



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΙΑΤΡΟΔΙΚΑΣΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΙΑΤΡΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**ΑΚΤΙΝΟΜΕΤΡΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ
ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ ΤΟΥ ΦΥΛΟΥ ΤΟΥ
ΣΚΕΛΕΤΟΥ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΑ ΜΕΤΑΚΑΡΠΙΑ
ΟΣΤΑ ΚΑΙ ΤΙΣ ΠΤΕΡΝΕΣ**

ΔΕΣΠΟΙΝΑ ΝΑΘΕΝΑ

Ιατροδικαστής

Ηράκλειο Κρήτης

2016

Επιβλέπων: Συντ. Καθ. Ε. Μιχαλοδημητράκης

Επιβλέπων

Συντ. Καθ. Ε. Μιχαλοδημητράκης MD, JD

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή

Ε. Μιχαλοδημητράκης Συντ. Καθηγητής

Ν. Τζανάκης Αναπλ. Καθηγητής

Ε.Φ. Κρανιώτη Λέκτορας

Επταμελής Εξεταστική Επιτροπή

Ε. Μιχαλοδημητράκης Συντ. Καθηγητής

Ν. Τζανάκης Αναπλ. Καθηγητής

Ε.Φ. Κρανιώτη Λέκτορας

Α. Καραντάνας Καθηγητής

Κ. Περισυνάκης Αναπλ. Καθηγητής

Μ. Τζαρδή Αναπλ. Καθηγήτρια

Κ. Αλμπαντάκη Λέκτορας

*Η παρούσα διδακτορική διατριβή
αφιερώνεται
στην οικογένειά μου.*

Ευχαριστίες

Πρώτα απ' όλα θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τα μέλη της τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής μου: κ. Ε. Μιχαλοδημητράκη, κ. Ν. Τζανάκη και κα. Ε.Φ. Κρανιώτη για την βοήθεια και την ανεκτίμητη συμβουλευτική συνδρομή τους.

Ιδιαίτερη μνεία πρέπει να γίνει στην κα. Ε.Φ. Κρανιώτη, η οποία με καθοδήγησε και με στήριξε σε κάθε βήμα της εκπόνησης της μελέτης. Χωρίς την πολύτιμη και γενναιόδωρη βοήθεια και ακαδημαϊκή επίβλεψή της δεν θα μπορούσε να αρχίσει, να συνεχίσει και να ολοκληρωθεί η παρούσα διδακτορική διατριβή.

Ευχαριστώ κάθε ένα μέλος της επταμελούς επιτροπής μου για τον χρόνο που διέθεσαν, τις συμβουλές και τις πολύτιμες υποδείξεις τους.

Επίσης, θέλω να ευχαριστήσω την κα. Χαρωνίτη Αριστέα, Υπεύθυνη Τεχνολόγος του Αξονικού Τομογράφου στο ΠαΓΝΗ, όχι μόνο επειδή βράδια ατελείωτα συνέδραμε στην πραγματοποίηση πολυάριθμων ψηφιακών ακτινογραφιών, αλλά επειδή με βοήθησε με αξιοσημείωτο επιστημονικό ζήλο.

Είμαι ευγνώμων στην κα. Gambaro Laura, φίλη και συνεργάτιδα, για την πολύτιμη πρακτική της βοήθεια και ηθική υποστήριξη.

Την βαθιά μου ευγνωμοσύνη και τις ευχαριστίες μου εκφράζω στην αδελφή μου, Κατερίνα Νάθενα, η οποία με ενθάρρυνε και με στήριξε ψυχολογικά, αλλά προσέφερε και πολύτιμη πρακτική βοήθεια σε κάθε στάδιο την εκπόνησης της παρούσας διατριβής με ιδιαίτερο επιστημονικό ενθουσιασμό.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ ανήκει στους γονείς μου, Αλέξανδρο και Ευαγγελία, οι οποίοι βρίσκονται πάντα δίπλα μου.

ΒΙΟΓΡΑΦΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ

ΔΕΣΠΟΙΝΑ ΝΑΘΕΝΑ

ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2016

Όνοματεπώνυμο: Δέσποινα Νάθενα
Πατρώνυμο: Αλέξανδρος
Ημερομηνία Γέννησης: 20 Ιουνίου 1974
Διεύθυνση: Κονδυλάκη 64, Ηράκλειο,
Κρήτη. Τ.Κ. 71305
Τηλ. κατοικίας: 0030 2811-115191
Κιν. Τηλέφωνο: 0030 6973388769
E-Mail: dnathena@yahoo.gr

ΣΠΟΥΔΕΣ ΚΑΙ ΤΙΤΛΟΙ

Ιανουάριος 2016 Αίτημα Συγκρότησης 7μελούς Επιτροπής Διδακτορικής Διατριβής.
Σεπτέμβριος 2010 Τίτλος Ειδικότητας Ιατροδικαστικής, Πα.Γ.Ν.Η.
Ιούνιος 2010 Υποψήφια Διδάκτωρ Πανεπιστημίου Κρήτης, Τμήμα Ιατρικής.
1994-2001 Πτυχίο Ιατρικής, Πανεπιστήμιο Stara Zagora, Βουλγαρία.
1986-1992 4^ο Γενικό Γυμνάσιο-Λύκειο Ηρακλείου, Κρήτης.
1980-1986 Δημοτικό Σχολείο Barenkeller, Augsburg, Γερμανία.

ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗ ΕΜΠΕΙΡΙΑ

Φεβρουάριος 2014 – Φεβρουάριος 2015 Επικουρική Ιατρός στο Εργαστήριο Ιατροδικαστικών Επιστημών, Πανεπιστημιακό Γενικό Νοσοκομείο Ηρακλείου, Κρήτης.
Ιούνιος 2012 - Ιούνιος 2013 Επικουρική Ιατρός στο Εργαστήριο Ιατροδικαστικών Επιστημών, Πανεπιστημιακό Γενικό Νοσοκομείο Ηρακλείου, Κρήτης.
Φεβρουάριος 2012 - Ιούνιος 2012 Ιατρός Υπηρεσίας Υπαίθρου Επί Θητεία στο Π.Ι. Έξω Μουλιανών, Γ.Ν.-Κ.Υ. Σητείας, Λασιθίου.
Αύγουστος 2011 - Φεβρουάριος 2012 Άμεση Μετακίνηση στο Εργαστήριο Ιατροδικαστικών Επιστημών, Πανεπιστημιακό Γενικό Νοσοκομείο Ηρακλείου, Κρήτης μετά από πρόσληψη ως Ιατρός Υπηρεσίας Υπαίθρου Επί Θητεία στο Π.Ι. Έξω Μουλιανών, Γ.Ν.-Κ.Υ. Σητείας, Λασιθίου.
Σεπτέμβριος 2010 Άδεια Χρησιμοποίησης Τίτλου Ιατρικής Ειδικότητας Ιατροδικαστικής.

Ιούλιος 2008 – Ιούλιος 2010	Ειδικευόμενη Ιατροδικαστικής, Εργαστήριο Ιατροδικαστικών Επιστημών, Πανεπιστημιακό Γενικό Νοσοκομείο Ηρακλείου, Κρήτης.
Ιανουάριος 2007 – Ιανουάριος 2008	Ειδικευόμενη Παθολογικής Ανατομικής, Εργαστήριο Ιστοπαθολογίας Γενικό Νοσοκομείο Αττικής «ΚΑΤ» Αθήνα.
Νοέμβριος 2005 – Νοέμβριος 2006	Ιατρός Υπηρεσίας Υπαίθρου στο Π.Ι. Αγίας Γαλήνης, Κ.Υ. Σπηλίου, Ρέθυμνο.

ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ ΣΕ ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ

1. García-Donas JG, Dyke J, Paine RR, **Nathena D**, Kranioti EF. Accuracy and sampling error of two age estimation techniques using rib histomorphometry on a modern sample. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 2015.
2. Madentzoglou MS, **Nathena D**, Sinatkas V, Michalodimitrakis M , Kranioti EF. Lethal BCG-osis, in the context of superficial urothelial bladder carcinoma, diagnosed in autopsy. *Egyptian Journal of Forensic Sciences*, 2015.
3. **Nathena D**, Gambaro L, Tzanakis N, Michalodimitrakis M, Kranioti EF. Sexual dimorphism of the metacarpals in contemporary Cretans: Are there differences with mainland Greeks? *Forensic Sci Int* 2015; 257,515.e1–515.e8
4. Papavdi A, **Nathena D**, Kranioti EF, Madentzoglou M, Michalodimitrakis M. Advanced Bronchogenic Carcinoma Presented As Cardiac Tamponade: A Case Report And A Review Of The Literature *Am J Forensic Med Pathol* 2015; 36 (1), 13-15.
5. Semelidou E, C Pickard C, K. MacKinnon, **Nathena D**, Gambaro L, Kranioti EF Diet reconstruction from a Venecian period population From Agios Georgios, Lasithi. *Proceedings of the 1st International Multidisciplinary Conference on the history and civilisation of Southern Crete «Εν Γορτύνη και Αρκαδία εγένετο»*, Messara, Crete, Greece, Psilaki E., Drakakis M. (eds), Heraklion 2014; 577-582.
6. **Nathena D** Modern Archaeology and Forensic Techniques. *Proceedings of the 1st International Multidisciplinary Conference on the history and civilisation of Southern Crete «Εν Γορτύνη και Αρκαδία εγένετο»*, Messara, Crete, Greece, Psilaki E., Drakakis M. (eds), Heraklion 2014; 573-576 .
7. Madentzoglou MS, Kastanaki AE, **Nathena D**, Kranioti EF, Michalodimitrakis M Nitrogen-plastic bag suicide: a case report. *J Forensic Med Path* 2013; 34 (4), 311-314.
8. Osipov B, Harvati K, **Nathena D**, Spanakis K, Karantanas A, Kranioti EF. Sexual dimorphism of the bony labyrinth: An age-independent sex estimation method. *Am J Phys Anthropol* 2013; 151(2):290-301.

9. Negre P, **Nathena D**, Kranioti EF Estimation du sexe à partir de l'ilium: test de la méthode bruzeck sur une population grecque Bull. Mém. Soc. Anthropol. Paris 2013; 26:S29.
10. Papaioannou V, Joveneaux P, **Nathena D**, Kranioti EF, Michalodimitrakis M. Sexual dimorphism of the scapula and the clavicle in modern Greeks. Forensic Sci Int 2012; 217(1-3): 231.e1–.e7.
11. Michalodimitrakis M, **Nathena D**, Mavroforou A, Papavdi A, Kranioti EF. Fatal hypernatraemia after laparoscopic treatment of hydatid liver cyst: Medical and legal concerns of a rare complication. Forensic Sci Int 2012; 219(1-3):e16–18.
12. Kranioti EF, **Nathena D**, Michalodimitrakis M. Sex estimation of the Cretan humerus: A digital radiometric study. Int J Legal Med. 2011; 125(5):659-67.
13. Papavdi A, Spanoudaki E, **Nathena D**, Michalodimitrakis M. Rupture of a Non Coronary Sinus of Valsalva Aneurysm in Side the Right Atrium. IJMTFM 2011; 1(2):70-74.
14. Kastanaki A, Kraniotis CF, Kranioti EF, **Nathena D**, Theodorakis P, Michalodimitrakis M. Suicide by pesticide poisoning: findings from the island of Crete, Greece. Crisis 2010; 31(6):328-34.

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΕΙΣ ΣΕ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ (ORAL PRESENTATIONS)

1. *Rib histomorphometry and sampling error: A pilot study.* Garcia-Donas JG, **Nathena D**, Michalodimitrakis M, Kranioti EF Balkan Academy of Forensic Sciences, 10th Annual Meeting, June 18th-21st, Alexandroupoli, Greece, 2014.
2. *Sex estimation from the innominate bone: A test of Bruzeck's method in a Greek population.* Negre P, **Nathena D**, Kranioti EF British Association of Human Identification (BAHID) annual conference, November 30th, Manchester, UK, 2013.
3. *Sexual dimorphism of the left metacarpals in modern Cretans.* **Nathena D**, Michalodimitrakis M, Kranioti EF Balkan Academy of Forensic Sciences, 9th Annual Meeting, June 12th-15th, Istanbul, Turkey, 2013.
4. *Sex identification of the calcaneus in modern Cretans.* **Nathena D**, Kontogiannis A, Michalodimitrakis M, Kranioti EF Balkan Academy of Forensic Sciences, 9th Annual Meeting, June 12th-15th, Istanbul, Turkey, 2013.
5. *Sudden death due to massive thrombosis of the left carotid artery. A rare case of cause of death.* Papavdi A, Madentzoglou MS, Kanaki K, Kontogiannis A, **Nathena D**, Michalodimitrakis M Balkan Academy of Forensic Sciences, 9th Annual Meeting, June 12th-15th, Istanbul, Turkey, 2013.

6. *Modern Archaeology and Forensic Techniques*. **Nathena D** 1st International Conference on the history and civilisation of Southern Crete «Εν Γορτύνη και Αρχαδία εγένετο», Messara, Crete, Greece Sept 20-23, 2012.
7. *Diet reconstruction from a Venecian period population From Agios Georgios, Lasithi*. Semelidou E, C Pickard C, K. MacKinnon, **Nathena D**, Gambaro L, Kranioti EF 1st International Conference on the history and civilisation of Southern Crete «Εν Γορτύνη και Αρχαδία εγένετο», Messara, Crete, Greece Sept 20-23, 2012.
8. *Food aspiration as a cause of sudden death in multiple sclerosis* Halkodeamon B, **Nathena D**, Tsiotsias S, Michalodimitrakis M Balkan Academy of Forensic Sciences, 8th Annual Meeting, June 2nd-5th, Prishtina, Republic of Kosovo, 2011.
9. *Sexual dimorphism of the right metacarpals in modern Cretans* **Nathena D**, Nathena K, Kranioti EF, Michalodimitrakis M Balkan Academy of Forensic Sciences, 8th Annual Meeting, June 2nd-5th, Prishtina, Republic of Kosovo, 2011.
10. *Sexual dimorphism of the femur in contemporary Cretans and Spanish: New standards for forensic applications* Kranioti EF, **Nathena D**, Tahiri A, Michalodimitrakis M Balkan Academy of Forensic Sciences, 8th Annual Meeting, June 2nd-5th, Prishtina, Republic of Kosovo, 2011.
11. *Sudden death after multiple bee stings*. Kontogiannis A, Spanoudaki E, **Nathena D**, Douzis J, Michalodimitrakis M Balkan Academy of Forensic Sciences, 8th Annual Meeting, June 2nd-5th, Prishtina, Republic of Kosovo, 2011.
12. *Sudden death in young man associated with undiagnosed autoimmune thyroiditis*. **Nathena D**, Papadomanolakis A, Spanoudaki E, Tsikas A, Michalodimitrakis M 89. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Rechtsmedizin, September 22nd-25th, Berlin, Germany, 2010.
13. *Sex estimation from the tibia: standards for modern Greeks*. Tahiri A, Kranioti EF, **Nathena D**, Michalodimitrakis M. International Conference and Workshops on Missing persons, Mediterranean Academy of Forensic Sciences March 24th-27th, Prishtina, Republic of Kosovo, 2010.
14. *Diagnosis of sex from the tibia for Cretan, Italian and Spanish populations*. Tahiri A, Apostol MA, Kranioti EF, **Nathena D**, Michalodimitrakis Balkan Academy of Forensic Sciences, 7th Annual Meeting, June 3rd-6th, Tirana, Albania, 2010.
15. *Sexual dimorphism of the scapula and the clavicle in modern Greeks* Joveneaux P, Papaioannou Vasiliki V, **Nathena D**, Kranioti EF, Michalodimitrakis M. Balkan Academy of Forensic Sciences, 7th Annual Meeting, June 3rd-6th, Tirana, Albania. 2010.
16. *Estimation du sexe à partir de l'ilium: test de la méthode bruzek sur une population grecque*. Negre P, **Nathena D**, Kranioti EF Colloque annuel de la Société d'anthropologie de Paris, 1839e réunion scientifique, 28–31 Janvier, Montpellier, France.
17. *Postmortem immunohistology in the diagnosis of arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy and guided family screening*. Protonotarios N, Tsatsopoulou A, Papadomanolakis A, Asimaki A, **Nathena**

- D**, Syrris P., Anastasakis A, Kohiadakis G, Saffitz JE, Michalodimitrakis M. Balkan Academy of Forensic Sciences, 6th Annual Meeting, June 18th-21st, 2009, Kavala, Greece.
18. *Death of Greek teenager due to ricocheted bullet- a case report* Papavdi A, Douzis J, **Nathena D**, Michalodimitrakis M. Balkan Academy of Forensic Sciences, 6th Annual Meeting, June 18th-21st, 2009, Kavala, Greece.
19. *Forensic medicine in Malaysia and Greece: a comparison of death investigation and training system.* Siew S, Douzis J, **Nathena D**, Spanoudaki E, Rohayu A, Shahrom W, Michalodimitrakis M. Balkan Academy of Forensic Sciences, 6th Annual Meeting, June 18th-21st, 2009, Kavala, Greece.

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΕΙΣ ΣΕ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ (POSTER PRESENTATIONS)

1. *Preliminary study: Age estimation based on the metamorphosis of the clavicle in Greeks.* Madentzoglou MS, **Nathena D**, Michalodimitrakis M, Kranioti EF Balkan Academy of Forensic Sciences, 10th Annual Meeting, June 18th-21st, Alexandroupoli, Greece, 2014.
2. *The Cretan Collection: A modern reference collection from Greece.* Madentzoglou MS, **Nathena D**, Michalodimitrakis M, Kranioti EF Balkan Academy of Forensic Sciences, 10th Annual Meeting, June 18th-21st, Alexandroupoli, Greece, 2014.
3. *Fatal traffic accidents in the region of Crete.* Douzis J, Kontogiannis A, **Nathena D**, Kanaki A, Michalodimitrakis M Balkan Academy of Forensic Sciences, 8th Annual Meeting, June 2nd-5th, 2011, Prishtina, Republic of Kosovo.
4. *Advanced brochogenic carcinoma as a cause of sudden cardiac death.* **Nathena D**, Lagoudaki E, Spanoudaki E, Douzis I, Michalodimitrakis M 89. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Rechtsmedizin, September 22nd-25th, 2010, Berlin, Germany.
5. *Traffic fatalities in the region of Crete.* Douzis J, **Nathena D**, Spanoudaki E, Papavdi A, Kranioti EF, Michalodimitrakis M. XXI Congress of the International Academy of Legal Medicine (IALM) May 28th -30th, 2009, Lisboa, Portugal.
6. *Propofol use and deaths among health personnel.* Spanoudaki E, Douzis J, **Nathena D**, Papavdi A, Kranioti EF, Michalodimitrakis M. XXI Congress of the International Academy of Legal Medicine (IALM) May 28th -30th, 2009, Lisboa, Portugal.
7. *Suicide due to self-immolation: a case report* Papavdi A, Spanoudaki E, Douzis J, **Nathena D**, Kastanaki A, M. Michalodimitrakis. Balkan Academy of Forensic Sciences, 6th Annual Meeting, June 18th-21st, 2009, Kavala, Greece.

8. *Homocides in the region of Crete during the period 2001-2009* Papavdi A, **Nathena D**, Spanoudaki E Douzis J, Papadomanolakis A, M. Michalodimitrakis. Balkan Academy of Forensic Sciences, 6th Annual Meeting, June 18th-21st, 2009, Kavala, Greece.
9. *Propofol use and deaths among health personnel*. Spanoudaki E, Douzis J, **Nathena D**, Papavdi A, Kranioti EF, Michalodimitrakis M. Balkan Academy of Forensic Sciences, 6th Annual Meeting, June 18th-21st, 2009, Kavala, Greece.
10. *Traffic fatalities in the region of Crete*. Douzis J, **Nathena D**, Spanoudaki E, Papavdi A, Kranioti EF, M. Michalodimitrakis. Balkan Academy of Forensic Sciences, 6th Annual Meeting, June 18th-21st, 2009, Kavala, Greece.

ΣΥΝΕΧΙΖΟΜΕΝΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

- Attended the Workshop: Cross sectional and surface histology Workshop: An application of Anthropological methods. March 20th – 21st, Edinburgh, UK, 2014.
- Attended the Workshop: Introduction to bone and dental histology: Forensic Applications. Balkan Academy of Forensic Sciences, 9th Annual Meeting, June 12th-15th, Istanbul, Turkey, 2013.
- Attended the Seminar in Homicide Investigation sponsored by Harvard Associates in Police Science, October 19th – 23rd, Maryland, USA, 2009.
- Attended the Forensic Pathology Department at the Office of the Chief Medical Examiner for the State of Maryland, October 2nd -November 30th, 2009, Baltimore, USA.
- Attended summer practical seminars in forensic anthropology methods sex on the Plika Protohelladic I cemetery population. August 3-13th, Olympia, Greece. (Tutor: Dr E. Kranioti)

ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΕΜΠΕΙΡΙΑ

Τμήμα Ιατρικής, Πανεπιστήμιο Κρήτης

Επίπεδο Προπτυχιακών Σπουδών:

2011-2012: Εργαστήρια σε φοιτητές Ιατρικής 11^{ου} εξαμήνου.

2013-2014: Εργαστήρια σε φοιτητές Ιατρικής 11^{ου} εξαμήνου.

2012-2013: 4 διαλέξεις σε φοιτητές Ιατρικής 7^{ου} εξαμήνου.

2013-2014: 1 διάλεξη σε φοιτητές Ιατρικής 7^{ου} εξαμήνου και 3 διαλέξεις σε φοιτητές Ιατρικής 11^{ου} εξαμήνου.

2014-2015: 3 διαλέξεις σε φοιτητές Ιατρικής 7^{ου} εξαμήνου.

2015-2016: 1 διάλεξη σε φοιτητές Ιατρικής 7^{ου} εξαμήνου και 3 διαλέξεις σε φοιτητές Ιατρικής 11^{ου} εξαμήνου.

Εποπτεία εργασιών σε υλικό της οστεοσυλλογής του Εργαστηρίου Ιατροδικαστικών Επιστημών, Πανεπιστημίου Κρήτης

2010: Tahiri Anila, University of Edinburgh (MSc project, primary supervisor E. Kranioti, University of Edinburgh)

2011: Papaioannou Vasiliki Department of Biology, University of Crete (internship, primary supervisor E. Kranioti, University of Edinburgh)

2011: Joveneaux Perrine, Department of Biology, University of Lille, France (internship, primary supervisor M. Michalodimitrakis, University of Crete)

2012: Gambaro Laura University of Bournemouth (MPhil project, primary supervisor H. Schutkowski)

2013: Negre Pierrick, University of Marseille (internship, primary supervisor E. Kranioti, University of Edinburgh)

2014: Patricia Prado, University of Bahia, Brazil (postdoctoral research project, primary supervisor E. Kranioti, University of Edinburgh)

ΞΕΝΕΣ ΓΛΩΣΣΕΣ

Ελληνική (μητρική), Αγγλική (Άριστη γνώση), Βουλγαρική (Άριστη γνώση), Γερμανική (Άριστη γνώση, γεννηθείσα στην Γερμανία).

ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΧΕΙΡΙΣΜΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Microsoft Office Programs (Microsoft Windows, Word, Excel, PowerPoint, Access, and Outlook), Internet tools, Adobe Acrobat, Adobe Photoshop, SPSS, PAST, tps series, 3D software (Amira, Image J).

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

Τίτλος: ΑΚΤΙΝΟΜΕΤΡΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ ΤΟΥ ΦΥΛΟΥ ΤΟΥ ΣΚΕΛΕΤΟΥ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΑ ΜΕΤΑΚΑΡΠΙΑ ΟΣΤΑ ΚΑΙ ΤΙΣ ΠΤΕΡΝΕΣ

Εισαγωγή

Κύριο μέλημα κατά την ιατροδικαστική εξέταση πτώματος αγνώστων στοιχείων, εκτός από την αιτία, το είδος και το χρόνο θανάτου, είναι η ταυτοποίηση. Σε περιστατικά πρόσφατου θανάτου, όπου διατηρούνται ευδιάκριτα τα στοιχεία του προσώπου και τα δακτυλικά αποτυπώματα, η ταυτοποίηση γίνεται χωρίς ιδιαίτερες δυσκολίες. Σε περιπτώσεις, όμως, προχωρημένης αποσύνθεσης ή απανθράκωσης αυτά τα στοιχεία είναι αλλοιωμένα ή απουσιάζουν. Οι δυσκολίες πολλαπλασιάζονται ακόμα περισσότερο όταν το υπό εξέταση υλικό περιορίζεται σε λίγα οστά. Επομένως, η στοιχειοθέτηση του βιολογικού προφίλ των σκελετικών υπολειμμάτων απαιτεί την ανάπτυξη νέων μεθοδολογιών που μπορούν να εφαρμοστούν τόσο από την Ιατροδικαστική Ανθρωπολογία, όσο και από την Οστεοαρχαιολογία.

Την ανάγκη για μια πιο έγκυρη εκτίμηση του φύλου ακόμη και από σκελετούς των οποίων τμήματα είτε ελλείπουν είτε δεν σώζονται πλήρη, επιχείρησαν να καλύψουν επιστημονικά με την εφαρμογή μεθόδων ιατροδικαστικής ανθρωπολογίας (μορφολογικές, μετρικές) σε σχεδόν καθένα από τα οστά του ανθρώπινου σκελετού. Η μακροσκοπική εξέταση του σκελετού, ως γνωστόν βασίζεται στην ποιοτική εκτίμηση κάποιων χαρακτηριστικών, τα οποία είναι ιδιαίτερα διμορφικά έτσι ώστε να οδηγούν σε ταξινόμηση των δειγμάτων στο ένα ή στο άλλο φύλο. Κάποια τμήματα του σκελετού όπως η πύελος και το κρανίο διαφέρουν σημαντικά και μπορεί κανείς να εκτιμήσει το φύλο με βάση τα χαρακτηριστικά τους. Πάρα ταύτα το γεγονός ότι δεν ανευρίσκονται πάντα έγινε αιτία να αναπτυχθούν τεχνικές αναγνώρισης φύλου από άλλα οστά όπως τα μακρά οστά, η ωμοπλάτη κτλ. Οι μέθοδοι αυτές είχαν αποτελέσματα σε περιπτώσεις σκελετών που δεν ήταν πλήρεις, αλλά δεδομένου ότι αφορούσαν στην εξέταση ενός ή μικρού αριθμού οστών παρουσίαζαν το μειονέκτημα της μικρότερης ακρίβειας. Επιπρόσθετα, η επαναλαμβανόμενη προσπάθεια μέτρησης διαστάσεων από ήδη ταλαιπωρημένα σκελετικά υπολείμματα ενέχει τον κίνδυνο της

καταστροφής τους κάτι το οποίο διόλου επιθυμητό δεν είναι ιδιαίτερα στην περίπτωση των ιατροδικαστικών υποθέσεων στις οποίες τα οστά αποτελούν αποδεικτικά στοιχεία ή άλλοτε αποτελούν μοναδικό αρχαιολογικό υλικό.

Ένας απλούστερος αν και αποτελεσματικός τρόπος εξέτασης ανθρωπίνων υπολειμμάτων είναι η ακτινογράφιση, η οποία χρησιμοποιείται κατεξοχήν σε περιπτώσεις σηπτικών σωμάτων, αλλά και σε μαζικές καταστροφές στις οποίες ανευρίσκονται πολυάριθμα και ανακατεμένα ανθρώπινα μέλη και η εξέταση και αναγνώριση τους είναι εξαιρετικά πολύπλοκη διαδικασία. Τελευταία αναπτύσσονται μέθοδοι αναγνώρισης με βάση μετρήσεις των μακρών οστών σε ακτινογραφίες με αποτελέσματα παραπλήσια των κλασσικών οστεομετρικών μεθόδων. Η ακτινομετρική μέθοδος έχει μέχρι τώρα όλες τις προϋποθέσεις να τύχει τελικής εφαρμογής στην καθημερινή ιατροδικαστική πρακτική.

Στόχος

Σκοπός της έρευνας αυτής είναι η ανάπτυξη συγκεκριμένων ανθρωπομετρικών τεχνικών για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών του φυλετικού διμορφισμού, ενώ παράλληλα θα γίνει εφικτή, για πρώτη φορά, η δημιουργία μιας βάσης δεδομένων για τον κρητικό πληθυσμό συγκρίσιμη με αντίστοιχες βάσεις άλλων πληθυσμιακών ομάδων. Η ακτινομετρική μέθοδος στα μετακάρπια οστά και στις πτέρνες αναμένεται να δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα σε βαθμό που να γίνεται επιστημονικά αποδεκτή ως αξιόπιστη στην ιατροδικαστική πρακτική. Η εφαρμογή της σε περιπτώσεις μαζικών καταστροφών κατά τις οποίες ανευρίσκονται πλήθος διαμελισμένων και ανακατεμένων σωρών αναμένεται να οδηγήσει γρήγορα και εύκολα στην αναγνώριση φύλου επιταχύνοντας έτσι τη διαδικασία της ταυτοποίησης.

Υλικό και Μέθοδοι

Το δείγμα της μελέτης αποτελείται από σκελετούς της Οστεολογικής Συλλογής του Εργαστηρίου Ιατροδικαστικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Κρήτης, η οποία είναι η δεύτερη σύγχρονη οστεολογική συλλογή της Ελλάδας μετά την οστεολογική συλλογή της Αθήνας. Αποτελείται από 212 ανθρώπινους σκελετούς, ως επί το πλείστον από άτομα που έζησαν στην Κρήτη για περισσότερο από τρεις γενιές.

Η συλλογή φιλοξενείται προσωρινά στις εγκαταστάσεις της Ιατροδικαστικής Υπηρεσίας Κρήτης του Υπουργείου Δικαιοσύνης στο Ηράκλειο. Η συλλογή περιλαμβάνει άτομα που έχασαν τη ζωή τους μεταξύ του έτους 1968 και 1998. Επίσης συμπεριλαμβάνονται και 21 άτομα που μετανάστευσαν από την Τουρκία, τα νησιά και την ηπειρωτική Ελλάδα. Οι δημογραφικές πληροφορίες είναι διαθέσιμες για 145 άτομα και πιστοποιητικά θανάτου ανακτήθηκαν για 77 περιπτώσεις. Το φύλο είναι εμφανές από τα ονόματα που αναγράφονται στις οστεοθήκες και έχει επιβεβαιωθεί με την εξέταση της πυέλου κάθε σκελετού. Η αναλογία με βάση το φύλο είναι σχεδόν ίση. Το ηλικιακό εύρος είναι 19 έως 101 (N = 145), ενώ η μέση ηλικία είναι 69+/-13.52 για τους άνδρες και 73+/-16.9 για τις γυναίκες.

Οι σκελετοί επιλέχθηκαν σύμφωνα με τα ακόλουθα κριτήρια:

- Καλή συντήρηση της πλειοψηφίας των οστών με έμφαση στα μετακάρπια οστά και τις πτέρνες.
- Εκπροσώπηση όλων των ηλικιακών ομάδων και για τα δύο φύλα (στο μέτρο του δυνατού).
- Ελάχιστη ύπαρξη τραύματος ή ορατών παθολογικών αλλοιώσεων.
- Επιβεβαίωση κρητικής καταγωγής των ατόμων.

Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στα μετακάρπια οστά και στις πτέρνες σύμφωνα με κλασσικές οστεομετρικές μεθόδους και παράλληλα δημιουργήθηκε μία βάση δεδομένων για τα ανθρωπομετρικά στοιχεία των συγκεκριμένων οστών του Κρητικού πληθυσμού για πρώτη φορά. Συνολικά μετρήθηκαν τα δεξιά μετακάρπια οστά από 77 σκελετούς και τα αριστερά μετακάρπια οστά από 81 σκελετούς, ενώ για κάθε μετακάρπιο οστό λήφθηκαν 7 μετρήσεις. Επίσης, εξετάστηκαν 174 πτέρνες του δεξιού άκρου ποδός και 164 πτέρνες του αριστερού άκρου ποδός. Για κάθε πτέρνα μετρήθηκαν 10 διαστάσεις.

Ελήφθησαν μετρήσεις σε ψηφιακές ακτινογραφίες των μετακαρπίων οστών και των περνών του Κρητικού πληθυσμού για πρώτη φορά. Συνολικά ακτινογραφήθηκαν ψηφιακά με πανοραμική όψη (superior) 154 ζευγάρια δεξιών και αριστερών μετακαρπίων οστών τοποθετημένα σε ανατομική θέση. Πραγματοποιήθηκαν 4 ακτινομετρικές μετρήσεις για κάθε δεξιό και αριστερό μετακάρπιο οστό σε πανοραμική όψη, καθώς και 1 ακτινομετρική μέτρηση που αφορά στο σημείο αναφοράς (μεταλλικός χάρακας, γνωστών διαστάσεων). Επιπλέον,

ακτινογραφήθηκαν ψηφιακά με πανοραμική όψη (superior) 175 ζευγάρια περνών τοποθετημένες σε ανατομική θέση. Στην συνέχεια ακτινογραφήθηκαν ψηφιακά σε πλάγια όψη (lateral) 166 δεξιές πτέρνες, καθώς και 157 αριστερές πτέρνες. Πραγματοποιήθηκαν 6 ακτινομετρικές μετρήσεις σε όλες τις αριστερές πτέρνες σε πανοραμική και 4 σε πλάγια όψη.

Τα αποτελέσματα των ανωτέρω μετρήσεων έχουν υποβληθεί σε διακρίνουσα στατιστική ανάλυση (discriminant function analysis) και έχουν προσδιοριστεί οι μεταβλητές που διαχωρίζουν το φύλο με μεγαλύτερη επιτυχία.

Αποτελέσματα

Οστεομετρική μέθοδος

Σύμφωνα με τα οστεομετρικά αποτελέσματα των μετακαρπίων (MTC) στα δεξιά MTC2, MTC3, MTC4 και MTC5 υπάρχουν σταθερά υψηλότερες μέσες τιμές για όλες τις μετρήσεις. Αυτές οι διαφορές είναι στατιστικώς σημαντικές στο επίπεδο $p < 0.05$. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με τα αποτελέσματα αντίστοιχης μελέτης από την οστεολογική συλλογή της Αθήνας, όπου δεν βρήκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων τιμών των αριστερών και δεξιών MTC στο δείγμα τους, συνεπώς δημιουργήθηκαν διαφορετικές εξισώσεις για τα αριστερά και δεξιά MTC2, MTC3, MTC4 και MTC5. Η καλύτερη μονοπαραγοντική εξίσωση βασίστηκε στο αριστερό MTC2 με ποσοστό σωστής ταξινόμησης 85.3%, ακολουθούμενη από το δεξιό MTC4 με ποσοστό σωστής ταξινόμησης 81.5%. Η καλύτερη πολυπαραγοντική εξίσωση χρησιμοποίησε τρεις μεταβλητές με επιτυχία 85.1% του δείγματος.

Σύμφωνα με τα οστεομετρικά αποτελέσματα των περνών από τις δέκα μεταβλητές τρεις βρέθηκαν να διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά ($p < 0.05$) μεταξύ αριστερών και δεξιών. Οι διαφορές μεταξύ των μέσων τιμών στα αρσενικά και τα θηλυκά άτομα ήταν σημαντικές ($p < 0.05$) για όλες τις μετρήσεις σε όλες τις περιπτώσεις. Για τις αριστερές πτέρνες το ποσοστό σωστής ταξινόμησης των μονών μεταβλητών κυμάνθηκε από 71.4% έως 82.4%. Για τις δεξιές πτέρνες το ποσοστό σωστής ταξινόμησης των μονών μεταβλητών κυμάνθηκε από 72% έως 80.3%. Για τις μέσες τιμές το ποσοστό σωστής ταξινόμησης των μονών μεταβλητών κυμάνθηκε από 71% έως 81%. Δοκιμάζοντας διάφορους συνδυασμούς μεταβλητών βρήκαμε τρεις εξισώσεις με ποσοστό σωστής ταξινόμησης από 84.9% έως 85.3%.

Κατά τη διάρκεια της ανάλυσης των δεδομένων για τον πληθυσμό της Κρήτης δημοσιεύτηκε μια μελέτη εκτίμησης φύλου από τις μετρήσεις της αριστερής πτέρνας από την συλλογή της Αθήνας (Peckmann et al., 2015). Κρίθηκε αναγκαία η εφαρμογή των εξισώσεων που προτείνουν οι Peckmann και συνεργάτες (2015) στο πληθυσμό της Κρητικής συλλογής. Το δείγμα από την Κρήτη ταξινομήθηκε σωστά από 52.2-79.1% χρησιμοποιώντας τις μονές μεταβλητές και από 59,7 έως 80,6% χρησιμοποιώντας τις πολυπαραγοντικές εξισώσεις. Σε κάθε περίπτωση το ποσοστό ταξινόμησης είναι μικρότερο από τα ποσοστά της μελέτης των Peckmann et al., (2015) του πρότυπου δείγματος και του δείγματος της Διασταυρωμένης Επικύρωσης (cross-validated). Επιπρόσθετα τα ποσοστά σωστής ταξινόμησης για άνδρες και γυναίκες δεν εμφανίζονται ισορροπημένα. Για παράδειγμα οι εξισώσεις 1 και 3 ταξινομούν τους άνδρες σωστά με ποσοστά 98.5% και 97% αντίστοιχα και τις γυναίκες με ποσοστά 35.8% και 22.4% αντίστοιχα. Είναι προφανές ότι οι εξισώσεις που προέκυψαν από τη Συλλογή της Αθήνας δεν είναι κατάλληλες για το δείγμα της Κρητικής Συλλογής που είναι και πιο αντιπροσωπευτικό του πραγματικού Κρητικού πληθυσμού εφόσον επί τω πλείστον παρουσιάζουν πολύ μεγαλύτερο σφάλμα στην ταξινόμηση των γυναικών σε σχέση με τα αναφερόμενα ποσοστά της μελέτης των Peckmann et al., (2015) του πρότυπου δείγματος και του δείγματος της Διασταυρωμένης Επικύρωσης. Επομένως, είναι σημαντικό να αναπτυχθούν ξεχωριστά πρότυπα για την εκτίμηση του φύλου για το συγκεκριμένο πληθυσμό. Επιπρόσθετα, εφόσον η εν λόγω μελέτη ανέδειξε διαφορές μεταξύ των αριστερών και δεξιών οστών πρέπει να δημιουργηθούν εξισώσεις ξεχωριστά για αριστερά, δεξιά οστά και τις μέσες τιμές για κάθε μεταβλητή.

Ακτινομετρική μέθοδος

Τα ακτινομετρικά αποτελέσματα των μετακαρπίων αποκάλυψαν ότι το MTC1 και το MTC2 παρουσιάζουν την μεγαλύτερη ασυμμετρία με τρεις από τις τέσσερις μεταβλητές να διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ($p < 0,05$) μεταξύ δεξιού και αριστερού οστού. Όλες οι μεταβλητές βρέθηκαν να διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ των δύο φύλων, τόσο για τα δεξιά οστά, όσο και για τα αριστερά οστά. Σε

όλες τις περιπτώσεις η μέση τιμή κάθε μεταβλητής για τους άνδρες ήταν μεγαλύτερη από αυτή των γυναικών. Η καλύτερη μονοπαραγοντική εξίσωση βασίστηκε στο δεξιό MTC1 με ποσοστό σωστής ταξινόμησης 84.8%. Η καλύτερη πολυπαραγοντική εξίσωση αφορά το MTC1 και χρησιμοποιεί όλες τις μεταβλητές με ποσοστό σωστής ταξινόμησης 91% για το πρότυπο δείγμα και 89.4% για το δείγμα Διασταυρωμένης Επικύρωσης (cross-validated).

Τα ακτινομετρικά αποτελέσματα των αριστερών πτερνών αποκάλυψαν ότι οι διαφορές μεταξύ των μέσων τιμών στα αρσενικά και τα θηλυκά άτομα ήταν σημαντικές ($p < 0.001$) για όλες τις μετρήσεις σε όλες τις περιπτώσεις. Η πιο αποτελεσματική μεταβλητή, όπως αποδεικνύεται από την άμεση διακρίνουσα στατιστική ανάλυση για τις αριστερές πτέρνες διαχώρισε το φύλο με επιτυχία σε 84.7% του δείγματος. Η καλύτερη πολυπαραγοντική εξίσωση χρησιμοποίησε δύο μεταβλητές με 82,6% ακρίβεια ταξινόμησης.

Συμπεράσματα

1. Η οστεομετρική μέθοδος των μετακαρπίων οστών και των πτερνών είναι επιτυχής για τον Κρητικό πληθυσμό, για τον οποίο δημιουργήθηκε πλέον μία βάση δεδομένων για τα ανθρωπομετρικά στοιχεία των συγκεκριμένων οστών για πρώτη φορά.
2. Ο προσδιορισμός του φύλου του ατόμου με την χρήση ψηφιακών ακτινογραφιών μετακαρπίων και πτερνών είναι δυνατή με σωστή ταξινόμηση έως και 89.4% και 84.7% αντίστοιχα.
3. Η ακτινομετρική μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί εναλλακτικά σε περιστατικά μαζικών καταστροφών ή απανθρακωμένων θυμάτων. Επίσης, αποτελεί μέθοδο εκλογής σε μοναδικό, ευαίσθητο αρχαιολογικό υλικό, καθώς δεν ενέχει τον κίνδυνο της καταστροφής τους.
4. Οι εξισώσεις που προέκυψαν από τη Συλλογή της Αθήνας δεν είναι κατάλληλες για το δείγμα της Κρητικής Συλλογής που είναι και πιο αντιπροσωπευτικό του πραγματικού Κρητικού πληθυσμού. Επομένως, είναι σημαντικό να αναπτυχθούν ξεχωριστά πρότυπα για την εκτίμηση του φύλου για συγκεκριμένο πληθυσμό.

ABSTRACT

SEXUAL DIMORPHISM BASED ON DIGITAL RADIOGRAPHS OF THE METACARPALS AND THE CALCANEI

Introduction

The main goal in the forensic examination of a deceased, except for the cause, manner and the time of death, is the identification. When the face and the fingerprints are well preserved, the identification process can be concluded without any particular difficulties. However, when presented with cases of decomposition or fire victims these features can be missing. Difficulties increase if the only biological material available for examination is limited to a few bones. Accordingly, the development of new techniques, which may be applied both in forensic anthropology and osteoarchaeology, are required in order to effectively perform a biological profile of the skeletal remains present.

The examination of morphological characteristics of the skeleton, which are highly dimorphic, can lead to the classification of the samples in regards to determine sex. Some bones, such as the pelvis and skull, vary significantly in males and females. The fact that these bones are not always present for examination created the need to develop sex identification techniques for other bones, such as the long bones, the scapula, etc. Additionally, the repeated attempt of measuring skeletal remains bears the risk of damaging the sample. Such an event is not desired, particularly in forensic cases in which the bones serve as evidence or in when examining unique archaeological material.

A simple but effective way to examine human remains is radiography, which is already used in cases of decomposed bodies, as well as in mass disaster events. Lately, scientists have develop identification methods based on measurements of long bones in radiographs, showing similar results in comparison to the classic osteometric methods. This radiometric method has the potential to become an application in the everyday forensic practice.

Aim of the study

The purpose of this research is the development of specific anthropometric techniques in order to determine the characteristics of sexual dimorphism. In addition, as a database for the Cretan population will be created, it will be possible for the first time to compare this sample to other population groups. The radiometric method in metacarpals and calcanei is expected to give satisfactory results to an extent that is scientifically accepted as reliable in forensic practice. This application should lead quickly and easily to determination of sex in cases of mass disasters, thus speeding up the identification process.

Material and Methods

The skeletal material was selected from the Cretan collection, a modern osteological collection housed at the Department of Forensic Sciences of the University of Crete. The collection includes Cretans who died between 1968 and 1998.

Using a digital caliper, 7 measurements were taken on each one of the right and left metacarpal bones. Right metacarpal bones were examined from 77 skeletons, and left metacarpal bones from 81 skeletons. Also, 174 right calcanei and 164 left calcanei were examined. For each calcaneus 10 measurements were taken.

This is the first study of a Cretan population, where measurements from digital radiographs of metacarpals and calcanei were taken in order to determine sex. A total of 154 pairs of right and left metacarpal bones were digitally x-rayed. Four radiometric measurements were taken for each right and left metacarpal bone and one radiometric measurement on the reference point (metal ruler with known dimensions). Furthermore, 175 pairs of calcanei were digitally x-rayed in superior position, and 166 right and 157 left calcanei were digitally x-rayed in lateral position. Six radiometric dimensions were measured on all left calcanei, in superior view, and 4 in lateral view.

Discriminant function analysis was performed using SPSS 13 (Statistical Package for Social Sciences).

Results

Osteometry:

- The differences between the means in males and females were significant ($p < 0.001$) for all measurements in all cases.
- There are statistically significant differences between the mean values of left and right bones for most of the variables at $p < 0.05$.
- Sex determination of the metacarpals based on the osteometric method gave correct classification rates up to 81% for univariate and up to 85.1% for the multivariate equations. The equation with the largest percentage of correct classification for the left metacarpal bones was noted for MTC II (85.1%), and MTC III (82.7%) for the right metacarpal bones.
- For the left calcanei the percentage of correct classification using a single variable ranged from 71.4% to 82.4%, and for the right calcanei from 72% to 80.3%. The rates were improved up to 84% in both cases when combinations of variables were used.
- These results are inconsistent with two recent studies for metacarpals and calcanei performed on a modern skeletal collection from Athens. This clearly indicates the need to provide specific standards for the Cretan population, in order to achieve a more reliable estimation of sex in forensic cases.
- The posterior probabilities for the highest performing equations were calculated.

Radiometry:

- Statistically significant differences were found between left and right metacarpal bones for most variables.
- The determination of sex using digital radiographs in metacarpals and calcanei is possible by classifying correctly up to 89% and 85% respectively.

Conclusions:

1. The osteometric method of metacarpal bones and the calcanei is highly accurate in the Cretan population, and a database of anthropometric data of these specific bones was created for the first time for this population.
2. The determination of sex using digital radiographs of metacarpals and calcanei is possible, classifying correctly up to 89.4% and 84.7%, respectively.

3. The radiometric method may alternatively be used in cases of mass disasters or charred victims. In addition, it is the method of choice when examining unique and sensitive archaeological material, as it carries no risk of their destruction.
4. The equations derived from the bone collection of Athens are not appropriate for the Cretan sample. It is therefore important to develop separate standards in order to determine sex accurately for this population.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες

Βιογραφικό Σημείωμα

Περίληψη

Abstract

ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο : Εισαγωγή.....	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο : Η Ιατροδικαστική Ανθρωπολογία στην Ελλάδα.....	27
2.1. Ιστορική αναδρομή της Ιατροδικαστικής Ανθρωπολογίας στην Ελλάδα.....	27
2.2. Σύγχρονες Οστεολογικές Συλλογές Αναφοράς.....	29
2.2.1. Οστεολογική Συλλογή της Αθήνας.....	29
2.2.2. Οστεολογική Συλλογή της Κρήτης.....	30
2.3. Ερευνητική δραστηριότητα.....	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο : Μέθοδοι εκτίμησης φύλου στην Ιατροδικαστική Ανθρωπολογία..	37
3.1. Μορφολογικές Μέθοδοι.....	37
3.1.1. Πύελος.....	37
3.1.2. Κρανίο.....	39
3.2. Οστεομετρικές Μέθοδοι.....	41
3.2.1. Πύελος.....	41
3.2.2. Κρανίο.....	42
3.2.3. Λοιπά Οστά.....	43
3.3. Απεικονιστικές Μέθοδοι.....	48
3.3.1. Εφαρμογές της Ιατρικής Απεικόνισης στην ιατροδικαστική διερεύνηση...	48
3.3.2. Μαγνητική Τομογραφία.....	56

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο : Υπάρχουσες Μελέτες Αναγνώρισης Φύλου με βάση τα Μετακάρπια Οστά και τις Πτέρνες.....	57
4.1. Υπάρχουσες Οστεομετρικές Μελέτες Μετακαρπίων.....	57
4.2. Υπάρχουσες Οστεομετρικές Μελέτες Πτερνών.....	60
4.3. Υπάρχουσες Ακτινομετρικές Μελέτες Μετακαρπίων.....	62
4.4. Υπάρχουσες Ακτινομετρικές Μελέτες Πτερνών.....	63
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο : Σκοπός της μελέτης.....	65

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο : Υλικό και Μέθοδος.....	67
6.1. Ταφονομικές Συνήθειες Στην Ελλάδα.....	67
6.2. Πληθυσμός της μελέτης.....	67
6.3 .Μεθοδολογία.....	68
6.4.Κριτήρια επιλογής δειγμάτων.....	68
6.5.Επεξεργασία δειγμάτων.....	69
6.6.1. Οστεομετρία.....	69
6.6.1.1. Οστεομετρικά Όργανα.....	69
6.6.1.2.Οστεομετρικές Μετρήσεις Μετακαρπίων.....	70
6.6.1.3. Οστεομετρικές Μετρήσεις Πτερνών.....	72
6.6.2. Ακτινομετρικά Όργανα.....	76
6.6.2.1. Ακτινομετρικές Μετρήσεις Μετακαρπίων.....	76
6.6.2.2. Ακτινομετρικές Μετρήσεις Πτερνών.....	77
6.7. Εκτίμηση σφάλματος.....	80
6.8. Διαφορές αριστερών και δεξιών οστών (bilateral asymmetry).....	81
6.9. Διακρίνουσα Στατιστική Ανάλυση (Discriminant Function Analysis).....	81
6.10. Διασταυρούμενη Επικύρωση (Cross-validation).....	82
6.11. Εκ των υστέρων πιθανότητες σωστής ταξινόμησης (posterior probabilities)...	83
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο : Αποτελέσματα.....	84

7.1.1. Οστεομετρικά Αποτελέσματα Μετακαρπίων Οστών.....	84
7.1.2. Οστεομετρικά Αποτελέσματα Πτερνών.....	96
7.2.1. Ακτινομετρικά Αποτελέσματα Μετακαρπίων Οστών.....	108
7.2.2. Ακτινομετρικά Αποτελέσματα Πτερνών.....	119
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο : Συζήτηση.....	123
8.1. Οστεομετρικές Μέθοδοι.....	123
8.1.1. Μετακάρπια Οστά.....	126
8.1.2. Πτέρνες.....	129
8.2. Ακτινομετρικές Μέθοδοι.....	131
8.2.1. Μετακάρπια Οστά.....	133
8.2.2. Πτέρνες.....	134
8.3. Περιορισμοί της μελέτης.....	135
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο : Συμπεράσματα.....	137
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο : Βιβλιογραφία.....	139
Δημοσίευση	158

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: Εισαγωγή

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.

Η αναγνώριση πτώματος που βρέθηκε ακέραιο και σε σχετικά μικρό χρονικό διάστημα από τον θάνατο γίνεται σχετικά εύκολα, καθώς περιλαμβάνει την εξέταση ενδυμάτων, δακτυλικών αποτυπωμάτων, χαρακτηριστικά προσώπου, νεκροψιακά ευρήματα (τατουάζ, παλαιές ουλές, παλαιές ή πρόσφατες χειρουργικές τομές), οδοντόγραμμα, ανάλυση DNA. Συμβαίνει ωστόσο συχνά το πτώμα αγνώστων στοιχείων να ανευρεθεί σε κατάσταση προχωρημένης αποσύνθεσης, σκελετοποιημένο ή να έχει υποστεί εκτεταμένη καταστροφή (π.χ. απανθράκωση, διαμελισμός) οπότε η ταυτοποίησή του είναι εξαιρετικά δυσχερής.

Η Ιατροδικαστική Ανθρωπολογία αποτελεί κλάδο των ιατροδικαστικών επιστημών με κύριο στόχο την ταυτοποίηση ανθρώπινων σκελετικών υπολειμμάτων, καθώς και την εξέταση των συνθηκών του θανάτου τους (αιτία θανάτου, είδος θανάτου και χρόνος του θανάτου). Η ταυτοποίηση έγκειται στην στοιχειοθέτηση του βιολογικού προφίλ των σκελετικών υπολειμμάτων που περιλαμβάνει την εκτίμηση των βασικών βιολογικών γνωρισμάτων του ατόμου, δηλαδή το φύλο, την ηλικία και το ανάστημά του.

Για την εκτίμηση του φύλου έχει εδραιωθεί η αξιολόγηση των μορφολογικών χαρακτηριστικών, και / ή η οστεομετρική αξιολόγηση των σκελετικών υπολειμμάτων. Σε περιπτώσεις όπου η πύελος ή το κρανίο είναι διαθέσιμο και άθικτο, η εξέταση των μορφολογικών χαρακτηριστικών μπορεί να προβλέψει με ακρίβεια το φύλο έως και 95% (Purkait & Chandra 2004). Το γεγονός ότι τα ανωτέρω οστά δεν ανευρίσκονται πάντα αποτέλεσε την αιτία να αναπτυχθούν τεχνικές αναγνώρισης φύλου από άλλα οστά όπως τα μακρά οστά, η ωμοπλάτη κτλ. Οι μέθοδοι αυτές είχαν αποτελέσματα σε περιπτώσεις σκελετών που δεν ήταν πλήρεις, ωστόσο η επαναλαμβανόμενη προσπάθεια μέτρησης διαστάσεων από ήδη ταλαιπωρημένα σκελετικά υπολείμματα ενέχει τον κίνδυνο της καταστροφής τους. Επιπλέον, το σκελετικό υλικό συχνά καλύπτεται με υπολείμματα μαλακών μορίων, τα οποία μπορεί να αποκρύψουν

σημαντικά σκελετικά γνωρίσματα που θα μπορούσαν να βοηθήσουν στην ταυτοποίηση, ως εκ τούτου ειδικές τεχνικές (maceration) είναι απαραίτητες για την διεξαγωγή της ιατροδικαστικής εξέτασης που ωστόσο είναι εξαιρετικά χρονοβόρες.

Η ευαισθησία των οστών και η συχνή κάλυψη τους με μαλακούς ιστούς γέννησε την ανάγκη ανεύρεσης μιας νέας μεθόδου μη καταστρεπτικής και μη επεμβατικής, αλλά και αποτελεσματικής για τα οστά τόσο για τον προσδιορισμό του φύλου όσο και για τον προσδιορισμό της ηλικίας. Η ακτινομετρική μέθοδος έχει αναπτυχθεί πρόσφατα με αποτελέσματα παραπλήσια των κλασικών οστεομετρικών μεθόδων για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών του φυλετικού διμορφισμού.

Μια σημαντική παράμετρος στον προσδιορισμό του φύλου είναι τα σκελετικά χαρακτηριστικά του πληθυσμού από τον οποίο προέρχεται το υπό μελέτη υλικό. Οι διάφοροι πληθυσμοί διαφέρουν μεταξύ τους εξαιρετικά, ιδιαίτερα όταν προέρχονται από γεωγραφικές περιοχές οι οποίες είναι απομονωμένες μεταξύ τους για εκτεταμένο χρονικό διάστημα. Επομένως, είναι απαραίτητη η δημιουργία μιας βάσης δεδομένων για τον κρητικό πληθυσμό συγκρίσιμη με αντίστοιχες βάσεις άλλων πληθυσμιακών ομάδων.

Η έλλειψη επαρκούς βιβλιογραφίας και δημοσιεύσεων για την ακτινομετρική μέθοδο αναγνώρισης του φύλου του σκελετού από τα μετακάρπια οστά και τις πτέρνες, καθώς και η έλλειψη βάσης οστεομετρικών δεδομένων για τον ελληνικό πληθυσμό και ειδικότερα για τον κρητικό, αποτέλεσε το έναυσμα για την ενασχόληση με το θέμα αυτό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο : Η Ιατροδικαστική Ανθρωπολογία στην Ελλάδα.

2. Η Ιατροδικαστική Ανθρωπολογία στην Ελλάδα.

2.1. Ιστορική αναδρομή της Ιατροδικαστικής Ανθρωπολογίας στην Ελλάδα.

Ο Κλων Στέφανος (1854-1915) ήταν Έλληνας ιατρός και ανθρωπολόγος από την Κέα. Αρχικά σπούδασε ιατρική και έπειτα ανθρωπολογία στο Παρίσι. Ιδρύει μαζί με τους Μ. Αποστολίδη και Α. Νεόφυτο το πρώτο Ανθρωπολογικό Μουσείο της Ελλάδας το 1886 και διεξάγει ανθρωπολογικές μετρήσεις και αρχαιολογικές ανασκαφές στην Ελλάδα. Το 1915 απεβίωσε και δεν πρόλαβε να εργαστεί στην πρώτη έδρα Ανθρωπολογίας στο Πανεπιστήμιο Αθηνών που ιδρύθηκε την ίδια χρονιά και αποτέλεσε πρώτη του είδους της και στα Βαλκάνια.

Το 1915 αναλαμβάνει την διεύθυνση του Ανθρωπολογικού Μουσείου της Ελλάδας, καθώς και τη νεοσύστατη έδρα Ανθρωπολογίας ο γιατρός Ιωάννης Κούμαρης (1879-1970), ενώ το 1924 ιδρύει την Ελληνική Ανθρωπολογική Εταιρεία.

