

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ, ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

<<Αποκατάσταση σκελετού θαλάσσιων θηλαστικών>>

Δεληγεωργίδης Νικόλαος

ΒΟΛΟΣ 2016

<<Αποκατάσταση σκελετού θαλάσσιων θηλαστικών>>

Διμελής εξεταστική επιτροπή:

1)Βαφείδης Δημήτριος, Καθηγητής, Βιοποικιλότητα των Θαλάσσιων Βενθικών Ασπονδύλων και άμεση - έμμεση χρηστικότητα τους, Τμήμα Γεωπονίας, Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Επιβλέπων

2)Χατζιωάννου Μαριάνθη, Επίκουρη καθηγήτρια, Εκτροφή σαλιγκαριών και βατράχων, Τμήμα Γεωπονίας, Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Μέλος

<<Οσαδήποτε δισεκατομμύρια κάννες όπλων δε μπορούν να
αλλάξουν μήτε ένα γιώτα μιας συνείδησης προσωπικής,
που επιμένει να δοσιλογεί στον εαυτό της και μόνο.
Τίποτα στον κόσμο αυτό δεν είναι ισχυρότερο
από την ερμητικά κλειστή προσωπική συνείδηση του ενός>>.

Ρένος Αποστολίδης, Πυραμίδα 67

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω το δάσκαλό μου, κύριο Δημήτρη Βαφείδη, τόσο για τη συμβολή του στην ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας, όσο και για την ανυπολόγιστη συνδρομή του στην καλλιέργεια της προσωπικότητάς μου κατά τα χρόνια που διετέλεσα φοιτητής στο τμήμα Γεωπονίας, Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος. Επίσης, ευχαριστώ θερμά την καθηγήτριά μου, κυρία Μαριάνθη Χατζηιωάννου, για τη βοήθειά της στην περάτωση της εργασίας αυτής, για τις συμβουλές και για τις ενδιαφέρουσες συζητήσεις καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω κάθε άνθρωπο που συνάντησα τόσο εντός του χώρου του πανεπιστημίου, όσο και εκτός, κατά τα χρόνια της φοίτησής μου. Το μεγαλύτερο ευχαριστώ ανήκει στους γονείς μου, για την αμέριστη στήριξη, κατανόηση και συμπαράσταση όλα αυτά τα χρόνια.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή αποτελεί ένα εγχείρημα αποδελτίωσης των τεχνικών που χρησιμοποιούνται για την ανακατασκευή του σκελετού θαλάσσιων θηλαστικών, δίχως να παραβλέπονται οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τη συλλογή, τη μεταφορά, τον καθαρισμό και την έκθεση των οστών των σκελετών. Η εργασία επικεντρώνεται στην ανακατασκευή του σκελετού των διαφόρων ειδών φάλαινας. Πέραν των εισαγωγικών στοιχείων, σχετικών με τη βιολογία, τη φυλογενετική προέλευση και την ταξινόμηση των θηλαστικών, παρουσιάζονται όλες εκείνες οι μέθοδοι ανάλυσης, καθώς και οι μαγνητικές μέθοδοι που απαιτούνται για την ορθή επεξεργασία των οστών. Μελετώνται περιπτώσεις εφαρμογής των τεχνικών αυτών και παρατίθενται συμπεράσματα και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1)Γενικές πληροφορίες για τα θηλαστικά.....	1
1.2)Ταξινόμηση.....	5
1.3)Φυλογενετική προέλευση.....	5
1.4)Θαλάσσια θηλαστικά.....	7
1.5)Σκοπός της εργασίας.....	9
2.ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	10
2.1)Πρωτόκολλο εκσκαφής.....	10
2.2)Τεχνικές απολίπανσης των οστών.....	13
2.3)Τεχνικές ανάλυσης της περιεκτικότητας των οστών σε λιπίδια...16	
2.4)Μέθοδοι απεικόνισης/.....	17
3.ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ(ΣΥΖΗΤΗΣΗ).....	25
3.1)Απεικόνιση του εγκεφάλου ενός νάνου φουσητήρια(<i>Kogia simus</i>), με χρήση της μαγνητικής τομογραφίας.....	25
3.2)Η ανακατασκευή της φάλαινας του Χονγκ Κονγκ, <i>Balaenoptera</i> <i>physalus</i>	28
3.3)Βιοχημική ανάλυση των λιπιδίων που συλλέχθηκαν από φάλαινα του είδους <i>Balaenoptera physalus</i>	35

4.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	39
5.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	41
6.ABSTRACT.....	46

1)ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1)Γενικές πληροφορίες για τα θηλαστικά

Τα θηλαστικά αποτελούν μια ομοταξία των σπονδυλοζώων, κύριο χαρακτηριστικό των οποίων είναι η παρουσία δύο ή περισσότερων μαστικών αδένων στα θηλυκά άτομα, με τους οποίους θηλάζουν τα μικρά τους· οι αδένες αυτοί βρίσκονται συνήθως κοιλιακά και εκκρίνουν το γάλα, θρεπτική τροφή πλούσια σε λίπη και πρωτεΐνες. Τα θηλαστικά, το μέγεθος και η μορφή των οποίων διαφέρει πάρα πολύ από είδος σε είδος, είναι εξαπλωμένα σχεδόν σε όλο τον κόσμο και σε μεγάλη ποικιλία βιοτόπων. Είναι ομοιόθερμοι κι ενδόθερμοι οργανισμοί, έχουν δηλαδή την ικανότητα διατήρησης σταθερής και σχετικά υψηλής θερμοκρασίας σώματος μέσω εσωτερικών μηχανισμών παραγωγής θερμότητας. Γενικά, πρόκειται για δραστήρια κι ευκίνητα ζώα, με υψηλό μεταβολικό ρυθμό, γι' αυτό και χρειάζονται μεγάλες ποσότητες τροφής κι οξυγόνου. Τα θηλαστικά παράγουν γενικά λίγους απογόνους, αλλά επενδύουν χρόνο και ενέργεια για τη φροντίδα τους, την οποία αναλαμβάνει συνήθως η μητέρα. Στα θηλαστικά εμφανίζονται διάφοροι τύποι κοινωνικής συμπεριφοράς, με περισσότερο εξελιγμένη κι οργανωμένη κοινωνική ζωή στα πρωτεύοντα. Ο άνθρωπος ανήκει στην ομάδα των θηλαστικών, στηριζόμενος σε πολλά από αυτά για την ένδυση και την τροφή του.

Το κρανίο των θηλαστικών ξεχωρίζει από το υπόλοιπο σώμα, καθώς συνδέεται συνήθως με έναν ευκίνητο λαιμό· η άρθρωση του κρανίου με τους αυχενικούς σπονδύλους γίνεται με δύο ινιακούς κονδύλους που περιβάλλουν το ινιακό τρήμα. Το κεφάλι τους διαθέτει τελειοποιημένα αφτιά, συνήθως με ακουστικό πτερύγιο, το οποίο συνδέεται με τον ακουστικό πόρο που καταλήγει εσωτερικά στη μεμβράνη του τυμπάνου. Η μεταφορά του ήχου στο τύμπανο γίνεται μέσω τριών

διαδοχικών οσταρίων του εσωτερικού αφτιού: της σφύρας, του άκμονα και του αναβολέα. Οι ρινικές κοιλότητες είναι μεγεθυσμένες και διαχωρίζονται από τη στοματική κοιλότητα με τη δευτερογενή υπερώα (ουρανίσκο). Τα μάτια γενικά βρίσκονται στα πλάγια του κεφαλιού και διαθέτουν αρκετά ανεπτυγμένα κι ευκίνητα βλέφαρα. Η κρανιακή κοιλότητα των θηλαστικών είναι ευρύχωρη και περιέχει τον σχετικά μεγάλο εγκέφαλο, ο οποίος διαθέτει φαιά ουσία και χαρακτηρίζεται από μεγάλη ανάπτυξη των εγκεφαλικών ημισφαιρίων και της παρεγκεφαλίδας. Η εμφάνιση των συνειρμικών κέντρων- εκτός των αισθητικών και των κινητικών- επιτρέπει τη μάθηση και αλλαγές στη συμπεριφορά, με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται διαβίωση κάτω από ποικιλία περιβαλλοντικών συνθηκών.

Το σώμα τους είναι επενδεδυμένο με δέρμα, το οποίο ορισμένες φορές είναι αρκετά παχύ· η επιδερμίδα αποτελείται από μια κεράτινη στιβάδα που ανανεώνεται συνεχώς από τη στιβάδα που βρίσκεται κάτω από αυτήν, η οποία είναι πλούσια σε αιμοφόρα αγγεία και επιτρέπει την ανάπτυξη δερματικών εξαρτημάτων όπως οι τρίχες, τα νύχια, τα κέρατα, τα αγκάθια, τα κεντριά και τα λέπια. Στο δέρμα βρίσκονται επίσης ιδρωτοποιοί και σμηγματογόνοι αδένες, κάτω από τους οποίους υπάρχει ένας υποδόριος λιπώδης ιστός- εξαιρετικά παχύς στα πολικά και θαλάσσια θηλαστικά- για να προστατεύει το ζώο από το κρύο. Το δέρμα καλύπτεται συνήθως από σκληρές τρίχες ή από ένα χνουδωτό στρώμα που αποτελείται από μαλακές τρίχες. Ο κύριος ρόλος των τριχών, οι οποίες αποτελούνται κυρίως από την πρωτεΐνη κερατίνη, είναι να μειώνουν την ανταλλαγή θερμότητας με το περιβάλλον (θερμομόνωση). Οι μαλακές τρίχες επικρατούν στα είδη που ζουν σε ψυχρές περιοχές και στο χειμερινό τρίχωμα του ζώου, ενώ οι σκληρές τρίχες επικρατούν στα ζώα των θερμών ζωνών και στο θερινό τρίχωμα. Ειδικές τρίχες με λειτουργία αισθητήριου οργάνου είναι οι μύστακες, που έχουν οι γάτες, τα κουνέλια κι άλλα θηλαστικά. Το

τρίχωμα μπορεί να έχει ομοιόμορφο χρώμα ή να φέρει κηλίδες, ρίγες ή γραμμώσεις και να ποικίλλει ανάλογα με τη ράτσα ή το σκοπό τον οποίο εξυπηρετεί.

Τα θηλαστικά έχουν συνήθως διαφοροποιημένα δόντια, τα οποία σχηματίζουν μια σειρά σε κάθε σιαγόνα, που μπορεί να είναι συνεχής ή ασυνεχής. Τα δόντια αυτά είναι θηκοδοντικού τύπου, βρίσκονται δηλαδή σφηνωμένα με τις ρίζες τους μέσα σε φατνία της σιαγόνας και διαφέρουν μεταξύ τους ως προς το σχήμα και τη λειτουργία τους(ετεροδοντία). στις πλήρεις οδοντοστοιχίες, τα δόντια διακρίνονται σε κοπτήρες, κυνόδοντες, προγομφίους και γομφίους. Τα νεαρά θηλαστικά γεννιούνται χωρίς δόντια και θηλάζουν· στα περισσότερα είδη (ευθήρια) εμφανίζεται μια πρώτη οδοντοστοιχία(νεογιλά ή γαλακτικά) χωρίς γομφίους, η οποία, έπειτα από ένα ορισμένο χρονικό διάστημα που ποικίλλει ανάλογα με το είδος, αντικαθίσταται από τη μόνιμη οδοντοστοιχία. Σε ορισμένα θηλαστικά τα δόντια λείπουν εντελώς, όπως για παράδειγμα στον παγκολίνο και στο μυρμηγκοφάγο, σε άλλα, όπως οι φάλαινες, τα δόντια έχουν υποκατασταθεί από κερατοειδή ελάσματα(μπαλένες), ενώ ορισμένα δόντια, όπως είναι οι χαυλιόδοντες του ελέφαντα, έχουν τεράστια ανάπτυξη και δε χρησιμεύουν για τη μάσηση της τροφής.

Τα θηλαστικά έχουν κατά κανόνα τέσσερα άκρα, τα οποία, στα περισσότερα είδη βρίσκονται κάτω από το σώμα και είναι κατάλληλα για βιάδιση. Σε ορισμένες περιπτώσεις είναι προσαρμοσμένα στην αναρρίχηση ή έχουν μετασχηματιστεί σε πτερύγια για κολύμβηση, όπως π.χ., στα σειρηνοειδή. Τα θηλαστικά μπορεί να είναι πελματοβάμονα, δηλαδή να βαδίζουν ακουμπώντας στο έδαφος ολόκληρο το πέλμα, όπως για παράδειγμα οι αρκούδες κι οι μουστελίδες, δακτυλοβάμονα, δηλαδή να ακουμπούν στο έδαφος μόνο την κάτω επιφάνεια των δαχτύλων, όπως τα κυνοειδή και τα αιλουροειδή, ή ονυχοβάμονα, δηλαδή να στηρίζονται στις τελευταίες φάλαγγες, οι οποίες είναι εφοδιασμένες με ισχυρά νύχια, τις λεγόμενες οπλές, από τα

οποία τα ζώα αυτά ονομάστηκαν οπληφόρα(ιπποειδή,βοοειδή). Τα πελματοβάμονα και δακτυλοβάμονα έχουν τέσσερα ή πέντε δάχτυλα. Τα οπληφόρα έχουν ένα έως πέντε δάχτυλα και διακρίνονται σε περιττοδάκτυλα, αν έχουν περιττό αριθμό δακτύλων και σε αρτιοδάκτυλα,, αν διαθέτουν άρτιο αριθμό δακτύλων.

Τα αισθητήρια όργανα των θηλαστικών είναι λιγότερο ή περισσότερο ανεπτυγμένα, ανάλογα με το είδος. Η αφή είναι αρκετά ανεπτυγμένη χάρη στα πολυάριθμα αισθητήρια όργανα και νεύρα που είναι διάσπαρτα στο δέρμα, ιδιαίτερα στο ρύγχος, στο οποίο μπορεί να βρίσκονται οι μύστακες. Το αισθητήριο της γεύσης εντοπίζεται στις γευστικές θηλές της γλώσσας και το όργανο της όσφρησης στον οσφρητικό βλεννογόνο της εσωτερικής επιφάνειας των ρινικών κοιλοτήτων.

