες με σχήμα δίκην αχλαδιού (64.3%)

μετατράπηκαν σε οβάλ σχήμα κατά 38,1% ενώ το 23,8% αυτών διατήρησε το αρχικό του σχήμα (Πίνακας 4.11). Δεύτερη μεγαλύτερη μεταβολή στο σχήμα παρουσιάζουν οι ωμογλήνες δίκην ανάστροφου κόμματος με το 16,7% των περιπτώσεων να μετατρέπεται σε οβάλ σχήμα, ενώ όλες οι οβάλ φυσιολογικές ωμογλήνες διατήρησαν το σχήμα τους (Πίνακας 4.11).

Πίνακας 4.11 Πίνακας με τα ποσοστά μεταβολής σχήματος της ωμογλήνης πριν και μετά τα εξαρθρήματα.

		ΣΧΗΜΑ ΩΜΟΓΛΗΝΗΣ παθολογικό				Σύνολο
			Ανά- στροφο Κόμμα	Οβάλ	Δίκην Αχλάδι	
ΣΧΗΜΑ ΩΜΟΓΛΗΝΗΣ φυσιολογικό	Ανάστροφο Κόμμα	n	3	7	1	11
		%	7,1%	16,7%	2,4%	26,2%
	Οβάλ	n	0	4	0	4
		%	0,0%	9,5%	0,0%	9,5%
	Δίκην Αχλάδι	n	1	16	10	27
		%	2,4%	38,1%	23,8%	64,3%
	Σύνολο	n	4	27	11	42
		%	9,5%	64,3%	26,2%	100,0%

Τέλος, στο πλαίσιο της μορφολογικής αξιολόγησης εκτιμήθηκε το βάθος της ωμογλήνης μόνο στα εκτυπωμένα τρισδιάστατα μοντέλα. Το βάθος της ωμογλήνης προσδιορίστηκε ως προς τον κατακόρυφο και ως προς τον προσθιοπίσθιο άξονα. Σε σχέση με τις

διαφορές μεταξύ φυσιολογικής και παθολογικής ωμογλήνης παρατηρήθηκε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά για την μεταβλητή προσθιοπίσθιο βάθος ($p < 0.0005$), ενώ δεν υπάρχει για το κατακόρυφο βάθος ($p = 0.795$) (Πίνακας 4.12).

Πίνακας 4.12 Πίνακας μεταβολών των μεταβλητών προσθιοπίσθιο βάθος και κατακόρυφο βάθος μεταξύ της φυσιολογικής και της παθολογικής ωμογλήνης, TA = Τυπική Απόκλιση.

		Μέση τιμή $\pm$ TA	Μέση τιμή διαφοράς (95%ΔΕ)	p-value
Προσθιοπίσθιο βάθος	Φυσιολογική	1,48 $\pm$ 0,67	0,51 (0,32/0,70)	<0,0005
	Παθολογική	0,97 $\pm$ 0,58		
Κατακόρυφο βάθος	Φυσιολογική	4,08 $\pm$ 0,69	0,03 (-0,17/0,23)	0,795
	Παθολογική	4,06 $\pm$ 0,79		

4.3. Εγκυρότητα Μεθόδων υπολογισμού του οστικού ελλείματος ως προς τη μέθοδο PICO

Στον έλεγχο εγκυρότητας πραγματοποιήθηκε σύγκριση των μετρήσεων του ποσοστού του ΟΕ της ωμογλήνης με την μέθοδο PICO (gold standard, βλ. σελίδα 25) με τις τρεις διαφορετικές μεθόδους μέτρησης (Μέθοδος προσθοπίσθιας διαμέτρου, μέθοδος σχετικού ύψους/πλάτους της ωμογλήνης και μέθοδος του δείκτη της ωμογλήνης) στα εκτυπωμένα μοντέλα.

Οι τιμές των μετρήσεων του οστικού ελλείματος με τις διαφορετικές μεθόδους υπολογισμού στα

εκτυπωμένα μοντέλα συγκρίθηκαν με τις τιμές από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν με τη μέθοδο PICO με τη δοκιμασία T-test ανά ζεύγη (Πίνακας 4.13).

Η μέθοδος σχετικού ύψους/πλάτους της ωμογλήνης παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μετρήσεων με μέση τιμή διαφοράς -3.0%, $p = 0.004$, ενώ για τις μεθόδους προσθοπίσθιας διάστασης και δείκτη της ωμογλήνης δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές με μέση τιμή -1.24%, $p = 0.450$ και στις δύο περιπτώσεις (Πίνακας 4.13)

Πίνακας 4.13 Πίνακας σύγκρισης με t-test ανά ζεύγη μεταξύ των μετρήσεων των μεθόδων υπολογισμού στα εκτυπωμένα μοντέλα και τη μέθοδο PICO, TA = Τυπική Απόκλιση, ΔΕ = διάστημα εμπιστοσύνης.

Μέθοδος PICO vs Τεχνικές υπολογισμού	Μέση τιμή $\pm$ TA	Μέση τιμή διαφοράς	95%ΔΕ	t (43)	p-value
Ζεύγος 1	Μέθοδος PICO 11,40 $\pm$ 8,58	-1,24	(-4,5/2,03)	-0,76	0,450
	Μέθοδος Προσθοπίσθιας Διάστασης 12,64 $\pm$ 13,63				
Ζεύγος 2	Μέθοδος PICO 11,40 $\pm$ 8,58	-3,0	(-5,01/-0,98)	-3,0	0,004
	Μέθοδος σχετικού Ύψους/Πλάτους 14,40 $\pm$ 11,32				
Ζεύγος 3	Μέθοδος PICO 11,40 $\pm$ 8,58	-1,24	(-4,5/2,03)	-0,76	0,450
	Μέθοδος Δείκτη ωμογλήνης 12,64 $\pm$ 13,63				

Πίνακας 4.14 Πίνακας αποτελεσμάτων δείκτη συσχέτισης μεταξύ των μεθόδων υπολογισμού του οστικού ελλείματος της ωμογλήνης σε σχέση με την μέθοδο PICO.

Μεταβλητές (n = 44)	ICC (95%CI)	p-value
Μέθοδος προσθιοπίσθιας διάστασης (%)	0,690(0,43-0,83)	p<0.05
Μέθοδος σχετικού ύψους/πλάτους της ωμογλήνης(%)	0,856(0,63-0,93)	p<0.05
Μέθοδος δείκτη της ωμογλήνης(%)	0,738(0,52-0,86)	p<0.05

4.4. Συσχέτιση μεταξύ των μεθόδων υπολογισμού του οστικού ελλείματος στα τρισδιάστατα εκτυπωμένα μοντέλα και της μεθόδου PICO

Κατά την συσχέτιση μεταξύ των μεθόδων υπολογισμού του οστικού ελλείματος στα τρισδιάστατα εκτυπωμένα μοντέλα και της μεθόδου PICO παρατηρήθηκε καλή συμφωνία για την μέθοδο προσθιοπίσθιας απόστασης και για τη μέθοδο του δείκτη της ωμογλήνης (ICC = 0.69 και ICC =

0.738 αντίστοιχα), ενώ παρατηρήθηκε πολύ καλή συμφωνία της μεθόδου σχετικού ύψους/πλάτους της ωμογλήνης (ICC = 0.856) (Πίνακας 4.14).

Επίσης ελέγχθηκε η συσχέτιση των τριών μεθόδων υπολογισμού του οστικού ελλείματος μεταξύ τρισδιάστατων εκτυπωμένων μοντέλων και των τρισδιάστατων ψηφιακών μοντέλων, όπου παρατηρήθηκε τέλεια συμφωνία μεταξύ των μεθόδων (Πίνακας 4.15).

Πίνακας 4.15 Πίνακας συσχέτισης των μεθόδων μέτρησης οστικού ελλείματος της ωμογλήνης μεταξύ των τρισδιάστατων εκτυπωμένων και ψηφιακών μοντέλων.

ICC (95%CI)				
	Μέθοδος προσθιοπίσθιας απόστασης (%) στα τρισδιάστατα ψηφιακά μοντέλα	Μέθοδος σχετικού ύψους/πλάτους της ωμογλήνης(%)στα τρισδιάστατα ψηφιακά μοντέλα	Μέθοδος δείκτη της ωμογλήνης(%)στα τρισδιάστατα ψηφιακά μοντέλα	p-value
Μέθοδος προσθιοπίσθιας απόστασης (%) στα τρισδιάστατα εκτυπωμένα μοντέλα	0,908(0,83-0,95)	---	---	p<0.05

Μέθοδος σχετικού ύψους/πλάτους της ωμογλήνης (%) στα τρισδιάστατα εκτυπωμένα μοντέλα	---	0,931(0,87-0,96)	---	p<0.05
Μέθοδος δείκτη της Ωμογλήνης (%) στα τρισδιάστατα εκτυπωμένα μοντέλα	---	---	0,908(0,83-0,95)	p<0.05

4.5. Μελέτη Αξιοπιστίας

Στη μελέτη αξιοπιστίας των μετρήσεων στα τρισδιάστατα εκτυπωμένα μοντέλα υπολογίσθηκε ο δείκτης ενδοταξικής συσχέτισης ICC μεταξύ των μετρήσεων του ίδιου εξεταστή και μεταξύ των μετρήσεων δύο διαφορετικών εξεταστών. Στον Πίνακα 4.16 παρουσιάζονται οι υψηλές τιμές συσχέτισης μεταξύ των μετρήσεων του ίδιου εξεταστή παρατηρώντας ότι υπάρχει

τέλεια συμφωνία ανάμεσα στις μετρήσεις για όλες τις μεταβλητές, ενώ στον Πίνακα 4.17 διαπιστώνεται υψηλή συσχέτιση και μεταξύ των μετρήσεων των δύο εξεταστών με τον δείκτη να παρουσιάζει απόλυτη συμφωνία αντίστοιχα για όλες τις μετρήσεις. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν εξαιρετικά υψηλή αξιοπιστία για τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν τόσο μεταξύ των μετρήσεων του ίδιου εξεταστή, όσο και μεταξύ των δύο εξεταστών.