Στενός συνεργάτης του Ι. Κούμαρη υπήρξε ο αυστριακός Άνταλμπερτ Μάρκοβιτς (1897-1941), ο οποίος ασχολήθηκε με την σημασία του γεωγραφικού χώρου της Ελλάδας ως προς την παρουσία και την εξέλιξη του ανθρώπου στην Ευρώπη.

Το 1969 διαλύεται η Ελληνική Ανθρωπολογική Εταιρεία και μέλη του Διοικητικού της Συμβουλίου υπό την προεδρία του Άρη Πουλιανού ιδρύουν το 1970 την Ανθρωπολογική Εταιρεία Ελλάδος. Ο Άρης Πουλιανός σπούδασε Βιολογία στις Η.Π.Α. και Ανθρωπολογία στην τέως Σοβιετική Ένωση. Το 1960 δημοσιεύει στη Μόσχα τη διδακτορική του διατριβή με τίτλο «Η Προέλευση των Ελλήνων», (Poulianos, 1960: The origin of the Greeks). Εισηγάγε έδρα Ανθρωπολογίας και Βιολογίας στο Πανεπιστήμιο Πατρών (1965). Ο Α. Πουλιανός έχει συνδεθεί με την σημαντική ανακάλυψη στο χώρο της παλαιοανθρωπολογίας σχετικά με τον αρχάνθρωπο των Πετραλώνων, καθώς αποδεικνύει ότι η προέλευση του ανθρώπου δεν σχετίζεται με την Αφρική.

Αρκετές εργασίες ελληνικού σκελετικού υλικού από τη νεολιθική εποχή μέχρι τη σύγχρονη έγιναν από τον βρετανοαμερικανό ανθρωπολόγο J. L. Angel (1943; 1944; 1946; 1966; 1971). Στις μελέτες του επικεντρώθηκε στην οδοντοφυΐα, καθώς τα δόντια διατηρούνται καλύτερα από τα υπόλοιπα τμήματα του σκελετού σε αρχαιολογικό υλικό. Η διδακτορική διατριβή του Ν. Ξηροτύρη ασχολείται με τον πληθυσμό των Πομάκων στη Βόρεια Ελλάδα (Ξηροτύρης, 1971). Ο Νικόλαος Ξηροτύρης μελέτησε ελληνικό σκελετικό υλικό και ηγήθηκε μίας σειράς από γενετικές και ανθρωπομετρικές μελέτες για τους Νεοέλληνες, αλλά για άλλους πληθυσμούς των Βαλκανίων (Schneider et al, 1975; Ξηροτύρης et al, 1979; Huckenbeck et al, 2001; Scheil et al, 2001).

Ελάχιστες ακτινομετρικές μελέτες για κρανιοπροσωπικά χαρακτηριστικά των σύγχρονων πληθυσμών έχουν καταγραφεί (Argyropoulos and Sassouni, 1989; Argyropoulos et al, 1989). Ο Αργυρόπουλος και οι συνεργάτες του (1989) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι τα κρανιοπροσωπικά χαρακτηριστικά των Ελλήνων έχουν παραμείνει αναλλοίωτα για τα τελευταία 4000 χρόνια.

Ο Σωτήρης Μανώλης (1991) μελέτησε τα κρανιοπροσωπικά χαρακτηριστικά διαφόρων νότιων πληθυσμών της Εποχής του Χαλκού συμπεριλαμβανομένων των Μινωιτών, πληθυσμών από την Μεσσηνία, την Αττική και την Αργολίδα, ενώ έδωσε και τον μορφολογικό τύπο του κρανιοπροσωπικού συμπλέγματος κάθε πληθυσμού. Ο ίδιος κατέληξε στο συμπέρασμα ότι υπήρχε λιγότερη επαφή με σημαντικά διαφορετικούς πληθυσμούς.

Ο Μανώλης Τσιλιβάκος και οι συνεργάτες του (2002) διερεύνησαν την συχνότητα εμφάνισης της περιοδοντίτιδας σε ένα μυκηναϊκό πληθυσμό της Ύστερης Εποχής του Χαλκού της Δυτικής Πελοποννήσου. Σύμφωνα με τους ερευνητές ο πληθυσμός που μελέτησαν εμφάνιζε υψηλό ποσοστό προθανάτιας απώλειας δοντιών, τριβής και τερηδόνας, ενώ η συχνότητα της περιοδοντίτιδας δεν φαίνεται να διαφέρει από εκείνη άλλων προϊστορικών δειγμάτων.

2.2. Σύγχρονες Οστεολογικές Συλλογές Αναφοράς.

Στο παρελθόν οι περισσότερες μελέτες στην Ελλάδα έχουν γίνει σε αρχαιολογικό υλικό. Η δημιουργία της Οστεολογικής Συλλογής της Αθήνας, καθώς και της Οστεολογικής Συλλογής της Κρήτης την τελευταία δεκαετία αποτέλεσε αφετηρία για μελέτες σύγχρονων ελληνικών πληθυσμών.

2.2.1. Οστεολογική Συλλογή της Αθήνας.

Η δημιουργία της Οστεολογικής Συλλογής της Αθήνας ολοκληρώθηκε σε δύο περιόδους. Αρχικά, τα έτη 1996 και 1997 η συλλογή με την επωνυμία “Wiener Lab Collection” ιδρύθηκε από την Λάγια Ά. και στεγαζόταν στην Αμερικανική Σχολή Κλασικών Σπουδών στην Αθήνα, αποτελούμενη από 72 σκελετούς που αποκτήθηκαν από νεκροταφεία των Αθηνών (Pike, 1997). Το 1998, η συλλογή δωρίθηκε στο Τμήμα Φυσιολογίας Ζώων & Ανθρώπου στο Πανεπιστήμιο Αθηνών, όπου και στεγάζεται μέχρι σήμερα (Roberts et al., 2005, pp. 45–46). Τα έτη 2001 έως 2003 παρασκευάστηκαν επιπλέον 153 σκελετοί από τον Ηλιόπουλο Κ. ανεβάζοντας τον συνολικό αριθμό των δειγμάτων στους 225 σκελετούς.

Οι δημογραφικές πληροφορίες και τα πιστοποιητικά θανάτου είναι διαθέσιμα για 214 άτομα από την συλλογή, εκ των οποίων 114 είναι άρρενες και 100 είναι θήλεα. Η συλλογή περιλαμβάνει άτομα που έχασαν τη ζωή τους μεταξύ του έτους 1960 και 1996 και είχαν καταγωγή από διαφορετικά μέρη της Ελλάδας. Η μέση ηλικία είναι 54.7 χρόνια για τους άνδρες και 55.5 χρόνια για τις γυναίκες, ενώ ο αριθμός των ανηλίκων είναι περιορισμένος (Eliopoulos et al. 2007).

Η Οστεολογική Συλλογή της Αθήνας αποτέλεσε πηγή πολλών επιστημονικών μελετών (π.χ. Eliopoulos et al. 2007; Charisi et al. 2011; Zorba et al. 2011; Anastopoulou et al. 2014; Králík et al. 2014; Peckmann et al. 2015a; Peckmann et al. 2015b).

2.2.2. Οστεολογική Συλλογή της Κρήτης.

Η Οστεολογική Συλλογή του Εργαστηρίου Ιατροδικαστικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Κρήτης είναι η δεύτερη σύγχρονη οστεολογική συλλογή της Ελλάδας μετά την οστεολογική συλλογή της Αθήνας (Elioroulos et al., 2007). Αποτελείται από 212 ανθρώπινους σκελετούς, ως επί το πλείστον από άτομα που έζησαν στην Κρήτη για περισσότερο από τρεις γενιές (**Εικόνα 1**). Η συλλογή δημιουργήθηκε από την Έλενα Κρασιώτη το 2003 με σκοπό την εκπόνηση της διδακτορικής της διατριβής με τίτλο: 'Ο προσδιορισμός του φύλου του ατόμου με βάση την ακτινολογική εξέταση του σκελετού'. Εδόθη ανάλογη άδεια από τον εισαγγελέα για την μελέτη των σκελετών που ελήφθησαν από δύο κοιμητήρια του Ηρακλείου Κρήτης.



Εικόνα 1: Σκελετός από την Οστεολογική Συλλογή του Εργαστηρίου Ιατροδικαστικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Κρήτης.

Η συλλογή περιλαμβάνει άτομα που έχασαν τη ζωή τους μεταξύ του έτους 1968 και 1998. Επίσης συμπεριλαμβάνονται και 21 άτομα που μετανάστευσαν από την Τουρκία, τα νησιά και την ηπειρωτική Ελλάδα. Οι δημογραφικές πληροφορίες είναι διαθέσιμες για 145 άτομα και πιστοποιητικά θανάτου ανακτήθηκαν για 77 περιπτώσεις. Το φύλο είναι εμφανές από τα ονόματα που αναγράφονται στις οστεοθήκες και έχει επιβεβαιωθεί με την εξέταση της πυέλου κάθε σκελετού. Η αναλογία με βάση το φύλο είναι σχεδόν ίση (49,5% άνδρες, 48,6% γυναίκες). Το ηλικιακό εύρος είναι 19 έως 101 (N = 145), ενώ η μέση ηλικία είναι 69+/-13.52 για τους άνδρες και 73+/-16.9 για τις γυναίκες (Kranioti, 2009).

Η συλλογή φιλοξενείται προσωρινά στις εγκαταστάσεις της Ιατροδικαστικής Υπηρεσίας Κρήτης του Υπουργείου Δικαιοσύνης στο Ηράκλειο, βρίσκεται υπό την επιστημονική επίβλεψη της Δρ Κρανιώτη και έχει καταγραφεί λεπτομερώς κατά το 40% έως τώρα (**Εικόνα 2**). Επιπρόσθετα έχει χρησιμοποιηθεί ως σημείο αναφοράς σε πολλές επιστημονικές έρευνες (π.χ. Kranioti et al., 2008; Kranioti and Michalodimitrakis, 2009; Kranioti et al., 2009a; Kranioti et al., 2009b; Kranioti et al., 2011; Osipov et al., 2011; Papaioannou et al., 2012; Gambaro, 2014; Nathena et al., 2015; Kranioti and Apostol., 2015; Kranioti and Tzanakis, 2015), καθώς και σε ιατροδικαστικές υποθέσεις ατόμων που ανευρέθηκαν στο νησί της Κρήτης σε προχωρημένη αποσύνθεση.



Εικόνα 2: Η Οστεολογική Συλλογή Κρήτης στις εγκαταστάσεις της Ιατροδικαστικής Υπηρεσίας Κρήτης του Υπουργείου Δικαιοσύνης στο Ηράκλειο.

2.3. Ερευνητική δραστηριότητα.

Η ερευνητική δραστηριότητα την τελευταία δεκαετία στο χώρο της Ανθρωπολογίας στην Ελλάδα είναι εστιασμένη σε σύγχρονους ελληνικούς πληθυσμούς.

Η Κρανιώτη και συνεργάτες (2008) μελέτησαν τα κρανιοπροσωπικά χαρακτηριστικά, λαμβάνοντας 16 διαστάσεις από συνολικά 90 άνδρες και 88 γυναίκες με σκοπό τη διερεύνηση του φυλετικού διμορφισμού στον σύγχρονο πληθυσμό της Κρήτης. Τα αποτελέσματα της μελέτης απέδωσαν ποσοστό σωστής ταξινόμησης του φύλου έως και 88.2%.

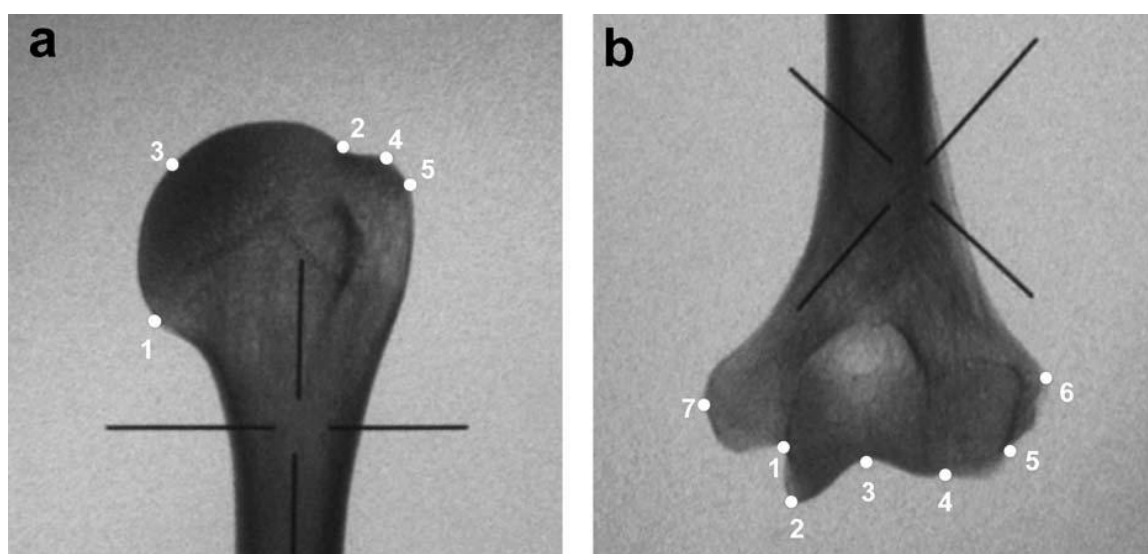
Το 2008 οι Steyn και Iscan στα πλαίσια μίας οστεομετρικής μελέτης εκτίμησης του φύλου εξέτασαν 97 πυέλους αρρένων και 95 πυέλους θηλέων από την οστεολογική συλλογή της Κρήτης. Οι ερευνητές μέτρησαν 17 διαστάσεις και η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έδωσε ποσοστό σωστής ταξινόμησης του φύλου 95.4%.

Ο Παπαλουκάς και οι συνεργάτες του (2008a) μελέτησαν τον φυλετικό διμορφισμό πυέλων και μηριαίων οστών σε 100 άρρενες και 100 θήλεα από την οστεολογική συλλογή της Αθήνας. Η αναλογία της απόστασης του ηβικού φύματος με το πρόσθιο χείλος της κοτύλης προς την διάμετρο της κοτύλης έδωσαν τα καλύτερα αποτελέσματα με ποσοστό σωστής ταξινόμησης του φύλου 99%.

Το 2009, οι Κρανιώτη και Μιχαλοδημηράκης (2009) δημιούργησαν μια τεχνική εξακρίβωσης του φύλου εφαρμόζοντας έξι μεταβλητές σε δείγμα 168 αριστερών βραχιόνιων οστών από την οστεολογική συλλογή της Κρήτης. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έδωσε ποσοστό σωστής ταξινόμησης του φύλου 92.9%. Αργότερα, το 2015 οι Κρανιώτη και Τζανάκης (2015) χρησιμοποίησαν την τεχνική ανάλυσης των καμπυλών λειτουργικού χαρακτηριστικού δέκτη (Receiver Operating Characteristic) για την εξέταση μονών μεταβλητών (μετρήσεις βραχιονίου, ακτίνας και ωλένης από την Κρητική Συλλογή) ως δείκτες για την εκτίμηση φύλου. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έδωσε ποσοστό σωστής ταξινόμησης του φύλου έως και 91% με καλύτερη μεταβλητή για την ακτίνα και την ωλένη το μέγιστο μήκος (91 και 89% αντίστοιχα) και για το βραχιόνιο τη διάμετρο της κεφαλής. Παρόμοια μελέτη για τα ίδια οστά πραγματοποιήθηκε και από τους Χαρίση και συνεργάτες (2011), η οποία έδειξε ποσοστά σωστής ταξινόμησης έως και 95%. Όταν οι εξισώσεις για τις μονές μεταβλητές της μελέτης αυτής εφαρμόστηκαν στον Κρητικό πληθυσμό, τα ποσοστά κυμάνθηκαν σε χαμηλότερες τιμές (55-90%) χωρίς όμως να υπάρχει ισορροπία σε άνδρες και γυναίκες (Kranioti and Tzanakis, 2015). Χαρακτηριστικά η εξίσωση F27

για το εύρος της κάτω επίφυσης της ωλένης ταξινόμησε σωστά μόνο μία γυναίκα (1/77 ή 1.3%).

Μια άλλη ακτινομετρική μελέτη με βάση τα βραχιόνια οστά από την οστεολογική συλλογή της Κρήτης χρησιμοποίησε ένα σύνολο από 97 ακτινογραφίες, καθορίζοντας έντεκα σημεία στην εγγύς και άπω επίφυση των οστών (**Εικόνα 3**). Οι πολυπαραγοντικές εξισώσεις ταξινόμησης του φύλου έδειξαν έως και 89.7% ακρίβεια (Kranioti et al. 2009a).

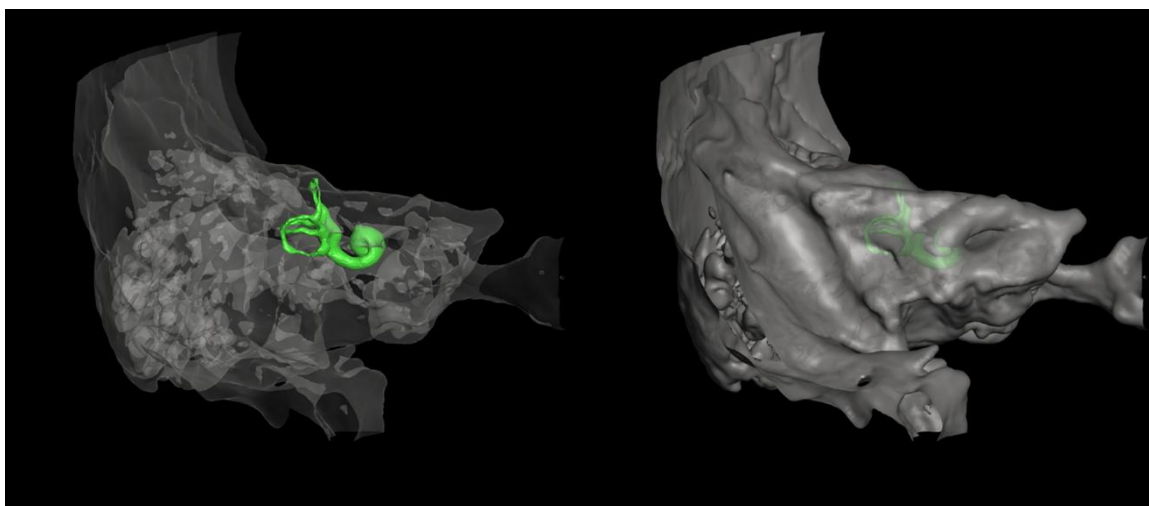


Εικόνα 3: Σημεία επιλογής α) στην εγγύς και β) στην άπω επίφυση του βραχιονίου οστού. (Kranioti et al. 2009a).

Την ίδια χρονιά, μια άλλη μελέτη από την Κρασιώτη και συνεργάτες (2009b) ασχολήθηκε με την μέτρηση και ακτινογράφιση μηριαίων οστών από 36 άρρενες και 34 θήλεα της οστεολογικής συλλογής Κρήτης. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έδωσε ποσοστό σωστής ταξινόμησης του φύλου 92.9%. Οι ερευνητές αυτοματοποίησαν την μέθοδο δημιουργώντας ένα software, το οποίο μετά την εισαγωγή της ψηφιακής ακτινογραφίας και την επιλογή των σημείων από το χρήστη υπολόγιζε αυτόματα το φύλο και την πιθανότητα σωστής ταξινόμησης.

Οι Ζορμπά και συνεργάτες (2011) εξέτασαν τον φυλετικό διμορφισμό συνολικά 839 μόνιμων δοντιών σε 133 άτομα (70 άνδρες και 63 γυναίκες) από τη οστεολογική συλλογή της Αθήνας. Σύμφωνα με τους ερευνητές, οι κυνόδοντες ήταν τα πιο διμορφικά δόντια, ενώ ακολουθούν οι 1^{οι} προγόμφιοι, οι 2^{οι} προγόμφιοι της άνω γνάθου και οι 2^{οι} γομφίοι της κάτω γνάθου. Αν και άλλα δόντια ήταν επίσης διμορφικά δεν είχαν στατιστικά σημαντική διαφορά σε όλες τις διαστάσεις. Συγκρίνοντας τον φυλετικό διμορφισμό στα δόντια μεταξύ διαφορετικών πληθυσμών παρατήρησαν ότι διαφέρει μεταξύ των διαφορετικών ομάδων. Έτσι, οι Ευρωπαϊκές ομάδες πληθυσμού παρουσίασαν τον υψηλότερο βαθμό φυλετικού διμορφισμού στα δόντια, ενώ οι ιθαγενείς της Νότιας Αμερικής το χαμηλότερο.

Ο Οσίρον και συνεργάτες (2011) μελέτησαν τον φυλετικό διμορφισμό του αριστερού και δεξιού οστέινου λαβύρινθου από 94 άτομα της οστεολογικής συλλογής της Κρήτης με 3D απεικόνιση (**Εικόνα 4**). Δύο πολυπαραγοντικές εξισώσεις της στατιστικής ταξινόμησης του φύλου έδωσαν ποσοστό σωστής ταξινόμησης 84%. Η συγκεκριμένη μελέτη είναι σημαντική, αφού με την ανεύρεση μόνο του κροταφικού οστού μπορεί να εκτιμηθεί το φύλο. Επιπλέον, αποτελεί μία πολύ καλή τεχνική προσδιορισμού του φύλου για ανήλικα άτομα, καθώς ο οστέινος λαβύρινθος ωριμάζει πριν την εφηβεία.



Εικόνα 4: Τρισδιάστατη απεικόνιση τμήματος του κροταφικού οστού και ανακατασκευή του οστέινου λαβύρινθου.

Η Παπαϊωάννου και συνεργάτες (2012) μελέτησαν συνολικά 147 αριστερές ωμοπλάτες και 147 κλείδες (81 άρρενες και 66 θήλεα) από την οστεολογική συλλογή της Κρήτης. Οκτώ και έξι μετρήσεις ελήφθησαν από την ωμοπλάτη και την κλείδα αντίστοιχα και ακολούθησε η στατιστική ανάλυση των δεδομένων. Η μονοπαραγοντικές και πολυπαραγοντικές εξισώσεις της στατιστικής ταξινόμησης του φύλου έδειξαν υψηλή ακρίβεια για όλες τις μεταβλητές της ωμοπλάτης και τις περισσότερες μεταβλητές της κλείδας, επιβεβαιώνοντας την αξία τους ως δείκτες εκτίμησης του φύλου για τον Κρητικό πληθυσμό.

Η Gambaro L. (2013) μελέτησε τον φυλετικό διμορφισμό των θωρακικών σπονδύλων σε 70 ενήλικες από την οστεολογική συλλογή της Κρήτης. Δεκαέξι μετρήσεις ελήφθησαν από κάθε θωρακικό σπόνδυλο. Οι μονοπαραγοντικές εξισώσεις της στατιστικής ταξινόμησης του φύλου έδωσαν καλύτερα αποτελέσματα για τον 3^ο θωρακικό σπόνδυλο (T3) με ποσοστό σωστής ταξινόμησης 89.4%. Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο Βηματικής Διαχωριστικής Ανάλυσης, η καλύτερη πολυπαραγοντική εξίσωση αφορούσε στον 2^ο θωρακικό σπόνδυλο (T2) με ποσοστό σωστής ταξινόμησης του φύλου 90.6% συνδυάζοντας δύο μεταβλητές.

Μία άλλη μελέτη που διεξήχθη από τους Καρακωστή και συνεργάτες (2014) διερευνά το βαθμό του φυλετικού διμορφισμού στις εγγύς φάλαγγες των ποδιών από την οστεολογική συλλογή της Αθήνας. Το δείγμα που χρησιμοποιήθηκε αποτελείται από 749 εγγύς φάλαγγες άκρου ποδός (αριστερά και δεξιά), οι οποίες ανήκουν σε 174 ενήλικα άτομα (91 άνδρες και 83 γυναίκες). Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων που ακολούθησε έδωσε ποσοστό σωστής ταξινόμησης του φύλου από 77.1% έως 90.9% για τις αριστερές και από 72.2% έως 86.6% για τις δεξιές εγγύς φάλαγγες του άκρου ποδός.

Οι ίδιοι ερευνητές (Karakostis et al. 2015) εφάρμοσαν την ίδια μεθοδολογία και για τις εγγύς φάλαγγες των άκρων χειρών. Μελετήθηκαν επτά διαστάσεις 661 οστών από 160 ενήλικα άτομα (86 άνδρες και 74 γυναίκες) της οστεολογικής συλλογής της Αθήνας. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα οι εγγύς φάλαγγες των άκρων χειρών είναι διμορφικές με τις αριστερές φάλαγγες να επιδεικνύουν υψηλότερο βαθμό φυλετικού διμορφισμού.

Δημοσιεύτηκε μία πρόσφατη μελέτη εκτίμησης φύλου με μετρήσεις της αριστερής πτέρνας από την συλλογή της Αθήνας (Peckmann et al., 2015). Εννέα διαστάσεις μετρήθηκαν σε 198 άτομα (103 άνδρες και 95 γυναίκες), ηλικίας από 20-99 ετών. Η ακρίβεια σωστής ταξινόμησης του φύλου κυμαινόταν από 70% έως 90% για τις μονοπαραγοντικές εξισώσεις, 82,9% έως 87,5% με την άμεση μέθοδο και 86,2% με τη μέθοδο Βηματικής Διαχωριστικής Ανάλυσης. Πραγματοποιήθηκε συγκριτική μελέτη με άλλους πληθυσμούς προγενέστερων ερευνών. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της Διασταυρούμενης Επικύρωσης το ποσοστό σωστής ταξινόμησης κυμάνθηκε από 48,6% έως 56,1% με τα περισσότερα θήλεα να ταξινομούνται εσφαλμένα ως άρρενα.

Οι ίδιοι συγγραφείς πραγματοποίησαν επίσης μία οστεομετρική μελέτη εκτίμησης φύλου με βάση τον αστράγαλο σε 182 άτομα (96 άρρενες και 86 θήλεα) από την συλλογή της Αθήνας (Peckmann et al., 2015). Μετρήθηκαν εννέα διαστάσεις. Η ακρίβεια σωστής ταξινόμησης του φύλου κυμαινόταν από 65.2% έως 93.4% για τις μονοπαραγοντικές εξισώσεις, 90% έως 96.5% με την άμεση μέθοδο και 86,7% με τη μέθοδο Βηματικής Διαχωριστικής Ανάλυσης. Πραγματοποιήθηκε συγκριτική μελέτη με άλλους πληθυσμούς προγενέστερων ερευνών. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της Διασταυρούμενης Επικύρωσης το ποσοστό σωστής ταξινόμησης κυμάνθηκε από 65.5% έως 83.2%.

Άλλες μελέτες, εκτός των μεθόδων εκτίμησης φύλου συμπεριλαμβάνουν ιστολογικές μεθόδους εκτίμησης ηλικίας (Duke et al., 2014; García-Donas et al., 2015;), εκτίμηση ηλικίας με βάση την ωτιαία επιφάνεια του λαγόνιου οστού (Negre et al., 2013), ανάλυση των μυϊκών αποφύσεων στα άνω άκρα για την εκτίμηση δραστηριότητας (Jorgensen, 2005), την ομοιότητα αριστερών και δεξιών κλειδών (Karell et al., 2015) και την μορφολογική ομοιότητα των Κρητικών με Κύπριους και Πορτογάλους (Ioannou, 2015).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: Μέθοδοι εκτίμησης φύλου στην Ιατροδικαστική Ανθρωπολογία.

3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΦΥΛΟΥ ΣΤΗΝ ΙΑΤΡΟΔΙΚΑΣΤΙΚΗ ΑΝΘΡΩΠΟΛΟΓΙΑ

3.1. Μορφολογικές Μέθοδοι.

Η πιο συνήθης τεχνική που χρησιμοποιείται με σκοπό τη μελέτη του φυλετικού διμορφισμού σε διάφορες πληθυσμιακές ομάδες είναι η μορφολογική-μακροσκοπική μέθοδος, μια από τις πιο απλές μεθόδους με τις οποίες μια συγκεκριμένη δομή μπορεί να εκτιμηθεί οπτικά. Η βάση των μορφολογικών μεθόδων εκτίμησης φύλου στην Ιατροδικαστική Ανθρωπολογία βασίζεται στο γεγονός ότι τα δυο φύλα διαφέρουν στο μέγεθος και στο σχήμα των οστών τους. Συγκεκριμένα για το ανθρώπινο είδος το αρσενικό εμφανίζει πιο ρωμαλέα χαρακτηριστικά σε σχέση με το θηλυκό σε όλη την έκταση του σκελετού, ενώ το θηλυκό που προορίζεται για να φέρει στον κόσμο τους απογόνους διαθέτει σαφώς τροποποιημένη μορφολογία της πυέλου για να διευκολύνει αυτή ακριβώς τη διαδικασία (Pickering & Bachman 2009).

3.1.1. Πύελος.

Τα οστά της πυέλου έχουν από καιρό αναγνωριστεί ως τα πιο διμορφικά οστά λόγω του διαφορετικού (αναπαραγωγικού) ρόλου των γυναικών σε σχέση με τους άνδρες (Novotny et al., 1993). Η διαμόρφωση του σχήματος της πυέλου συμβαίνει κατά τη διάρκεια της εφηβείας κυρίως λόγω των επιφερόμενων αλλαγών/τροποποιήσεων για να ικανοποιήσει τον αναπαραγωγικό της ρόλο στις γυναίκες (Singh and Potturi, 1978; Iscan and Derrick, 1984; Budinoff and Tague, 1990; Tague, 2007). Η γυναικεία πύελος παρουσιάζει μεγαλύτερη αύξηση σε ύψος και πλάτος κατά την εφηβεία σε σχέση με την ανδρική, η οποία ακολουθεί τον ίδιο ρυθμό ανάπτυξης που είχε και πριν την εφηβεία, όπως υπογραμμίζει ο Coleman (1969). Η μορφολογία της πυέλου υπόκειται σε πληθυσμιακή ποικιλομορφία, αλλά και ποικιλομορφία μεταξύ ατόμων του ίδιου πληθυσμού. Ο Caldwell και συνεργάτες παρουσιάζουν μία ταξινόμηση του

σχήματος της πυέλου σε 4 υποτύπους (android, gynaecoid, platypelloid, anthropoid) ανάλογα με τη σχετική αναλογία της οπισθοπρόσθιας και πλάγιας διαμέτρου του στομίου της πυέλου. Ο gynaecoid τύπος συναντάται στο 42% των πληθυσμών που έχουν μελετηθεί ως ο πιο συχνός στις γυναίκες. Παρά το γεγονός ότι η χρήση ακτινολογικού ελέγχου για την ταξινόμηση των 4 τύπων από τους Caldwell και Moley αποτέλεσε καινοτομία για την εποχή του, η βάση της ταξινόμησης ήταν η απλή παρατήρηση του σχήματος. Στον **πίνακα 1** αναγράφονται τα βασικά μορφολογικά γνωρίσματα της πυέλου που επιτρέπουν την διάκριση αρρένων και θηλέων.

Πίνακας 1: Μορφολογικές διαφορές πυέλου άρρενος και θήλεος ατόμου (W.Krogman, 1962, Πίνακας 37).

Γνώρισμα	Άρρεν	Θήλυ
Μέγεθος Πυέλου	Ευμεγέθης με έντονα εντυπώματα μυών	Μικρή με ήπια εντυπώματα μυών
Πτέρυγες Λαγωνίων Οστών	Επιμήκεις, κάθετα φερόμενες	Βραχείες, αποκλίνουσες
Άνω Στόμιο Ελάσσοнос Πυέλου	Καρδιοειδές	Ωοειδές
Σώμα Ηβικού Οστού	Στενό και ορθογώνιο	Ευρύ και τετραγωνισμένο
Ηβική Καμάρα	Γωνιώδης	Τοξοειδής
Θυρεοειδές Τρήμα	Μεγάλο και ωοειδές	Μικρό και τριγωνικό
Μείζον Ισχιακή Εντομή	Στενή	Ευρεία
Πρωτιαία Αύλακα	Απαντάται σπανίως	Ανεπτυγμένη
Ιερό Οστό	Επίμηκες και στενό	Βραχύ και ευρύ

Ο πίνακας υιοθετήθηκε από: Byers SN. Εισαγωγή στη Δικαστική Ανθρωπολογία, 3η Έκδοση. Επιμέλεια Ελληνικής Έκδοσης: Κ.Μωραΐτης, Χ.Σπηλιοπούλου.

Η περιγραφή των σχηματικών διαφορών μεταξύ ανδρικής και γυναικείας πυέλου αποτέλεσε και τη βάση του συνοπτικού **πίνακα 1** που ακολουθείται μέχρι και σήμερα για τον μορφολογικό προσδιορισμό του φύλου από τα οστά της πυέλου.

Διάφορες μελέτες που εστίασαν σε μεμονωμένα χαρακτηριστικά της πυέλου, αλλά και μελέτες για τον έλεγχο της αξιοπιστίας και ακρίβειας των πρώτων συνοψίζονται στην συνέχεια. Ο T.D.Phenice (1969) χρησιμοποίησε το ηβικό τόξο, το ηβικό κοίλωμα και το χείλος του ηβοϊσχιακού κλάδου ως χαρακτηριστικά στην μέθοδο της

μορφολογικής παρατήρησης στην διάκριση των δύο φύλων. Η μέθοδος αυτή αναπτύχθηκε σε 275 πύελους γνωστού φύλου από τη συλλογή Terry της Βορείου Αμερικής και έδωσε ποσοστό σωστής ταξινόμησης 95%. Μεταγενέστερα, οι Sutherland και Suchey (1991) βρήκαν 94% ακρίβεια για το ηβικό τόξο και 70% για το χείλος του ηβοϊσχιακού κλάδου σε 1284 ηβικά οστά. Τα δείγματά τους πάρθηκαν από νεκροτομές που διενεργήθηκαν στην κομητεία του Λος Άντζελες, αφορούν ποικίλες φυλετικές καταγωγές με εύρος ηλικίας από 11 έως 99 ετών. Οι Uberlaker και Volk (2002) χρησιμοποιώντας 198 δείγματα από τη συλλογή Terry της Βορείου Αμερικής εφάρμοσαν την ίδια μέθοδο με ποσοστό σωστής ταξινόμησης 88.4%.

Με τα μορφολογικά χαρακτηριστικά από την οπίσθια επιφάνεια της πύελου ασχολήθηκαν οι Iscan και Derrick (1984) επιτυγχάνοντας ποσοστό σωστής ταξινόμησης 90% των περιπτώσεων. Οι Bruzek και Ferembach (1992) βρήκαν 93% σωστή ταξινόμηση του φύλου, χρησιμοποιώντας ένα σύνολο οκτώ μεταβλητών του ισχιακού οστού. Σε ένα δείγμα 402 ενηλίκων, γνωστού φύλου και ηλικίας γαλλικής και πορτογαλικής προέλευση ο Bruzek (2002) συνδύασε πέντε μορφολογικά χαρακτηριστικά στη πύελο με ποσοστό σωστής ταξινόμησης 95%.

3.1.2. Κρανίο.

Το κρανίο στον σύγχρονο άνθρωπο (*H. Sapiens*) δεν παρουσιάζει τόσο έντονο φυλετικό διμορφισμό όσο σε άλλα ανθρωποειδή. Παρά το γεγονός αυτό όμως, υπάρχουν πολυάριθμες μελέτες που εστιάζουν σε συγκεκριμένα μορφολογικά χαρακτηριστικά του εν λόγω οστού όπως το μεσόφρυο, τα υπερόφρυα τόξα, το ινιακό κύρτωμα κ.ά. που έχουν δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα (Buikstra and Ubelaker, 1994; Krogman and Iscan 1986). Στον **πίνακα 2** αναγράφονται τα βασικά μορφολογικά γνωρίσματα του κρανίου που επιτρέπουν την διάκριση αρρένων και θηλέων.

Πίνακας 2: Μορφολογικές διαφορές κρανίου άρρενος και θήλεος ατόμου. Συνοψίζονται από τους W.Krogman(1962) και France(1998).

Γνώρισμα	Άρρεν	Θήλυ
Μέγεθος Κρανίου	Ευμεγέθες με έντονο εντύπωμα μυών	Μικρό με ήπιο εντύπωμα μυών
Μαστοειδής Απόφυση	Ευμεγέθης, προεξέχουσα	Μικρή, μη προεξέχουσα
Υπερόφρυα Τόξα	Ανεπτυγμένα	Λεπτοφυή
Μετωπιαίο Οστό	Κυρτό	Κάθετα φερόμενο
Αυχενικές Γραμμές	Εκσεσημασμένες	Μη εκσεσημασμένες
Υπερκόγχια Χείλη	Αμβλέα	Οξέα
Σώμα Κάτω Γνάθου	Ευρύ, τετραγωνισμένο	Στενό, οξύληκτο

Ο πίνακας υιοθετήθηκε από: Byers SN. Εισαγωγή στη Δικαστική Ανθρωπολογία, 3η Έκδοση. Επιμέλεια Ελληνικής Έκδοσης: Κ.Μωραΐτης, Χ.Σπηλιοπούλου.

Το 1955 ο Krogman (1955) παρουσίασε μία μελέτη όπου εισήγαγε 14 γνώρισμα ικανά για να διακρίνει τα αρσενικά από τα θηλυκά κρανία. Σε μία πρόσφατη μελέτη, η ακρίβεια 21 μορφολογικών χαρακτηριστικών του κρανίου ελέγχθηκαν σε ένα σύγχρονο δείγμα 50 ενήλικων ατόμων ευρωπαϊκής καταγωγής (Williams and Rogers, 2006). Σύμφωνα με τους ερευνητές τα ακόλουθα γνώρισμα του κρανίου ορίζονται ως υψηλής ποιότητας, καθώς δίδουν ποσοστό ακρίβειας εκτίμησης φύλου $\geq 80\%$: το μέγεθος της μαστοειδούς απόφυσης, το μέγεθος και το σχήμα από τα υπερκόγχια χείλη, η τραχύτητα του ζυγωματικού οστού, το μέγεθος και το σχήμα του ρινικού διαφράγματος και της γωνίας της κάτω γνάθου.

Ένα από τα βασικότερα μειονεκτήματα των μορφολογικών μεθόδων προσδιορισμού φύλου από την εξέταση του κρανίου είναι το γεγονός ότι η ποικιλομορφία οφείλεται εν μέρει και σε γενετικούς παράγοντες με αποτέλεσμα να μην θεωρείται πλήρως αξιόπιστο για κάθε πληθυσμό και φυλετική ομάδα. Οι Burris και Harris (1998) τονίζουν πως κάποια χαρακτηριστικά είναι δύσκολο να αναγνωριστούν και να εκτιμηθούν εάν δεν υπάρχουν πληροφορίες σχετικά με την πληθυσμιακή ομάδα προέλευσης του αγνώστου δείγματος.

3.2. Οστεομετρικές Μέθοδοι.

Μόνο η μορφολογική προσέγγιση σκελετικών υπολειμμάτων για τον προσδιορισμού του φύλου μπορεί να είναι κάπως προβληματική, καθώς η ορθή παρατήρηση και κατάταξη βασίζεται στην εμπειρία του εξεταστή (Spradley & Lantz 2011). Η κατάσταση του σκελετικού υλικού (ελλειπείς σκελετούς ή θρυμματισμένα σκελετικά υπολείμματα), καθώς και ο βαθμός του φυλετικού διμορφισμού σε διαφορετικούς πληθυσμούς μπορεί να περιπλέξει περαιτέρω την ταυτοποίηση. Σε τέτοιες περιπτώσεις, οι οστεομετρικές μέθοδοι χρησιμοποιούνται σε ένα μεγάλο αριθμό μελετών σε σχεδόν κάθε οστό του ανθρώπινου σώματος.

Παρά τη γενικότερη πεποίθηση ότι οι κρανιομετρικές μέθοδοι χαίρουν μεγαλύτερης ακρίβειας με την πύελο (Krogman and Iscan, 1996), πιο πρόσφατες μελέτες καταδεικνύουν άλλα τμήματα του σκελετού όπως τα μακρά οστά ως πιο αξιόπιστους δείκτες (France, 1998).

3.2.1. Πύελος.

Μία από τις πρώτες οστεομετρικές μελέτες που διεξήχθησαν ήταν εκείνη του S.Washburn (1948). Χρησιμοποιώντας το μήκος του ισχιακού οστού και το μήκος του ηβικού οστού, υπολόγισε τον ηβοϊσχιακό δείκτη που έδωσε ποσοστά σωστής ταξινόμησης του φύλου έως 90%. Από τότε, πολλές παρόμοιες μελέτες ακολούθησαν, ωστόσο μία παράμετρος παραμένει: Η εμφάνιση του φυλετικού διμορφισμού ποικίλλει σημαντικά μεταξύ των πληθυσμών.

Μια μελέτη σε 100 δείγματα της οστεοσυλλογής Terry της Βορείου Αμερικής από τους Schuller-Ellis και συνεργάτες (1985), χρησιμοποίησε δύο μετρικές μεταβλητές και έδειξε ότι το φύλο προσδιορίστηκε σωστά σε 98% των περιπτώσεων. Σε μια πιο πρόσφατη μελέτη από τους Patriquin και συνεργάτες (2005) εξετάστηκε μια συλλογή από 400 άτομα της Νότιας Αφρικής, χρησιμοποιώντας εννέα μετρήσεις με ποσοστό σωστής ταξινόμησης του φύλου 86%. Οι πιο διμορφικές μετρήσεις ήταν το μήκος τους ισχιακού οστού σε λευκούς και η διάμετρος της κοτύλης σε ιθαγενείς. Τα ευρήματα αυτά επιβεβαιώνουν την αναγκαιότητα δημιουργίας συγκεκριμένων οστεομετρικών δεδομένων για κάθε πληθυσμό.

Μια μελέτη των Arsuaga και Carretero (1994) σε ένα μοντέρνο πληθυσμό από την Πορτογαλία δημιούργησε 34 γραμμικές μεταβλητές και πολυάριθμες εξισώσεις με πολύ καλά αποτελέσματα σωστής ταξινόμησης του πρότυπου δείγματος. Η καλύτερη εξίσωση χρησιμοποίησε 14 παραμέτρους και κατέληξε σε 98.6% σωστή ταξινόμηση για τους άνδρες και 100% για τις γυναίκες.

Μια άλλη μελέτη από τους Bytheway και Ross (2010) χρησιμοποίησε το αριστερό ισχιακό οστό 200 ατόμων από την οστεοσυλλογή Terry και προσδιόρισε τριάντα έξι μορφολογικά χαρακτηριστικά, τα οποία έδωσαν ποσοστό σωστής ταξινόμησης μεταξύ 98%-100%. Σε γενικές γραμμές, η υψηλή ακρίβεια σωστής ταξινόμησης φύλου σε πύλους ενηλίκων μπορεί να εξηγηθεί λόγω των βασικών βιολογικών διαφορών στα αρσενικά και τα θηλυκά άτομα.

3.2.2. Κρανίο.

Ο Hanihara (1959) εργάστηκε σε 105 σύγχρονα ιαπωνικά κρανία, ατόμων ηλικίας 20 έως 60 ετών. Ο μελετητής μέτρησε εννέα διαστάσεις και κατέδειξε ποσοστό σωστής ταξινόμησης του φύλου 89.7%.

Το 1963 οι Giles και Elliot χρησιμοποίησαν ένα δείγμα 400 κρανίων από Αμερικανούς αφρικανικής και ευρωπαϊκής καταγωγής από την σκελετική συλλογή Hamann-Todd. Οι ερευνητές κατέδειξαν ότι μπορούσαν να προσδιορίσουν το φύλο με ακρίβεια 85.5% από 11 κρανιακές μετρήσεις.

Οι Song και συνεργάτες (1992) μέτρησαν 41 διαστάσεις σε ένα δείγμα 60 κρανίων (30 άνδρες και 30 γυναίκες) από την επαρχία Λιαονίνγκ της Λαϊκής Δημοκρατίας της Κίνας. Με την μέθοδο της Βηματικής Διαχωριστικής Ανάλυσης επιλέχθηκαν 14 μεταβλητές, οι οποίες είχαν ποσοστό σωστής ταξινόμησης 100%.

Οι Steyn και Iscan (1999) χρησιμοποίησαν 13 κρανιακές μετρήσεις σε πληθυσμό νοτιοαφρικανών. Η σωστή ταξινόμηση των μελών της ομάδας έφθασε το 98% σε

ορισμένες περιπτώσεις. Σε μια άλλη μελέτη από τους ίδιους συγγραφείς (1998), ο σωστός προσδιορισμός του φύλου σε λευκούς νοτιοαφρικανούς επιτεύχθηκε με ποσοστό 85.7% για το κρανίο και 80.2% για το εύρος αμφοτέρων των ζυγωματικών και μόνο.

Οι Deshmukh και Devershi (2006) μελέτησαν το φυλετικό διμορφισμό σε 74 κρανία ενηλίκων, ινδικής καταγωγής. Η διακρίνουσα στατιστική ανάλυση πολλαπλών μεταβλητών έδωσε ποσοστό σωστής ταξινόμησης 87%.

Οι Franklin και οι συνεργάτες του (2007a) μελέτησαν το φυλετικό διμορφισμό σε κρανία συγκεκριμένων ιθαγενών νοτιοαφρικανών. Χρησιμοποίησαν μια σειρά γραμμικών μετρήσεων που προέρχονται από τρισδιάστατα δεδομένα, συγκρίσιμα με εκείνα που χρησιμοποιούνται στην κλασική οστεομετρία. Το πλάτος του προσωπικού κρανίου βρέθηκε να είναι η ικανότερη μεταβλητή, ακολουθούμενη από το μήκος του κρανίου και το ύψος (Βάσιο-Βρέγμα).

Το λιθοειδές οστό ανευρίσκετε συχνά ακέραιο σε ένα κατακερματισμένο κρανίο, εξαιτίας της πυκνότητάς του και ως εκ τούτου έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές μελέτες με βάση το συγκεκριμένο οστό για τον προσδιορισμό του φύλου (Kalmey, 1996; Graw et al., 1999; Wahl and Graw, 2001; Graw et al., 2003; Norén et al., 2005; Lynnerup et al., 2006b; Akansel et al., 2008). Οι Lynnerup και συνεργάτες (2006β) έχουν εξετάσει την ισχύ του λιθοειδούς οστού για τον προσδιορισμό του φύλου χρησιμοποιώντας μία μόνο διάσταση: την διάμετρο του εσωτερικού ακουστικού πόρου. Το δείγμα προερχόταν από τη νότια Γερμανία και αποτελούνταν από 173 ενήλικα άτομα. Έχοντας μελετήσει μία μόνο μέτρηση, η ακρίβεια ταξινόμησης ήταν πολύ χαμηλή (70%).

3.2.3.Λοιπά Οστά

Μια οστεομετρική μελέτη των μακρών οστών του άνω άκρου κατέληξε ότι το μήκος του βραχιόνιου οστού είναι ο πιο ικανός δείκτης για τον προσδιορισμό του φύλου (Holman & Bennett 1991), φθάνοντας ποσοστό σωστής εκτίμησης από 85% έως 92%. Συγκριτικά με μία άλλη έρευνα που εξέτασε βραχιόνια οστά ενός γερμανικού πληθυσμού, η διάμετρος της κεφαλής του βραχιόνιου οστού έδωσε τα καλύτερα

αποτελέσματα επιτυγχάνοντας 93% ακρίβεια σε συνδυασμό με την πλάτος την κάτω επίφυσης του βραχιόνιου οστού (Mall et al., 2001).

Μια ανάλυση της Berrizbeitia (1989) που συμπεριέλαβε 1108 κερκίδες από την οστεοσυλλογή Terry οδήγησε σε 96% ακρίβεια, μετρώντας τη μέγιστη και την ελάχιστη διάμετρο της κεφαλής της κερκίδας. Μια άλλη μελέτη από την οστεοσυλλογή Terry διεξήχθη από τους Holman και Bennett (1991). Το αποτέλεσμα δύο μετρήσεων (μέγιστο μήκος κερκίδας και πλάτος την κάτω επίφυσης της κερκίδας) αναλύθηκαν δίνοντας ποσοστό σωστής ταξινόμησης του φύλου 72% για τους άνδρες και 92% για τις γυναίκες. Μια πιο πρόσφατη μελέτη από τους Barrier και L'Abbé (2008) χρησιμοποίησε από ένα πληθυσμό της νότιας Αφρικής 400 κερκίδες και όρισε ως καλύτερη μεταβλητή την ελάχιστη διάμετρο της μεσότητας της διάφυσης (86%). Με την εφαρμογή όλων των μεταβλητών το ποσοστό σωστής ταξινόμησης ήταν 88%.

Χρησιμοποιώντας τρεις μετρήσεις από την εγγύς επίφυση της ωλένης, ο Purkait (2001) προσδιόρισε σωστά το φύλο σε 85% των περιπτώσεων, εφαρμόζοντας μία μόνο μέτρηση. Μια μεταγενέστερη μελέτη από τους Barrier και συνεργάτες (Barrier et al. 2008) πήρε οκτώ μετρήσεις από 400 ωλένες από πληθυσμό της νοτίου Αφρικής. Τα αποτελέσματα της διασταυρούμενης επικύρωσης έδειξαν ακρίβεια μεταξύ 83% - 89%.

Καθώς το μηριαίο οστό είναι το βαρύτερο και μεγαλύτερο σε μήκος οστό του ανθρώπινου σκελετού, ανευρίσκεται συχνά ακέραιο ανάμεσα στα σκελετικά υπολείμματα. Για τους λόγους αυτούς το μηριαίο οστό αποτελεί ένα από τα πιο μελετημένα οστά του μετακρανιακού σκελετού αναφορικά με τον φυλετικό προσδιορισμό. Μία έρευνα που διεξήχθη από τους Dittrick και Myers Suchey (1986) ασχολήθηκε με την ανάλυση μηριαίων οστών από 370 προϊστορικά άτομα, εστιάζοντας σε δύο μετρήσεις: μέγιστη διάμετρος κεφαλής μηριαίου οστού και πλάτος κάτω επίφυσης μηριαίου οστού. Τα αποτελέσματα έδειξαν μία συνολική ακρίβεια 90%. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι το φύλο είχε προηγουμένως εκτιμηθεί χρησιμοποιώντας χαρακτηριστικά του ηβικού οστού, αμφισβητώντας την ακρίβεια του αποτελέσματος.

Ο King και οι συνεργάτες του (King et al. 1998), μελετώντας έναν σύγχρονο πληθυσμό από την Ταϊλάνδη, κατέληξαν στο ότι ο καλύτερος δείκτης για τον προσδιορισμό του φύλου είναι ο συνδυασμός της μέγιστης διαμέτρου της κεφαλής του μηριαίου οστού με το πλάτος της κάτω επίφυσης με ποσοστό σωστής ταξινόμησης 94.2%. Όταν χρησιμοποιήθηκε μόνο η δεύτερη μεταβλητή το ποσοστό σωστής εκτίμησης του φύλου ήταν 93.3%. Συγκρίνοντας τα δεδομένα των Ταϊλανδών με Λευκούς και Αφροαμερικανούς συμπέραναν ότι ως προς τα οστεομετρικά χαρακτηριστικά υπάρχουν αξιοσημείωτες διαφορές, υπογραμμίζοντας την αναγκαιότητα στοιχειοθέτησης δεδομένων για τον προσδιορισμό του φύλου για συγκεκριμένους πάντα πληθυσμούς.

Μία μελέτη που διενεργήθηκε σε 280 ενήλικα άτομα ινδικής καταγωγής χρησιμοποίησε τέσσερις μετρήσεις από την κεφαλή του μηριαίου οστού (Purkait, 2003). Η μέγιστη κατακόρυφη και οριζόντια διάμετρος της κεφαλής του μηριαίου οστού έδωσαν ποσοστό σωστής ταξινόμησης του φύλου 92.1% αντίστοιχα. Μία μεταγενέστερη μελέτη του ανωτέρω ερευνητή χρησιμοποίησε τρεις διαστάσεις, σχηματίζοντας έτσι ένα νοητό τρίγωνο, στον ίδιο πληθυσμό. Ο συνδυασμός των διαστάσεων αυτών έδωσε ποσοστό σωστής ταξινόμησης 86.5% για τα άρρενα άτομα και 86.3% για τα θήλεα (Purkait 2005).

Ο Brown και συνεργάτες (Brown et al. 2007) χρησιμοποίησαν τη μέθοδο του Purkait (2005) και την εφάρμοσαν σε ένα πληθυσμό 200 ενήλικων Αμερικανών ευρωπαϊκής και αφρικανικής καταγωγής από την οστεοσυλλογή Terry. Η διάμετρος της κεφαλής και μόνο προέβλεψε σωστά το φύλο σε 85.5% των περιπτώσεων, ενώ ο συνδυασμός της με την απόσταση του μείζονα και του ελάσσονα τροχαντήρα του μηριαίου οστού έδωσε ακρίβεια σωστής ταξινόμησης του φύλου 90%.

Οι Iscan και Miller-Shaivitz (1984) μελέτησαν κνήμες από 159 ενήλικα άτομα από την οστεοσυλλογή Terry του Ινστιτούτου Smithsonian. Οι συγγραφείς κατέγραψαν τρεις μετρήσεις στο επίπεδο του θρεπτικού τμήματος: προσθιοπίσθια διάμετρος, εγκάρσια διάμετρο και την περίμετρος, καθώς και το μέγιστο μήκος της κνήμης. Η διακρίνουσα στατιστική ανάλυση των μετρήσεων για τον προσδιορισμό του φύλου

έδωσε στο αρχικό τους δείγμα ποσοστό ακρίβειας έως 78.5% για το δείγμα των Αμερικανών ευρωπαϊκής καταγωγής και 83.8% για το δείγμα αμερικανών αφρικανικής καταγωγής (Iscan and Miller-Shaivitz, 1984).

Ο Holland (1991) εξέτασε τον έσω και έξω κόνδυλο της κνήμης σε 100 άτομα από την οστεοσυλλογή Hamann-Todd μετρώντας πέντε διαστάσεις. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας, το ποσοστό σωστής ταξινόμησης ήταν μεταξύ 86% και 95%. Ένα δείγμα δοκιμής πάνω σε άλλα 20 ενήλικα άτομα από την ίδια συλλογή έδωσε ποσοστό ακρίβειας προσδιορισμού του φύλου από 85% έως 100% των περιπτώσεων.

Μία μελέτη που πραγματοποιήθηκε από τον Kieser και τους συνεργάτες του (Kieser et al, 1992) εξέτασε 100 κνήμες καυκάσιων και 102 κνήμες ιθαγενών της Νότιας Αφρικής. Χρησιμοποιήθηκαν πέντε μετρήσεις από το εγγύς άκρο της κνήμης, όπως τις όρισε σε προγενέστερή μελέτη ο Holland (1991). Μέσα από ανάλυση πολλαπλών μεταβλητών και την μέθοδο βηματικής διαχωριστικής ανάλυσης, ο Kieser και συνεργάτες (Kieser et al, 1992) ήταν σε θέση να προσδιορίσουν σωστά το φύλο με ποσοστό μεταξύ 84.6% -92%.

Η περόνη είναι ένα από τα λιγότερο μελετημένα οστά στην ιατροδικαστική ανθρωπολογία. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι σπάνια ανακτάται άθικτη λόγω της ευθραυστότητάς της (η άνω επίφυση της περόνης ομοιάζει με σφαιροειδή διόγκωση που πληρείται με σπογγώδες οστό). Παρόλα αυτά, οι Sacragi και Ikeda (1995) πραγματοποίησαν μια μελέτη χρησιμοποιώντας μια οστεοσυλλογή από 71 Ιάπωνες και βρήκαν η κάτω επίφυση της περόνης αποτελεί αξιόπιστο δείκτη για τον προσδιορισμό του φύλου. Χρησιμοποιώντας πέντε μετρήσεις, το φύλο προσδιορίστηκε σωστά σε 90.6% των περιπτώσεων.

Οστεομετρικές τεχνικές έχουν αναπτυχθεί και για άλλα οστά όπως η ωμοπλάτη (Di Vella et al., 1994; Frutos, 2002; Ozer et al., 2006), η κλείδα (McCormick et al., 1991; Rogers et al., 2000; Frutos, 2002), τα οστά άκρας χειρός (Scheuer and Elkington, 1993; Lazenby, 1994; Falsetti, 1995; Smith, 1996; Wilbur, 1998; Stojanowski, 1999; Zanella and Brown, 2003; Barrio et al., 2006; Case and Ross, 2007), τα οστά άκρου

ποδός (Steele, 1976; Riepert et al., 1996; Introna et al., 1997; Robling and Ubelaker, 1997; Smith, 1997; Bidmos and Asala, 2004; Bidmos and Dayal, 2004), η επιγονατίδα (Introna et al., 1998; Bidmos et al., 2005; Dayal and Bidmos, 2005; Kemkes-Grottenthaler, 2005; Mahfouz et al., 2007) και οι πλευρές (İşcan, 1985; Wiredu et al., 1999). Μερικές από τις πιο σημαντικές μελέτες των ανωτέρω οστών συνοψίζονται εδώ.