Τα κύρια αναπνευστικά όργανα των θηλαστικών είναι δύο πνεύμονες με κυψελιδική μορφή, που βρίσκονται μέσα στον θωρακικό κλωβό. Οι αναπνευστικές κινήσεις πραγματοποιούνται από ένα πλήρες μυϊκό διάφραγμα, το οποίο χωρίζει τη θωρακική περιοχή, που περιέχει την καρδιά και τους πνεύμονες, από την περιοχή του υπογαστρίου. Το κυκλοφορικό σύστημα είναι κλειστό κι αυτόνομο, αποτελούμενο από την καρδιά και τα αγγεία, μέσα στα οποία κυκλοφορεί το αίμα. Η καρδιά διαιρείται σε τέσσερις κοιλότητες και περιβάλλεται από το περικάρδιο· η κυκλοφορία στα αγγεία είναι διπλή και πλήρης και το τόξο της αορτής καμπυλώνεται προς τα αριστερά. Τα θηλαστικά διαθέτουν ανεπτυγμένο απεκκριτικό σύστημα με δύο νεφρούς και αποβάλλουν τα αζωτούχα υπολείμματα κυρίως με τη μορφή της ουρίας. Τα περισσότερα θηλαστικά είναι ζωοτόκα, εκτός από τα μονοτρήματα που είναι ωοτόκα.

1.2) Ταξινόμηση

Στην κλάση των θηλαστικών θεωρείται ότι περιλαμβάνονται συνολικά περίπου 160 οικογένειες, στις οποίες ανήκουν 750 γένη με 5000 είδη, από τα οποία, άλλα ζουν μέχρι σήμερα κι άλλα έχουν εκλείψει. Η υποκλάση πρωτοθήρια περιλαμβάνει πρωτόγονα, ωστόσο θηλαστικά με αμάρα, τα περισσότερα από τα οποία έχουν εκλείψει, εκτός από την τάξη των μονοτροχημάτων, στην οποία ανήκουν ο ορνιθόρρυγχος κι η έχιδνα. Τα ζωοτόκα θηλαστικά περιλαμβάνονται στην υπομοταξία θηρία και διακρίνονται σε δύο υπερτάξεις, τα μεταθήρια, με τη μοναδική τάξη μαρσιποφόρα και τα ευθήρια ή πλακουντοφόρα. Τα μαρσιποφόρα, με τυπικούς αντιπροσώπους τα καγκουρό, στερούνται πραγματικού πλακούντα και η ανάπτυξη των νεογνών ολοκληρώνεται μέσα σε έναν θύλακο της κοιλιάς(μάρσιπο). Τα πλακουντοφόρα φέρουν καλά ανεπτυγμένο πλακούντα και έχουν ταξινομηθεί με βάση διάφορα γνωρίσματα, από τα οποία ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν η οδοντοστοιχία και η δομή των άκρων. Δεν υπάρχει ακόμα απόλυτη συμφωνία μεταξύ των συστηματικών ζωολόγων για τον ακριβή αριθμό των τάξεων και των οικογενειών των θηλαστικών, ούτε και για τη μεταξύ τους φυλογενετική σχέση. Οι πληροφορίες που προέρχονται από τη μοριακή ανάλυση του DNA των ζώντων και των απολιθωμένων θηλαστικών αναμένεται να απαντήσουν στα σχετικά ερωτήματα και να αμβλύνουν τις διαφορές.

1.3) Φυλογενετική προέλευση

Τα θηλαστικά εμφανίστηκαν στη Γη πιθανότατα κατά τις αρχές του μεσοζωικού αιώνα. Οι περισσότεροι ζωολόγοι υποστηρίζουν ότι τα θηλαστικά προήλθαν εξελικτικά από τα θηριοδόντια, μια ομάδα θηλαστικόμορφων ερπετών, τα οποία έζησαν κατά την τριαδική περίοδο. Τα πρώτα απολιθωμένα λείψανα, κυρίως

σιαγόνες και δόντια, που μπορούν να αποδοθούν με βεβαιότητα σε θηλαστικά, βρέθηκαν σε ιζηματογενή πετρώματα της ιουρασικής περιόδου. Η πανίδα του ιουρασικού αντιπροσωπεύεται από ζώα μικρών διαστάσεων, όπως τα τρικονόδοντα, τα συμμετρόδοντα και τα παντοθήρια που εξαφανίστηκαν στο τέλος της περιόδου, και μερικές άλλες τάξεις. Θεωρείται ότι τα πρώτα θηλαστικά, από τα οποία προήλθαν εξελικτικά οι σύγχρονες ομάδες, ήταν ενδόθερμα, νυκτόβια, εντομοφάγα ζώα, σε μέγεθος ποντικού.

Κατά την κρητιδική περίοδο διαχωρίστηκαν οι εξελικτικές γραμμές των μαρσιποφόρων και των πλακουντοφόρων θηλαστικών. Τα μαρσιποφόρα εμφανίστηκαν αρχικά στη Βόρεια Αμερική και εξαπλώθηκαν στη Νότια Αμερική, απ' όπου, μέσω υποθετικών χερσαίων γεφυρών, πέρασαν στην Αυστραλία. Το φαινόμενο αυτό έλαβε χώρα πριν την εξάπλωση των πλακουντοφόρων θηλαστικών, γι' αυτό και η ομάδα των μαρσιποφόρων αναπτύχθηκε σημαντικά και κατέλαβε, μετά την απομόνωση της Αυστραλίας, τις περισσότερες οικοθέσεις. Στις υπόλοιπες περιοχές του κόσμου εξαφανίστηκαν ή περιορίστηκαν λόγω του ανταγωνισμού με τα πλακουντοφόρα· από την Ευρώπη εξαφανίστηκαν κατά την τελευταία περίοδο του τριτογενούς, ενώ στην Αμερική αντιπροσωπεύονται μόνο από τα οπόσουμ. Τα πλακουντοφόρα, που πρωτοεμφανίστηκαν στη δυτική Ευρώπη και στη βορειοδυτική Αμερική, θεωρούνται η πιο επιτυχημένη ομάδα των θηλαστικών, η οποία κυριάρχησε σε όλες τις περιοχές εκτός της Αυστραλίας. Με την εξαφάνιση των μεγάλων ερπετών(δεινόσαυροι), κατά τα τέλη του μεσοζωικού αιώνα, η τροφή και οι άλλοι πόροι έγιναν διαθέσιμοι στα πλακουντοφόρα θηλαστικά, τα οποία ακολούθησαν αποκλίνουσα εξέλιξη και προσαρμόστηκαν σε μεγάλη ποικιλία βιοτόπων· ορισμένα επαναποίκισαν το υδάτινο περιβάλλον(κητώδη) και μερικά ανέπτυξαν ικανότητα πτήσης(νυχτερίδες). Λόγω της ταχείας εξέλιξής τους, της μεγάλης γεωγραφικής τους

διάδοσης και του πλήθους τους, τα ζώα αυτά κυριάρχησαν στην περίοδο του τριτογενούς, γι' αυτό κι ο καινοζωικός ονομάστηκε αιώνας των θηλαστικών. Οι εξελικτικές αλλαγές που υπέστησαν αφορούν κυρίως στον εγκέφαλο, το κρανίο, τα δόντια, τα πόδια και τις σωματικές διαστάσεις. Κατά τη γεωλογική αυτή περίοδο σημειώθηκε τεράστια ανάπτυξη των θηλαστικών, η οποία πραγματοποιήθηκε σε δύο σαφώς ξεχωριστές φάσεις. Κατά την πρώτη εμφανίστηκαν μορφές αρχαϊκού χαρακτήρα, οι οποίες παρουσίαζαν συγγένεια με την πανίδα των θηλαστικών της κρητιδικής περιόδου, αλλά όχι με των επομένων. Ορισμένες μορφές εξαφανίστηκαν χωρίς να αφήσουν απογόνους, όπως για παράδειγμα τα αμβλύποδα. Κατά τη δεύτερη εξελικτική φάση, αντίθετα, τα θηλαστικά παρουσίασαν νεότερους χαρακτήρες, οι οποίοι θεωρούνται πρόγονοι των σημερινών θηλαστικών. Κατά την ηώκαινο εποχή εμφανίστηκαν σχεδόν όλες οι σύγχρονες τάξεις των θηλαστικών(Θαλάσσια θηλαστικά(2007), Εγκυκλοπαίδεια Δομή, 11:177-183).

1.4)Θαλάσσια θηλαστικά

Τα θαλάσσια θηλαστικά είναι θηλαστικά που έχουν προσαρμοστεί στο να ζουν στον ωκεανό. Τα θαλάσσια θηλαστικά έχουν όλα τα χαρακτηριστικά των θηλαστικών, διαθέτουν όμως ξεχωριστή εμφάνιση και στρατηγικές επιβίωσης. Χωρίζονται σε τρεις τάξεις: τα σαρκοφάγα, τα κητώδη και τα σειρηνοειδή. Ο εντοπισμός των θαλάσσιων θηλαστικών καθίσταται ευχερέστερος με την εκμάθηση της ταξινόμησής τους.

Στην τάξη των σαρκοβόρων συμπεριλαμβάνονται πέντε οικογένειες θαλάσσιων θηλαστικών:

Ωταρίδες: Τα θαλάσσια λιοντάρια έχουν ορατά εξωτερικά αφτιά και μπορούν να περπατήσουν και στα τέσσερα πτερύγιά τους περιστρέφοντας τα οπίσθια πτερύγιά

τους προς τα εμπρός, κάτω από το σώμα. Έχουν την ικανότητα καλύτερης κίνησης στην ξηρά από τις πραγματικές φώκιες. Η ισχυρή κολυμβητική τους ιδιότητα προέρχεται από τα μεγάλα εμπρόσθια πτερύγια.

Φωκίδες: Οι φώκιες δε διαθέτουν εξωτερικά αφτιά. Σέρνονται στην ξηρά, καθώς τα μπροστινά τους πτερύγια είναι μικρά και τα οπίσθια δεν μπορούν να περιστραφούν. Η κολυμβητική τους ιδιότητα προέρχεται από τα μεγάλα, οπίσθια πτερύγιά τους.

Odobenidae: Οι θαλάσσιοι ελέφαντες ξεχωρίζουν από τους δύο μακρούς χαυλιόδοντές τους. Οι θαλάσσιοι ελέφαντες ενδιαίτουν στις θάλασσες της Αρκτικής. Δε διαθέτουν εξωτερικά αφτιά. Έχουν την ικανότητα περιστροφής των οπίσθιων πτερυγίων τους, κάτι που επιτρέπει την επί ξηράς βάδιση. Εκτός από τους χαυλιόδοντες, ξεχωρίζουν και λόγω της παρουσίας δύο μεγάλων σάκων αέρα, εκτεινόμενος ο καθένας από κάθε πλευρά του φάρυγγα. Αυτοί οι σάκοι μπορούν να διογκωθούν για να κρατήσουν το κεφάλι πάνω από το νερό κατά τον ύπνο ή να χρησιμοποιηθούν ως θάλαμοι συντονισμού για την ενίσχυση των υποβρύχιων ήχων.

Ικτιδίδες: Οι ενυδρίδες είναι το μόνο μέλος της οικογένειας των ικτιδιδών που υπάγεται στα θαλάσσια θηλαστικά. Δεν ενδιαίτουν στον ωκεανό, αλλά στα παραθαλάσσια στρώματα φυκών, τρεφόμενα με οστρακοειδή και θαλάσσια ασπόνδυλα. Κάποια χαρακτηριστικά τους, όπως η παχιά, σκούρα γούνα τους, η μεγάλη ουρά, καθώς κι ικανότητα χρήσης των βράχων ως <<διατροφικών οχυρών>>, καθιστά τις ενυδρίδες εύκολα διακρινόμενες από τα υπόλοιπα θαλάσσια θηλαστικά.

Αρκτίδες: Οι πολικές αρκούδες χαρακτηρίζονται ως θαλάσσια θηλαστικά, καθώς εξαρτώνται από τον ωκεανό για την εύρεση του μεγαλύτερου ποσοστού της τροφής τους. Βρίσκονται σε όλες τις αρκτικές περιοχές, συμπεριλαμβανομένων τμημάτων της Αλάσκας και του Καναδά.

Στην τάξη των κητωδών, συμπεριλαμβάνονται οι εξής δύο υποτάξεις:

Odontoceti: Οι οδοντωτές φάλαινες παρουσιάζουν μεταβολές στο μέγεθος και το σχήμα του σώματος. Στην υπόταξη αυτή συμπεριλαμβάνονται τα δελφίνια, οι φώκαινες, οι φάλαινες μπελούγκα, οι ραμφώδεις φάλαινες κι οι φάλαινες φυσητήρες. Επίσης, ο αριθμός των δοντιών παρουσιάζει μεταβολές, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις δεν υπάρχουν καθόλου λειτουργικά δόντια.

Μυστακοκητώδη: Στις μπαλενοφόρες φάλαινες συμπεριλαμβάνονται οι μπλε, οι γκρι, οι καμπουριασμένες κι οι bowhead φάλαινες. Αντί δοντιών, οι φάλαινες αυτές διαθέτουν σειρές ισχυρών και σε μικρή απόσταση μεταξύ των πλάκες μπαλένων κατά μήκος των δύο πλευρών των άνω σιαγόνων τους. Αυτές οι πλάκες φιλτράρουν και παγιδεύουν μικρά ψάρια και πλαγκτόν, το οποίο στη συνέχεια καταπίνει η φάλαινα. Οι φάλαινες αναπνέουν μέσα από ένα ζευγάρι τρυπών-ανοιγμάτων.

Η τάξη των σειρηνοειδών περιλαμβάνει τις αλλικορίδες και τις τριχεχίδες. Όλα τα είδη ζουν σε ζεστά ή τροπικά νερά και τρέφονται με φυτά. Στις Η.Π.Α, οι τριχεχίδες βρίσκονται στις παράκτιες περιοχές της Φλόριντα. Ένα άλλο είδος σειρηνοειδούς, η θαλάσσια αγελάδα Στέλλερ, ενδιαιτούσε στα νερά της Αρκτικής, αλλά κυνηγήθηκε ως τον αφανισμό το 1768, μόλις 27 χρόνια μετά την ανακάλυψή της. (<http://www.marinemammalcenter.org/education/marine-mammal-information/classification.html>)

1.5) Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η αποδελτίωση των τεχνικών ανακατασκευής των σκελετών των θηλαστικών που προσαράζουν στην ξηρά, με στόχο να αξιοποιηθούν είτε προς ερευνητική, είτε προς μουσειακή χρήση.