Πίνακας 4.16 Πίνακας αποτελεσμάτων ελέγχου αξιοπιστίας μεταξύ του ίδιου εξεταστή. LB = lower bound UB = upper bound CI = confidence interval Sig = significance.

Μεταβλητή (N=44)	ICC	95% CI		Sig
		LB	UB	
Μέθοδος προσθοπίσθιας διάστασης	0.989	0.983	1	0,00
Μέθοδος Σχετικού ύψους/πλάτους της ωμογλήνης	0.992	0.99	0.99	0,00
Μέθοδος Δείκτη της ωμογλήνης	0.989	0,98	1	0,00
Κατακόρυφο Βάθος	0.989	0.98	1	0,00
Προσθιοπίσθιο Βάθος	0.992	0.99	1	0,00

Πίνακας 4.17 Πίνακας αποτελεσμάτων ελέγχου αξιοπιστίας μεταξύ των δύο εξεταστών. *LB = lower bound UB = upper bound CI = confidence interval Sig = significance.*

Μεταβλητή (N=44)	ICC	95% CI		Sig
		LB	UB	
Μέθοδος προσθοπίσθιας απόστασης	0.998	0.99	1	0,00
Μέθοδος Σχετικού ύψους/πλάτους της ωμογλήνης	0.989	0.98	0.99	0,00
Μέθοδος Δείκτη της ωμογλήνης	0,998	0,99	1	
Κατακόρυφο Βάθος	1.00	1	1	0,00
Προσθιοπίσθιο Βάθος	1.00	1	1	0,00

ΚΕΦΑΛΑΙΟ V

Συζήτηση- Συμπεράσματα

Η πρόσθια χρόνια αστάθεια του ώμου είναι αιτία πόνου, πολλαπλών επεισοδίων εξάρθρωσης και μειωμένης λειτουργικότητας του άνω άκρου (Olds et al., 2015). Η μορφολογία της ωμογλήνης επηρεάζει την σταθερότητα της άρθρωσης και σε συνδυασμό με την παρουσία μετατραυματικών οστικών ελλειμμάτων επηρεάζει την εμβιομηχανική του ώμου (Wermers et al., 2021).

Το σχήμα της ωμογλήνης σύμφωνα με προηγούμενη μελέτη ταξινομείται σε 3 μορφές αχλάδι, οβάλ, και ανάστροφο κόμμα με μεγαλύτερη συχνότητα 43,3% αυτή του οβάλ, ενώ δεύτερο σε συχνότητα είναι το σχήμα δίκην αχλαδιού με 29,2% και τελευταίο το ανάστροφο κόμμα με 27,5% (Khan et al., 2020). Στην μελέτη του Mamatha και συν. μεγαλύτερη συχνότητα παρουσίασε το σχήμα δίκην αχλαδιού (46%), ακολουθώντας το σχήμα ανάστροφο κόμμα με 34% και τελευταίο σε συχνότητα το σχήμα οβάλ με 20% (Mamatha et al., 2011). Στη παρούσα μελέτη εκτιμήθηκε το σχήμα στις φυσιολογικές και στις παθολογικές ωμογλήνες. Στις φυσιολογικές ωμογλήνες μεγαλύτερη συχνότητα είχε το σχήμα δίκην αχλαδιού (64%-71%,) ενώ δεύτερο σε συχνότητα ήταν το ανάστροφο κόμμα (14%-26%) με τελευταίο το οβάλ (9%-14%) συχνότητες που συμβαδίζουν με την μελέτη του Mamatha και συν., καθώς και με τη μελέτη των Dhindsa και συν. στην οποία το σχήμα δίκην αχλάδι εμφανίζεται με 48.8% ενώ το ανάστροφο κόμμα και το οβάλ με 29.3% και 22% αντίστοιχα (Dhindsa & Singh, 2014; Mamatha et al., 2011). Τα αποτελέσματα του σχήματος της ωμογλήνης συμβαδίζουν για το σχήμα δίκην αχλαδιού, όσον αφορά την μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης αλλά διαφωνούν με τις συχνότητες των άλλων σχημάτων στην μελέτη των

Chhabra και συν. όπου δεύτερο σε συχνότητα είναι το σχήμα οβάλ με 32.4% και τελευταίο το ανάστροφο κόμμα με 12.7%. Οι διαφορετικές μορφολογικές μελέτες δείχνουν την μεγάλη ετερογένεια μεταξύ των διαφορετικών πληθυσμών, όσον αφορά το σχήμα της ωμογλήνης. Στην μελέτη των El-Din και συν., η οποία πραγματοποιήθηκε σε δείγμα Αιγυπτίων, παρουσιάζει μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης το σχήμα οβάλ με 48.8%, δεύτερο είναι το σχήμα δίκην αχλαδιού με 35% και τελευταίο το ανάστροφο κόμμα με 16.2% (El-Din & Ali, 2015).

Στην δική μας μελέτη, στις παθολογικές ωμογλήνες παρατηρήθηκαν μεγαλύτερα ποσοστά εμφάνισης για το σχήμα οβάλ (61%-63%) με το σχήμα δίκην αχλαδιού να είναι δεύτερο (27%-31%) και το ανάστροφο κόμμα τελευταίο (5%-11%). Τα αποτελέσματα αυτά συμβαδίζουν με την μορφολογική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε από τους Jung και συν., οι οποίοι μελέτησαν τις μορφολογικές αλλαγές της ωμογλήνης σε ασθενείς με επαναλαμβανόμενη αστάθεια και ανάπτυξη αρθρικών αλλοιώσεων, πριν την δημιουργία εξατομικευμένων προθέσεων για την αντικατάσταση της άρθρωσης (Jung et al., 2012). Παρατήρησαν πως η μεταβολή του σχήματος ήταν μεγαλύτερη από το σχήμα δίκην αχλαδιού στο σχήμα οβάλ λόγω της παρατεταμένης φθοράς. Τα αποτελέσματα αυτά συμβαδίζουν με τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής που ανέδειξαν πως το σχήμα δίκην αχλαδιού μεταβλήθηκε σε ποσοστό 38,1% σε οβάλ και το ανάστροφο κόμμα με 16,7%.

Η ύπαρξη ή όχι εντομής της ωμογλήνης και το είδος αυτής είναι ακόμα δύο μορφολογικά χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν στην παρούσα έρευνα βασιζόμενη στην ταξινόμηση των Coskun και συν. που ταξινομούν την ωμογλήνη σε τύπου 1 (χωρίς εντομή), τύπου 2 (μια

εντομή) και τύπου 3 (διπλή εντομή) και το είδος της εντομής σε τύπου 1 (ήπια), τύπου 2 (μέτρια), τύπου 3 (έντονη) και τύπου 4 (απουσία εντομής) (Coskun et al., 2006).

Τα αποτελέσματα στην καταγραφή της ύπαρξης της εντομής έδειξαν πως ο τύπος 3 παρουσιάζει την χαμηλότερη συχνότητα με μόλις 2/42 (4,8%) ενώ ο συχνότερος τύπος είναι ο 2^{ος} με ποσοστά 88% μεταξύ των φυσιολογικών, ενώ στις παθολογικές έχουμε μείωση της εμφάνισης τύπου 2 στο 55% και αύξηση του τύπου 1 με ποσοστό 45% έναντι 7% στις φυσιολογικές. Τα αποτελέσματα επιβεβαιώνονται από τη μελέτη των Khan και συν. (2020), η οποία αφορά μια πτωματική μελέτη με δείγμα 164 ωμογλήνες, όπου ο τύπος 2 εμφανίζεται στο 92% των περιπτώσεων, ενώ το 8% είναι τύπου 1 (Khan et al., 2020). Επίσης, οι Raaj και συν. (2018) σε 100 πτωματικά παρασκευάσματα, αναγνωρίζουν στο 88% των περιπτώσεων εντομή τύπου 2 και 12% τύπου 1, αποτελέσματα που συμφωνούν με την παρούσα έρευνα (Raaj et al., 2018). Αντίθετα, στη μελέτη των Coskun και συν. (2006), σε 90 τυχαία επιλεγμένα πτωματικά παρασκευάσματα, ο τύπος 2 εμφανίζεται στο 28% των περιπτώσεων ενώ ο τύπος 1 στο 72%, ποσοστά αντίθετα με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης (Coskun et al., 2006). Η ποικιλομορφία της εντομής της ωμογλήνης βοηθάει γιατί αποτελεί προδιαθεσικό παράγοντα υποτροπής του εξάρθρηματος, αφού στο σημείο της εντομής ο ΕΧ δεν εφάπτεται με την ωμογλήνη με αποτέλεσμα την αύξηση της προδιάθεσης για αστάθεια (Coskun et al., 2006).

Το είδος της εντομής (τύπου 1 = ήπιο, τύπου 2 = μέτριο, τύπου 3 = έντονο, τύπου 4 = καθόλου) που επικράτησε στη μελέτη αυτή στα εκτυπωμένα μοντέλα μεταξύ των φυσιολογικών ωμογληνών ήταν τύπου 1 και τύπου 2 με

28.6% και 33.7% αντίστοιχα, ενώ ο τύπος 3 εμφανίστηκε στο 28.6%. Αντίθετα, στα ψηφιακά μοντέλα τύπος 1 βρέθηκε στο 38.1%, τύπος 2 στο 33.7% και τύπος 3 στο 19%. Στη μελέτη των Alashkham και συν. (2017) παρουσιάζονται τα αποτελέσματα εμφάνισης της εντομής ως προς το είδος αυτής χωρισμένο σε ήπια, μέτρια και έντονη μορφή (Alashkham et al., 2017). Ο τύπος 3 αναδείχθηκε με το μεγαλύτερο ποσοστό (38%), ενώ ο τύπος 1 και 2 με ποσοστό 34 και 28% αντίστοιχα, αποτελέσματα που πλησιάζουν τα ευρήματα της δικής μας μελέτης, με τον τύπο 1 και τύπο 2 να παρουσιάζουν όμοια αποτελέσματα αλλά το ποσοστό του τύπου 3 να παρουσιάζει μεγάλη διαφορά και στις δύο (2) τεχνικές απεικόνισης (εκτυπωμένα και ψηφιακά μοντέλα).