Σε ένα σύγχρονο ιταλικό πληθυσμιακό δείγμα μετρήθηκαν επτά διαστάσεις της ωμοπλάτης και ο συνδυασμός τριών (μέγιστη απόσταση ακρώμιου-κορακοειδούς απόφυσης, μέγιστο μήκος κορακοειδούς απόφυσης και το ύψος της ωμογλήνης) έδωσε 95% ποσοστό σωστής ταξινόμησης του φύλου (Di Vella et al., 1994). Ομοίως, μια μελέτη για έναν μεσαιωνικό πληθυσμό της Ανατολίας έδωσε τα ίδια αποτελέσματα σωστής ταξινόμησης με καλύτερη μεταβλητή το μέγιστο ύψος της ωμοπλάτης (Ozer et al., 2006).

Η επιγονατίδα έχει αρκετά παραμεληθεί ως αναφορά στον προσδιορισμό του φύλου, παρά το γεγονός ότι αρθρώνεται με άκρως διμορφικά οστά, τον μηρό και την κνήμη (İşcan, 2005). Πρόσφατα όμως, έχει αποκτήσει μεγαλύτερη προσοχή στο χώρο της ιατροδικαστικής ανθρωπολογίας. Ο O'Connor (1996) παρουσίασε ένα στατιστικά σημαντικό φυλετικό διμορφισμό της επιγονατίδας. Μελέτησε επιγονατίδες από την οστεοσυλλογή Terry και από ακτινογραφίες των φοιτητών κολεγίου. Η μέθοδός του είχε ως αποτέλεσμα 82.5% σωστής ταξινόμησης σε γυναίκες και 78.6% στους άνδρες. Οι Tatarek και Lease (1996) αναλύοντας πάλι την δουλειά του O'Connor, ανέφεραν ποσοστό σωστής ταξινόμησης 67%-80% μέσω διακρίνουσας στατιστικής ανάλυσης των μετρήσεων της επιγονατίδας. Μία άλλη μελέτη από τους Bidmos και τους συνεργάτες του (2005) ασχολήθηκε με το πρόβλημα χρησιμοποιώντας έξι μετρήσεις. Αναφέρθηκε συνολική ακρίβεια 83%, χρησιμοποιώντας μια γραμμική διακριτική ανάλυση. Σε ένα δείγμα της νότιας Αφρικής ιθαγενών, τα αποτελέσματα ταξινόμησης έφθασαν το 85%, τα οποία συμφωνούν με τις προηγούμενες μελέτες (Dayal και Bitmos, 2005).

Οι πλευρές μελετήθηκαν για πρώτη φορά μερικές δεκαετίες πριν όταν εισήχθη η μέθοδος προσδιορισμού της ηλικίας ενός ατόμου από τις ηλικιακές μεταβολές στο

στερνικό άκρο των πλευρών (Iscan et al., 1984a, b; Iscan, 1985; Iscan and Loth, 1986). Ωστόσο, οι πλευρές αποδείχθηκαν αξιόπιστοι δείκτες για την αξιολόγηση και του φύλου και της φυλής (Iscan et al., 1987). Ο Cöloğlu και οι συνεργάτες του (1998) χρησιμοποιώντας δύο μεταβλητές που λαμβάνονται από το στερνικό άκρο της πλευράς (μέγιστο ύψος και μέγιστο πρόσθιο-οπίσθιο εύρος) σε ένα σύγχρονο τουρκικό δείγμα έδωσαν ποσοστό σωστή ταξινόμησης του φύλου 86-90%. Το αποτέλεσμα επιτεύχθηκε όταν χρησιμοποιήθηκαν και οι δύο διαστάσεις, όμως το μέγιστο ύψος βρέθηκε να είναι πιο αποτελεσματικός δείκτης εκτίμησης του φύλου όταν χρησιμοποιείται μεμονωμένα.

Συνοψίζοντας, από τα παραπάνω καθίσταται σαφές πως οι οστεομετρικές μέθοδοι δίνουν υψηλά ποσοστά σωστής ταξινόμησης για τα περισσότερα οστά του ανθρώπινου σκελετού. Ο φυλετικός διμορφισμός του σκελετού αν και υπαρκτός σε κάθε πληθυσμό δεν έχει πάντοτε την ίδια έκφραση, γεγονός που εξηγεί τα διαφορετικά ποσοστά σωστής ταξινόμησης μεταξύ πληθυσμών και το γεγονός ότι η χρησιμότητα μιας μεταβλητής δεν είναι συστηματικά η ίδια σε κάθε πληθυσμό.

3.3. Απεικονιστικές Μέθοδοι.

Η Ιατροδικαστική Ακτινολογία αποτελεί υπο-ειδικότητα της ιατροδικαστικής επιστήμης, καθώς έχει αναγνωριστεί η σημασία των απεικονιστικών μεθόδων στην ιατροδικαστική διερεύνηση περιστατικών (Knight, 1984; Evans and Knight, 1986; Krogman and İscan, 1986; Kahana and Hiss, 1997; Kahana et al., 1997; Brogdon, 1998; Kahana and Hiss, 1999; Brogdon, 2006).

3.3.1. Εφαρμογές της Ιατρικής Απεικόνισης στην ιατροδικαστική διερεύνηση.

Η Ιατροδικαστική Ακτινολογία βρίσκει ευρεία εφαρμογή στην ιατροδικαστική πρακτική, αναφορικά με την εντόπιση ξένων σωμάτων, την διερεύνηση μαζικών θανάτων, την ταυτοποίηση και την στοιχειοθέτηση του βιολογικού προφίλ ενός πτώματος αγνώστων στοιχείων, την επιβεβαίωση ανθρωπίνων θυμάτων σε περιστατικά εκτεταμένων καταστροφών από φωτιά κ.α.

Εντόπιση ξένων σωμάτων

Μια μεταθανάτια ακτινολογική εξέταση επιτρέπει την ανίχνευση μεταλλικών ξένων σωμάτων, όπως βολίδες ή θραύσματα από βολίδες (Brogdon, 1998; Kahana and Hiss, 1999; Brogdon, 2006; Stein and Grünberg, 2009). Αυτό έχει ιδιαίτερη αξία σε περιπτώσεις πτωμάτων σε προχωρημένη αποσύνθεση, όπου η νεκροψία παρέχει περιορισμένες πληροφορίες σχετικά με τις συνθήκες του θανάτου. Τέτοια στοιχεία είναι αναγκαία για την ανασυγκρότηση του περιστατικού, ενώ αποτελούν και πειστήρια που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο δικαστήριο.

Οι ακτινογραφίες είναι εξαιρετικά χρήσιμες για τον εντοπισμό και την ανάκτηση των θραυσμάτων βόμβας, όταν υπάρχουν θύματα της έκρηξης, καθώς τα θραύσματα είναι συχνά ενσφηνωμένα στο σώμα τους (Walsh et al., 2004).

Δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις ανθρωποκτονιών που περιλαμβάνουν θύματα πυροβολισμών ή θλαστικών κακώσεων, τα οποία υπέστησαν και απανθράκωση στην προσπάθεια των δραστών να εξαλείψουν ενοχοποιητικά στοιχεία. Η μεταθανάτια ακτινογραφία μπορεί να εντοπίσει την ύπαρξη μιας σφαίρας ή ένα μοιραίο κάταγμα κρανίου, ορίζοντας το είδος του θανάτου ως ανθρωποκτονία.

Μαζικοί Θάνατοι

Σε μαζικές καταστροφές όπως αεροπορικά δυστυχήματα ή εκρήξεις βομβών, η ακτινολογική εξέταση επιτρέπει την αναγνώριση των ανθρωπίνων υπολειμμάτων, κυρίως των οστών, γεγονός που δίνει πληροφορίες για τον αριθμό των θυμάτων και επιπλέον συμβάλλει στην διάκριση ανθρωπίνων-ζωικών οστών, σε περιπτώσεις όπου η μακροσκοπική εξέταση δεν είναι δυνατή.

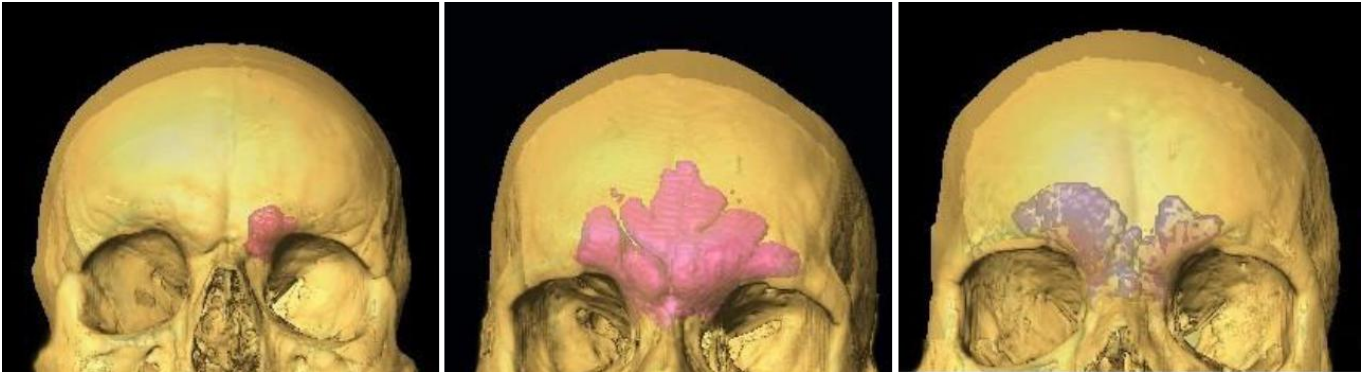
Σε ορισμένες περιπτώσεις μαζικών θανάτων όπως οι εκρήξεις, τα θύματα είναι πλήρως διαμελισμένα και είναι πολύ δύσκολο να συγκεντρωθούν και να αναγνωριστούν. Οι Kahana και Hiss (1999) αναφέρουν την δημιουργία μιας ομάδας αναγνώρισης που ειδικεύονται στην ανάκτηση του ανθρώπινου σώματος μετά από βομβιστικές επιθέσεις αυτοκτονίας στο Ισραήλ. Η διαδικασία αναγνώρισης βασίζεται κυρίως σε ακτινολογικές μεθόδους.

Οι Murphy και συνεργάτες (Murphy et al., 1980) θεωρούν ότι σε ορισμένες περιπτώσεις μαζικών θανάτων, οι ακτινογραφίες μπορεί να είναι τρεις φορές πιο αποτελεσματικές από ό, τι το DNA και πέντε φορές πιο αποτελεσματικές από ό, τι τα οδοντιατρικά αρχεία. Η υπεροχή της απεικονιστικής μεθόδου έναντι του DNA σε μαζικές καταστροφές έχει επίσης υποστηριχτεί και από άλλους (Binda et al, 1999).

Ταυτοποίηση

Οι απεικονιστικές μέθοδοι στα πλαίσια μίας ιατροδικαστικής διερεύνησης βρίσκουν εφαρμογή και στην ταυτοποίηση του ατόμου. Η ταυτοποίηση μπορεί να επιτευχθεί με τη σύγκριση προθανάτιων και μεταθανάτιων ακτινογραφιών. Οδοντιατρικά αρχεία (Pretty and Sweet, 2001; Pretty, 2007), επουλωμένα κατάγματα, χειρουργικές επεμβάσεις (Hogge et al., 1995; Dean et al., 2005; Simpson et al., 2007; Šlaus et al., 2007), ασβεστοποίηση ιστών ή χολόλιθοι αναφέρονται στη βιβλιογραφία (Murphy et al., 1980; Kahana and Hiss, 2002; Brogdon, 2006).

Οι ακτινογραφίες κρανίων μπορούν να παρέχουν πληροφορίες σχετικά με ανατομικά χαρακτηριστικά, την παθολογία, τα παλαιά τραύματα και τις χειρουργικές επεμβάσεις (Kahana et al., 1997; Sudimack et al., 2002). Μελετητές αναφέρουν πολλές περιπτώσεις ταυτοποίησης χρησιμοποιώντας οδοντιατρικά αρχεία (Nicolopoulou-Karayianni et al., 2007) και διαφορετικά χαρακτηριστικά του κρανίου, όπως τους μετωπιαίους κόλπους (Marlin et al., 1991; Quatrehomme et al., 1996; Kirk et al., 2002; Wood, 2006; Tang et al., 2008). Όπως μπορεί κανείς να δει στην **εικόνα 1** η ποικιλομορφία του μετωπιαίου κόλπου είναι τέτοια, ώστε είναι επιστημονικά αποδεκτό πως δεν υπάρχουν 2 άτομα με πανομοιότυπο μετωπιαίο κόλπο, ούτε καν μονοζυγωτικά δίδυμα, γεγονός που σημαίνει ότι ταύτιση προθανάτιων και μεταθανάτιων αρχείων (πχ ακτινογραφία, αξονική τομογραφία) μετωπιαίου κόλπου, συνιστά απόδειξη ταυτοποίησης όπως έχει καθοριστεί και από την Interpol.



Εικόνα 1: Τρισδιάστατη απεικόνιση μορφολογίας του μετωπιαίου κόλπου σε τρία αρσενικά άτομα Κρητικής καταγωγής από την Κρητική συλλογή (αρχείο Ε. Κρανιώτη).

Η μέθοδος σύγκρισης των μεταθανάτιων με τις προθανάτιες ακτινογραφίες έχει αποδειχθεί ότι είναι πιο κατάλληλη σε περιπτώσεις μαζικών καταστροφών, όπου τα πρόσωπα είναι παραμορφωμένα και τα δακτυλικά αποτυπώματα δεν είναι διαθέσιμα, ενώ η εξέταση DNA αποτελεί πιο ακριβή και χρονοβόρα τεχνική. Ωστόσο, η εφαρμογή αυτής της μεθόδου απαιτεί την ύπαρξη προθανάτιων απεικονιστικών εξετάσεων, η οποία δεν είναι πάντα η περίπτωση, ειδικά σε χώρες με χαμηλή ποιότητα υγειονομικής περίθαλψης (Brogdon, 2006). Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το πρόσφατο τσουνάμι στην Ανατολική Ασία που έπληξε κυρίως τις ακτές της Ταϊλάνδης. Σε αυτό το συμβάν τα θύματα από χώρες της Δυτικής Ευρώπης, Αμερικής, Αυστραλίας κτλ. αναγνωρίστηκαν κυρίως μετά από σύγκριση των οδοντογραμμμάτων με προηγούμενα οδοντιατρικά αρχεία, πράγμα που δεν ήταν δυνατόν για τους Ταϊλανδούς λόγω ελλιπών οδοντιατρικών αρχείων για το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού.

Βιολογικό Προφίλ

Εκτίμηση της ηλικίας

Η εκτίμηση της ηλικίας χρησιμοποιώντας οδοντιατρικές ακτινογραφίες έχει αναφερθεί εκτενώς στη βιβλιογραφία (Kvaal et al., 1995; Brogdon, 1998; Maber et al., 2006; Thevissen et al., 2009a; Thevissen et al., 2009b, Limdiwala and Shah, 2013).

Η συνοστέωση των επιφύσεων στις ακτινογραφίες φαίνεται μέχρι και έξι μήνες πριν να μπορεί να παρατηρηθεί στα γυμνά οστά (Paterson, 1929), γεγονός που μπορεί να είναι πολύ χρήσιμο σε περιπτώσεις εκτίμησης της ηλικίας σε νεαρά άτομα. Η χρήση απεικονιστικών τεχνικών για την εκτίμηση ηλικίας σε ζώντες αποτελεί την μέθοδο εκλογής λόγω του ότι είναι μη επεμβατική. Ακτινογραφίες κλείδας και χεριών χρησιμοποιούνται ευρέως συνήθως σε νεαρά άτομα, αλλά υπάρχουν και μέθοδοι για ενήλικες.

Πολλοί μελετητές έχουν χρησιμοποιήσει τις μεταβολές που παρατηρούνται στο στερνικό άκρο των πλευρών λόγω αποτιάνωσης για την εκτίμηση της ηλικίας σε ιατροδικαστικά περιστατικά (McCormick and Stewart, 1988; Barrès, 1989; Debouit et al., 2008; Moskovitch et al., 2010; Garamendi et al., 2011). Οι Dedouit και συνεργάτες (2008) εφάρμοσαν την τεχνική του Iscan et al (1984) στην τέταρτη πλευρά με τη χρήση δισδιάστατης και τρισδιάστατης απεικόνισης σε ένα δείγμα 39 ατόμων υπογραμμίζοντας τα πλεονεκτήματα αυτών των μεθόδων έναντι της κλασσικής παρατήρησης του στερνικού άκρου σε οστεολογικό υλικό. Οι Moskovitch και συνεργάτες (2010) μελέτησαν την οστεοποίηση της πρώτης πλευράς με τη χρήση αξονικού τομογράφου σε ένα δείγμα ατόμων ηλικίας 15-30 χρονών με ενθαρρυντικά αποτελέσματα.

Εκτίμηση του αναστήματος

Το ανάστημα μπορεί να προσδιοριστεί μετρώντας το μήκος των μακρών οστών, ειδικά των κάτω άκρων. Οι ίδιες μετρήσεις μπορούν να ληφθούν σε ακτινογραφίες. Ορισμένες πρόσφατες μελέτες σχετικά με την εκτίμηση του αναστήματος στηρίχθηκαν στην ακτινομετρική μέθοδο των οστών των άνω άκρων (Zhou et al., 2007), ενώ άλλες στην ακτινομετρική μέθοδο των οστών της κνήμης και περόνης (Fan et al., 2008). Οι Muñoz και συνεργάτες (2001) βρήκαν ότι το πιο πολύτιμο από τα μακρά οστά για την εκτίμηση του αναστήματος στην ακτινομετρική μελέτη τους ήταν το μηριαίο οστό. Ο Sağır (2006) ανέπτυξε μια μέθοδο εκτίμησης του αναστήματος που βασίζεται σε ακτινογραφίες των μετακαρπίων.

Εκτίμηση του φύλου

Η χρήση της ακτινογραφίας μπορεί να είναι αρκετά επιτυχής όσον αφορά τον προσδιορισμό του φύλου, πέρα από την αναγνωρισμένη αξία της για τη ταυτοποίηση.

Το φύλο μπορεί να προσδιοριστεί από το σχήμα και το μέγεθος της πυέλου, τα κρανιακά χαρακτηριστικά και το μέγεθος των μακρών οστών (Brogdon, 1998). Από καιρό έχει διαπιστωθεί ότι υπάρχει μια σαφής διαφορά μεταξύ των δύο φύλων ως προς την αποτιάνωση των χόνδρων των πλευρών (Navani et al., 1970). Η αποτιάνωση του τραχειοβρογχικού δένδρου συμβαίνει σπάνια, αλλά παρουσιάζει μια γυναικεία κυριαρχία, ενώ η οστεοποίηση του θυρεοειδούς χόνδρου εμφανίζεται πιο συχνά στους άνδρες (Brogdon, 1998). Για τα ανθρώπινα υπολείμματα, όπου κάποια μαλακά μόρια διατηρούνται, μια ακτινογραφία του θωρακικού κλωβού μπορεί να αποτελέσει μια χρήσιμη μέθοδο προσδιορισμού του φύλου (McCormick and Stewart, 1983; McCormick et al., 1985; Pao and Pai, 1988; Rejtarová et al., 2004). Άλλοι ερευνητές έχουν χρησιμοποιήσει ακτινογραφίες θώρακος από τις οποίες μετρούν διαστάσεις του στέρνου και των πλευρών για να εκτιμήσουν το φύλο (Torwald and Horpa, 2005). Οι Riepert και συνεργάτες (1996) μελέτησαν τον φυλετικό διμορφισμό σε ακτινογραφίες της πτέρνας, επιτυγχάνοντας 84.4% ποσοστό σωστής ταξινόμησης. Οι Abdel Moneim και συνεργάτες (2008) ανέπτυξαν μια ακτινομετρική μέθοδο εκτίμησης του φύλου που βασίζεται σε μετρήσεις της επιγονατίδας και των οστών του άκρου ποδός σε ακτινογραφίες.

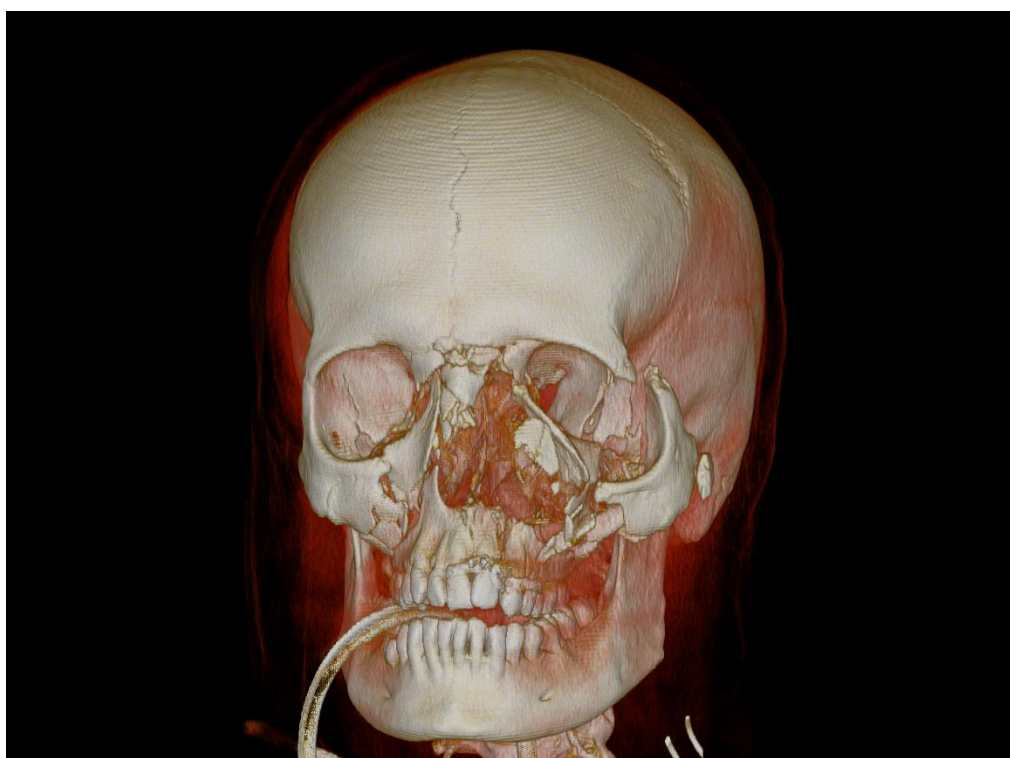
Την ίδια χρησιμότητα έχει και η αξονική τομογραφία. Οι Harna και Karakas (2007) προσδιόρισαν το φύλο με ποσοστό σωστής ταξινόμησης 84.6% χρησιμοποιώντας αξονικές τομογραφίες μηριαίων οστών που προέρχονται από ασθενείς νοσοκομείου. Οι Mahfouz και συνεργάτες (2007) μελέτησαν τον φυλετικό διμορφισμό στην επιγονατίδα χρησιμοποιώντας αξονική τομογραφία υψηλής ευκρίνειας. Πραγματοποιήθηκαν αξονικές τομογραφίες σε 228 επιγονατίδες και δημιούργησαν ένα σύνολο 45 μετρήσεων για κάθε επιγονατίδα. Οι συγγραφείς επίσης, δοκίμασαν διαφορετικές μεθόδους ταξινόμησης και κατέληξαν υπέρ της γραμμικής διακρίνουσας ταξινόμησης (linear discriminant classification) με ποσοστό σωστού προσδιορισμού του φύλου 90.3%. Επιπλέον, η πολυτομική αξονική τομογραφία (MULTISLICE CT) έχει εφαρμοστεί σε θετική ταυτοποίηση απανθρακωμένων σωμάτων (Thali et al., 2002; Debouit et al., 2007) και μαζικών θανάτων (Sidler et al., 2007).

Διερεύνηση τραύματος

Η αξονική τομογραφία έχει επίσης χρησιμοποιηθεί στην ιατροδικαστική διερεύνηση περιστατικών και την εικονική αναπαράσταση τραυματικών κακώσεων διαφορετικής αιτιολογίας (πυροβολισμοί, τροχαία ατυχήματα, θλαστικά τραύματα και τραύματα από αιχμηρά αντικείμενα).

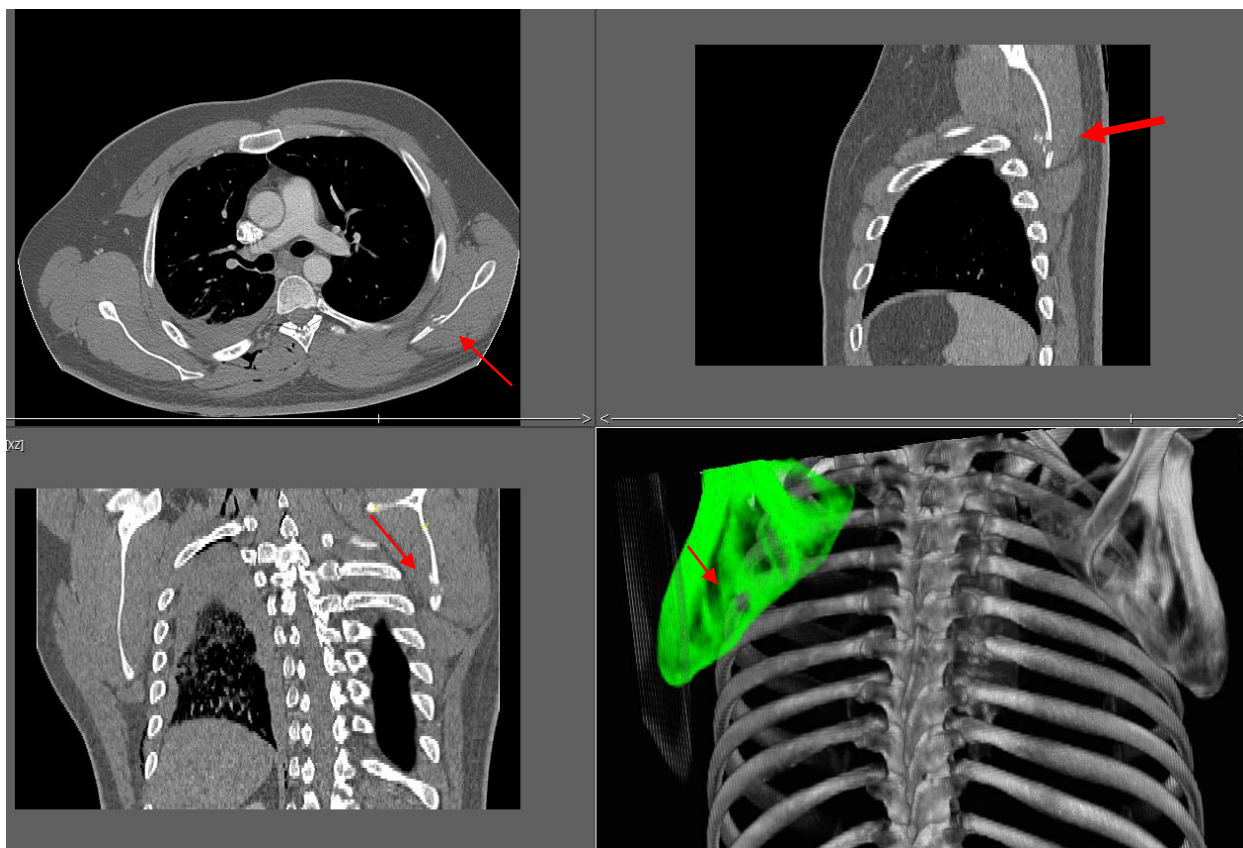
Η **εικόνα 2** απεικονίζει εκτεταμένα κατάγματα προσωπικού κρανίου (Le Fort III) μετά από τροχαίο ατύχημα με θύμα μοτοσυκλετιστή. Η έκταση και ο εντοπισμός των καταγμάτων υποδηλώνει πως το άτομο δεν φορούσε κράνος

Η **εικόνα 3** απεικονίζει το σημείο εισόδου βολίδας σε περιστατικό θανάτου από πυροβολισμό σε εγκάρσια, οβελιαία και στεφανιαία ανασύνθεση όπου το σημείο παρέλευσης της βολίδας καταδεικνύεται με το κόκκινο βέλος.



Εικόνα 2: Τρισδιάστατη απεικόνιση θύματος τροχαίου ατυχήματος με εκτεταμένα κατάγματα προσωπικού κρανίου (Le Fort III). Το θύμα ήταν οδηγός δικύκλου και δεν φορούσε κράνος. (Πηγή: Εργαστήριο Ιατρικής Απεικόνισης, Πανεπιστημιακού Γενικού Νοσοκομείου Ηρακλείου, Διευθυντής Καθηγητής Καραντάνας Α.).

Τέλος, η τρισδιάστατη απεικόνιση (Volume Rendering) επιτρέπει την στοχευμένη απεικόνιση συγκεκριμένου ιστού/ οργάνου/συστήματος, στην συγκεκριμένη περίπτωση των οστών, και επιτρέπει τον εντοπισμό της πύλης εισόδου της βολίδας στην ωμοπλάτη. Είναι σαφές από την εντόπιση των οστικών θραυσμάτων πώς η διεύθυνση της βολίδας είναι από πίσω προς τα εμπρός, γεγονός που σημαίνει πως το θύμα βρισκόταν με την πλάτη προς τον θύτη κατά τον πυροβολισμό και που πιθανώς συνηγορεί υπέρ της υπόθεσης περί εκτέλεσης « εν ψυχρώ». Το τελευταίο βέβαια εξαρτάται σαφώς και από τα υπόλοιπα στοιχεία της αστυνομικής έρευνας. Αυτό που είναι σαφές σε αυτό το παράδειγμα είναι το γεγονός ότι η τρισδιάστατη απεικόνιση ενός θύματος πυροβολισμού μπορεί να παρουσιαστεί πολύ καλύτερα και να είναι πιο κατατοπιστική σε ένα δικαστήριο από ότι αιματηρές φωτογραφίες από τη σκηνή του θανάτου και την νεκροτομή.



Εικόνα 3: Αξονική τομογραφία που απεικονίζει την πύλη εισόδου βολίδας από το προσωπικό αρχείο της κας Κρανιώτη Έ.

3.3.2. Μαγνητική Τομογραφία (MRI).

Η μαγνητική τομογραφία χρησιμοποιήθηκε σε μία πρόσφατη μελέτη που αφορά σε επιζήσαντες μετά από απόπειρες στραγγαλισμού με χέρια και με βρόχο, καθώς και σε απόπειρες στραγγαλισμού με το αντιβράχιο οριζόντια τοποθετημένο (λαβή ‘choke hold’) (Yen et al., 2007). Τα 14 θύματα εξετάστηκαν από ιατροδικαστές, προκειμένου να εκτιμήσουν σε ποιο βαθμό τα περιστατικά ήταν απειλητικά για τη ζωή τους και για την προσκόμιση αποδεικτικών στοιχείων στο δικαστήριο. Πρώτα υποβλήθηκαν στην κλασική ιατροδικαστική εξέταση και στην συνέχεια σε μαγνητική τομογραφία. Τα ευρήματα της μαγνητικής τομογραφίας περιλάμβαναν αιμορραγία στον υποδόριο λιπώδη ιστό του τραχήλου (10 περιπτώσεις), αιμορραγίες των μυών του τραχήλου και του λάρυγγα, των λεμφαδένων, του φάρυγγα και των μαλακών μορίων του λάρυγγα. Με βάση τα ευρήματα του στραγγαλισμού της κλασικής ιατροδικαστικής επιστήμης με την βοήθεια της μαγνητικής τομογραφίας, οκτώ από τις περιπτώσεις ορίστηκαν ως επικίνδυνες σωματικές βλάβες. Είναι αξιοσημείωτο ότι σε τέσσερις από τις περιπτώσεις που εμφάνισαν σημεία διαταραγμένης εγκεφαλικής λειτουργίας λόγω υποξίας δεν εντοπίστηκε πετεχειώδης αιμορραγία.

Η αξία της Απεικονιστικής Ιατρικής στην ιατροδικαστική διερεύνηση του θανάτου αυξάνεται καθημερινά, καθώς σε πολλά μέρη του κόσμου έχει αρχίσει να χρησιμοποιείται η εικονική νεκροτομή (Virtopsy) ως συμπληρωματική εξέταση της νεκροτομής με σκοπό τόσο την ακριβή διερεύνηση του θανάτου, αλλά και την ακριβή στοιχειοθέτηση των συνθηκών κατά τις οποίες προήλθε (Filograna et al, 2015; Ampanozi et al, 2015; Sequeira et al, 2015; Winklhofer et al, 2014;). Σε αντίθεση με το σώμα, το οποίο μετά από κάθε νεκροτομή υπόκειται σε ταφή ή αποτέφρωση και επομένως όλα τα στοιχεία εξαφανίζονται, τα ψηφιακά αρχεία της ιατρικής απεικόνισης είναι πάντα παρόντα και μπορούν να επανεξεταστούν από περισσότερους από έναν ειδικούς ανά τον κόσμο οποτεδήποτε υπάρξει ανάγκη. Το γεγονός αυτό καθιστά την απεικονιστική τεχνολογία υψίστης σημασίας για το μέλλον των ιατροδικαστικών ερευνών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: Υπάρχουσες Μελέτες Αναγνώρισης Φύλου με βάση τα Μετακάρπια Οστά και τις Πτέρνες.

4. Υπάρχουσες Μελέτες Αναγνώρισης Φύλου με βάση τα Μετακάρπια Οστά και τις Πτέρνες.

4.1. Υπάρχουσες Οστεομετρικές Μελέτες Μετακαρπίων.

Αρκετές μελέτες έχουν ασχοληθεί με τον προσδιορισμό του φύλου με βάση οστεομετρικών μεθόδων σε μετακάρπια οστά, και διαφέρουν κυρίως ως προς τα συγκεκριμένα μετακάρπια που χρησιμοποιήθηκαν, καθώς και ως προς την προέλευση του δείγματος του πληθυσμού. Οι περισσότερες μελέτες εξέτασαν μόνο τα μετακάρπια με λίγες εξαιρέσεις: εκτός από τα μετακάρπια οστά, οι Scheuer και Elkington (1993) μελέτησαν και την πρώτη εγγύς φάλαγγα στην έρευνά τους, ενώ ο Smith (1996), καθώς και οι Case και Ross (2007) συμπεριλάβανε επίσης όλες τις φάλαγγες.

Οι Scheuer και Elkington (1993) πραγματοποίησαν μία οστεομετρική μελέτη εκτίμησης φύλου με βάση τα μετακάρπια οστά σε ένα σύγχρονο βρετανικό πληθυσμό. Στην μελέτη τους χρησιμοποίησαν δείγμα 60 ατόμων, ενώ μέτρησαν έξι διαστάσεις σε κάθε μετακάρπιο οστό: μέγιστο μήκος μετακαρπίου οστού, μέγιστο πλάτος εγγύς επίφυσης, μέγιστη πρόσθιο-οπίσθια διάμετρος εγγύς επίφυσης, μέγιστο πλάτος άπω επίφυσης, μέγιστη πρόσθιο-οπίσθια διάμετρος άπω επίφυσης και μέγιστη διάμετρος μεσότητας διάφυσης. Σύμφωνα με τα αποτελέσματά τους το ποσοστό σωστής ταξινόμησης κυμάνθηκε από 74% - 94% με το πρώτο μετακάρπιο οστό (MTC1) να δίνει τα καλύτερα ποσοστά για το δείγμα, παρόλο που δεν διευκρινίζεται εάν τα οστά ελήφθησαν από την αριστερή ή τη δεξιά πλευρά.

Η μελέτη του Lazenby (1994) ελέγχει την επίδραση της διμερούς ασυμμετρίας (Bilateral Asymmetries) ως προς ο ποσοστό σωστής ταξινόμησης με βάση τις οστεομετρικές διαστάσεις αποκλειστικά του MTC2, χρησιμοποιώντας το μοντέλο που προτείνουν οι Scheuer και Elkington (1993). Χρησιμοποιήθηκε ένα σύνολο 351 οστών από 179 άτομα (47 εκ των οποίων τεκμηριωμένα ως προς την ηλικία και το

φύλο), συμπεριλαμβανομένων 172 ζευγαριών, τα οποία ελήφθησαν από νεκροταφείο του 19^{ου} αιώνα για τον έλεγχο της Μηδενικής Υπόθεσης. Ένα υψηλό ποσοστό επιτυχίας (> 90%) για την ορθή ταυτοποίηση διαπιστώθηκε για τους άνδρες, ανεξάρτητα από την πλευρά, αν και το μεγαλύτερο δεξιό MTC2 παρουσίασε σημαντικά καλύτερη ικανότητα πρόβλεψης. Αντίθετα, υπήρξε ένα πολύ χαμηλότερο ποσοστό επιτυχίας για τα θηλυκά ανεξαρτήτου πλευράς (<65%), αν και το μικρότερο αριστερό MTC2 έτεινε να δίνει καλύτερα αποτελέσματα. Σύμφωνα με την μελέτη, το υψηλό ποσοστό επιτυχίας για τους άνδρες και το χαμηλό ποσοστό για τις γυναίκες αντικατοπτρίζει πιθανώς την μεγαλύτερη σκελετική ευρωστία αυτού του ιστορικού δείγματος σε σχέση με το σύγχρονο άνθρωπο. Το συμπέρασμα είναι ότι η ασυμμετρία μεταξύ αριστερών και δεξιών οστών μπορεί να έχει σημαντική επίδραση στην απόδοση πρόβλεψης για το μοντέλο Scheuer και Elkington. Επίσης, είναι αμφίβολο κατά πόσο η τεχνική θα πρέπει να εφαρμόζεται σε μη βιομηχανικούς, δηλαδή, πιο αδρούς σκελετικούς, πληθυσμούς.

Ο Falsetti (1995) μέτρησε πέντε από τις διαστάσεις που ορίζονται στην εργασία των Scheuer και Elkington, ενώ πρόσθεσε το μέγιστο πλάτος μεσότητας διάφυσης και τη μέγιστη πρόσθιο-οπίσθια διάμετρος μεσότητας διάφυσης. Στην τελευταία μελέτη, η συλλογή Terry (n = 212), είχε χρησιμοποιηθεί και δοκιμαστεί για τις διαφορές μεταξύ των Αμερικανών ευρωπαϊκής καταγωγής και Αμερικανών αφρικανικής καταγωγής. Διαφορές που αφορούν τον πληθυσμό διαπιστώθηκαν στο MTC1 και στο MTC 3. Δημιουργήθηκαν εξισώσεις μόνο για MTC2, MTC4 και MTC5. Οι εξισώσεις αυτές στην συνέχεια επικυρώθηκαν ανεξάρτητα χρησιμοποιώντας μια συλλογή από το Πανεπιστήμιο του Νέου Μεξικού (n = 40) και μια συλλογή από το Royal Free Medical School του Λονδίνου (n = 33). Η σωστή ταξινόμηση της συλλογής Terry κυμάνθηκε μεταξύ 84.37% για το MTC5 και 92.0% για το MTC2. Κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι εξισώσεις που προβλέπονται για τα MTC2, MTC4 και MTC5 μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ταυτοποίηση μετακάρπιων οστών αγνώστου πληθυσμού (Falsetti 1995).

Ο Smith (1996) στην μελέτη του, εκτός από τα μετακάρπια οστά, συμπεριέλαβε και όλες τις φάλαγγες χρησιμοποιώντας δείγματα από τις οστεολογικές συλλογές του Terry και του Huntington (Εθνικό Μουσείο Φυσικής Ιστορίας, Washington, DC) με σκοπό την αναγνώριση του φύλου και της πληθυσμιακής ομάδας. Σύμφωνα με τα

αποτελέσματά του το ποσοστό σωστής ταξινόμησης αναγνώρισης του φύλου κυμάνθηκε από 89% για τα μετακάρπια οστά της αριστερής άκρας χειρός μέχρι 72% για τα μετακάρπια οστά της δεξιάς άκρας χειρός.

Ο Stojanowski (1999) χρησιμοποίησε τις μετρήσεις που όρισαν προηγουμένως οι Scheuer και Elkington (1993) σε ένα δείγμα από το Πανεπιστήμιο του Μεξικού (n = 80) για να δημιουργήσει τις καλύτερες επτά εξισώσεις για κάθε μετακάρπιο οστό. Η ακρίβεια σωστής ταξινόμησης κυμάνθηκε μεταξύ 75%-90% στο δείγμα επικύρωσης με το MTC4 να είναι δίνει το υψηλότερο ποσοστό ακρίβειας.

Μια μεταγενέστερη μελέτη από τους Burrows και συνεργάτες (2003) εξέτασαν τις μεθόδους των Scheuer και Elkington (1993), Falsetti (1995) και Stojanowski (1999), χρησιμοποιώντας ένα δείγμα 23 σύγχρονων Αμερικανών. Αν και οι μέθοδοι που ορίστηκαν από τους Scheuer και Elkington (1993) και Falsetti (1995) αποδείχθηκαν ότι είναι χαμηλότερης ακρίβειας, η ερευνητική προσέγγιση του Stojanowski (1999) οδήγησε σε υψηλότερες τιμές ακριβείας (Burrows 2003). Οι Burrows και συνεργάτες (2003) καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι τα ευρήματα αυτά θα μπορούσαν να επαληθεύσουν την ύπαρξη διαφορών λόγω πληθυσμιακών ιδιαιτεροτήτων στις οστεομετρικές τιμές.

Οι Barrio και συνεργάτες (2006) χρησιμοποίησαν ένα δείγμα 79 ατόμων από το Πανεπιστήμιο Complutense της Μαδρίτης και εφάρμοσαν 8 διαστάσεις που ορίστηκαν προηγουμένως από τους Scheuer και Elkington (1993), Falsetti (1995), και Smith (1996). Η ακρίβεια σωστής ταξινόμησης κυμάνθηκε από 81% για το δεξιό MTC4 και MTC5, έως 91% για το αριστερό MTC2.

Σε μια πρόσφατη μελέτη οι Μανώλης και συνεργάτες (2009) χρησιμοποίησαν επτά διαστάσεις, από τις προγενέστερες ερευνητικές μελέτες των Smith (1996), Falsetti (1995), Scheuer και Elkington (1993) και Musgrave και Harneja (1978) σε ελληνικό πληθυσμό (n = 151) από τη Συλλογή της Αθήνας. Η ακρίβεια σωστής ταξινόμησης κυμάνθηκε μεταξύ 79.6% -88.9% για τα αριστερά μετακάρπια οστά και 80.2% - 88.9% για τα δεξιά μετακάρπια οστά. Οι υψηλότερες τιμές αφορούν το αριστερό MTC1, καθώς και το δεξιό MTC5.

Μελέτες αναγνώρισης του φύλου του ατόμου έχουν γίνει δημοφιλείς και στην Ασία. Το 2012 οι Khanpetch και συνεργάτες (2012) ανέπτυξαν οστεομετρικά πρότυπα για την εκτίμηση του φύλου σε έναν σύγχρονο πληθυσμό από το Chang Mai, Ταϊλάνδης. Οι συγγραφείς δημιούργησαν εξισώσεις για τον υπολογισμό του φύλου για κάθε μετακάρπιο οστό για την αριστερή και τη δεξιά πλευρά. Σύμφωνα με την έρευνά τους, τα καλύτερα αποτελέσματα για την αριστερή πλευρά έδωσε το MTC2 με ποσοστό σωστής ταξινόμησης 89.8%, ενώ για την δεξιά πλευρά το MTC5 με ποσοστό σωστής ταξινόμησης 89.3%.

Είναι προφανές ότι οι προηγούμενες μελέτες διαφέρουν σημαντικά ως προς τα ευρήματά τους, γεγονός που μπορεί να αποδοθεί στην ύπαρξη διαφορών λόγω πληθυσμιακών ιδιαιτεροτήτων.

4.2. Υπάρχουσες Οστεομετρικές Μελέτες Πτερνών.

Ο Steele (1976) στην μελέτη του αυτή καταγράφει και περιγράφει το φυλετικό διμορφισμό του αστραγάλου και της πτέρνας Αμερικανών ευρωπαϊκής καταγωγής και Αμερικανών αφρικανικής καταγωγής από την Συλλογή Terry, η οποία στεγάζεται στο Smithsonian Institution, Washington, DC. Δημιούργησε τέσσερις εξισώσεις με βάση τις μετρήσεις από τον αστράγαλο και / ή της πτέρνας με ποσοστά σωστής ταξινόμησης του φύλου από 79% έως 89% του δείγματος της μελέτης. Τις εξισώσεις που ανέπτυξε τις εφάρμοσε στη συνέχεια σε δείγμα αποτελούμενο από 89 προϊστορικούς Αμερικανούς Ιθαγενείς και το φύλο των ατόμων σε αυτά τα δείγματα εκτιμήθηκε με τον ίδιο βαθμό ακρίβειας.

Η Silva (1995) διεξήγαγε μία μελέτη με δείγμα 80 άρρενα και 85 θήλεα πορτογαλικής καταγωγής, των οποίων το φύλο και η ηλικία του θανάτου ήταν καταγεγραμμένα. Το δείγμα ελήφθη από την οστεολογική συλλογή του Μουσείου Ανθρωπολογίας του Πανεπιστημίου της Κοϊμπρα. Αναπτύχθηκαν 21 εξισώσεις με ποσοστό σωστής ταξινόμησης από 82% έως 93%, χρησιμοποιώντας 13 μετρήσεις του αστραγάλου και της πτέρνας.

Οι Introna και συνεργάτες (1997) πραγματοποίησαν οστεομετρική μελέτη με βάση τις δεξιές πτέρνες σε πληθυσμό της Νότιας Ιταλίας (40 άρρενα και 40 θήλεα). Ανέπτυξαν τρεις εξισώσεις χρησιμοποιώντας 8 μετρήσεις με ποσοστό σωστής ταξινόμησης 85%.

Ο Murphy (2002a; 2002b) εξετάζει προϊστορικά σκελετικά δείγματα (24 άρρενα και 27 θήλεα για τον αστράγαλο, καθώς και 26 άρρενα και 22 θήλεα για την πτέρνα) από ανασκαφή στη Νέα Ζηλανδία. Χρησιμοποιώντας πέντε μετρήσεις για κάθε οστό, διαπίστωσε ότι το ποσοστό σωστής ταξινόμησης για τον αστράγαλο κυμαίνεται από 88% έως 93% και για την πτέρνα από 85% έως 93%.

Οι μετρήσεις της πτέρνας έχουν αποδείξει τον φυλετικό διμορφισμό και στα δύο πληθυσμιακά δείγματα της Νότιας Αφρικής, σε ιθαγενείς και λευκούς (Bitmos and Asala, 2003; 2004). Εκατόν δεκαέξι (116) πτέρνες ιθαγενών Νοτιοαφρικανών και εκατόν δεκατρις (113) πτέρνες λευκών Νοτιοαφρικανών επιλέχθηκαν από τη οστεοσυλλογή Dart, ενώ ελήφθησαν εννέα μετρήσεις. Όλες οι μετρούμενες παράμετροι έδειξαν σημαντικές διαφορές φύλου. Μονές μεταβλητές κυμαίνονται από 64% έως 79% στους Ιθαγενείς και από 73% έως 86% στους Λευκούς. Με την μέθοδο Βηματικής Διαχωριστικής Ανάλυσης (stepwise discriminant function analysis) προέκυψαν καλύτερα αποτελέσματα και για τα δύο δείγματα της Νότιας Αφρικής, για τους Ιθαγενείς (86%) και τους Λευκούς (91%) (Bitmos και Asala, 2003; 2004). Ο αστράγαλος μελετήθηκε επίσης στον ίδιο πληθυσμό. Συνολικά εννέα διαστάσεις μετρήθηκαν σε ένα δείγμα των 60 Λευκών της Νότιας Αφρικής και των 120 Ιθαγενών της Νότιας Αφρικής (Bitmos και Dayal, 2003, 2004). Σε αμφότερα τα δείγματα, τα αποτελέσματα ανέδειξαν φυλετικό διμορφισμό και η ακρίβεια ταξινόμησης έφθασε το 88% και 89% αντίστοιχα.

Μια μεταγενέστερη μελέτη σε ένα δείγμα σύγχρονου πληθυσμού της βόρειας Ιταλίας (N=118) από τη οστεοσυλλογή Frassetto, η οποία στεγάζεται στο Μουσείο της Εξέλιξης στο Πανεπιστήμιο της Μπολόνια, ασχολήθηκε με εννέα διαστάσεις του αστραγάλου και εννέα διαστάσεις της πτέρνας (Gualdi-Russo, 2007). Οι ακρίβεια προσδιορισμού του φύλου με βάση τις μετρήσεις κυμαίνεται από 88% έως 96%, με τα αποτελέσματα του αστραγάλου να είναι οι καλύτερες. Μια δοκιμή της μεθόδου έδειξε ότι δεν ισχύει για δείγμα πληθυσμού της νότιας Ιταλίας.

Ο Sakaue K. (2011) μελέτησε τα οστά του αστράγαλου και της πτέρνας σε 143 άτομα (72 άρρενες και 71 θήλεα) ενός σύγχρονου πληθυσμού της Ιαπωνίας. Τα ποσοστά σωστής ταξινόμησης του φύλου κυμάνθηκαν από 85% έως 94%. Εφαρμόζοντας 7 εξισώσεις από προγενέστερες μελέτες στον ίδιο πληθυσμό είχε ως αποτέλεσμα

ποσοστό σωστής ταξινόμησης κάτω από 70%, ενώ σε άλλες 5 δημοσιευμένες εξισώσεις από 76% έως 87%.

Ο Kim D.I. και συνεργάτες (2013) μελέτησαν δείγμα αποτελούμενο από 104 πτέρνες που ανήκουν σε έναν σύγχρονο πληθυσμό της Κορέας. Μετρήθηκαν 10 μεταβλητές για το καθένα. Η ακρίβεια σωστής ταξινόμησης κυμαίνονταν από 65.4% έως 89.4%, με την υψηλότερη τιμή να την δίδει η εξίσωση που χρησιμοποιεί όλες οι μεταβλητές. Τα περισσότερα θήλεα ταξινομήθηκαν εσφαλμένα ως αρρενα, όταν χρησιμοποίησαν εξισώσεις άλλων πληθυσμών. Σύμφωνα με τους συγγραφείς το εύρημα αυτό καταδεικνύει την αναγκαιότητα δημιουργίας συγκεκριμένων οστεομετρικών εξισώσεων για συγκεκριμένο πληθυσμό.

Δημοσιεύτηκε μία πρόσφατη μελέτη εκτίμησης φύλου με μετρήσεις της αριστερής πτέρνας από την συλλογή της Αθήνας (Peckmann et al., 2015). Εννέα διαστάσεις μετρήθηκαν σε 198 άτομα (103 άνδρες και 95 γυναίκες), ηλικίας από 20-99 ετών. Η ακρίβεια σωστής ταξινόμησης του φύλου κυμαινόταν από 70% έως 90% για τις μονοπαραγοντικές εξισώσεις, 82,9% έως 87,5% με την άμεση μέθοδο και 86,2% με τη μέθοδο Βηματικής Διαχωριστικής Ανάλυσης. Πραγματοποιήθηκε συγκριτική μελέτη με άλλους πληθυσμούς προγενέστερων ερευνών. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της Διασταυρούμενης Επικύρωσης το ποσοστό σωστής ταξινόμησης κυμάνθηκε από 48,6% έως 56,1% με τα περισσότερα θήλεα να ταξινομούνται εσφαλμένα ως αρρενα.

4.3. Υπάρχουσες Ακτινομετρικές Μελέτες Μετακαρπίων.

Οι Alicioğlu και συνεργάτες (2009) μελέτησαν ακτινογραφίες του αριστερού χεριού με εγκάρσια λήψη από 65 ενήλικες ασθενείς και συγκεκριμένα από 22 άνδρες (33,8%) και 43 γυναίκες (66,2%) στο Τμήμα Ακτινολογίας Πανεπιστημίου Trakya, Τουρκία. Μετρήθηκε το μήκος των μετακάρπιων οστών και των φαλάγγων. Με τη χρήση όλων των οστών, 72,7% των αρρένων, 90,7% των θηλέων και 84,6% επί του συνόλου των ατόμων ταξινομήθηκαν σωστά. Το χαμηλότερο ποσοστό ακρίβειας των αρρένων, σύμφωνα με τους συγγραφείς, προέκυψε από το μικρότερο αριθμό τους στη μελέτη.

Οι El Morsi και Al Hawary (2013) μελέτησαν 100 ακτινογραφίες χεριών Αιγυπτίων και ανέφεραν ποσοστά σωστής ταξινόμησης έως και 88% για το αριστερό χέρι και έως και 90% για το δεξιό χέρι. Οι μελετητές συνδύασαν μετακάρπια και φάλαγγες για την δημιουργία των εξισώσεων και ανέδειξαν το MTC3 και 4 ως καλύτερους δείκτες εκτίμησης φύλου. Μία άλλη μελέτη (Eshak et al. 2011) με αντικείμενο τον ίδιο πληθυσμό ανέλυσε αξονικές τομογραφίες 120 ατόμων, αναφέροντας αποτελέσματα σωστής ταξινόμησης έως και 80% όταν χρησιμοποιήθηκαν δισδιάστατες εικόνες και 93% όταν χρησιμοποιήθηκαν τρισδιάστατες ανακατασκευές. Η εν λόγω μελέτη όμως χρησιμοποίησε μόνο μετρήσεις μήκους.

Οι DeSilva και συνεργάτες (2014) πραγματοποίησαν μετρήσεις σε 300 ψηφιακές ακτινογραφίες δεξιών και αριστερών άκρων χειρών ενός σύγχρονου δυτικού πληθυσμού της Αυστραλίας. Όλα τα άτομα είναι ενήλικες και το δείγμα έχει ίση κατανομή αρρένων και θηλέων. Λήφθηκαν 40 μετρήσεις για κάθε περιστατικό (μετακάρπια οστά και εγγύς φάλαγγες) που υποβλήθηκαν σε στατιστική ανάλυση. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, όλες οι διαστάσεις ανέδειξαν αξιοσημείωτο φυλετικό διμορφισμό, με τις μετρήσεις πλάτους να υπερισχύουν εκείνων του μήκους. Το ποσοστό σωστής ταξινόμησης του φύλου σε αυτή την μελέτη είναι 91%.

4.4. Υπάρχουσες Ακτινομετρικές Μελέτες Πτερνών.

Οι Riepert και συνεργάτες (1996) ανέπτυξαν μια μέθοδο εκτίμησης του φύλου από 800 ακτινογραφίες πτερνών και ανέφεραν ποσοστό σωστής ταξινόμησης 84.4%. Το δείγμα αφορούσε πληθυσμό κεντρικής Ευρώπης με εύρος ηλικίας από 20 έως 79 ετών. Οι μετρήσεις εκτός από γραμμικές αποστάσεις συμπεριλαμβάνανε και γωνίες, όπως η γωνία Boehler. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα όλες οι αποστάσεις, αλλά όχι οι γωνίες, στην πτέρνα ήταν πολύ μεγαλύτερες στους άνδρες παρά στις γυναίκες.

Οι Zhang και συνεργάτες (2008) μέτρησαν πέντε διαστάσεις από ψηφιακές ακτινογραφίες πτερνών σε πλάγια όψη. Συνολικά μελέτησαν 334 πτέρνες (148 άρρενες και 186 θήλεα) ατόμων κινέζικης καταγωγής. Χρησιμοποιώντας πολυπαραγοντικές εξισώσεις, το ποσοστό σωστής ταξινόμησης του φύλου κυμάνθηκε από 78.4% έως 88.9%. Εφαρμόζοντας τις εξισώσεις σε μία δεύτερη ομάδα δειγμάτων 59 πτερνών (26 άρρενες και 33 θήλεα) της ίδιας καταγωγής, το ποσοστό ακριβείας του προσδιορισμού του φύλου κυμάνθηκε από 79.7% έως 86.4%.

Οι Zakaria και συνεργάτες (2010) μελέτησαν 204 πλάγιες ακτινογραφίες περνών από Αιγυπτίους ηλικίας 20-70 ετών (104 άρρενες και 100 θήλεα). 6 διαστάσεις λήφθηκαν για κάθε ακτινογραφία πτέρνας, τρεις γραμμικές και τρεις γωνιακές μετρήσεις. Μετά από στατιστική ανάλυση δεδομένων προέκυψε ότι όλες οι γραμμικές μετρήσεις, αλλά όχι οι γωνιακές, έδειξαν σημαντικό φυλετικό διμορφισμό. Από όλες τις μονοπαραγοντικές εξισώσεις, το μέγιστο μήκος έδωσε τα καλύτερα αποτελέσματα, με ποσοστό σωστής ταξινόμησης 90.2%. Ο συνδυασμός του μέγιστου μήκους με το ελάχιστο ύψος έδωσε το καλύτερο αποτέλεσμα αποτέλεσμα όλων των γραμμικών μετρήσεων (92.6%).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο: Σκοπός της μελέτης.

5. Σκοπός της μελέτης.