2)ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα υλικά κι οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την εκσκαφή των οστών, τη μεταχείρισή τους, την προετοιμασία και τη διαδικασία ανακατασκευής, καθώς και οι αναλυτικές τεχνικές συντήρησής τους σε καλή κατάσταση.

Οι προσαράξεις θαλάσσιων θηλαστικών δεν αποτελούν ασυνήθιστα γεγονότα ανά τον κόσμο, αποσπώντας τόσο την προσοχή των επιστημόνων, όσο και των απλών ανθρώπων. Για αυτό το λόγο, διάφορα πρωτόκολλα εκσκαφής των οστών για μετέπειτα χρήση έχουν καθιερωθεί.

2.1)Πρωτόκολλο εκσκαφής

Τα περισσότερα στηρίζονται στην ίδια λογική, μη διαφοροποιούμενα ριζικά από την κεντρική ιδέα. Ένα από τα πλέον ολοκληρωμένα πρωτόκολλα είναι το εξής:

1. Λαμβάνονται φωτογραφίες του πεδίου, με τη χρήση επαγγελματικού εξοπλισμού. Φωτογραφίες λαμβάνονται καθ' όλη τη διάρκεια της εκσκαφής.
2. Ο σκελετός εκσκάπτεται σκάβοντας προσεκτικά με μαχαίρια, σμίλες κι άλλα μικρά εργαλεία. Χρησιμοποιείται φτυάρι για τη διεύρυνση της τάφρου εκσκαφής, καθώς και για την αφαίρεση των υπερκείμενων των οστών ίζημάτων. Η διεύρυνση της τάφρου πρέπει να πραγματοποιείται με προσοχή, ούτως ώστε να μη διαταραχθεί η σταθερότητα που ενδέχεται να παρουσιάζει.
3. Το ίζημα απομακρύνεται από το σκελετό. Τα οστά σταθεροποιούνται εμβαπτιζόμενα σε Paraloid B-72, που έχει αραιωθεί από 5 έως 10% σε ακετόνη.

Το Paraloid B-72(Ethyl Metachrylate), είναι η αγαπημένη ρητίνη συντηρητών έργων τέχνης τα τελευταία 20 χρόνια. Χρησιμοποιείται από το 1950 σαν βερνίκι και ως στερεωτικό μέσο για διάφορα υποστρώματα (πίνακες, τοιχογραφία, πέτρα, ξύλο, κεραμικά κτλ). Αραιώνεται συνήθως με ακετόνη από 5 έως 25 % - ανάλογα με ποιά δουλειά είναι να εκτελεστεί. Επανεισημμένες έρευνες απέδειξαν ότι πρόκειται για μία από τις σταθερότερες ρητίνες στη συντήρηση έργων τέχνης. Χρησιμοποιείται για στερέωση και εμποτισμό ξύλου, σε ελαιογραφίες και σαν φιξατίφ για ακουαρέλες, κάρβουνα και παστέλ. Συνιστάται επίσης και σαν κόλλα για γυαλί και κεραμικά. Αποτελείται από πολυμερισμό του ακρυλικού μεθυλίου με το μεθακρυλικό αιθύλιο. Είναι μία καθαρή θερμοπλαστική ρητίνη με μεσαία σκληρότητα (12.1 σε 80°C). Αντέχει στο φώς, ενώ στο πέρασμα του χρόνου η σύνδεση των πολυμερών μορίων δεν μεταβάλλεται. Διαλύεται σε τολουόλη ή ακετόνη. Μπορεί να αραιωθεί με ισοπροπανόλη και αιθανόλη. Μαλακώνει σε θερμοκρασία 70°C και λιώνει σε περίπου 150°C. Η σωστή αραιώση προϊόντος παίζει μεγάλο ρόλο σε μια επιτυχημένη αποκατάσταση. Δοκιμές είναι απαραίτητες για να αποφασιστεί ο βαθμός αραιώσης και το σωστό διαλυτικό. Συνιστάται πάντοτε ένα διάλυμα αρκετά αραιωμένο, γιατί η επιφάνεια που πρέπει να στερεωθεί χρειάζεται να εμποτιστεί μέχρι κορεσμού. Περνώντας ένα πηκτό μίγμα ενδέχεται τα κάτω στρώματα να μην εμποτιστούν και να παραμείνουν σαθρά, παρά την επιφανειακή καλή στερέωση. Είναι επίσης σημαντικό να λαμβάνεται υπ' όψιν η πτητικότητα του διαλύτη. Ένας διαλύτης με αργή εξάτμιση μπορεί να χρειαστεί μερικές ημέρες ή εβδομάδες μέχρι να εξατμιστεί εντελώς. Το αποτέλεσμα της στερέωσης μπορεί να εκτιμηθεί μόνο μετά το πλήρες στέγνωμα της ρητίνης. Προσθέτοντας το βελτιωτικό P-100 σε ποσοστό 0.1% το διάλυμα αποκτά ακόμα μεγαλύτερη διείσδυση. Εάν υπάρχει περίσσειμα ρητίνης στην επιφάνεια του έργου την αφαιρούμε με τολουόλη.

([http://www.abio.gr/index.php/el/component/eshop/catalog/item/restauro-\(sintirisi-ergon-tehnis,-apokatastasi-mnimeion\)/940-sinthetices-ritines/8845-paraloid-b-72-araiomeno-me-katharo-aketoni-\(40%25-ritini\)---200-ke](http://www.abio.gr/index.php/el/component/eshop/catalog/item/restauro-(sintirisi-ergon-tehnis,-apokatastasi-mnimeion)/940-sinthetices-ritines/8845-paraloid-b-72-araiomeno-me-katharo-aketoni-(40%25-ritini)---200-ke))

4. Η θέση όλων των οστών χαρτογραφείται με τη χρήση κιγκλιδώματος. Αντίστοιχα, ο προσανατολισμός του σκελετού πραγματοποιείται με χρήση πυξίδας Brunton. Κάθε οστό λαμβάνει αριθμό καταλόγου για τη διευκόλυνση της μετέπειτα ανακατασκευής του σκελετού.
5. Τα οστά, καθώς και τμήμα του πεδίου υποδοχής του θηλαστικού τοποθετούνται σε αφρό πολουρεθάνης και μεταφέρονται σε εξειδικευμένο χώρο(εργαστήριο) για περαιτέρω ανάλυση. Ακολουθεί καθαρισμός, εκτενέστερη μελέτη και λεπτομερής καταγραφή στο χώρο του εργαστηρίου.

Ο αφρός πολουρεθάνης είναι ένα μονωτικό υλικό με πολύ καλές ιδιότητες. Προσφέρει άριστη θερμομόνωση με το χαμηλότερο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, άριστη ηχομόνωση κι επιμέρους στεγανοποίηση. Μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιαδήποτε επιφάνεια ανεξαρτήτως κλίσης, στεγνώνοντας μάλιστα σε δευτερόλεπτα. Εφαρμόζεται άμεσα με ψεκασμό, παρουσιάζοντας τέλεια πρόσφυση σε οποιοδήποτε δομικό υλικό(μπετόν, μάρμαρο, πέτρα, ξύλο, κτλ). Ο αφρός πολουρεθάνης δεν έχει αρμούς, μηδενίζει τις θερμογέφυρες και μειώνει σημαντικά το κόστος ψύξης-θέρμανσης(<http://www.ergatex.gr/insulation-repair/roof-insulated/insulated-polyurethane/>).

6. Τα οστά καθαρίζονται με μικρά μαχαίρια, σπάτουλες και βούρτσες. Νερό, απορρυπαντικό και γενικώς υγρή ουσία δε χρησιμοποιείται κατά τη διαδικασία αυτή. Εάν το ίζημα που έχει προσκολληθεί στα οστά έχει

συνδράμει σε ελάχιστη σκλήρυνση αυτών, μηχανικά εργαλεία όπως η σμίλη και το σφυρί δε χρησιμοποιούνται για τον καθαρισμό.

7. Το ιζηματογενές τμήμα που συνδέεται με το σκελετό υπόκειται σε μετρήσεις κι εκτενέστερη μελέτη.
8. Λαμβάνονται φωτογραφίες των οστών για δεύτερη φορά στο εργαστήριο. Προηγουμένως, έχουν ληφθεί φωτογραφίες στο πεδίο.
9. Λαμβάνονται με εξαιρετικά μεγάλη προσοχή, λεπτές τομές των οστών. Οι τομές αυτές εξετάζονται με μικροσκόπιο (π.χ., JenaPol 250 CF) και φωτογραφίζονται με κάμερα (π.χ., Nikon Coolpix 8700)(Esperante et al., 2009).

2.2)Τεχνικές απολίπανσης των οστών

Οι μελέτες για τη διατήρηση των οστών επικεντρώνονται κατά κανόνα σε αρχαία οστά ή απολιθώματα. Οι χημικές και φυσικές ιδιότητες των αρχαιολογικών οστών εξαρτώνται από τις ταφονομικές διαδικασίες που ακολουθούνται, καθώς κι από το περιβάλλον ταφής. Τα οστά είναι ένα σύνθετο υλικό: ένα ιεραρχικά δομημένο σύνθετο, με την ινώδη πρωτεΐνη, κολλαγόνο, επισκληρυμένη από εξαιρετικά πυκνή πλήρωση και εξωτερική προστασία ασβεστιακών κρυστάλλων απατίτη. Το κολλαγόνο αποτελεί το 90% της οργανικής φάσης, όντας σε μεγάλο βαθμό υπεύθυνο για την ελαστικότητα των οστών, και την υψηλή αντοχή τους στην ένταση και τη στρέψη. Η σκληρότητα κι η αντοχή του οστού στη συμπίεση οφείλονται στην ανόργανη ουσία υδροξυλαπατίτη[Ca₅(PO₄CO₃)₃(OH)]. Τα αρχαιολογικά οστά είναι υποβαθμισμένα: γενικά, χάνουν μέρος των οργανικών συστατικών τους, δείχνοντας μία παράλληλη αύξηση της κρυσταλλικότητας του ορυκτού μέρους. Τα φρέσκα οστά διατηρούν όλα τα συστατικά τους: το κολλαγόνο, τον απατίτη,

ακόμη και τα λιπίδια. Πριν να είναι σε θέση να παρουσιάσουν ένα σκελετό, τα μουσεία φυσικής ιστορίας καλούνται να προετοιμάσουν τα οστά. Κατά τις θεραπείες που χρησιμοποιούνται, αφαιρείται η σάρκα και τα λιπίδια. Στις τρέχουσες μεθόδους συμπεριλαμβάνονται αυτές της ταφής, των σκαθαριών, των ενζύμων, η υδάτινη, καθώς κι η χημική διαβροχή, κι ο βρασμός. Στην περίπτωση των λιπαρών σκελετών, όπως αυτών των θαλάσσιων θηλαστικών, ο καθαρισμός των οστών ενδέχεται να ακολουθείται από διεργασίες απολίπανσης σε οργανικούς διαλύτες. Οι διαδικασίες προετοιμασίας και θεραπείας είναι εμπειρικές, με αποτέλεσμα καμία προσέγγιση να μη θεωρείται ιδανική. Ορισμένες τεχνικές έχουν περιορισμένη αποτελεσματικότητα και μπορεί να αποδειχθούν επικίνδυνες (τοξικά, εύφλεκτα κτλ). Διαφοροποιήσεις που επηρεάζουν την ακεραιότητα των οστών είναι πιθανό να εμφανιστούν κατά τη διάρκεια της προετοιμασίας. Η βλάβη κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης ή της ταφής εξαρτάται από το περιβάλλον: όξινες συνθήκες αποδυναμώνουν το μεταλλικό μέρος, ενώ ένα αλκαλικό περιβάλλον προκαλεί απώλεια του οργανικού μέρους. Η επιφάνεια των οστών καταστρέφεται και γίνεται γκρι. Η χρήση των σκαθαριών της οικογένειας Dermestidae οδηγεί σε ακόμη μεγαλύτερη υποβάθμιση των οστών: οι γνάθοι τους δημιουργούν αυλακώσεις και εμφανή σημάδια μάσησης. Η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη μέθοδος είναι εκείνη της υδάτινης διαβροχής, η οποία συντελεί σε μια μικρή αποδόμηση των οστών. Μια παρατεταμένη θεραπεία μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την υδρόλυση των πρωτεϊνών και τη διάλυση των ανόργανων συστατικών. Η τεχνική της υδάτινης διαβροχής είναι αποτελεσματική στην εξάλειψη της σάρκας, όντας όμως παράλληλα χρονοβόρα. Η χρήση προσθέτων, όπως ενζύμων(πρωτεάση, ουδετεράση), απορρυπαντικών ή σόδας, μπορεί να μειώσει το χρόνο, αποβαίνοντας όμως καταστροφική για τα οστά. Η χρήση των

ενζύμων ενδέχεται να συντελέσει σε χώνευση των οστών: η επιφάνεια των οστών καταστρέφεται, ενώ ακόμη μεγαλύτερη είναι η καταστροφή που υφίσταται το μεταλλικό τμήμα. Τα απορρυπαντικά προκαλούν απασβέστωση κι εξασθένιση των οστών. Η αποτελεσματικότητα της υδατικής διαβροχής περιορίζεται στην εξαγωγή των λιπιδίων από το οστό. Η χρήση του ζεστού νερού είναι καλύτερη, αλλά μπορεί να επηρεάσει τα οστά. Κατά το βρασμό αυξάνεται το πορώδες των οστών, κάτι που μπορεί να οδηγήσει σε πρόκληση μη αναστρέψιμης βλάβης στο οστό. Όταν ο καθαρισμός δεν είναι επαρκής, τα οστά απολιπαίνονται με οργανικούς διαλύτες(αλκοόλη, ακετόνη ή χλωριωμένους διαλύτες). Η αλκοόλη κι ακετόνη ενδέχεται να παραγάγουν συνθήκες αφυδάτωσης κι ευθραυστότητας, προκαλώντας ραγίσματα στο οργανικό μέρος. Οι χλωριωμένοι διαλύτες είναι τοξικοί και προβληματικοί με το πέρας της θεραπείας. Ενδέχεται επίσης να παραγάγουν υδροχλωρικό οξύ, προκαλώντας αποικοδόμηση του μεταλλικού μέρους. Όλες οι θεραπείες προετοιμασίας ανακατασκευής τροποποιούν τα οστά, επηρεάζοντας με αυτό τον τρόπο την ανακατασκευή που πρόκειται να ακολουθήσει (Guilminot et al., 2014).