Στις παθολογικές ωμογλήνες διαπιστώθηκε σημαντική αύξηση του τύπου 4 (απουσία της εντομής) από 7% στις φυσιολογικές σε 43% στις παθολογικές, γεγονός που δηλώνει την αλλαγή του σχήματος και των μορφολογικών χαρακτηριστικών της ωμογλήνης μετά από εξάρθρημα της γληνοβραχιόνιας άρθρωσης. Εύρημα που συμβαδίζει με τα αποτελέσματα μας διαπιστώνονται σε μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε πτωματικά παρασκευάσματα, όπου μελετήθηκε η αλλαγή των μορφολογικών χαρακτηριστικών της ωμογλήνης πριν και μετά από πολλαπλά επεισόδια εξάρθρηματος, καταγράφοντας τις αλλαγές του σχήματος, τον εντοπισμό της εντομής της ωμογλήνης και συσχετίζοντας την αλλαγή του σχήματος με το ΟΕ (Arciero et al., 2015b). Παρατηρήθηκε ότι σε ΟΕ >2χιλ. στην προσθοπίσθια διάσταση της ωμογλήνης υπάρχει αλλαγή του σχήματος και απουσία της εντομής σε ποσοστό 67% των περιπτώσεων (Arciero et al., 2015b).

Η συσχέτιση των δύο τεχνικών απεικόνισης της ωμογλήνης που

συγκρίθηκαν στην παρούσα μελέτη, ψηφιακά τρισδιάστατα μοντέλα έναντι εκτυπωμένων τρισδιάστατων μοντέλων, όσον αφορά την αναγνώριση του σχήματος της ωμογλήνης, της ύπαρξης ή όχι εντομής και το είδος αυτής, έδειξε μέτρια έως ουσιώδη συμφωνία με τον αστάθμητο και γραμμικά σταθμισμένο δείκτη Kappa. Πιο συγκεκριμένα, η συσχέτιση που αφορούσε το σχήμα της ωμογλήνης έδειξε μέτρια συμφωνία μεταξύ των φυσιολογικών ωμογληνών και ουσιώδη συμφωνία μεταξύ των παθολογικών ωμογληνών. Για την ύπαρξη και το είδος της εντομής η συσχέτιση έδειξε ουσιώδη συμφωνία για τις φυσιολογικές ωμογλήνες και μέτρια συμφωνία για τις παθολογικές μεταξύ των δύο μεθόδων απεικόνισης.

Το βάθος της ωμογλήνης αξιολογήθηκε σε δύο άξονες, τον κατακόρυφο και τον προσθιοπίσθιο. Η μέση διαφορά ήταν στατιστικά σημαντική για τον προσθιοπίσθιο άξονα ($0,51 \text{ mm}$ με εύρος από $0,32 \text{ mm}$ έως $0,70 \text{ mm}$, $p < 0.0005$), ενώ δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά για τον κατακόρυφο άξονα. Το αποτέλεσμα συμβαδίζει με την βιβλιογραφία, όπου αναφέρεται μείωση του βάθους μεταξύ φυσιολογικών και παθολογικών ωμογληνών σε 119 ασθενείς που έπασχαν από πρόσθια χρόνια αστάθεια του ώμου (Haas et al., 2019). Οι μετρήσεις του βάθους πραγματοποιήθηκαν μόνο στον προσθιοπίσθιο άξονα με μέση τιμή για τους υγιείς ώμους $1,9 \pm 0,9 \text{ mm}$ και στους παθολογικούς $1,5 \pm 0,9 \text{ mm}$ και στατιστικά σημαντική διαφορά με $p < 0.001$ (Haas et al., 2019). Σε άλλη μελέτη σε 368 ανθρώπινα παρασκευάσματα ωμογλήνης, μετρήθηκε το βάθος στον προσθιοπίσθιο και στον κατακόρυφο άξονα με μέση τιμή $1,54 \pm 0,46 \text{ mm}$ και $4,17 \pm 0,63 \text{ mm}$. (Merrill et al., 2009). Οι παραπάνω μετρήσεις είναι πολύ κοντά στα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης. Το ίδιο αναφέρεται και σε άλλη μια μελέτη, στην

οποία μετρήθηκε το βάθος στον κατακόρυφο και στον προσθιοπίσθιο άξονα σε εγκάρσιες εικόνες της αξονικής τομογραφίας με μέσο όρο τιμών $3,8 \pm 0,9 \text{ mm}$ και $1,7 \pm 0,9 \text{ mm}$ στους υγιείς ώμους ενώ στους παθολογικούς παρατηρήθηκε μείωση με μέση τιμή $3,5 \pm 0,7 \text{ mm}$ και $1,5 \pm 0,8 \text{ mm}$ αντίστοιχα (Malkoc et al., 2016). Επιπλέον, σε μελέτη που διεξήχθη σε πληθυσμό Κινέζων, η μέση τιμή του κατακόρυφου βάθους σε πτωματικά παρασκευάσματα ήταν 4 mm ενώ σε αντίστοιχες εικόνες αξονικής τομογραφίας η μέση τιμή ήταν $3,4 \text{ mm}$, με τις μετρήσεις της παρούσας μελέτης στα εκτυπωμένα μοντέλα να πλησιάζουν τις μετρήσεις των πτωματικών παρασκευασμάτων με μέση τιμή $4,08 \text{ mm}$ (Zhou et al. 2022).

Το βάθος είναι ένας σημαντικός παράγοντας σταθερότητας, καθώς η μεταβολή του σε χρόνιες παθήσεις του ώμου, τραυματικές ή εκφυλιστικές, οδηγεί σε μεγαλύτερη αστάθεια, όπως αναφέρεται και στην πτωματική μελέτη των Bhatia και συν. όπου καταλήγουν ότι υπάρχει μείωση του βάθους 50% σε οστικές βλάβες από 10% έως 40% της ωμογλήνης (Bhatia & Kandhari, 2022). Οι Haas και συν. καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι το μέγεθος του ΟΕ και η μείωση του βάθους έχει σημαντική συσχέτιση με την αύξηση της αστάθειας, καθώς σε μεγαλύτερα οστικά ελλείμματα μειώνεται περισσότερο το βάθος της ωμογλήνης (Haas et al., 2019).

Τα αποτελέσματα της μελέτης μας αποδεικνύουν ότι η μέτρηση του οστικού ελλείματος της ωμογλήνης σε αθλητές που πάσχουν από πρόσθια αστάθεια του ώμου μπορεί να πραγματοποιηθεί και σε τρισδιάστατα εκτυπωμένα μοντέλα της πάσχουσας ωμογλήνης. Το ΟΕ της ωμογλήνης μετρήθηκε σε εκτυπωμένα τρισδιάστατα μοντέλα με τρεις μεθόδους υπολογισμού και με τη μέθοδο PICO στα ψηφιακά, η οποία

χρησιμοποιήθηκε ως χρυσός κανόνας και έγινε σύγκριση και συσχέτιση των μετρήσεων.

Ο έλεγχος εγκυρότητας, που πραγματοποιήθηκε με σύγκριση των μετρήσεων με τη μέθοδο PICO, ανέδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές για τη μέθοδο σχετικού ύψους/πλάτους της ωμογλήνης με $p=0.004$, ενώ για τη μέθοδο του δείκτη της ωμογλήνης και τη μέθοδο προσθιοπίσθιας διάστασης στατιστικά μη σημαντικές διαφορές με $p=0.45$ και στις δύο περιπτώσεις. Η μέθοδος του δείκτη της ωμογλήνης στην μελέτη των Chuang και συν. επιτρέπει την αναγνώριση της οστικής βλάβης με υψηλή ακρίβεια και είναι χρήσιμη στην προεγχειρητική εκτίμηση του ΟΕ (Chuang et al., 2008b). Οι Altan και συν. σε ανάλυση 36 ωμοπλάτων με ψηφιακή απεικόνιση καταλήγουν στο συμπέρασμα πως η μέθοδος του δείκτη της ωμογλήνης δεν έχει στατιστικά σημαντικές διαφορές με τη μέθοδο PICO (Altan et al., 2014b), γεγονός που συμβαδίζει με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης σε εκτυπωμένα τρισδιάστατα μοντέλα.

Από την άλλη πλευρά, ο έλεγχος εγκυρότητας με συσχέτιση των μετρήσεων με τη μέθοδο PICO, ανέδειξε καλή έως πολύ καλή συσχέτιση και των τριών μεθόδων με τις μετρήσεις της μεθόδου PICO. Πιο συγκεκριμένα, για τη μέθοδο προσθιοπίσθιας διάστασης, ο δείκτης ICC ήταν 0,690 (95%CI 0,43-0,83, $p<0,05$), για τη μέθοδο του δείκτη της ωμογλήνης ήταν $ICC = 0,738$ (95% CI 0,52-0,86, $p<0,05$) και για τη μέθοδο του σχετικού ύψους/πλάτους ήταν $ICC = 0,856$ (95%CI 0,63-0,93, $p<0,05$). Επίσης, στη συσχέτιση που έγινε μεταξύ των μετρήσεων του ΟΕ στα τρισδιάστατα εκτυπωμένα μοντέλα και στα τρισδιάστατα ψηφιακά μοντέλα με τις τρεις προαναφερθείσες μεθόδους ανέδειξε εξαιρετικά υψηλή συμφωνία των

μετρήσεων με τιμές ICC 0,908, 0,931 και 0,908 αντίστοιχα. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με τη μελέτη των Giles και συν., στην οποία μελετήθηκε η μέθοδος του σχετικού ύψους/πλάτους της ωμογλήνης σε τρισδιάστατα ψηφιακά μοντέλα αξονικής τομογραφίας και μαγνητικής τομογραφίας παρουσιάζοντας εξαιρετική συμφωνία τόσο στην τρισδιάστατη αξονική τομογραφία όσο και στην τρισδιάστατη μαγνητική τομογραφία ($r = 0,9$; $p<0,001$) (Giles et al., 2015). Στη μελέτη των Rerko και συν. έγινε έλεγχος της αξιοπιστίας των μετρήσεων της μεθόδου του δείκτη της ωμογλήνης σε εικόνες τρισδιάστατης αξονικής τομογραφίας, σε σύγκριση με μαγνητική τομογραφία και δισδιάστατη αξονική τομογραφία, όπου παρουσιάστηκε τέλεια συμφωνία των μετρήσεων με $ICC = 0,947$ (Rerko et al., 2013b). Επιπλέον, η συστηματική ανασκόπηση των Walter και συν. καταλήγει στο συμπέρασμα ότι η τρισδιάστατη αξονική τομογραφία είναι η απεικόνιση εκλογής για την μέτρηση του ΟΕ, παρουσιάζοντας εξαιρετική συμφωνία των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν σε αυτή (Walter et al., 2019a).