Η εισαγωγή των σύγχρονων απεικονιστικών μεθόδων στην ιατροδικαστική έρευνα έχει ενθαρρυντικά αποτελέσματα, κυρίως στα ζητήματα της ταυτοποίησης, της ανάκτησης και συλλογής αποδεικτικών στοιχείων από το σώμα και της διάγνωσης τραύματος. Ωστόσο, η δημιουργία του βιολογικού προφίλ βασίζεται κυρίως σε κλασικές οστεομετρικές μεθόδους.

Η ακτινομετρική μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εναλλακτική μέθοδος έναντι της οστεομετρικής σε περιπτώσεις ανεύρεσης σκελετικών υπολειμμάτων από μαζικές καταστροφές, διαμελισμένα ή απανθρακωμένα θύματα. Επίσης, αποτελεί μέθοδο εκλογής σε μοναδικό, ευαίσθητο αρχαιολογικό υλικό, καθώς δεν ενέχει τον κίνδυνο της καταστροφής τους.

Σκοπός της έρευνας αυτής είναι η ανάπτυξη συγκεκριμένων ανθρωπομετρικών τεχνικών για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών του φυλετικού διμορφισμού, ενώ παράλληλα θα γίνει εφικτή, για πρώτη φορά, η δημιουργία μιας βάσης δεδομένων για τον κρητικό πληθυσμό συγκρίσιμη με αντίστοιχες βάσεις άλλων πληθυσμιακών ομάδων. Η ακτινομετρική μέθοδος στα μετακάρπια οστά και στις πτέρνες αναμένεται να δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα σε βαθμό που να γίνεται επιστημονικά αποδεκτή ως αξιόπιστη στην ιατροδικαστική πρακτική. Η εφαρμογή της σε περιπτώσεις μαζικών καταστροφών κατά τις οποίες ανευρίσκονται πλήθος διαμελισμένων και ανακατεμένων σωρών αναμένεται να οδηγήσει γρήγορα και εύκολα στην αναγνώριση φύλου επιταχύνοντας έτσι τη διαδικασία της ταυτοποίησης.

Πιο συγκεκριμένα οι στόχοι της εν λόγω διατριβής είναι οι ακόλουθοι:

1. Ανάπτυξη μεθόδου προσδιορισμού φύλου με βάση μετρήσεις σε ψηφιακές ακτινογραφίες μετακαρπίων οστών.
2. Ανάπτυξη μεθόδου προσδιορισμού φύλου με βάση μετρήσεις σε ψηφιακές ακτινογραφίες πτερνών.

3. Έλεγχος καταλληλότητας οστεομετρικής μεθόδου προσδιορισμού φύλου με βάση μετρήσεις σε πτέρνες από μικτό δείγμα της Ηπειρωτικής Ελλάδας (Οστεολογική Συλλογή Αθήνας) για τον πληθυσμό της Κρήτης (Κρητική Οστεολογική Συλλογή).
4. Έλεγχος καταλληλότητας οστεομετρικής μεθόδου προσδιορισμού φύλου με βάση μετρήσεις σε μετακάρπια οστά από μικτό δείγμα της Ηπειρωτικής Ελλάδας (Οστεολογική Συλλογή Αθήνας) για τον πληθυσμό της Κρήτης (Κρητική Οστεολογική Συλλογή).
5. Ανάπτυξη οστεομετρικής μεθόδου προσδιορισμού φύλου με βάση μετρήσεις σε μετακάρπια οστά από το δείγμα της Κρητικής Συλλογής.
6. Ανάπτυξη οστεομετρικής μεθόδου προσδιορισμού φύλου με βάση μετρήσεις σε πτέρνες από το δείγμα της Κρητικής Συλλογής.

Τα αποτελέσματα της εν λόγω έρευνας αναμένεται:

α) να παρουσιάσουν νέες ακτινομετρικές μεθόδους προσδιορισμού φύλου που θα διευκολύνουν την διαδικασία εκτίμησης φύλου σε περιπτώσεις μαζικών καταστροφών και διαμελισμένων πτωμάτων κατά τις οποίες περιορισμοί χρόνου και διαθέσιμου εξοπλισμού δεν επιτρέπουν την εφαρμογή οστεομετρικών μεθόδων.

β) να ελέγξουν την καταλληλότητα υπάρχουσών οστεομετρικών μεθόδων εκτίμησης φύλου στον ελληνικό χώρο και να πιστοποιήσουν ή να απορρίψουν την χρησιμότητα, εγκυρότητα και αξιοπιστία τους όταν εφαρμόζονται στον Κρητικό πληθυσμό.

γ) να συμβάλλουν στην υπάρχουσα οστεομετρική βάση δεδομένων του Κρητικού πληθυσμού και να αποτελέσουν διαθέσιμο συγκριτικό υλικό για ανθρωπολογικές/πληθυσμιακές μελέτες σε Μεσογειακό, Βαλκανικό, Ευρωπαϊκό και Παγκόσμιο επίπεδο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο : Υλικό και Μέθοδος.

6. ΥΛΙΚΟ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΣ.

6.1. Ταφονομικές συνήθειες στην Ελλάδα.

Η αποτέφρωση των νεκρών είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη στον ευρωπαϊκό χώρο, γεγονός που περιορίζει σημαντικά την διαθεσιμότητα σκελετικού υλικού σύγχρονων πληθυσμών για ανθρωπολογικές μελέτες. Στην Ελλάδα, καθώς δεν έχει προχωρήσει η υλοποίηση της νομικής πρόβλεψης αναφορικά με την καύση των νεκρών, πραγματοποιείται η εκταφή του νεκρού μετά από πάροδο τριετίας. Ο συγκεκριμένος χρόνος ενταφιασμού μπορεί να παραταθεί έως και επτά χρόνια εφόσον δεν έχει πλήρως ολοκληρωθεί η αποσύνθεση του πτώματος, όπως συμβαίνει συχνά σε περιπτώσεις προηγηθείσας ταρίχευσης. Η εκταφή των νεκρών από τάφους τριετούς χρήσεως ακολουθείται από την ανακομιδή και φύλαξη των οστών. Σύμφωνα με την παράδοση κατά την ανακομιδή οι συγγενείς του θανόντος πλένουν προσεκτικά τα οστά με κρασί και τα τυλίγουν σε λευκή σινδόνη ως ένδειξη τιμής για τον εκλιπόντα. Τα οστά φυλάσσονται εντός ξύλινων ή μεταλλικών οστεοθηκών στα οστεοφυλάκια εκάστοτε κοιμητηρίου έναντι καταβολής ετήσιου τέλους από τους οικείους (Eliopoulos et al., 2007; Kranioti et al., 2008; Kranioti, 2009). Με το πέρας ενός έτους τουλάχιστον και σε περίπτωση διακοπής της ανωτέρω δαπάνης τα οστά μεταφέρονται και εναποτίθενται σε κοινοτάφιο (χωνευτήρι) (Kranioti et al., 2008; Kranioti, 2009).

6.2. Πληθυσμός της μελέτης.

Το υπό εξέταση δείγμα αποτελείται από σκελετούς από τη συλλογή των οστεοφυλακίων του κοιμητηρίου του Αγίου Κωνσταντίνου και των Πατελών του Ηρακλείου Κρήτης. Ο πληθυσμός μελέτης περιλαμβάνει σκελετούς Κρητικών ή ατόμων που γεννήθηκαν και έζησαν στην Κρήτη πάνω από τρεις γενεές. Στο δείγμα συμπεριλαμβάνονται άτομα που έζησαν και απεβίωσαν στην Κρήτη μεταξύ τέλη 19ου και αρχές 20ου αιώνα. Άτομα με καταγωγή από άλλα μέρη της Ελλάδος, μετανάστες από την Μικρά Ασία και άτομα με εμφανή παθολογία αποκλείστηκαν

από τη μελέτη. Η ηλικία και η αιτία θανάτου ανευρέθη από τα Πιστοποιητικά Θανάτου του Ληξιαρχείου Ηρακλείου, για το μεγαλύτερο μέρος του δείγματος, ενώ το φύλο ήταν εμφανές από τα ονόματα στο εξωτερικό των οστεοθηκών και έχει επιβεβαιωθεί με την εξέταση της πυέλου κάθε σκελετού.

6.3. Μεθοδολογία.

Για την πραγματοποίηση της προτεινόμενης ερευνητικής εργασίας πρόκειται να χρησιμοποιηθεί η Οστεολογική Συλλογή του Εργαστηρίου Ιατροδικαστικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Κρήτης.

Θα γίνουν μετρήσεις στα μετακάρπια οστά και στις πτέρνες σύμφωνα με κλασσικές οστεομετρικές μεθόδους, ώστε παράλληλα να αποκτηθούν τα ανθρωπομετρικά στοιχεία των οστών του Κρητικού πληθυσμού για πρώτη φορά.

Θα ληφθούν μετρήσεις σε ψηφιακές ακτινογραφίες των μετακαρπίων οστών και των πτερνών του Κρητικού πληθυσμού για πρώτη φορά.

Τα αποτελέσματα των ανωτέρω μετρήσεων θα υποβληθούν σε διακρίνουσα στατιστική ανάλυση (discriminant function analysis) έτσι ώστε να προσδιοριστούν οι μεταβλητές που διαχωρίζουν το φύλο με μεγαλύτερη επιτυχία.

Θα υπολογιστούν οι εκ των υστέρων πιθανότητες σωστής ταξινόμησης έτσι ώστε η αξιοπιστία της μεθόδου να μπορεί να ελεγχθεί σε κάθε περιστατικό και να διευκολυνθεί η επιλογή της μεθόδου εκλογής από τον ιατροδικαστή.

6.4. Κριτήρια επιλογής δειγμάτων.

Οι σκελετοί επιλέχθηκαν σύμφωνα με τα ακόλουθα κριτήρια:

- Καλή συντήρηση της πλειοψηφίας των οστών με έμφαση στα μετακάρπια οστά και τις πτέρνες.

- Εκπροσώπηση όλων των ηλικιακών ομάδων και για τα δύο φύλα (στο μέτρο του δυνατού).
- Ελάχιστη ύπαρξη τραύματος ή ορατών παθολογικών αλλοιώσεων.
- Επιβεβαίωση κρητικής καταγωγής των ατόμων.

6.5. Επεξεργασία δειγμάτων.

Πολλοί ερευνητές (Stewart, 1976; Krogman and Iscan, 1986) επισημαίνουν την πιθανότητα μη ανεύρεσης σημαντικών οστικών δομών όταν τα υπό μελέτη οστά καλύπτονται από μαλακά μόρια (αποξηραμένο δέρμα, μυϊκό ιστό, τένοντες και χόνδρο). Τα μετακάρπια οστά και οι πτέρνες που έφεραν αποξηραμένους ιστούς στην επιφάνειά τους υποβλήθηκαν σε ειδική επεξεργασία αφαίρεσης υπολειμμάτων μαλακών μορίων (maceration), προκειμένου να ληφθούν με ακρίβεια οι οστεομετρικές και οι ακτινομετρικές μετρήσεις. Για τον σκοπό αυτό, τα οστά εμβαπτίστηκαν σε διάλυμα από αποστειρωμένο ύδωρ και τετραένυδρο υπερβορικό νάτριο (Sodium Perborate Tetrahydrate) με αναλογία 1lt/1gr (Eliopoulos et al., 2007). Στην συνέχεια υποβλήθηκαν σε θερμόλουτρο με την θερμοκρασία του διαλύματος να μην ξεπερνάει το σημείο βρασμού για μία ώρα. Με αυτήν την επεξεργασία οι μαλακοί ιστοί γίνονται μαλθακοί και μπορούν να αφαιρεθούν μηχανικά με την βοήθεια μίας, πλαστικής κατά προτίμηση, λαβίδας. Η συγκέντρωση του διαλύματος μπορεί να αυξηθεί, όπως και ο χρόνος του θερμόλουτρου σε περίπτωση που τα μαλακά μόρια δεν αφαιρούνται με ευκολία. Μετά την αφαίρεση των ιστών το σκελετικό υλικό εκπλύθηκε σε νερό και αφέθηκε να στεγνώσει στον αέρα.

6.6.1. Οστεομετρία.

6.6.1.1. Οστεομετρικά Όργανα.

Προκειμένου να πραγματοποιηθούν με ακρίβεια οι οστεομετρικές μετρήσεις των μετακαρπίων οστών και των πτερνών χρησιμοποιήθηκε ένα ψηφιακό συρόμενο παχύμετρο (Digital Caliper 300mm / 0.01mm with data output Mitutoyo) (**Εικόνα 1**).



Εικόνα 1: Ψηφιακό συρόμενο παχύμετρο (Digital Caliper 300mm / 0.01mm with data output Mitutoyo).

6.6.1.2. Οστεομετρικές Μετρήσεις Μετακαρπίων.

Συνολικά μετρήθηκαν 77 μετακάρπια οστά της δεξιάς άκρας χειρός και 81 μετακάρπια οστά της αριστερής άκρας χειρός (**Εικόνα 2 και 3**).



Εικόνα 2: Δεξιά μετακάρπια οστά, παλαμιαία επιφάνεια.



Εικόνα 3: Δεξιά μετακάρπια οστά, πλάγια επιφάνεια.

Για κάθε μετακάρπιο οστό λήφθηκαν 7 μετρήσεις (**Σχήμα1**):

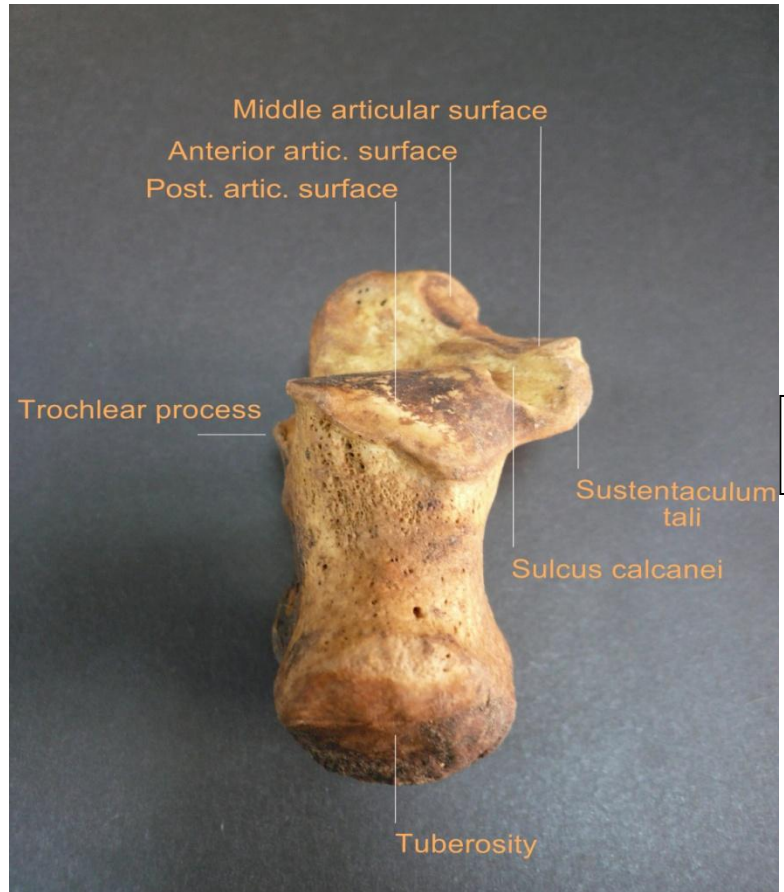
1. Μέγιστο μήκος μετακαρπίου οστού (ML Maximum inter-articular-physiological length) (Musgrave and Harneja, 1978).
2. Μέγιστο πλάτος εγγύς επίφυσης (MLDPE Medio-lateral diameter of proximal epiphysis) (Scheuer and Elkington, 1993).
3. Μέγιστη πρόσθιο-οπίσθια διάμετρος εγγύς επίφυσης (APDPE Antero-posterior diameter of proximal epiphysis), (Scheuer and Elkington, 1993).
4. Μέγιστο πλάτος άπω επίφυσης (MLDDE Medio-lateral diameter of distal epiphysis) (Smith, 1996).
5. Μέγιστη πρόσθιο-οπίσθια διάμετρος άπω επίφυσης (APDDE Antero-posterior diameter of distal epiphysis) (Scheuer and Elkington, 1993).
6. Μέγιστο πλάτος μεσότητας διάφυσης (MLDM Medio-lateral diameter at midshaft) (Falsetti, 1995).
7. Μέγιστη πρόσθιο-οπίσθια διάμετρος μεσότητας διάφυσης (APDM Antero-posterior diameter at midshaft). (Smith, 1996).



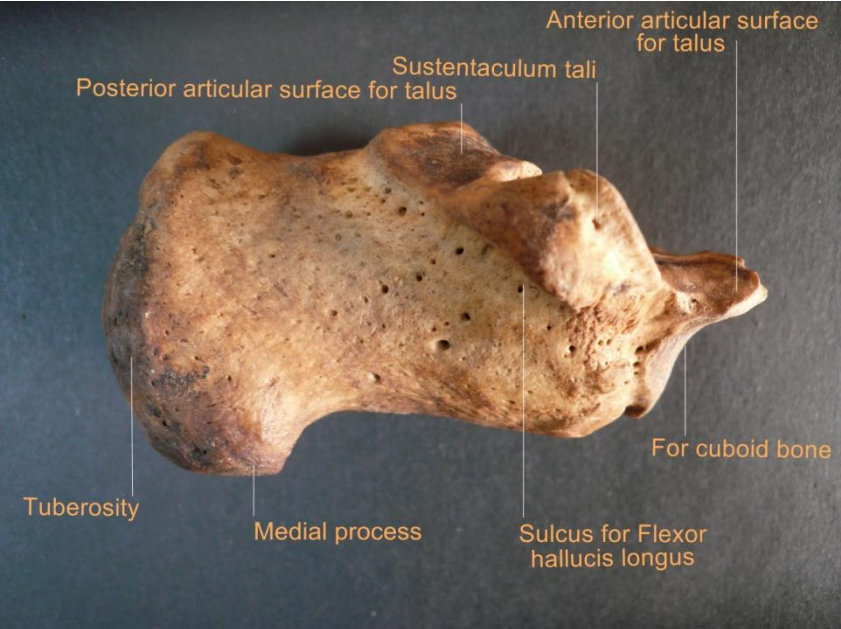
Σχήμα 1: Σχηματική αναπαράσταση των 7 μετρήσεων των μετακαρπίων οστών με αριθμητική αντιστοιχία.

6.6.1.3. Οστεομετρικές Μετρήσεις Πτερνών.

Συνολικά μετρήθηκαν 174 πτέρνες του δεξιού άκρου ποδός και 164 πτέρνες του αριστερού άκρου ποδός (**Εικόνα 4 και 5**).



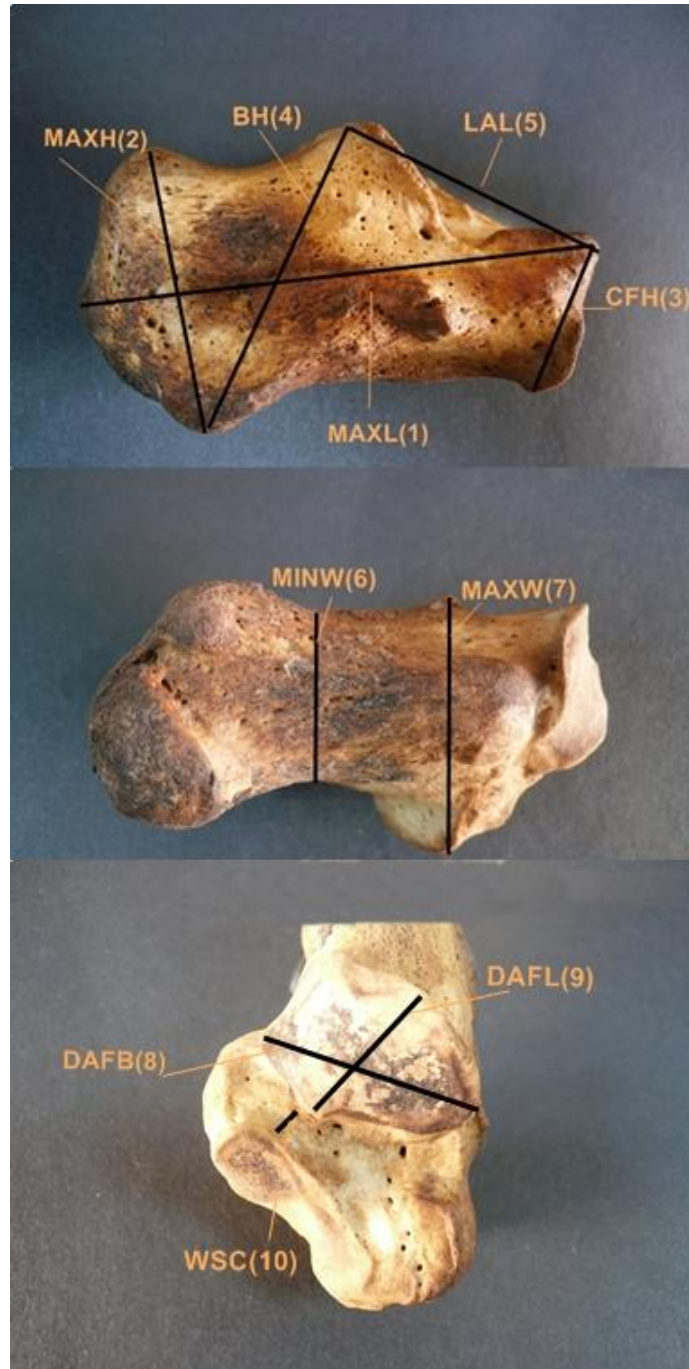
Εικόνα 4: Αριστερή πτέρνα, άνω (ραχιαία) επιφάνεια.



Εικόνα 5: Αριστερή πτέρνα, έσω πλάγια επιφάνεια.

Για κάθε πτέρνα μετρήθηκαν 10 διαστάσεις (Σχήμα2):

1. Μέγιστη γραμμική απόσταση μεταξύ του πλέον πρόσθιου σημείου και του πλέον οπίσθιου σημείου της πτέρνας (MAXL Maximum anteroposterior length).
2. Μέγιστη γραμμική απόσταση μεταξύ του υψηλότερου σημείου της οπίσθιας επιφάνειας της πτέρνας και του πλέον κατώτερου σημείου του κυρτώματος της πτέρνας (MAXH Maximum height).
3. Μέγιστη γραμμική απόσταση μεταξύ του υψηλότερου και του πλέον κατώτερου σημείου της περνοκυβοειδούς άρθρωσης της πτέρνας (CFH Cuboidal facet height).
4. Γραμμική απόσταση μεταξύ του υψηλότερου και του πλέον κατώτερου σημείου του σώματος της πτέρνας ληφθείσα από το πιο οπίσθιο σημείο της οπίσθιας αστραγαλικής επιφάνειας και το πιο πρόσθιο σημείο του κυρτώματος της πτέρνας (BH Body height).
5. Γραμμική απόσταση μεταξύ του πιο οπίσθιου σημείου της οπίσθιας αστραγαλικής επιφάνειας και του πλέον πρόσθιου σημείου της πτέρνας (LAL Load arm length).
6. Ελάχιστη γραμμική απόσταση μεταξύ της έσω και έξω πλευρικής επιφάνειας του σώματος της πτέρνας (MINW Minimum transverse width).
7. Μέγιστη γραμμική απόσταση μεταξύ της έσω και έξω πλευρικής επιφάνειας του σώματος της πτέρνας (MAXW Maximum transverse width).
8. Γραμμική απόσταση μεταξύ του πιο έσω και του πιο έξω σημείου της οπίσθιας αστραγαλικής επιφάνειας (DAFB Dorsal articular facet breadth).
9. Γραμμική απόσταση μεταξύ του πιο οπίσθιου και του πιο πρόσθιου σημείου της οπίσθιας αστραγαλικής επιφάνειας (DAFL Dorsal articular facet length).
10. Πλάτος της αύλακας της πτέρνας μεταξύ της μέσης και οπίσθιας αστραγαλικής επιφάνειας (WSC Width of the sulcus calcanei).



Σχήμα 2: Σχηματική αναπαράσταση των 10 μετρήσεων των περνών με αριθμητική αντιστοιχία.

6.6.2. Ακτινομετρικά Όργανα.

Ο Αξονικός Τομογράφος (Siemens AG, Medical Solutions, Health Services. Version:10.09.2004) του Πανεπιστημιακού Γενικού Νοσοκομείου Ηρακλείου χρησιμοποιήθηκε προκειμένου να ληφθούν ψηφιακές ακτινογραφίες των μετακαρπίων οστών και των πτερνών. Η ψηφιακή ακτινογράφιση πραγματοποιήθηκε για κάθε υπό μελέτη οστό με σταθερές πάντα συνθήκες: ύψος 125εκμ., μοίρες 0° , mA 120, kV 100 και πάχος τομής (Slice) 1,0mm. Επιπλέον σε κάθε ακτινογράφιση συμπεριλαμβανόταν ένας μεταλλικός χάρακας, γνωστών διαστάσεων, ως σημείο αναφοράς.

Ο υπολογισμών των μετρήσεων θα πραγματοποιηθεί με τη χρήση λογισμικού ImageJ (Image Processing and Analysis in Java) που διατίθεται ελεύθερα στο διαδίκτυο.

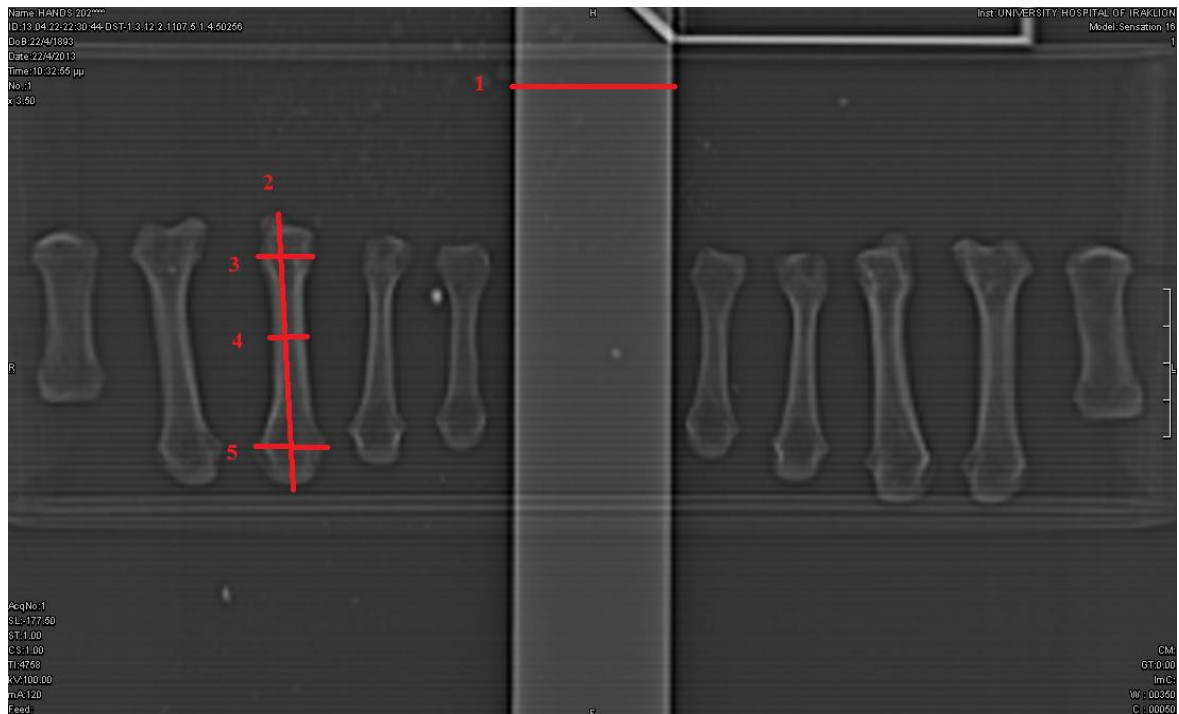
6.6.2.1. Ακτινομετρικές Μετρήσεις Μετακαρπίων.

Συνολικά ακτινογραφήθηκαν ψηφιακά με πανοραμική όψη (superior) 154 ζευγάρια δεξιών και αριστερών μετακαρπίων οστών τοποθετημένα σε ανατομική θέση.

Πραγματοποιήθηκαν 4 ακτινομετρικές μετρήσεις για κάθε δεξιό και αριστερό μετακάρπιο οστό σε πανοραμική όψη, καθώς και 1 ακτινομετρική μέτρηση που αφορά στο σημείο αναφοράς (μεταλλικός χάρακας, γνωστών διαστάσεων).

Μετρήθηκαν οι εξής διαστάσεις σε πανοραμική όψη (**Σχήμα 3**):

1. Πλάτος χάρακα (Scale_ Sc).
2. Μέγιστο μήκος μετακαρπίου οστού (Maximum Length_ ML).
3. Μέγιστο πλάτος εγγύς επίφυσης (Maximum Breadth of Proximal Epiphysis_MBP).
4. Μέγιστο πλάτος μεσότητας διάφυσης (Maximum Breadth at Midshaft_ MBM).
5. Μέγιστο πλάτος άπω επίφυσης (Maximum Breadth of Distal Epiphysis_MBD).



Σχήμα 3: Σχηματική αναπαράσταση των 5 ακτινομετρικών μετρήσεων των μετακαρπίων οστών με αριθμητική αντιστοιχία.

6.6.2.2. Ακτινομετρικές Μετρήσεις Πτερνών.

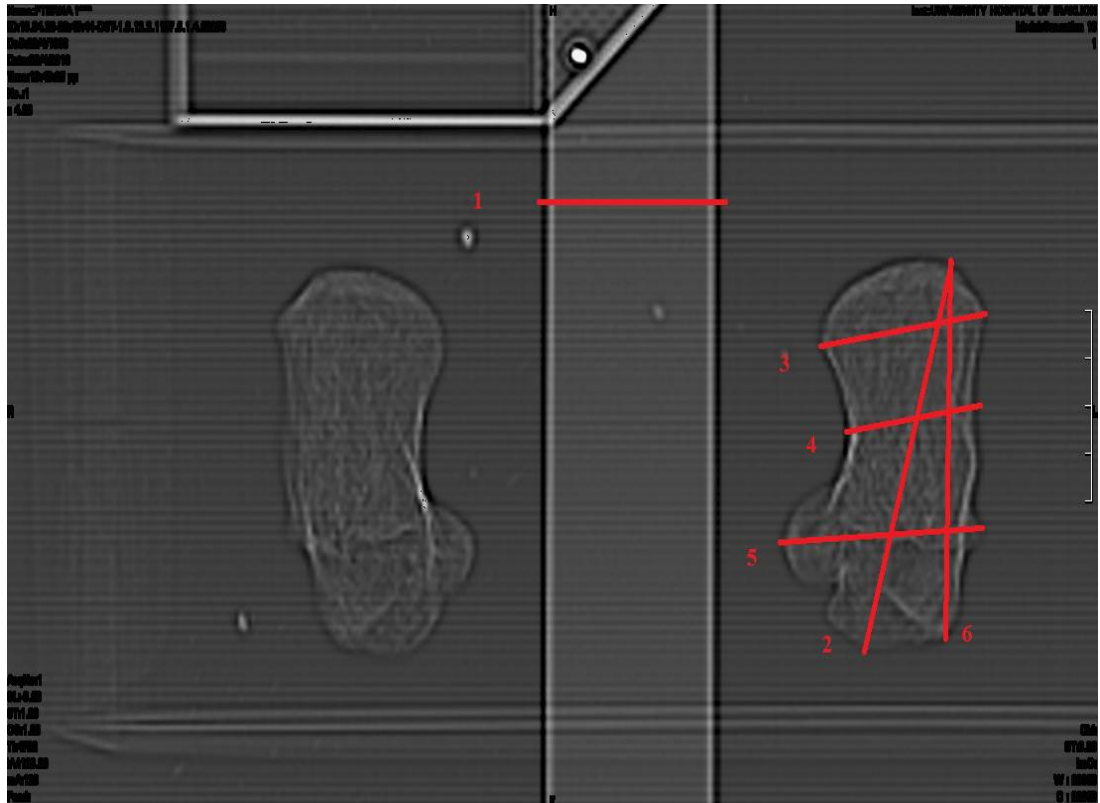
Συνολικά ακτινογραφήθηκαν ψηφιακά με πανοραμική όψη (superior) 175 ζευγάρια πτερνών τοποθετημένες σε ανατομική θέση. Στην συνέχεια ακτινογραφήθηκαν ψηφιακά σε πλάγια όψη (lateral) 166 δεξιές πτέρνες, καθώς και 157 αριστερές πτέρνες.

Πραγματοποιήθηκαν 6 ακτινομετρικές μετρήσεις σε όλες τις αριστερές πτέρνες σε πανοραμική και 4 σε πλάγια όψη.

Μετρήθηκαν οι εξής διαστάσεις σε πανοραμική όψη (**Σχήμα 4**):

1. Πλάτος χάρακα (Scale_ SCLs).
2. Μέγιστο μήκος αριστερής πτέρνας (MaxLs).
3. Μέγιστο πλάτος σώματος αριστερής πτέρνας (MaxBBs).
4. Ελάχιστο πλάτος σώματος αριστερής πτέρνας (MinBs).

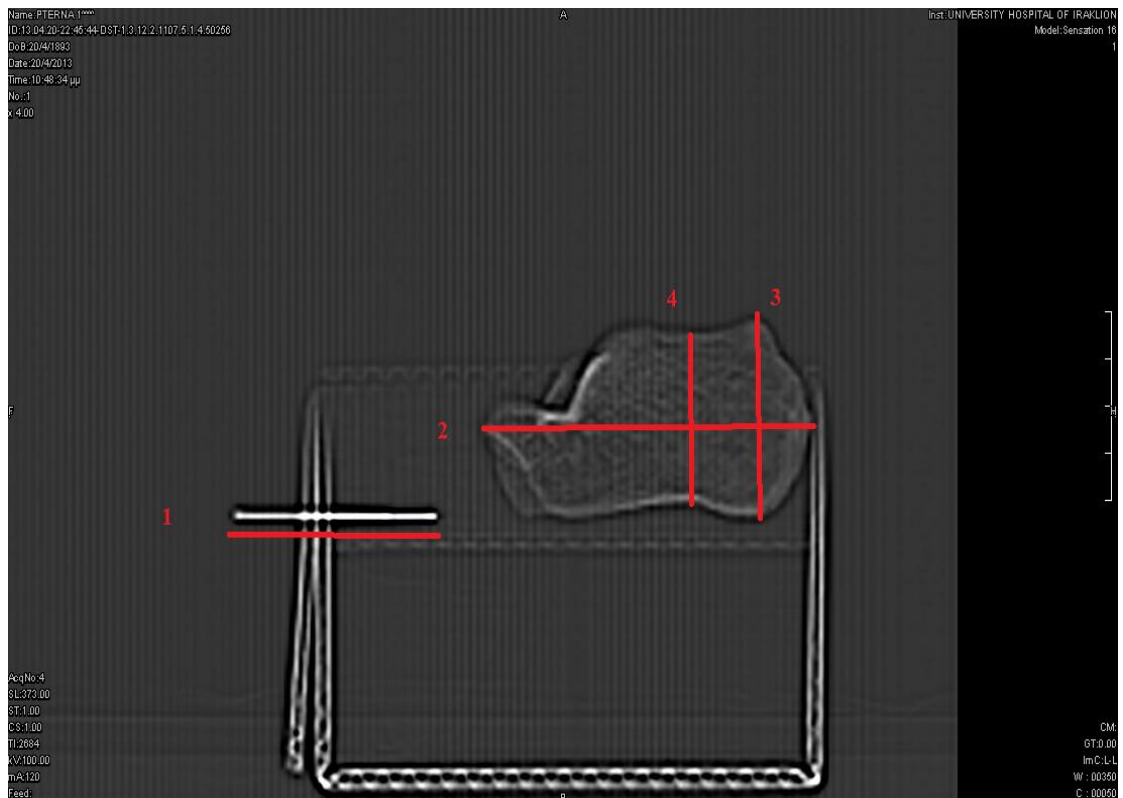
5. Μέγιστο πλάτος αριστερής πτέρνας (MaxBs).
6. Μέγιστο μήκος έξω επιφάνειας αριστερής πτέρνας (MaxExs).



Σχήμα 4: Σχηματική αναπαράσταση των 6 ακτινομετρικών μετρήσεων των αριστερών πτερνών σε πανοραμική θέση με αριθμητική αντιστοιχία.

Μετρήθηκαν οι εξής διαστάσεις σε πλάγια όψη (Σχήμα 5):

1. Μήκος χάρακα (SCL).
2. Μέγιστο μήκος αριστερής πτέρνας (MaxL).
3. Μέγιστο ύψος σώματος αριστερής πτέρνας (MaxH).
4. Ελάχιστο ύψος σώματος αριστερής πτέρνας (MinH).



Σχήμα 5: Σχηματική αναπαράσταση των 4 ακτινομετρικών μετρήσεων των αριστερών πτερνών σε πλάγια όψη με αριθμητική αντιστοιχία.

6.7. Εκτίμηση σφάλματος.

Τριάντα δείγματα επιλέχθηκαν τυχαία και μετρήθηκαν από τον ίδιο παρατηρητή σε διάστημα ενός μήνα προκειμένου να προσδιοριστεί η εκτίμηση σφάλματος. Η εκτίμηση σφάλματος μεταξύ μετρήσεων του ίδιου παρατηρητή υπολογίστηκε με την δοκιμασία t (paired student's T-test) για τη σύγκριση μέσων τιμών (Sokal and Rohlf, 1973).

Με τον έλεγχο ισότητας μέσης τιμής ζευγαρωτών παρατηρήσεων (paired t-test) ελέγχουμε αν η μέση τιμή της μίας μέτρησης είναι σημαντικά διαφορετική από τη μέση τιμή της δεύτερης μέτρησης. Έτσι, εάν d αντιπροσωπεύει την διαφορά των παρατηρήσεων, οι υποθέσεις είναι:

$H_0: d = 0$ (η διαφορά μεταξύ των δύο παρατηρήσεων είναι 0)

$H_a: d \neq 0$ (η διαφορά μεταξύ των δύο παρατηρήσεων δεν είναι 0)

Το στατιστικό t είναι :

$$t = \frac{\bar{d}}{\sqrt{s^2/n}}$$

όπου \bar{d} η μέση τιμή των διαφορών των ζευγαρωτών παρατηρήσεων, s^2 είναι η διακύμανση του δείγματος, n το εύρος του δείγματος και t είναι το Student t ποσοστημώριο με $n-1$ βαθμό ελευθερίας. Εάν η p-τιμή που σχετίζεται με το t είναι χαμηλή ($<0,05$), υπάρχουν στοιχεία για να απορριφθεί η Μηδενική Υπόθεση. Το τυπικό σφάλμα εκφράζει την απόκλιση των τιμών των μετρήσεων σε σχέση με τον μέσο όρο ή πρακτικά με το σφάλμα που επέρχεται στο μέσο όρο (Sokal and Rohlf, 1998; Wheatley, 2005; Kranioti, 2009).

6.8. Διαφορές αριστερών και δεξιών οστών (bilateral asymmetry).

Οι διαφορές των μέσων τιμών των μεταβλητών μεταξύ αριστερών και δεξιών οστών εκτιμήθηκαν με την δοκιμασία t (paired student's T-test) όπως έχει περιγραφεί παραπάνω.

6.9. Διακρίνουσα Στατιστική Ανάλυση (Discriminant Function Analysis).

Η Διακρίνουσα Στατιστική Ανάλυση αποτελεί μέθοδο ταξινόμησης διαχωρισμού που αναπτύχθηκε από τον Fisher (Fisher, 1936). Χρησιμοποιείται για την επιλογή του βέλτιστου συνδυασμού μεταβλητών και για τον υπολογισμό συγκεκριμένων εξισώσεων προκειμένου να ταξινομήσει παράγοντες σε προϋπάρχουσες ομάδες σύμφωνα με τις μεταξύ τους ομοιότητες, καθώς και παράγοντες που ανήκουν στην ίδια ομάδα (Brown and Wicker, 2000). Η μέθοδος αυτή επιλέγει τον καλύτερο δυνατό συνδυασμό μεταβλητών (μετρήσεων), ώστε να προκύψει εξίσωση διαχωρισμού των δύο φύλων με το μεγαλύτερο ποσοστό επιτυχούς ταξινόμησης των δειγμάτων. Η Διακρίνουσα Στατιστική Ανάλυση μπορεί επίσης να εντοπίσει τις ακραίες περιπτώσεις μέσα στις ομάδες που διαφέρουν από τους άλλους (αποκλίσεις). Χρησιμοποιείται η ανάλυση μεταβλητότητας (one-way ANOVA) προκειμένου να καθοριστεί η ύπαρξη ή όχι στατιστικά σημαντικής διαφοράς των μέσων τιμών κάθε μεταβλητής μεταξύ των δύο ομάδων, στη συγκεκριμένη περίπτωση μεταξύ των δύο φύλων.

Με την χρήση την μέσης τιμής της διακρίνουσας βαθμολογίας για άρρενες και θήλεα καθορίζεται το σημείο διαχωρισμού (Sectioning Point). Μία τιμή μεγαλύτερη από το σημείο διαχωρισμού (SP) ταξινομεί το άτομο ως άρρεν, ενώ μία τιμή μικρότερη από το σημείο διαχωρισμού ταξινομεί το άτομο ως θήλυ. Μη τυποποιημένοι διαχωριστικοί συντελεστές είναι απαραίτητοι για την θεμελίωση της εξίσωσης. Οι τυποποιημένοι (Fisher's) συντελεστές χρησιμοποιούνται για να συγκρίνουν την σχετική σημαντικότητα από τις ανεξάρτητες μεταβλητές (Gapert et al., 2009). Μία διακρίνουσα συνάρτηση έχει ως εξής:

$$P = a_1 \times x_1 + a_2 \times x_2 + \dots + a_n \times x_n + \beta$$

Όπου a_1 έως a_n είναι οι διαχωριστικοί συντελεστές, x_1 έως x_n είναι οι διαχωριστικές μεταβλητές και β είναι η σταθερά. Για να ταξινομηθεί το περιστατικό

ως άρρεν ή θήλυ, το αποτέλεσμα P συγκρίνεται με σημείο διαχωρισμού (Sectioning Point).

Στην παρούσα διατριβή για την εύρεση των 'βέλτιστων' παραμέτρων, εκείνων, που συμβάλλουν περισσότερο στον διαχωρισμό του φύλου χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Βηματικής Διαχωριστικής Ανάλυσης (stepwise discriminant function analysis). Η 'βηματική' αυτή προσέγγιση ακολουθεί μία διαδοχική διαδικασία της προσθήκης ή της διαγραφής μεταβλητών, ανάλογα με τη διαχωριστική τους ικανότητα, στη διαχωριστική συνάρτηση (discriminant function) με τελικό αποτέλεσμα οι σχηματιζόμενες διαχωριστικές συναρτήσεις να περιέχουν τις μεταβλητές αυτές που συνεισφέρουν μέγιστα στο διαχωρισμό των ομάδων (groups). Η 'βηματική' διαδικασία "καθοδηγείτε" από το αντίστοιχο F για να εισέλθουν και το αντίστοιχο F για να καταργηθούν τιμές. Η τιμή F για μια μεταβλητή υποδηλώνει την στατιστική σημαντικότητα της στη διάκριση μεταξύ των ομάδων, δηλαδή, είναι ένα μέτρο του βαθμού στον οποίο μια μεταβλητή αποτελεί μοναδική συμβολή στην πρόβλεψη των μελών της ομάδας. Σε αυτή την ανάλυση, η F για την εισαγωγή μεταβλητής έχει οριστεί σε 3,84 και η F για την αφαίρεση σε 2,71.

6.10. Διασταυρούμενη Επικύρωση (Cross-validation).

Η leave-one-out μέθοδος αποτελεί μία διαδικασία ταξινόμησης, η οποία εφαρμόζεται προκειμένου να αποδείξει την ποσοστιαία ακρίβεια του αρχικού δείγματος με αυτό που δημιουργήθηκε από την Διασταυρούμενη Επικύρωση. Στη διαδικασία αυτή, ένα δείγμα συστηματικά αφαιρείται έξω και η Διακρίνουσα Στατιστική Ανάλυση (DFA) πραγματοποιείται στο υπόλοιπο δείγμα. Στη συνέχεια, το δείγμα που έχει αποκλειστεί ταξινομείται σε μία από τις ομάδες σύμφωνα με την διακριτική συνάρτηση παρέκτασης από την ανάλυση. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται έως ότου κάθε περίπτωση του δείγματος έχει αποκλειστεί και στην συνέχεια έχει ταξινομηθεί (Brown and Wicker, 2000). Έπειτα η ακρίβεια ταξινόμησης υπολογίζεται και συγκρίνεται με την ακρίβεια ταξινόμησης για το αρχικό δείγμα. Όσο πιο κοντά είναι η διασταυρούμενη επικύρωση με την αρχική ακρίβεια, τόσο μεγαλύτερη είναι η αξιοπιστία της διακρίνουσας συνάρτησης.

6.11. Εκ των υστέρων πιθανότητες σωστής ταξινόμησης (posterior probabilities).

Για την ελαχιστοποίηση του σφάλματος με τη χρήση των διακρινουσών συναρτήσεων, για κάθε συνάρτηση υπολογίστηκαν οι εκ των υστέρων πιθανότητες σωστής ταξινόμησης (posterior probabilities). Η εκ των υστέρων πιθανότητες σωστής ταξινόμησης βαθμολογεί απεικονιστικά την αποτελεσματικότητα μιας συνάρτησης να ταξινομήσει ένα άτομο και επιτυγχάνετε με τον υπολογισμό του συνολικού αριθμού των δειγμάτων που έχουν ταξινομηθεί έναντι του αριθμού των σωστά ταξινομημένων δειγμάτων. Καθώς όλα τα σημεία διαχωρισμού (Sectioning Points) έχουν ρυθμιστεί στο μηδέν, ένα σκορ κοντά στο μηδέν σημαίνει ότι υπάρχει μία σχεδόν 50% πιθανότητα η ταξινόμηση να είναι λανθασμένη. Ως εκ τούτου ένα σκορ περισσότερο απομακρυσμένο από το μηδέν δηλώνει μια πιο αξιόπιστη-σωστή ταξινόμηση (Osipov et al. 2013).

Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων έχει πραγματοποιηθεί με τη χρήση του στατιστικού προγράμματος SPSS έκδοση 13 (Statistical Package for Social Sciences).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο : Αποτελέσματα.

7. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

7.1. Οστεομετρική Μέθοδος

Οι μεταβλητές βρέθηκαν να ακολουθούν κανονική κατανομή και να πληρούν όλες τις προϋποθέσεις για τις δοκιμασίες ANOVA, paired T-test και DFA.

7.1.1. Μετακάρπια Οστά.

α) Διμερείς ασυμμετρίες (Bilateral asymmetries).

Ο **πίνακας 1** δείχνει τα αποτελέσματα της δοκιμασίας t (paired student's T-test) ανά ζεύγη για τη σύγκριση μέσων τιμών. Οι μεταβλητές που δεν παρουσιάζουν διμερή ασυμμετρία έχουν σημειωθεί με κόκκινο.

Πίνακας 1: Διμερείς ασυμμετρίες (Bilateral asymmetries) για όλες τις μεταβλητές των μετακαρπίων οστών στην Κρητική Συλλογή. * $p < 0.01$. Οι τιμές με έντονη γραφή δείχνουν μια μεγαλύτερη μέση τιμή για τις μετρήσεις των αριστερών οστών

		MTC1 (N=36)		MTC2 (N=69)		MTC3 (N=60)		MTC4 (N=48)		MTC5 (N=31)		
ML	L	MEAN	44.41	t=-1.11	66.61	*t=-2.41	65.17	t=-1.7	55.29	t=-1.18	51.94	t=0.44
		SD	3.246		4.534		4.147		3.722		3.830	
	R	MEAN	44.60		66.93		65.46		55.42		51.85	
		SD	3.053		4.644		4.414		3.751		3.657	
MLDDE	L	MEAN	15.69	t=-1.24	14.94	*t=-4.61	14.42	*t=-4.98	12.32	*t=-4.18	12.18	*t=-2.79
		SD	1.356		1.105		1.209		1.078		0.902	
	R	MEAN	15.85		15.27		14.84		12.60		12.49	
		SD	1.571		1.194		1.337		0.967		0.935	
APDDE	L	MEAN	13.33	t=1.07	14.54	t=-1.7	14.06	*t=-2.25	12.24	*t=-3.39	11.57	t=-1.69
		SD	1.384		1.229		1.129		0.916		1.074	
	R	MEAN	13.16		14.32		14.32		12.58		11.83	
		SD	1.369		1.404		1.393		0.993		0.744	
MLDM	L	MEAN	11.59	*t=-3.44	8.20	*t=-3.09	8.15	*t=-2.41	6.36	*t=-2.47	7.27	*t=-2.69
		SD	1.180		0.851		0.719		0.862		0.735	
	R	MEAN	11.89		8.57		8.29		6.53		7.57	
		SD	1.290		1.416		0.762		0.786		0.916	
APDM	L	MEAN	8.24	t=-0.43	8.82	*t=-5.64	8.94	*t=-8.33	7.11	*t=-4.93	6.60	*t=-4.63
		SD	0.881		0.997		0.807		0.801		0.705	
	R	MEAN	8.29		9.23		9.46		7.37		7.08	
		SD	0.933		0.996		0.959		0.764		0.780	
MLDPE	L	MEAN	15.57	t=-0.58	18.19	t=0.035	13.91	*t=-2.98	11.80	t=-0.26	13.52	t=-0.64
		SD	1.174		1.686		1.279		1.067		0.901	
	R	MEAN	15.65		18.20		14.30		11.82		13.60	
		SD	1.207		1.534		1.452		1.247		0.882	
APDPE	L	MEAN	15.73	t=0.93	16.14	*t=-4.7	16.43	*t=-2.83	12.19	*t=-4.57	11.29	t=-0.02
		SD	1.428		1.406		1.323		1.259		1.159	
	R	MEAN	15.56		16.66		16.75		12.71		11.28	
		SD	1.431		1.437		1.300		1.335		1.199	

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα (**πίνακας 1**) δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων τιμών των μεταβλητών των αριστερών και δεξιών πρώτων μετακαρπίων οστών (MTC1). Συγκεκριμένα, από τις επτά μεταβλητές το MLDM είναι η μοναδική μεταβλητή που βρέθηκε να διαφέρει στατιστικά σημαντικά μεταξύ αριστερών και δεξιών οστών. Στις πέντε από τις επτά μεταβλητές το δεξιό MTC1 βρέθηκε να είναι μεγαλύτερο από το αριστερό MTC1 ως προς την μέση τιμή. Η διαφορά της μέσης τιμής του δεξιού και αριστερού MTC1 ως προς την μεταβλητή MLDM είναι ελάχιστη και για τον λόγο αυτό θα χρησιμοποιηθεί δείγμα δεξιών και αριστερών MTC1 μαζί για περαιτέρω ανάλυση. Σε περίπτωση που υπάρχουν και τα δύο θα χρησιμοποιηθεί η μέση τιμή.

Δεύτερο Μετακάρπιο Οστό (MTC2):

Ως προς το δεύτερο μετακάρπιο οστό (MTC2), από τις επτά μεταβλητές πέντε βρέθηκαν να διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά (**πίνακας 1**) μεταξύ αριστερών και δεξιών MTC2 με εξαίρεση τις: APDDE και MLDPE. Για τον λόγο αυτό θα δημιουργήσουμε διαφορετικές εξισώσεις για τα αριστερά και δεξιά MTC2. Σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις (εκτός της APDDE) οι μέσες τιμές μέτρησης για τα δεξιά είναι μεγαλύτερες από ότι των αριστερών MTC2.

Τρίτο Μετακάρπιο Οστό (MTC3):

Για το τρίτο μετακάρπιο οστό (MTC3) έξι από τις επτά μεταβλητές (με εξαίρεση την ML) διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά (**πίνακας 1**) μεταξύ δεξιών και αριστερών, με τις δεξιές μέσες τιμές να είναι μεγαλύτερες από τις αριστερές σε όλες τις περιπτώσεις. Συνεπώς, θα δημιουργηθούν διαφορετικές εξισώσεις για τα αριστερά και δεξιά MTC3.

Τέταρτο Μετακάρπιο Οστό (MTC4):

Ως προς το τέταρτο μετακάρπιο οστό (MTC4), από τις επτά μεταβλητές πέντε βρέθηκαν να διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά (**πίνακας 1**) μεταξύ αριστερών και δεξιών MTC4 με εξαίρεση τις ML και MLDPE. Για τον λόγο αυτό θα αναπτυχθούν διαφορετικές εξισώσεις για τα αριστερά και δεξιά MTC4. Σε όλες τις περιπτώσεις οι μέσες τιμές μέτρησης για τα δεξιά είναι μεγαλύτερες από ότι των αριστερών MTC4.

Πέμπτο Μετακάρπιο Οστό (MTC5):

Ως προς το πέμπτο μετακάρπιο οστό (MTC5), τρεις μεταβλητές (MLDDE, MLDM και APDM) από τις επτά διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά (**πίνακας 1**) μεταξύ αριστερών και δεξιών MTC5. Για τον λόγο αυτό θα προκύψουν διαφορετικές εξισώσεις για τα αριστερά και δεξιά MTC5. Σε πέντε από τις επτά μεταβλητές, οι τιμές στα δεξιά είναι μεγαλύτερες από ότι των αριστερών MTC5.

Συμπερασματικά: Στα δεξιά MTC2, MTC3, MTC4 και MTC5 υπάρχουν σταθερά υψηλότερες μέσες τιμές για όλες τις μετρήσεις (με εξαίρεση την APDDE για το MTC2 και τις ML, APDPE για το MTC5). Αυτές οι διαφορές είναι στατιστικώς σημαντικές στο επίπεδο $p < 0.05$. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με τα αποτελέσματα σχετικά με τον Manolis et al., ο οποίος δεν βρήκε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων τιμών των αριστερών και δεξιών MTC στο δείγμα τους, συνεπώς θα δημιουργηθούν διαφορετικές εξισώσεις για τα αριστερά και δεξιά MTC2, MTC3, MTC4 και MTC5.

β) Ανάλυση Μεταβλητότητας (one-way ANOVA).

Η Ανάλυση Μεταβλητότητας και ο F-δείκτης των μεταβλητών για τη μέτρηση των διαφορών μεταξύ των δύο φύλων φαίνεται στον **πίνακα 2**.

Για το MTC1 δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ αριστερών και δεξιών οστών και γι' αυτό χρησιμοποιήθηκαν οι μέσες τιμές για την συγκριτική μελέτη αρσενικών και θηλυκών ατόμων. Για τα λοιπά μετακάρπια οστά αναλύθηκαν ξεχωριστά τα αριστερά και τα δεξιά οστά. Οι διαφορές μεταξύ των μέσων τιμών στα αρσενικά και τα θηλυκά άτομα ήταν σημαντικές ($p < 0.001$) για όλες τις μετρήσεις σε όλες τις περιπτώσεις.

Πίνακας 2. Ανάλυση Μεταβλητότητας (one-way ANOVA) για τα αριστερά και δεξιά μετακάρπια οστά.