Μία μέθοδος καθαρισμού που αρχίζει να αξιοποιείται τα τελευταία χρόνια είναι αυτή του λέιζερ. Πρωτοχρησιμοποιήθηκε για τον καθαρισμό πινάκων ζωγραφικής κι άλλων έργων τέχνης, όμως πλέον βρήκε εφαρμογή και σε ένα μεγαλύτερο εύρος υλικών. Πρόσφατες έρευνες έχουν δώσει σημαντικές υποσχέσεις ευρύτερες μελλοντικής αξιοποίησης του λέιζερ για τον καθαρισμό αρχαιολογικών ευρημάτων. Οι μόνες ουσίες όπου δεν υπήρχαν ενθαρρυντικές ενδείξεις για τη χρησιμοποίησή του είναι ο γαληνίτης κι ο σιδηροπυρίτης. Με βάση τις έως τώρα πραγματοποιημένες έρευνες, το λέιζερ μπορεί να ανταγωνιστεί τις συμβατικές τεχνικές καθαρισμού με μεγάλη επιτυχία (Asmus, 2000).

2.3)Τεχνικές ανάλυσης της περιεκτικότητας των οστών σε λιπίδια

Για περαιτέρω ανάλυση της περιεκτικότητας των οστών σε λιπίδια, λιπαρά οξέα κτλ, χρησιμοποιούνται αναλυτικές τεχνικές όπως οι TLC(Thin Layer Chromatography), FT-Raman και GC(Gas Chromatography). Μια σύνοψη καθεμιάς εκ των τριών αυτών τεχνικών δίνεται κάτωθι:

FT-Raman: Η φασματοσκοπία αυτή ανακαλύφθηκε από τον Ινδό φυσικό Raman, C., στις αρχές του 1900 και αποτελεί ένα φαινόμενο το οποίο προκύπτει από την αλληλεπίδραση ακτινοβολίας και ύλης.

Όταν μια μονοχρωματική ακτινοβολία, συχνότητας ν_0 , η οποία προέρχεται από ένα laser προσπέσει στο προς εξέταση δείγμα, τότε ένα πολύ μικρό ποσοστό των προσπιπτόντων φωτονίων(περίπου 0,1%) σκεδάζονται. Το μεγαλύτερο ποσοστό των σκεδαζόμενων φωτονίων παραμένει ενεργειακά αμετάβλητο(σκέδαση Rayleigh), ενώ ένα πολύ μικρό ποσοστό(περίπου 0,01%) σκεδάζεται με μεταβολή της ενέργειάς του(σκέδαση Raman)(Le Blond et al., 2009).

TLC: Η χρωματογραφία χρησιμοποιείται για το διαχωρισμό μιγμάτων ουσιών στα συστατικά τους. Όλες οι μορφές χρωματογραφίας βασίζονται στην ίδια αρχή. Διαθέτουν μία στατική(ένα στερεό ή ένα υγρό που στηρίζεται σε ένα στερεό) και μία κινητή φάση(ένα υγρό ή ένα αέριο). Η κινητή φάση ρέει διαμέσου της στατικής, μεταφέροντας τα συστατικά του μίγματος με αυτή την κίνηση. Διαφορετικά συστατικά μεταφέρονται με διαφορετικούς ρυθμούς. Η χρωματογραφία λεπτής στιβάδας πραγματοποιείται ακριβώς όπως φανερώνει το όνομά της- χρησιμοποιώντας ένα λεπτό, ομοιόμορφο στρώμα τζελ, επικαλυμμένο επάνω σε ένα κομμάτι γυαλιού, μετάλλου ή άκαμπτου πλαστικού. Το τζελ αποτελεί τη στατική φάση. Η στατική φάση στη χρωματογραφία λεπτής στιβάδας συχνά περιέχει μια ουσία που φθορίζει

στο υπεριώδες φως. Η κινητή φάση είναι ένας κατάλληλος υγρός διαλύτης ή μίγμα διαλυτών. Με χρήση της χρωματογραφίας λεπτής στιβάδας πραγματοποιείται η ανάλυση των

λιπιδίων(<http://www.chemguide.co.uk/analysis/chromatography/thinlayer.html>).

GC: Το διάλυμα του δείγματος που έχει εγχυθεί μέσα στο όργανο εισέρχεται σε ένα ρεύμα αερίου που μεταφέρει το δείγμα σε σωλήνα διαχωρισμού, γνωστού ως στήλη (ήλιο ή άζωτο χρησιμοποιείται ως φέρον αέριο). Τα διάφορα συστατικά διαχωρίζονται στο εσωτερικό της στήλης. Ο ανιχνευτής μετρά την ποσότητα των συστατικών που εξέρχονται της στήλης. Για τη μέτρηση ενός δείγματος άγνωστης συγκεντρώσεως, ένα πρότυπο δείγμα γνωστής συγκέντρωσης εγχέεται μέσα στο όργανο. Ο χρόνος εμφάνισης κι η περιοχή του πρότυπου δείγματος συγκρίνονται με το δοκιμαστικό δείγμα για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης(<http://shimadzu.com/an/gc/index.html>).

2.4) Μέθοδοι τρισδιάστατης απεικόνισης

Με την ολοκλήρωση των τεχνικών απολίπανσης, πρακτικά, τα επεξεργασμένα δείγματα είναι έτοιμα προς ανακατασκευή. Οι παραδοσιακές τεχνικές ανακατασκευής περιελάμβαναν την ταξινομική κατάταξη του ζώου στο οποίο ανήκαν τα οστά, σύγκρισή του με αντίστοιχο του σκελετό που έχει ανακατασκευαστεί στο παρελθόν και ολοκλήρωση της διαδικασίας. Η διαδικασία αυτή θα μπορούσε περισσότερο να χαρακτηριστεί ως εμπειρική, παρά ως επιστημονικό θέσφατο που δεν επιδέχεται αμφισβήτησης. Αντίθετα, οι νέες μέθοδοι που ολοένα κι αναπτύσσονται τα τελευταία χρόνια περιλαμβάνουν χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή και τρισδιάστατη ανακατασκευή του σκελετού. Οι δύο συνηθέστερες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται είναι οι CT(Computed Tomography) και η MRI(Magnetic Resonance Imaging). Και

οι δύο τεχνικές αυτές αποδίδουν τμηματικές εικόνες οι οποίες ανασυντίθενται στη συνέχεια δίδοντας το όλον, όντας παράλληλα συμπληρωματικές η μία της άλλης, καθώς χρησιμοποιούνται για την απεικόνιση διαφορετικών δειγμάτων. Σύνοψη των δύο αυτών τεχνικών παρατίθεται κάτωθι:

CT(Computed Tomography): Ο όρος αξονική τομογραφία αναφέρεται στην τεχνική εκείνη, κατά την οποία παράγονται τμηματικές εικόνες ενός ζώου ή δείγματος. Μια συστοιχία ανιχνευτών συνδέεται σε υπολογιστή και κατά την εξασθένηση των ακτίνων X, αποκτώνται τα δεδομένα εικόνας του δείγματος. Ένας ελεγχόμενος από υπολογιστή πίνακας μεταφέρει το δείγμα εντός του περιβλήματος(gantry) όπου περιέχεται ο σωλήνας ακτίνων X. Καθώς ο σωλήνας περιστρέφεται κατά μήκος του τόξου του περιβλήματος και ο πίνακας κινείται διά μέσου της εξέδρας φόρτωσης, παλμοί των ακτίνων X εκπέμπονται σε πολλαπλές κατευθύνσεις, καταγραφόμενοι από τους ανιχνευτές που βρίσκονται κάτω από το δείγμα. Ένα πλέγμα ή μια διόπτρα που επικαλύπτει τους ανιχνευτές βοηθά στην εξασθένηση των διάσπαρτων ακτινών, με σκοπό τη μη καταγραφή τους. Η διαδικασία είναι ανάλογη με αυτή που χρησιμοποιείται στα απλά φιλμς. Η ανάλυση των ψηφιακών εικόνων που παράγονται βασίζεται σε ένα σύνθετο συνδυασμό των κιλοβολτ, του χρόνου έκθεσης, του αριθμού των παλμών, της διόπτρας-κατευθυντήρα, των ανιχνευτών και της ταχύτητας του πίνακα. Οι σύγχρονοι σαρωτές έχουν δύο βασικές λειτουργίες: σάρωση σε λεπτά τεμάχια κι ελικοειδή σάρωση. Κατά την πρώτη λειτουργία, ο πίνακας κινείται με ρυθμικές προσαυξήσεις ενός έως δέκα χιλιοστών ανά δευτερόλεπτο, ενώ οι εικόνες παράγονται σε αντιστοιχία με πάχη ενός εγκάρσιου του σωλήνα ανά τεμάχιο. Κατά την ελικοειδή λειτουργία, ο πίνακας κινείται με ρυθμούς 0,5 έως 10 χιλιοστών ανά δευτερόλεπτο, με το σωλήνα να κινείται και τα δεδομένα να συλλέγονται συνεχώς. Αυτή η μέθοδος είναι πολύ πιο

γρήγορη κι επιτρέπει τμηματικό ανασχηματισμό των εικόνων ενός συνόλου δεδομένων, παχών ενός έως 10 χιλιοστών.

Οι δύο αυτές διαφορετικές μορφές απόκτησης δεδομένων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την απεικόνιση τόσο μαλακών, όσο και σκληρών ιστών, κάτι που καθορίζεται από τους πυρήνες απόκτησης. Ο όρος αυτός αναφέρεται στον αλγόριθμο ανακατασκευής που χρησιμοποιείται για τη μετατροπή των τιμών εξασθένισης των ακτίνων X, σε τιμές της κλίμακας του γκρι. Το είδος της εξέτασης, η επιλογή λειτουργίας (ενιαία ή σπιδάλ), η ταχύτητα του πίνακα, τα kV κι ο χρόνος έκθεσης σε γενικές γραμμές καθορίζονται από το εξεταζόμενο δείγμα. Για παράδειγμα, κατά την CT απεικόνιση του θώρακα και της κοιλιακής χώρας, ένα πρωτόκολλο που λαμβάνει τμήματα πάχους δέκα χιλιοστών και χρησιμοποιεί πυρήνες μαλακών ιστών είναι πολύ κοινό, καθώς οι δομές αυτές είναι μεγάλες. Οι σαρώσεις των πνευμόνων χρησιμοποιούν ένα εξειδικευμένο πρωτόκολλο, κατά το οποίο λαμβάνονται τομές τριών χιλιοστών, ούτως ώστε να δοθεί έμφαση στις λεπτές διαφορές που παρατηρούνται στα αεριούχα περάσματα, ενώ αντίστοιχα, κατά τις εξετάσεις του μέσου και του εσωτερικού ωτός χρησιμοποιείται ένα ακόμη πιο εξειδικευμένο πρωτόκολλο, όπου λαμβάνονται τομές 0,5 χιλιοστών με προσαυξήσεις 0,1 χιλιοστών κατά την ύστερη, υψηλής ανάλυσης, ανακατασκευή τους. Αυτοί οι αριθμοί ποικίλλουν ανάλογα με το ποιος είναι ο κατασκευαστής του σαρωτή, αλλά στις περισσότερες εγκαταστάσεις, τουλάχιστον η λειτουργία της σπειροειδούς απεικόνισης είναι διαθέσιμη, ενώ οι πυρήνες οστών και μαλακών ιστών για τους περισσότερους τύπους οργάνων είναι διαθέσιμοι. Επιπλέον, οι CT εικόνες μπορούν πλέον να ανακατασκευαστούν σε σχεδόν οποιαδήποτε γωνία απαιτείται, ακόμη κι αν έχουν αποκτηθεί σε όλες τις περιπτώσεις σε ένα τυπικό, εγκάρσιο επίπεδο.

Οι εικόνες που αποκτώνται από τη CT, εμφανίζονται ως αποχρώσεις του γκρι, κάτι που σχετίζεται με την ποσότητα της ακτίνας X που μετριάστηκε από τους ιστούς του δείγματος. Η εξασθένηση επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, αλλά στο μεγαλύτερο βαθμό καθορίζεται από την πυκνότητα των εκτεθειμένων ιστών. Όσο υψηλότερη είναι η εξασθένηση, τόσο πυκνότερο το αντικείμενο και λευκότερη η δομή εμφανισιακά. Εκτός από την κλίμακα των 256 βαθμών του γκρι που χρησιμοποιείται για την απόχρωση κάθε πίξελ, μία δεύτερη τιμή, οι μονάδες Hounsfield(HU), είναι επίσης διαθέσιμη κατά την απεικόνιση με χρήση της τεχνικής CT. Οι μονάδες Hounsfield, που ονομάστηκαν έτσι προς τιμήν ενός εκ των εφευρετών της μεθοδολογίας CT, αποτελούν ένα τρόπο μέτρησης της εξασθένησης των ακτίνων, τυποποιημένο στο νερό. Κατ' επέκτασιν, ο αέρας έχει τιμή HU -1000, το νερό, μηδέν. <<Ανεβαίνοντας>> στην κλίμακα, παρατηρείται αύξηση της πυκνότητας. Οι ιστοί των θηλαστικών ποικίλλουν από το -100(λίπη) έως το 3100(πολύ πυκνά οστά), ενώ ακόμη και μέταλλα μπορούν να μετρηθούν, επεκτείνοντας την κλίμακα έως τις 41000 HU. Ως εκ τούτου, οι μονάδες Hounsfield προσφέρουν ένα πολύ μεγαλύτερο φάσμα πληροφοριών σχετικά με την πυκνότητα και τα φυσικά χαρακτηριστικά ενός δείγματος ανά εικονοστοιχείο, εν σχέσει με τις αντίστοιχες της κλίμακας γκρι των 256 βαθμών, που χρησιμοποιείται μονάχα για την απεικόνιση. Η τεχνική αυτή είναι ιδιαίτερος χρήσιμη στη διάγνωση της υπερανοργανοποίησης, καθώς και στον καθορισμό της ποιότητας και της ηλικίας μιας ποσότητας αίματος(οι θρόμβοι είναι πυκνότεροι κι έχουν υψηλότερες τιμές HU, από το φρέσκο, ρευστό αίμα).