Ο έλεγχος αξιοπιστίας των μετρήσεων του ΟΕ με τις τρεις μεθόδους υπολογισμού, που πραγματοποιήθηκαν στα τρισδιάστατα εκτυπωμένα μοντέλα, ανέδειξε τέλεια συμφωνία για τις μετρήσεις του ίδιου εξεταστή αλλά και για τις μετρήσεις μεταξύ δυο διαφορετικών εξεταστών. Συγκεκριμένα, ο δείκτης ICC κυμάνθηκε σε επίπεδα μεγαλύτερα του 0,98 ($ICC>0,98$, 95% CI 0,99-1, $p<0,05$) για τις τρεις μεθόδους υπολογισμού του ΟΕ καθώς και για τις 2 διαφορετικές μετρήσεις του βάθους, παρουσιάζοντας εξαιρετική συμφωνία.

Ο Magarelli και οι συν. το 2009 μελέτησαν την εγκυρότητα και την αξιοπιστία της μεθόδου PICO με εξαιρετικά αποτελέσματα, αφού οι δείκτες ICC

κυμάνθηκαν σε επίπεδα πάνω από 0,9 (Magarelli et al., 2009a). Οι Wu και οι συν. καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι οι δείκτες ICC είναι πιο χαμηλοί παρουσιάζοντας μέτρια συμφωνία μεταξύ των μετρήσεων για την τεχνική της επιφανείας που χρησιμοποιεί η μέθοδος PICO με αποτέλεσμα να μειώνεται η αξιοπιστία (Wu et al., 2019). Αυτό επιβεβαιώνεται από τη συστηματική ανασκόπηση των Walter και συν., οι οποίοι αναφέρουν πως είναι η μέθοδος με την μεγαλύτερη χρήση αλλά ταυτόχρονα με αρκετά ανομοιογενή αποτελέσματα, καταλήγοντας ότι ακόμη δεν υπάρχει σύμφωνη γνώμη και συναίνεση να οριστεί επίσημα ως χρυσός κανόνας, «Gold Standard», ανάμεσα στις μεθόδους υπολογισμού του OE της ωμογλήνης (Walter et al., 2019b).

Συμπεράσματα

Ο υπολογισμός του OE της ωμογλήνης με την χρήση τρισδιάστατης εκτύπωσης είναι μία αξιόπιστη και έγκυρη τεχνική απεικόνισης, συγκρινόμενη με τις μετρήσεις στην αξονική τομογραφία. Από τις μεθόδους υπολογισμού του OE η μέθοδος του δείκτη της ωμογλήνης δείχνει υψηλή συμφωνία με τα αποτελέσματα της μεθόδου PICO, χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές, καθώς και με τις μετρήσεις στα τρισδιάστατα ψηφιακά μοντέλα. Με τη χρήση της τρισδιάστατης εκτύπωσης της ωμογλήνης μπορούν να αξιολογηθούν τα μορφολογικά χαρακτηριστικά της ωμογλήνης (σχήμα, εντομή, είδος εντομής, βάθος) αξιοποιώντας κάθε δυνατή λεπτομέρεια για μια επιτυχημένη αντιμετώπιση της χρόνιας πρόσθιας αστάθειας του ώμου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Alashkham, A., Alraddadi, A., & Soames, R. (2017). The glenoid notch and its clinical implications. La muesca glenoidea y sus implicaciones clínicas. *Revista Argentina de Anatomía Clínica*, 9(1), 11-17
<https://doi.org/10.31051/1852.8023.v9.n1.16495>
- Alentorn-Geli, E., Álvarez-Díaz, P., Doblas, J., Steinbacher, G., Seijas, R., Ares, O., Boffa, J. J., Cuscó, X., & Cugat, R. (2016). Return to sports after arthroscopic capsulolabral repair using knotless suture anchors for anterior shoulder instability in soccer players: minimum 5-year follow-up study. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 24(2), 440–446
<https://doi.org/10.1007/s00167-015-3895-y>
- Altan, E., Ozbaydar, M. U., Tonbul, M., & Yalcin, L. (2014a). Comparison of two different measurement methods to determine glenoid bone defects: Area or width? *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 23(8), 1215-1222
<https://doi.org/10.1016/j.jse.2013.11.029>
- Altan, E., Ozbaydar, M. U., Tonbul, M., & Yalcin, L. (2014b). Comparison of two different measurement methods to determine glenoid bone defects: Area or width? *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 23(8), 1215-1222
<https://doi.org/10.1016/j.jse.2013.11.029>
- Arciero, R. A., Parrino, A., Bernhardson, A. S., Diaz-Doran, V., Obopilwe, E., Cote, M. P., Golijanin, P., Mazzocca, A. D., & Provencher, M. T. (2015a). The effect of a combined glenoid and hill-sachs defect on glenohumeral stability: a biomechanical cadaveric study using 3-dimensional modeling of 142 patients. *American Journal of Sports Medicine*, 43(6), 1422-1429
<https://doi.org/10.1177/0363546515574677>
- Arciero, R. A., Parrino, A., Bernhardson, A. S., Diaz-Doran, V., Obopilwe, E., Cote, M. P., Golijanin, P., Mazzocca, A. D., & Provencher, M. T. (2015b). The effect of a combined glenoid and hill-sachs defect on glenohumeral stability. *The American Journal of Sports Medicine*, 43(6), 1422-1429
<https://doi.org/10.1177/0363546515574677>
- Bader, C., Kolb, D., Weaver, J. C., Sharma, S., Hosny, A., Costa, J., & Oxman, N. (2018). Making data matter: voxel printing for the digital fabrication of data across scales and domains. *Science Advances*, 4(5), eaas8652
<https://doi.org/10.1126/sciadv.aas8652>
- Bakshi, N. K., Cibulas, G. A., Sekiya, J. K., & Bedi, A. (2018). A clinical comparison of linear-

- and surface area-based methods of measuring glenoid bone loss. *American Journal of Sports Medicine*, 46(10), 2472-2477
<https://doi.org/10.1177/0363546518783724>
- Bakshi, N. K., Patel, I., Jacobson, J. A., Debski, R. E., & Sekiya, J. K. (2015). Comparison of 3-dimensional computed tomography-based measurement of glenoid bone loss with arthroscopic defect size estimation in patients with anterior shoulder instability. *Arthroscopy - Journal of Arthroscopic and Related Surgery*, 31(10), 1880-1885
<https://doi.org/10.1016/j.arthro.2015.03.024>
- Barcia, A. M., Rowles, D. J., Bottoni, C. R., Dekker, T. J., & Tokish, J. M. (2013). Glenoid bare area: arthroscopic characterization and its implications on measurement of bone loss. *Arthroscopy - Journal of Arthroscopic and Related Surgery*, 29(10), 1671-1675
<https://doi.org/10.1016/j.arthro.2013.06.019>
- Baudi, P., Righi, P., Bolognesi, D., Rivetta, S., Rossi Urtoler, E., Guicciardi, N., & Carrara, M. (2005). How to identify and calculate glenoid bone deficit. *La Chirurgia Degli Organi Di Movimento*. 90(2):145-52
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16422240/>
- Beebe, H. G., & Kritpracha, B. (2004). Computed tomography scanning for endograft planning: Evolving toward three-dimensional, single source imaging. *Seminars in Vascular Surgery*, 17(2), 126-134
<https://doi.org/10.1053/j.semvasc Surg.2004.03.007>
- Bhatia, D. N., & Kandhari, V. (2022). How does anterior glenoid bone loss affect shoulder stability? A cadaveric analysis of glenoid concavity and bony shoulder stability ratio. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 31(3), 553-560
<https://doi.org/10.1016/j.jse.2021.09.004>
- Bhatia, S., Saigal, A., Frank, R. M., Bach, B. R., Cole, B. J., Romeo, A. A., & Verma, N. N. (2015). Glenoid diameter is an inaccurate method for percent glenoid bone loss quantification: Analysis and techniques for improved accuracy. *Arthroscopy - Journal of Arthroscopic and Related Surgery*, 31(4), 608-614
<https://doi.org/10.1016/j.arthro.2015.02.020>
- Bhatia, S., Saigal, A., Hsu, A., Ellman, M., Bach, B. R., Cole, B. J., Romeo, A. A., & Verma, N. N. (2013). Glenoid diameter is an inaccurate method for glenoid bone loss quantification (SS-07). *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 29(6), E4
<https://doi.org/10.1016/j.arthro.2013.03.014>
- Bibb, R., Eggbeer, D., & Evans, P. (2010). Rapid prototyping technologies in soft tissue