	METACARPAL II							METACARPAL III					
	Males (N=59)		Females (N=43)		F-VALUE	SDI	Males (N=52)		Females (N=48)		F-VALUE	SDI	
	Mean	SD	Mean	SD			Mean	SD	Mean	SD			
Left	MLM	68.3	3.86	63.74	3.51	36.32	6.68	67.11	3.62	62.1	2.82	54.44	7.46
	MLDDEM	15.52	1.01	14.02	0.91	58.34	9.64	14.96	1.03	13.56	1.02	43.39	9.36
	APDDEM	14.97	1.01	13.79	1.05	32	7.84	14.61	1.11	13.38	0.71	39	8.43
	MLDMM	8.54	0.75	7.57	0.54	51.94	11.38	8.36	0.63	7.66	0.57	31.72	8.41
	APDMM	9.21	0.87	8.26	0.68	35.76	10.34	9.34	0.78	8.39	0.53	46.73	10.23
	MLDPEM	18.99	1.31	16.79	1.04	83.07	11.59	14.45	1.11	13.05	0.81	46.87	9.66
	APDPEM	16.74	1.36	15.41	1.19	26.46	7.97	17.02	1.17	15.36	0.86	59.86	9.8
Right	Males (N=60)		Females (N=48)		F-VALUE	SDI	Males (N=59)		Females (N=43)		F-VALUE	SDI	
	Mean	SD	Mean	SD			Mean	SD	Mean	SD			
	MLM	68.35	4.02	64.15	3.56	32.15	6.14	67.52	3.92	62.25	3.69	46.79	7.81
	MLDDEM	15.61	1.08	14.37	1.13	33.33	7.9	15.35	1.18	13.87	1.02	44.47	9.66
	APDDEM	14.78	1.18	13.57	1.01	32.1	8.23	14.92	1.46	13.5	1.13	29.09	9.54
	MLDMM	8.89	1.44	7.9	0.63	19.59	11.11	8.57	0.64	7.96	1.52	6.99	7.15
	APDMM	9.51	0.86	8.69	0.83	24.9	8.61	9.87	0.89	8.77	0.62	49.47	11.09
MLDPEM	18.89	1.45	17.2	1.04	46.29	8.95	14.73	1.4	13.5	1.01	24.56	8.35	
APDPEM	17.18	1.25	15.77	1.23	34.65	8.23	17.26	1.2	15.75	1.03	44.1	8.74	
Left	METACARPAL IV							METACARPAL V					
	Males (N=46)		Females (N=40)		F-VALUE	SDI	Males (N=39)		Females (N=27)		F-VALUE	SDI	
	Mean	SD	Mean	SD			Mean	SD	Mean	SD			
	MLM	57.17	3.29	52.97	2.94	38.11	7.34	53.9	3.07	50.15	2.63	26.03	6.96
	MLDDEM	13.04	0.85	11.72	0.94	45.96	10.12	12.53	0.93	11.6	0.85	16.94	7.45
	APDDEM	12.88	0.87	11.72	0.68	45.38	9	12	0.79	11.15	1	14.24	7.08
	MLDMM	6.82	0.79	6	0.52	31.54	12.09	7.55	0.73	6.88	0.69	14.33	8.99
	APDMM	7.66	0.67	6.63	0.53	60.73	13.48	7	0.57	6.37	0.8	14.11	9.05
MLDPEM	12.43	0.98	11.24	0.92	33.17	9.62	14.1	1.1	12.89	0.77	24.58	8.6	
APDPEM	12.95	1.15	11.57	0.94	36.53	10.71	11.61	0.96	10.66	1.12	13.6	8.2	
Right	Males (N=40)		Females (N=41)		F-VALUE	SDI	Males (N=40)		Females (N=41)		F-VALUE	SDI	
	Mean	SD	Mean	SD			Mean	SD	Mean	SD			
	MLM	57.33	3.37	53.59	2.96	27.9	6.53	53.12	3.28	50.27	2.59	13.65	5.37
	MLDDEM	13.14	0.8	12	0.82	39.68	8.68	12.7	0.81	11.92	0.85	12.81	6.11
	APDDEM	13.21	0.8	12.06	0.77	42.81	8.69	12.17	0.75	11.45	0.73	13.75	5.87
	MLDMM	6.96	0.61	6.08	0.61	41.7	12.65	7.87	1.02	7.25	0.77	7.22	7.88
	APDMM	7.99	0.68	7.02	0.47	57.05	12.2	7.41	0.71	6.82	0.66	11.31	8
MLDPEM	12.5	1.14	11.34	1.11	21.55	9.29	13.97	0.84	13.15	0.82	14.38	5.89	
APDPEM	13.34	1	12.18	1.07	24.89	8.64	11.97	0.95	10.7	0.93	27.14	10.63	
Mean	METACARPAL I												
	Males (N=58)		Females (N=49)		F-VALUE	SDI							
	Mean	SD	Mean	SD									
	MLM	46.34	3.96	42.78	2.4	30.13	7.68						
	MLDDEM	16.52	1.56	15.12	1.12	27.51	8.49						
	APDDEM	14.06	1.36	12.63	0.98	37.96	10.19						
	MLDMM	12.49	1.26	10.83	0.87	61.17	13.31						
	APDMM	8.97	0.98	7.78	0.66	52.14	13.21						
MLDPEM	16.31	0.97	14.97	0.99	48.71	8.16							
APDPEM	16.27	1.45	15.33	1.49	10.81	5.77							

γ) Η αποτελεσματικότητα των εξισώσεων της Αθήνας για το δείγμα της Κρήτης.

Πίνακας 3. Ακρίβεια σωστής ταξινόμησης του Κρητικού δείγματος χρησιμοποιώντας και τις τέσσερις εξισώσεις που προέκυψαν από το δείγμα της Αθήνας για τα αριστερά και δεξιά μετακάρπια οστά.

	F1			F2			F3			F4		
	N	%	ATH	N	%	ATH	N	%	ATH	N	%	ATH
MTC1L												
TOTAL	53/72	73.6	86.2	39/72	54.2	75.6	49/72	68.1	85.4	54/72	75	88.9
MALES	35/36	97.2	85.4	36/36	100		35/36	97.2		28/36	77.8	
FEMALES	18/36	50	87.2	3/36	8.3		14/36	38.9		26/36	72.2	
MTC2L												
TOTAL	81/100	81	82.3	73/100	73	73	80/100	80.1	86	69/100	69	83.3
MALES	54/59	91.5	78.5	47/59	79.7		55/59	93.2		44/59	74.6	
FEMALES	27/41	65.9	87.5	26/41	63.4		25/41	61.1		25/41	61	
MTC3L												
TOTAL	71/93	76.3	83.8	61/93	65.6	74.8	56/93	60.2	83.8	66/93	71	86.5
MALES	50/51	98	84.4	49/51	96.1		35/51	68.6		46/51	90.2	
FEMALES	21/42	50	83	Dec-42	28.6		21/42	50		20/42	47.6	
MTC4L												
TOTAL	70/84	83.3	87.1	62/84	73.8	73.8	68/84	81	87.4	59/84	70.2	87.1
MALES	42/45	93.3	89.8	34/45	75.6		38/45	84.4		30/45	66.7	
FEMALES	28/39	71.8	83.3	28/39	71.8		30/39	76.9		29/39	74.4	
MTC5L												
TOTAL	49/65	75.4	80.6	49/65	75.4	75.8	51/65	78.5	79.6	50/65	76.9	80.8
MALES	32/39	82.1	81.5	31/39	79.5		35/39	89.7		33/39	84.6	
FEMALES	17/26	65.4	79.5	18/26	69.2		16/26	59.3		17/26	65.4	
MTC1R												
TOTAL	56/70	80.1	86.3	52/7	74.3	84.3	51/70	72.9	85.9	59/70	84.3	85.4
MALES	38/41	92.7	87.2	35/4	85.4		37/41	90.2		32/41	78.1	
FEMALES	18/29	62.1	85.4	17/29	58.6		14/29	48.3		27/29	93.1	
MTC2R												
TOTAL	78/109	71.6	80.8	74/109	67.9	72.3	75/109	68.8	84.8	89/109	81.7	80.2
MALES	59/61	96.7	80	47/61	77.1		59/61	96.7		57/61	93.4	
FEMALES	29/48	60.4	81.81	27/48	56.3		26/48	54.2		32/48	66.7	
MTC3R												
TOTAL	65/99	65.7	85.1	60/99	60.6	78.2	66/99	66.7	87.1	75/99	75.8	83.3
MALES	51/52	98.1	83.92	46/52	88.5		50/52	96.2		42/52	80.8	
FEMALES	14/47	29.8	86.66	14/47	29.8		16/47	34		33/47	70.2	
MTC4R												
TOTAL	55/81	62.2	84.7	56/81	69.1	76	53/81	65.4	88.9	66/81	81.5	81.6
MALES	41/42	97.6	85.2	28/42	66.7		41/42	97.6		29/42	69.1	
FEMALES	14/39	35.9	84.1	28/39	71.8		Dec-39	30.8		37/39	94.9	
MTC5R												
TOTAL	42/58	72.4	83.9	37/58	63.8	79.8	39/58	67.2	85.1	43/58	74.1	84.3
MALES	25/28	89.3	85.1	18/28	69.2		26/28	92.9		24/28	85.7	
FEMALES	17/30	56.7	82.5	19/30	63.3		13/30	43.3		19/30	63.3	

Κατά τη διάρκεια της ανάλυσης των δεδομένων για τον πληθυσμό της Κρήτης δημοσιεύτηκε μια μελέτη εκτίμησης φύλου από τις μετρήσεις των μετακαρπίων οστών από την συλλογή της Αθήνας (Manolis et al., 2009). Κρίθηκε αναγκαία η εφαρμογή των εξισώσεων που προτείνουν οι Manolis και συνεργάτες (2009), οι οποίες προέκυψαν από την μελέτη ενός μικτού πληθυσμού από την Αθήνα, στο πληθυσμό μελέτης της Κρητικής συλλογής για να ελεγχθεί η καταλληλότητα της εν λόγω μεθόδου για περιπτώσεις σκελετών αγνώστων στοιχείων προερχόμενων από το νησί της Κρήτης. Υπολογίστηκε η ακρίβεια σωστής ταξινόμησης του Κρητικού δείγματος χρησιμοποιώντας και τις τέσσερις εξισώσεις που προέκυψαν από το δείγμα της Αθήνας για τα αριστερά και δεξιά μετακάρπια οστά. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον **πίνακα 3**.

Σύμφωνα με τους υπολογισμούς μας, οι εξισώσεις του πληθυσμού της Αθήνας φαίνεται να ταξινομούν το δείγμα της Κρητικής Συλλογής αρκετά καλά, σε σύγκριση με τα αποτελέσματα της Διασταυρωμένης Επικύρωσης (cross-validated results) και τον αριθμό του δείγματος στην δημοσίευση των Manolis et al. (2009). Ωστόσο, όταν γίνει ο διαχωρισμός σε άνδρες και γυναίκες γίνεται φανερό ότι οι γυναίκες της Κρήτης ταξινομήθηκαν εσφαλμένα ως άνδρες σε πολύ υψηλά ποσοστά. Για παράδειγμα, η εξίσωση F1 για το MTC1L όταν εφαρμόζεται στους Κρήτες ταξινομεί σωστά το 73.6% του συνολικού δείγματος που είναι αρκετά κοντά με το συνολικό 86.2% που ανέφεραν οι συγγραφείς (Manolis et al., 2009). Ωστόσο, η εν λόγω εξίσωση ταξινομεί σωστά 35/36 άνδρες (97.2%) και μόνο 18/36 γυναίκες (50%). Το ίδιο μοτίβο επαναλαμβάνεται για την εξίσωση F2 για MTC1L όπου η ακρίβεια ταξινόμησης για τα θηλυκά δεν υπερβαίνει το 9% (3/36). Είναι προφανές ότι οι εξισώσεις που προέκυψαν από τη Συλλογή της Αθήνας δεν είναι κατάλληλες για το δείγμα της Κρητικής Συλλογής που είναι και πιο αντιπροσωπευτικό του πραγματικού Κρητικού πληθυσμού. Επομένως, είναι σημαντικό να αναπτυχθούν ξεχωριστά πρότυπα για την εκτίμηση του φύλου για συγκεκριμένο πληθυσμό.

δ) Διακρίνουσα Στατιστική Ανάλυση Μονών Μεταβλητών (Univariate discriminant function analysis) για τον Κρητικό πληθυσμό.

Πίνακας 4. Σημεία διαχωρισμού και ακρίβεια σωστής ταξινόμησης για μονές μεταβλητές διαστάσεις για δεξιά και αριστερά μετακάρπια οστά.

				Original					Cross validated classification				
				Males		Females		Total	Males		Females		Total
				N	%	N	%	%	N	%	N	%	%
MTC I	MLM	Mean	F<44.56<M	42/58	72.4	36/49	73.5	72.9	42/58	72.4	36/49	73.5	72.9
	MLDDE	Mean	F<15.81<M	45/58	77.6	37/49	75.5	76.6	45/58	77.6	37/49	75.5	76.6
	APDDE	Mean	F<13.34<M	45/58	77.6	37/49	75.5	76.6	44/58	75.9	37/49	75.5	75.7
	MLDM	Mean	F<11.66<M	42/58	72.4	42/49	85.7	78.5	42/58	72.4	41/49	83.7	77.6
	APDM	Mean	F<8.47<M	43/58	74.1	42/49	85.7	79.4	42/58	72.4	41/49	83.7	77.6
	MLDPE	Mean	F<15.64<M	45/57	78.9	36/49	73.5	76.4	45/57	78.9	36/49	73.5	76.4
MTC II	MLM	L	F<66.01<M	44/59	74.6	29/41	70.7	73	44/59	74.6	29/41	70.7	73
	MLDDE	L	F<14.77<M	44/59	74.6	32/42	76.2	75.2	44/59	74.6	32/42	76.2	75.2
		R	F<14.98<M	48/60	80	28/48	58.3	70.4	48/60	80	28/48	58.3	70.4
	APDDE	L	F<14.38<M	43/59	72.9	31/42	73.8	73.3	43/59	72.9	31/42	73.8	73.3
		R	F<14.17<M	38/60	63.3	38/48	79.2	70.4	38/60	63.3	38/48	79.2	70.4
	MLDM	L	F<8.05<M	44/59	74.6	33/43	76.7	75.5	44/59	74.6	33/43	76.7	75.5
		R	F<8.39<M	43/60	71.7	39/48	81.3	75.9	41/60	68.3	39/48	81.3	74.1
	APDM	L	F<8.73<M	41/59	69.4	36/43	83.7	75.5	41/59	69.5	36/43	83.7	75.5
		R	F<17.89<M	47/59	79.7	40/43	93	85.3	47/59	79.7	40/43	93	85.3
	MLDPE	L	F<18.04<M	37/60	61.7	40/48	83.3	71.3	37/60	61.7	40/48	83.3	71.3
		R	F<16.07<M	41/59	69.5	31/43	72	70.6	41/59	69.5	31/43	72	70.6
	APDPE	L	F<16.47<M	44/60	73.3	36/48	75	74.1	44/60	73.3	36/48	75	74.1
R		F<64.61<M	38/51	74.5	34/43	79.1	76.6	38/51	74.5	34/43	79.1	76.6	
MTC III	MLM	L	F<64.9<M	41/51	80.4	34/47	72.3	76.5	41/51	80.4	34/47	72.3	76.5
		R	F<14.26<M	37/52	71.1	31/42	73.8	72.3	36/52	69.2	31/42	73.8	71.3
	MLDDE	L	F<14.61<M	40/51	78.4	36/48	75	76.8	40/51	78.4	36/48	75	76.8
		R	F<13.99<M	34/52	65.4	33/42	78.6	71.3	34/52	65.4	33/42	78.6	71.3
	APDDE	L	F<14.21<M	34/51	66.7	41/48	85.4	75.8	34/51	66.7	41/48	85.4	75.8
		R	F<8.01<M	39/52	75	30/43	69.8	72.6	39/52	75	30/43	69.8	72.6
	APDM	L	F<8.86<M	36/52	69.2	33/43	76.7	72.6	36/52	69.2	33/43	76.7	72.6
		R	F<9.32<M	33/51	64.7	40/48	83.3	73.7	33/51	64.7	40/48	83.3	73.7
	MLDPE	L	F<13.75<M	38/51	74.5	34/43	79.1	76.6	38/51	74.5	34/43	79.1	76.6
		R	F<16.19<M	39/51	76.5	36/43	83.7	79.8	39/51	76.5	35/43	81.4	78.7
	APDPE	L	F<16.5<M	39/51	76.5	36/47	76.6	76.5	39/51	76.5	36/47	76.6	76.5
		R	F<55.07<M	33/45	73.3	30/40	75	74.1	33/45	73.3	30/40	75	74.1
MTC IV	MLM	L	F<55.46<M	29/40	72.5	28/40	70	71.3	29/40	72.5	28/40	70	71.3
		R	F<12.37<M	35/46	76.1	31/39	79.5	77.6	34/46	73.9	31/39	79.5	76.5
	MLDDE	L	F<12.56<M	31/40	77.5	29/40	72.5	75	31/40	77.5	29/40	72.5	75
		R	F<12.29<M	34/46	73.9	33/39	84.6	78.8	33/46	71.7	33/39	84.6	77.6
	APDDE	L	F<12.63<M	33/40	82.5	29/40	72.5	77.5	33/40	82.5	29/40	72.5	77.5
		R	F<6.40<M	32/46	69.6	30/40	75	72.1	31/46	67.4	30/40	75	70.9
	MLDM	L	F<6.52<M	32/40	80	33/41	80.5	80.2	31/40	77.5	33/41	80.5	79
		R	F<7.14<M	34/46	73.9	33/40	82.5	77.9	34/46	73.9	32/40	80	76.7
	APDM	L	F<7.50<M	31/40	77.5	35/41	85.4	81.5	31/40	77.5	35/41	85.4	81.5
		R	F<11.83<M	32/45	71.1	29/40	72.5	71.8	32/45	71.1	29/40	72.5	71.8
	MLDPE	L	F<11.91<M	31/40	77.5	30/41	73.2	75.3	31/40	77.5	30/41	73.2	75.3
		R	F<12.25<M	33/45	73.3	29/40	72.5	72.9	33/45	73.3	29/40	72.5	72.9
APDPE	L	F<12.76<M	30/40	75	27/41	65.9	70.4	30/40	75	27/41	65.9	70.4	
	R	F<52.02<M	29/39	74.4	20/26	76.9	75.4	29/39	74.4	20/26	76.9	75.4	
MTC V	MLM	L	F<12.06<M	27/39	69.2	19/26	73.1	70.8	27/39	69.2	19/26	73.1	70.8
		R	F<11.80<M	22/28	78.6	19/31	61.3	69.5	22/28	78.6	19/31	61.3	70
	MLDDE	L	F<7.21<M	29/39	74.4	17/27	63	69.7	29/39	74.4	17/27	63	70
		R	F<7.56<M	19/28	67.9	23/32	71.9	70	19/28	67.9	23/32	71.9	70
	APDM	L	F<6.68<M	27/39	69.2	19/27	70.4	69.7	27/39	69.2	19/27	70.4	70
		R	F<13.49<M	26/39	66.7	20/27	74.1	69.7	26/39	66.7	20/27	74.1	70
	MLDPE	L	F<13.55<M	20/28	71.4	21/31	67.7	69.5	20/28	71.4	21/31	67.7	70
		R	F<11.13<M	26/39	66.7	21/27	77.8	71.2	26/39	66.7	21/27	77.8	71.2
	APDPE	L	F<11.33<M	20/28	71.4	27/31	87.1	79.7	20/28	71.4	27/31	87.1	79.7
		R	F<11.33<M	20/28	71.4	27/31	87.1	79.7	20/28	71.4	27/31	87.1	79.7

Ο **πίνακας 4** δείχνει τα σημεία διαχωρισμού και την ακρίβεια ταξινόμησης για μονές μεταβλητές διαστάσεις. Για παράδειγμα, μέγιστο μήκος αριστερού MTC2 μικρότερο από 66mm, ταξινομείται ως θηλυκό, ενώ ένα μήκος μεγαλύτερο από εκείνο ταξινομείται ως αρσενικό. Η πιο αποτελεσματική μεταβλητή, όπως αποδεικνύεται από την άμεση διακρίνουσα στατιστική ανάλυση για MTC1 ήταν η MLDM και η APDM με ποσοστό σωστής ταξινόμησης 77.6%, για το αριστερό MTC2 ήταν η MLDPE (85.3%), για το αριστερό MTC3 ήταν η APDPE (78.7%), κ.ά. Η καλύτερη μονοπαραγοντική εξίσωση βασίστηκε στο αριστερό MTC2 με ποσοστό σωστής ταξινόμησης 85.3%, ακολουθούμενη από το δεξιό MTC4 με ποσοστό σωστής ταξινόμησης 81.5%. Να σημειωθεί ότι το σημείο διαχωρισμού για το MTC1 υπολογίστηκε από τις μέσες τιμές των δειγμάτων, ενώ για τα MTC2-5 χρησιμοποιήθηκαν χωριστές εξισώσεις με μονές μεταβλητές για τα δεξιά οστά και χωριστές εξισώσεις με μονές μεταβλητές για τα αριστερά οστά. Μονοπαραγοντικές εξισώσεις με ποσοστό σωστής ταξινόμησης μικρότερο από 70% δεν συμπεριλήφθησαν στον **πίνακα 4**, δεδομένου ότι είναι περιορισμένης αξίας για ιατροδικαστικές εφαρμογές.

ε) Διακρίνουσα Στατιστική Ανάλυση Πολλαπλών Μεταβλητών.

Η Διακρίνουσα Στατιστική Ανάλυση Πολλαπλών Μεταβλητών, καθώς και η ακρίβεια σωστής ταξινόμησης για τα αριστερά και δεξιά μετακάρπια οστά σε σύγχρονους Κρήτες παρουσιάζονται στον **πίνακα 5**.

Η καλύτερη εξίσωση για MTC1 έδωσε 84% ακρίβεια σωστής ταξινόμησης, χρησιμοποιώντας τις μέσες τιμές τριών μεταβλητών (MLDM, APDM και MLDPE).

Το καλύτερο αριστερό μετακάρπιο οστό για την εκτίμηση του φύλου ήταν το MTC2 με ποσοστό σωστής ταξινόμησης 85.1% και η καλύτερη πολυπαραγοντική εξίσωση χρησιμοποίησε τρεις μεταβλητές: MLDDE, MLDPE και MLDM.

Το καλύτερο δεξιό οστό για την εκτίμηση του φύλου ήταν το MTC3 με ποσοστό σωστής ταξινόμησης 82.7% και η καλύτερη πολυπαραγοντική εξίσωση χρησιμοποίησε τρεις μεταβλητές: MLM, MLDDE και APDM.

Πίνακα 5. Διακρίνουσα Στατιστική Ανάλυση Πολλαπλών Μεταβλητών και ακρίβεια ταξινόμησης για τα αριστερά και δεξιά μετακάρπια οστά σε σύγχρονους Κρήτες.

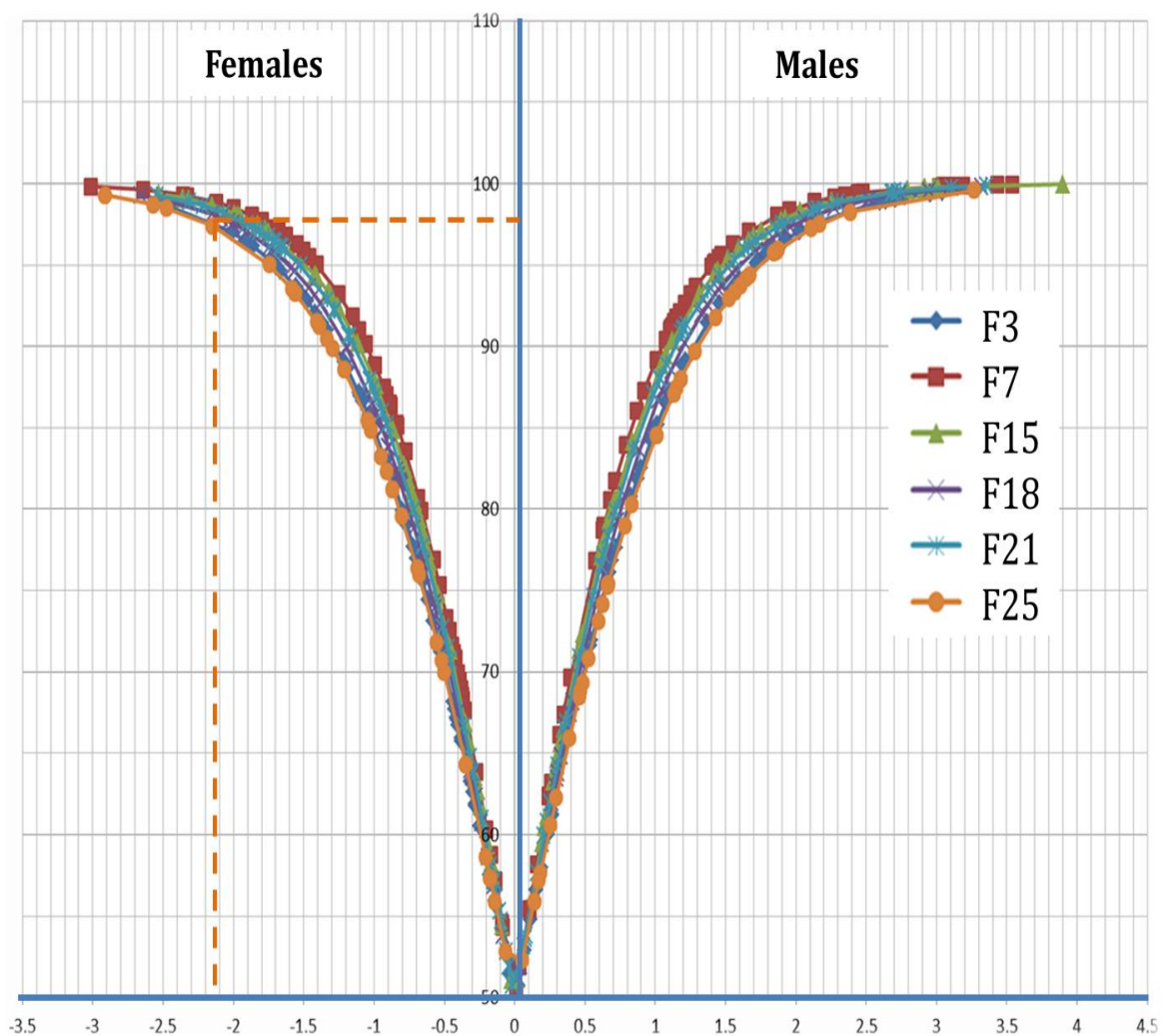
										Original				Cross validated						
										MALES		FEMALES		TOTAL		MALES		FEMALES		TOTAL
M T C	MEAN	MLM	MLDDE	APDDE	MLDM	APDM	MLDPE	APDPE	constant	N	%	N	%	%	N	%	N	%	%	
	I	F1	0.097	-0.155	0.209	0.395	0.266	0.581	-0.277	-16.182	43/57	75.4	42/49	85.7	80.2	41/57	71.9	42/49	85.7	78.3
F2					0.629		0.464		-14.606	43/57	75.4	41/49	83.7	79.2	43/57	75.4	41/49	83.7	79.2	
F3					0.452	0.366	0.400		-14.590	46/57	80.7	43/49	87.8	84.0	46/57	80.7	43/49	87.8	84.0	
F4					0.594	0.532			-11.382	44/58	75.9	44/49	89.8	82.2	40/58	69.0	44/49	89.8	78.5	
M T C I I I	LEFT	MLM	MLDDE	APDDE	MLDM	APDM	MLDPE	APDPE	constant	N	%	N	%	%	N	%	N	%	%	
	F5	0.094	0.424	-0.088	0.377	0.024	0.437	-0.052	-21.478	47/59	79.7	37/41	90	84	46/59	78	37/41	90.2	83	
	F6	0.099	0.448				0.476		-21.675	48/59	81.4	37/41	90	85	47/59	80	36/41	87.8	83	
	F7		0.363		0.475		0.517		-18.453	48/59	81.4	39/42	93	86.1	47/59	80	39/42	92.9	85.1	
	F8				1.072	0.574			-13.644	45/59	76.3	36/43	84	79.4	45/59	76	34/43	79.1	77.5	
	RIGHT	MLM	MLDDE	APDDE	MLDM	APDM	MLDPE	APDPE	constant	N	%	N	%	%	N	%	N	%	%	
	F9	0.065	0.181	0.127	0.195	0.181	0.260	0.118	-18.742	44/60	73.3	40/48	83	77.8	43/60	72	36/48	75	73.1	
	F10					0.478	0.611		-15.377	42/60	70	39/48	81	75	41/60	68	39/48	81.3	74.1	
	F11			0.214	0.227	0.250	0.370	0.171	-16.692	45/60	75	39/48	81	77.8	44/60	73	38/48	79.2	75.9	
	F12				0.486	0.815			-11.501	42/60	70	37/48	77	73.1	40/60	67	37/48	77.1	71.3	
	M T C I I I	LEFT	MLM	MLDDE	APDDE	MLDM	APDM	MLDPE	APDPE	constant	N	%	N	%	%	N	%	N	%	%
		F13	0.128	0.212	-0.014	-0.146	0.6069	0.206	0.213	-21.592	40/51	78.4	37/42	88	82.8	40/51	78	36/42	85.7	81.7
F14		0.148				0.6861		0.3427	-21.218	41/51	80.4	38/43	88	84	40/51	78	37/43	86	81.9	
F15		0.125	0.1777	-0.014		0.5616	0.214	0.2054	-21.649	40/51	78.4	38/42	91	83.9	40/51	78	37/42	88.1	82.8	
F16					0.6282	1.0942			-14.687	38/52	73.1	34/43	79	75.8	38/52	73	34/43	79.1	75.8	
RIGHT		MLM	MLDDE	APDDE	MLDM	APDM	MLDPE	APDPE	constant	N	%	N	%	%	N	%	N	%	%	
F17		0.117	0.281			0.6216		0.0958	-19.0502	39/51	76.5	40/47	85	80.6	39/51	77	40/47	85.1	80.6	
F18	0.124	0.316			0.6649			-18.8894	41/51	80.4	40/47	85	82.7	41/51	80	40/47	85.1	82.7		

M T C I V	LEFT	MLM	MLDDE	APDDE	MLDM	APDM	MLDPE	APDPE	constant	N	%	N	%	%	N	%	N	%	%
	F19	0.095	0.317	0.252	0.063	1.035	0.147	-0.240	-18.856	36/45	80.0	33/39	85	82.1	36/45	80.0	30/39	76.9	78.6
	F20	0.164				1.214			-17.741	35/45	77.8	34/40	85	81.2	34/45	76	34/40	85	80
	F21	0.162				1.206			-17.523	35/45	77.8	34/40	85	81.2	35/45	78	34/40	85	81.2
	F22				0.378	1.370			-12.198	35/46	76.1	32/40	80	77.9	35/46	76	32/40	80	77.9
	RIGHT	MLM	MLDDE	APDDE	MLDM	APDM	MLDPE	APDPE	constant	N	%	N	%	%	N	%	N	%	%
	F23	0.048	0.067	0.535	0.521	0.972	0.155	-0.212	-20.106	33/40	82.5	35/40	88	85	30/40	75	33/40	82.5	78.8
	F24	0.164				1.214			-17.741	32/40	80	33/40	83	81.3	30/40	75	33/40	82.5	78.8
	F25				1.182	0.173			-17.515	34/40	85	33/40	83	83.8	33/40	83	32/40	80	81.3
	F26				0.852	1.214			-14.663	32/40	80	32/41	78	79	32/40	80	32/41	78	79
M T C V	LEFT	MLM	MLDDE	APDDE	MLDM	APDM	MLDPE	APDPE	constant	N	%	N	%	%	N	%	N	%	%
	F27	0.172	0.193	0.089	0.179	0.296	0.340	0.045	-20.660	29/39	74.4	20/25	80	76.6	27/39	69	18/25	72	70.3
	F28	0.217					0.599		-19.387	28/39	71.8	21/26	81	75.4	27/39	69	19/26	73.1	70.8
	F29	0.192	0.306			0.368	0.349		-20.851	29/39	74.4	21/26	81	76.9	29/39	74	20/26	76.9	75.4
	F30				0.880	0.923			-12.52	28/39	71.8	18/27	67	69.7	28/39	72	18/27	66.7	70
	RIGHT	MLM	MLDDE	APDDE	MLDM	APDM	MLDPE	APDPE	constant	N	%	N	%	%	N	%	N	%	%
	F31			0.669				0.848	-17.513	20/28	71.4	25/30	83	77.6	19/28	68	25/30	83.3	75.9
	F32				0.127	0.211		0.930	-13.002	20/28	71.4	27/31	87	79.7	19/28	68	27/31	87.1	78
	F33				0.412	1.116			-11.058	20/28	71.4	22/32	69	70	20/28	71	22/32	68.8	70

ζ) Οι εκ των υστέρων πιθανότητες σωστής ταξινόμησης (*posterior probabilities*).

Οι εκ των υστέρων πιθανότητες σωστής ταξινόμησης (*posterior probabilities*) για κάθε άτομο υπολογίστηκαν επίσης για τις καλύτερες πολυμεταβλητές εξισώσεις. Το **σχήμα 1** δείχνει τα επίπεδα πιθανότητας σωστής ταξινόμησης σύμφωνα με τις διακρίνουσες βαθμολογίες του κάθε ατόμου για τις 6 καλύτερες εξισώσεις (F3, F7, F15, F18, F21 και F25), όπως φαίνεται στον **πίνακα 5**. Για παράδειγμα, εάν μία διακρίνουσα βαθμολογία που βασίζεται στην εξίσωση F25 για το δεξιό MTC4 είναι -2.2 (συντεταγμένη x), η μεταγενέστερη πιθανότητα σωστής ταξινόμησης εκείνου του ατόμου που προέρχεται από μια γυναικεία ομάδα είναι 98% (συντεταγμένη y).

Σχήμα 1. Επίπεδα πιθανότητας σωστής ταξινόμησης σύμφωνα με τις διακρίνουσες βαθμολογίες του κάθε ατόμου για τις 6 καλύτερες εξισώσεις (F3, F7, F15, F18, F21 και F25).



7.1.2. Οστεομετρικά Αποτελέσματα Πτερνών.

α) Διμερείς ασυμμετρίες (Bilateral asymmetries)

Ο πίνακας 6 δείχνει τα αποτελέσματα της δοκιμασίας t (paired student's T-test) ανά ζεύγη για τη σύγκριση μέσων τιμών. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα από τις δέκα μεταβλητές τρεις βρέθηκαν να διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά ($p < 0.05$) μεταξύ αριστερών και δεξιών και αυτές είναι BH, LAL και DAFL.

Πίνακας 6. Διμερείς ασυμμετρίες (Bilateral asymmetries) για όλες τις μεταβλητές των πτερνών στην Κρητική Οστεολογική Συλλογή.

V	N	Mean	SD	T-value	P-value
RMAXL	123	78.1725	5.2969	0.2407	0.8102
LMAXL	123	78.1509	5.28939		
RMAXH	122	44.6379	3.57325	-0.5329	0.3084
LMAXH	122	44.7354	3.66975		
RCFH	124	23.7016	2.12212	-5.6829	0.5951
LCFH	124	23.7503	2.08775		
RBH	122	41.8998	3.57256	2.3725	0.0000
LBH	122	42.5935	3.59434		
RLAL	123	47.605	3.58914	0.8483	0.0192
LLAL	123	47.3485	3.64806		
RMINW	119	26.8743	2.35524	0.9024	0.3980
LMINW	119	26.8112	2.40365		
RMAXW	124	48.1371	3.52819	2.2306	0.3687
LMAXW	124	48.0383	3.51004		
RDAFL	122	28.664	2.4348	1.0713	0.0275
LDAFL	122	28.4489	2.4355		
RDAFB	124	29.748	2.40978	-0.9836	0.2862
LDAFB	124	29.6485	2.4529		
RWSC	122	5.61823	1.18203	-1.0228	0.3273
LWSC	122	5.68879	1.14874		

β) Ανάλυση Μεταβλητότητας (one-way ANOVA).

Η Διακρίνουσα Στατιστική Ανάλυση δέκα μεταβλητών και ο F-δείκτης των μονομεταβλητών για τη μέτρηση των διαφορών μεταξύ των δύο φύλων φαίνεται στον **πίνακα 7**. Αναλύσαμε δέκα μεταβλητές ξεχωριστά για τις αριστερές και ξεχωριστά για τις δεξιές πτέρνες. Οι διαφορές μεταξύ των μέσων τιμών στα αρσενικά και τα θηλυκά άτομα ήταν σημαντικές ($p < 0.05$) για όλες τις μετρήσεις σε όλες τις περιπτώσεις, εκτός από τις: RWSC and LWSC.

Πίνακας 7. Ανάλυση Μεταβλητότητας (one-way ANOVA) για δέκα μεταβλητές αριστερών και δεξιών πτερνών.

V	Sex	N	Mean	SD	F value
RMAXL	Males	75	81.04	4.22	81.23104
	Females	67	74.64	4.23	
LMAXL	Males	66	81.13	4.28	69.76124
	Females	67	74.80	4.45	
RMAXH	Males	76	46.62	3.25	61.68588
	Females	68	42.72	2.64	
LMAXH	Males	66	46.74	3.45	56.18004
	Females	66	42.71	2.69	
RCFH	Males	75	24.71	1.88	48.56981
	Females	67	22.54	1.83	
LCFH	Males	66	24.74	1.73	46.52605
	Females	67	22.53	1.99	
RBH	Males	76	43.72	3.24	61.62633

	Females	67	39.88	2.50	
LBH	Males	67	44.57	3.32	60.89821
	Females	68	40.64	2.48	
RLAL	Males	75	49.46	3.04	73.43551
	Females	66	45.34	2.61	
LLAL	Males	66	49.47	2.99	80.60991
	Females	68	44.98	2.79	
RMINW	Males	75	27.99	2.31	43.93954
	Females	66	25.63	1.84	
LMINW	Males	67	27.93	2.27	46.40556
	Females	67	25.47	1.91	
RMAXW	Males	72	49.87	3.22	56.40199
	Females	65	46.02	2.72	
LMAXW	Males	65	50.14	3.00	71.24948
	Females	66	45.87	2.79	
RDAFL	Males	76	29.86	2.04	60.35204
	Females	67	27.28	1.93	
LDAFL	Males	67	29.85	1.94	72.47451
	Females	69	26.92	2.08	
RDAFB	Males	76	30.81	2.22	50.26699
	Females	67	28.31	1.95	

LDAFB	Males	67	30.98	2.20	69.12634
	Females	67	28.10	1.79	
RWSC	Males	76	5.64	1.18	0.274776
	Females	68	5.53	1.22	
LWSC	Males	67	5.73	1.18	0.20617
	Females	68	5.63	1.14	

* Όλες οι μεταβλητές διαφέρουν σημαντικά μεταξύ των δύο φύλων ($p < 0.05$), εκτός από τις: RWSC και LWSC.

Η Διακρίνουσα Στατιστική Ανάλυση των μέσων τιμών των δέκα μονών μεταβλητών και ο F-δείκτης φαίνεται στον **πίνακα 8**. Όλες οι μέσες τιμές των μεταβλητών είναι στατιστικά σημαντικές με εξαίρεση την WSCMean.

Πίνακας 8. Ανάλυση Μεταβλητότητας (one-way ANOVA) για τις μέσες τιμές.

V	Sex	N	Mean	SD	F-value
MLMean	Males	63	81.11921	4.341513	60.5294
	Females	60	75.05633	4.297377	
MHMean	Males	63	46.53698	3.34278	48.32076
	Females	59	42.71085	2.674424	
CFHMean	Males	63	24.68198	1.714243	36.98508
	Females	59	22.70517	1.875892	
BHMean	Males	64	44.1625	3.306373	57.10669

	Females	60	40.20308	2.430162	
LALMean	Males	63	49.53405	3.038913	66.83027
	Females	59	45.28	2.682813	
MINWMean	Males	64	27.96281	2.232427	40.29104
	Females	59	25.6278	1.80371	
MAXWMean	Males	61	49.96213	3.081796	52.52201
	Females	58	46.11638	2.680934	
DAFLMean	Males	64	29.89266	1.966087	62.94004
	Females	60	27.13117	1.905498	
DAFBMean	Males	64	30.95406	2.104523	54.06536
	Females	58	28.31259	1.836139	
WSCMean	Males	64	5.700234	1.115569	*0.239398
	Females	60	5.603667	1.079585	

* Όλες οι μεταβλητές είναι σημαντικές στο επίπεδο $p < 0.0001$ εκτός από την WSCMean

γ) Έλεγχος καταλληλότητας των εξισώσεων που αναπτύχθηκαν από τη μικτή συλλογή της Αθήνας από τους Peckmann et al., (2015).

Κατά τη διάρκεια της ανάλυσης των δεδομένων για τον πληθυσμό της Κρήτης δημοσιεύτηκε μια μελέτη εκτίμησης φύλου από τις μετρήσεις της αριστερής πτέρνας από την συλλογή της Αθήνας (Peckmann et al., 2015). Κρίθηκε αναγκαία η εφαρμογή των εξισώσεων που προτείνουν οι Peckmann και συνεργάτες (2015), οι οποίες προέκυψαν από την μελέτη ενός μικτού πληθυσμού από την Αθήνα, στο πληθυσμό μελέτης της Κρητικής συλλογής για να ελεγχθεί η καταλληλότητα της εν λόγω

μεθόδου για περιπτώσεις σκελετών αγνώστων στοιχείων προερχόμενων από το νησί της Κρήτης. Από τις 9 μονοπαραγοντικές εξισώσεις μόνο αυτές με συνολικό ποσοστό ταξινόμησης μεγαλύτερο από 80% αξιολογήθηκαν. Από τις 5 πολυπαραγοντικές εξισώσεις της μελέτης (Πίνακας 3, Peckmann et al., 2015) μόνο 4 χρησιμοποιήθηκαν για να ταξινομήσει των Κρητών. Η εξίσωση 4 αποκλείστηκε λόγω τυπογραφικού λάθους στη δημοσιευμένη μελέτη; την παράλειψη του συντελεστή της πρώτης μεταβλητής (MAXH). Για την αξιολόγηση της μεθόδου χρησιμοποιήθηκαν 134 πλήρεις αριστερές πτέρνες (67 άρρενα και 67 θήλεα).

Πίνακας 9. Ακρίβεια σωστής ταξινόμησης του Κρητικού δείγματος χρησιμοποιώντας τέσσερις εξισώσεις που προέκυψαν από το δείγμα της Αθήνας για την αριστερή πτέρνα.

	Cretans					Athens					
	Male (N=67)		Female (N=67)		Total	Original			Cross-Validated		
	N	%	N	%	%	M	F	Tot	M	F	Tot
MAXL	48	71,6	58	86,6	79,1	80,7	86,3	83,5	78,6	86,7	82,7
LAL	31	46,3	64	95,5	70,9	79,5	87,5	83,5	78,6	86,7	82,7
MIDB	67	100,0	3	4,5	52,2	78,4	85,0	81,7	80,0	86,7	83,3
DAFB	45	67,2	59	88,1	77,6	81,8	81,3	81,6	66,7	80,0	73,3
BH	27	40,3	62	92,5	66,4	79,5	83,8	81,7	80,0	60,0	70,0
MAXH	36	53,7	54	80,6	67,2	80,7	82,5	81,6	86,7	78,6	82,6
F1	66	98,5	24	35,8	67,2	86,4	93,1	89,5	91,7	83,3	87,5
F2	50	74,6	56	83,6	79,1	85,2	87,5	86,3	85,7	86,7	86,2
F3	65	97,0	15	22,4	59,7	77,8	90,3	83,7	76,9	92,3	84,6
F5	47	70,1	61	91,0	80,6	88,9	87,5	88,2	85,7	86,7	86,2

Όπως φαίνεται από τον συγκριτικό **πίνακα 9** το δείγμα από την Κρήτη ταξινομήθηκε σωστά από 52.2-79.1% χρησιμοποιώντας τις μονές μεταβλητές και από 59,7 έως 80,6% χρησιμοποιώντας τις πολυπαραγοντικές εξισώσεις. Σε κάθε περίπτωση το ποσοστό ταξινόμησης είναι μικρότερο από τα ποσοστά της μελέτης των Peckmann et al., (2015) του πρότυπου δείγματος και του δείγματος της Διασταυρωμένης Επικύρωσης (cross-validated). Επιπρόσθετα τα ποσοστά σωστής ταξινόμησης για άνδρες και γυναίκες δεν εμφανίζονται ισορροπημένα. Για παράδειγμα οι εξισώσεις 1

και 3 ταξινομούν τους άνδρες σωστά με ποσοστά 98.5% και 97% αντίστοιχα και τις γυναίκες με ποσοστά 35.8% και 22.4% αντίστοιχα. Είναι προφανές ότι οι εξισώσεις που προέκυψαν από τη Συλλογή της Αθήνας δεν είναι κατάλληλες για το δείγμα της Κρητικής Συλλογής που είναι και πιο αντιπροσωπευτικό του πραγματικού Κρητικού πληθυσμού εφόσον επί τω πλείστον παρουσιάζουν πολύ μεγαλύτερο σφάλμα στην ταξινόμηση των γυναικών σε σχέση με τα αναφερόμενα ποσοστά της μελέτης των Peckmann et al., (2015) του πρότυπου δείγματος και του δείγματος της Διασταυρωμένης Επικύρωσης. Επομένως, είναι σημαντικό να αναπτυχθούν ξεχωριστά πρότυπα για την εκτίμηση του φύλου για το συγκεκριμένο πληθυσμό. Επιπρόσθετα, εφόσον η εν λόγω μελέτη ανέδειξε διαφορές μεταξύ των αριστερών και δεξιών οστών πρέπει να δημιουργηθούν εξισώσεις ξεχωριστά για αριστερά, δεξιά οστά και τις μέσες τιμές για κάθε μεταβλητή.

δ) Διακρίνουσα Στατιστική Ανάλυση Μονών Μεταβλητών (Univariate discriminant function analysis) για τον Κρητικό πληθυσμό.

Ελέγξαμε, με διακρίνουσα στατιστική ανάλυση, όλες τις εννέα μονές μεταβλητές που βρήκαμε να διαφέρουν σημαντικά για τις δεξιές και αριστερές πτέρνες των δύο φύλων, καθώς και την μέση τιμή και των δύο.

Για τις αριστερές πτέρνες το ποσοστό σωστής ταξινόμησης των μονών μεταβλητών κυμάνθηκε από 71.4% έως 82.4%. Η καλύτερη μεταβλητή είναι η LMAXW με 82.4% ποσοστό σωστής ταξινόμησης, με την δεύτερη καλύτερη την LLAL με 82.1% ποσοστό σωστής ταξινόμησης. Η χειρότερη ήταν η LCFH (71.4%) ακολουθούμενη από την LMINW (74%). Οι καλύτερες μεταβλητές φαίνονται στον **πίνακα 10**, ο οποίος παρουσιάζει αναλυτικά το σημείο διαχωρισμού, καθώς και αναλυτικά το ποσοστό σωστής ταξινόμησης για άνδρες και γυναίκες.

Για τις δεξιές πτέρνες το ποσοστό σωστής ταξινόμησης των μονών μεταβλητών κυμάνθηκε από 72% έως 80.3%. Η καλύτερη μεταβλητή είναι η RMAXL με 80.3% ποσοστό σωστής ταξινόμησης, με την δεύτερη καλύτερη την RLAL με 79.4% ποσοστό σωστής ταξινόμησης. Η χειρότερη μεταβλητή ήταν η RMAXH (72.2%) και η RMAXW (72.3%).

Για τις μέσες τιμές το ποσοστό σωστής ταξινόμησης των μονών μεταβλητών κυμάνθηκε από 71% έως 81%, με καλύτερη μεταβλητή την DAFLMean. Οι τιμές διάκρισης και για τις καλύτερες μεταβλητές και τα ποσοστά σωστής ταξινόμησης για τα δύο φύλα φαίνονται στον **πίνακα 10**.

ε) Διακρίνουσα Στατιστική Ανάλυση Πολλαπλών Μεταβλητών (Multivariate discriminant function analysis) για τον Κρητικό πληθυσμό.

Για τις δεξιές πτέρνες η RF1 εξίσωση χρησιμοποιεί όλες τις μεταβλητές που βρέθηκαν να διαφέρουν μεταξύ των δύο φύλων και ταξινομεί σωστά το 85.7% του δείγματος. Παρά ταύτα, η μέθοδος Διασταυρωμένης Επικύρωσης (cross-validation) σημειώνει ποσοστό σωστής ταξινόμησης 79%, το οποίο είναι 6% μικρότερο από το ποσοστό σωστής ταξινόμησης του πρότυπου δείγματος, επομένως το σφάλμα της μεθόδου αναμένεται να είναι υψηλό και δεν θεωρούμε κατάλληλη την εξίσωση για χρήση ιατροδικαστικών υποθέσεων.

Η RF2 εξίσωση για τις δεξιές πτέρνες χρησιμοποιεί το MAXL και MAXH και ταξινομεί επιτυχώς 84% και για το πρότυπο δείγμα και για το δείγμα της Διασταυρωμένης Επικύρωσης (cross-validated data).

Η RF3 εξίσωση για τις δεξιές πτέρνες χρησιμοποιεί τέσσερεις μεταβλητές (MAXL, MAXH, BH και DEFL) και ταξινομεί επιτυχώς 85% του πρότυπου δείγματος και 83.6% του δείγματος της Διασταυρωμένης Επικύρωσης (cross-validated). Άλλες δύο εξισώσεις για τις δεξιές πτέρνες δίνουν 84.3% και 82.3% αντίστοιχα.

Οι αριστερές πτέρνες παρουσιάζουν ποσοστό επιτυχίας από 81% έως 84.4%. Για τις αριστερές πτέρνες η LF1 χρησιμοποιεί όλες τις μεταβλητές και παρουσιάζει ποσοστό επιτυχίας 81% για το πρότυπο δείγμα και 77.8% για το δείγμα της Διασταυρωμένης Επικύρωσης (cross-validated) .

Η καλύτερη εξίσωση είναι η LF3, η οποία χρησιμοποιεί τις MAXH, LAL και MAXW με ποσοστό σωστής ταξινόμησης 83% και για το πρότυπο δείγμα και για το δείγμα της Διασταυρωμένης Επικύρωσης (cross-validated).

Πίνακας 10. Σημεία διαχωρισμού και ακρίβεια σωστής ταξινόμησης για μονές μεταβλητές για δεξιά, αριστερά και μέσες τιμές πτερνών.

V	Demarking value	Original					Cross-validated					
		Males		Females		Total	Males		Females		Total	
		N	%	N	%	%	N	%	N	%	%	
RMAXL	77.84	61/75	81.3	53/67	79.1	80.3	61/75	81.3	53/67	79.1	80.3	
LMAXL	77.96	52/66	78.8	53/67	79.1	78.9	52/66	78.8	53/67	79.1	78.9	
MAXLMean	78.09	50/63	79.4	47/60	78.3	78.9	49/63	77.8	47/60	78.3	78.0	
BHMean	42.18	49/64	76.6	49/60	81.7	79.0	49/64	76.6	49/60	81.7	79.0	
RLAL	47.40	60/75	80.0	52/66	78.8	79.4	60/75	80.0	52/66	78.8	79.4	
LLAL	51.67	56/66	84.8	54/68	79.4	82.1	56/66	84.8	54/68	79.4	82.1	
LALMean	47.41	51/63	81.0	47/59	79.7	80.3	51/63	81.0	47/59	79.7	80.3	
LMAXW	48.00	53/65	81.5	55/66	83.3	82.4	53/65	81.5	55/66	83.3	82.4	
MAXWMean	48.04	47/61	77.0	46/58	79.3	78.2	47/61	77.0	46/58	79.3	78.2	
LDAFL	28.39	55/67	82.1	53/69	76.8	79.4	55/67	82.1	53/69	76.8	79.4	
DAFLMean	28.51	55/64	85.9	45/60	75.0	80.6	55/64	85.9	45/60	75.0	80.6	
LDAFB	29.54	52/67	77.6	54/67	80.6	79.1	52/67	77.6	54/67	80.6	79.1	

Για τις μέσες τιμές των μεταβλητών, ο συνδυασμός όλων των μεταβλητών έδωσε 79.5% ποσοστό σωστής ταξινόμησης για το πρότυπο δείγμα και μόλις 75% για το δείγμα της Διασταυρωμένης Επικύρωσης. Παρομοίως, η ανάλυση βήμα προς βήμα (stepwise discriminant function analysis) είχε σαν αποτέλεσμα μία εξίσωση, η οποία χρησιμοποιεί τρεις μεταβλητές (LAL, MINW, DAFL) αποτέλεσμα σωστής ταξινόμησης 80.2% για το πρότυπο δείγμα και 79.3% για το δείγμα της Διασταυρωμένης Επικύρωσης.

Δοκιμάζοντας διάφορους συνδυασμούς μεταβλητών βρήκαμε τρεις εξισώσεις με ποσοστό σωστής ταξινόμησης από 84.9% έως 85.3%. Η καλύτερη εξίσωση είναι η MF3, η οποία χρησιμοποιεί τρεις μεταβλητές (MAXH, BH και LAL) με ποσοστό σωστής ταξινόμησης 85% για το πρότυπο δείγμα και 84.2% για το δείγμα της Διασταυρωμένης Επικύρωσης. Οι εξισώσεις για τις αριστερές πτέρνες, τις δεξιές πτέρνες και τις μέσες τιμές δηλαδή οι συντελεστές για κάθε μία, η αντίστοιχη σταθερά και τα ποσοστά σωστής ταξινόμησης φαίνονται στον **πίνακα 11**.

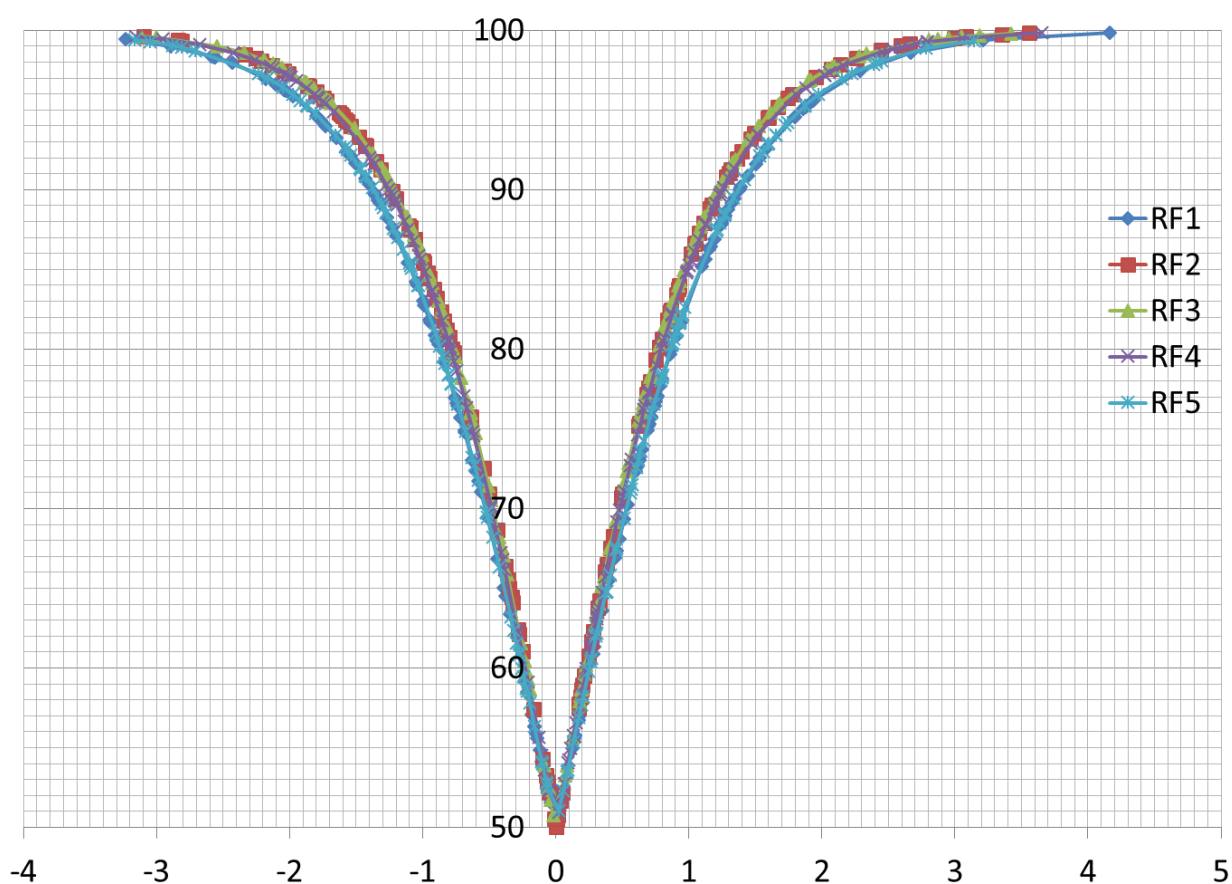
Πίνακας 11. Διακρίνουσα Στατιστική Ανάλυση Πολλαπλών Μεταβλητών και ακρίβεια σωστής ταξινόμησης για τις αριστερές πτέρνες, τις δεξιές πτέρνες και τις μέσες τιμές σε σύγχρονους Κρήτες.

											Original					Cross-validated				
											Males		Females		Total	Males		Females		Total
	MAXL	MAXH	CFH	BH	LAL	MINW	MAXW	DAFL	DAFB	CONSTANT	N	%	N	%	%	N	%	N	%	%
RF1	0.06	0.06	0.09	0.01	0.03	0.03	0.05	0.12	0.07	-20.39	60/71	84.5	54/62	87.1	85.7	55/71	77.5	50/62	80.7	78.9
RF2	0.16	0.16								-19.36	65/75	86.7	53/66	80.3	83.7	64/75	85.3	53/66	80.3	83.7
RF3	0.14	0.10		0.03					0.11	-20.12	64/75	85.3	55/65	84.6	85.0	63/75	84.0	54/65	83.1	83.6
RF4	0.13	0.12						0.15		-20.15	63/75	84	55/65	84.6	84.3	63/75	84.0	53/65	81.5	82.9
RF5				0.13	0.14			0.20		-18.00	64/75	85.3	52/66	78.8	82.3	64/75	85.3	52/66	78.8	82.3
LF1	0.00	-0.02	0.04	0.07	0.06	0.10	0.05	0.18	0.13	-19.57	53/64	82.8	49/62	79.0	81.0	50/64	78.1	48/62	77.4	77.8
LF2					0.13			0.20	0.21	-18.20	54/66	81.8	55/66	83.3	82.6	53/66	80.3	52/66	78.8	80.0
LF3		0.08			0.19		0.13			-18.94	53/64	82.8	56/66	84.6	83.8	53/64	82.8	56/66	84.6	83.8
LF4	0.02	0.04			0.14		0.09		0.18	-19.43	53/64	82.8	55/64	85.9	84.4	52/64	81.3	53/64	82.8	82.0
MF1	0.11	0.08	0.11	0.09						-18.77	54/62	87.1	45/54	83.3	85.3	53/62	85.5	44/54	81.5	83.6
MF2	0.05	0.10		0.05	0.17					-18.75	53/62	85.5	48/57	84.2	84.9	53/62	85.5	46/57	80.7	83.2
MF3		0.10		0.06	0.23					-18.11	52/62	83.9	50/58	86.2	85.0	52/62	83.9	49/58	86.2	84.2

ζ) Οι εκ των υστέρων πιθανότητες σωστής ταξινόμησης (posterior probabilities).