Η ανακατασκευή των εικόνων είναι μια διαδικασία που απαιτεί συνήθως από 30 λεπτά έως δύο ώρες για την απόκτηση όλων των συνόλων των εικόνων. Η τελική χρονική διάρκεια εξαρτάται από τον αριθμό των τύπων των ιστών και των

ανακατασκευών. Τόσο δυσδιάστατες, όσο και τρισδιάστατες εικόνες μπορούν να δημιουργηθούν, όπως και πολυιστικές εκθέσεις και μετρήσεις σημαντικών χαρακτηριστικών. Τόσο οι πυρήνες οστών, όσο κι αυτοί των μαλακών ιστών, καθώς και ο συνδυασμός των δύο, πρέπει να χρησιμοποιούνται στις κατάλληλες μονάχα περιπτώσεις. Οι εικόνες μπορούν να εξαχθούν σε έντυπη μορφή, σε ψηφιακές εικόνες μορφής DICOM, σε CD ή άλλο ηλεκτρονικό μέσο.

MRI(Magnetic Resonance Imaging): Η μαγνητική τομογραφία είναι μία ολοένα και πιο διαθέσιμη μέθοδος για την τμηματική απεικόνιση της ανατομίας ενός δείγματος. Η χρήση της μαγνητικής τομογραφίας διευρύνεται όσο περνούν τα χρόνια, καθώς δίνει εξαιρετικά χρήσιμα αποτελέσματα κατά την εξέταση των μαλακών ιστών. Η χρησιμότητα της μαγνητικής τομογραφίας, έγκειται στην ικανότητα αντίχνευσης διαφορών στο μαλακό ιστό, ενώ φερ' ειπείν, η ακτινογραφία κι η αξονική τομογραφία αποδίδουν εικόνες μικρότερες ανάλυσης για τους ιστούς αυτούς. Παραδείγματος χάριν, η μαγνητική τομογραφία είναι ένα εξαιρετικό εργαλείο για την απεικόνιση του εγκεφάλου, καθώς και των γαστροεντερικών κι αναπαραγωγικών συστημάτων, επειδή παρέχει υψηλή ανάλυση των ισχνών διαφορών της ενυδάτωσης των μαλακών ιστών, όπως για παράδειγμα, μεταξύ της λευκής και φαιάς ουσίας. Αντιθέτως, η μαγνητική τομογραφία δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την απεικόνιση οστικών δομών ή περιοχών των πνευμόνων, καθώς και για οποιοδήποτε δείγμα εμπεριέχει μέταλλο. Επίσης, λόγω του μεγάλου χρονικού διαστήματος που απαιτείται για την περάτωση της διαδικασίας, στις περισσότερες κτηνιατρικές περιπτώσεις χρησιμοποιείται αναισθησία ή ηρεμιστικά.

Οι εικόνες που δημιουργούνται από τη χρήση της μαγνητικής τομογραφίας, αποκτώνται λόγω της παραγωγής μαγνητικού πεδίου γύρω από το δείγμα. Οι πυρήνες υδρογόνου(πρωτόνια) που υπάρχουν στον ιστό, ευθυγραμμίζονται με αυτό το πεδίο.

Στη συνέχεια, οι παλμοί των ραδιοκυμάτων μεταδίδονται στο δείγμα, ενεργοποιώντας τα πρωτόνια υδρογόνου, προκαλώντας το συντονισμό και την εκτροπή τους μακριά από το μαγνητικό πεδίο. Όταν οι παλμοί των ραδιοκυμάτων σταματούν, τα πρωτόνια φθίνουν(επιστρέφουν ή χαλαρώνουν) στην αρχική τους ευθυγράμμιση. Ένα πηνίο δέκτης ανιχνεύει τον αριθμό των αντηχούντων πρωτονίων και τις αλλαγές στο σπιν τους, το οποίο στη συνέχεια μεταφράζεται σε μία σηματοδοτημένη τιμή έντασης. Οι ιστοί με υψηλά επίπεδα ρευστών(π.χ. αίμα, εγκεφαλονωτιαίο υγρό) έχουν υψηλό περιεχόμενο πρωτονίων και παράγουν υψηλές εντάσεις σήματος· αντίστοιχα, εκείνοι με χαμηλή περιεκτικότητα σε ρευστό(πνεύμονες κι οστά) παράγουν χαμηλές εντάσεις σήματος. Όπως και στη διαδικασία εξασθένησης των ακτίνων X κατά την αξονική τομογραφία, έτσι και στη μαγνητική, οι εντάσεις σήματος μεταφράζονται από μια διαδικασία συνέλιξης σε κλίμακες του γκρι για την απεικόνιση. Οι υψηλής έντασης κι υψηλής περιεκτικότητας σε υγρό περιοχές γενικά απεικονίζονται με φωτεινό λευκό, ενώ οι δομές χαμηλότερης περιεκτικότητας σε υγρό, απεικονίζονται στις διαβαθμισμένες αποχρώσεις του γκρι. Τα οστά κι ο αέρας έχουν μηδενική περιεκτικότητα σε υγρό, παράγουν σήμα χαμηλής έντασης και κατ' επέκτασιν, απεικονίζονται ως μαύρα. Αυτές οι παράμετροι μπορούν ωστόσο να ρυθμιστούν, με σκοπό την προτιμώμενη απεικόνιση κάποιων τύπων ιστών. Συνήθως, δύο τύποι εικόνων μπορούν να παραχθούν, κάτι που εξαρτάται από το στάδιο της φθοράς κατά το οποίο πραγματοποιείται η μέτρηση(δηλαδή ποιο χρονικό διάστημα μεσολαβεί από τη διακοπή μετάδοση των παλμών των ραδιοκυμάτων). Οι εικόνες T-1 λαμβάνονται νωρίς κατά τη διαδικασία φθοράς, ενώ οι εικόνες T-2 λαμβάνονται αργότερα(συντομότερες και μεγαλύτερες περίοδοι χαλάρωσης). Οι εικόνες T-1, οι οποίες χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη ανάλυση, είναι πιο χρήσιμες για την εξέταση ανατομικών λεπτομερειών, ενώ οι εικόνες T-2, διαθέτουν μεγαλύτερη χρωματική

αντίθεση και είναι πιο χρήσιμες στη διάγνωση ακαθόριστων παθολογιών όπως κυστών και ορισμένων όγκων, καθώς αυτές οι παθολογίες τυπικά περιέχουν σχετικά υψηλές ποσότητες νερού, κάτι που οδηγεί σε απεικόνιση με υψηλές εντάσεις σήματος(λευκό χρώμα).

Όπως και στην αξονική τομογραφία, οι εικόνες παρέχονται σε τμήματα στο στεφανιαίο, τοξοειδές κι αξονικό επίπεδο, σε πάχη από ένα έως δέκα χιλιοστά. Το απόλυτο επίπεδο ανάλυσης εξαρτάται εν μέρει από τον αριθμό των αλληλουχιών σήματος που χρησιμοποιούνται και ως εκ τούτου, από το συνολικό χρόνο που απαιτείται για τις εξετάσεις. Όσο περισσότερες ακολουθίες παλμών μετρώνται και συγκρίνονται, τόσο υψηλότερη είναι η ανάλυση, αλλά κι η χρονική διάρκεια περάτωσης της εξέτασης. Η μέση αξονική εξέταση κεφαλιού ή κοιλιακής χώρας διαρκεί από 30 έως 45 λεπτά, προσφέροντας ανάλυση δύο έως οκτώ πίζελς ανά χιλιοστό. Οι αναλύσεις χαμηλότερες των 2 πίζελς ανά χιλιοστό απαιτούν συνήθως περισσότερο από μία ώρα για την απόκτηση σήματος κι είναι γενικά πρακτικές για δείγματα που δεν είναι ζωντανά. Όπως και με τους πυρήνες της αξονικής τομογραφίας, οι μονάδες μαγνητικής τομογραφίας διαθέτουν πολλαπλές ακολουθίες λειτουργιών που δύναται να χρησιμοποιηθούν, συνεπώς εκ των ων ουκ άνευ θεωρείται η πρότερη συζήτηση με κάποιον τεχνολόγο-γνώστη των μηχανημάτων. Εκτός από τους τρόπους απεικόνισης T-1 και T-2 που περιγράφηκαν παραπάνω, μερικά από τα πιο κοινά πρωτόκολλα περιλαμβάνουν τους λιπο-καταστολείς, καθώς και νεότερες τεχνικές για την προβολή των πνευμόνων και των καρδιακών λειτουργιών. Οι παράγοντες αντίθεσης είναι επίσης διαθέσιμοι στη μαγνητική τομογραφία(όπως και στην αξονική), χρησιμοποιούνται μόνο με κτηνιατρική έγκριση και εποπτεία, ενώ προφυλακτικά μέτρα για τη θεραπεία κάποιας ανηκέστου βλάβης θα πρέπει να λαμβάνονται εγκαίρως.

Η μαγνητική τομογραφία προσφέρει εξαιρετική απεικόνιση των μαλακών ιστών, αλλά μεγαλύτερη χρονική διάρκεια περάτωσης των εξετάσεων, εν σχέσει με την αξονική τομογραφία. Αποτελεί την πρωταρχική επιλογή για ζώα ή δείγματα όπου απαιτείται καλή διαφοροποίηση των μαλακών ιστών, ενώ επίσης παρέχει τις ιδανικότερες εικόνες για την απεικόνιση των εγκεφαλικών και κοιλιακών παθήσεων. Για την ολοκλήρωση της εξέτασης απαιτούνται περίπου 40 λεπτά, ενώ 30 λεπτά έως δύο ώρες απαιτούνται για την εξαγωγή όλων των σειρών των εικόνων, κάτι που εξαρτάται από τον αριθμό των τύπων των ιστών και των ανακατασκευών. Μπορούν να παραχθούν τόσο δυσδιάστατες όσο και τρισδιάστατες εικόνες. Οι εικόνες μπορούν να εξαχθούν σε έντυπη μορφή, σε ψηφιακές εικόνες μορφής DICOM, σε CD ή άλλο ηλεκτρονικό μέσο (Ketten and Montie, 2008).

3) ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ(ΣΥΖΗΤΗΣΗ)

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται η πρακτική εφαρμογή των τεχνικών διατήρησης κι ανακατασκευής των οστών θαλάσσιων θηλαστικών που περιγράφηκαν ανωτέρω.

3.1) Απεικόνιση του εγκεφάλου ενός νάνου φουσητήρα(*Kogia simus*) με χρήση της μαγνητικής τομογραφίας

Η παρούσα μελέτη αποτελεί το πρώτο εγχείρημα περιγραφής της ανατομίας ενός νάνου φουσητήρα(*Kogia simus*). Επιπροσθέτως, η μελέτη αυτή αποτελεί την πρώτη ανατομικά επισημασμένη τρισδιάστατη περιγραφή εγκεφάλου οποιουδήποτε μέλους των Φουσητηροειδών, με χρήση μαγνητικής τομογραφίας. Η μαγνητική τομογραφία είναι μία τεχνική που ενδείκνυται για την παρατήρηση της εσωτερικής δομής των μεγάλων αυτών εγκεφάλων, τη στιγμή που οι παραδοσιακές μέθοδοι ενσωμάτωσης, κοπής, χρώσης, στερέωσης και μικροσκοπικής εξέτασης δεν εμφανίζονται ως πρακτικές. Επιπλέον, η μαγνητική τομογραφία προσφέρει την ευκαιρία διατήρησης των εσωτερικών δομών στην ακριβή ανατομική τους θέση, καθώς ολόκληρη η περιοχή του εγκεφάλου παραμένει ανέπαφη κατά τη διάρκεια της σάρωσης, ελαχιστοποιώντας, ως εκ τούτου, τις χωρικές στρεβλώσεις που συνδέονται με πολλές μεθόδους ιστολογικής επεξεργασίας. Συμπερασματικά, η μαγνητική τομογραφία καθίσταται ως μια πολύ χρήσιμη τεχνική για την εξέταση των εγκεφάλων των Κητωδών.

Το δείγμα που εξετάστηκε είναι ο μετά θάνατον εγκεφαλος μιας θηλυκής νάνου φουσητήρα(*Kogia simus*), μήκους 166 εκατοστών και βάρους 107 κιλών που προσάραξε ζωντανή στην ξηρά στις 27 Μαρτίου 2001, στο Κέιπ Φίαρ, της Βόρειας Καρολίνα των Η.Π.Α. Το ζώο βρισκόταν στην προεφηβική του ηλικία, καθώς το

αναπαραγωγικό του σύστημα χαρακτηρίστηκε ανώριμο. Ελάχιστα στοιχεία υπάρχουν για τις καμπύλες ανάπτυξης μήκους/βάρους του είδους αυτού. Το ζώο μεταφέρθηκε από την παραλία και με μια αρχική αξιολόγηση της υγείας του, διαπιστώθηκε πως η διαδικασία της ευθανασίας ήταν απαραίτητη. Το ζώο υποβλήθηκε σε ευθανασία, νεκροψία και συλλογή ιστών, κατά την οποία αφαιρέθηκε ο εγκέφαλος από το κρανίο και τοποθετήθηκε άμεσα σε διάλυμα 10% ρυθμισμένης φορμόλης. Η νεκροψία διεξήχθη στο πανεπιστήμιο της Βόρειας Καρολίνας, στο Γουίλμινγκτον. Ο εγκέφαλος παρέμεινε εμβαπτισμένος στη φορμόλη για τριάντα ημέρες πριν τη σάρωση. Η απόσταση από το πρόσθιο ως το οπίσθιο τμήμα του εγκεφάλου προσδιορίστηκε στα 120 χιλιοστά. Το μέγιστο ύψος του εγκεφάλου άγγιζε τα 75 χιλιοστά, ενώ το βάρος του νωπού εγκεφάλου τα 544 γραμμάρια.

Οι εγκεφαλικές απεικονίσεις με χρήση μαγνητικής τομογραφίας αποκτήθηκαν στο στεφανιαίο επίπεδο, με χρήση σαρωτή 1,5-T Philips NT(Philips Medical System, the Netherlands) στο Emory University School of Medicine. Κατά την απεικόνιση, οι παράμετροι ρυθμίστηκαν ως εξής: Πάχος τομής=2 χιλιοστά, βήμα τομής=0 χιλιοστά, χρόνος επανάληψης=3000ms, φορά επανάληψης=13ms, οπτικό πεδίο=150 χιλιοστά, μάλτριξ=256*256 εικονοκύτταρα(πίξελς). Το δείγμα σαρώθηκε με την κοιλιακή πλευρά γερμένη προς το πηνίο.