- facial prosthetics: Current state of the art. *Rapid Prototyping Journal*, 16(2), 130-137
<https://doi.org/10.1108/13552541011025852>
- Bishop, J. Y., Jones, G. L., Rerko, M. A., & Donaldson, C. (2013). 3-D CT is the most reliable imaging modality when quantifying glenoid bone loss shoulder. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 471 (4), 1251-1256
<https://doi.org/10.1007/s11999-012-2607-x>
- Boileau, P., Villalba, M., Héry, J. Y., Balg, F., Ahrens, P., & Neyton, L. (2006). Risk factors for recurrence of shoulder instability after arthroscopic bankart repair. *Journal of Bone and Joint Surgery - Series A*, 88(8), 1755-1763
<https://doi.org/10.2106/JBJS.E.00817>
- Bois, A. J., Fening, S. D., Polster, J., Jones, M. H., & Miniaci, A. (2012). Quantifying glenoid bone loss in anterior shoulder instability: Reliability and accuracy of 2-dimensional and 3-dimensional computed tomography measurement techniques. *American Journal of Sports Medicine*, 40(11), 2569-2577
<https://doi.org/10.1177/0363546512458247>
- Brophy, R. H., Barnes, R., Rodeo, S. A., & Warren, R. F. (2007). Prevalence of musculoskeletal disorders at the NFL combine - Trends from 1987 to 2000. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(1), 22-27
<https://doi.org/10.1249/01.mss.0000241637.52231.18>
- Buckup, J., Welsch, F., Gramlich, Y., Hoffmann, R., Roessler, P. P., Schüttler, K. F., & Stein, T. (2018). Back to sports after arthroscopic revision bankart repair. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 6(2), 2325967118755452
<https://doi.org/10.1177/2325967118755452>
- Burkhart, S. S., & De Beer, J. F. (2000). Traumatic glenohumeral bone defects and their relationship to failure of arthroscopic Bankart repairs: Significance of the inverted-pear glenoid and the humeral engaging Hill-Sachs lesion. *Arthroscopy*, 16(7), 677-694
<https://doi.org/10.1053/jars.2000.17715>
- Burkhart, S. S., DeBeer, J. F., Tehrany, A. M., & Parten, P. M. (2002). Quantifying glenoid bone loss arthroscopically in shoulder instability. *Arthroscopy*, 18(5), 488-491.
<https://doi.org/10.1053/jars.2002.32212>
- Buss, D. D., Lynch, G. P., Meyer, C. P., Huber, S. M., & Freehill, M. Q. (2004). Nonoperative management for in-season athletes with anterior shoulder instability. *American Journal of Sports Medicine*, 32(6), 1430-1433.
<https://doi.org/10.1177/0363546503262069>
- Chen, A. L., Hunt, S. A., Hawkins, R. J., & Zuckerman, J. D. (2005).

- Management of bone loss associated with recurrent anterior glenohumeral instability. In *American Journal of Sports Medicine*, 33(6), 912-25
<https://doi.org/10.1177/0363546505277074>
- Chuang, T. Y., Adams, C. R., & Burkhart, S. S. (2008a). Use of preoperative three-dimensional computed tomography to quantify glenoid bone loss in shoulder instability. *Arthroscopy - Journal of Arthroscopic and Related Surgery*, 24(4), 376-382
<https://doi.org/10.1016/j.arthro.2007.10.008>
- Chuang, T. Y., Adams, C. R., & Burkhart, S. S. (2008b). Use of preoperative three-dimensional computed tomography to quantify glenoid bone loss in shoulder instability. *Arthroscopy - Journal of Arthroscopic and Related Surgery*, 24(4), 376-382
<https://doi.org/10.1016/j.arthro.2007.10.008>
- Cordasco, F. A., Lin, B., Heller, M., Asaro, L. A., Ling, D., & Calcei, J. G. (2020). Arthroscopic shoulder stabilization in the young athlete: return to sport and revision stabilization rates. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 29(5), 946-953.
<https://doi.org/10.1016/j.jse.2019.09.033>
- Coskun, N., Karaali, K., Cevikol, C., Demirel, B. M., & Sindel, M. (2006). Anatomical basics and variations of the scapula in Turkish adults. *Saudi Medical Journal*, 27(9), 1320-5
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16951766/>
- Davy, A. R., & Drew, S. J. (2002). Management of shoulder dislocation-Are we doing enough to reduce the risk of recurrence? *Injury*, 33(9), 775-779
[https://doi.org/10.1016/S0020-1383\(02\)00107-9](https://doi.org/10.1016/S0020-1383(02)00107-9)
- Detterline, A. J., Provencher, M. T., Ghodadra, N., Bach, B. R., Romeo, A. A., & Verma, N. N. (2009). A new arthroscopic technique to determine anterior-inferior glenoid bone loss: validation of the secant chord theory in a cadaveric model. *Arthroscopy - Journal of Arthroscopic and Related Surgery*, 25(9), 1249-1256
<https://doi.org/10.1016/j.arthro.2009.05.019>
- Dhindsa, G. S., & Singh, Z. (2014). A Study of morphology of the glenoid cavity. *Journal of Evolution of Medical and Dental Sciences*, 3(25), 7036-7043
<https://doi.org/10.14260/jemds/2014/2856>
- Dickens, J. F., Owens, B. D., Cameron, K. L., DeBerardino, T. M., Masini, B. D., Peck, K. Y., & Svoboda, S. J. (2017). The effect of subcritical bone loss and exposure on recurrent instability after arthroscopic bankart repair in intercollegiate American football. *American Journal of*

- Sports Medicine*, 45(8):1769-1775
<https://doi.org/10.1177/0363546517704184>
- Dickens, J. F., Rue, J. P., Cameron, K. L., Tokish, J. M., Peck, K. Y., Allred, C. D., Svoboda, S. J., Sullivan, R., Kilcoyne, K. G., & Owens, B. D. (2017). Successful return to sport after arthroscopic shoulder stabilization versus nonoperative management in contact athletes with anterior shoulder instability: a prospective multicenter study. *American Journal of Sports Medicine*, 45(11), 2540–2546.
<https://doi.org/10.1177/0363546517712505>
- E Souza, P. M., Brandão, B. L., Brown, E., Motta, G., Monteiro, M., & Marchiori, E. (2014). Recurrent anterior glenohumeral instability: The quantification of glenoid bone loss using magnetic resonance imaging. In *Skeletal Radiology*, 43(8):1085-92
<https://doi.org/10.1007/s00256-014-1894-6>
- Eid, K., Haefeli, M., & Norris, T. R. (2018). The “norris PSI”: 3d planning and patient-specific instruments for reconstruction of large glenoid defects and reverse shoulder arthroplasty. *Techniques in Shoulder and Elbow Surgery*, 19(2), 62-66
<https://doi.org/10.1097/BTE.000000000000128>
- El-Din, W. A. N., & Ali, M. H. M. (2015). A morphometric study of the patterns and variations of the acromion and glenoid cavity of the scapulae in Egyptian population. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 9(8): AC08–AC11
<https://doi.org/10.7860/JCDR/2015/14362.6386>
- Gagey, O. J., & Gagey, N. (2001). The hyperabduction test. *Journal of Bone and Joint Surgery - Series B*, 83(1):69-74
<https://doi.org/10.1302/0301-620X.83B1.10628>
- Gauci, M. O., Boileau, P., Baba, M., Chaoui, J., & Walch, G. (2016). Patient-specific glenoid guides provide accuracy and reproducibility in total shoulder arthroplasty. *Bone and Joint Journal*, 98(8), 1080-1085
<https://doi.org/10.1302/0301-620X.98B8.37257>
- Gibbs, D. B., Lynch, T. S., Nuber, E. D., & Nuber, G. W. (2015). Common shoulder injuries in american football athletes. *Current Sports Medicine Reports*, 14(5), 413-419
<https://doi.org/10.1249/JSR.000000000000190>
- Giles, J. W., Owens, B. D., & Athwal, G. S. (2015). Estimating glenoid width for instability-related bone loss: A CT evaluation of an MRI formula. *American Journal of Sports Medicine*, 43(7):1726-30.
<https://doi.org/10.1177/0363546515581468>
- Glazebrook, H., Miller, B., & Wong, I. (2018). Anterior shoulder instability: A systematic review of the quality and quantity of the current literature for surgical

- treatment. In *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 6(11):2325967118805983
<https://doi.org/10.1177/2325967118805983>
- 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 and Joint Surgery - Series A*, 70(2), 220–226.
<https://doi.org/10.2106/00004623-198870020-00009>
- Green, G. L., Amander, M., Pearse, E., & Tennent, D. (2022). CT estimation of glenoid bone loss in anterior glenohumeral instability. *Bone and Joint Open*, 3(2): 114–122.
<https://doi.org/10.1302/2633-1462.32.BJO-2021-0163.R1>
- Griffith, J. F., Antonio, G. E., Tong, C. W. C., & Ming, C. K. (2003). Anterior shoulder dislocation: Quantification of glenoid bone loss with CT. *American Journal of Roentgenology*, 180(5):1423-30
<https://doi.org/10.2214/ajr.180.5.1801423>
- Griffith, J. F., Yung, P. S. H., Antonio, G. E., Tsang, P. H., Ahuja, A. T., & Kai, M. C. (2007). CT compared with arthroscopy in quantifying glenoid bone loss. *American Journal of Roentgenology*, 189(6):1490-3
<https://doi.org/10.2214/AJR.07.2473>
- Guity, M. R., Akhlaghpour, S., & Yousefian, R. (2014). Determination of prevalence of glenoid bony lesions after recurrent anterior shoulder dislocation using the 3-D CT scan. *Medical Journal of the Islamic Republic of Iran*. 28(20),1-5
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4153524/>
- Gyftopoulos, S., Hasan, S., Bencardino, J., Mayo, J., Nayyar, S., Babb, J., & Jazrawi, L. (2012). Diagnostic accuracy of MRI in the measurement of glenoid bone loss. *American Journal of Roentgenology*, 199(4):873-8
<https://doi.org/10.2214/AJR.11.7639>
- Haas, M., Plachel, F., Wierer, G., Heuberger, P., Hoffelner, T., Schulz, E., Anderl, W., & Moroder, P. (2019). Glenoid morphology is associated with the development of instability arthropathy. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 28(5),893-899
<https://doi.org/10.1016/j.jse.2018.09.010>
- Hacıoglu, A., Yılmaz, H., & Ustundag, C. B. (2018). 3D printing for tissue engineering applications. *Journal of Polytechnic*, 21(1), 221-227
<https://doi.org/10.2339/politeknik.389596>
- Hamamoto, J. T., Leroux, T., Chahla, J., Bhatia, S., Higgins, J. D., Romeo, A. A., Yanke, A. B., & Verma, N. N. (2016). Assessment and evaluation of glenoid bone loss. *Arthroscopy Techniques*, 5(4), 947-951
<https://doi.org/10.1016/j.eats.2016.04.027>