Οι εκ των υστέρων πιθανότητες σωστής ταξινόμησης (posterior probabilities) για κάθε άτομο υπολογίστηκαν επίσης για τις καλύτερες πολυμεταβλητές εξισώσεις. Το **σχήμα 2** δείχνει τα επίπεδα πιθανότητας σωστής ταξινόμησης σύμφωνα με τις διακρίνουσες βαθμολογίες του κάθε ατόμου για τις εξισώσεις RF1-RF5 για το δεξιό οστό όπως φαίνεται στον **πίνακα 11**.

Σχήμα 2. Επίπεδα πιθανότητας σωστής ταξινόμησης σύμφωνα με τις διακρίνουσες βαθμολογίες του κάθε ατόμου για τις 5 εξισώσεις για το δεξιό οστό (RF1-RF5).



7.2.1. Ακτινομετρικά Αποτελέσματα Μετακαρπίων Οστών.

Έλεγχος σφάλματος.

Τριάντα ακτινογραφίες του τρίτου μετακαρπίου χρησιμοποιήθηκαν για τον έλεγχο σφάλματος του ίδιου παρατηρητή. Οι διαφορές των μέσων τιμών δεν βρέθηκαν να είναι στατιστικά σημαντικές (εύρος τιμών p μεταξύ 0.51 έως 0.335). Η μέθοδος bootstrapping χρησιμοποιήθηκε για να πιστοποιηθούν τα αποτελέσματα και να αποφευχθεί οποιοδήποτε bias εξαιτίας του δείγματος.

α) Διμερείς ασυμμετρίες (Bilateral asymmetries)

Ο **πίνακας 12** δείχνει τα αποτελέσματα της δοκιμασίας t (paired student's T-test) ανά ζεύγη για τη σύγκριση μέσων τιμών.

Πρώτο Μετακάρπιο Οστό (MTC1):

Από τις τέσσερις μεταβλητές για το MTC1, η δοκιμασία T-test έδειξε ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων τιμών σε όλες τις μεταβλητές, εκτός από την MBM.

Δεύτερο Μετακάρπιο Οστό (MTC2) :

Παρομοίως, για το MTC2 βρήκαμε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ δεξιών και αριστερών οστών σε όλες τις μεταβλητές, εκτός της MBP. Ο **πίνακας 12** δείχνει την μέση τιμή και την τυπική απόκλιση για δεξιά και αριστερά οστά.

Τρίτο και Τέταρτο Μετακάρπιο Οστό (MTC3 - MTC4) :

Στο MTC3 και MTC4 δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ αριστερών και δεξιών οστών για τρεις μεταβλητές (MBP, MBM, MBD). Η μόνη μεταβλητή που παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές ήταν το ML. Συγκεκριμένα, για το MTC3 η διαφορά μεταξύ δεξιών και αριστερών οστών ήταν

μεγάλη ($t=2.045$, $p<0.0001$), ενώ για το MTC4 η διαφορά ήταν οριακή ($t=4.7801$, $p=0.046$).

Πέμπτο Μετακάρπιο Οστό (MTC5) :

Στο MTC5 δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ αριστερών και δεξιών οστών για τρεις μεταβλητές (ML, MBP, MBM). Η μόνη μεταβλητή που παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές ήταν η μεταβλητή MBM - Μέγιστο Πλάτος Διάφυσης ($t= 0.6704$).

Συμπερασματικά: Το MTC1 και το MTC2 παρουσιάζουν την μεγαλύτερη ασυμμετρία με τρεις από τις τέσσερις μεταβλητές να διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ($p<0,05$) μεταξύ δεξιού και αριστερού οστού.

Πίνακας 12: Διμερείς ασυμμετρίες (Bilateral asymmetries) για όλες τις μεταβλητές των ακτινομετρικών αποτελεσμάτων των μετακαρπίων οστών στην Κρητική Συλλογή.

				MTC1 (N=34)		MTC2 (N=59)		MTC3 (N=60)		MTC4 (N=48)		MTC5 (N=31)	
ML	L	MEAN	39.21	*t=- 4.1076	58.04	*t=- 5.1649	60.06	*t=2.045	51.36	*t=4.7801	47.97	t=-2.023	
		SD	2.94		3.99		3.82		3.47		3.55		
	R	MEAN	39.93		58.88		59.70		50.58		48.41		
		SD	2.67		4.24		4.04		3.51		3.05		
MBP	L	MEAN	15.65	*t=- 2.0849	17.08	t=- 1.7368	14.22	t=1.233	12.28	t=0.276	13.40	t=-1.9524	
		SD	1.44		1.50		1.40		1.26		0.83		
	R	MEAN	16.03		17.35		14.02		12.24		13.76		
		SD	1.49		1.59		1.40		1.21		1.00		
MBM	L	MEAN	11.75	t=-0.9234	8.89	*t=-2.7	10.36	t=1.386	8.65	t=0.109	8.84	*t=- 2.6704	
		SD	1.45		1.00		0.95		1.09		0.98		
	R	MEAN	11.90		9.20		10.19		8.63		9.32		
		SD	1.39		1.01		0.94		0.98		1.08		

MBD	L	MEAN	15.63	*t=- 3.6142	15.70	*t=- 6.6877	15.69	t=-0.763	13.49	t=0.8405	12.90	t=0.5795
		SD	1.35		1.60		1.70		1.47		1.12	
	R	MEAN	16.30		16.70		15.82		13.33		12.77	
		SD	1.41		1.44		1.49		1.42		1.08	

β) Ανάλυση Μεταβλητότητας (one-way ANOVA).

Όπως αποτυπώνετε στον **πίνακα 13**, όλες οι μεταβλητές για τα αριστερά και δεξιά οστά των MTC1 και MTC2 βρέθηκαν να διαφέρουν σημαντικά στατιστικά ($p < 0.05$) μεταξύ των δύο φύλων.

Για το MTC1 την μεγαλύτερη τιμή (F-value) παρουσιάζει η μεταβλητή MBM για το αριστερό οστό και η MBP για το δεξιό οστό.

Για το MTC2, η μεγαλύτερη τιμή (F-value) σημειώθηκε για την μεταβλητή MBD για το αριστερό οστό και η MBP για το δεξιό οστό.

Για το MTC3 όλες οι μεταβλητές βρέθηκαν να διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ των δύο φύλων, τόσο για τα δεξιά οστά, όσο και για τα αριστερά οστά. Σε όλες τις περιπτώσεις η μέση τιμή κάθε μεταβλητής για τους άνδρες ήταν μεγαλύτερη από αυτή των γυναικών.

Αντιστοίχως, για το MTC4 όλες οι μεταβλητές βρέθηκαν να διαφέρουν σημαντικά μεταξύ των δύο φύλων με τις μέσες τιμές των ανδρών να είναι μεγαλύτερες από εκείνες των γυναικών.

Η Ανάλυση Μεταβλητότητας (one-way ANOVA) για το δεξιό και αριστερό MTC5 έδειξε να διαφέρουν σημαντικά μεταξύ των δύο φύλων ($p > 0.05$) η ML, MBP και MBD. Εξαιρέση αποτελεί η MBM ($p > 0.05$) και για το δεξιό και για το αριστερό οστό.

Πίνακας 13. Ανάλυση Μεταβλητότητας (one-way ANOVA) ακτινομετρικών αποτελεσμάτων για τα αριστερά και δεξιά μετακάρπια οστά.

DGMTC1										
	LEFT					RIGHT				
	Males (N=31)		Females (N=37)		F-VALUE	Males (N=38)		Females (N=28)		F-VALUE
	Mean	SD	Mean	SD		Mean	SD	Mean	SD	
ML	41.23	2.26	37.69	2.27	41.21	41.08	2.51	38.07	1.94	27.90
MBP	16.47	1.24	15.10	1.22	20.97	16.94	1.02	14.96	1.07	58.06
MBM	12.93	1.26	10.86	1.07	53.93	12.40	1.14	10.70	0.88	43.51
MBD	16.69	1.33	14.98	1.28	28.94	16.91	1.35	15.21	0.97	32.34
DGMTC2										
	LEFT					RIGHT				
	Males (N=51)		Females (N=42)		F-VALUE	Males (N=53)		Females (N=46)		F-VALUE
	Mean	SD	Mean	SD		Mean	SD	Mean	SD	
ML	60.32	3.43	55.91	3.23	40.21	60.11	3.76	56.66	3.18	23.86
MBP	17.88	1.28	16.13	1.32	41.76	17.94	1.46	16.09	1.11	49.16
MBM	9.32	0.91	8.33	0.70	32.76	9.52	0.95	8.83	0.82	14.75
MBD	16.53	1.38	14.65	1.27	45.97	17.04	1.45	15.66	1.18	26.29
DGMTC3										
	LEFT					RIGHT				
	Males (N=44)		Females (N=42)		F-VALUE	Males (N=46)		Females (N=46)		F-VALUE
	Mean	SD	Mean	SD		Mean	SD	Mean	SD	
ML	62.00	3.40	57.79	2.53	42.12	61.82	3.67	57.2	3.47	37.70
MBP	14.87	1.34	13.51	0.87	31.06	14.61	1.11	13.4	1.16	26.08
MBM	10.61	0.93	9.86	0.91	13.90	10.59	0.92	9.7	0.67	25.14
MBD	16.48	1.50	14.69	1.14	38.46	16.62	1.29	14.9	1.10	49.19
DGMTC4										
	LEFT					RIGHT				
	Males (N=40)		Females (N=39)		F-VALUE	Males (N=38)		Females (N=38)		F-VALUE
	Mean	SD	Mean	SD		Mean	SD	Mean	SD	
ML	53.35	3.19	49.62	2.39	34.42	52.35	3.41	49.18	2.59	20.83
MBP	13.18	1.14	11.58	0.96	45.31	12.72	1.18	11.72	0.94	16.64
MBM	9.24	0.90	8.13	0.94	28.45	9.08	0.85	8.23	0.80	19.96
MBD	14.48	1.30	12.65	1.11	45.07	13.95	1.21	12.55	1.21	25.18
DGMCT5										
	LEFT					RIGHT				
	Males (N=32)		Females (N=27)		F-VALUE	Males (N=26)		Females (N=31)		F-VALUE
	Mean	SD	Mean	SD		Mean	SD	Mean	SD	
ML	50.55	2.52	46.81	2.50	32.50	49.85	2.66	47.46	2.51	12.23
MBP	13.94	1.02	12.96	0.87	15.21	14.41	0.96	13.38	1.02	15.23
MBM	8.90	0.87	8.48	0.90	3.34	9.46	1.08	9.00	0.78	3.4
MBD	13.84	0.88	12.42	0.96	34.95	13.28	1.20	12.48	0.86	8.59

γ) Διακρίνουσα Στατιστική Ανάλυση Μονών Μεταβλητών.

Το MTC1 παρουσιάζει πολύ χαμηλά ποσοστά σωστής ταξινόμησης από 75% έως 79.4%. Την καλύτερη ταξινόμηση για το αριστερό οστό δίνει η μεταβλητή MBM με ποσοστό σωστής ταξινόμησης 79.4%. Η τιμή διαχωρισμού για την μεταβλητή αυτή απεικονίζεται στον **πίνακα 14**. Αντίστοιχα, για το δεξιό MTC1 τα ποσοστά σωστής ταξινόμησης κυμαίνονται από 74.2% έως 84.8%, με καλύτερη απόδοση να δίνει η μεταβλητή MBP (**πίνακας 14**).

Το MTC2 παρουσιάζει πολύ χαμηλά ποσοστά σωστής ταξινόμησης από 71% έως 77.4%. Την καλύτερη ταξινόμηση για το δεξιό οστό δίνει η μεταβλητή MBP και η μεταβλητή MBD με ποσοστό σωστής ταξινόμησης 77.4%. Παρά ταύτα το ποσοστό σωστής ταξινόμησης ήταν πολύ χαμηλό, γι' αυτό δεν προτείνεται για χρήση ιατροδικαστικών υποθέσεων. Για τα αριστερά οστά η καλύτερη μεταβλητή ήταν η MBP με ποσοστό σωστής ταξινόμησης 81%. Η τιμή διαχωρισμού για την μεταβλητή αυτή, καθώς και τα ποσοστά ταξινόμησης για τους άνδρες, τις γυναίκες και για το συνολικό δείγμα δίνεται στον **πίνακα 14**.

Για το MTC3 οι μονές μεταβλητές τόσο για τα δεξιά, όσο για τα αριστερά οστά δίνουν χαμηλά ποσοστά σωστής ταξινόμησης, συνήθως μικρότερα από 78%. Η MBD για τα δεξιά οστά είναι η μόνη μεταβλητή που δίνει ποσοστό σωστής ταξινόμησης 80.4%, τόσο για το πρότυπο όσο και για το δείγμα Διασταυρωμένης Επικύρωσης (cross-validated). Αν η MBD είναι μεγαλύτερη από 15.7 το άτομο ταξινομείται ως αρσενικό, σε αντίθετη περίπτωση ως θηλυκό (**πίνακα 14**).

Για το αριστερό MTC4 οι μονές μεταβλητές δίνουν πολύ χαμηλά ποσοστά σωστής ταξινόμησης που κυμαίνονται από 73% (MBP) έως 77.2% (MBD). Για το λόγο αυτό δεν συνιστούμε την χρήση τους για ιατροδικαστικές υποθέσεις. Η ταξινόμηση για τις μονές μεταβλητές του δεξιού MTC4 είναι ακόμα χειρότερη με ποσοστά από 67.1% (MBP) έως μόλις 75% (MBM). Τα χαμηλά ποσοστά ταξινόμησης για το πρότυπο δείγμα και τα χειρότερα ποσοστά του δείγματος της Διασταυρωμένης Επικύρωσης (cross-validated) καθιστούν τις μεταβλητές αυτές ακατάλληλες για χρήση ιατροδικαστικών υποθέσεων και γι' αυτό δεν συμπεριλαμβάνονται στον **πίνακα 14**.

Η ανάλυση των μονών μεταβλητών για τα αριστερά MTC5 έδειξε αποτελέσματα σωστής ταξινόμησης από 68% έως 78%, με καλύτερη μεταβλητή την ML. Για τα

δεξιά MTC5 τα αποτελέσματα ήταν χειρότερα με ποσοστό σωστής ταξινόμησης από 67% έως 74%.

Στον **πινάκα 14** συμπεριλαμβάνεται η τιμή διαχωρισμού της ML των αριστερών οστών, ενώ για τα δεξιά MTC5 δεν την συμπεριλάβαινε, λόγω κακών αποτελεσμάτων.

Πίνακας 14. Σημεία διαχωρισμού και ακρίβεια σωστής ταξινόμησης για μονές μεταβλητές διαστάσεις ακτινομετρικών αποτελεσμάτων για δεξιά και αριστερά μετακάρπια οστά.

				Original					Cross validated classification				
				Males		Females		Total	Males		Females		Total
			DEM. POINT	N	%	N	%	%	N	%	N	%	%
MTC I	MBP	R	15.9	32/38	84.2	24/28	85.7	84,8	32/38	84.2	24/28	85.7	84.8
	MBM	L	11.9	23/31	74.2	31/37	83.8	79,4	23/31	74.2	31/37	83.8	79.4
	MBD	R	16.1	29/38	76.3	23/28	82.1	78,8	29/38	76.3	23/28	82.1	78.8
MTC II	MBP	R	17.0	41/53	77.4	39/46	84.8	80,8	40/53	75.4	39/46	84.8	79.8
MTC III	MBD	R	15.7	39/46	84.8	35/46	76.1	80,4	39/46	84.8	35/46	76.1	80.4
MTC V	ML	L	48.68	25/32	78.1	21/27	77.8	78	25/32	78.1	21/27	77.8	78

δ) Διακρίνουσα Στατιστική Ανάλυση Πολλαπλών Μεταβλητών.

Η Διακρίνουσα Στατιστική Ανάλυση Πολλαπλών Μεταβλητών για το αριστερό MTC1 είχε ως αποτέλεσμα την δημιουργία εξισώσεων με ποσοστό σωστής ταξινόμησης από 70% έως 85.3%. Η LF1 για το αριστερό MTC1 χρησιμοποιεί δύο μεταβλητές την ML και την MBD και δίνει ποσοστό ταξινόμησης 85.3% για το πρότυπο δείγμα και 83.8% για το δείγμα Διασταυρωμένης Επικύρωσης (cross-validated). Η χρήση και των τεσσάρων μεταβλητών έδωσε ποσοστό σωστής ταξινόμησης 82.4%, ενώ η ανάλυση βήμα προς βήμα (stepwise discriminant function analysis) είχε σαν αποτέλεσμα μία εξίσωση, η οποία χρησιμοποιεί δύο μεταβλητές (ML, MBM) με αποτέλεσμα σωστής ταξινόμησης 80.9% για το πρότυπο δείγμα και 79.4% για το cross-validated δείγμα. Δοκιμάζοντας διάφορους άλλους συνδυασμούς μεταβλητών προέκυπταν φτωχότερα αποτελέσματα και δεν αναφέρονται περαιτέρω. Το δεξιό MTC1 δίνει καλύτερα αποτελέσματα σωστής ταξινόμησης σε σχέση με το αριστερό. Η εξίσωση RF1, η οποία χρησιμοποιεί όλες τις μεταβλητές δίνει ποσοστό σωστής ταξινόμησης 91% για το πρότυπο δείγμα και 89.4% για το δείγμα Διασταυρωμένης Επικύρωσης (cross-validated). Διάφοροι συνδυασμοί μεταβλητών δίνουν ποσοστά σωστής ταξινόμησης πάνω από 85%. Ενδεικτικά στον **πίνακα 15** συμπεριλαμβάνουμε την RF2 και RF3 με ποσοστό σωστής ταξινόμησης 90% και 86% αντιστοίχως για το πρότυπο δείγμα.

Το δεξιό MTC2 παρουσίασε ποσοστό σωστής ταξινόμησης μέχρι και 82% με συνδυασμό διαφόρων μεταβλητών. Η καλύτερη εξίσωση ήταν η RF1, η οποία χρησιμοποιεί τρεις μεταβλητές (MBP, MBM, MBT) και έδωσε ποσοστό σωστής ταξινόμησης 82% για το πρότυπο δείγμα, αλλά μόλις 77% για το δείγμα Διασταυρωμένης Επικύρωσης (cross-validated). Η μεγάλη αυτή διαφορά δημιουργεί προβληματισμούς για την χρήση της εξίσωσης σε ιατροδικαστικές υποθέσεις. Μία δεύτερη εξίσωση, η RF2 χρησιμοποιεί δύο μεταβλητές (MBP, MBD) και ταξινομεί τόσο το πρότυπο δείγμα, όσο και το δείγμα Διασταυρωμένης Επικύρωσης (cross-validated) 80%. Προτείνουμε την συγκεκριμένη εξίσωση για το δεξιό MTC2. Οι εξισώσεις για το αριστερό MTC2 δίνουν ποσοστό σωστής ταξινόμησης μέχρι και 86% (LF1-όλες οι μεταβλητές). Ο **πίνακας 15** δείχνει τρεις εξισώσεις, εκ των οποίων

η LF2 χρησιμοποιεί τρεις μεταβλητές και δίνει ποσοστό σωστής ταξινόμησης 84% για το πρότυπο δείγμα και 83% για το δείγμα Διασταυρωμένης Επικύρωσης (cross-validated). Η LF3 χρησιμοποιεί δύο μεταβλητές (MBP, MBD) και δίνει ποσοστό σωστής ταξινόμησης 82% τόσο για το πρότυπο δείγμα, όσο και για το δείγμα Διασταυρωμένης Επικύρωσης (cross-validated). Φαίνεται από τον **πίνακα 15** πως το αριστερό MTC2 παρουσιάζει μεγαλύτερη επιτυχία με βάση τα ποσοστά σωστής ταξινόμησης από το δεξιό MTC2 για την ανεύρεση φύλου.

Η Διακρίνουσα Στατιστική Ανάλυση Πολλαπλών Μεταβλητών των ακτινογραφιών για το δεξιό και αριστερό MTC3 είχε ως αποτέλεσμα την ανεύρεση τριών εξισώσεων (**πίνακα 15**). Για το αριστερό MTC3, η LF1 χρησιμοποιεί δύο μεταβλητές (ML, MB) και δίνει ποσοστό σωστής ταξινόμησης 81.4% για το πρότυπο δείγμα και 79.1% για το δείγμα Διασταυρωμένης Επικύρωσης (cross-validated). Για το δεξιό MTC3 προτείνονται δύο εξισώσεις. Η RF1 δίνει ποσοστά σωστής ταξινόμησης 81.5% και για το πρότυπο και για το δείγμα Διασταυρωμένης Επικύρωσης (cross-validated). Σε περίπτωση που το ολικό μήκος του οστού δεν είναι διαθέσιμο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η RF2 που περιλαμβάνει δύο μεταβλητές (MBM, MBD) με ποσοστά σωστής ταξινόμησης 82.6% για το πρότυπο δείγμα και 81.5% για το δείγμα Διασταυρωμένης Επικύρωσης (cross-validated).

Για το αριστερό MTC4 βρήκαμε τρεις εξισώσεις που ταξινομούν από 80% έως 82.3% το πρότυπο δείγμα και από το 80% έως 81% το δείγμα Διασταυρωμένης Επικύρωσης (cross-validated). Η καλύτερη εξίσωση είναι η LF3 (MBP και MBM) και παρουσιάζει 81% ποσοστό σωστής ταξινόμησης και για το πρότυπο και για το δείγμα Διασταυρωμένης Επικύρωσης (cross-validated). Το δεξιό MTC4 παρουσίασε πολύ χαμηλά ποσοστά σωστής ταξινόμησης από 73% έως 76% στις περισσότερες περιπτώσεις με εξαίρεση την RF1 που χρησιμοποιεί όλες τις μεταβλητές και δίνει 80.3% για το πρότυπο δείγμα και 71.1% για το δείγμα Διασταυρωμένης Επικύρωσης (cross-validated). Εμφανώς υπάρχει διαφορά 9% μεταξύ πρότυπου δείγματος και δείγματος Διασταυρωμένης Επικύρωσης (cross-validated) γεγονός που καθιστά την εξίσωση αναξιόπιστη για χρήση ιατροδικαστικών υποθέσεων.

Ο καλύτερος συνδυασμός μεταβλητών για το αριστερό MTC5 χρησιμοποιεί δύο μεταβλητές τις ML και MBD και δίνει ποσοστό σωστής ταξινόμησης 83.1% για το πρότυπο και για το δείγμα Διασταυρωμένης Επικύρωσης (cross-validated). Μία δεύτερη εξίσωση LF2 (**πίνακας 15**) δίνει το ίδιο ποσοστό σωστής ταξινόμησης για το πρότυπο δείγμα, αλλά το δείγμα Διασταυρωμένης Επικύρωσης ταξινομείται με 80% σωστή ταξινόμηση. Σε αυτήν την περίπτωση καλύτερη εξίσωση θεωρείται η LF1. Για το δεξιό MTC5 εξετάσαμε όλους τους πιθανούς συνδυασμούς των τριών μεταβλητών που βρέθηκαν να διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά (ML, MBP, MBD), ωστόσο κανένας συνδυασμός δεν υπερέβαινε το 74%.

Πίνακα 15. Διακρίνουσα Στατιστική Ανάλυση Πολλαπλών Μεταβλητών των ακτινομετρικών αποτελεσμάτων και ακρίβεια σωστής ταξινόμησης για τα αριστερά και δεξιά μετακάρπια οστά σε σύγχρονους Κρήτες.

		ML	MBP	MBM	MBD	CONSTANT	Original					Cross-validated				
							Males		Females		Total	Males		Females		Total
							N	%	N	%	%	N	%	N	%	%
I	LF1	0.23		0.596		-16.3255	24/31	77.4	31/37	83.8	80.9	24/31	77.4	30/37	81.1	79.4
	LF2	0.32			0.39	-18.6025	27/31	87.1	31/37	83.8	85.3	27/31	87.1	30/37	81.1	83.8
	RF1	0.11	0.581	0.494	-0.03	-18.9614	33/38	86.8	27/28	96.4	90.9	33/38	86.4	26/28	92.9	89.4
	RF2		0.674	0.521		-16.7706	33/38	86.8	26/28	92.9	89.4	33/38	86.8	25/28	89.3	87.9
	RF3		0.752		0.31	-17.0481	34/38	89.5	23/28	82.1	86.4	34/38	89.5	23/28	82.1	86.4
II	LF1	0.05	0.394	0.334	0.39	-18.9886	43/51	84.3	37/42	88.1	86	42/51	82.3	35/42	83.3	82.8
	LF2		0.436	0.393	0.44	-17.7541	43/51	84.3	35/42	83.3	83.9	42/51	82.4	35/42	83.3	82.8
	LF3		0.511		0.53	-16.8967	42/51	82.4	34/42	81	81.7	42/51	82.4	34/42	81	81.7
	RF1		0.562	0.167	0.24	-15.0510	42/53	79.2	39/46	84.8	81.8	39/53	73.6	37/46	80.4	76.8
	RF2		0.617		0.24	-14.4509	42/53	79.2	37/46	80.4	79.8	42/53	79.2	37/46	80.4	79.8
III	LF1	0.2			0.39	-18.1940	32/44	72.7	38/42	90.5	81.4	31/44	70.5	37/42	88.1	79.1
	RF1	0.13			0.57	-17.0026	38/46	82.6	37/46	80.4	81.5	38/46	82.6	37/46	80.4	81.5
	RF2			0.544	0.66	-15.8867	37/46	80.4	39/46	84.8	82.6	36/46	78.3	39/46	84.8	81.5
IV	LF1	0.12	0.403		0.45	-17.3582	33/40	82.5	32/39	82.1	82.3	33/40	82.5	30/39	76.9	79.7
	LF2		0.577		0.5	-13.9033	33/40	82.5	30/39	76.9	79.7	33/40	82.5	30/39	76.9	79.7
	LF3		0.707	0.497		-13.0676	32/40	80	32/39	82.1	81	32/40	80	32/39	82.1	81
	RF1	0.11	0.275	0.413	0.33	-16.9142	29/38	76.3	32/38	84.2	80.3	27/38	71.1	27/38	71.1	71.1
V	LF1	0.24			0.7	16.9142	27/32	84.4	22/27	81.5	83.1	27/32	84.4	22/27	81.5	83.1
	LF2	0.23	0.105		0.67	-21.2337	27/32	84.4	22/27	81.5	83.1	27/32	84.4	20/27	74.1	79.7

7.2.2. Ακτινομετρικά Αποτελέσματα Πτερνών.

Έλεγχος σφάλματος.

Είκοσι ακτινογραφίες χρησιμοποιήθηκαν για τον έλεγχο σφάλματος του ίδιου παρατηρητή. Οι διαφορές των μέσων τιμών δεν βρέθηκαν να είναι στατιστικά σημαντικές (εύρος τιμών p μεταξύ 0.166 έως 0.976). Η μέθοδος bootstrapping χρησιμοποιήθηκε για να πιστοποιηθούν τα αποτελέσματα και να αποφευχθεί οποιοδήποτε bias εξαιτίας του δείγματος.

α) Ανάλυση Μεταβλητότητας (one-way ANOVA).

Η Διακρίνουσα Στατιστική Ανάλυση οκτώ μεταβλητών και ο F-δείκτης των μονομεταβλητών για τη μέτρηση των διαφορών μεταξύ των δύο φύλων φαίνεται στον **πίνακα 16**.

Αναλύσαμε τις αριστερές πτέρνες. Οι διαφορές μεταξύ των μέσων τιμών στα αρσενικά και τα θηλυκά άτομα ήταν σημαντικές ($p < 0.001$) για όλες τις μετρήσεις σε όλες τις περιπτώσεις.

Πίνακας 16: Ανάλυση Μεταβλητότητας (one-way ANOVA) ακτινομετρικών αποτελεσμάτων για τις αριστερές πτέρνες.

Descriptives	MALE			FEMALE			F-VALUE
	N	Mean	Std. Deviation	N	Mean	Std. Deviation	
MaxLs	68	73.30397	3.368422785	82	67.35061	3.835447194	99.90575041
MaxBBs	68	37.09794	3.567494024	82	34.13598	3.524477672	25.96570842
MinBs	68	29.65294	2.474435898	82	26.93402	2.377142625	46.8589719
MaxBs	68	46.77882	3.801201118	82	42.59402	3.091528792	55.30076849
MaxExs	68	69.88147	3.480723147	82	63.59378	3.509133283	120.2254053
MaxL	68	80.25265	3.84439488	83	73.46337	4.219557622	104.771052
MaxH	68	42.42338	4.249182401	83	38.77361	3.573299895	32.87349958
MinH	68	35.29132	3.331448927	83	31.64145	2.789562923	53.69569321

β) Διακρίνουσα Στατιστική Ανάλυση Μονών Μεταβλητών.

Ο **πίνακας 17** δείχνει τα σημεία διαχωρισμού και την ακρίβεια σωστής ταξινόμησης για μονές μεταβλητές διαστάσεις των ακτινομετρικών αποτελεσμάτων των αριστερών πτερνών. Για παράδειγμα, μέγιστο μήκος αριστερής πτέρνας από τις πανοραμικές ακτινογραφίες μικρότερο από 70.3mm, ταξινομείται ως θηλυκό, ενώ ένα μήκος μεγαλύτερο από εκείνο ταξινομείται ως αρσενικό. Η πιο αποτελεσματική μεταβλητή, όπως αποδεικνύεται από την άμεση διακρίνουσα στατιστική ανάλυση για τις αριστερές πτέρνες, ήταν η MaxExs (84.7%), ακολουθούμενη από την MaxLs (83.3%). Μονοπαραγοντικές εξισώσεις με συνολική ακρίβεια λιγότερη από 70% είχαν παραλειφθεί από τον **πίνακα 17**, δεδομένου ότι είναι περιορισμένης αξίας για ιατροδικαστικές εφαρμογές.

γ) Διακρίνουσα Στατιστική Ανάλυση Πολλαπλών Μεταβλητών.

Η Διακρίνουσα Στατιστική Ανάλυση Πολλαπλών Μεταβλητών για τις αριστερές πτέρνες σε σύγχρονους Κρήτες παρουσιάζονται στον **πίνακα 17**. Η καλύτερη πολυπαραγοντική εξίσωση χρησιμοποίησε δύο μεταβλητές: MaxBs και MaxExs με 82,6% ακρίβεια ταξινόμησης. Η αμέσως επόμενη καλύτερη εξίσωση δίνει 80,8% ακρίβεια ταξινόμησης χρησιμοποιώντας δύο μεταβλητές: MaxL και MaxH.

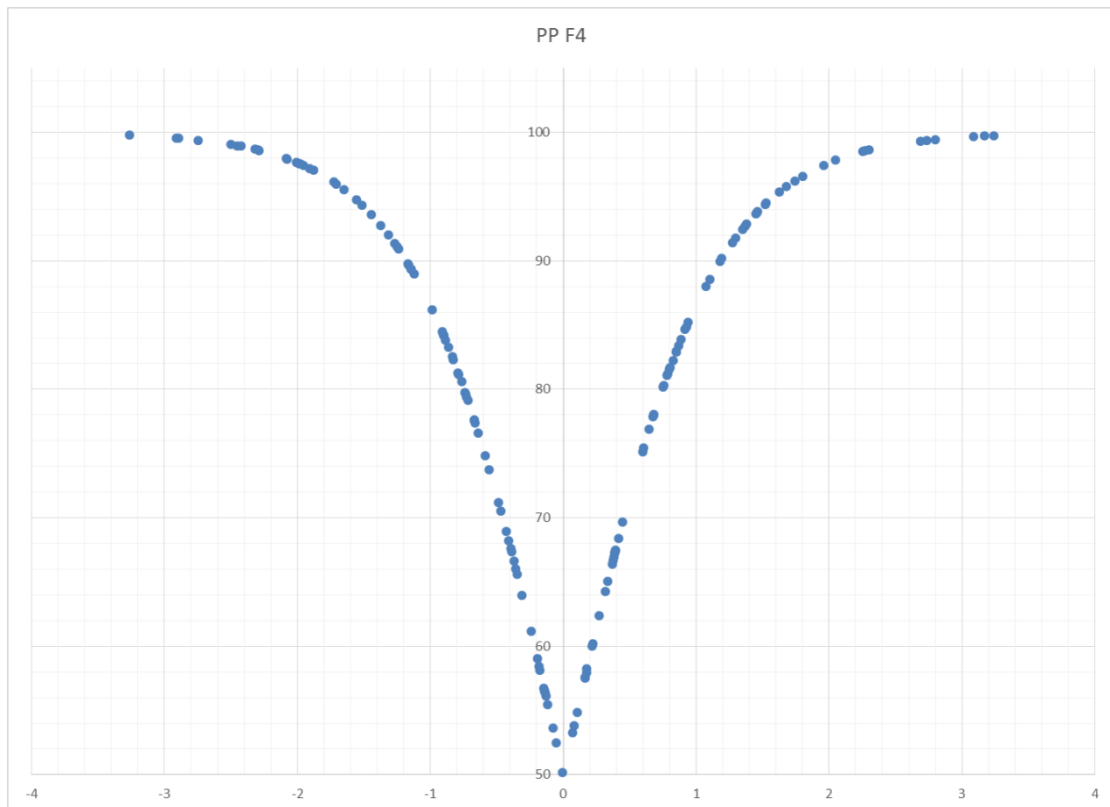
Πίνακα 16. Σημεία διαχωρισμού και ακρίβεια σωστής ταξινόμησης για μονές και πολλαπλές μεταβλητές διαστάσεις ακτινομετρικών αποτελεσμάτων για τις αριστερές πτέρνες.

							original					cross-validated				
							Males		Females		Total	Males		Females		Total
	MaxLs	MaxBs	MaxExs	MaxL	MaxH	constant	N	%	N	%	%	N	%	N	%	%
F1	F<70.3<M						53/68	82.4	69/82	84.1	83.3	53/68	82.4	69/82	84.1	83.3
F2			F<66.7<M				57/68	83.2	70/82	85.4	84.7	57/68	83.2	70/82	85.4	84.7
F3				F<76.9<M			55/68	80.9	68/83	81.9	81.5	55/68	80.9	68/83	81.9	81.5
F4		0,082531	0,240776383			-19,756868	57/68	83.8	69/82	84.1	84	57/68	83.8	68/82	82.9	83.3
F5				0,22501	0,04658	-19,185103	55/68	80.9	67/83	80.7	80.8	55/68	80.9	67/83	80.7	80.8

δ) Οι εκ των υστέρων πιθανότητες σωστής ταξινόμησης (posterior probabilities).

Οι εκ των υστέρων πιθανότητες σωστής ταξινόμησης (posterior probabilities) για κάθε άτομο υπολογίστηκαν επίσης για την καλύτερη πολυμεταβλητή εξίσωση (F4). Το **σχήμα 3** δείχνει τα επίπεδα πιθανότητας σωστής ταξινόμησης σύμφωνα με τις διακρίνουσες βαθμολογίες του κάθε ατόμου για την εξίσωση F4 για τις αριστερές πτέρνες, όπως φαίνεται στον **πίνακα 16**.

Σχήμα 3. Επίπεδα πιθανότητας σωστής ταξινόμησης σύμφωνα με τις διακρίνουσες βαθμολογίες του κάθε ατόμου για την καλύτερη εξίσωση για τις αριστερές πτέρνες (F4).



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο : Συζήτηση.

8. Συζήτηση.

8.1. Οστεομετρικές Μέθοδοι.

Η ανεύρεση αποσκελετωμένων ανθρωπίνων υπολειμμάτων στα πλαίσια ιατροδικαστικών υποθέσεων συχνά δημιουργεί προβλήματα ταυτοποίησης με βάση τις συνήθεις τεχνικές, όπως η δακτυλοσκοπία. Εν απουσία δε επίσημων εγγράφων, όπως το διαβατήριο, η ταυτότητα ή το δίπλωμα οδήγησης οι Αστυνομικές Αρχές βασίζονται σημαντικά στην ιατροδικαστική έκθεση για την εύρεση της ταυτότητας του νεκρού και την ταυτοποίησή του μετά από συγκριτική ανάλυση γενετικού υλικού με πιθανά συγγενικά πρόσωπα. Η διαδικασία αυτή απαιτεί την εκτίμηση συγκεκριμένων χαρακτηριστικών του σκελετού για την ανακατασκευή του βιολογικού προφίλ του ατόμου (φύλο, ηλικία, ανάστημα και εθνικότητα) εκ των οποίων το φύλο αποτελεί το πρώτο ουσιαστικό βήμα εφόσον μπορεί με την εκτίμηση του να αποκλειστούν όλα τα άτομα αντιθέτου φύλου από τη λίστα των αγνοουμένων.

Το κεφάλαιο 3 παρουσιάζει μια εκτενή καταγραφή των μεθόδων εκτίμησης φύλου με βάση διαφορετικά μορφολογικά και μετρικά χαρακτηριστικά του σκελετού. Είναι σαφές πως η αξιοπιστία των οποιονδήποτε μεθόδων αυξάνει με την πληρότητα του σκελετού. Πολλοί συγγραφείς υποστηρίζουν πως η πύελος σε συνδυασμό με το κρανίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση φύλου με αξιοπιστία που αγγίζει το 100% (Krogman and Iscan, 1986). Σε περιπτώσεις όμως που τα ανθρώπινα υπολείμματα έχουν εκτεθεί για εκτεταμένο διάστημα στο περιβάλλον, οι πιθανότητες ανεύρεσης ενός πλήρους σκελετού μειώνονται σημαντικά. Τόσο οι καιρικές συνθήκες, όσο και η επίδραση πτωματοφάγων και σαρκοφάγων ζώων, που μπορεί να ποικίλει από μικρά τρωκτικά (πχ αρουραίοι) έως σαρκοβόρα θηλαστικά (πχ άγρια σκυλιά, λύκοι), συντελούν σημαντικά στην λύση των αρθρώσεων, τη δημιουργία μεταθανάτιων καταγμάτων και την μεταφορά τμημάτων του σκελετού σε διάφορες αποστάσεις από τον αρχικό τόπο θανάτου. Σε αυτές τις περιπτώσεις, η εκτίμηση φύλου μπορεί να βασίζεται σε μικρά οστά ή τμήματα οστών και

είναι επιβεβλημένη η δημιουργία έγκυρων μεθόδων εκτίμησης φύλου για εφαρμογή τους σε τέτοιες περιπτώσεις.

Ο φυλετικός διμορφισμός του ανθρώπινου σκελετού βασίζεται στην βασική αρχή που ισχύει σε ολόκληρο το ζωικό βασίλειο: τον διαφορετικό ρόλο του αρσενικού και του θηλυκού. Συγκεκριμένα, για το ανθρώπινο είδος το αρσενικό εμφανίζει πιο ρωμαλέα χαρακτηριστικά σε σχέση με το θηλυκό σε όλη την έκταση του σκελετού, ενώ το θηλυκό που προορίζεται για να φέρει στον κόσμο τους απογόνους διαθέτει σαφώς τροποποιημένη μορφολογία της πύελου για να διευκολύνει αυτή ακριβώς τη διαδικασία. Με άλλα λόγια, τα δυο φύλα διαφέρουν στο μέγεθος και στο σχήμα των οστών και αυτές οι διαφορές αποτελούν τη βάση για την ανάπτυξη των μεθόδων εκτίμησης φύλου.

Το ποσοστό έκφρασης του φυλετικού διμορφισμού εξαρτάται από περιβαλλοντικούς παράγοντες που ασκούν επίδραση στο αναπτυσσόμενο σκελετό, αλλά και από γενετικούς παράγοντες. Για το λόγο αυτό είναι κοινώς παραδεκτό πως οι μέθοδοι εκτίμησης φύλου πρέπει να αναπτύσσονται από δείγματα αναφοράς για διαφορετικούς πληθυσμούς και να εφαρμόζονται σε περιπτώσεις που το άτομο αγνώστων στοιχείων πιστεύεται ότι ανήκει στο συγκεκριμένο πληθυσμό από τον οποίο προήλθε το δείγμα αναφοράς (Krogman and Iscan, 1986). Εξαιρετικής σημασίας είναι δε και η χρονολόγηση του δείγματος αναφοράς, το οποίο πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικού του σύγχρονου πληθυσμού, ώστε να αποφευχθούν σφάλματα, τα οποία σχετίζονται με μακροχρόνια περιβαλλοντική επίδραση σε ένα πληθυσμό που μπορεί να επιφέρει σημαντικές φαινοτυπικές αλλαγές.

Το παρόν σύγγραμμα μελετά το φυλετικό διμορφισμό μικρών οστών άκρας χειρός και άκρου ποδός χρησιμοποιώντας ως δείγμα αναφοράς μια σύγχρονη συλλογή οστών από το νησί της Κρήτης στην Ελλάδα. Η συγκεκριμένη συλλογή αναφοράς δημιουργήθηκε το 2005 με σκοπό την ανάπτυξη ανθρωπολογικών μεθόδων για τον Κρητικό πληθυσμό και αυτή τη στιγμή υπάρχουν πολλές δημοσιευμένες μελέτες με βάση το κρανίο (Kranioti et al., 2008), το βραχιόνιο (Kranioti and Michalodimitrakis, 2009; Kranioti and Tzanakis,

2015), την κνήμη (Kranioti and Apostol, 2015), την κλείδα και την ωμοπλάτη (Papaioannou et al., 2012), τους σπονδύλους (Gambaro, 2014).

Την τελευταία δεκαετία καταγράφηκαν τουλάχιστον 29 υποθέσεις ανεύρεσης αγνώστων σκελετικών υπολειμμάτων ιατροδικαστικής σημασίας στην Κρήτη με βάση το αρχείο τόσο του Εργαστηρίου Ιατροδικαστικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Κρήτης, όσο και της Ιατροδικαστικής Υπηρεσίας Ηρακλείου του Υπουργείου Δικαιοσύνης (Kranioti et al., 2014). Από αυτόν τον αριθμό 11 περιστατικά καταγράφηκαν το 2013-2014 και 6 εκ των οποίων αφορούσαν μονήρη οστά (πχ τμήμα κρανίου, μακρά οστά). Σε αυτές τις περιπτώσεις, οι προαναφερθείσες μέθοδοι αποτέλεσαν σημαντικό διαγνωστικό εργαλείο για την εκτίμηση φύλου, την ανακατασκευή του βιολογικού προφίλ και κατά συνέπεια την ταυτοποίηση των υπολειμμάτων. Επομένως, η εφαρμογή αυτών των μεθόδων συνίσταται σε κάθε περίπτωση που κρίνονται κατάλληλες.

Η Ελλάδα γενικότερα έχει ένα σημαντικό αριθμό οστεολογικών μελετών να παρουσιάσει τα τελευταία δέκα χρόνια. Από τη δημιουργία της οστεολογικής συλλογής της Αθήνας (Elioroulos et al., 2007) και της Κρήτης (Kranioti, 2009) παρατηρείται αυξανόμενος αριθμός μεθοδολογικών συγγραμμάτων με βάση τα δυο δείγματα αναφοράς για τους σύγχρονους Έλληνες. Μελέτες με βάση το κρανίο (Kranioti et al, 2008), την πύελο (Steyn and Iscan, 2008; Papaloucas et al., 2008a), τα μακρά και άλλα οστά επιβεβαίωσαν την ύπαρξη φυλετικού διμορφισμού για τον Ελληνικό πληθυσμό. Πάραυτα καμία μελέτη έως τώρα δεν έχει ελέγξει την καταλληλότητα των μεθόδων που έχουν αναπτυχθεί από τον μικτό πληθυσμό της Αθήνας για άλλες περιοχές της Ελλάδας, αλλά ούτε και την καταλληλότητα των μεθόδων που έχουν αναπτυχθεί στην Κρήτη για άλλα νησιά ή της Ηπειρωτικής Ελλάδας. Τα ερωτήματα αυτά είναι εξαιρετικά σημαντικά για την εφαρμογή των μεθόδων και το πρώτο σκέλος τους αποτελεί μέρος των ερωτημάτων που ερευνά η παρούσα διατριβή.

8.1.1. Μετακάρπια Οστά.

Η παρούσα μελέτη χρησιμοποίησε αριστερά και δεξιά οστά από 108 σκελετούς από το δείγμα αναφοράς της Κρητικής συλλογής με βάση 10 προτεινόμενες μετρήσεις από προηγούμενες δημοσιευμένες μελέτες (Musgrave and Harneja, 1978; Scheuer and Elkington, 1993; Falsetti, 1995; Smith, 1996). Η δοκιμή T ανέδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές στη μέση τιμή των δεξιών και αριστερών οστών ($p < 0.05$) για την πλειοψηφία των μετρήσεων, το οποίο συμφωνεί με προηγούμενες μελέτες στα μετακάρπια οστά (Lezenby, 1994; Smith, 1996) και τις άκρες χείρες (Danborn, 2007). Η παρατήρηση αυτή έρχεται σε αντίθεση με τα αποτελέσματα μελέτης των μετακαρπίων οστών με βάση το δείγμα αναφοράς της Αθήνας στην οποία οι ερευνητές αναφέρουν πως δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ αριστερών και δεξιών οστών (Manolis et al., 2009). Οι περισσότερες δημοσιευμένες μελέτες, συμπεριλαμβανομένου και του παρόντος συγγράμματος, αναφέρουν μεγαλύτερες μέσες τιμές για τις μετρήσεις των δεξιών οστών σε σχέση με τα αριστερά (Lezenby, 1994; Smith, 1996; Manolis et al., 2009), αλλά δεν φαίνεται να υπάρχει συμφωνία σχετικά με το ποιά πλευρά είναι πιο επιτυχής στην διάγνωση φύλου.

Ένας από τους στόχους της παρούσης μελέτης ήταν ο έλεγχος της καταλληλότητας των εξισώσεων που αναπτύχθηκαν από το δείγμα αναφοράς της Αθήνας (Manolis et al., 2009) με βάση τα μετακάρπια οστά για τον Κρητικό πληθυσμό. Για την διερεύνηση αυτού του ερωτήματος συνολικά είκοσι εξισώσεις για τα δεξιά και αριστερά οστά χρησιμοποιήθηκαν για τη εκτίμηση φύλου από τα μετακάρπια οστά 108 ατόμων από το δείγμα αναφοράς της Κρήτης. Εκ πρώτης όψεως τα αποτελέσματα ταξινόμησης φαντάζουν ελπιδοφόρα, καθώς στις περισσότερες περιπτώσεις το ποσοστό σωστής ταξινόμησης για το Κρητικό δείγμα αναφοράς έχει σχετικά μικρή απόκλιση από το αναφερόμενο ποσοστό σωστής ταξινόμησης της αρχικής μελέτης (Manolis et al., 2009) για το πρότυπο δείγμα και το δείγμα διασταυρούμενης ταξινόμησης (Βλέπε **πίνακα 3**, Αποτελέσματα). Με μία πιο προσεκτική παρατήρηση των αποτελεσμάτων καθίσταται εμφανής μια σταθερή τάση χαμηλού ποσοστού σωστής ταξινόμησης των γυναικών, το οποίο σε ορισμένες περιπτώσεις δεν ξεπερνά το 9%. Αντιθέτως, οι άνδρες ταξινομούνται

σωστά σε μεγαλύτερα ποσοστά από τα αναφερόμενα για το δείγμα αναφοράς της Αθήνας (Manolis et al., 2009). Παρόμοια αποτελέσματα σημειώθηκαν και από τον Lazenby (1994) κατά την εφαρμογή των εξισώσεων των Scheuer and Elkington (1993) σε ένα δείγμα 19^{ου} αιώνα από τον Καναδά. Τα αναφερόμενα αποτελέσματα ενισχύουν τα συμπεράσματα των Khanpetch et al (2012) σύμφωνα με τα οποία μια ισορροπημένη σωστή ταξινόμηση και για τα δύο φύλα είναι πιο σημαντική κατά την εφαρμογή μιας μεθόδου σε ιατροδικαστικές υποθέσεις από ένα υψηλό ποσοστό σωστής ταξινόμησης κατά μέσο όρο και για τα δυο φύλα. Το χαμηλό ποσοστό σωστής ταξινόμησης των γυναικών της Κρητικής συλλογής με εφαρμογή των δεδομένων της Αθήνας πρακτικά σημαίνει πως η εφαρμογή της εν λόγω μεθόδου σε περιστατικά σκελετικών υπολειμμάτων από την Κρήτη θα είχε ως αποτέλεσμα υψηλή πιθανότητα εσφαλμένης ταξινόμησης των γυναικών ως άνδρες, γεγονός που θα δημιουργούσε σοβαρά προβλήματα στην ταυτοποίηση του πτώματος, καθώς οι αρχές θα έψαχναν άτομο του αντιθέτου φύλου.

Για τη διασφάλιση έγκυρων μεθόδων εκτίμησης φύλου για το Κρητικό πληθυσμό αναπτύχθηκε μια σειρά μονοπαραγοντικών και πολυπαραγοντικών εξισώσεων από το διαθέσιμο Κρητικό δείγμα αναφοράς. Τα ποσοστά σωστής ταξινόμησης έφτασαν το 81% για τις μονοπαραγοντικές και το 85.1% για τις πολυπαραγοντικές εξισώσεις. Η εξίσωση με το μεγαλύτερο ποσοστό σωστής ταξινόμησης για τα αριστερά οστά σημειώθηκε για το MTC II (85.1%) με 3 μεταβλητές MLDDE, MLDM και MLDPE. Η εξίσωση με το μεγαλύτερο ποσοστό σωστής ταξινόμησης για τα δεξιά οστά σημειώθηκε για το MTC III (82.7%) με 3 μεταβλητές (MLM, MLDDE και APDM). Να σημειωθεί πως σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις αναφέρονται τα ποσοστά σωστής ταξινόμησης της διασταυρούμενης επικύρωσης, τα οποία είναι και τα πιο έγκυρα ως προς την αξιολόγηση της μεθόδου. Τα ποσοστά σωστής ταξινόμησης εμφανίζονται χαμηλότερα σε σύγκριση με προηγούμενες μελέτες (Scheuer and Elkington, 1993; Falsetti, 1996; Barrio et al., 2006; Khanpetch et al., 2012; Manolis et al., 2009). Το γεγονός αυτό μπορεί να εξηγηθεί από την ύπαρξη μειωμένου φυλετικού διμορφισμού του Κρητικού πληθυσμού στα οστά της άκρας χειρός, οφειλόμενο σε αυξημένη ρωμαλεότητα των γυναικών λόγω αγροτικών

δραστηριοτήτων σε σχέση με τον αστικό πληθυσμό της Αθήνας για παράδειγμα η γενετικές διαφορές με τους υπόλοιπους πληθυσμούς υπό σύγκριση.

Μια άλλη σημαντική παρατήρηση που προκύπτει από την παρούσα μελέτη είναι το γεγονός ότι το μήκος των οστών φαίνεται να συμβάλει σημαντικά στην εκτίμηση του φύλου με βάση τα μετακάρπια οστά για το εν λόγω δείγμα αναφοράς, πράγμα που επιβεβαιώνεται και από άλλες μελέτες οστεομετρίας μακρών οστών με βάση το Κρητικό δείγμα που ανέδειξαν εξίσου το μέγιστο μήκος ως σημαντική μεταβλητή (Kranioti and Michalodimitrakis, 2009; Kranioti and Apostol, 2015). Το φαινόμενο αυτό δεν παρατηρείται στην μελέτη της Αθήνας (Manolis et al., 2009).

Εν κατακλείδι, τα υψηλά ποσοστά εσφαλμένης ταξινόμησης των γυναικών από το δείγμα της Κρήτης και οι αναφερόμενες διαφορές μεταξύ αριστερών και δεξιών μέσων τιμών για μεγάλο αριθμό μεταβλητών πιστοποιούν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο δειγμάτων αναφοράς –τουλάχιστον για τα μετακάρπια οστά- και καθιστούν τις εξισώσεις των Manolis et al. (2009) ακατάλληλες για χρήση σε περιστατικά ατόμων φερόμενων Κρητικής καταγωγής. Τι σημαίνει όμως αυτό; Είναι οι πληθυσμοί πραγματικά διαφορετικοί ή πρόκειται για ένα φαινόμενο, το οποίο απλά αντανακλά διαφορές μεταξύ των δύο δειγμάτων; Παρότι και τα δύο δείγματα αναφοράς επιλέχθηκαν ως αντιπροσωπευτικά των δύο πληθυσμών είναι όντως έτσι; Τα διαθέσιμα δεδομένα δεν είναι αρκετά για να τεκμηριώσουν ή να απορρίψουν καμία από τις παραπάνω υποθέσεις και για την περαιτέρω διερεύνησή τους απαιτούνται περισσότερες συγκριτικές μελέτες. Επιπλέον, περιοριστικός παράγοντας αποτελεί και το μικρό δείγμα για κάποια από τα οστά, γεγονός που δημιουργεί επιφυλάξεις για την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων της στατιστικής ανάλυσης.

8.1.2. Πτέρνες.

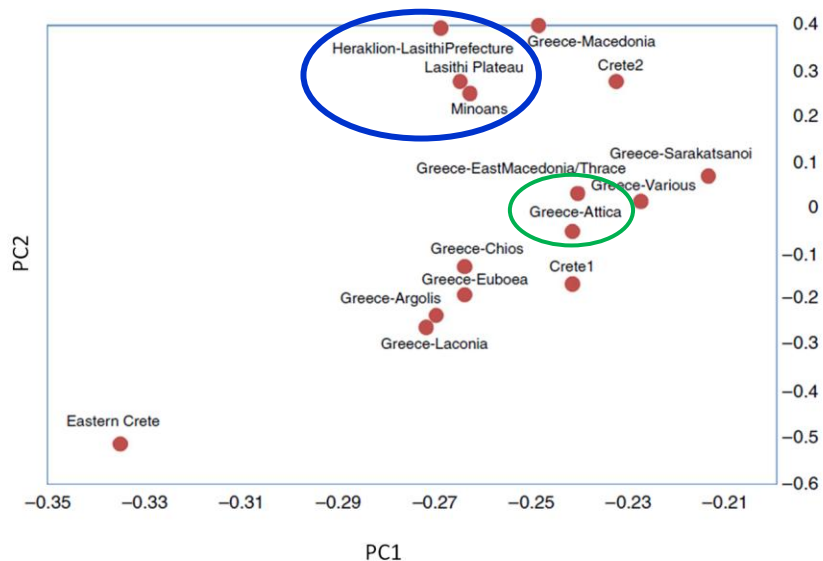
Κατά τη διάρκεια της ανάλυσης των δεδομένων για τον πληθυσμό της Κρήτης δημοσιεύτηκε μια μελέτη εκτίμησης φύλου από τις μετρήσεις της αριστερής πτέρνας από την συλλογή της Αθήνας (Peckmann et al., 2015). Όπως και στην περίπτωση των μετακαρπίων οστών, κρίθηκε αναγκαία η εφαρμογή των εξισώσεων που προτείνουν οι Peckmann και συνεργάτες (2015) στο πληθυσμό μελέτης της Κρητικής συλλογής για να ελεγχθεί η καταλληλότητα της εν λόγω μεθόδου για περιπτώσεις σκελετών αγνώστων στοιχείων προερχόμενων από το νησί της Κρήτης. Για την αξιολόγηση της μεθόδου χρησιμοποιήθηκαν 134 πλήρεις αριστερές πτέρνες. Από τις 14 εξισώσεις μόνο αυτές με συνολικό ποσοστό ταξινόμησης μεγαλύτερο από 80% αξιολογήθηκαν. Επιπρόσθετα από τις πολυπαραγοντικές εξισώσεις της μελέτης (πίνακας 3, Peckmann et al., 2015) αποκλείστηκε η εξίσωση 4 λόγω τυπογραφικού λάθους στη δημοσιευμένη μελέτη την παράλειψη του συντελεστή της πρώτης μεταβλητής (MAXH).