Ένα τρισδιάστατο μοντέλο, δημιουργημένο από υπολογιστή δημιουργήθηκε από 60 στεφανιαίες σαρώσεις πάχους 2 χιλιοστών, χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα λογισμικού VOXELVIEW(Vital Images, Inc.) στο εργαστήριο μικροσκοπίας και σάρωσης με λέιζερ του πανεπιστημίου του Μίσιγκαν. Το ήδη υπάρχον τρισδιάστατο μοντέλο εξετμήθη ψηφιακά σε ορθογώνια επίπεδα για την παραγωγή αντίστοιχων τμηματικών εικονικών σειρών στο οριζόντιο(75 σαρώσεις πάχους 0,52 χιλιοστών) και στο τοξοειδές επίπεδο(254 σαρώσεις πάχους 0,52 χιλιοστών).

Ολόκληρος ο όγκος του εγκεφάλου μετρήθηκε με το λογισμικό πρόγραμμα ανάλυσης εικόνας SCION IMAGE για τα Windows(έκδοση για PC του NIH IMAGE) χρησιμοποιώντας χειρωνακτικά καθορισμένες περιοχές διαδοχικών τομών, οι οποίες ενσωματώθηκαν η μία στην άλλη για την εκτίμηση του ολικού όγκου. Οι ογκομετρικές εκτιμήσεις μετατράπηκαν σε μονάδες βάρους πολλαπλασιάζοντας τον όγκο του εγκεφάλου με το ειδικό βάρος του εγκεφαλικού ιστού, που ισούται με $1,036 \text{ g cm}^{-3}$.

Όλες οι αναγνωρίσιμες εγκεφαλικές δομές του δείγματος επισημάνθηκαν βάσει των αρχικών στεφανιαίων εικόνων, καθώς επίσης και βάσει των εικονικών τεμομένων εικόνων στο τοξοειδές και το οριζόντιο επίπεδο. Οι εικόνες ολάκερου του εγκεφάλου που αποκτήθηκαν με τη χρήση της μαγνητικής τομογραφίας, συγκρίθηκαν με τις δημοσιευμένες φωτογραφίες κι απεικονίσεις του εγκεφάλου του ρινοδέλφινου(Morgane et al., 1980), με δημοσιευμένους νευροανατομικούς άτλαντες(βασισμένων στη μαγνητική τομογραφία) όπου απεικονίζονται οι εγκεφαλοι ενήλικων ρινοδέλφινων και κοινών δελφινιών(Marino et al, 2001c, 2002) και με δημοσιευμένες νευροανατομικές μελέτες του εγκεφάλου της φάλαινας φουσητήρα, *Physeter macrocephalus*(Kojima, 1951; Oelschlager & Kemp, 1998). Η ονοματολογία ακολούθησε την εργασία των Marino et al.,(2001c), καθώς και τα μετέπειτα ανατομικά έγγραφα των Marino et al. Επίσης, οι σαρώσεις αυτές συγκρίθηκαν με μία εναλλακτική σειρά χρωματισμένων εγκεφαλικών εικόνων ρινοδέλφινου, για εύρεση ομοιοτήτων στα κύτταρα και στις μυελινωμένες ίνες, επίσης και στα τρία επίπεδα. Αυτές οι χρωματισμένες σειρές εικόνων προήλθαν από τη συλλογή Γιάκοβλεφ-Χάλιμ του εθνικού μουσείου υγείας και από τη συλλογή Γουέλκερ του πανεπιστημίου Ουισκόνσιν-Μάντισον.

Ο όγκος του εγκεφάλου του δείγματος μετρήθηκε ίσως με 467,63mL. Μετά τη μετατροπή σε βάρος, πολλαπλασιάζοντας με την τιμή της ειδικής βαρύτητας του νερού, η εκτίμηση του ολικού βάρους ανήλθε σε 484,46 γραμμάρια. Μια παλαιότερα δημοσιευμένη έρευνα, κατά την οποία μετρήθηκε ο όγκος του εγκεφάλου μιας ενήλικης νάνου φουσητήρα, απέδωσε τιμή 622mL(Marino,1998). Συμπερασματικά, η βασισμένη στη μαγνητική τομογραφία εκτίμηση του βάρους του εγκεφάλου για το παρόν δείγμα, ταιριάζουν σε ένα άτομο στην προ-εφηβεία(Marino et al., 2003).

3.2)Η ανακατασκευή της φάλαινας του Χονγκ Κονγκ, *Balaenoptera physalus*

Το 1955, μία 9μετρη αρσενική φάλαινα του είδους *Balaenoptera physalus*, βρέθηκε νεκρή στο λιμάνι της πόλης Βικτόρια του Χονγκ Κονγκ. Ο σκελετός του τοποθετήθηκε ως έκθεμα στο πανεπιστήμιο του Χονγκ Κονγκ. Στα 36 χρόνια που μεσολάβησαν μέχρι τη στιγμή διεξαγωγής της παρούσας μελέτης, η κατάσταση του σκελετού επιδεινώθηκε σε τέτοιο βαθμό που η άμεση συντήρηση καθίστατο αναγκαία. Η μελέτη αυτή αναφέρεται στην ανακατασκευή του σκελετού της φάλαινας, τις μεθόδους επιδιόρθωσης και συντήρησης των οστών, καθώς και στο σχεδιασμό και κατασκευή ενός στηρικτικού συστήματος εν πολλοίς αοράτου, αλλά αρκετά ισχυρού, με σκοπό τη μόνιμη έκθεση του σκελετού σε εξωτερικό χώρο του θαλάσσιου εργαστηρίου Swire του πανεπιστημίου του Χονγκ Κονγκ.

Η επανεξέταση του σκελετού το 1990 κατέδειξε σημαντική φθορά σε συγκεκριμένα οστά και διάβρωση των σπονδύλων. Για το λόγο αυτό, η απόφαση που πάρθηκε ήταν να κατέβει ο σκελετός στο έδαφος για την εκτίμηση της κατάστασης της συντήρησής του και τη λήψη αποφάσεων για τη μετέπειτα προστασία του.

Το πιο σημαντικό πρόβλημα ήταν πως διάφορα οστά ήταν σπασμένα ή λείπανε τμήματά τους. Αυτά έπρεπε να επιδιορθωθούν, ή σε ορισμένες περιπτώσεις,

κάποια κομμάτια να κατασκευαστούν. Το ιδανικό υλικό γι' αυτή τη δουλειά ήταν μία ρητίνη, υπό μορφή ψυχρής ωρίμανσης δύο συστατικών, γεμάτη εποξειδικό στόκο, που είχε ιδανική προσκόλληση στα οστά και μπορούσε να χειριστεί και μορφοποιηθεί σχετικά εύκολα με το χέρι στη μορφή που απαιτούνταν (Putty type resin XH 711A-XH 711B).

Η επιστημονική ομάδα που διεξήγαγε τη μελέτη κατέληξε στο συμπέρασμα πως ο εμποτισμός σε κενό θα ενίσχυε την απορρόφηση της ρητίνης από τα οστά. Ένας θάλαμος κενού δημιουργήθηκε χρησιμοποιώντας χαλυβδοσωλήνες, πάχους 1,5 εκατοστών, εσωτερικής διαμέτρου 60 εκατοστών και ύψους 90 εκατοστών. Η κατασκευή αυτή συμπληρώθηκε από ένα πώμα, διαμέσου του οποίου η διεργασία μπορούσε να παρακολουθηθεί. Η ρητίνη αναμίχθηκε και τοποθετήθηκε με μεμονωμένα οστά σε δοχείο και στη συνέχεια, εισήχθη στο θάλαμο κενού. Έπειτα, ο θάλαμος εκκενώθηκε αέρος με τη χρήση μιας αντλίας κενού. Ακολούθως, τα οστά απομακρύνθηκαν από το θάλαμο και αποστραγγίστηκαν από την περίσσεια ρητίνης. Η ρητίνη στερεώθηκε σε περίπου μία ώρα, υπό θερμοκρασία δωματίου, ενώ η περίσσεια καθαρίστηκε χρησιμοποιώντας οδοντιατρικές φρέζες. Τα μεγαλύτερα οστά δε μπορούσαν να τοποθετηθούν στο θάλαμο κενού λόγω μεγέθους και γι' αυτό το λόγο, βυθίστηκαν στη ρητίνη που βρισκόταν εντός σάκων πολυθενίου. Όσο το δυνατόν περισσότερη ποσότητα αέρα απομακρύνθηκε, τοποθετώντας μία μάνικα κενού στους σάκους, με σκοπό τη σφράγιση τους.

Αφού τα οστά εμποτίστηκαν στη ρητίνη, η επιδιόρθωση των σπασμένων ξεκίνησε. Το κρανίο είχε εκτεταμένα σπασίματα, ενώ κομμάτια του λείπανε. Σε αυτές τις περιοχές, το συρματοπλεγμά που χρησιμοποιήθηκε στερεώθηκε με ρητίνη. Αυτό έγινε για την ενίσχυση και υποστήριξη της επίδρασης της ρητίνης-στόκου στην επιδιόρθωση. Επιπλέον, το οστό του δεξιού ζυγωματικού έλειπε. Αυτό επιδιορθώθηκε

χρησιμοποιώντας λωρίδες φύλλων πλεξιγκλάς, που κόπηκαν και κάμφθηκαν στο σχήμα που χρειαζόταν με χρήση θέρμανσης. Εν τέλει, τα υλικά αυτά τοποθετήθηκαν στην περιοχή της άνω γνάθου. Η περιοχή αυτή καλύφθηκε επίσης με συρματόπλεγμα, ενώ η ρητίνη στόκος που χρησιμοποιήθηκε φορμαρίστηκε στο κατάλληλο σχήμα. Στην περιοχή του ουρανίσκου χρησιμοποιήθηκε ακριβώς η ίδια λογική.

Οι σπόνδυλοι είχαν υποστεί τεράστιες ζημιές· τα περισσότερα νευρικά κέντρα απουσίαζαν, όπως επίσης και οι εγκάρσιες αποφύσεις, καθώς και μερικές αιματικές καμάρες. Όλα αυτά έπρεπε να ανακατασκευαστούν χρησιμοποιώντας ρητίνη-στόκο. Για τη διασφάλιση πως τα νευρικά κέντρα είχαν ευθυγραμμιστεί, οι σπόνδυλοι τοποθετήθηκαν προσωρινά στον καμπύλο σωλήνα της σπονδυλικής στήλης, φτιαγμένο από ανοξείδωτο χάλυβα, που θα αποτελούσε τη βάση του πλαισίου στήριξης. Το κέντρο όλων των σπονδύλων τρυπήθηκε με τρυπάνι 38 χιλιοστών. Η διαδικασία αυτή περιελάμβανε και τη δημιουργία ενός στηρικτικού έργου που θα διασφάλιζε τη σταθερότητα των σπονδύλων κατά τη διάτρηση. Πολλές τέτοιες στηρικτικές δομές έπρεπε να δημιουργηθούν, για την κάλυψη του εύρους μεγέθους όλων των σπονδύλων. Λεπτές τομές, 10 επί 10 χιλιοστών πραγματοποιήθηκαν στον πάτο των τρυπών των θωρακικών σπονδύλων, για την τοποθέτηση ενός μηχανισμού καταστολής της περιστροφής.

Με τους σπόνδυλους τοποθετημένους επάνω στο σωλήνα, ο αριθμός των επισκευών έπρεπε πλέον να επαναξιολογηθεί. Φύλλα πλεξιγκλάς κόπηκαν σε τέτοιο μέγεθος, ούτως ώστε να αντιπροσωπεύουν κάθε σπασμένο νευρικό κέντρο, εγκάρσια απόφυση ή αιματική καμάρα. Μικρές τομές πραγματοποιήθηκαν στα κόκαλα. Τα φύλλα πλεξιγκλάς κόπηκαν στο μέγεθος που απαιτούνταν και κολλήθηκαν στο κατάλληλο σημείο. Ρητίνη-στόκος χρησιμοποιήθηκε για την κάλυψη του πλεξιγκλάς και για την επανάκτηση της αρχικής φόρμας των σπονδύλων.

Οι αρθρώσεις των πρόσθιων άκρων έπρεπε να ενισχυθούν μεταξύ της ωμοπλάτης, του βραχίονα, της κερκίδας και του καρπού. Μεταλλικές ράβδοι εισήχθησαν στις περιοχές των αρθρώσεων και καλύφθηκαν με ρητίνη-στόκο. Οι φάλαγγες των δακτύλων που λείπανε ανακατασκευάστηκαν χρησιμοποιώντας μία ακρυλική ρητίνη, επισυνάφθηκαν στα φυσικά οστά με καρφίτσες και συγκολλήθηκαν με ρητίνη. Επειδή τα πρόσθια άκρα ήταν πολύ βαριά, αποφασίστηκε η κατασκευή ενός ανοξειδωτού πλαισίου χάλυβα από τον καρπό έως τα άκρα καθεμιάς από τις φάλαγγες, όπου θα μπορούσαν να τοποθετηθούν βίδες για καλύτερη στερέωση. Εν τέλει, κάθε ένα από τα πρόσθια άκρα είχε μία ράβδο από ανοξειδωτο χάλυβα από τον καρπό έως τη βάση της υποστηρικτικής στήλης.