- Horton, K. M., & Fishman, E. K. (2002). Multidetector CT angiography of pancreatic carcinoma: Part I, evaluation of arterial involvement. *American Journal of Roentgenology*, 178(4):827-31 <https://doi.org/10.2214/ajr.178.4.1780827>
- Hovelius, L., Augustini, B. G., Fredin, H., Johansson, O., Norlin, R., & Thorling, J. (1996). Primary anterior dislocation of the shoulder in young patients: A ten-year prospective study. *Journal of Bone and Joint Surgery - Series A*, 78(11), 1677-1684 <https://doi.org/10.2106/00004623-199611000-00006>
- Howell, S. M., & Galinat, B. J. (1989). The glenoid-labral socket: A constrained articular surface. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 24(3), 122-125 <https://doi.org/10.1097/00003086-198906000-00018>
- Huijsmans, P. E., Haen, P. S., Kidd, M., Dhert, W. J., van der Hulst, V. P. M., & Willems, W. J. (2007). Quantification of a glenoid defect with three-dimensional computed tomography and magnetic resonance imaging: A cadaveric study. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 16(6), 803-809 <https://doi.org/10.1016/j.jse.2007.02.115>
- Itoi, E., Lee, S. B., Amrami, K. K., Wenger, D. E., & An, K. N. (2003). Quantitative assessment of classic anteroinferior bony Bankart lesions by radiography and computed tomography. *American Journal of Sports Medicine*, 31(1):112-8 <https://doi.org/10.1177/03635465030310010301>
- Ji, K., Wang, Y., Wei, Q., Zhang, K., Jiang, A., Rao, Y., & Cai, X. (2018). Application of 3D printing technology in bone tissue engineering. *Bio-Design and Manufacturing*, 1(3), 203–210. <https://doi.org/10.1007/s42242-018-0021-2>
- Jobe, F. W., & Kvitne, R. S. (1990). Shoulder pain in the overhand or throwing athlete. The relationship of anterior instability and rotator cuff impingement. *Pain Management*, 18(9):963-975 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2797861/>
- Jung, H. J., Jeon, I. H., Ahn, T. S., Lee, T. K., Pawaskar, A., Lee, C. S., & Chun, J. M. (2012). Penetration depth and size of the nonarthritic glenoid: Implications for glenoid replacement. *Clinical Anatomy*, 25(8):1043-50 <https://doi.org/10.1002/ca.22045>
- Kaplan, L. D., Flanigan, D. C., Norwig, J., Jost, P., & Bradley, J. (2005). Prevalence and variance of shoulder injuries in elite collegiate football players. *American Journal of Sports Medicine*, 33(8):1142-6. <https://doi.org/10.1177/0363546505274718>

- Kawasaki, T., Ota, C., Urayama, S., Maki, N., Nagayama, M., Kaketa, T., Takazawa, Y., & Kaneko, K. (2014). Incidence of and risk factors for traumatic anterior shoulder dislocation: An epidemiologic study in high-school rugby players. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 23(11), 1624-1630
<https://doi.org/10.1016/j.jse.2014.05.007>
- Khan, R., Satyapal, K. S., Lazarus, L., & Naidoo, N. (2020). An anthropometric evaluation of the scapula, with emphasis on the coracoid process and glenoid fossa in a South African population. *Heliyon*, 6(1):e03107.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e03107>
- Kraeutler, M. J., Aberle, N. S., Brown, C. C., Ptasiński, J. J., & McCarty, E. C. (2018). Clinical outcomes and return to sport after arthroscopic anterior, posterior, and combined shoulder stabilization. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 6(4):2325967118763754
<https://doi.org/10.1177/2325967118763754>
- Ku, K. C., Lee, M. W., Kuo, S. M., Yao, C. H., & Chang, S. J. (2013). Preparation and evaluation of collagen I/ gellan Gum/β-TCP microspheres as bone graft substitute materials. *Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS*, 2013:6667-70
<https://doi.org/10.1109/EMBC.2013.6611085>
- Kwon, Y. W., Powell, K. A., Yum, J. K., Brems, J. J., & Iannotti, J. P. (2005). Use of three-dimensional computed tomography for the analysis of the glenoid anatomy. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 14(1):85-90
<https://doi.org/10.1016/j.jse.2004.04.011>
- Lee, R. K. L., Griffith, J. F., Tong, M. M. P., Sharma, N., & Yung, P. (2013). Glenoid Bone Loss : Assessment. *Radiology*, 267(2), 496–502.
<https://doi.org/10.1148/radiol.12121681>
- Magarelli, N., Milano, G., Baudi, P., Santagada, D. A., Righi, P., Spina, V., Leone, A., Amelia, R., Fabbriani, C., & Bonomo, L. (2012). Comparison between 2D and 3D computed tomography evaluation of glenoid bone defect in unilateral anterior gleno-humeral instability. *La Radiologia Medica*, 117(1):102-11
<https://doi.org/10.1007/s11547-011-0712-7>
- Magarelli, Nicola, Milano, G., Sergio, P., Santagada, D. A., Fabbriani, C., & Bonomo, L. (2009a). Intra-observer and interobserver reliability of the “Pico” computed tomography method for quantification of glenoid bone defect in anterior shoulder instability. *Skeletal Radiology*, 38(11):1071-5
<https://doi.org/10.1007/s00256-009-0719-5>

- Magarelli, Nicola, Milano, G., Sergio, P., Santagada, D. A., Fabbriani, C., & Bonomo, L. (2009b). Intra-observer and interobserver reliability of the “Pico” computed tomography method for quantification of glenoid bone defect in anterior shoulder instability. *Skeletal Radiology*, 38(11):1071-5. <https://doi.org/10.1007/s00256-009-0719-5>
- Malkoc, M., Korkmaz, O., Ormeci, T., Sever, C., Kara, A., & Mahirogullari, M. (2016). The effect of glenoid cavity depth on rotator cuff tendinitis. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 136(3):321-4 <https://doi.org/10.1007/s00402-015-2397-1>
- Mamatha, T., Pai, S. R., Murlimanju, B. V., Kalthur, S. G., Pai, M. M., & Kumar, B. (2011). Morphometry of glenoid cavity. *Online Journal of Health and Allied Sciences*, 10(3):7-11. <https://web-archive.southampton.ac.uk/cogprints.org/8004/1/2011-3-7.pdf>
- Matsen, F. A., & Zuckerman, J. D. (1983). Anterior glenohumeral instability. In *Clinics in sports medicine*, 2(2):319-38. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0278591920314113>
- McGraw, K. O., & Wong, S. P. (1996). Forming inferences about some intraclass correlation coefficients. *Psychological Methods*, 1(1), 30–46. <https://doi.org/10.1037/1082-989X.1.1.30>
- McHugh, M. L. (2012). Interrater reliability: The kappa statistic. *Biochemia Medica*, 22(3):276-82. <https://doi.org/10.11613/bm.2012.031>
- Merrill, A., Guzman, K., & Miller, S. L. (2009). Gender differences in glenoid anatomy: An anatomic study. *Surgical and Radiologic Anatomy*, 31(3):183-9. <https://doi.org/10.1007/s00276-008-0425-3>
- Mitsouras, D., Liacouras, P., Imanzadeh, A., Giannopoulos, A. A., Cai, T., Kumamaru, K. K., George, E., Wake, N., Caterson, E. J., Pomahac, B., Ho, V. B., Grant, G. T., & Rybicki, F. J. (2015). Medical 3D printing for the radiologist. *Radiographics*, 35(7):1965-88 <https://doi.org/10.1148/rg.2015140320>
- Mizuno, K., & Hirohata, K. (1983). Diagnosis of recurrent traumatic anterior subluxation of the shoulder. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, (179), 160-167 <https://doi.org/10.1097/00003086-198310000-00023>
- Mornieux, G., Hir Hirschmüller, A., Gollhofer, A., Südkamp, N. P., & Maier, D. (2018). Multimodal assessment of sensorimotor shoulder function in patients with untreated anterior shoulder instability and asymptomatic handball players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 58(4), 472–479. <https://doi.org/10.23736/S002>

2-4707.17.06874-8

Moroder, P., Plachel, F., Huettner, A., Ernstbrunner, L., Minkus, M., Boehm, E., Gerhardt, C., & Scheibel, M. (2018). The effect of scapula tilt and best-fit circle placement when measuring glenoid bone loss in shoulder instability patients. *Arthroscopy - Journal of Arthroscopic and Related Surgery*, 34(2):398-404
<https://doi.org/10.1016/j.arthro.2017.08.234>

Moroder, P., Resch, H., Schnaitmann, S., Hoffelner, T., & Tauber, M. (2013). The importance of CT for the pre-operative surgical planning in recurrent anterior shoulder instability. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 133(2):219-26
<https://doi.org/10.1007/s00402-012-1656-7>

Murachovsky, J., Bueno, R. S., Nascimento, L. G. P., Almeida, L. H. O., Strose, E., Castiglia, M. T., De Oliveira, H. C., & Ikemoto, R. Y. (2012). Calculating anterior glenoid bone loss using the Bernageau profile view. In *Skeletal Radiology*, 41(10):1231-7
<https://doi.org/10.1007/s00256-012-1439-9>

Nakagawa, S., Ozaki, R., Take, Y., Iuchi, R., & Mae, T. (2015). Relationship between glenoid defects and Hill-Sachs lesions in shoulders with traumatic anterior instability. *American Journal of Sports Medicine*, 43(11):2763-73
<https://doi.org/10.1177/03635>

46515597668

Neer, C. S., & Foster, C. R. (1980). Inferior capsular shift for involuntary inferior and multidirectional instability of the shoulder. A preliminary report. *Journal of Bone and Joint Surgery - Series A*, 62(6):897-908.
<https://doi.org/10.2106/00004623-198062060-00004>