Όπως φαίνεται από τον συγκριτικό **πίνακα 9** του 7^{ου} κεφαλαίου (Αποτελέσματα), το δείγμα από την Κρήτη ταξινομήθηκε σωστά από 52.2-80.6%. Σε κάθε περίπτωση το ποσοστό ταξινόμησης είναι μικρότερο από τα ποσοστά της μελέτης των Peckmann et al., (2015) του πρότυπου δείγματος και του δείγματος της Διασταυρωμένης Επικύρωσης (cross-validated). Επιπρόσθετα, τα ποσοστά σωστής ταξινόμησης για γυναίκες εμφανίζονται σαφώς μειωμένα, τάση που παρατηρήθηκε και για τα μετακάρπια οστά. Για παράδειγμα, οι εξισώσεις 1 και 3 ταξινομούν τους άνδρες σωστά με ποσοστά 98.5% και 97% αντίστοιχα και τις γυναίκες με ποσοστά 35.8% και 22.4% αντίστοιχα. Είναι προφανές ότι οι εξισώσεις που προέκυψαν από την οστεολογική συλλογή της Αθήνας δεν είναι κατάλληλες για το δείγμα της Κρητικής συλλογής, που είναι και πιο αντιπροσωπευτικό του πραγματικού Κρητικού πληθυσμού, εφόσον επί τω πλείστον παρουσιάζουν πολύ μεγαλύτερο σφάλμα στην ταξινόμηση των γυναικών σε σχέση με τα αναφερόμενα ποσοστά της μελέτης των Peckmann et al., (2015) του πρότυπου δείγματος και του δείγματος της Διασταυρωμένης Επικύρωσης. Επομένως, είναι σημαντικό να αναπτυχθούν ξεχωριστά πρότυπα για την εκτίμηση του φύλου για το συγκεκριμένο πληθυσμό. Επιπρόσθετα, η παρούσα μελέτη ανέδειξε διαφορές μεταξύ των αριστερών

και δεξιών οστών (όπως και για τα μετακάρπια οστά) σε αντίθεση με τους Peckmann et al., (2015). Επομένως, δημιουργήθηκαν εξισώσεις ξεχωριστά για τα αριστερά οστά, τα δεξιά οστά και για τις μέσες τιμές για κάθε μεταβλητή.

Για την μελέτη χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 174 πτέρνες του δεξιού άκρου ποδός και 164 πτέρνες του αριστερού άκρου ποδός και ελήφθησαν 10 κλασικές μετρήσεις (Murphy, 2002a, 2002b; Bitmos and Asala, 2003; 2004). Το ποσοστό σωστής ταξινόμησης των μονών μεταβλητών κυμάνθηκε από 71.4% έως 82.4% για τις αριστερές πτέρνες, από 72% έως 80.3% για τις δεξιές πτέρνες και από 71% έως 81% για τις μέσες τιμές τους.

Όπως έχει προαναφερθεί το ποσοστό έκφρασης του φυλετικού διμορφισμού εξαρτάται από περιβαλλοντικούς παράγοντες που ασκούν επίδραση στο αναπτυσσόμενο σκελετό, αλλά και από γενετικούς παράγοντες. Οι Hughey και συνεργάτες (2013) σε μία πρόσφατη εργασία τους ερεύνησαν την καταγωγή των Μινωιτών, διενεργώντας ανάλυση μιτοχονδριακού DNA από μινωικά σκελετικά υπολείμματα που βρέθηκαν σε ένα σπήλαιο στο οροπέδιο Λασιθίου. Συνέκριναν τους πολυμορφισμούς του μιτοχονδριακού DNA των Μινωιτών με εκείνους 135 σύγχρονων και αρχαίων πληθυσμών. Σύμφωνα με την έρευνα, οι Μινωίτες είναι πολύ κοντά γενετικά στο σύγχρονο πληθυσμό του οροπεδίου Λασιθίου και στους πληθυσμούς των νομών Ηρακλείου και Λασιθίου (**εικόνα 1**). Αντίθετα ο πληθυσμός της περιοχής της Αττικής απ' όπου προέρχεται το δείγμα της Αθήνας φαίνεται να είναι λιγότερο γενετικά όμοιος με τον πληθυσμό των νομών Ηρακλείου (προέλευση Κρητικής συλλογής) και Λασιθίου. Αυτή ακριβώς η γενετική συγγένεια και η γενετική προέλευση των σύγχρονων Κρητικών θα μπορούσε να εξηγήσει τις οστεομετρικές διαφορές που διαπιστώθηκαν στην παρούσα μελέτη μεταξύ των μετακαρπίων οστών και των περνών της οστεολογικής συλλογής της Αθήνα και της Κρήτης.



Εικόνα 1. Αποτελέσματα ανάλυσης κυρίων συνιστωσών από τη μελέτη των Hughey και συνεργατών (2013). Προβολή των δύο πρώτων κυρίων συνιστωσών (PC1, PC2) που απεικονίζει την γενετική σχέση διαφόρων σύγχρονων ελληνικών πληθυσμών καθώς και των Μινωιτών.

Να σημειωθεί εδώ πως το δείγμα της Κρήτης προέρχεται από οστεοφυλάκια του Νομού Ηρακλείου και αποτελείται επι τω πλείστον από άτομα Κρητικής καταγωγής (έως τρεις γενεές). Προκειμένου ωστόσο να επαληθευτεί η πιθανή αυτή ερμηνεία των οστεομετρικών διαφορών των δύο οστεολογικών συλλογών κρίνεται αναγκαία η διεξαγωγή περισσότερων συγκριτικών μελετών (συμπεριλαμβανομένου και γενετικών αναλύσεων) ανάμεσα στους δύο πληθυσμούς. Άλλοι πιθανοί λόγοι αυτών των διαφορών συμπεριλαμβάνουν περιβαλλοντικούς παράγοντες καθώς και διαφοροποίηση διαίτας και δραστηριότητας. Δεν είναι δυνατόν όμως να αποκλειστεί και η επιλογή δείγματος ως πιθανή εξήγηση (sampling effect).

8.2. Ακτινομετρικές Μέθοδοι.

Ένας απλός και αποτελεσματικός τρόπος εξέτασης ανθρωπίνων υπολειμμάτων είναι η ακτινογράφιση, η οποία χρησιμοποιείται κατεξοχήν σε περιπτώσεις σηπτικών σωμάτων, αλλά και σε μαζικές καταστροφές στις οποίες ανευρίσκονται πολυάριθμα και ανακατεμένα ανθρώπινα μέλη και η εξέταση και αναγνώρισή τους είναι εξαιρετικά πολύπλοκη διαδικασία. Το κεφάλαιο 3 παρουσιάζει αναλυτικά τις εφαρμογές της ιατρικής απεικόνισης στην ιατροδικαστική πρακτική.

Συχνά το σκελετικό υλικό είναι θρυμματισμένο ή/και καμένο με αποτέλεσμα να είναι ακατάλληλο για DNA ανάλυση. Εξάλλου, η ταυτοποίηση με DNA είναι χρονοβόρα και ιδιαίτερα δαπανηρή. Οι Murphy και συνεργάτες (1980) θεωρούν ότι σε ορισμένες περιπτώσεις μαζικών θανάτων, οι ακτινογραφίες μπορεί να είναι τρεις φορές πιο αποτελεσματικές από ό, τι το DNA και πέντε φορές πιο αποτελεσματικές από ό, τι τα οδοντιατρικά αρχεία. Η υπεροχή της απεικονιστικής μεθόδου έναντι του DNA σε μαζικές καταστροφές έχει επίσης υποστηριχτεί και από άλλους (Binda et al, 1999).

Τελευταία αναπτύσσονται μέθοδοι με βάση μετρήσεις οστών σε ψηφιακές ακτινογραφίες με αποτελέσματα παραπλήσια των κλασικών οστεομετρικών μεθόδων για τον προσδιορισμό της βιολογικής ταυτότητας ενός πτώματος αγνώστων στοιχείων (πχ Kranioti, 2009). Η ακτινομετρική μέθοδος είναι αποτελεσματική για τα οστά τόσο για τον προσδιορισμό του φύλου (Brogdon, 1998; Torwald and Hoppa, 2005; Rejtarová et al., 2004; Abdel Moneim et al., 2008), όσο και για τον προσδιορισμό της ηλικίας (Maber et al., 2006; Thevissen et al., 2009a; Thevissen et al., 2009b; Moskovitch et al., 2010; Garamendi et al., 2011; Limdiwala and Shah, 2013).

Η ακτινομετρική μέθοδος έχει μέχρι τώρα όλες τις προϋποθέσεις να τύχει τελικής εφαρμογής στην καθημερινή ιατροδικαστική πρακτική, αλλά και στην μελέτη αρχαιολογικού σκελετικού υλικού, καθώς αποτελεί μία μη καταστρεπτική και μη επεμβατική τεχνική. Η επαναλαμβανόμενη προσπάθεια μέτρησης διαστάσεων από ήδη ταλαιπωρημένα σκελετικά υπολείμματα ενέχει τον κίνδυνο της καταστροφής τους κάτι το οποίο διόλου επιθυμητό δεν είναι ιδιαίτερα στην περίπτωση των ιατροδικαστικών υποθέσεων στις οποίες τα οστά αποτελούν αποδεικτικά στοιχεία ή άλλοτε αποτελούν μοναδικό αρχαιολογικό υλικό.

Επιπρόσθετα, εκτεταμένες μαζικές καταστροφές (πχ πτώση αεροσκάφους, πυρκαγιές, βομβιστικές επιθέσεις) μπορεί να προκαλέσουν διαμελισμό των θυμάτων και η τεχνητή αφαίρεση υπολειμμάτων μαλακών μορίων (maceration) είναι εξαιρετικά χρονοβόρα και δεν ενδείκνυται σε τέτοιες περιπτώσεις. Αντίθετα, η ακτινομετρική μέθοδος είναι

γρήγορη και δεν απαιτείται ειδική επεξεργασία του υπό εξέταση υλικού. Ταυτόχρονα, τα ψηφιακά αρχεία της ακτινομέτρησης είναι διαθέσιμα προς επανεξέταση οποτεδήποτε και από περισσότερους του ενός ειδικού ανά τον κόσμο και αποτελούν «αθάνατα» αποδεικτικά στοιχεία.

Η εν λόγω διατριβή χρησιμοποίησε την ακτινομετρική μέθοδο για την δημιουργία μεθόδων αναγνώρισης φύλου από ψηφιακές ακτινογραφίες πτερνών και μετακαρπίων προσφέροντας μια εναλλακτική τεχνική για τον Κρητικό πληθυσμό.

8.2.1. Μετακάρπια Οστά.

Συνολικά ακτινογραφήθηκαν ψηφιακά με πανοραμική όψη (superior) 154 ζευγάρια δεξιών και αριστερών μετακαρπίων οστών τοποθετημένα σε ανατομική θέση. Πραγματοποιήθηκαν 4 ακτινομετρικές μετρήσεις για κάθε δεξιό και αριστερό μετακάρπιο οστό σε πανοραμική όψη, καθώς και 1 ακτινομετρική μέτρηση που αφορά στο σημείο αναφοράς (μεταλλικός χάρακας, γνωστών διαστάσεων).

Τα ακτινομετρικά αποτελέσματα των μετακαρπίων αποκάλυψαν ότι το MTC1 και το MTC2 παρουσιάζουν την μεγαλύτερη ασυμμετρία με τρεις από τις τέσσερις μεταβλητές να διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ($p < 0,05$) μεταξύ δεξιού και αριστερού οστού. Όλες οι μεταβλητές βρέθηκαν να διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ των δύο φύλων, τόσο για τα δεξιά οστά, όσο και για τα αριστερά οστά. Σε όλες τις περιπτώσεις η μέση τιμή κάθε μεταβλητής για τους άνδρες ήταν μεγαλύτερη από αυτή των γυναικών. Η καλύτερη μονοπαραγοντική εξίσωση βασίστηκε στο δεξιό MTC1 με ποσοστό σωστής ταξινόμησης 84.8%. Η καλύτερη πολυπαραγοντική εξίσωση αφορά το MTC1 και χρησιμοποιεί όλες τις μεταβλητές με ποσοστό σωστής ταξινόμησης 91% για το πρότυπο δείγμα και 89.4% για το δείγμα Διασταυρωμένης Επικύρωσης (cross-validated).

Οι προηγούμενες ακτινομετρικές μελέτες που βρέθηκαν στη βιβλιογραφία διαφέρουν σημαντικά τόσο σε μέγεθος δείγματος όσο και σε επιλογή μεταβλητών. Οι Alicioğlu και συνεργάτες (2009) μέτρησαν μόνο το μήκος των αριστερών μετακαρπίων και φαλάγγων

σε ένα μικρό δείγμα 62 ατόμων δημιούργησαν μια πολυπαραγοντική εξίσωση με όλες τις μεταβλητές αναφέροντας ποσοστό σωστής ταξινόμησης 85%. Την ίδια επιλογή μετρήσεων έκαναν και οι Eshak και συνεργάτες (2011) που μελέτησαν ένα δείγμα 122 δεξιών άκρων χειρών από αξονικές τομογραφίες. Η εν λόγω μελέτη μετρήσε επιπλέον και τον όγκο των μετακαρπίων και σημείωσε καλύτερα ποσοστά σωστής ταξινόμησης (93%) σε σχέση με το μήκος. Οι παραπάνω μελέτες δεν αναφέρουν αποτελέσματα για κάθε οστό ξεχωριστά και επομένως δεν μπορεί να γίνει άμεση σύγκριση με τα αποτελέσματα της παρούσας διατριβής. Αντίθετα οι DeSilva και συνεργάτες (2014) ανέλυσαν 40 μεταβλητές από 300 ακτινογραφίες δεξιών και αριστερών χειρών και ανέφεραν ποσοστό σωστής ταξινόμησης 91%, πανομοιότυπο με το αποτέλεσμα για τον Κρητικό πληθυσμό. Η ύπαρξη ασυμμετρίας αριστερών και δεξιών οστών που ανέδειξε η παρούσα μελέτη επιβεβαιώνεται και από τους DeSilva και συνεργάτες (2014) οι οποίοι όμως μελέτησαν δείγμα από την Αυστραλία.

8.2.2. Πτέρνες.

Συνολικά ακτινογραφήθηκαν ψηφιακά με πανοραμική όψη (superior) 175 ζευγάρια πτερνών τοποθετημένες σε ανατομική θέση. Στην συνέχεια ακτινογραφήθηκαν ψηφιακά σε πλάγια όψη (lateral) 166 δεξιές πτέρνες, καθώς και 157 αριστερές πτέρνες. Πραγματοποιήθηκαν 6 ακτινομετρικές μετρήσεις σε όλες τις αριστερές πτέρνες σε πανοραμική και 4 σε πλάγια όψη.

Τα ακτινομετρικά αποτελέσματα των αριστερών πτερνών αποκάλυψαν ότι οι διαφορές μεταξύ των μέσων τιμών στα αρσενικά και τα θηλυκά άτομα ήταν σημαντικές ($p < 0.001$) για όλες τις μετρήσεις σε όλες τις περιπτώσεις. Η πιο αποτελεσματική μεταβλητή, όπως αποδεικνύεται από την άμεση διακρίνουσα στατιστική ανάλυση για τις αριστερές πτέρνες διαχώρισε το φύλο με επιτυχία σε 84.7% του δείγματος. Η καλύτερη πολυπαραγοντική εξίσωση χρησιμοποίησε δύο μεταβλητές με 82,6% ακρίβεια ταξινόμησης.

Παρόμοιες μελέτες αναφέρουν ανάλογα ποσοστά σωστής ταξινόμησης (Riepert et al., 1996) για Κεντρο-ευρωπαίους, αλλά και μεγαλύτερα (Zakaria et al., 2010), για Αιγυπτίους, σε σχέση με την παρούσα μελέτη. Και οι δύο αυτές μελέτες όμως χρησιμοποίησαν πολύ μεγαλύτερο δείγμα (800 και 204 άτομα αντίστοιχα), ενώ οι Riepert και συνεργάτες (1996) μέτρησαν και γωνίες.

Οι ακτινομετρικές μελέτες τόσο των μετακαρπίων όσο και των πτερνών είναι σαφώς περιορισμένες σε σχέση με τις οστεομετρικές μελέτες. Παρουσιάζει ενδιαφέρον το γεγονός ότι τελευταία έχουν πραγματοποιηθεί πολλές ακτινομετρικές μελέτες σε πληθυσμούς Αιγυπτίων (πχ Zakaria et al., 2010; Eshak et al. 2011; El Morsi και Al Hawary, 2013) και Τούρκων (πχ Sağır, 2006; Alicioğlu et al., 2009), πληθυσμών δηλαδή που λόγω θρησκευτικών περιορισμών δεν διαθέτουν οστεολογικές συλλογές αναφοράς για την ανάπτυξη μεθόδων με εφαρμογή στην ιατροδικαστική πρακτική. Η ιατρική απεικόνιση λοιπόν προσφέρει όχι μόνο μια εναλλακτική λύση αλλά πολλές φορές και τη μοναδική επιλογή για την διερεύνηση θανάτου όταν πρόκειται για ευαίσθητες κοινωνικές ομάδες που για θρησκευτικούς ή άλλους λόγους δεν επιτρέπουν πρόσβαση σε ανθρώπινα υπολείμματα.

8.3. Περιορισμοί της μελέτης.

Οι περιορισμοί της παρούσας μελέτης αφορούν στην αντιπροσωπευτικότητα του δείγματος και συγκεκριμένα στο μέγεθος του δείγματος, καθώς υπήρχαν για παράδειγμα σκελετοί των οποίων τα μετακάρπια οστά δεν ήταν όλα παρόντα. Επιπλέον, ο συνολικός αριθμός των αρρένων υπερερούσε ελάχιστα από εκείνων των θηλέων. Για να εξασφαλιστεί η εγκυρότητα των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκαν στατιστικές τεχνικές όπως η μέθοδος bootstrap για τον έλεγχο των διαστημάτων εμπιστοσύνης σε συνεχείς μεταβλητές (μετρήσεις στην παρούσα εργασία) αλλά και η διασταυρούμενη επικύρωση (cross-validation) για την αξιοπιστία των ποσοστών ταξινόμησης του πρότυπου

δείγματος. Με βάση τα παραπάνω μπορεί να θεωρηθεί πως η παρούσα μελέτη κατέληξε σε ασφαλή συμπεράσματα, ωστόσο ένα μεγαλύτερο δείγμα θα επαλήθευε τα ευρήματα της έρευνας και θα ελαχιστοποιούσε το σφάλμα δειγματοληψίας.

Ένας δεύτερος περιορισμός είναι η χρονολογία του δείγματος το οποίο αποτελείται από άτομα που απεβίωσαν μεταξύ του 1960 και 1998 και μπορεί κανείς να αμφισβητήσει το κατά πόσο είναι αντιπροσωπευτικός των σύγχρονων Κρητικών. Παρά το γεγονός ότι έχουν παρατηρηθεί αλλαγές στην ανθρώπινη βιολογία σε διάστημα πχ 50 χρόνων, η χρονική διαφορά του μεγαλύτερου μέρους του δείγματος δεν ξεπερνά τα 25-30 χρόνια και μπορεί να θεωρηθεί ότι οποιεσδήποτε αλλαγές στην μορφολογία του σκελετού θα ήταν ελάχιστες και όχι ικανές να τροποποιήσουν σημαντικά τα αποτελέσματα της παρούσας διατριβής. Λύση στο πρόβλημα αυτό θα μπορούσε να δοθεί με τη συλλογή δεδομένων από απεικονιστικές εξετάσεις που ελήφθησαν από ασθενείς για διαγνωστικούς λόγους, το οποίο και μπορεί να αποτελέσει αντικείμενο μεταδιδακτορικής έρευνας. Προς το παρόν η οστεολογική συλλογή της Κρήτης αποτελεί το καλύτερο διαθέσιμο δείγμα αναφοράς για τον πληθυσμό του νησιού και επομένως συνίσταται η χρήση των δεδομένων που προκύπτουν από μελέτες αυτής για εφαρμογή σε ιατροδικαστικά περιστατικά.

Σύμφωνα με την παρούσα μελέτη η ακτινομετρική μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εναλλακτική μέθοδος έναντι της οστεομετρικής σε περιπτώσεις ανεύρεσης σκελετικών υπολειμμάτων από μαζικές καταστροφές, διαμελισμένα ή απανθρακωμένα θύματα. Επίσης, αποτελεί μέθοδο εκλογής σε μοναδικό, ευαίσθητο αρχαιολογικό υλικό, καθώς δεν ενέχει τον κίνδυνο της καταστροφής τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο: Συμπεράσματα.

9. Συμπεράσματα.

Τα αποτελέσματα της παρούσας διατριβής συνοψίζονται ως εξής:

1. Οι εξισώσεις που προέκυψαν από τη Συλλογή της Αθήνας δεν είναι κατάλληλες για το δείγμα της Κρητικής Συλλογής που είναι και πιο αντιπροσωπευτικό του πραγματικού Κρητικού πληθυσμού. Επομένως, είναι σημαντικό να αναπτυχθούν ξεχωριστά πρότυπα για την εκτίμηση του φύλου για συγκεκριμένο πληθυσμό.
2. Η οστεομετρική μέθοδος των μετακαρπίων οστών και των πτερνών είναι επιτυχής για τον Κρητικό πληθυσμό, για τον οποίο δημιουργήθηκε πλέον μία βάση δεδομένων για τα ανθρωπομετρικά στοιχεία των συγκεκριμένων οστών για πρώτη φορά.
3. Ο προσδιορισμός του φύλου του ατόμου με βάση την οστεομετρική μέθοδο των μετακαρπίων έδωσε ποσοστά σωστής ταξινόμησης έως 81% για τις μονοπαραγοντικές και έως 85.1% για τις πολυπαραγοντικές εξισώσεις. Η εξίσωση με το μεγαλύτερο ποσοστό σωστής ταξινόμησης για τα αριστερά οστά σημειώθηκε για το MTC II (85.1%) με 3 μεταβλητές MLDDE, MLDM και MLDPE. Η εξίσωση με το μεγαλύτερο ποσοστό σωστής ταξινόμησης για τα δεξιά οστά σημειώθηκε για το MTC III (82.7%) με 3 μεταβλητές (MLM, MLDDE και APDM).
4. Ο προσδιορισμός του φύλου του ατόμου με βάση την οστεομετρική μέθοδο των πτερνών έδωσε ποσοστά σωστής ταξινόμησης των μονών μεταβλητών που κυμάνθηκε από 71.4% έως 82.4% για τις αριστερές πτέρνες, από 72% έως 80.3% για τις δεξιές πτέρνες και από 71% έως 81% για τις μέσες τιμές τους.
5. Ο προσδιορισμός του φύλου του ατόμου με την χρήση ψηφιακών ακτινογραφιών μετακαρπίων και πτερνών είναι δυνατή με σωστή ταξινόμηση έως και 89.4% και 84.7% αντίστοιχα.

6. Η ακτινομετρική μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εναλλακτική μέθοδος έναντι της οστεομετρικής σε περιπτώσεις ανεύρεσης σκελετικών υπολειμμάτων από μαζικές καταστροφές, διαμελισμένα ή απανθρακωμένα θύματα. Επίσης, αποτελεί μέθοδο εκλογής σε μοναδικό, ευαίσθητο αρχαιολογικό υλικό, καθώς δεν ενέχει τον κίνδυνο της καταστροφής τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: Βιβλιογραφία.

- Abdel Moneim W.M., Abdel Hady R.H. Abdel Maaboud, R.M., Fathy H.M., Hamed A.M., 2008. Identification of sex depending on radiological examination of foot and patella. *American Journal of Forensic Medicine and Pathology*, 29:136-40.
- Akansel G., Inan N., Kurtas O., Sarisoy H.T., Arslan A., Demirci A., 2008. Gender and the lateral angle of the internal acoustic canal meatus as measured on computerized tomography of the temporal bone. *Forensic Science International*, 178:93-95.
- Ampanozi G., Hatch G.M., Flach P.M., Thali M.J., Ruder T.D., 2015. Postmortem magnetic resonance imaging: Reproducing typical autopsy heart measurements. *Legal Medicine (Tokyo)*, 17(6):493-98.
- Anastopoulou A., Eliopoulos C., Valakos E.D., Manolis S.K., 2014. Application of Purkait's triangle method on a skeletal population from southern Europe. *Forensic Science International*, 245C:203.e1-203.e4.
- Angel J.L., 1943. Ancient cephalenians. The population of a Mediterranean island. *American Journal of Physical Anthropology*, 1:229-60.
- Angel J.L., 1944. Greek teeth ancient and modern. *Human Biology*, 16:283-97.
- Angel J.L., 1946. Skeletal changes in ancient Greece. *American Journal of Physical Anthropology*, 4:69-97.
- Angel J.L., 1966. Porotic hyperostosis, anemias, malaras, and marshes in the prehistoric Eastern Mediterranean. *Science*, 153:760-63.
- Angel J.L., 1971. *The People of Lerna: Analysis of a Prehistoric Aegean Population*. Washington, D.C: Smithsonian Institution Press.
- Argyropoulos E., Sassouni V., Xeniotou A., 1989. A comparative cephalometric investigation of the Greek craniofacial pattern through 4000 years. *The Angle Orthodontist*, 59:195-204.
- Argyropoulos E., Sassouni V., 1989. Comparison of the dentofacial patterns for native Greek and American-Caucasian adolescents. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 95:238-49.

- Arsuaga J.L., Carretero J.M., 1994. Multivariate analysis of the sexual dimorphism of the hip bone in a modern population and in early hominids. *American Journal of Physical Anthropology*, 93:241-57.
- Alıcıoğlu B., Yılmaz A., Karakaş H.M., Cigalı B.S., Çıkmaz S., Uluçam E., 2009. Sex determination by the interarticular distance of metacarpals and phalanges: a digital radiologic study in contemporary Turkish people. *Anatomy (International Journal of Experimental and Clinical Anatomy)*, 3:14-20.
- Barrès D.R., 1989. Age estimation from quantitation of features of "chest plate" X-rays. *Journal of Forensic Sciences*, 34:228-33.
- Barrier I.L., L'Abbé E.N., 2008. Sex determination from the radius and ulna in a modern South African sample. *Forensic Science International*, 179:85.E81-85.e87.
- Barrio, P.A., Trancho, G.J., Sanchez, J.A., 2006. Metacarpal Sexual Determination in a Spanish Population. *Journal of Forensic Sciences*, 51(5):990-95.
- Berrizbeitia, E.L., 1989. Sex Determination with the Head of the Radius. *Journal of Forensic Sciences*, 34(5):1206-13
- Bidmos M.A., Dayal M.R., 2003. Sex determination from the talus of South African Whites by discriminant function analysis. *American Journal of Forensic Medicine and Pathology*, 24: 322–28.
- Bidmos M.A. and Dayal M.R., 2004. Further evidence to show population specificity of discriminant function equations for sex determination using the talus of South African Blacks. *Journal of Forensic Sciences*, 49:1165–70.
- Bidmos M.A., Asala S.A., 2003. Discriminant function sexing of the calcaneus of the South African whites. *Journal of Forensic Sciences*, 48(6):1213-18.
- Bidmos M.A., Asala S.A., 2004. Sexual dimorphism of the calcaneus of South African blacks. *Journal of Forensic Science*, 49:446-50.
- Bidmos M.A., Steinberg N., Kuykendall K., 2005. Patella measurements of South African whites as sex assessors. *Homo*, 56:69-74.
- Binda M., Cattaneo C., Bogoni A., Fattorini P., Grandi M., 1999. Identification of human skeletal remains. Forensic radiology vs DNA. *Radiologia Medica*, p.97.

- Brogdon B.G., 2006. Forensic aspects of Radiology. In: Spitz W.U., Spitz D.J., Clark R., Fisher R.S., (Ed.). *Spitz And Fisher's Medicolegal Investigation Of Death: Guidelines For The Application Of Pathology To Crime Investigation*, 4th ed. Springfield, IL.
- Brogdon G., 1998. *Forensic Radiology*. CRC Press, LLC. Boca Raton, FL.
- Brown M.T., Wicker L.R., 2000. Discriminant analysis. In: Tisley HEA, Brown SD (Ed.). *Handbook of applied multivariate statistics and mathematical modeling*. Academic Press. San Diego, CA.
- Brown R.P., Ubelaker D.H., Schanfield M.S., 2007. Evaluation of Purkait's triangle method for determining sexual dimorphism. *Journal of Forensic Sciences*, 52:553-56.
- Bruzek J., Ferembach D., 1992. Fiabilité de la méthode visuelle de détermination du sexe à partir du bassin, proposée par le "Groupe de travail d'Anthropologues Européennes": application à l'os coxal. *Arch Antropol Etnol*, 72:146-61.
- Bruzek J., 2002. A method for visual determination of sex, using the human hip bone. *American Journal of Physical Anthropology*, p.117.
- Budinoff L.C., Tague R.G., 1990. Anatomical and developmental bases for the ventral arc of the human pubis. *American Journal of Physical Anthropology*, 82(1):73-79.
- Buikstra J.E., Ubelaker D., 1994. *Standards for data collection from human skeletal remains: Proceedings of a seminar at the field museum of natural history*. Archeological Survey Research Series No. 44. Fayetteville, AR.
- Burris B.G., Harris, E.F., 1998. Identification of race and sex from palate dimensions. *Journal of Forensic Sciences*, 43(5):959-63.
- Burrows, A.M., Zanella, V.P., Brown, T.M., 2003. Testing the validity of metacarpal use in sex assessment of human skeletal remains. *Journal of Forensic Sciences*, 48(1):17-20.
- Byers S.N., 2011. *Εισαγωγή στη Δικαστική Ανθρωπολογία*, 3η Έκδοση. Επιμέλεια Ελληνικής Έκδοσης: Κ.Μωραΐτης, Χ.Σπηλιοπούλου.
- Bytheway J.A., Ross A.H., 2010. A Geometric Morphometric Approach to Sex Determination of the Human Adult Os Coxa. *Journal of Forensic Sciences*, 55(4):859-64.
- Caldwell W.E., Moloy H.C., D'Esopo D.A., 1940. The more recent conceptions of the pelvic architecture. *American Journal of Obstetric Gynecology*, 40(4) 558-65.

- Case, T.D. and Ross, A.H., 2007. Sex determination from hand and foot bone lengths, *Journal of Forensic Sciences*, 52(2):264-70.
- Charisi D., Eliopoulos C., Vanna V., Koiliias C.G., Manolis S.K., 2011. Sexual Dimorphism of the Arm Bones in a Modern Greek Population. *Journal of Forensic Sciences*, 56(1):10-18.
- Coleman W.H., 1969. Sex differences in the growth of the human pelvis. *American Journal of Physical Anthropology*, 31:125-52.
- Cöloğlu A.S., Işcan M.Y., Yavuz M.F., Sari H., 1998. Sex determination from the ribs of contemporary Turks. *Journal of Forensic Sciences*, 43:273-76.
- Danborno B., Elukpo A., 2007. Sexual dimorphism in hand and foot length, indices. Stature-ratio and relationship to height in Nigerians. *The Internet Journal of Forensic Science* 3 (1).
- Dayal M., Bidmos M., 2005. Discriminating sex in South African blacks using patella dimensions. *Journal of Forensic Sciences*, 50:1294-97.
- Dean D.E., Tatarek N.E., Rich J., Brogdon B.G., Powers R.H., 2005. Human identification from the ankle with pre- and postsurgical radiographs. *Journal of Clinical and Forensic Medicine*, 12:5-9.
- Dedouit F., Bindel S., Gainza D., Blanc A., Joffre F., Rougé D., Telmon N., 2008. Application of the Iscan method to two- and three-dimensional imaging of the sternal end of the right fourth rib. *Journal of Forensic Sciences*. 53(2):288-95.
- Dedouit F., Telmon N., Costagliola R., Otal P., Joffre F., Rougé D., 2007. Virtual anthropology and forensic identification: Report of one case. *Forensic Science International* 173:182-87.
- Deshmukh A.G., Devershi D.B., 2006. Comparison of cranial sex determination by univariate and multivariate analysis. *Journal of the Anatomical Society of India*, 55:48-51.
- DeSilva R., Flavel A., Franklin D., 2014 Estimation of sex from the metric assessment of digital hand radiographs in a Western Australian population. *Forensic Science International*, 244:314.e1-7.
- Di Maio V.J.M., 2001. *Forensic Pathology*, 2nd Edition. CRC Press. . Raton, FL.

- Di Vella G, Campobasso C.P., Introna F.J., 1994. Skeletal sex determination by scapular measurements. *Bollettino Societa Italiana Biologia Sperimentale*, 70(12):299-305.
- Dittrick J., Myers Suchey J., 1986. Sex Determination of Prehistoric Central California Skeletal Remains Using Discriminant Analysis of the Femur and Humerus. *American Journal of Physical Anthropology*, 70:3-9.
- Duke J., García-Donas J.G., Osipov B., Kraniot E.F., 2014. Rib histomorphometry: Testing sampling and population errors on existing formulae. *American Journal of Physical Anthropology* 153 (S58):110.
- El Morsi DA., Al Hawary AA., 2013. Sex determination by the length of metacarpals and phalanges: X-ray study on Egyptian population. *Journal of Forensic and Legal medicine*, 20(1): 6-13.
- Eliopoulos C., Lagia A., Manolis S., 2007. A modern, documented human skeletal collection from Greece. *Homo*, 58:221-28.
- Eshak GA., Ahmad HM., Abdel Gaward EA., Gender determination from hand bones length and volume using multidetector computed tomography: a study in Egyptian people. *Journal of Forensic and Legal medicine*, 18(6):246-52.
- Evans K.T., Knight B., 1986. *Forensic Radiology*, Br J Hosp Med. 31:14-20.
- Falsetti A.B., 1995. Sex assessment from metacarpals of the human hand. *Journal of Forensic Sciences*, 40(5):774–76.
- Fan T., Chen X.G., Zhou X.R., Zhang Z.H. Deng Z.H., Wang H.X., 2008. Stature estimation from length of tibias and fibulas measured in computed radiography of living body. *Fa Yi Xue Za Zhi*, 24:118-21.
- Filigrana L., Laberke P., Ampanozi G., Schweitzer W., Thali M.J., Bonomo L., 2015. Role of post-mortem computed tomography (PMCT) in the assessment of the challenging diagnosis of pericardial tamponade as cause of death in cases with hemopericardium. *Radiologia Medica*, 120(8):723-30.
- Fisher R.A., 1936. The use of multiple measurements in taxonomic problems. *Annals of Eugenics*, 7(2):179-88.

- France D.L., 1998. Observational and metric analysis of sex in skeleton. In: Reichs K. (Ed), Forensic osteology. Advances in identification of human remains. p.163-86. Springfield, IL.
- Franklin D., Freedman L., Milne N., Oxnard C.E., 2007. A Geometric morphometric study of population variation in indigenous southern African crania. *American Journal of Human Biology*, 19:20-33.
- Gambaro L., 2013. *Sexual dimorphism of the thoracic vertebrae in a modern Cretan population: a comparison of the individual vertebrae in terms of accuracy in estimating sex*. Master's Thesis. School of Applied Sciences. Bournemouth University, UK.
- Gapert R., Black S., Last J., 2009. Sex determination from the foramen magnum: discriminant function analysis in an eighteenth and nineteenth century British sample. *International Journal of Legal Medicine*, 123:25-33.
- Garamendi P.M., Landa M.I., Botella M.C., Alemán I., 2011. Forensic age estimation on digital X-ray images: Medial epiphyses of the clavicle and first rib ossification in relation to chronological age. *Journal of Forensic Sciences*, 56 Suppl 1:e3-12.
- Garcia-Donas J.G., Dyke J., Paine R.R., Nathana D., Kranioti E.F., 2015. Accuracy and sampling error of two age estimation techniques using rib histomorphometry on a modern sample. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 25;38:28-35.
- García-Donas J.G., Aitken C., Titterington D., Karantanas A., Kranioti E.F. Sex estimation on Cranial Non-Metric Traits in a Contemporary Greek Population: Testing multiple logistic regression models. *Forensic Science International*, (in press).
- Giles E., Elliot O., 1963. Sex Discrimination by Discriminant Function Analysis of Crania. *American Journal of Physical Anthropology*, 21:53-68.
- Graw M., Czarnetzki A., Haffner H.T., 1999. The Form of the Supraorbital Margin as a Criterion in Identification of Sex From the Skull: Investigation Based on Modern Skulls. *American Journal of Physical Anthropology*, 108:91-96.

- Graw M., Schulz M., Wahl J., 2003. A simple morphological method for gender determination at the petrous portion of the os temporalis. *Forensic Science International, Suppl.* 136:165-66.
- Gualdi-Russo E., 2007. Sex determination from the talus and calcaneus measurements. *Forensic Science International*, 171:151–56.
- Hanihara K., 1959. Sex diagnosis of Japanese skulls and scapulae by means of discriminant functions. *Journal of the Anthropological Society of Nippon*, 67:21-27.
- Harma A., Karakas H.M., 2007. Determination of sex from the femur in Anatolian Caucasians: A digital radiological study. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 14:190-94.
- Hogge J.P., Messmer J.M., Fierro M.F., 1995. Positive identification by post-surgical defects from unilateral lambdoid synostectomy: a case report. *Journal of Forensic Sciences*, 40:688-91.
- Holland T.D., 1991. Sex assessment using the proximal tibia. *American Journal of Physical Anthropology*, 85:221-27.
- Holman D.J., Bennett K.A., 1991. Determination of sex using from arm bone measurements. *American Journal of Physical Anthropology*, 84:421-26.
- Huckenbeck W., Scheil H., Schmidt H.D., Efremovska L., Xirotiris N., 2001. Population genetic studies in the Balkans. II. DNA-STR-systems. *Anthropologischer Anzeiger*, 59:213-25.
- Hughey J.R., Paschou P., Drineas P., Mastropaolo D., Lotakis D.M, Navas P.A., Michalodimitrakis M., Stamatoyannopoulos J.A., George Stamatoyannopoulos G., 2013. A European population in Minoan Bronze Age Crete. *Nature Communications*, 4:1861.
- Introna F., Di Vella G., Campobasso C., 1998. Sex determination by discriminant analysis of patella measurements. *Forensic Science International*, 95(1):39-45.
- Introna F., Di Vella G., Campobasso C., Dragone M., 1997. Sex determination by discriminant analysis of Calcanei measurements. *Journal of Forensic Sciences*, 42:725–28.
- Ioannou I., 2015. *Testing the Validity of Cranial Non-Metric Traits in Forensic Anthropology*. Unpublished Master's Dissertation. School of Mathematics. University of Edinburgh, UK.

- İşcan M.Y., 1985. Osteometric analysis of sexual dimorphism in the sternal end of the rib. *Journal of Forensic Sciences*, 30:1090-99.
- İşcan M.Y., 2000. Anthropometry. In: Siegel J., Saukko P., Knupfer G., (Ed.). *Encyclopedia of Forensic Sciences*. London: Academic Press. p.284-90.
- İşcan M.Y., Derrick K., 1984. Determination of sex from the sacroiliac joint: A visual assessment technique. *Florida Scientist*, 44:94-98.
- İşcan M.Y., Loth S.R., 1986. Determination of age from the sternal rib in white females: a test of the phase method. *Journal of Forensic Sciences*, 31:990-99.
- İşcan M.Y., Loth S.R., Wright R.K., 1984a. Age estimation from the rib by phase analysis: white females. *Journal of Forensic Sciences*, 29:1094-104.
- İşcan M.Y., Loth S.R., Wright R.K., 1984b. Age estimation from the rib by phase analysis: white males. *Journal of Forensic Sciences*, 30:853-63.
- İşcan M.Y., Loth S.R., Wright R.K., 1987. Racial variation in the sternal extremity of the rib and its effect on age determination. *Journal of Forensic Sciences*, 32:452-66.
- İşcan M.Y., Miller-Shaivitz P., 1984. Determination of sex from femur in blacks and whites. *Collegium Antropologicum*, 8:169-77.
- İşcan M.Y., Steyn M., 1999. Craniometric assessment of population affinity in South Africans. *International Journal of Legal Medicine*, 112:91-97.
- Kahana T., Hiss J., 1997. Identification of human remains: forensic radiology. *Journal of Clinical Forensic Medicine*, 4:7-15.
- Kahana T., Hiss J., 1999. Forensic radiology. *British Journal of Radiology*, 72:129-33.
- Kahana T., Hiss J., 2002. Suprapelvic and pelvic phleboliths – a reliable radiographic marker for positive identification. *Journal of Clinical Forensic Medicine*, 9:115-18.
- Kahana T., Ravioli J.A., Urroz C.L., Hiss J., 1997. Radiographic identification of fragmentary human remains from a mass disaster. *American Journal of Forensic Medicine and Pathology*, 18:40-44.
- Kalmey J.K., Rathburn T.A., 1996. Sex determination by discriminant function analysis of the petrous portion of the temporal bone. *Journal of Forensic Sciences*, 41:865-67.

- Karakostis F.A., Zorba E., Moraitis K., 2014. Osteometric sex determination using proximal foot phalanges from a documented human skeletal collection. *Anthropologischer Anzeiger*, 71(4):403-427(25).
- Karakostis F.A., Zorba E., Moraitis K., 2015. Sexual Dimorphism of Proximal Hand Phalanges. *International Journal of Osteoarchaeology*, 25(5):733-742.
- Karell M.A., Langstaff H., Madentzoglou M., Halazonetis D.J., Kranioti E.F., 2015. Pair-matching Clavicles Using the Mesh-to-mesh Value Comparison Method. *Annual conference of the British Association for Human Identification, Manchester, 11th-13th December 2015* (Poster Presentation).
- Kellinghaus M., Schulz R., Vieth V., Schmidt S., Schmeling A., 2010. Forensic age estimation in living subjects based on the ossification status of the medial clavicular epiphysis as revealed by thin-slice multidetector computed tomography. *International Journal of Legal Medicine*. 124(2):149-54.
- Kemkes-Grottenthaler A., 2005. Sex determination by discriminant analysis: an evaluation of the reliability of patella measurements. *Forensic Science International*, 147:129-33.
- Khanpetch P., Prasitwattanseree S., Troy Case D., Mahakkanukrauh P., 2012. Determination of sex from the metacarpals in a Thai population, *Forensic Science International*, 217:229.e1–229.e8.
- Kieser J.A., Moggi-Cecchi J., Groeneveld H.T., 1992. Sex allocation of skeletal material by analysis of the proximal tibia. *Forensic Science International*, 56:29-36.
- Kim D.I., Kim Y.S., Lee U.Y., Han S.H., 2013. Sex determination from calcaneus in Korean using discriminant analysis. *Forensic Science International*, 10:228(1-3):177.e1-7.
- King C.A., İşcan Y.M., Loth S.R., 1998. Metric and Comparative Analysis of Sexual Dimorphism in the Thai Femur. *Journal of Forensic Sciences*, 43(5):954-58.
- Kirk N.J., Wood R.E., Goldstein M., 2002. Skeletal identification using the frontal sinus region: a retrospective study of 39 cases. *Journal of Forensic Sciences*, 47:318-23.
- Knight B., 1984. How radiography aids forensic medicine. *Radiography*, 50:5-10.
- Kralik M., Urbanova P., Wagenknechtova M., 2014. Sex assessment using clavicle measurements: inter- and intra-population comparisons. *Forensic Science International*, 234:181.e1-15.

- Kranioti E.F., İşcan M.Y., Michalodimitrakis M., 2008. Craniometric analysis of the modern Cretan population. *Forensic Science International*, 180(2-3):110.e1-5.
- Kranioti E.F., Michalodimitrakis, M., 2009. Sexual dimorphism of the humerus in contemporary Cretans. *Journal of Forensic Sciences*, 54(5):996-1000.
- Kranioti E.F., Bastir M., Sánchez-Meseguer A., Rosas A., 2009. The application of geometric-morphometrics in sex identification of the humerus for forensic purposes. *Forensic Science International*, 189(1-3):111.e1-8.
- Kranioti E.F., Vorniotakis N., Galiatsou C., İşcan M.Y., Michalodimitrakis M., 2009. Sex identification and software development using femoral radiographs. *Forensic Science International*, 189(1-3):113.e1-7.
- Kranioti E.F., 2009. *Identification of sex based on digital radiographs of the skeleton*. Doctoral Dissertation. University of Crete, School of Medicine, Heraklion, Greece.
- Kranioti E.F., García-Donas J.G., Langstaff H., 2014. Sex estimation of the Greek mandible with the aid of discriminant function analysis and posterior probabilities. *Romanian Journal of Legal Medicine*, 22(2):101-104.
- Kranioti E.F., Tzanakis N., 2015. Estimation of Sex from the Upper Limb in Modern Cretans with the Aid of ROC-Analysis: A Technical Report. *Forensic Research & Criminology International Journal*, 1(2): 00008.
- Kranioti E.F., Apostol M.A., 2015. Sexual dimorphism of the tibia in contemporary Greeks, Italians, and Spanish: forensic implications. *International Journal of Legal Medicine*, 129(2):357-363.
- Krogman W.M, İşcan M.Y., 1986. *The human skeleton in forensic medicine*, 2nd edition ed. Springfield, IL.
- Kvaal S.I., Kolltveit K.M., Thomsen I.O., Solheim T., 1995. Age estimation of adults from dental radiographs. *Forensic Science International*, 74:175-85.
- Lazenby R.A., 1994. Identification of sex from metacarpals: effect of side asymmetry. *Journal of Forensic Sciences*, 39(5):1188-94.
- Limdiwala P.G., Shah J.S., 2013. Age estimation by using dental radiographs. *Journal of Forensic Dental Sciences*, 5:118-22.

- Lynnerup N., Schulz M., Madelung A., Graw M., 2006. Diameter of the Human Internal Acoustic Meatus and Sex Determination. *International Journal of Osteoarchaeology*, 16:118-123.
- Maber M., Liversidge H.M., Hector M.P., 2006. Accuracy of age estimation of radiographic methods using developing teeth. *Forensic Science International*, 159:68-73.
- Mahfouz M., Badawi A., Merkl B., Abdel Fatah E.E., Pritchard E., Kesler K., Moore M., Jantz R., Jantz L., 2007. Patella sex determination by 3D statistical shape models and nonlinear classifiers. *Forensic Science International*, 173:161-70.
- Mall G., Hubig M., Büttner A., Kuznik J., Penning R., Graw M., 2001. Sex determination and estimation of stature from the long bones of the arm. *Forensic Science International*, 117:23-70.
- Manolis S.K., 1991. *Physicoanthropological study of the Bronze Age populations in Southern Greece*. In: Department of Biology. Athens: National & Kapodistrian University of Athens, Greece.
- Manolis, S.K., Eliopoulos, C., Koiliias, C.G., Fox, S.C., 2009. Sex determination using metacarpal biometric data from the Athens Collection. *Forensic Science International*, 193(1-3):130.e1-130.e6.
- Marlin D.C., Clark M.A., Standish S.M., 1991. Identification of human remains by comparison of frontal sinus radiographs: a series of four cases. *Journal of Forensic Sciences*, 36:1765-72.
- McCormick W.F., Stewart J.H., Greene H., 1991. Sexing of human clavicles using length and circumference measurements. *American Journal of Forensic and Medical Pathology*, 12:175-81.
- McCormick W.F., Stewart J.H., Langford L.A., 1985. Sex determination from chest plate roentgenograms. *American Journal of Physical Anthropology*, 68:173-79.
- McCormick W.F., Stewart J.H., 1983. Ossification patterns of costal cartilages as an indicator of sex. *Archives of Pathology and Laboratory Medicine*, 107:206-10.
- McCormick W.F., Stewart J.H., 1988. Age related changes in the human plastron: a roentgenographic and morphologic study. *Journal of Forensic Sciences*, 33:100-120.

- Moskovitch G., Dedouit F., Braga J., Rougé D., Rousseau H., Telmon N., 2010. Multislice computed tomography of the first rib: a useful technique for bone age assessment. *Journal of Forensic Sciences*, 55(4):865-70.
- Muñoz J.I., Liñares-Iglesias M., Suárez-Peñaranda J.M., Mayo M., Miguéns X., Rodríguez-Calvo M.S., Concheiro L., 2001. Stature estimation from radiographically determined long bone length in a Spanish population sample. *Journal of Forensic Sciences*, 46:363-66.
- Murphy A.M.C., 2002a. The talus: sex assessment of prehistoric New Zealand Polynesian skeletal remains. *Forensic Science International*, 128:155-58.
- Murphy A.M.C., 2002b. The calcaneus: sex assessment of prehistoric New Zealand Polynesian skeletal remains. *Forensic Science International*, 129:205-08.
- Murphy W.A., Spruill F.G., Ganter G.E., 1980. Radiological identification of unknown human remains. *Journal of Forensic Sciences*, 25:727-35.
- Musgrave J.H., Harneja N.K., 1978, The estimation of adult stature from metacarpal bone length. *American Journal of Physical Anthropology*, 48:113–20.
- Navani S., Shah J.R., Levy P.S., 1970. Determination of sex by costal cartilage calcification. *American Journal of Roentgenology and Radiography*, 108(4):771-74.
- Negre P., Nathena D., Kranioti E.F., 2013. Estimation du sexe à partir de l'ilium: test de la méthode bruzeck sur une population grecque. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, 26:S29.
- Nicopoulou-Karayianni K., Mitsea A.G., Horner K., 2007. Dental diagnostic radiology in the forensic sciences: two case presentations. *Journal of Forensic Odontostomatology*, 25:12-16.
- Norén A., Lynnerup N., Czarnetzki A., Graw M., 2005. Lateral angle: A method for sexing using the petrous bone. *American Journal of Physical Anthropology*, 128:318-23.
- Novotny V., İşcan M.Y., Loth S.R., 1993. *Morphologic and osteometric assessment of age, sex, and race from the skull*. In: İşcan MY, Helmer P. (Ed.). *Forensic analysis of the skull. Cranifacial analysis, reconstruction, and identification*. p.70-88. Wiley-Liss. New York, NY.

- O'Connor W.G., 1996. *The dimorphic sesamoid: differentiating the patella of females and males by height, width and thickness measurements*. Master's Thesis, University of South Carolina.
- Osipov B., Harvati K., Nathena D., Spanakis K., Karantanas A., Kranioti E.F., 2013. Sexual dimorphism of the bony labyrinth: A new age-independent method. *American Journal of Physical Anthropology*, 151(2):290-301.
- Ozer I., Katayama K., Sağır M., Güleç E., 2006. Sex determination using the scapula in medieval skeletons from East Anatolia. *Collegium Antropologium*, 30(2):415-19.
- Pao N.G., Pai L.M., 1988. Costal cartilage calcification pattern--a clue for establishing sex identity. *Forensic Science International*, 38:193-202.
- Papaioannou V., Joveneaux P., Nathena D., Kranioti E.F., Michalodimitrakis M., 2012. Sexual dimorphism of the scapula and the clavicle in modern Greeks. *Forensic Science International*, 217(1-3):231.e1-7.
- Papaloucas C., Fiska A., Demetriou T., 2008a. Sexual dimorphism of the hip joint in Greeks. *Forensic Science International*, 179:83.e81-83.e83.
- Paterson R.S., 1929. A radiological investigation of the epiphyses of the long bones. *Journal of Anatomy*, 64:28-46.
- Patriquin M.L., Steyn M., Loth, S.R., 2005. Metric analysis of sex differences in South African black and white pelves. *Forensic Science International*, 147:119-27.
- Peckmann T.R., Orr K., Meek S., Manolis S.K., 2015a. Sex determination from the calcaneus in a 20th century Greek population using discriminant function analysis. *Science and Justice*, 55:377-382.
- Peckmann T.R., Orr K., Meek S., Manolis S.K., 2015b. Sex determination from the talus in a contemporary Greek population using discriminant function analysis. *Forensic Legal Medicine*, 31;33:14-9.
- Phenice T.W., 1969. A newly developed visual method of sexing the os pubis. *American Journal of Physical Anthropology*, 30:297-301.
- Pickering, R., Bachman, D., 2009. *The Use of Forensic Anthropology*, 2nd ed. Taylor & Francis Group. Boca Raton, FL.
- Pike, S., 1997. The Wiener laboratory. *Paleopathological Association Newsletter*, 100, 8-9.

- Poulianos A., 1960: *The origin of the Greeks*. Ph.D Thesis at Moscow Institute of Anthropology; Reprinted in Athens in 1962, 1965, 1968, and 1988.
- Pretty I.A., Sweet D., 2001. A look at forensic dentistry--Part 1: The role of teeth in the determination of human identity. *British Dental Journal*, 190:359-66.
- Pretty I.A., 2007. Forensic dentistry: 1. Identification of human remains. *Dental Update* 34:621-622, 624-626, 629-630 passim.
- Purkait R., 2001. Measurements of ulna-a new method for determination of sex. *Forensic Science International*, 46:924-27.
- Purkait R., 2003. Sex determination from femoral head measurements: a new approach. *Legal Medicine*, 5:345-50.
- Purkait R., 2005. Triangle identified at the proximal end of femur: a new sex determinant. *Forensic Science International*, 147:135-39.
- Purkait R., Chandra H., 2004. A study of sexual variation in Indian femur. *Forensic Science International*, 146:25-33.
- Quatrehomme G., Fronty P., Sapanet M., Grévin G., Bailet P., Ollier A., 1996. Identification by frontal sinus pattern in forensic anthropology. *Forensic Science International*, 83:147-53.
- Rejtarová O., Slízová D., Smoranc P., Rejtar P., Bukac J., 2004. Costal cartilages--a clue for determination of sex. *Biomedical papers of the Medical Faculty of the University Palacký, Olomouc, Czechoslovakia*, 148:241-243.
- Riepert T., Drechsler T., Schild H, Nafe B., Mattern R., 1996. Estimation of sex on the basis of radiographs of the calcaneus. *Forensic Science International*, 77:133-40.
- Roberts, C., Bourbou, C., Lagia, A., Triantaphyllou, S., Tsaliki, A., 2005. *Health and disease in Greece: past, present and future*. In: King, H. (Ed.), *Health in Antiquity*. pp. 32–57. Edinburgh University Press, Edinburgh, UK.
- Robling A.G., Ubelaker D.H., 1997. Sex estimation from the metatarsals. *Journal of Forensic Sciences*, 42(6);1062-69.
- Rogers N.L., Flournoy L.E., McCormick W.F., 2000. The rhomboid fossa of the clavicle as a sex and age estimator. *Journal of Forensic Sciences*, 54:61-67.

- Sacragi A., Ikeda T., Terada H., 1993. Fibulo-tibial weight index--a new criterion for sex identification based on the lower leg bones. *ACTA Anatomica*, 147:193-96.
- Sağır M., 2006. Estimation stature from X-rays of metacarpals in the Turkish population. *Anthropologischer Anzeiger*, 64:377-88.
- Sakaue K., 2011. Sex Assessment from the Talus and Calcaneus of Japanese. *Bulletin of the National Science Museum Series D*, 37:35–48.
- Scheil H., Scheffrahn W., Schmidt H.D., Huckenbeck W., Efremovska L., Xirotiris N., 2001. Population genetic studies in the Balkans. I. Serum proteins. *Anthropologischer Anzeiger*. 59:203-11.
- Scheuer J.L., Elkington N.M., 1993. Sex determination from metacarpals and the first proximal phalanx, *Journal of Forensic Sciences*, 38(4):769–778.
- Schneider P., Aanthakrishnan R., Walter H., Xirotiris N., Abele R., 1975. Enzyme polymorphisms and haemoglobin variants in Greeks. *Humangenetik*, 27:217-22.
- Schulter-Ellis F.P., Hayek L.C., Schmidt D.J., 1985. Determination of Sex with a Discriminant Analysis of New Pelvic Bone Measurements: Part II. *Journal of Forensic Sciences*, 30(1):178-85.
- Sequeira D.I., Ebert L.C., Flach P.M., Ruder T.D., Thali M.J., Ampanozi G., 2015. The correlation of epicardial adipose tissue on postmortem CT with coronary artery stenosis as determined by autopsy. *Forensic Science Medicine and Pathology*, 11(2):186-92.
- Sidler M., Jackowski C., Dirnhofer R., Vock P., Thali M., 2007 Use of multislice computed tomography in disaster victim identification--advantages and limitations. *Journal of Forensic Sciences*, 169:118-28.
- Silva A.M. 1995. Sex assessment using the calcaneus and the talus. *Anthropologia Portuguesa*, 13:107–19.
- Simpson E.K., James R.A., Eitzen D.A., Byard R.W., 2007. Role of orthopedic Implants and bone morphology in the identification of human remains. *Journal of Forensic Sciences*, 52:442-48.
- Singh S., Potturi B.R., 1978. Greater sciatic notch in sex determination. *Journal of Anatomy*, 125(3):619-24.