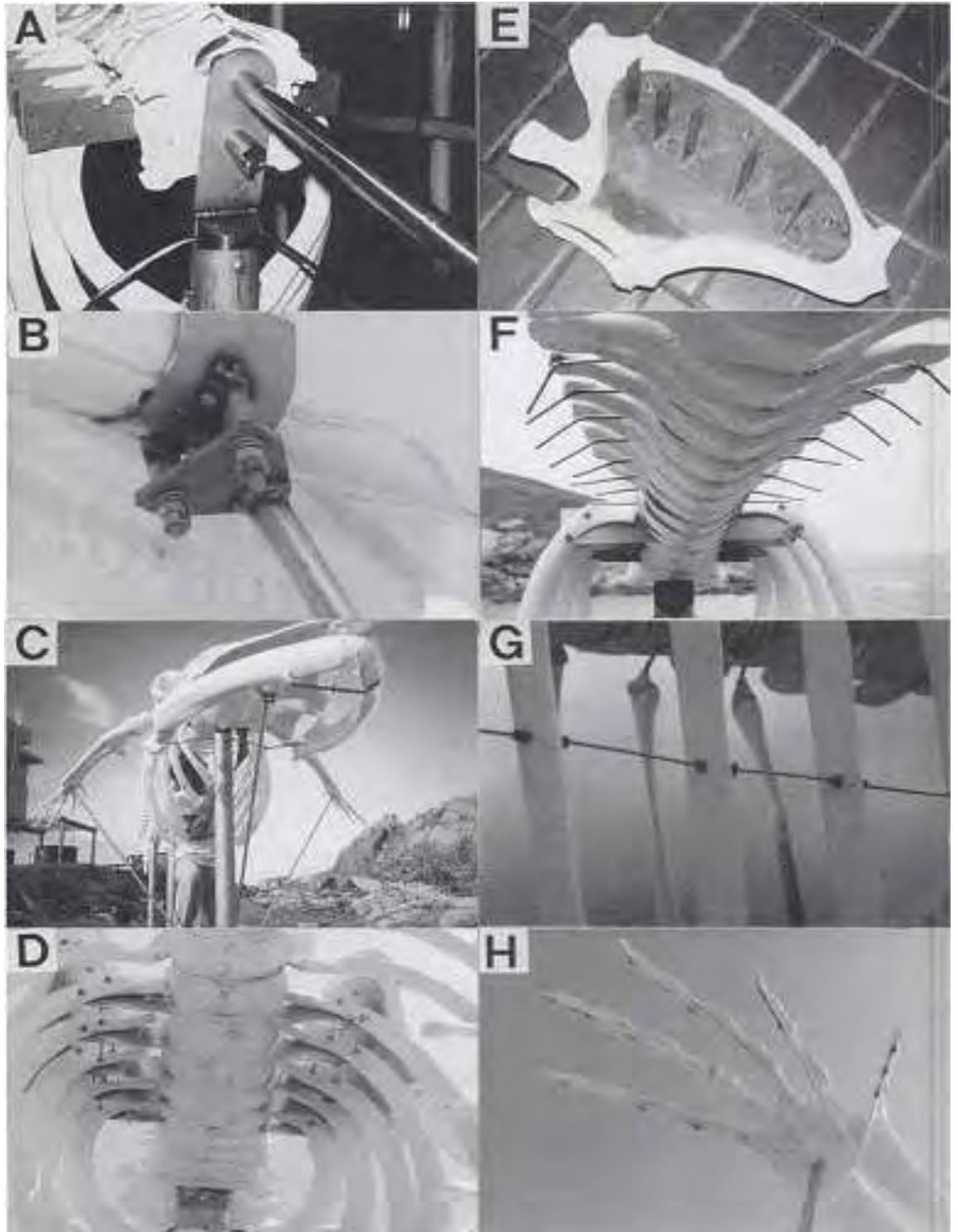
Τα σπασμένα πλευρά επιδιορθώθηκαν χρησιμοποιώντας καρφίτσες ανοξειδωτού χάλυβα και ρητίνη· τα οστά της λεκάνης που απουσίαζαν ανακατασκευάστηκαν από ρητίνη-στόκο και συνδέθηκαν από διαγώνια ευθυγραμμισμένες ράβδους χάλυβα σε μια πλάκα, η οποία ήταν τοποθετημένη μεταξύ των σπονδύλων, μέσα στο σωλήνα της σπονδυλικής στήλης. Τα υοειδή οστά απουσίαζαν επίσης, αλλά δεν αντικαταστάθηκαν. Μετά την ανακατασκευή και τον εμποτισμό, τα οστά βάφτηκαν με πολλές στρώσεις λευκού χρώματος πολυουρεθάνης δύο συστατικών· ήταν έτοιμα πλέον για τη συναρμολόγηση.

Η γενική ιδέα για την έκθεση του σκελετού της φάλαινας περιελάμβανε την εικόνα της φάλαινας καταδυόμενης πάνω από τα βράχια προς το παρακείμενο νερό του θαλάσσιου εργαστηρίου Swire στο ακρωτήριο d' Aguilar του Χονγκ Κονγκ. Υπήρξαν πολλές σημαντικές παράμετροι που λήφθηκαν υπ' όψιν στο σχεδιασμό και στην κατασκευή της υποστηρικτικής δομής του σκελετού. Ίσως η πιο σημαντική από αυτές τις παραμέτρους σχετίζεται με τα μετεωρολογικά φαινόμενα της βροχής και του ανέμου. Η υποστηρικτική δομή έπρεπε να κατασκευαστεί με τρόπο τέτοιο, ούτως

ώστε να μπορεί να αντέξει τα ισχυρά αυτά φαινόμενα, κατά τους περιοδικούς τυφώνες. Επίσης, η υποστηρικτική δομή δε θα πρέπει να αποσπά την προσοχή από το σκελετό. Τα ακαθόριστα σχήματα και μεγέθη των οστών κατέδειξαν τις λεπτομέρειες μεταξύ των αρθρώσεων ένα δυσεπίλυτο σχεδιαστικό πρόβλημα.

Καθώς υπήρχαν ελάχιστες εργαστηριακές εγκαταστάσεις κοντά στην περιοχή, η υποστηρικτική δομή έπρεπε να προκατασκευαστεί στα εργαστήρια του τμήματος βιομηχανίας του πανεπιστημίου του Χονγκ Κονγκ. Μετά τη μερική κατασκευή της υποστηρικτικής δομής σε κάποιο από τα εργαστήρια του πανεπιστημίου, αυτή μεταφέρθηκε σε εύχρηστα τμήματα στον τόπο πλήρους ανακατασκευής.

Η χρονική διάρκεια αποπεράτωσης της ανακατασκευής ήταν ένας χρόνος, αλλά χρειάστηκε κι ένας χρόνος πριν την έναρξη των εργασιών, με σκοπό την κατάρτιση του ιδανικού πλάνου χειρισμού της κατάστασης.



Εικόνα 3.2.1. Α) Φαίνεται η πρόσθια στήλη και ο τρόπος με τον οποίο ο σωλήνας της σπονδυλικής στήλης συνδέθηκε μαζί της, καθώς κι ο κρανιακός σωλήνας. Β) Το υποστήριγμα του εμπρόσθιου άκρου του κρανίου. Γ) Το υποστήριγμα του σαγονιού του κρανίου. Δ) Οι υποστηρικτικές των πλευρών πλάκες.

Ε) Η υποστηρικτική πλάκα της ωμοπλάτης. F) Υποστηρικτικές ράβδοι για τα πλευρά.
G) Τα καλώδια ευθυγράμμισης των πλευρών. Η) Υποστηρικτική ράβδος χειρός.



Εικόνα 3.2.2 Το έκθεμα μετά το πέρας της διαδικασίας συντήρησης και ανακατασκευής (Morton et al., 1992)

3.3) Βιοχημική ανάλυση των λιπιδίων που συλλέχθηκαν από φάλαινα του είδους *Balaenoptera physalus*

Όπως και πολλά άλλα μουσεία, το Μουσείο Φυσικής Ιστορίας της Ναντ αντιμετωπίζει δυσκολίες όσον αφορά στη διατήρηση κι έκθεση των ανεπαρκώς απολιπανθέντων σκελετών. Τέτοιου είδους δυσκολίες κλήθηκαν να αντιμετωπίσουν οι άνθρωποι του εν λόγω μουσείου, λόγω της εμφάνισης καφέ κηλίδων λίπους σε σκελετό φάλαινας του είδους *Balaenoptera physalus*, που ετέθη υπό έκθεση από το 1995. Αν και προηγήθηκε προετοιμασία που συνίστατο σε 18 μήνες υδατικής διαβροχής και 6 μηνών εμβαπτίσεων σε οργανικό διαλύτη, οι καφέ κηλίδες που προαναφέρθηκαν έκαναν την εμφάνισή τους (διαρροή από τον πυρήνα του οστού). Πέραν της υποβάθμισης της αισθητικής ποιότητας, η βιοχημική αποδόμηση των λιπιδίων (υδρόλυση, οξείδωση) ενισχύεται από την ανάπτυξη μικροοργανισμών, που ενδέχεται να οδηγήσουν σε αλλοίωση των ινών κολλαγόνου, κάτι που συνεπάγεται δυσχέρεια στη μακροπρόθεσμη διατήρηση του σκελετού. Στη μελέτη αυτή πραγματοποιήθηκε βιοχημική ανάλυση των λιπιδίων που βρέθηκαν στο σκελετό της φάλαινας *Balaenoptera physalus*. Επίσης, πραγματοποιήθηκε μια ενζυματική προσέγγιση για την απολίπανση των οστών.

Δείγματα των επιφανειακών λιπιδίων συλλέχθηκαν ξύνοντας προσεκτικά τις λιπαρές περιοχές των οστών με ένα νυστέρι. Δείγματα των εσωτερικών λιπιδίων συλλέχθηκαν με τη χρήση τροκάρ. Τα δείγματα του πυρήνα ήταν περίπου τριών χιλιοστών σε διάμετρο και 130 χιλιοστών σε μήκος. Οι ενζυματικές δοκιμές πραγματοποιήθηκαν χρησιμοποιώντας κομμάτια οστών που προήλθαν από σπονδύλους φάλαινας, που είχαν αποκτηθεί από το κέντρο ερευνών για τα θαλάσσια θηλαστικά του Λα Ροσέλ. Τα κομμάτια αυτά είχαν κοπεί με πριονοκορδέλα. Τα

ενζυματικά παρασκευάσματα που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 3.3.1

	Εμπορικό όνομα	Φυσική μορφή	Πηγή	Εταιρεία
1	Λιπάση ΑΥ 30	Ελεύθερη, σκόνη	<i>Candida rugosa</i>	Amano Enzyme, UK
2	Λιπάση F-AP 15	Ελεύθερη, σκόνη	<i>Rhizopus oryzae</i>	Amano Enzyme, UK
3	Λιπάση M 10	Ελεύθερη, σκόνη	<i>Muco javanicus</i>	Amano Enzyme, UK
4	Λιπάση DF 15	Ελεύθερη, σκόνη	<i>Rhizopus oryzae</i>	Amano Enzyme, UK
5	Λιπάση A 12	Ελεύθερη, σκόνη	<i>Aspergillus niger</i>	Amano Enzyme, UK
6	Λιποζύμη TL IM	Ακίνητοποιημένη, κόκκοι ρητίνης	<i>Thermomyces lanuginosus</i>	Novozymes, DK
7	Λιπάση ακρυλικής ρητίνης	Ακίνητοποιημένη, κόκκοι ρητίνης	<i>Candida antarctica</i>	Novozymes, DK
8	Νοβοζύμη 435	Ακίνητοποιημένη, κόκκοι ρητίνης	<i>Candida antarctica</i>	Novozymes, DK
9	Λιποζύμη RM IM	Ακίνητοποιημένη, κόκκοι ρητίνης	<i>Rhizomucor miehei</i>	Novozymes, DK

10	Λεκιτάση 10L	Ελεύθερη, υγρή	<i>Porcine pancreas</i>	Novozymes, DK
11	Λιποζύμη TL 100L	Ελεύθερη, υγρή	<i>Thermomyces lanuginosus</i>	Novozymes, DK

Η ανάλυση των λιπιδίων πραγματοποιήθηκε με χρήση χρωματογραφίας λεπτής στιβάδας, σε πλάκες πυριτίου, διαστάσεων 20*20 εκατοστών(Silica Gel 60, Merck, Fontenay-sous-Bois, Γαλλία). Ο διαχωρισμός των συστατικών πραγματοποιήθηκε σε δύο φάσεις. Η πρώτη φάση, σε μεθυλοξικό/προπαν-2-ολη/χλωροφόρμιο/μεθανόλη 0,25% υδατικού διαλύματος χλωριούχου καλίου, KCl(25:25:25:10:9 v/v/v/v). Στη συνέχεια, η πλάκα ξηράθηκε για 10 περίπου λεπτά σε θερμοκρασία δωματίου και ακολούθησε η δεύτερη φάση, η οποία πραγματοποιήθηκε σε εξάνιο/διαιθυλεθέρα/κρυσταλλικό οξικό οξύ(80:20:2 v/v/v), σε όλο το μήκος της πλάκας. Μετά από ξήρανση σε θερμοκρασία δωματίου, τα συστατικά έγιναν ορατά ψεκάζοντας διάλυμα α-ναφθόλης(0,25 γραμμάρια α-ναφθόλη 1/50mL αιθανόλη 1/50mL θειικού οξέος 20%) και επώασης διάρκειας 10 λεπτών, στους 100°C. Οι κηλίδες λίπους ταυτοποιήθηκαν μετά από σύγκριση των χαρακτηριστικών τους με εκείνων των πρότυπων δειγμάτων που αναλύθηκαν υπό τις ίδιες συνθήκες.

Η σε λιπαρά οξέα σύσταση των λιπιδίων αναλύθηκε μέσω σαπωνοποίησης ακολουθούμενης από μεθυλίωση των λιπαρών οξέων κι ανάλυση αέριας χρωματογραφίας(GC) των εστέρων. Το λιπιδικό εκχύλισμα πρώτα στεγνώθηκε υπό ρεύματος αζώτου και στη συνέχεια συλλέχθηκε σε 1mL μεθανολικού υδροξειδίου του νατρίου(0,5M). Η σαπωνοποίηση των λιπαρών οξέων πραγματοποιήθηκε στους 80°C για 15 λεπτά. Το δείγμα στη συνέχεια ψήχθηκε και 2mL μεθανολικού τριφθοριούχου

βορίου(BF_3) προστέθηκαν. Τα λιπαρά οξέα μεθυλώθηκαν στους 80°C για 20 λεπτά. Οι μεθυλεστέρες των λιπαρών οξέων(FAME) εκχυλίστηκαν δύο φορές με 2mL ισοοκτανίου. Το ανώτερου στρώμα ισοοκτανίου(που περιείχε FAME) ανακτήθηκε και ξεπλύθηκε με νερό, με σκοπό το ξέπλυμα του υπολειπόμενου υδροξειδίου του νατρίου και του μεθανολικού τριφθοριούχου βορίου. Το ξέπλυμα συνεχίστηκε έως ότου το pH του νερού έφτασε το 7. Το λιπιδικό μείγμα στη συνέχεια ξηράνθηκε επί θεικού νατρίου, πριν την ανάλυση αέριας χρωματογραφίας. Οι αναλύσεις FAME πραγματοποιήθηκαν βάσει της τεχνικής GC, χρησιμοποιώντας ένα μηχάνημα GC Focus(Thermo Electron Corporation, Les Ulis, Γαλλία), εξοπλισμένου με ενισχυτήρα διαίρεσης(1:15) στους 250°C και ανιχνευτή ιονισμού φλόγας στους 280°C . Ο διαχωρισμός πραγματοποιήθηκε με μία 88στηλη CP-SIL(25μέτρα επί 0,25 χιλιοστά, με πάχος φίλμ 0,2 μm , στο Varian του Les Ulis της Γαλλίας). Άζωτο χρησιμοποιήθηκε φέρον αέριο(1mL.min⁻¹). Η θερμοκρασία του φούρνου διατηρήθηκε στους 120°C για 4 λεπτά και στη συνέχεια αυξήθηκε στους 220°C σε 6C.min⁻¹. Οι κορυφές αναγνωρίστηκαν με σύγκριση των χρόνων κατακράτησής τους με εκείνες των προτύπων που αναλύθηκαν υπό τις ίδιες συνθήκες.