Ochoa, E., & Burkhart, S. S. (2008). Bone defects in anterior instability of the shoulder: diagnosis and management. *Operative Techniques in Orthopaedics*, 18(1), 68-78
<https://doi.org/10.1053/j.oto.2008.07.003>

Olds, M., Ellis, R., Donaldson, K., Parmar, P., & Kersten, P. (2015). Risk factors which predispose first-time traumatic anterior shoulder dislocations to recurrent instability in adults: A systematic review and meta-analysis. In *British Journal of Sports Medicine*, 49(14):913-22.
<https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-094342>

Olds, Margie, Ellis, R., & Kersten, P. (2020). Predicting recurrent instability of the shoulder (PRIS): A valid tool to predict which patients will not have repeat shoulder instability after first-time traumatic anterior dislocation. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 50(8), 431-437.
<https://doi.org/10.2519/jospt.2020.9284>

Owens, B. D., Dawson, L., Burks, R.,

- & Cameron, K. L. (2009). Incidence of shoulder dislocation in the United States military: Demographic considerations from a high-risk population. *Journal of Bone and Joint Surgery - Series A*, 91(4):791-6
<https://doi.org/10.2106/JBJS.H.00514>
- Owens, B. D., Duffey, M. L., Nelson, B. J., DeBerardino, T. M., Taylor, D. C., & Mountcastle, S. B. (2007). The incidence and characteristics of shoulder instability at the United States Military Academy. *American Journal of Sports Medicine* 35(7):1168-73.
<https://doi.org/10.1177/0363546506295179>
- Owens, B. D., Nelson, B. J., Duffey, M. L., Mountcastle, S. B., Taylor, D. C., Cameron, K. L., Campbell, S., & DeBerardino, T. M. (2010). Pathoanatomy of first-time, traumatic, anterior glenohumeral subluxation events. *Journal of Bone and Joint Surgery - Series A*, 92(7):1605-11
<https://doi.org/10.2106/JBJS.I.00851>
- Pagnani, M. J., & Dome, D. C. (2002). Surgical treatment of traumatic anterior shoulder instability in American football players. *Journal of Bone and Joint Surgery - Series A*, 84(5):711-5
<https://doi.org/10.2106/00004623-200205000-00002>
- Pansard, E., Klouche, S., Billot, N., Rousselin, B., Kraus, T. M., Bauer, T., & Hardy, P. (2013). Reliability and validity assessment of a glenoid bone loss measurement using the Bernageau profile view in chronic anterior shoulder instability. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 22(9):1193-8.
<https://doi.org/10.1016/j.jse.2012.12.032>
- Piasecki, D. P., Verma, N. N., Romeo, A. A., Levine, W. N., Bach, B. R., & Provencher, M. T. (2009a). Glenoid bone deficiency in recurrent anterior shoulder instability: Diagnosis and management. In *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 17(8):482-93.
<https://doi.org/10.5435/00124635-200908000-00002>
- Piasecki, D. P., Verma, N. N., Romeo, A. A., Levine, W. N., Bach, B. R., & Provencher, M. T. (2009b). Glenoid bone deficiency in recurrent anterior shoulder instability: Diagnosis and management. In *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 17(8):482-93.
<https://doi.org/10.5435/00124635-200908000-00002>
- Podolsky, D. J., Martin, A. R., Whyne, C. M., Massicotte, E. M., Hardisty, M. R., & Ginsberg, H. J. (2010). Exploring the role of 3-dimensional simulation in surgical training: Feedback from a pilot study. *Journal of Spinal Disorders and Techniques*, 23(8):e70-4.
<https://doi.org/10.1097/BSD.0b013e3181d345cb>

- Porcellini, G., Campi, F., Pegreff, F., Castagna, A., & Paladini, P. (2009). Predisposing factors for recurrent shoulder dislocation after arthroscopic treatment. *Journal of Bone and Joint Surgery - Series A*, 1(11):2537-42
<https://doi.org/10.2106/JBJS.H.01126>
- Provencher, M. T., Bhatia, S., Ghodadra, N. S., Grumet, R. C., Bach, B. R., Dewing, C. B., LeClere, L., & Romeo, A. A. (2010). Recurrent shoulder instability: Current concepts for evaluation and management of glenoid bone loss. In *Journal of Bone and Joint Surgery - Series A* (Vol. 92, Issue SUPPL. 2, pp. 133–151).
<https://doi.org/10.2106/JBJS.J.00906>
- Provencher, M. T., Frank, R. M., LeClere, L. E., Metzger, P. D., Ryu, J. J., Bernhardtson, L. T. A., & Romeo, A. A. (2012). The Hill-Sachs lesion: Diagnosis, classification, and management. In *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 20(4):242-52
<https://doi.org/10.5435/JAAO-S-20-04-242>
- Provencher, M. T., Peebles, L. A., Dekker, T. J., Aman, Z. S., & Kennedy, M. I. (2019). Assessment of bone loss in the shoulder. *Operative Techniques in Sports Medicine*, 27(1), 2-11
<https://doi.org/10.1053/j.otsm.2019.01.002>
- Raaj, M. S., Felicia, C., S., S., & A., A. K. (2018). Morphologic and morphometric analysis of glenoid cavity of human scapula. *International Journal of Research in Medical Sciences*, 7(1):52-57.
<https://doi.org/10.18203/2320-6012.ijrms20185362>
- Radtke, A., Sotiropoulos, G. C., Molmenti, E. P., Schroeder, T., Peitgen, H. O., Frilling, A., Broering, D. C., Broelsch, C. E., & Malagó, M. (2010). Computer-assisted surgery planning for complex liver resections: When is it helpful? A single-center experience over an 8-year period. *Annals of Surgery*, 252(5):876-83.
<https://doi.org/10.1097/SLA.0b013e3181fdd012>
- Rerko, M. A., Pan, X., Donaldson, C., Jones, G. L., & Bishop, J. Y. (2013a). Comparison of various imaging techniques to quantify glenoid bone loss in shoulder instability. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 22(4):528-34.
<https://doi.org/10.1016/j.jse.2012.05.034>
- Rerko, M. A., Pan, X., Donaldson, C., Jones, G. L., & Bishop, J. Y. (2013b). Comparison of various imaging techniques to quantify glenoid bone loss in shoulder instability. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 22(4):528-34.
<https://doi.org/10.1016/j.jse.2012.05.034>
- Robinson, C. M., & Dobson, R. J. (2018). Anterior instability of

- the shoulder after trauma. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*, 86(4),469-479
<https://doi.org/10.1302/0301-620x.86b4.15014>
- Robinson, C. Michael, Howes, J., Murdoch, H., Will, E., & Graham, C. (2006). Functional outcome and risk of recurrent instability after primary traumatic anterior shoulder dislocation in young patients. *Journal of Bone and Joint Surgery - Series A*, 88(11):2326-36
<https://doi.org/10.2106/JBJS.E.01327>
- Robinson, T. W., Corlette, J., Collins, C. L., & Comstock, R. D. (2014). Shoulder injuries among US high school athletes, 2005/2006-2011/2012. *Pediatrics*, 133(2):272-9.
<https://doi.org/10.1542/peds.2013-2279>
- Romeo, A. A., Cohen, B. S., & Carreira, D. S. (2001). Traumatic anterior shoulder instability. *Orthopedic Clinics of North America*, 32(3), 399–409.
[https://doi.org/10.1016/S0030-5898\(05\)70209-1](https://doi.org/10.1016/S0030-5898(05)70209-1)
- Rose, A. S., Webster, C. E., Harrysson, O. L. A., Formeister, E. J., Rawal, R. B., & Iseli, C. E. (2015). Pre-operative simulation of pediatric mastoid surgery with 3D-printed temporal bone models. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 79(5):740-4
<https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2015.03.004>
- Saccol, M. F., Zanca, G. G., Ejnisman, B., de Mello, M. T., & Mattiello, S. M. (2014). Shoulder rotator strength and torque steadiness in athletes with anterior shoulder instability or SLAP lesion. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 17(5), 463–468.
<https://doi.org/10.1016/j.jsams.2013.10.246>
- Sachs, R. A., Lin, D., Stone, M. Lou, Paxton, E., & Kuney, M. (2007). Can the need for future surgery for acute traumatic anterior shoulder dislocation be predicted? *Journal of Bone and Joint Surgery - Series A*, 89(8):1665-74
<https://doi.org/10.2106/JBJS.F.00261>
- Safran, O., Milgrom, C., Radeva-Petrova, D. R., Jaber, S., & Finestone, A. (2010). Accuracy of the anterior apprehension test as a predictor of risk for redislocation after a first traumatic shoulder dislocation. *American Journal of Sports Medicine*, 38(5):972-5.
<https://doi.org/10.1177/0363546509357610>
- Saintmard, B., Lecouvet, F., Rubini, A., & Dubuc, J. E. (2009). Is the bare spot a valid landmark for glenoid evaluation in arthroscopic Bankart surgery? *Acta Orthop Belg*, 75(6):736-42
<https://citeseerx.ist.psu.edu/do>