- Šlaus M., Strinović D., Pećina-Šlaus N., Brkić H., Baličević D., Petrovečki V., Pećina T., 2007. Identification and analysis of human remains recovered from wells from the 1991 War in Croatia, *Forensic Science International*, 171:37-43.
- Smith S.L., 1996. Attribution of hand bones to sex and population groups. *Journal of Forensic Sciences*, 41(3):469–77.
- Smith S.L., 1997. Attribution of foot bones to sex and population groups. *Journal of Forensic Sciences*, 42:186-95.
- Sokol R.R., Rohlf F.J., 1973. Introduction to Biostatistics. W.H. Freeman. San Francisco, CA.
- Sokal R.R., Rohlf F.J., 1998. *Biometry*, 3rd ed. W. H. Freeman and Company. New York, NY.
- Song H.W., Lin Z.Q., Jia J.T., 1992. Sex diagnosis of Chinese skulls using multiple stepwise discriminant function analysis. *Forensic Science International*, 54:135-40.
- Spradley K.M., Jantz R.L., 2011. Sex Estimation in Forensic Anthropology: Skull Versus Postcranial Elements. *Journal of Forensic Sciences*, 56(2):289-96.
- Steele D.G., 1976. The estimation of sex on the basis of the talus and calcaneus. *American Journal of Physical Anthropology*, 45:581-88.
- Stein K.M., Grünberg K., 2009. Forensische Radiologie. *Radiologe*, 49:73-86.
- Stewart, T.D. 1976. *Identification by skeletal structures*. In: Camps, F.E., ed. Gradwohl's Legal Medicine, Chapter 9. John Wright and Sons. Bristol, UK
- Stewart, T.D., 1979. *Essentials of Forensic Anthropology*. Charles C Thomas. Springfield, IL.
- Steyn M., İşcan M.Y., 1998. Sexual dimorphism in the crania and mandibles of South African whites. *Forensic Science International*, 98:9-16.
- Steyn M., İşcan M.Y., 2008. Metric sex determination from the pelvis in modern Greeks. *Forensic Science International*, 179:86.e81-86.e86.
- Stojanowski, C.M, 1999. Sexing potential of fragmentary and pathological metacarpals, *American Journal of Physical Anthropology*, 109:245-52.
- Sudimack J.R., Lewis B.J., Rich J., Dean D.E., Fardal P.M., 2002. Identification of decomposed human remains from radiographic comparisons of an unusual foot deformity. *Journal of Forensic Sciences*, 47:218-20.
- Sutherland L.D., Suchey J.M., 1991. Use of the ventral arc in pubic sex determination. *Journal of Forensic Sciences*, 36:501-11.

- Tague R.G., 2007. Costal process of the first sacral vertebra: sexual dimorphism and obstetrical adaptation. *American Journal of Physical Anthropology*, 132:395-405.
- Tang J.P., Hu D.Y., Jiang F.H., Yu X.J., 2008. Assessing forensic applications of the frontal sinus in a Chinese Han population. *Forensic Science International*, 10;183(1-3):104.e1-3.
- Tatarek N.E., Lease L.R., 1996. *Further statistical analysis of differentiating sex from the Patella*. In: 3rd Annual Meeting of the Midwest Bioarcheology and Forensic Anthropology Association. Michigan University, Kalamazoo, MI.
- Thali M.J., Yen K., Plattner T., Schweitzer W., Vock P., Ozdoba C., Dirnhofer R., 2002. Charred body: virtual autopsy with multi-slice computed tomography and magnetic resonance imaging. *Journal of Forensic Sciences*, 47:1326-31.
- Thevissen P., Fieuws S., Willems G., 2009a. Human dental age estimation using third molar developmental stages: does a Bayesian approach outperform regression models to discriminate between juveniles and adults? *International Journal of Legal Medicine* [Epub ahead of print].
- Thevissen P.W., Pittayapat P., Fieuws S., Willems G., 2009b. Estimating Age of Majority on Third Molars Developmental Stages in Young Adults from Thailand Using a Modified Scoring Technique. *Journal of Forensic Sciences*, 54:428-32.
- Torwald C.R., Hoppa R.D., 2005. A test of sex determination from measurements of chest radiographs. *Journal of Forensic Sciences*, 50:785-90.
- Tsilivakos M.G., Manolis S.K., Vikatou O., and Papagrigrakis M.J., 2002. Periodontal disease in the Mycenaean (1450-1150 BC) population of Aghia Triada, W. Peloponnese, Greece. *International Journal of Anthropology*, 17(2): 91-100.
- Uberlaker D.H., Volk C.G., 2002. A test of the phenice method for the estimation of sex. *Journal of Forensic Sciences*, 47:19-24.
- Wahl J., Graw M., 2001. Metric sex differentiation of the pars petrosa ossis temporalis. *International Journal of Legal Medicine*, 114:215-23.
- Walsh M., Reeves P., Scott S., 2004. When disaster strikes; the role of the forensic radiographer. *Radiography*, 10:33-43.

- Wheatley B.P., 2005. An evaluation of sex and body weight determination from the proximal femur using DXA technology and its potential for forensic anthropology. *Forensic Science International*, 147:141-45.
- Wilbur A.K., 1998. The utility of hand and foot Bones for the determination of sex and the estimation of stature in a Prehistoric population from West-Central Illinois. *International Journal of Osteoarchaeology*, 8:180-191.
- Williams B.A., Rogers T.L., 2006. Evaluating the accuracy and precision of cranial morphological traits for sex determination. *Journal of Forensic Sciences*, 51(4):729-35.
- Winklhofer S., Surer E., Ampanozi G., Ruder T., Stolzmann P., Elliott M., Oestreich A., Kraemer T., Thali M., Alkadhi H., Schweitzer W., 2014. Post-mortem whole body computed tomography of opioid (heroin and methadone) fatalities: frequent findings and comparison to autopsy. *European Journal of Radiology*, 24(6):1276-82.
- Wiredu E.K., Kumoji R., Seshadri R., Biritwum R.B., 1999. Osteometric analysis of sexual dimorphism in the sternal end of the rib in a west African population. *Journal of Forensic Sciences*, 44:921-25.
- Wood R.E., 2006. Forensic aspects of maxillofacial radiology. *Forensic Science International*, 159:47-55.
- Xirotiris N., Henke W., Symeonidis N., 1979. The M3 of Megalopolis--a contribution to its morphological characterization. *Zeitschrift für Morphologie und Anthropologie*, 70:117-122.
- Yen K., Vock P., Christe A., Scheurer E., Plattner T., Schön C., Aghayev E., Jackowski C., Beutler V., Thali M., Dirnhofer R., 2007. Clinical forensic radiology in strangulation victims: forensic expertise based on magnetic resonance imaging (MRI) findings. *International Journal of Legal Medicine*, 121:115-23.
- Zanella V.P., Brown T.M., 2003. Testing the validity of metacarpal use in sex assessment of human skeletal remains. *Journal of Forensic Sciences*, 48:17-20.
- Zhang Z.H., Chen X.G., Li W.K., Yang S.Q., Deng Z.H., Yu J.Q., Yang Z.G., Huang L., 2008. Sex determination by discriminant analysis of calcaneal measurements on the lateral

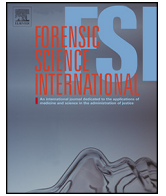
digital radiography. *Fa Yi Xue Za Zhi*, 24:122-125.

Zhou X.R., Shu Y.K., Chang Y.F., Deng Z.H., Zhang Z.H., Chen X.G., Yu J.Q., Huang L., 2007. Stature estimation from upper extremity long bones by digital radiography. *Fa Yi Xue Za Zhi*, 23:418-23.

Zorba E., Moraitis K., Manolis S.K., 2011. Sexual dimorphism in permanent teeth of modern Greeks. *Forensic Science International*, 210:74–81.

Ξυροτήρης Ν.Ι., 1971. 'Ιδαι Παρατηρήσεις επί της Κατανομής των Συχνοτήτων των Ομάδων του Αίματος εις τους Πομάκους. In. Θεσσαλονίκη.

Δημοσίευση



Forensic Anthropology Population Data

Sexual dimorphism of the metacarpals in contemporary Cretans: Are there differences with mainland Greeks?

Despoina Nathena^a, Laura Gambaro^a, Nikolaos Tzanakis^b, Manolis Michalodimitrakis^a, Elena F. Kranioti^{a,c,*}^a Department of Forensic Sciences, Medical School, University of Crete, Heraklion, Greece^b Department of Thoracic Medicine, Medical School, University of Crete, Heraklion, Greece^c Forensic Anthropology, School of History, Classics and Archaeology, University of Edinburgh, Scotland, UK

ARTICLE INFO

Article history:

Received 8 December 2014

Received in revised form 22 June 2015

Accepted 12 September 2015

Available online 25 September 2015

Keywords:

Forensic anthropology population data

Metacarpals

Sex estimation

Crete

Greece

ABSTRACT

Sex in the adult skeleton can usually be reliably determined through an assessment of features found on the pelvis and cranium. In the lack of these elements it is necessary to elaborate other methods to establish sex in skeletonised remains recovered in forensic cases. Standards for other bones (e.g. humerus, metacarpals and metatarsals) have already been established for the Greek population. The aim of this study is to determine whether the standards for metacarpals provided from a study on the Athens collection are representative of a modern Cretan population.

Using a digital caliper we took 7 measurements on each one of the left and right metacarpal bones of 108 adult individuals from a modern collection from Crete. Totally twenty formulae for left and right bones created from the Athens collection were used to sex the sample of this study.

The overall classification accuracy obtained for our sample was very close to the cross-validated accuracy reported by the authors. However, looking at the classification accuracy for males and females, a consistent trend for low classification rates in females was observed. New formulae were developed for the Cretan sample yielding up to 85% classification accuracy.

This study clearly indicates that the standards for metacarpals developed from the Athens collection are not appropriate for application in forensic cases for the island of Crete as they do not represent the local population efficiently. This may hold true for other regions of Greece thus great caution should be taken when applying these standards. Obviously more research is needed to confirm these results.

© 2015 Elsevier Ireland Ltd. All rights reserved.

1. Introduction

When identifying human remains in a forensic or archaeological setting, estimation of sex is unquestionably the primary task. Sexing a complete skeleton can be a fairly easy process however this is rarely the case in forensic settings [1]. Scavenging and severe fragmentation can seriously impede reliable sex estimation. Single fragments and small bones can be recovered far away from the crime/death scene and often they are not associated with the rest of the body. Such circumstances highlight the importance to have multiple alternative methods for sex estimation using different skeletal elements. Metacarpals [e.g. 2], metatarsals [e.g. 3]

phalanges [4], patella [5] and vertebrae [6] have been studied and proven to be useful in that aspect. Herein we are particularly interested in metric standards developed from the metacarpals.

Scheuer and Elkington [2] developed a sex estimation method based on six measurements for each metacarpal (MTC); inter-articular length, mediolateral width of the base, anteroposterior width of the base, mediolateral width of the head, anteroposterior width of the head, and maximum midshaft diameter. Their study was conducted on a contemporary British sample of 60 individuals and resulted in sex allocation rates between 74% and 94%, with MTC I being the best predictor. Ever since, the method was tested [7] and modified [4,8] by several authors.

Falsetti [4] verified the existence of sexual dimorphism in metacarpals by applying a modification of the previous method in a sample from the Terry collection. Interestingly he found significant differences only in metacarpals II, IV and V with accuracy rates ranging between 84.37% (MTC V), and 92.0% (MTC II). After validation with two independent samples he concluded

* Corresponding author at: Edinburgh Unit for Forensic Anthropology, School of History, Classics and Archaeology, University of Edinburgh Old Medical School, Teviot Place, Edinburgh, EH8 9AG Tel.: +44 0 131 6502368; fax: +44 0 131 651 3070.
E-mail address: elena.kranioti@ed.ac.uk (E.F. Kranioti).

that the formulae may be used to identify metacarpals of unknown population affinity.

Stojanowski [9] used a sample from the University of Mexico ($n = 80$) to generate 35 linear discriminant functions for metacarpals, seven for each bone. Accuracies ranged between 75% and 90% for the validation sample with metacarpal IV being the most successful. A later study by Burrows et al. [10] tested the methods of Scheuer and Elkington [2], Falsetti [4], and Stojanowski [9] using a sample of 23 modern Americans. Stojanowski's [9] approach performed best compared to the other two in the aforementioned study [10]. Similarly Barrio et al. [7] used 79 individuals from a modern Spanish sample achieving accuracies up to 91% accuracy (for the left metacarpal II).

Studies on the sexual dimorphism were also become popular in Asia. In 2012, Khanpetch and colleagues [8] developed metric standards for sex estimation from metacarpals based on a modern population from Chang Mai, Thailand. The authors used binary logistic regression and receiver operating characteristics (ROC) analysis to create equations for sex estimation from each metacarpal for both left and right side. According to their results the best sex indicator for the left side was MTC II (89.8%) and for the right side MTC V (89.3%).

Lazenby [11] tested bilateral asymmetry on the second metacarpals on a sample of 19th Century Canadians and found significant differences between left and right bones. The right metacarpal II provided the highest accuracy in males, exceeding 90%. Smith [12] also found significant changes between right and left bones, however the left metacarpals performed better in this study. A paper on the hand length of a Nigerian population also reports bilateral asymmetry [13].

In a recent study, Manolis et al. [14] applied seven dimensions, previously defined by others [1,4,12] to a Greek population ($n = 151$) from the Athens Collection. Accuracies ranged between 79.6%–88.9% for the left, and 80.2%–88.9% for the right metacarpals, with the highest discriminations found in the left metacarpal I, and the right metacarpal V.

It is obvious that the previous studies differ greatly in their findings without any apparent logic (sometimes MTC II is the best sex indicator for the left side and MTC V is the best sex indicator for the right side), which may be simply reflecting a sample effect rather than population differences. The goal of this study is to test the equations developed by Manolis et al., [14] for the Greek population using a sample from the Cretan collection. So far there are no studies looking at the expression of skeletal sex dimorphism between different regions of Greece. Cretans are inhabitants of an island mostly occupied in rural activities while the Athens sample is a mixed population deriving most probably from many different regions of Greece. There is a scope in testing whether the standards provided by the previous study can be applicable in Crete.

2. Material and methods

A total of 814 metacarpals from 108 skeletons (51 males and 47 females) were employed in this study. The skeletons belong to the Cretan collection, a modern osteological collection housed at the Department of Forensic Sciences of the University of Crete [15]. Seven measurements were following Manolis et al. [14] as defined by Scheuer and Elkington [2], Falsetti [4], and Smith [12]. The measurements were taken with a digital sliding caliper (Mitutoyo).

Bilateral asymmetries were tested using student's *T*-test. A one-way ANOVA was carried out to explore differences between the two sexes ($p < 0.05$). Sexual dimorphic index (SDI) was calculated following Ricklan and Tobias [16].

Stepwise discriminant function analysis was used (Method: Wilk's lambda with $F = 3.84$ to enter and $F = 2.71$ to remove) to select the combination of variables that best discriminate males and females. Several combinations of selected variables were subjected to direct discriminant function analysis to develop sex estimation formulae for the metacarpals. Univariate discriminant function analysis was also carried out for all measurements.

A standard leave-one-out classification procedure was applied, in order to compare the accuracy rate of the original sample and

Table 1
Bilateral asymmetries for all measurements in metacarpals from the Cretan population.

		MTC1 (N=36)		MTC2 (N=69)		MTC3 (N=60)		MTC4 (N=48)		MTC5 (N=31)		
ML	L	MEAN	44.41	$t = -1.11$	66.61	*t = -2.41	65.17	$t = -1.7$	55.29	$t = -1.18$	51.94	$t = 0.44$
		SD	3.246		4.534		4.147		3.722		3.830	
	R	MEAN	44.60		66.93		65.46		55.42		51.85	
		SD	3.053		4.644		4.414		3.751		3.657	
MLDDE	L	MEAN	15.69	$t = -1.24$	14.94	*t = -4.61	14.42	*t = -4.98	12.32	*t = -4.18	12.18	*t = -2.79
		SD	1.356		1.105		1.209		1.078		0.902	
	R	MEAN	15.85		15.27		14.84		12.60		12.49	
		SD	1.571		1.194		1.337		0.967		0.935	
APDDE	L	MEAN	13.33	$t = 1.07$	14.54	$t = -1.7$	14.06	*t = -2.25	12.24	*t = -3.39	11.57	$t = -1.69$
		SD	1.384		1.229		1.129		0.916		1.074	
	R	MEAN	13.16		14.32		14.32		12.58		11.83	
		SD	1.369		1.404		1.393		0.993		0.744	
MLMD	L	MEAN	11.59	*t = -3.44	8.20	*t = -3.09	8.15	*t = -2.41	6.36	*t = -2.47	7.27	*t = -2.69
		SD	1.180		0.851		0.719		0.862		0.735	
	R	MEAN	11.89		8.57		8.29		6.53		7.57	
		SD	1.290		1.416		0.762		0.786		0.916	
APDM	L	MEAN	8.24	$t = -0.43$	8.82	*t = -5.64	8.94	*t = -8.33	7.11	*t = -4.93	6.60	*t = -4.63
		SD	0.881		0.997		0.807		0.801		0.705	
	R	MEAN	8.29		9.23		9.46		7.37		7.08	
		SD	0.933		0.996		0.959		0.764		0.780	
MLDPE	L	MEAN	15.57	$t = -0.58$	18.19	$t = -0.035$	13.91	*t = -2.98	11.80	$t = -0.26$	13.52	$t = -0.64$
		SD	1.174		1.686		1.279		1.067		0.901	
	R	MEAN	15.65		18.20		14.30		11.82		13.60	
		SD	1.207		1.534		1.452		1.247		0.882	
APDPE	L	MEAN	15.73	$t = 0.93$	16.14	*t = -4.7	16.43	*t = -2.83	12.19	*t = -4.57	11.29	$t = -0.02$
		SD	1.428		1.406		1.323		1.259		1.159	
	R	MEAN	15.56		16.66		16.75		12.71		11.28	
		SD	1.431		1.437		1.300		1.335		1.199	

* $p < 0.01$, Bold values indicate a higher mean value for the left side measurements.

the one created by cross-validation. This procedure classifies all individual bones, by applying to each one of them the functions derived from all samples with the exception of one. The closest the cross-validated accuracy to the original accuracy the more reliable is the method. Data analysis was carried out using the discriminant function subroutines of SPSS 19.0

3. Results

3.1. Bilateral asymmetries

Table 1 shows the results of the paired student's *T*-test. According to these results there are no differences between the mean values of left and right first metacarpal variables at $p < 0.05$ (Except MLMD). Therefore we decided to use the mean values of the measurements for developing the standards for metacarpal I.

However right metacarpals II–V demonstrate consistent higher mean values for all measurements (with the exception of APDDE for MTC II and ML for MTC V). These differences are statistically significant at the level of $p < 0.05$. This contradicts the results on Manolis et al., [14] who found no statistically significant differences between left and right mean values in their sample. For metacarpals II–V separate equations for left and right bones were developed.

3.2. One way ANOVA and sexual dimorphic index (SDI)

Descriptive statistics of 7 measurements and the associated univariate *F*-ratio to measure the differences between the sexes are shown in Table 2. For metacarpal I we found no significant differences between right and left thus we used the mean values for comparison between males and females. For the rest of the

Table 2
Means, Standard deviations and *F*-ratios and SDI for all the variables of left and right metacarpals in modern Cretans.

Left	Metacarpal II					Metacarpal III						
	Males (N=59)		Females (N=43)		F-VALUE	SDI	Males (N=52)		Females (N=48)		F-VALUE	SDI
	Mean	SD	Mean	SD			Mean	SD	Mean	SD		
MLM	68.3	3.86	63.74	3.51	36.32	6.68	67.11	3.62	62.1	2.82	54.44	7.46
MLDDEM	15.52	1.01	14.02	0.91	58.34	9.64	14.96	1.03	13.56	1.02	43.39	9.36
APDDEM	14.97	1.01	13.79	1.05	32	7.84	14.61	1.11	13.38	0.71	39	8.43
MLDMM	8.54	0.75	7.57	0.54	51.94	11.38	8.36	0.63	7.66	0.57	31.72	8.41
APDMM	9.21	0.87	8.26	0.68	35.76	10.34	9.34	0.78	8.39	0.53	46.73	10.23
MLDPEM	18.99	1.31	16.79	1.04	83.07	11.59	14.45	1.11	13.05	0.81	46.87	9.66
APDPEM	16.74	1.36	15.41	1.19	26.46	7.97	17.02	1.17	15.36	0.86	59.86	9.8
Right	Males (N=60)		Females (N=48)		F-VALUE	SDI	Males (N=59)		Females (N=43)		F-VALUE	SDI
	Mean	SD	Mean	SD			Mean	SD	Mean	SD		
	MLM	68.35	4.02	64.15	3.56	32.15	6.14	67.52	3.92	62.25	3.69	46.79
MLDDEM	15.61	1.08	14.37	1.13	33.33	7.9	15.35	1.18	13.87	1.02	44.47	9.66
APDDEM	14.78	1.18	13.57	1.01	32.1	8.23	14.92	1.46	13.5	1.13	29.09	9.54
MLDMM	8.89	1.44	7.9	0.63	19.59	11.11	8.57	0.64	7.96	1.52	6.99	7.15
APDMM	9.51	0.86	8.69	0.83	24.9	8.61	9.87	0.89	8.77	0.62	49.47	11.09
MLDPEM	18.89	1.45	17.2	1.04	46.29	8.95	14.73	1.4	13.5	1.01	24.56	8.35
APDPEM	17.18	1.25	15.77	1.23	34.65	8.23	17.26	1.2	15.75	1.03	44.1	8.74
Left	Metacarpal IV					Metacarpal V						
	Males (N=46)		Females (N=40)		F-VALUE	SDI	Males (N=39)		Females (N=27)		F-VALUE	SDI
	Mean	SD	Mean	SD			Mean	SD	Mean	SD		
MLM	57.17	3.29	52.97	2.94	38.11	7.34	53.9	3.07	50.15	2.63	26.03	6.96
MLDDEM	13.04	0.85	11.72	0.94	45.96	10.12	12.53	0.93	11.6	0.85	16.94	7.45
APDDEM	12.88	0.87	11.72	0.68	45.38	9	12	0.79	11.15	1	14.24	7.08
MLDMM	6.82	0.79	6	0.52	31.54	12.09	7.55	0.73	6.88	0.69	14.33	8.99
APDMM	7.66	0.67	6.63	0.53	60.73	13.48	7	0.57	6.37	0.8	14.11	9.05
MLDPEM	12.43	0.98	11.24	0.92	33.17	9.62	14.1	1.1	12.89	0.77	24.58	8.6
APDPEM	12.95	1.15	11.57	0.94	36.53	10.71	11.61	0.96	10.66	1.12	13.6	8.2
Right	Males (N=40)		Females (N=41)		F-VALUE	SDI	Males (N=40)		Females (N=41)		F-VALUE	SDI
	Mean	SD	Mean	SD			Mean	SD	Mean	SD		
	MLM	57.33	3.37	53.59	2.96	27.9	6.53	53.12	3.28	50.27	2.59	13.65
MLDDEM	13.14	0.8	12	0.82	39.68	8.68	12.7	0.81	11.92	0.85	12.81	6.11
APDDEM	13.21	0.8	12.06	0.77	42.81	8.69	12.17	0.75	11.45	0.73	13.75	5.87
MLDMM	6.96	0.61	6.08	0.61	41.7	12.65	7.87	1.02	7.25	0.77	7.22	7.88
APDMM	7.99	0.68	7.02	0.47	57.05	12.2	7.41	0.71	6.82	0.66	11.31	8
MLDPEM	12.5	1.14	11.34	1.11	21.55	9.29	13.97	0.84	13.15	0.82	14.38	5.89
APDPEM	13.34	1	12.18	1.07	24.89	8.64	11.97	0.95	10.7	0.93	27.14	10.63
Mean	METACARPAL I					F-VALUE	SDI					
	Males (N=58)		Females (N=49)									
	Mean	SD	Mean	SD	MLM	46.34	3.96	42.78	2.4	30.13	7.68	
MLDDEM	16.52	1.56	15.12	1.12	27.51	8.49						
APDDEM	14.06	1.36	12.63	0.98	37.96	10.19						
MLDMM	12.49	1.26	10.83	0.87	61.17	13.31						
APDMM	8.97	0.98	7.78	0.66	52.14	13.21						
MLDPEM	16.31	0.97	14.97	0.99	48.71	8.16						
APDPEM	16.27	1.45	15.33	1.49	10.81	5.77						

bones we analysed separately left and right bones. The differences between the means in males and females were significant ($p < 0.001$) for all measurements in all cases. Sexual Dimorphic Index was calculated for every variable and ranged from 5.37 to 14.33. MLDM and APDM have shown consistently high values while ML showed consistently low values in all metacarpals.

3.3. Efficiency of the Athens standards for the Cretan sample

We tested all the formulae proposed by Manolis et al., [14] which were developed for a mixed population from Athens (ATH). The results are summarised in Table 3. According to our calculations the ATH formulae seem to classify the Cretan sample reasonably well if compared with the cross-validated results and the test sample in Manolis's paper. However once the accuracy is broken down in male and female groups it becomes evident that Cretan females are misclassified as male in very high percentages. For instance Formulae 1 for the Metacarpal I when applied to the Cretans classifies correctly 73.6% of the total sample which is reasonably close to the overall 86.2% reported by the authors; however it classifies correctly 35/36 males (97.6%) and only 18/36 females (50%). The same pattern is repeated for F2 for MTC1 where the classification accuracy for females does not exceed 9% (3/36). It is evident that the formulae developed from the Athens collection are not appropriate for the Cretan sample which is more representative of the actual Cretan population. Thus it is important

to develop separate standards for sex estimation for the given population.

3.4. Univariate discriminant functions

Table 4 demonstrates the demarking points and the classification accuracy for single dimensions. For example, a maximum length of left MTC II smaller than 66 mm is assigned as female while a length greater than that is assigned as male. The most effective single dimension, as demonstrated by direct discriminant analysis for MTC I, were MLDM and APDM (77.6%), for left MTC II was MLDP (85.3%) for left MTC III was APDP (78.7%) etc. The best univariate equation was based on the left MTC II (85.3%) followed by the right metacarpal IV (81.5%). Note that demarking values for metacarpal I are calculated from the mean values of the specimens while for metacarpals II-V separate univariate equations were developed for right and left bones. Univariate equations with less than 70% overall accuracy were omitted from Table 4 as they are of limited value for forensic applications.

3.5. Multivariate discriminant functions

Multivariate discriminant functions and classification accuracy for left and right metacarpals in modern Cretans are presented in Table 5. The best equation for MTC I yielded 84% classification accuracy using the mean values of three variables (MLDM, APDM

Table 3
Classification accuracy of the Cretan sample using all four equations developed from the Athens collection for left and right metacarpals.

	F1			F2			F3			F4		
	N	%	ATH	N	%	ATH	N	%	ATH	N	%	ATH
MTC1L												
TOTAL	53/72	73.6	86.2	39/72	54.2	75.6	49/72	68.1	85.4	54/72	75.0	88.9
MALES	35/36	97.2	85.4	36/36	100		35/36	97.2		28/36	77.8	
FEMALES	18/36	50.0	87.2	3/36	8.3		14/36	38.9		26/36	72.2	
MTC2L												
TOTAL	81/100	81.0	82.3	73/100	73.0	73	80/100	80.1	86	69/100	69.0	83.3
MALES	54/59	91.5	78.5	47/59	79.7		55/59	93.2		44/59	74.6	
FEMALES	27/41	65.9	87.5	26/41	63.4		25/41	61.1		25/41	61.0	
MTC3L												
TOTAL	71/93	76.3	83.8	61/93	65.6	74.8	56/93	60.2	83.8	66/93	71.0	86.5
MALES	50/51	98	84.4	49/51	96.1		35/51	68.6		46/51	90.2	
FEMALES	21/42	50	83.0	12/42	28.6		21/42	50.0		20/42	47.6	
MTC4L												
TOTAL	70/84	83.3	87.1	62/84	73.8	73.8	68/84	81.0	87.4	59/84	70.2	87.1
MALES	42/45	93.3	89.8	34/45	75.6		38/45	84.4		30/45	66.7	
FEMALES	28/39	71.8	83.3	28/39	71.8		30/39	76.9		29/39	74.4	
MTC5L												
TOTAL	49/65	75.4	80.6	49/65	75.4	75.8	51/65	78.5	79.6	50/65	76.9	80.8
MALES	32/39	82.1	81.5	31/39	79.5		35/39	89.7		33/39	84.6	
FEMALES	17/26	65.4	79.5	18/26	69.2		16/26	59.3		17/26	65.4	
MTC1R												
TOTAL	56/70	80.1	86.3	52/7	74.3	84.3	51/70	72.9	85.9	59/70	84.3	85.4
MALES	38/41	92.7	87.2	35/4	85.4		37/41	90.2		32/41	78.1	
FEMALES	18/29	62.1	85.4	17/29	58.6		14/29	48.3		27/29	93.1	
MTC2R												
TOTAL	78/109	71.6	80.8	74/109	67.9	72.3	75/109	68.8	84.8	89/109	81.7	80.2
MALES	59/61	96.7	80.0	47/61	77.1		59/61	96.7		57/61	93.4	
FEMALES	29/48	60.4	81.81	27/48	56.3		26/48	54.2		32/48	66.7	
MTC3R												
TOTAL	65/99	65.7	85.1	60/99	60.6	78.2	66/99	66.7	87.1	75/99	75.8	83.3
MALES	51/52	98.1	83.92	46/52	88.5		50/52	96.2		42/52	80.8	
FEMALES	14/47	29.8	86.66	14/47	29.8		16/47	34.0		33/47	70.2	
MTC4R												
TOTAL	55/81	62.2	84.7	56/81	69.1	76.0	53/81	65.4	88.9	66/81	81.5	81.6
MALES	41/42	97.6	85.2	28/42	66.7		41/42	97.6		29/42	69.1	
FEMALES	14/39	35.9	84.1	28/39	71.8		12/39	30.8		37/39	94.9	
MTC5R												
TOTAL	42/58	72.4	83.9	37/58	63.8	79.8	39/58	67.2	85.1	43/58	74.1	84.3
MALES	25/28	89.3	85.1	18/28	69.2		26/28	92.9		24/28	85.7	
FEMALES	17/30	56.7	82.5	19/30	63.3		13/30	43.3		19/30	63.3	

Table 4

Univariate statistics, cut-off values and classification accuracy for the measurements for right and left metacarpals.

MTC I				Original			Cross validated classification							
				Males		Females		Total	Males		Females		Total	
				N	%	N	%	%	N	%	N	%	%	
MTC I	MLM	Mean	F < 44.56 < M	42/58	72.4	36/49	73.5	72.9	42/58	72.4	36/49	73.5	72.9	
	MLDDE	Mean	F < 15.81 < M	45/58	77.6	37/49	75.5	76.6	45/58	77.6	37/49	75.5	76.6	
	APDDE	Mean	F < 13.34 < M	45/58	77.6	37/49	75.5	76.6	44/58	75.9	37/49	75.5	75.7	
	MLDM	Mean	F < 11.66 < M	42/58	72.4	42/49	85.7	78.5	42/58	72.4	41/49	83.7	77.6	
	APDM	Mean	F < 8.47 < M	43/58	74.1	42/49	85.7	79.4	42/58	72.4	41/49	83.7	77.6	
MTC II	MLDPE	Mean	F < 15.64 < M	45/57	78.9	36/49	73.5	76.4	45/57	78.9	36/49	73.5	76.4	
	MLM	L	F < 66.01 < M	44/59	74.6	29/41	70.7	73.0	44/59	74.6	29/41	70.7	73.0	
	MLDDE	L	F < 14.77 < M	44/59	74.6	32/42	76.2	75.2	44/59	74.6	32/42	76.2	75.2	
		R	F < 14.98 < M	48/60	80.0	28/48	58.3	70.4	48/60	80.0	28/48	58.3	70.4	
	APDDE	L	F < 14.38 < M	43/59	72.9	31/42	73.8	73.3	43/59	72.9	31/42	73.8	73.3	
		R	F < 14.17 < M	38/60	63.3	38/48	79.2	70.4	38/60	63.3	38/48	79.2	70.4	
	MLDM	L	F < 8.05 < M	44/59	74.6	33/43	76.7	75.5	44/59	74.6	33/43	76.7	75.5	
		R	F < 8.39 < M	43/60	71.7	39/48	81.3	75.9	41/60	68.3	39/48	81.3	74.1	
	APDM	L	F < 8.73 < M	41/59	69.4	36/43	83.7	75.5	41/59	69.5	36/43	83.7	75.5	
	MLDPE	L	F < 17.89 < M	47/59	79.7	40/43	93.0	85.3	47/59	79.7	40/43	93.0	85.3	
		R	F < 18.04 < M	37/60	61.7	40/48	83.3	71.3	37/60	61.7	40/48	83.3	71.3	
	APDPE	L	F < 16.07 < M	41/59	69.5	31/43	72.0	70.6	41/59	69.5	31/43	72.0	70.6	
		R	F < 16.47 < M	44/60	73.3	36/48	75.0	74.1	44/60	73.3	36/48	75.0	74.1	
	MTC III	MLM	L	F < 64.61 < M	38/51	74.5	34/43	79.1	76.6	38/51	74.5	34/43	79.1	76.6
			R	F < 64.9 < M	41/51	80.4	34/47	72.3	76.5	41/51	80.4	34/47	72.3	76.5
MLDDE		L	F < 14.26 < M	37/52	71.1	31/42	73.8	72.3	36/52	69.2	31/42	73.8	71.3	
		R	F < 14.61 < M	40/51	78.4	36/48	75	76.8	40/51	78.4	36/48	75	76.8	
APDDE		L	F < 13.99 < M	34/52	65.4	33/42	78.6	71.3	34/52	65.4	33/42	78.6	71.3	
		R	F < 14.21 < M	34/51	66.7	41/48	85.4	75.8	34/51	66.7	41/48	85.4	75.8	
MLDM		L	F < 8.01 < M	39/52	75	30/43	69.8	72.6	39/52	75	30/43	69.8	72.6	
APDM		L	F < 8.86 < M	36/52	69.2	33/43	76.7	72.6	36/52	69.2	33/43	76.7	72.6	
		R	F < 9.32 < M	33/51	64.7	40/48	83.3	73.7	33/51	64.7	40/48	83.3	73.7	
MLDPE		L	F < 13.75 < M	38/51	74.5	34/43	79.1	76.6	38/51	74.5	34/43	79.1	76.6	
APDPE		L	F < 16.19 < M	39/51	76.5	36/43	83.7	79.8	39/51	76.5	35/43	81.4	78.7	
		R	F < 16.5 < M	39/51	76.5	36/47	76.6	76.5	39/51	76.5	36/47	76.6	76.5	
MTC IV		MLM	L	F < 55.07 < M	33/45	73.3	30/40	75.0	74.1	33/45	73.3	30/40	75.0	74.1
			R	F < 55.46 < M	29/40	72.5	28/40	70.0	71.3	29/40	72.5	28/40	70.0	71.3
		MLDDE	L	F < 12.37 < M	35/46	76.1	31/39	79.5	77.6	34/46	73.9	31/39	79.5	76.5
		R	F < 12.56 < M	31/40	77.5	29/40	72.5	75.0	31/40	77.5	29/40	72.5	75.0	
	APDDE	L	F < 12.29 < M	34/46	73.9	33/39	84.6	78.8	33/46	71.7	33/39	84.6	77.6	
		R	F < 12.63 < M	33/40	82.5	29/40	72.5	77.5	33/40	82.5	29/40	72.5	77.5	
	MLDM	L	F < 6.40 < M	32/46	69.6	30/40	75.0	72.1	31/46	67.4	30/40	75.0	70.9	
		R	F < 6.52 < M	32/40	80.0	33/41	80.5	80.2	31/40	77.5	33/41	80.5	79.0	
	APDM	L	F < 7.14 < M	34/46	73.9	33/40	82.5	77.9	34/46	73.9	32/40	80.0	76.7	
		R	F < 7.50 < M	31/40	77.5	35/41	85.4	81.5	31/40	77.5	35/41	85.4	81.5	
	MLDPE	L	F < 11.83 < M	32/45	71.1	29/40	72.5	71.8	32/45	71.1	29/40	72.5	71.8	
		R	F < 11.91 < M	31/40	77.5	30/41	73.2	75.3	31/40	77.5	30/41	73.2	75.3	
	APDPE	L	F < 12.25 < M	33/45	73.3	29/40	72.5	72.9	33/45	73.3	29/40	72.5	72.9	
		R	F < 12.76 < M	30/40	75.0	27/41	65.9	70.4	30/40	75.0	27/41	65.9	70.4	
	MTC V	MLM	L	F < 52.02 < M	29/39	74.4	20/26	76.9	75.4	29/39	74.4	20/26	76.9	75.4
MLDDE		L	F < 12.06 < M	27/39	69.2	19/26	73.1	70.8	27/39	69.2	19/26	73.1	70.8	
		R	F < 11.80 < M	22/28	78.6	19/31	61.3	69.5	22/28	78.6	19/31	61.3	70.0	
MLDM		L	F < 7.21 < M	29/39	74.4	17/27	63	69.7	29/39	74.4	17/27	63	70.0	
		R	F < 7.56 < M	19/28	67.9	23/32	71.9	70	19/28	67.9	23/32	71.9	70.0	
APDM		L	F < 6.68 < M	27/39	69.2	19/27	70.4	69.7	27/39	69.2	19/27	70.4	70.0	
MLDPE		L	F < 13.49 < M	26/39	66.7	20/27	74.1	69.7	26/39	66.7	20/27	74.1	70.0	
		R	F < 13.55 < M	20/28	71.4	21/31	67.7	69.5	20/28	71.4	21/31	67.7	70.0	
APDPE		L	F < 11.13 < M	26/39	66.7	21/27	77.8	71.2	26/39	66.7	21/27	77.8	71.2	
		R	F < 11.33 < M	20/28	71.4	27/31	87.1	79.7	20/28	71.4	27/31	87.1	79.7	

and MLDPE). The best left bone for sex estimation was MTC II and the best multivariate equation used two variables: the mediolateral diameter of the proximal end (MLDPE) and the midshaft (MLDM). The best right bone for sex estimation was MTC III and the best multivariate equation (F18) used three variables: the maximum length (MLM), the mediolateral diameter of the distal end (MLDDE) and anterior-posterior diameter of the midshaft (APDM).

3.6. Posterior probabilities

Posterior probabilities of each individual were also calculated for the best multivariate equations, since they reflect the affinity of

each case to be reassigned to the original group. Fig. 1 demonstrates the probability levels of correct group assessment according to the discriminant scores of each individual for the 6 best formulae (F3, F7, F15, F18, F21 and F25) as seen in Table 5. For example, if a discriminant score based on Function 25 for Right MTC IV measurements is -2.2 (x coordinate), the posterior probability of that individual coming from a female group is 98% (y coordinate).

4. Sex estimation congruence

It would be interesting to explore sex estimation congruence by looking at the consistency in sex estimation between the different

Table 5
Multivariate discriminant functions and classification accuracy for left and right metacarpals in modern Cretans.

										Original			Cross validated							
										Males	Females	Total	Males	Females	Total					
MTC I	MEAN	MLM	MLDDE	APDDE	MLDM	APDM	MLDPE	APDPE	constant	N	%	N	%	%	N	%	N	%	%	
	F1	0.097	-0.155	0.209	0.395	0.266	0.581	-0.277	-16.182	43/57	75.4	42/49	85.7	80.2	41/57	71.9	42/49	85.7	78.3	
	F2				0.629		0.464		-14.606	43/57	75.4	41/49	83.7	79.2	43/57	75.4	41/49	83.7	79.2	
	F3				0.452	0.366	0.400		-14.590	46/57	80.7	43/49	87.8	84.0	46/57	80.7	43/49	87.8	84.0	
	F4				0.594	0.532		-11.382	44/58	75.9	44/49	89.8	82.2	40/58	69.0	44/49	89.8	78.5		
MTC II	LEFT	MLM	MLDDE	APDDE	MLDM	APDM	MLDPE	APDPE	constant	N	%	N	%	%	N	%	N	%	%	
	F5	0.094	0.424	-0.088	0.377	0.024	0.437	-0.052	-21.478	47/59	79.7	37/41	90	84	46/59	78	37/41	90.2	83	
	F6	0.099	0.448				0.476		-21.675	48/59	81.4	37/41	90	85	47/59	80	36/41	87.8	83	
	F7		0.363				0.475		-18.453	48/59	81.4	39/42	93	86.1	47/59	80	39/42	92.9	85.1	
	F8				1.072	0.574			-13.644	45/59	76.3	36/43	84	79.4	45/59	76	34/43	79.1	77.5	
	RIGHT	MLM	MLDDE	APDDE	MLDM	APDM	MLDPE	APDPE	constant	N	%	N	%	%	N	%	N	%	%	
	F9	0.065	0.181	0.127	0.195	0.181	0.260	0.118	-18.742	44/60	73.3	40/48	83	77.8	43/60	72	36/48	75	73.1	
	F10					0.478	0.611		-15.377	42/60	70	39/48	81	75	41/60	68	39/48	81.3	74.1	
	F11			0.214	0.227	0.250	0.370	0.171	-16.692	45/60	75	39/48	81	77.8	44/60	73	38/48	79.2	75.9	
	F12				0.486	0.815			-11.501	42/60	70	37/48	77	73.1	40/60	67	37/48	77.1	71.3	
	MTC III	LEFT	MLM	MLDDE	APDDE	MLDM	APDM	MLDPE	APDPE	constant	N	%	N	%	%	N	%	N	%	%
		F13	0.128	0.212	-0.014	-0.146	0.6069	0.206	0.213	-21.592	40/51	78.4	37/42	88	82.8	40/51	78	36/42	85.7	81.7
F14		0.148				0.6861		0.3427	-21.218	41/51	80.4	38/43	88	84	40/51	78	37/43	86	81.9	
F15		0.125	0.1777	-0.014		0.5616	0.214	0.2054	-21.649	40/51	78.4	38/42	91	83.9	40/51	78	37/42	88.1	82.8	
F16					0.6282	1.0942			-14.687	38/52	73.1	34/43	79	75.8	38/52	73	34/43	79.1	75.8	
RIGHT		MLM	MLDDE	APDDE	MLDM	APDM	MLDPE	APDPE	constant	N	%	N	%	%	N	%	N	%	%	
F17		0.117	0.281			0.6216		0.0958	-19.0502	39/51	76.5	40/47	85	80.6	39/51	77	40/47	85.1	80.6	
F18		0.124	0.316			0.6649			-18.8894	41/51	80.4	40/47	85	82.7	41/51	80	40/47	85.1	82.7	
MTC IV	LEFT	MLM	MLDDE	APDDE	MLDM	APDM	MLDPE	APDPE	constant	N	%	N	%	%	N	%	N	%	%	
	F19	0.095	0.317	0.252	0.063	1.035	0.147	-0.240	-18.856	36/45	80.0	33/39	85	82.1	36/45	80.0	30/39	76.9	78.6	
	F20	0.164				1.214			-17.741	35/45	77.8	34/40	85	81.2	34/45	76	34/40	85	80	
	F21	0.162				1.206			-17.523	35/45	77.8	34/40	85	81.2	35/45	78	34/40	85	81.2	
	F22				0.378	1.370			-12.198	35/46	76.1	32/40	80	77.9	35/46	76	32/40	80	77.9	
	RIGHT	MLM	MLDDE	APDDE	MLDM	APDM	MLDPE	APDPE	constant	N	%	N	%	%	N	%	N	%	%	
	F23	0.048	0.067	0.535	0.521	0.972	0.155	-0.212	-20.106	33/40	82.5	35/40	88	85	30/40	75	33/40	82.5	78.8	
	F24	0.164				1.214			-17.741	32/40	80	33/40	83	81.3	30/40	75	33/40	82.5	78.8	
F25				1.182	0.173			-17.515	34/40	85	33/40	83	83.8	33/40	83	32/40	80	81.3		
F26				0.852	1.214			-14.663	32/40	80	32/41	78	79	32/40	80	32/41	78	79		
MTC V	LEFT	MLM	MLDDE	APDDE	MLDM	APDM	MLDPE	APDPE	constant	N	%	N	%	%	N	%	N	%	%	
	F27	0.172	0.193	0.089	0.179	0.296	0.340	0.045	-20.660	29/39	74.4	20/25	80	76.6	27/39	69	18/25	72	70.3	
	F28	0.217				0.368	0.349		-19.387	28/39	71.8	21/26	81	75.4	27/39	69	19/26	73.1	70.8	
	F29	0.192	0.306			0.880	0.923		-20.851	29/39	74.4	21/26	81	76.9	29/39	74	20/26	76.9	75.4	
	F30					0.880	0.923		-12.52	28/39	71.8	18/27	67	69.7	28/39	72	18/27	66.7	70	
	RIGHT	MLM	MLDDE	APDDE	MLDM	APDM	MLDPE	APDPE	constant	N	%	N	%	%	N	%	N	%	%	
	F31			0.669					0.848	-17.513	20/28	71.4	25/30	83	77.6	19/28	68	25/30	83.3	75.9
	F32				0.127	0.211		0.930	-13.002	20/28	71.4	27/31	87	79.7	19/28	68	27/31	87.1	78	
F33				0.412	1.116			-11.058	20/28	71.4	22/32	69	70	20/28	71	22/32	68.8	70		

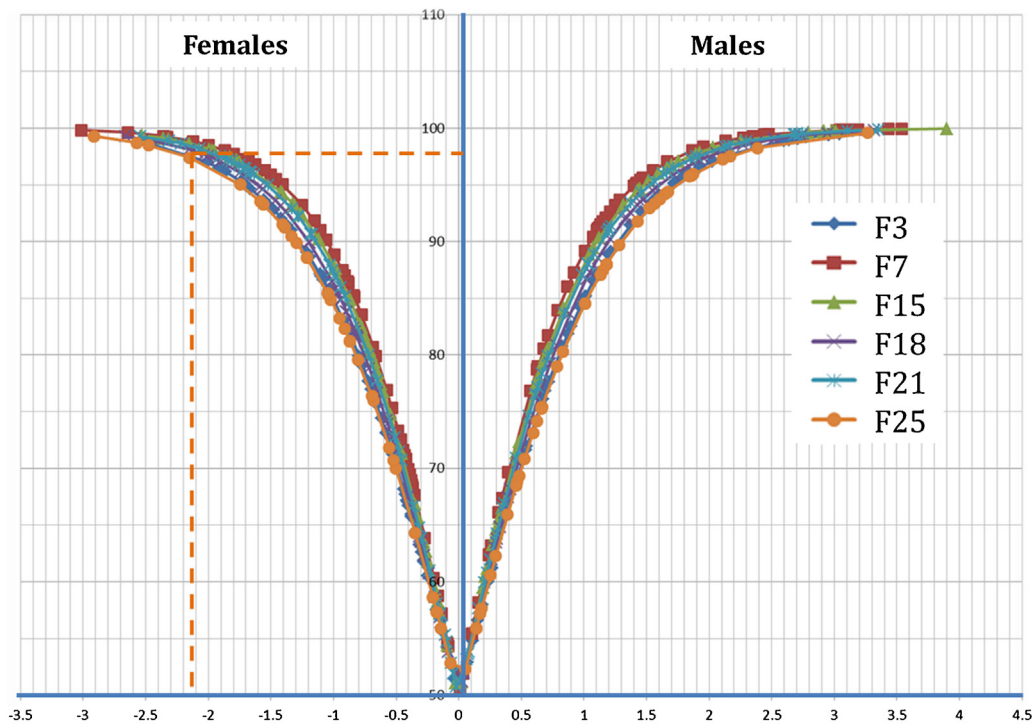


Fig. 1. Posterior probabilities of correct group assessment according to the discriminant scores of each individual for the 6 best formulae (F3, F7, F15, F18, F21 and F25) developed for the Cretan sample.

bones. Our sample however consists of skeletons that in many cases are missing some metacarpal bones. Seventeen skeletons of our sample had all 5 left metacarpals and thus it was possible to see the consistency in sex estimation by looking at the results for Manolis et al. and our F1 formula for each left metacarpal. A summary table of the results can be found in the supplementary material (Supplementary Table 1). This small sample indicates consistency in sex estimation between the different bones but a larger sample is needed in order to verify this hypothesis.

5. Discussion

Forensic anthropology casework often includes mutilated and/or fragmentary skeletal remains or even single elements. The investigation of skeletal remains on the island of Crete, Greece has yielded about 29 cases with potential forensic relevance in the past 10 years. Of these 11 emerged in 2013–2014 (Source: Department of Forensic Sciences, University of Crete and Division of Forensic Pathology in Crete, Ministry of Justice) and six (55.6%) concerned single skeletal elements (e.g. cranial fragments, long bones) making the existence of methods for biological profiling a vital step in the forensic investigation.

Greece has a significant bulk of skeletal studies to present the last 10 years. Since the foundation of the first modern reference collection in Athens [17] and the Cretan collection at the University of Crete, numerous research papers dealing with standards on modern Greeks have emerged. Studies on skull [15] pelvis [18], long bones [e.g. 19, 20] and other bones [21] have verified the existence of sexual dimorphism for the Greek population. However no study so far tested the efficacy of the skeletal standards to truly represent different populations in Greece. The Athens collection is based on cemetery remains of people from all over Greece [17] while the Cretan collection was predominantly assembled from individuals that were born and died on the island. Are the standards from Athens representative

of the Cretans? If so, the methods developed in this collection can be directly applicable on the emerging forensic cases on the island. In the opposite case though, the application of these methods would be problematic.

We measured left and right metacarpal bones of 108 individuals from the Cretan collection and performed a student's *T*-test to explore the existence of bilateral asymmetries. We detected statistically significant differences ($p < 0.05$) between right and left bones for the vast majority of measurements. These results are in agreement with previous studies on metacarpals [11,12] and hands [13]. This however contradicts the results for the Athens sample for which the authors report no statistical significance between left and right side [14]. Most studies, including ours, report predominantly higher mean values for the measurements of the right bones compared to the left [11,12,14], yet; there is no agreement on which side is more effective sex indicator.

The primary aim of this study was to test the sex estimation method developed for the metacarpals based on the Athens collection [14]. Totally twenty formulae for left and right bones were used to sex the sample ($N = 108$) of this study. The results at first glance appeared promising since in most cases the overall classification accuracy obtained for our sample was very close to the cross-validated accuracy reported by the authors [14]. However looking at the classification accuracy for males and females, one could observe a consistent trend for low classification rates in females that in some cases did not exceed 9% (Table 3). The males on the other hand were classified in higher rates compared to the reported accuracies for the Athens sample [14]. Similar results were obtained by Lazenby [11] when he tested the Scheuer and Erlington [2] equations on a 19th Century Canadian sample. These results reinforce the conclusions of Khanpetch et al. [8] according to which balanced allocation accuracy for both sexes is more important than a higher overall sex allocation accuracy in forensic situations. The low classification rate in females in our study means that upon application of the method in Cretans there is a

high possibility that females would be identified as males which naturally would impede accurate identification of unknown skeletal remains.

To assure that appropriate standards are available for the Cretan sample a new set of univariate and multivariate discriminant functions was developed in the second phase of this study. The classification results did not exceed 81% for univariate and 86% multivariate predictive models. The best left bone for sex estimation was MTC II and the best multivariate equation used two variables: the mediolateral diameter of the proximal end (MLDPE) and the midshaft (MLDM). The best right bone for sex estimation was MTC III and the best multivariate equation used three variables: the maximum length (MLM), the mediolateral diameter of the distal end (MLDDE) and anterior-posterior diameter of the midshaft (APDM). The accuracy rates seem to be lower compared to other studies [2,4,7,8,14]. This may indicate a smaller degree of sexual dimorphism on the Cretan population that could be associated with rural activities of female increasing the robusticity of the hand bones.

Another interesting observation from our analysis is the fact that length is found to be a significant contributing factor in sex estimation for this population which agrees with earlier reports on long bones from the Cretan collection [e.g. 19–20] but again contrasts the Athens [14].

The high misclassification rates for the Cretan females, the report of bilateral asymmetry in Cretans and the relative differences in the mean values reported for the two samples indicates that significant differences do exist between the two samples. Is there an evident biological difference between the Cretans and the rest of the Greeks? Or this simply means that the samples we tested assuming they are representative of two populations (mainland Greeks and islander Cretans) are simply failing to depict all variability of the populations? There is no evidence to support either statement. The relatively small sample sizes for some bones are also a restrictive factor when it comes to the statistical analysis. However a fact remains that if the Athens standards are not appropriate for the Cretans they may as well not be for other regions of Greece. This needs to be tested and verified in order to suggest the application of these methods to forensic settings. Especially for the metacarpals perhaps the merging of the two samples can result in a more representative pool of data for the population of Greece as a whole.

6. Conclusions

Sexual dimorphism of the metacarpals is well established in the literature and standards for the Greeks have been proposed. However there is no data on whether the Cretan population is satisfactorily represented in the Athens sample. A test of the methods developed for the Athens sample results in high misclassification rates for the females in addition to the existence of bilateral asymmetry contrary to the original study. There is no evidence to support whether these results indicate a significant biological difference between mainland Greeks and Cretans or is just a difference between the samples. This must be further explored by testing other skeletal elements. This study suggests that the Athens standards are not appropriate for the Cretans and proposes new population specific standards for the metacarpals that can be directly applicable to forensic casework in the island of Crete.

Acknowledgments

The authors would like to thank the District Attorney of Heraklion and Mr. C. Kavalos, Director of Cemeteries, Crete, for their permission to study the remains; Mr. K. Maragakis for the demographic and archival information; Messrs S. Kougiou and A. Katsounas, autopsy technicians of the Department of Forensic Sciences, University of Crete, for their contribution to cleaning, preserving and preparing the skeletons for analysis; Ms K. Nathena for assistance during data collection; and Mrs A. Rosakis for secretarial assistance. The authors are grateful to Dr. A. Papadomanolakis, Head of the Forensic Department, Ministry of Justice for providing facilities for the study and storage of the collection. Special thanks to the anonymous reviewers for taking the time to read our work and provide valuable comments.

Appendix A. Supplementary data

Supplementary data associated with this article can be found, in the online version, at <http://dx.doi.org/10.1016/j.forsciint.2015.09.004>.

References

- [1] W.M. Krogman, M.Y. İşcan, in: C.C. Thomas (Ed.), *The Human Skeleton in Forensic Medicine*, Springfield, IL, 1986.
- [2] J.L. Scheuer, N.M. Elkington, Sex Determination from Metacarpals and the First Proximal Phalanx, *J. Forensic Sci.* 38 (1993) 769–778.
- [3] A.G. Robling, D.H. Ubelaker, Sex estimation from the metatarsals, *J. Forensic Sci.* 42 (1997) 1062–1069.
- [4] A.B. Falsetti, Sex assessment from metacarpals of the human hand, *J. Forensic Sci.* 40 (1995) 774–776.
- [5] F. Introna Jr., G. Di Vella, C.P. Campobosso, Sex determination by discriminant analysis of patella measurements, *Forensic Sci. Int.* 95 (1998) 39–45.
- [6] E.A. Marino, Sex estimation using the first cervical vertebra, *Am. J. Phys. Anthropol.* 97 (1995) 127–133.
- [7] P.A. Barrio, G.L. Tranco, J.A. Sanchez, Metacarpal sexual determination in a Spanish population, *J. Forensic Sci.* 51 (2006) 990–995.
- [8] P. Khanpetch, S. Prasitwattanseree, D.T. Case, P. Mahakkanukrauh, Determination of sex from the metacarpals in a Thai population, *Forensic Sci. Int.* 217 (229) (2012) e1–e8.
- [9] C.M. Stojanowski, Sexing potential of fragmentary and pathological metacarpals, *Am. J. Phys. Anthropol.* 109 (1999) 245–252.
- [10] A.M. Burrows, V.P. Zanella, T.M. Brown, Testing the validity of metacarpal use in sex assessment of human skeletal remains, *J. Forensic Sci.* 48 (2003) 17–20.
- [11] R.A. Lazenby, Identification of sex from metacarpals: effect of side asymmetry, *J. Forensic Sci.* 39 (5) (1994) 1188–1194.
- [12] S.L. Smith, Attribution of hand bones to sex and population groups, *J. Forensic Sci.* 41 (1996) 469–477.
- [13] B. Danborno, A. Elukpo, Sexual dimorphism in hand and foot length, indices, Stature-ratio and relationship to height in Nigerians, *The Internet Journal of Forensic Science* 3 (1) (2007).
- [14] S.K. Manolis, C. Eliopoulos, C.G. Koiliou, S.C. Fox, Sex determination using metacarpal biometric data from the Athens Collection, *Forensic Sci. Int.* 193 (2009) 130.e1–130.e6.
- [15] E.F. Kranioti, M.Y. İşcan, M. Michalodimitrakis, Craniometric analysis of the modern Cretan population, *Forensic Sci. Int.* 180 (2008) 110e111–110e115.
- [16] D.E. Ricklan, P.V. Tobias, Unusually low sexual dimorphism of endocranial capacity in a Zulu cranial series, *Am. J. Phys. Anthropol.* 71 (1986) 285–293.
- [17] C. Eliopoulos, A. Lagia, S.A. Manolis, Modern Documented human skeletal collection from Greece, *Homo* 58 (2007) 221–228.
- [18] M. Steyn, M.Y. İşcan, Metric sex determination from the pelvis in modern Greeks, *Forensic Sci. Int.* 179 (86) (2008) e1–e6.
- [19] E.F. Kranioti, M. Michalodimitrakis, Sexual dimorphism of the humerus in contemporary Cretans—a population-specific study and a review of the literature, *J. Forensic Sci.* 54 (2009) 996–1000.
- [20] E.F. Kranioti, M. Apostol, Sexual dimorphism of the tibia in contemporary Greeks, Italians, and Spanish: forensic implications, *Int. J. Legal Med.* (2014), in press.
- [21] V.A. Papaioannou, E.F. Kranioti, P. Joveneaux, D. Nathena, M. Michalodimitrakis, Sexual dimorphism of the scapula and the clavicle in a contemporary Greek population: applications in forensic identification, *Forensic Sci. Int.* 217 (231) (2012) e1–e7.