Για την ενζυμική απολίπανση των οστών, δείγματα οστών παρομοίου μεγέθους(4,5*3*1cm) και μάζας(15g), καθώς και αντίστοιχης αναλογίας σπογγώδους και περιόστεου, βυθίστηκαν σε κλειστά δοχεία διαφορετικών διαλυμάτων:

1. Ξηρή αιθανόλη(έχουσα υποστεί ξήρανση υπό μοριακών κοσκίνων)
2. Ακετόνη
3. Ενζυμικό παρασκεύασμα σε ξηρή αιθανόλη 10%(m/vol)

Στη συνέχεια, κάθε δοχείο επώαστηκε στους 30°C και ανακινήθηκε στις 170 στροφές ανά λεπτό (Poisson et al., 2005).

4) ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην εργασία αυτή παρουσιάστηκαν τεχνικές σχετικά με την προετοιμασία, τον καθαρισμό, την απολίπανση και την ανακατασκευή οστών θαλάσσιων θηλαστικών. Οι προσαράξεις θαλάσσιων θηλαστικών δεν αποτελούν ασυνήθιστα γεγονότα παγκοσμίως, συνεπώς συγκεκριμένη, και κυρίως, δομημένη δράση πρέπει να λαμβάνεται σε κάθε τέτοιο περιστατικό. Αν και σκοπός της εργασίας αυτής δεν είναι το να αποτελέσει εγκόλπιο ή εγχειρίδιο χρήσης για μετέπειτα εργασίες, παρά μόνο σύνοψη των ήδη υπάρχουσών τεχνικών, θα μπορούσαμε να πούμε πως κάποια συμπεράσματα μπορούν να εξαχθούν.

Στην εργασία αυτή καταδεικνύεται σαφέστατα η δυσκολία κι η πολυπλοκότητα χειρισμού των οστών(ιδίως των προβληματικών, των περιεχόντων υψηλά ποσοστά λιπιδίων κτλ). Οι υπάρχουσες μέθοδοι είναι εμπειρικές και δεν εγγυώνται την επίλυση του προβλήματος. Για παράδειγμα, η απολίπανση με χρήση λιπασών, οι ενζυματικές διεργασίες, καθώς κι η τεχνική κατά την οποία χρησιμοποιείται υπερκρίσιμο διοξείδιο του άνθρακα(CO₂), αποδείχθηκαν ανεπαρκείς. Μονάχα η χρήση οργανικών διαλυτών φαίνεται πως μπορεί να επιλύσει το πρόβλημα(χρήση εξανίου ή επτανίου για την εξαγωγή των λιπιδίων από τα οστά). Η τεχνική αυτή φαίνεται πως μπορεί να καταπολεμήσει το πρόβλημα στη ρίζα του, χωρίς να δημιουργηθεί πρόβλημα στο οστό. Παρ' όλα αυτά, τα συμπεράσματα δε μπορούν να καταστούν απόλυτες αλήθειες, καθώς απαιτείται μεγάλος αριθμός δοκιμών για την επιβεβαίωση του συμπεράσματος αυτού(Guilminot et al., 2014).

Επίσης, σαφέστατα μπορεί να γίνει λόγος περί της μεγάλης χρησιμότητας των τεχνικών τρισδιάστατης ανακατασκευής. Ο συνδυασμός των ανατομικών στοιχείων που συλλέγονται κατά τη διάρκεια της εξέτασης του δείγματος με τα στοιχεία εκείνα

που προκύπτουν από την αξονική και τη μαγνητική τομογραφία, προφανέστατα υπερέχει των παρωχημένων τεχνικών της απλής οπτικής παρακολούθησης και συλλογής στοιχείων από την ανατομική διαδικασία και μόνο. Παρά το γεγονός πως οι άμεσες ανατομικές μετρήσεις θεωρούνται υψίστης σημασίας, οι τρισδιάστατες αναπαραστάσεις επέτρεψαν την απεικόνιση των *in situ* διατάξεων των οστών και των μαλακών ιστών, θέτοντας ισχυρά θεμέλια για ενίσχυση των γνώσεών μας, κάτι που θα προκύψει από τις επικείμενες εργασίες.

Η ικανότητα δημιουργίας συλλογών τρισδιάστατων εικόνων, ελεύθερων στο κοινό μέσω του ίντερνετ, είναι επωφελής για ένα μεγάλο φάσμα ερευνητών κι απλών ανθρώπων. Παρέχεται πρόσβαση σε δείγματα που είναι δύσκολο να βρεθούν ακόμη και σε συλλογές μουσείων, που εκτός των άλλων αντιμετωπίζουν συνεχή προβλήματα περικοπών των προϋπολογισμών τους, κάτι που δυσχεραίνει τη λειτουργία τους. Οι περικοπές αυτές μπορούν πιθανόν να δημιουργήσουν πρόβλημα πρόσβασης σε σκελετούς, που πλήθος ερευνητών θα ήθελε να χρησιμοποιήσει ως συγκριτικό στοιχείο για έρευνα. Συνεπώς, οι ελεύθερα προσβάσιμες συλλογές διευκολύνουν κι εδώ την κατάσταση. Συμπερασματικά, μπορούμε να πούμε πως η τρισδιάστατη τεχνολογία και οι σαρώσεις αποτελούν βασικό κλειδί για τη διεύρυνση των γνώσεων μας σχετικά με τα θαλάσσια θηλαστικά, τα οστά και την ανακατασκευή αυτών.

5)ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Asmus, J. F. (2000). Laser divestment for natural history museum collections. *Journal of Cultural Heritage, 1*, S259-S262.

Bland, K. P., & Kitchener, A. C. (2001). The anatomy of the penis of a sperm whale (*Physeter catodon* L., 1758). *Mammal Review, 31*(3-4), 239-244.

Boistel, R., Swoger, J., Kržič, U., Fernandez, V., Gillet, B., & Reynaud, E. G. (2011). The future of three-dimensional microscopic imaging in marine biology. *Marine Ecology, 32*(4), 438-452.

Buchholtz, E. A. (2001). Vertebral osteology and swimming style in living and fossil whales (Order: Cetacea). *Journal of Zoology, 253*(2), 175-190.

Chapla, M. E., Nowacek, D. P., Rommel, S. A., & Sadler, V. M. (2007). CT scans and 3D reconstructions of Florida manatee (*Trichechus manatus latirostris*) heads and ear bones. *Hearing research, 228*(1), 123-135.

Esperante, R., Guinea, F. M., & Nick, K. E. (2009). Taphonomy of a mysticeti whale in the Lower Pliocene Huelva Sands Formation (southern Spain). *Geologica Acta, 7*(4), 489-505.

France, C. A., Giaccari, J. A., & Cano, N. (2011). The effects of PVAc treatment and organic solvent removal on $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, and $\delta^{18}\text{O}$ values of collagen and hydroxyapatite in a modern bone. *Journal of Archaeological Science*, 38(12), 3387-3393.

Guilminot, E., Lemoine, G., Pelé, C., Poisson, L., Surbled, M., Louvet, I., Mevellec J.Y. & Rémy, L. (2014). Re-treatment of whale bones—How to extract degraded fats from weakened bones?. *Journal of Cultural Heritage*, 15(2), 128-135.

Harrington, C. R., Lebel, S., Paiement, M., & de Vernal, A. (2006). Félix: a Late Pleistocene White Whale (*Delphinapterus leucas*) Skeleton From Champlain Sea Deposits at Saint-Félix-de-Valois, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 60(2), 183-198.

Ketten, D. R., & Montie, E. W. (2008). *Imaging procedures for stranded marine mammals*. Woods Hole Oceanographic Institution.

Law, I. A., & Hedges, R. M. (1989). A semi-automated bone pretreatment system and the pretreatment of older and contaminated samples. *Radiocarbon*, 31(3), 247-253.

Le Blond, S., Guilminot, E., Lemoine, G., Huet, N., & Mevellec, J. Y. (2009). FT-Raman spectroscopy: a positive means of evaluating the impact of whale bone preservation treatment. *Vibrational spectroscopy*, 51(2), 156-161.

Liebenau, K., Kiel, S., Vardeh, D., Treude, T., & Thiel, V. (2015). A quantitative study of the degradation of whale bone lipids: Implications for the preservation of fatty acids in marine sediments. *Organic Geochemistry*, 89, 23-30.

Marino, L., Murphy, T. L., Deweerdt, A. L., Morris, J. A., Fobbs, A. J., Humblot, N., Ridgway, S.H. & Johnson, J. I. (2001). Anatomy and three-dimensional reconstructions of the brain of the white whale (*Delphinapterus leucas*) from magnetic resonance images. *The Anatomical Record*, 262(4), 429-439.

Marino, L., Sudheimer, K., Pabst, D. A., McLellan, W. A., & Johnson, J. I. (2003). Magnetic resonance images of the brain of a dwarf sperm whale (*Kogia simus*). *Journal of Anatomy*, 203(1), 57-76.

Morton, B., Bentham, A., Bradford, J., & Kou, P. (1992). The reconstruction of Hong Kongs whale (*Balaenoptera physalus*). *Asian Marine Biology*, 9, 235-243.

Ni, X., Flynn, J. J., & Wyss, A. R. (2012). Imaging the inner ear in fossil mammals: High-resolution CT scanning and 3-D virtual reconstructions. *Palaeontol Electron*, 15, 1-10.

Niven, L., Steele, T. E., Finke, H., Gernat, T., & Hublin, J. J. (2009). Virtual skeletons: using a structured light scanner to create a 3D faunal comparative collection. *Journal of Archaeological Science*, 36(9), 2018-2023.

Olsson, I. U. (2000). Further tests of the EDTA treatment of bones. *Radiocarbon*, 42(1), 49-52.

Poisson, L., Ergan, F., Lemoine, G., & Guiminot, E. (2005) Enzymatic degreasing of whale bones (*Balaenoptera physalus*).

Pyenson, N. D., & Sponberg, S. N. (2011). Reconstructing body size in extinct crown Cetacea (Neoceti) using allometry, phylogenetic methods and tests from the fossil record. *Journal of Mammalian Evolution*, 18(4), 269-288.

Rethemeyer, J., Fülöp, R. H., Höfle, S., Wacker, L., Heinze, S., Hajdas, I., Patt, S., König, B. & Dewald, A. (2013). Status report on sample preparation facilities for 14 C analysis at the new CologneAMS center. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, 294, 168-172.

Rossi, M. (2010). Fabricating authenticity: modeling a whale at the American Museum of Natural History, 1906–1974. *Isis*, 101(2), 338-361.

Stollman, S., Bell, M., Denize, S., Lutzke, B., & Kelles-Krause, D. (2005). The conservation treatment of Canterbury Museum's blue whale skeleton. *Records of the Canterbury Museum*, 19, 35-60.

Tsukrov, I., DeCew, J. C., Baldwin, K., Campbell-Malone, R., & Moore, M. J. (2009). Mechanics of the right whale mandible: full scale testing and finite element analysis. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 374(2), 93-103.

Yamato, M., Ketten, D. R., Arruda, J., Cramer, S., & Moore, K. (2012). The auditory anatomy of the minke whale (*Balaenoptera acutorostrata*): a potential fatty sound reception pathway in a baleen whale. *The Anatomical Record*, 295(6), 991-998.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Θαλάσσια θηλαστικά(2007)Εγκυκλοπαίδεια Δομή, 11:177-183

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1)[http://www.abio.gr/index.php/el/component/eshop/catalog/item/restauro-\(sintirisi-ergon-tehnis,-apokatastasi-mnimeion\)/940-sinthetices-ritines/8845-paraloid-b-72-araiomeno-me-katharo-aketoni-\(40%25-ritini\)---200-ke](http://www.abio.gr/index.php/el/component/eshop/catalog/item/restauro-(sintirisi-ergon-tehnis,-apokatastasi-mnimeion)/940-sinthetices-ritines/8845-paraloid-b-72-araiomeno-me-katharo-aketoni-(40%25-ritini)---200-ke) (Τελευταία προσπέλαση: 6/9/2016)

2)<http://www.marinemammalcenter.org/education/marine-mammal-information/classification.html> (Τελευταία προσπέλαση: 6/9/2016)

3)<http://www.ergatex.gr/insulation-repair/roof-insulated/insulated-polyurethane/> (Τελευταία προσπέλαση: 6/9/2016)

4) <http://shimadzu.com/an/gc/index.html> (Τελευταία προσπέλαση: 6/9/2016)

5)<http://www.chemguide.co.uk/analysis/chromatography/thinlayer.html> (Τελευταία προσπέλαση: 6/9/2016)

6)ABSTRACT

This work is an attempt to index the techniques used for the reconstruction of the marine mammal skeleton, without losing sight of the methods used to collect, transport, clean and expose the skeleton bones. The work focuses on the reconstruction of the skeleton of various whale species. In addition to the import data related to the biology, the phylogenetic origin and the classification of the mammals, all those methods of analysis, as well as magnetic methods required for the proper treatment of bones are presented. Studied cases of application of these techniques are listed. Conclusions and suggestions for further search are also presented.