- cument?repid=rep1&type=pdf
&doi=13532dd0a844e02a07c
1b0021ec1970918871134
- Shaha, J. S., Cook, J. B., Song, D. J., Rowles, D. J., Bottoni, C. R., Shaha, S. H., & Tokish, J. M. (2015). Redefining “critical” bone loss in shoulder instability. *American Journal of Sports Medicine*, 43(7):1719-25
<https://doi.org/10.1177/0363546515578250>
- Shin, S. J., Jun, B. J., Koh, Y. W., McGarry, M. H., & Lee, T. Q. (2018). Estimation of anterior glenoid bone loss area using the ratio of bone defect length to the distance from posterior glenoid rim to the centre of the glenoid. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 26(1):48-55.
<https://doi.org/10.1007/s00167-016-4312-x>
- Simonet, W. T., & Cofield, R. H. (1984). Prognosis in anterior shoulder dislocation. *American Journal of Sports Medicine*, 12(1):19-24.
<https://doi.org/10.1177/036354658401200103>
- Sugaya, H., Moriishi, J., Dohi, M., Kon, Y., & Tsuchiya, A. (2003). Glenoid rim morphology in recurrent anterior glenohumeral instability. *Journal of Bone and Joint Surgery - Series A* 85(5):878-84.
<https://doi.org/10.2106/00004623-200305000-00016>
- Takeda, Y., Miyatake, K., Fujii, K., Takasago, T., & Iwame, T. (2014). Validity of arthroscopic measurement of glenoid bone loss using the bare spot. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 5:37-42
<https://doi.org/10.2147/oajsm.s58748>
- Tang, D., Tare, R. S., Yang, L. Y., Williams, D. F., Ou, K. L., & Oreffo, R. O. C. (2016). Biofabrication of bone tissue: Approaches, challenges and translation for bone regeneration. In *Biomaterials*, 83:363-82.
<https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2016.01.024>
- Te Slaa, R. L., Brand, R., & Marti, R. K. (2003). A prospective arthroscopic study of acute first-time anterior shoulder dislocation in the young: A five-year follow-up study. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 12(6):529-34
[https://doi.org/10.1016/S1058-2746\(03\)00218-0](https://doi.org/10.1016/S1058-2746(03)00218-0)
- Temple, J. P., Hutton, D. L., Hung, B. P., Huri, P. Y., Cook, C. A., Kondragunta, R., Jia, X., & Grayson, W. L. (2014). Engineering anatomically shaped vascularized bone grafts with hASCs and 3D-printed PCL scaffolds. *Journal of Biomedical Materials Research - Part A*, 102(12):4317-25
<https://doi.org/10.1002/jbm.a.35107>
- Tian, C. Y., Shang, Y., & Zheng, Z. Z. (2012). Glenoid bone lesions: Comparison between 3D VIBE images in MR arthrography and nonarthrographic MSCT.

- Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 36(1):231-6.
<https://doi.org/10.1002/jmri.23622>
- Vermeiren, J., Handelberg, F., Casteleyn, P. P., & Opdecam, P. (1993). The rate of recurrence of traumatic anterior dislocation of the shoulder. *International Orthopaedics*, 17(6):337-41.
<https://doi.org/10.1007/bf00180449>
- Verweij, L. P. E., Schuit, A. A., Kerkhoffs, G. M. M. J., Blankevoort, L., van den Bekerom, M. P. J., & van Deurzen, D. F. P. (2020). Accuracy of currently available methods in quantifying anterior glenoid bone loss: controversy regarding gold standard – a systematic review. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 36(8), 2295-2313
<https://doi.org/10.1016/j.arthro.2020.04.012>
- Vopat, B. G., Cai, W., Torriani, M., Vopat, M. L., Hemma, M., Harris, G. J., Schantz, K., & Provencher, M. T. (2018). Measurement of glenoid bone loss with 3-dimensional magnetic resonance imaging: a matched computed tomography analysis. *Arthroscopy - Journal of Arthroscopic and Related Surgery*, 34(12), 3141–3147.
<https://doi.org/10.1016/j.arthro.2018.06.050>
- Wake, N., Rude, T., Kang, S. K., Stifelman, M. D., Borin, J. F., Sodickson, D. K., Huang, W. C., & Chandarana, H. (2017). 3D printed renal cancer models derived from MRI data: application in pre-surgical planning. *Abdominal Radiology*, 42(5):1501-1509
<https://doi.org/10.1007/s00261-016-1022-2>
- Walter, W. R., Samim, M., LaPolla, F. W. Z., & Gyftopoulos, S. (2019a). Imaging quantification of glenoid bone loss in patients with glenohumeral instability: A systematic review. In *American Journal of Roentgenology* 212(5):1096-1105
<https://doi.org/10.2214/AJR.18.20504>
- Walter, W. R., Samim, M., LaPolla, F. W. Z., & Gyftopoulos, S. (2019b). Imaging quantification of glenoid bone loss in patients with glenohumeral instability: A systematic review. *American Journal of Roentgenology*, 212(5):1096-1105
<https://doi.org/10.2214/AJR.18.20504>
- Wang, K. C., Jones, A., Kambhampati, S., Gilotra, M. N., Liacouras, P. C., Stuelke, S., Shiu, B., Leong, N., Hasan, S. A., & Siegel, E. L. (2019). CT-Based 3D printing of the glenoid prior to shoulder arthroplasty: Bony morphology and model evaluation. *Journal of Digital Imaging*, 32(5):816-826
<https://doi.org/10.1007/s10278-019-00177-4>

- Waran, V., Narayanan, V., Karuppiah, R., Owen, S. L. F., & Aziz, T. (2014). Utility of multimaterial 3D printers in creating models with pathological entities to enhance the training experience of neurosurgeons: Technical note. *Journal of Neurosurgery*, 120(2):489-92 <https://doi.org/10.3171/2013.1.JNS131066>
- Waran, V., Narayanan, V., Karuppiah, R., Pancharatnam, D., Chandran, H., Raman, R., Rahman, Z. A. A., Owen, S. L. F., & Aziz, T. Z. (2014). Injecting realism in surgical training - Initial simulation experience with custom 3D models. *Journal of Surgical Education*, 71(2):193-7 <https://doi.org/10.1016/j.jsurg.2013.08.010>
- Warren, R. F. (1983). Subluxation of the shoulder in athletes. *Clinics in Sports Medicine*, 2(2):339-54.
- Waterman, B., Owens, B. D., & Tokish, J. M. (2016). Anterior shoulder instability in the military athlete. *Sports Health*, 8(6):514-519 <https://doi.org/10.1177/1941738116672161>
- Weil, S., Arnander, M., Pearse, Y., & Tennent, D. (2022). Reporting of glenoid bone loss measurement in clinical studies and the need for standardization: A systematic review. In *Bone and Joint Journal* 104-B(1):12-18. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.104B1.BJJ-2021-0751.R1>
- Wermers, J., Schliemann, B., Raschke, M. J., Michel, P. A., Heilmann, L. F., Dyrna, F., Sußiek, J., Frank, A., & Katthagen, J. C. (2021). Glenoid concavity has a higher impact on shoulder stability than the size of a bony defect. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 29(8):2631-2639. <https://doi.org/10.1007/s00167-021-06562-3>
- Wu, Y. G., Zhang, H. L., Hao, Y. F., Jiang, C. Y., & Guo, L. S. (2019). Reliability of the measurement of glenoid bone defect in anterior shoulder instability. *Chinese Medical Journal*, 132(21): 2559–2564. <https://doi.org/10.1097/CM9.0000000000000481>
- Yamamoto, N., Itoi, E., Abe, H., Kikuchi, K., Seki, N., Minagawa, H., & Tuoheti, Y. (2009). Effect of an anterior glenoid defect on anterior shoulder stability: A cadaveric study. *American Journal of Sports Medicine* 37(5):949-54. <https://doi.org/10.1177/0363546508330139>
- Zacchilli, M. A., & Owens, B. D. (2010). Epidemiology of shoulder dislocations presenting to emergency departments in the United States. *Journal of Bone and Joint Surgery - Series A* 92(3):542-9 <https://doi.org/10.2106/JBJS.I.00450>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Παράρτημα Α

- Έντυπο δήλωσης συγκατάθεσης

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Έντυπο δήλωσης συγκατάθεσης

Τίτλος της εργασίας: Ποσοτική μελέτη των οστικών ελλειμμάτων της ωμογλήνης σε ασθενείς με καθ'έξιν εξάρθρωμα του ώμου: Σύγκριση ποσοτικής αξονικής τομογραφίας και εκτύπωσης 3 D

Σκοπός της εργασίας: Σκοπός της προτεινόμενης μελέτης είναι να διερευνηθεί εάν η ποσοτική αξιολόγηση του οστικού ελλείματος της ωμογλήνης, με τη χρήση τρισδιάστατης εκτύπωσης, συμβάλλει στην ακριβή εκτίμηση του ποσοστού της βλάβης και εάν μπορούν να αξιολογηθούν τα μορφολογικά χαρακτηριστικά της ωμογλήνης με τη χρήση αυτής της τεχνικής απεικόνισης

Οφέλη που θα προκύψουν από την εργασία: Η επινόηση μιας μεθοδολογίας για τον υπολογισμό των οστικών ελλειμμάτων με υψηλότερη ακρίβεια, χρησιμοποιώντας την τρισδιάστατη εκτύπωση, θα συμβάλλει στην καλύτερη προεγχειρητική αξιολόγηση της βλάβης και συνεπώς στην βέλτιστη χειρουργική αντιμετώπιση πλησιάζοντας την πραγματική ανατομία της περιοχής.

Διαδικασία εργασίας:

Οι συμμετέχοντες έχουν ήδη υποβληθεί σε απεικονιστικό έλεγχο της βλάβης και δεν χρειάζεται να απασχοληθούν ξανά σε κάποια άλλη δοκιμασία ή μέτρηση.

Δεν υπάρχει κανένας απολύτως κίνδυνος για τους συμμετέχοντες.

Δηλώνουν συγκατάθεση μόνο ως προς την χρήση του απεικονιστικού ελέγχου που έχουν ήδη πραγματοποιήσει.

Δηλώνω ότι: α) διάβασα και κατανόησα το περιεχόμενο έρευνας με τίτλο «Ποσοτική μελέτη των οστικών ελλειμμάτων της ωμογλήνης σε ασθενείς με καθ'έξιν εξάρθρωμα του ώμου. Σύγκριση ποσοτικής αξονικής τομογραφίας και εκτύπωσης 3D» που διεξάγεται από επιστημονικό προσωπικό του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Αθηνών, β) μου δόθηκε το δικαίωμα να αποφασίσω αν θα συμμετάσχω ή όχι, γ) μου δόθηκε το δικαίωμα να κάνω διευκρινιστικές ερωτήσεις, δ) η συμμετοχή μου είναι εντελώς εθελοντική, ε) έχω δικαίωμα να διατηρήσω την ανωνυμία μου και στ) έχω δικαίωμα να διακόψω όποτε θελήσω.

Ονοματεπώνυμο δηλούντος

Υπογραφή

Ημερομηνία.....

Στοιχεία ερευνητή

Ονοματεπώνυμο:

Τηλέφωνο:

E-mail: