



**Προκαταρκτική μελέτη και σύγκριση της λειτουργικής μορφολογίας κρανίου
σε τρία Εγχελυόμορφα της Ελλάδας (*M. helena*, *A. anguilla*, *C. conger*)**

Ραγκούσης Μιχαήλ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



Επιβλέπων Καθηγητής: Μπατζάκας Ιωάννης

Μυτιλήνη, Μάρτιος 2016

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αποφοίτου του Τμήματος Επιστημών της Θάλασσας

Ραγκούση Μιχαήλ

ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:

ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗΣ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑΣ

ΚΡΑΝΙΟΥ ΣΕ ΤΡΙΑ ΕΓΧΕΛΥΟΜΟΡΦΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

(*M. helena*, *A. anguilla*, *C. conger*)

Τριμελής Επιτροπή Επίβλεψης και Κρίσης της Εργασίας

Υπογραφές

Μπατζάκας Ιωάννης
Επιβλέπων Καθηγητής

Κουτσούμπας Δρόσος

Μπακόπουλος Βασίλης

Ευχαριστίες

Η εκπόνηση και συγγραφή της πτυχιακής εργασίας μου πραγματοποιήθηκε με την βοήθεια πολλών ατόμων. Θα ήθελα λοιπόν να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου σε όσους στάθηκαν δίπλα μου καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου.

Αρχικά ένα μεγάλο ευχαριστώ, στον επιβλέποντα καθηγητή μου, λέκτορα Ι. Μπατζάκα, για την άριστη συνεργασία, την έμπειρη καθοδήγηση, την υπομονή, την κατανόηση και την πολύτιμη βοήθειά του. Τους καθηγητές και καθηγήτριες του τμήματος, για την διδασκαλία και το ήθος τους εντός και εκτός αμφιθεάτρου.

Τέλος, ένα τεράστιο ευχαριστώ στην οικογένεια μου και τους φίλους μου, για την στήριξη και την απεριόριστη συμπαράσταση που μου έδειξαν στις δύσκολες στιγμές.

Περίληψη

Η εργασία αυτή αποτελεί μια πρώτη απόπειρα κατανόησης της λειτουργικής μορφολογίας κρανίου τριών Εγγελυόμορφων της Ελλάδος και η μεταξύ τους σύγκριση. Για την επίτευξη του εγχειρήματος αυτού, εξετάστηκαν και συγκρίθηκαν τα οστεολογικά χαρακτηριστικά της κεφαλής των ιχθύων, καθώς και κομμάτι της ηθολογίας τους. Μέσα από την συγκεκριμένη προσέγγιση, συσχετίζονται οστεολογικά και ηθολογικά χαρακτηριστικά, αναδεικνύονται ομοιότητες και διαφορές μεταξύ του *Muraena helena*, *Anguilla anguilla* και *Conger conger* και σχηματίζεται μια εικόνα των φυλογενετικών τους σχέσεων. Επίσης προτείνονται εναλλακτικοί μέθοδοι προσέγγισης του εγχειρήματος και σωματομετρίας.

Abstract

This study is a first attempt to understand the functional skull morphology of three Anguilliform species of Greece as well as to compare them. To achieve this goal we examined and compared the osteological characteristics of the fish skulls and part of their ethology. Through this approach osteological and ethological features were associated, similarities and differences between *Muraena helena*, *Anguilla anguilla* and *Conger conger* were highlighted and an image was constructed of their phylogenetic relationships. In addition alternative methods of approach and somatometric measurements were proposed.

Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη	6
Εισαγωγή	10
Μεθοδολογία	14
Αποτελέσματα	17
Συμπεράσματα και συζήτηση.....	27
Βιβλιογραφία	33

1. Εισαγωγή

Το μυοσκελετικό σύστημα της κεφαλής και ο ρόλος του στην λειτουργία του κρανίου, μπορεί να θεωρηθεί ένας ιδιαίτερα σημαντικός γενεσιουργός παράγοντας εξελικτικής εξειδίκευσης μέσω μηχανισμών της φυσικής επιλογής. Η κεφαλή των ιχθύων είναι αρκετά πολύπλοκη, με 30 οστικά στοιχεία που μετακινούν ειδικευμένοι μύες. Μέσω της εξέλιξης, πολλές μεταβολές επήλθαν στο κρανιακό μυοσκελετικό σύστημα των ψαριών. Κρίνοντας εξ αυτού, είναι αναμενόμενο πολλοί συνδυασμοί οστών και μυών να εκτελούν συγκεκριμένες λειτουργίες, όπως το άνοιγμα και κλείσιμο του στόματος. Τα οστά της κεφαλής και οι συσχετιζόμενοι μύες είναι σημαντικά στοιχεία που συμβάλουν στην τροφοληψία και αναπνοή. Εν αντιθέσει, κάποια χαρακτηριστικά ενός οργανισμού, δεν είναι απαραίτητα προϊόν προσαρμοστικής εξέλιξης, αλλά πιθανότερα αντιπροσωπεύουν εξελικτικούς περιορισμούς, φυλογενετικά κατάλοιπα ή απλά τυχαίες φαινοτυπικές ποικιλομορφίες, όπου δεν λαμβάνουν κάποιο ρόλο και δεν έχουν καμία επίπτωση στον οργανισμό. Εξελικτικός περιορισμός ορίζεται, ως το όριο της κατεύθυνσης, φύσης ή ποσότητας της εφικτής μεταβολής (Carroll, 1997a). Φυλογενετικό κατάλοιπο ορίζεται, ως ένα υπάρχων προγονικό γνώρισμα που χαρακτηρίζει όλα τα μέλη ενός τάξου (Mishler, 2003). Παραδείγματος χάριν, το επίμηκες σώμα των Εγγελυδίων είναι πιθανότατα προϊόν προσαρμοστικής εξέλιξης, όμως παράλληλα θεωρείται ένα φυλογενετικό κατάλοιπο για την οικογένεια αυτή.

Τα περισσότερα Εγγελυόμορφα είναι αρπακτικά και πολλά παρουσιάζουν σημαντική μεγέθυνση των δοντιών των σιαγόνων (Castle, 1968). Για παράδειγμα οι Μυραϊνίδες, οι οποίες διαβιούν σε σχισμές, τρύπες και ανάμεσα σε βράχια, χαρακτηρίζονται από μεγάλα αιχμηρά δόντια στη στοματική τους κοιλότητα. Επιπλέον χρησιμοποιούν ένα δεύτερο σετ φαρυγγικών σιαγόνων, με το οποίο μεταφέρουν την τροφή προς τον οισοφάγο (Mehta and Wainwright, 2007a). Διαφορές στον τρόπο σίτισης, μπορεί να μεταφραστούν σε προσαρμογές στη μορφολογική εξειδίκευση της κεφαλής, που σχετίζεται με τις εκάστοτε λειτουργικές απαιτήσεις (Wainwright and Bellwood, 2002). Τα Εγγελυόμορφα έχουν προσαρμοστεί σε ποικίλους τρόπους ζωής, οι οποίοι μπορούν να συσχετιστούν με μια μεγάλη ποικιλία κρανιακών μορφολογιών. Αυτές οι κρανιακές διαφορές και οι αντίστοιχες μυϊκές είναι αναμενόμενο να αντικατοπτρίζουν τα εξελικτικά μοτίβο των τροφοληπτικών εξειδικεύσεων στην τάξη αυτή (S. Eagderi, 2010).

Πίνακας 1. Ανασκόπηση της συστηματικής της υπέρταξης Ελοπόμορφα (Nelson, 2006; Inouet et al., 2010)

<p>Order Elopiformes (8 species):</p> <p>1- Elopidae (Lady Fishes)</p> <p>2- Megalopidae (Tarpons)</p> <p>Order Albuliformes (29 species):</p> <p>1- Albulidae (Bone Fishes)</p> <p>2- Halosauridae (Freshwater Eels)</p> <p>3- Notacanthidae (Spiny Eels)</p> <p>Order Anguilliformes</p> <p>-Suborder Anguilloidei (738 species):</p> <p>1- Anguillidae (Freshwater Eels)</p> <p>2- Heterenchelyidae (Mud Eels)</p> <p>3- Moringuidae (Spaghetti Eels)</p> <p>4- Chlopsidae (False Morays)</p> <p>5- Myrocongridae (Thin Eels)</p> <p>6- Muraenidae (Morays)</p> <p>- Uropterygiinae (Morays)</p> <p>- Muraeninae (Morays)</p> <p>7- Synphobranchidae</p> <p>- Ilyophinae (Arrowtooth Eels)</p> <p>- Synphobranchinae (Cutthroat Eels)</p> <p>- Simenchelyinae (Pugnose Eels)</p> <p>8- Ophichthidae (Snake eels and Worm Eels)</p> <p>- Myrophinae</p> <p>- Ophichthinae</p> <p>9- Colocongridae (Colocongers)</p> <p>10- Congridae (Conger Eels)</p> <p>- Congrinae</p> <p>- Bathymyrinae</p> <p>- Heterocongrinae (Garden Eels)</p> <p>11- Muraenesocidae (Pike conger Eels)</p> <p>12- Derichthyidae (Longneck Eels)</p> <p>13- Nemichthyidae (Snipe Eels)</p> <p>14- Serrivomeridae (Sawtooth Eels)</p> <p>15- Nettastomatidae (Duckbill Eels)</p> <p>-Suborder Saccopharyngoidei (26 species):</p> <p>1- Cyematidae (Bobtail Snipe Eels)</p> <p>2- Saccopharyngidae (Swallowers or Whiptail Gulpers)</p> <p>3- Eurypharyngidae (Pelican or Umbrella-mouth Gulpers)</p> <p>4- Monognathidae (Monognathids)</p>
--

Η υπέρταξη Ελοπόμορφα (Elopomorpha) είναι η πλέον ποικιλόμορφη ομάδα των βασικών τελεοστέων και αποτελείται από 856 είδη τοποθετημένα σε τρεις τάξεις, 24 οικογένειες και 156 γένη (Nelson, 2006; Inoue et al., 2004)

Οι Εγγελίδες (Anguillidae) περιλαμβάνουν 15 είδη που ανήκουν στο γένος Έγγελυς (*Anguilla*) (Nelson, 2006). Εκπρόσωποι του γένους απαντώνται σε τροπικές και εύκρατες θάλασσες, εκτός του Ανατολικού Ειρηνικού Ωκεανού και του νοτίου Ατλαντικού Ωκεανού (Nelson, 2006). Αυτή η οικογένεια θεωρείται μορφολογικά, ότι περιλαμβάνει τα πιο μορφολογικά γενικευμένα χέλια όλων των Εγγελυόμορφων (Anguilliformes) (Smith, 1989a), παρ' ότι η φυλογένεση δηλώνει, πως η ομάδα αυτή προέρχεται από βαθύβια χέλια (Inoue et al., 2010). Οι Εγγελίδες (Anguillidae) χαρακτηρίζονται: από την παρουσία λεπτών λεπιών, ημισελινοειδή βραγχιακή οπή πλευρικά, πλευρική γραμμή κατά μήκος του σώματος και της κεφαλής και θωρακικά πτερύγια επαρκώς αναπτυγμένα. Συγκεκριμένα τα θηλυκά άτομα του ευρωπαϊκού χελιού *Anguilla anguilla*, απαντώνται κυρίως σε γλυκά νερά και συνήθως δεν ξεπερνούν τα 50 εκατοστά σε μήκος. Τα αρσενικά είναι μικρότερα και ζουν σε παράκτιες περιοχές και λιμνοθάλασσες (Tesch 2003). Σταματούν να τρέφονται φτάνοντας στη σεξουαλική ωρίμανση και αποδημούν από τα γλυκά και παράκτια ύδατα με τελικό προορισμό τα βάθη της θάλασσας των Σαργάσων, όπου αναπαράγονται. Η επικρατούσα θεωρία Tucker του 1959 υποστηρίζει, ότι τα ενήλικα άτομα μετά την αναπαραγωγή πεθαίνουν. Οι λεπτοκέφαλοι επιστρέφουν σε παράκτιες περιοχές, μεταμορφώνονται και εισχωρούν σε εσωτερικά ύδατα σαν νεαρά χέλια.

Οι Μυραϊνίδες (Muraenidae) ή σμέρνες απαντώνται σε τροπικές και εύκρατες θάλασσες, αλλά κάποια είδη περιστασιακά εισχωρούν σε γλυκά ύδατα. Συμπεριλαμβάνουν περίπου 185 είδη σε δύο υποοικογένειες και 15 γένη (Nelson, 2006). Οι Μυραϊνίδες χαρακτηρίζονται από: βραγχιακές οπές περιορισμένες σε δύο πλευρικά, μικρά, στρογγυλά ανοίγματα, πλευρική γραμμή μόνο στην κεφαλή, δύο βραγχιακούς πόρους, μειωμένα βραγχιακά τόξα, το τέταρτο βραγχιακό τόξο ενισχυμένο στηρίζει φαρυγγικά σαγόνια, θωρακικά πτερύγια απόντα, οπίσθιος ρώθωνας ψιλά στο κεφάλι, συνήθως μακριά και αιχμηρά δόντια, σπόνδυλοι κατά κανόνα 110-200 (Nelson, 2006). Η υποοικογένεια Μυραϊνίνοι (Muraeninae) παρουσιάζει ειδικότερα, αποστεωμένα υποβραγχιακά οστά, κάθετα πτερύγια μη περιορισμένα στην άκρη της ουράς που συνήθως ξεκινούν πάνω από την βραγχιακή οπή και αποτελείται από 11 γένη. Τα ενήλικα άτομα είναι νυκτόβιοι θηρευτές και τρέφονται κυρίως με βενθικά ψάρια, κεφαλόποδα και καρκινοειδή (Göthel 1992). Η *Muraena helena* είναι μύραινα του Ανατολικού Ατλαντικού και της Μεσογείου. Η εξάπλωσή της εκτείνεται από τα βρετανικά νησιά ως τη Σενεγάλη (Smith & Böhlke 1990). Επίσης απαντάται στους Κανάριους Νήσους, τη Μαδέρα και της Αζόρες (Randall & Golani 1995). Στην Αδριατική τα ώριμα άτομα μεταναστεύουν στην ταύρο της Νότιας Αδριατικής σε βάθη μεγαλύτερα των 600 μέτρων για να αναπαραχθούν.

Οι Μουγγριές (Congridae) είναι μια από τις πιο μεγάλες και ποικιλόμορφες οικογένειες τον Εγγελυόμορφων (Smith, 1989c). Αυτή η οικογένεια αποτελείται από τρεις υποοικογένειες , 32 γένη και περίπου 160 είδη (Nelson, 2006). Οι Μουγγριές απαντώνται παγκοσμίως σε τροπικές και υποτροπικές περιοχές του Ατλαντικού , Ειρηνικού και Ινδικού ωκεανού. Τα ακόλουθα γνωρίσματα χαρακτηρίζουν αυτή την οικογένεια : σχήμα σώματος μεταβλητό, μέτρια σωματώδης για την επιμήκυνση τους, πλευρική γραμμή πλήρης, θωρακικό πτερύγιο, συνήθως υπάρχουν βραγχιοστεγείς ακτίνες 8-22 και 105 - 225 σπονδύλους (Nelson, 2006). Η υποοικογένεια Μουγγρίναι (Congrinae) παρουσιάζει ειδικότερα ακτίνες ραχιαίου και εδρικού πτερυγίου κατά διαστήματα, θωρακικό πτερύγιο καλά αναπτυγμένο, οπίσθιο ρώθωνα πάνω ή στο το επίπεδο των ματιών και αποτελείται από 25 περίπου γένη. Το *Conger conger* είναι νυκτερινός θηρευτής που τρέφεται με ψάρια , καρκινοειδή και κεφαλόποδα (Bauchot and Saldanha, 1986). Στην Μεσόγειο, τα αρσενικά συνήθως έως ένα μέτρο μήκος , βρίσκονται σε βάθη μεγαλύτερα των 550 μέτρων, ενώ τα θηλυκά ξεπερνούν τα 2 μέτρα μήκος και απαντώνται σπανίως σε νερά βαθύτερα τον 100 μέτρων (Cau and Manconi, 1983, S. O'Sullivan et al, 2003). Εξ' όσων γνωρίζουμε μέχρι σήμερα , θεωρούμε ότι τα ώριμα άτομα μεταναστεύουν βαθύτερα και αναπαράγονται στην Μεσόγειο και στον νότιο Βόρειο Ατλαντικό Ωκεανό γύρω από τα νησιά Αζόρες (McCleave and Miller, 1994).

Η εργασία αυτή αποτελεί μια πρώτη απόπειρα κατανόησης της λειτουργικής μορφολογίας κρανίου του ευρωπαϊκού χελιού *Anguilla anguilla*, του ευρωπαϊκού μουγγριού *Conger conger*, της μεσογειακής μύρραινας *Muraena helena* και την μεταξύ τους σύγκριση. Για την επίτευξη του εγχειρήματος αυτού, εξετάστηκαν και συγκρίθηκαν, τα οστεολογικά χαρακτηριστικά της κεφαλής των ιχθύων, καθώς και κομμάτι της ηθολογίας τους. Μέσα από την συγκεκριμένη προσέγγιση, επιχειρείται η σύνδεση της ηθολογίας τριών συγγενικών ειδών με τις εμφανείς διάφορες των κρανιακών τους οστών. Για την εξέταση του κεφαλικού σκελετού τα κρανία των ατόμων βράστηκαν, αποναρκώθηκαν, καθαρίστηκαν επιμελώς, εμβαπτίστηκαν σε όξινο μέσο και τέλος επανακολλήθηκαν στην αρχική τους θέση.

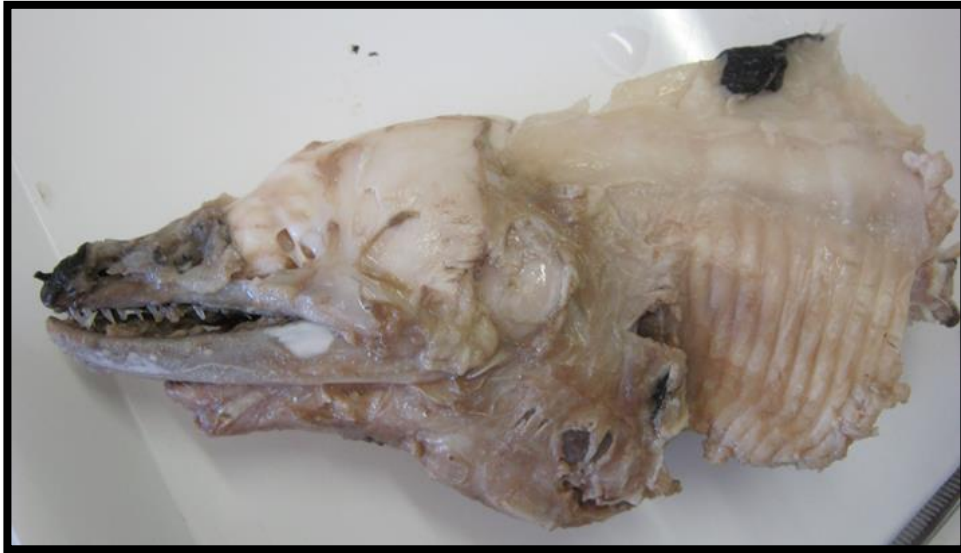
2. Μεθοδολογία

Για την εξέταση των οστών του κρανίου ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία. Αρχικά, η κεφαλή τοποθετήθηκε σε αλατόνερο για μια ημέρα, ώστε να απομακρυνθεί το αίμα. Πριν την αποσάρκωση, η κεφαλή τοποθετήθηκε σε σκεύος με νερό και θερμάνθηκε με την βοήθεια ηλεκτρικού ματιού για χρόνο ικανό να επιτρέψει την μετουσίωση των μαλακών ιστών σε όλες τις κυλότητες του κρανίου.

Η θερμοκρασία του νερού δεν ξεπέρασε τους 100 βαθμούς κελσίου, έτσι ώστε να μην καταπονηθούν τα οστά και γίνουν εύθραυστα, αλλά και να αποφευχθεί η διάλυση της κεφαλής λόγω του κοχλασμού. Προκειμένου να αποκαλυφθούν τα οστά του κρανίου, η αποσάρκωση έγινε από πίσω προς τα μπρος και από έξω προς τα μέσα, από την μια πλευρά και έπειτα από την άλλη. Πρώτα αποσαρκώθηκε η κογχηκή περιοχή, ώστε να εμφανιστεί το υοειδές τόξο και η άνω γνάθος. Ακλούθησε η αφαίρεση των γνάθων και του ρύγχους, όπου αποκαλύφθηκε το νευροκράνιο, το οποίο επικάθονταν στο βραγχιακό σκελετό και τα φαρυγγικά δόντια. Στη συνέχεια, πολτοποιήθηκε ο εγκέφαλος με τη χρήση βελόνας με λαβή και αφαιρέθηκε. Όλα τα οστά καθαριστήκαν με την βοήθεια οδοντόβουρτσας, ξεπλύθηκαν κάτω από τρεχούμενο νερό και ανάλογα με το πάχος τους τοποθετήθηκαν από 5 έως 15 λεπτά μέσα σε ξύδι, ώστε να καθαριστούν από τα λίπη και την εναπομένουσα σάρκα. Αμέσως μετά ξεπλύθηκαν και ξανακαθαρίστηκαν. Παράλληλα με τις διαδικασίες αυτές, έγινε αναγνώριση, αρίθμηση και φωτογράφιση των οστών. Τέλος, με τη χρήση κόλλας στιγμής και φορώντας γάντια τα οστά κολλήθηκαν προς ανακατασκευή των κρανίων.



Εικόνα 1. *A. anguilla* κατά την διάρκεια των σωματομετρικών μετρήσεων



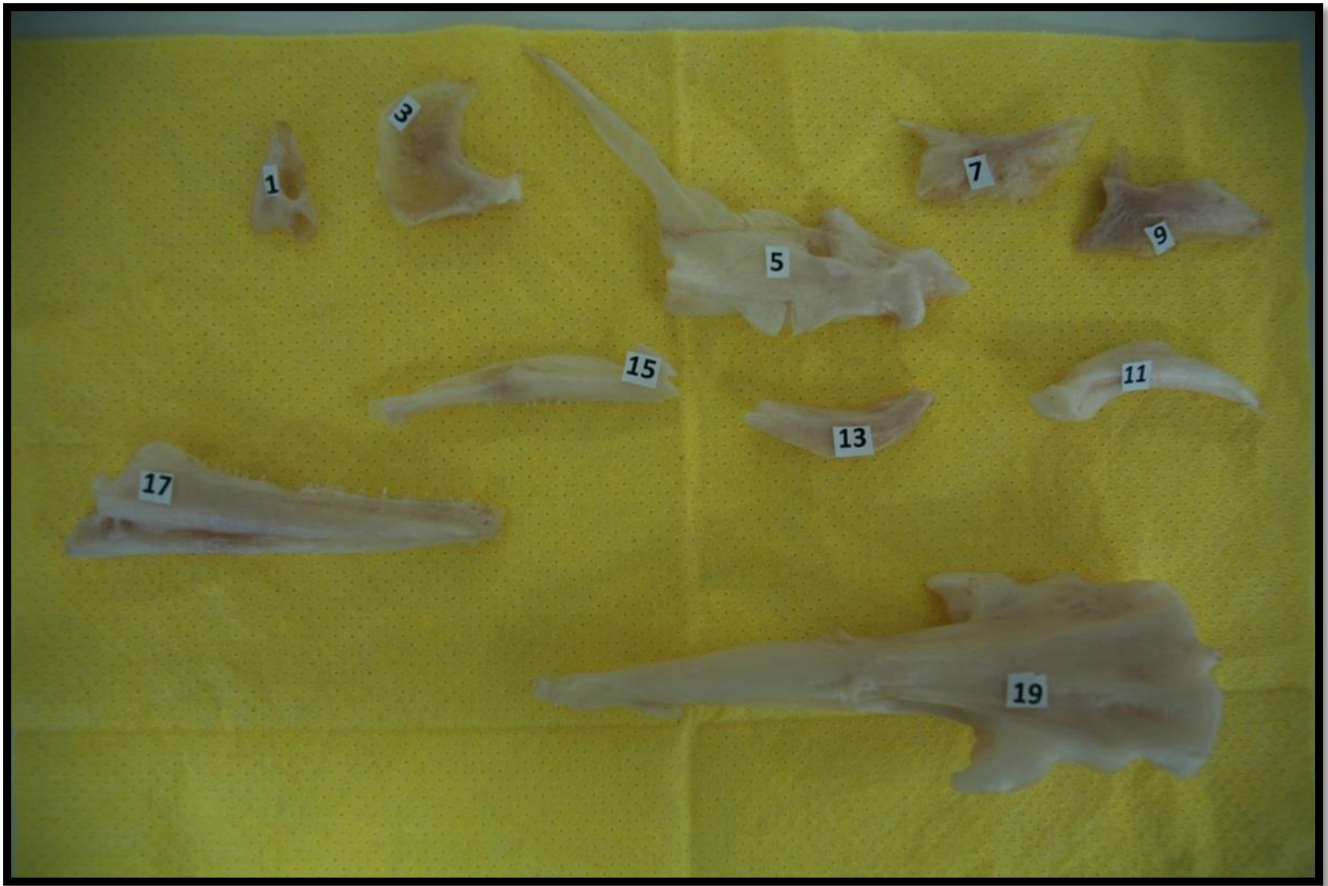
Εικόνα 2. Κεφαλή *M. helena* μετά τον βρασμό



Εικόνα 3. Κεφαλή *C. conger* μετά την αποσάρκωση



Εικόνα 4. Κρανιακά οστά μετά τον δευτερογενή καθαρισμό



Εικόνα 5. Κρανιακά οστά αριθμημένα και αναγνωρισμένα

Οι μετρήσεις που έγιναν περιορίστηκαν στα μήκη και πλάτη των οστών αντικατάστασης (χονδρογενών) της κεφαλής και βασικές σωματομετρικές μετρήσεις. Αναλυτικότερα, εξετάστηκαν τα εξής οστά : Ρινικό (N) , επικαλυμματικό (op), οπισθο-ραχιαίο τμήμα συστήματος οστών ανάρτησης της γνάθου, προεπικαλυμματικό (pop) , μεσοεπικαλυμματικό (iop) , γναθικό (m), οδοντοφόρο (d), νευροκράνιο , βραγχιστεγείς ακτίνες, urohyal, ceratohyal, basihyal, άνω φαρυγγοβραγχιακό, κάτω φαρυγγοβραγχιακό, επιβραγχιακό, κερατοβραγχιακό. Έγιναν επίσης μετρήσεις ολικού μήκους, βάρους, μήκους κεφαλής, όπως και αναγνώριση του φύλου.

Για την σύγκριση των ατόμων χρησιμοποιήθηκαν οι εξής δείκτες: **TL/HL**, **TL/W**, **mL/HL**, **dL/HL**, **AL/HL**, **oL/HL**, **nL/HL**, **mL/dL**, **mL/nL**, **dL/nL**. Με **TL** το ολικό μήκος, **HL** το μήκος κεφαλής, **W** το ολικό βάρος, **mL** μήκος γναθικού οστού, **dL** μήκος οδοντοφόρου οστού, **AL** το μήκος οπισθο-ραχιαίου τμήματος συστήματος οστών ανάρτησης της γνάθου, **oL** το μήκος επικαλυμματικού οστού και **nL** το μήκος του νευροκράνιου.

3. Αποτελέσματα

Στους πίνακες που ακολουθούν καταγράφονται γενικές μετρήσεις για τα δείγματα (πίνακας 2), αναλυτικά μήκη και πλάτη των οστών της κεφαλής τους (πίνακας 3), καταγραφής των τιμών των δεικτών (πίνακας 4) και τέλος γραφικές αναπαραστάσεις των δεικτών αυτών.

Πίνακας 2. Σωματομετρικές μετρήσεις

		<i>Anguilla anguilla</i>	<i>Conger conger</i>	<i>Muraena helena</i>
Total length	m	0,68	1,74	0,9
Weight	kg	0,81	22	1,9
Head length	cm	8	21	13,4

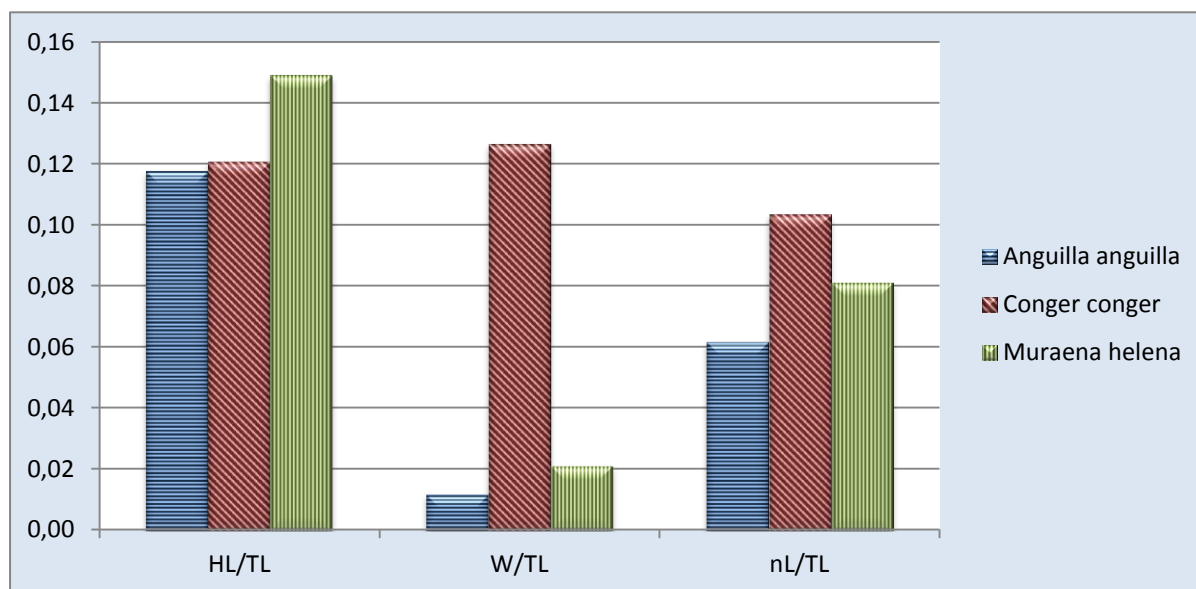
Πίνακας 3. Οστεομετρικές μετρήσεις όπου με Er μαρκάρονται οστά που χάθηκαν ή θρυμματίστηκαν

(cm)	<i>A. anguilla</i>		<i>C. conger</i>		<i>M. helena</i>	
	Μήκος	Πλάτος	Μήκος	Πλάτος	Μήκος	Πλάτος
Nasal	0,8	0,1	3,2	2	Er	Er
Operacle	1,9	0,7	3,5	3,5	1,8	1,5
J.S.	3,3	1,2	12,1	8,6	3,4	2,5
Interoperacle	1,3	0,8	6	3	0,7	0,5
Suboperacle	1,5	0,6	5,4	2	Er	Er
Ceratohyal	2,2	0,3	8,2	1,2	Er	Er
Maxillary	2,1	0,5	8	1,3	4,7	0,6
Dentary	3,2	0,6	11,6	2,7	7,2	0,9
Neurocranium	4,2	1,6	18	5,9	7,3	2,1
Branchiosteyal rays	0,9-3,6	<0,1	4,6-8,3	<06	Er	Er
Suboperacle	2	0,3	4,6	2,4	1,1	0,4
Urohyal	1,6	0,1	6	1,5	Er	Er
Basihyal	Er	Er	4,5	0,6	Er	Er

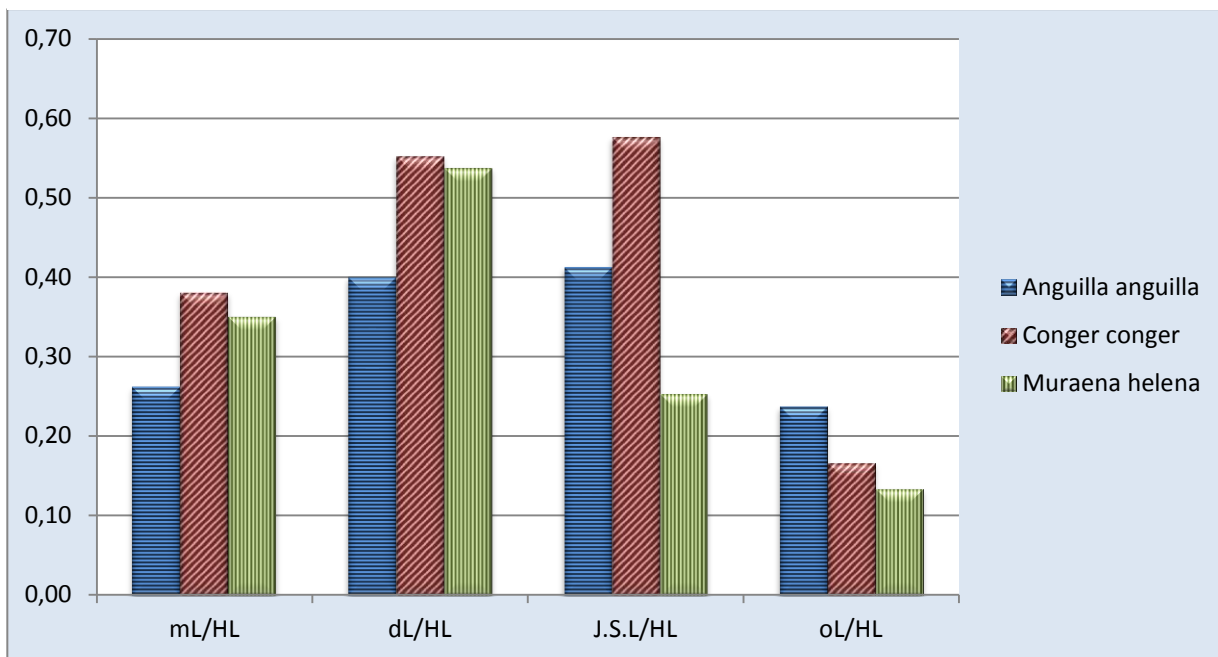
Πίνακας 4. Δείκτες αναλογιών κρανιακών οστών

	<i>Anguilla anguilla</i>	<i>Conger conger</i>	<i>Muraena helena</i>
HL/TL	0,12	0,12	0,15
W/TL	0,01	0,13	0,02
mL/HL	0,26	0,38	0,35
dL/HL	0,40	0,55	0,54
J.S.L/HL	0,41	0,58	0,25
oL/HL	0,24	0,17	0,08
nL/HL	0,53	0,86	0,54
mL/dL	0,66	0,69	0,65
mL/nL	0,50	0,44	0,64
dL/nL	0,76	0,64	0,99

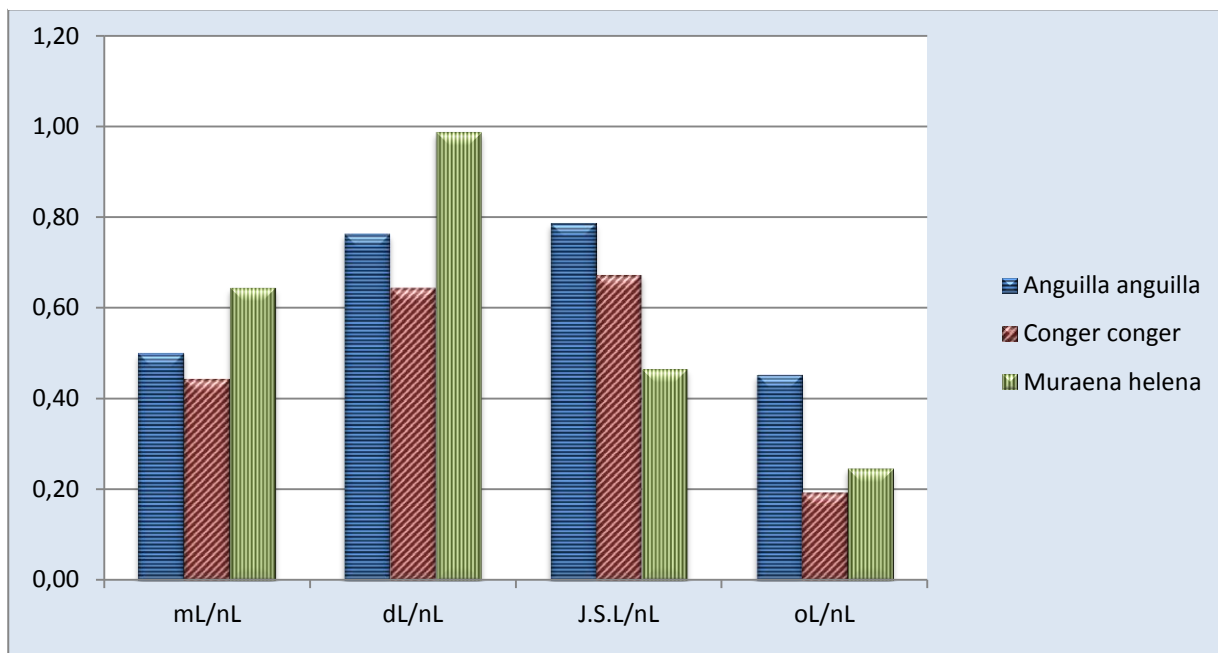
Γράφημα 1. Γραφική παράσταση δεικτών αναλογιών ολικού μήκους



Γράφημα 2. Γραφική παράσταση δεικτών αναλογών κρανιακών οστών - μήκους κεφαλής



Γράφημα 2. Γραφική παράσταση δεικτών αναλογών κρανιακών οστών μήκους νευροκράνιου



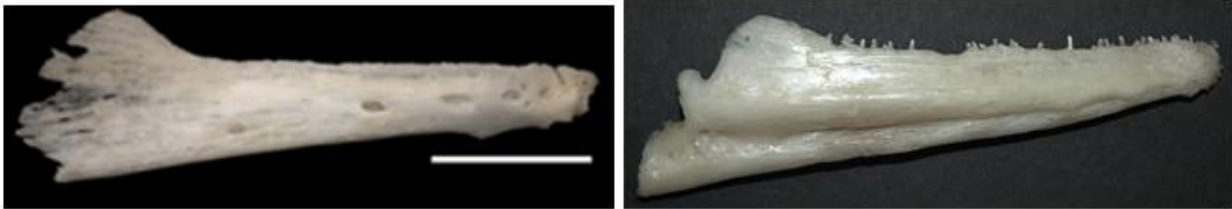
Ακολουθούν τριάδες των κηρίων οστών της κεφαλής των ειδών, η σύγκριση των οποίων, θα επακολουθήσει στο κεφάλαιο 4.



Εικόνα 6. Πλευρική όψη νευροκράνιου. Πάνω αριστερά *A. anguilla* (OsteoBase),πάνω δεξιά *C. conger* (OsteoBase), κάτω *M. helena*



Εικόνα 7. Κάτοψη νευροκράνιου. Πάνω αριστερά *A. anguilla*,πάνω δεξιά *C. conger*, κάτω *M. helena*



Εικόνα 8. Πλευρική όψη οδοντοφόρου οστού. Πάνω αριστερά *A. Anguilla* (OsteoBase),
πάνω δεξιά *C. conger*, κάτω *M. helena*



Εικόνα 9. Πλευρική όψη γναθικού οστού. Πάνω αριστερά
A. anguilla, πάνω δεξιά *C. conger*, κάτω *M. helena*

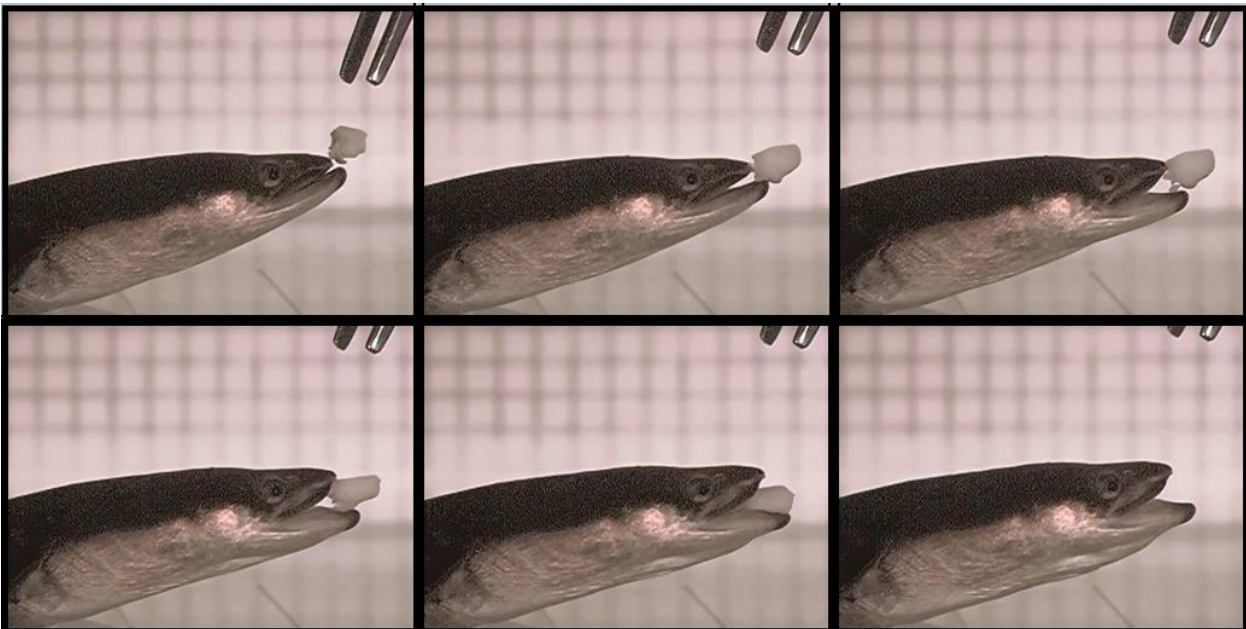


Εικόνα 10. Πλευρική όψη συστήματος ανάρτησης της γνάθου. Πάνω αριστερά *A. anguilla*,πάνω δεξιά *C. conger*, κάτω *M. helena*



Εικόνα 11. . Πλευρική όψη επικαλυμματικού οστού. Πάνω αριστερά *A. anguilla*,πάνω δεξιά *C. conger*, κάτω *M. helena*

Στο διαδίκτυο μπορεί κανείς να βρει και να παρακολουθήσει βίντεο οποιασδήποτε θεματολογίας . Η έρευνα αυτή επιχειρεί να αποσπάσει πληροφορίες κινητικής μηχανικής και ηθολογίας, μέσα από τέτοια βίντεο, ακόμα και αν αυτά δεν δημιουργήθηκαν για επιστημονικούς σκοπούς. Το “Βίντεο 1” αποκόπηκε από βίντεο που αποτελεί ιδιοκτησία του εργαστηρίου Peter Wainwright του πανεπιστημίου του Τέξας των ΗΠΑ και αποθανατίζει με τη βοήθεια κάμερας υψηλών ταχυτήτων το κοινό χέλι , *Anguilla sp.* , κατά την διαδικασία της τροφοληψίας. Το βήμα χρόνου από το πρώτο στιγμιότυπο στο τελευταίο, είναι μικρότερο από ένα δεύτερο ($\Delta t > 1 \text{ sec}$). Το “Βίντεο 2” αποκόπηκε από βίντεο που αποτελεί ιδιοκτησία του J.L. Greenberg . Στο βίντεο η Sara Luna Derrner και ο Volker Kraft ταΐζουν ένα μουγκρί , *Conger conger* , κατά τη διάρκεια μιας κατάδυσης επιστημονικού χαρακτήρα στη Νοτιοδυτική Πορτογαλία. Το βήμα χρόνου από το πρώτο στιγμιότυπο στο τελευταίο είναι μικρότερο από ένα δεύτερο ($\Delta t > 1 \text{ sec}$). Το “Βίντεο 3” αποκόπηκε από βίντεο που αποτελεί ιδιοκτησία του New England Aquarium. Παρουσιάζει μια από τις συνηθισμένες τροφοδοσίες μιας σμέρνας του είδους *Gymnothorax funebris* σε δεξαμενή του ενιδρύου. Το βήμα χρόνου από το πρώτο στιγμιότυπο στο τελευταίο είναι περίπου ίσο με 6 δευτερολεπτα. ($\Delta t \approx 6 \text{ sec}$). Το “Βίντεο 4” αποκόπηκε από βίντεο που αποτελεί ιδιοκτησία του Rec Diving Blue Chip Travel, η βιντεοσκόπηση έγινε στις Μαλδίβες και αποθανατίζει μια *Gymnothorax favagineus* να καταβροχθίζει μια *Gymnothorax moringa*.



Βίντεο 1. *Anguilla sp.* κατά την χρήση του συστήματος τροφοληπτικής αναρροφώσης



Βίντεο 2. *Conger conger* κατά την χρήση του συστήματος τροφοληπτικής αναρροφώσης



Βίντεο 3. *Gymnothorax funebris* κατά την χρήση του συστήματος μηχανικής τροφοληψίας και κατάποσης



Βίντεο 4. *Gymnothorax favagineus* καταβροχθίζει μια *Gymnothorax moringa*

Ένα ανακατασκευασμένο κρανίο, έχει την δυναμική να αποτελέσει εργαλείο κατανόησης της ανατομίας και λειτουργικής μορφολογίας ενός οργανισμού. Επίσης, μπορεί να θεωρηθεί μια μορφή “αποθήκευσης” τρισδιάστατης πληροφορίας, ικανής να προσφέρει γνώση, ομοιοτρόπως με ένα μουσειακό έκθεμα, αλλά και σαν αντικείμενο ανασκόπησης για τον ίδιο τον δημιουργό. Για τους λόγους αυτούς τα κρανία ανακατασκευάστηκαν και παρατίθενται φωτογραφίες τους στο υποκεφάλαιο αυτό.



Εικόνα 12. Το κρανίο της *M. Helena* κατά την ανακατασκευή



Εικόνα 13. Το κρανίο της *M. Helena* πριν την ανακατασκευή



Εικόνα 14. Κρανίο *C. conger* στα μέσα και στο τέλος της ανακατασκευής



Εικόνα 15. Η αριστερή πλευρά του κρανίου του *A. anguilla*

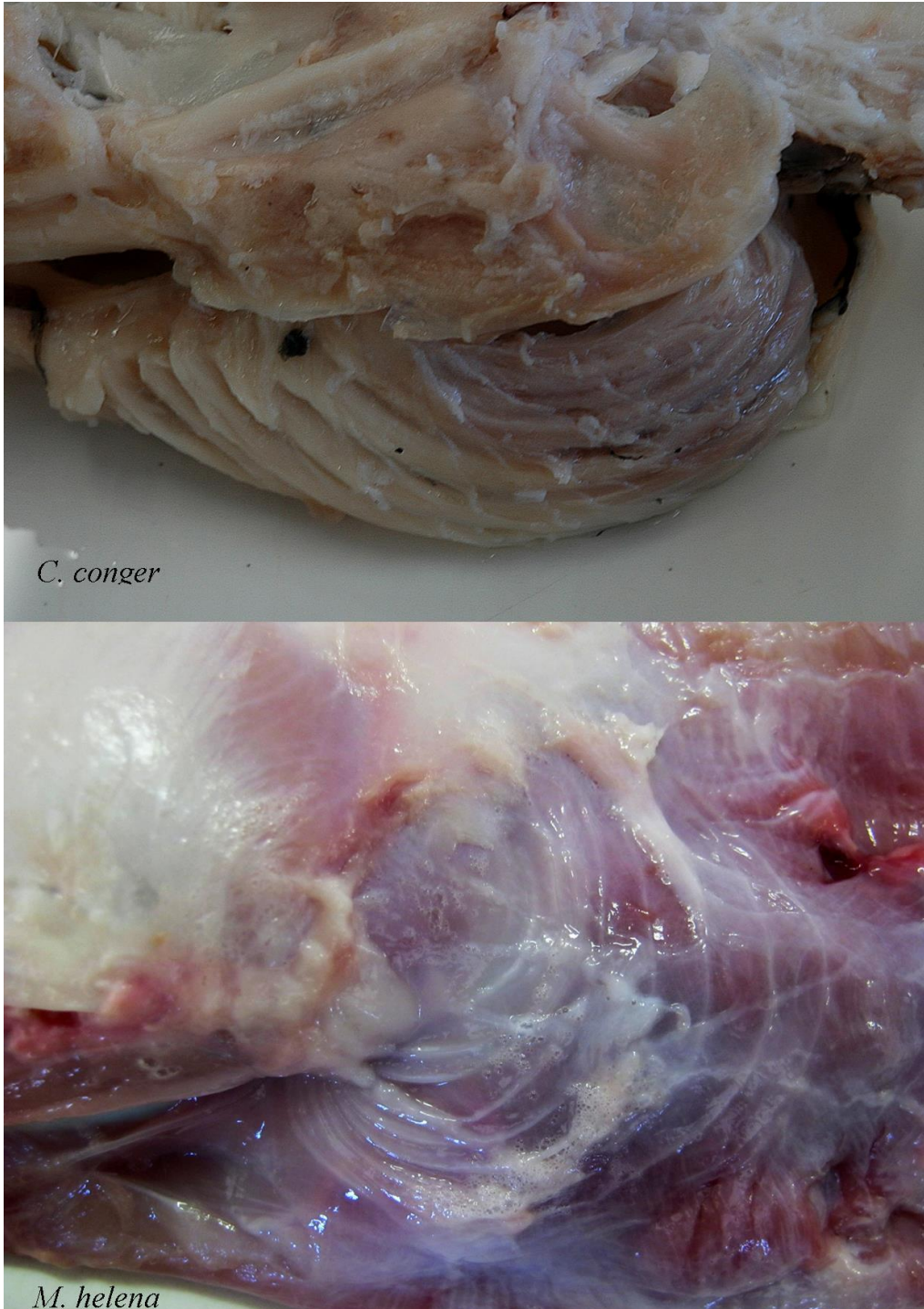
3. Συμπεράσματα και συζήτηση

Από την ερμηνεία των δεικτών μπορεί να αντληθεί ένα πλήθος πληροφοριών και ενδείξεων. Παρατηρώντας την σχέση HL/TL (A 0.12, C 0.12, M 0.15) διακρίνεται, ότι η μύραινα έχει ελαφρώς μακρύτερη κεφαλή σε σχέση με το σώμα της από τα άλλα δύο είδη. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στο ότι η βραγχιακή οπή στην σμέρνα δεν βρίσκεται στο ίδιο σχετικό σημείο με τα δύο άλλα είδη. Το μήκος κεφαλής για τους ιχθύες ορίζεται, ως η απόσταση μεταξύ της άκρης του ρύγχους και της βραγχιακή σχισμής. Στο *Conger conger* και το *Anguilla anguilla* αυτή συμπίπτει με την τελευταία βραγχιοστεγή ακτίνα, αντίθετα με την *Muraena Helena*, στην οποία είναι ισχυρά μετατοπισμένη προς την κοιλιακή χώρα του ψαριού. Εναλλακτικά, αντικαθιστώντας το μήκος κεφαλής (HL) με το μήκος του νευροκράνιου (nL) προκύπτει νέος δείκτης nL/TL (A 0.06, C 0.10, M 0.08) όπου ανακατατάσσει τα δείγματα. Ο W/TL (A 0.01, C 0.13, M 0.02) ουσιαστικά ποσοτικοποιεί την επιμήκυνση των ειδών. Εξαρτάται όμως σε μεγάλο βαθμό, από την ηλικία των ατόμων, την αλατότητα, την θερμοκρασία και την διαθεσιμότητα τροφής. Στα μεγαλύτερα άτομα που έχουν αλιευτεί, με το *A. Anguilla* 6.6 kg και 133 cm (Dekker, 1998), το *C. conger* στα 110 kg και 300 cm (Muus, 1999) και την *M. helena* 6.5 kg και 150 cm (Jimenez, 2007), προκύπτει δείκτης (A 0.04, C 0.36, M 0.04) που συμφωνεί με την πρώτη ένδειξη, η οποία προδίδει όμοια αναλογία μήκους – βάρους για το χέλι και την μύραινα, ενώ ξεχωρίζει το μουγγρί με διαφορά τάξης μεγέθους. Η σχέση του μήκους γναθικού οστού και μήκους κεφαλής mL/HL (A 0.26, C 0.38, M 0.35) όπως επίσης και η σχέση μήκους οδοντοφόρου οστού – μήκους κεφαλής dL/HL (A 0.40, C 0.55, M 0.54) υποεκτιμούν την σχετική έκταση που καταλαμβάνουν τα οστά αυτά στην περίπτωση της *M. helena* λόγω θέσης της βραγχιακής οπής. Αντικαθιστώντας το μήκος κεφαλής με το μήκος του νευροκράνιου προκύπτουν οι mL/nL και dL/nL (A 0.50, C 0.44, M 0.64) και (A 0.76, C 0.64, M 0.99) αντίστοιχα. Πιθανώς η μεγάλη διαφορά στο μήκος που παρατηρείται στα γναθικά οστά της μύραινας, να οφείλεται εξελικτικά στην ανάγκη συγκράτησης ενός θύματος που παλεύει να ξεφύγει. Ανάγκη που δεν έχουν τα άλλα 2 είδη. Ο J.S.L/HL (A 0.41, C 0.58, M 0.25) και ο J.S.L./nL (A 0.79, C 0.67, M 0.47) καταθέτουν το συγκριτικά μικρό μέγεθος του συστήματος ανάρτησης της γνάθου στη *M. helena*, όπως παρατήρησε χαρακτηριστικά και ο Soheil Eagderi το 2010 για το συγγενικό είδος *Gymnothorax prasinus*. Η σχέση μήκους επικαλυμματικού οστού και μήκους κεφαλής – μήκος νευροκράνιου oL/HL (A 0.24, C 0.17, M 0.13) - oL/nL (A 0.45, C 0.19, M 0.25) μάλλον δεν δίνουν κάποια πληροφορία, καθώς στην περίπτωση του επικαλυμματικού οστού, μείζονος σημασίας είναι η επιφάνεια και όχι το μήκος του. Έτσι δημιουργήθηκε νέα σχέση επιφανείας επικαλυμματικού οστού – μήκους κεφαλής oE/nL (A 0.31cm, C 0.68cm, M 0.36cm), η οποία καταχρηστικά μετράται σε εκατοστά και δείχνει το *C. conger* να ξεχωρίζει με διπλάσια σχετική επιφάνεια οστού. Τέλος ο Δίκτης nL/HL (A 0.53, C 0.86, M 0.54) δεν μας προσφέρει κάποια πληροφορία, καθώς επηρεάζεται ισχυρά αφενός από την θέση της βραγχιακής οπής της μύραινας και αφετέρου από την ηλικία των ατόμων.

Συγκρίνοντας οπτικά τα κρανιακά οστά των τριών ειδών, παρατηρήθηκαν μεγάλες ομοιότητες μεταξύ του *Anguilla anguilla* και *Conger conger*, ενώ ξεχώρισε το *Muraena helena*. Οι διαφορές που ευθύνονται για την απομόνωση της μύραινας, συνοψίζονται σε οστά σημαντικά πιο παχιά, ισχυρά συγκολλημένα, με μειωμένη κινητικότητα, εκφυλισμός έως και εξαφάνιση οστών του υοειδούς τόξου, των βραγχιακών καλυμμάτων και των βραγχιοστεγών ακτίνων, επιμήκυνση των γνάθων και μειωμένων αριθμό μεγεθυμένων αιχμηρών δοντιών. Οι παραπάνω παρατηρήσεις συμβαδίζουν με τα ευρήματα του Soheil Eagderi το 2010 για το συγγενικό είδος *G. prasinus*.

Αναλυτικά, στο νευροκράνιο της μύραινας, παρατηρήθηκε μετωπικό οστό ισχυρά ενισχυμένο και προεξέχων εκατέρωθεν του μεγάλου άξονα του νευροκρανίου, παρασφηνοηδές οστό επίσης ισχυρά ενισχυμένο, παρασφηνοηδή δόντια παρόντα, μεσοκογχικό κενό μειωμένου όγκου και υπερώια δόντια σε όλη την επιφάνεια του προγναθικού-εξωθμοειδούς συμπλόκου το οποίο είναι σημαντικά διογκωμένο και πεπλατυσμένο και σφενονικό οστό μειωμένο σημαντικά σε όγκο. Κανένα από τα παραπάνω χαρακτηριστικά δεν παρατηρήθηκαν στα δυο άλλα είδη των οποίων τα νευροκράνια δεν παρουσιάζουν καμία σημαντική διαφορά (εικόνα 6, 7). Το οδοντοφόρο οστό αποκάλυψε ένα από τα δύο οστεολογικά χαρακτηριστικά που ανέδειξε η παρούσα μελέτη κατά τα οποία το χέλι είναι ομοιότερο με την μύραινα παρά με το μουγγρί, την παρουσία αυλακώματος στην εξωτερική του πλευρά. Παραδόξως το ίδιο οστό της *Muraena helena* είναι πιο επίμηκες (εικόνα 8). Οπτικά δεν παρατηρήθηκαν ιδιαίτερες διαφορές μεταξύ των γναθικών οστών του δείγματος. Είναι όμως ξεκάθαρες οι διαφορές μεταξύ των δοντιών. Το *Conger conger* και το *Anguilla anguilla*, διαθέτουν πολυάριθμα, μικρού μεγέθους δόντια, σε αντίθεση με την *Muraena helena* της οποίας τα δόντια είναι πολύ λιγότερα αριθμητικά, ευμεγέθη, εξαιρετικά αιχμηρά και κυρτά προς τα πίσω (εικόνα 9). Στην περίπτωση του συστήματος ανάρτησης της γνάθου, το οποίο αποτελείται από τέσσερα οστά, *hyomandibula*, *quadrate*, *παλατοπτερυγοειδές* και το προεπικαλυμματικό δεν υπάρχει ομοιότητα, ώστε να είναι δυνατή κάποια σύγκριση μεταξύ του συστήματος της μύραινας και τον δυο άλλων ιχθύων, πέραν της σχετικής τους έκτασης, όπως ανέδειξε ο δείκτης J.S.L/HL (εικόνα 3.5). Το επικαλυμματικό οστό του ευρωπαϊκού χελιού παρατηρήθηκε να είναι επιμηκυμένο συγκριτικά με αυτό των *C. conger* και *M. helena* επισημαίνοντας έτσι το δεύτερο οστεολογικό χαρακτηριστικό, κατά το οποίο η μύραινα μοιάζει περισσότερο με το μουγγρί. Στην περίπτωση της μύραινας, σημαντική φαίνεται η εξασθένιση του οστού αυτού κατά την αντίπερα από την άρθρωση περίμετρο του (εικόνα 11). Σύγκριση των οστών του υοειδούς τόξου δεν είναι δυνατή, καθώς τα οστά αυτά στην *M. helena* ήταν εκφυλισμένα σε τέτοιο βαθμό, που θρυμματίστηκαν κατά τον καθαρισμό τους ή δεν υπήρχαν καθόλου. Την ίδια τύχη είχαν και οι βραγχιοστεγείς ακτίνες για το ίδιο είδος, οι οποίες αμέσως μετά την βάση τους μειώνονταν σε πάχος καρφίτσας. Η απώλεια όγκου των συγκεκριμένων στοιχείων δεν θεωρήθηκε τυχαία, καθώς σε συνδυασμό με τα οστά του βραγχιακού επικαλύμματος (επίσης συγκριτικά μικρότερης επιφανείας από τα άλλα δυο είδη) είναι υπεύθυνα για την δημιουργία αναρρόφησης. Η ιδιότητα αυτή χρησιμοποιείται στους ιχθύες κατά την αναπνοή και την τροφοληψία,

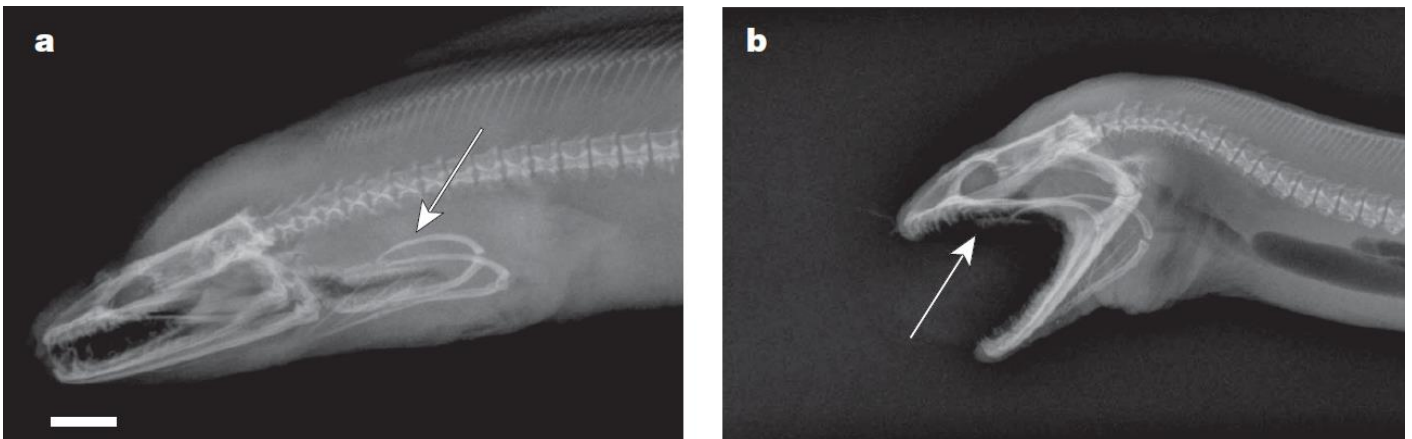
με την δεύτερη να είναι αυτή που απαιτεί ισχυρά οστά και μύες. Η Μυραινίδες έχουν αναπτύξει μηχανικό σύστημα τροφοληψίας και κατάποσης, όπως έχει περιγραφεί αναλυτικά από τους Mehta και Wainwright το 2007. Έτσι καθίσταται η ικανότητα δημιουργίας ισχυρών ρευμάτων αναρρόφησης περιττή, σε βαθμό που τα οστά και οι μύες παραγωγοί της ροής αυτής αδυνατίζουν σε σημείο που εξυπηρετείται μόνο η διαδικασία της αναπνοής.



Εικόνα 16. Βραγχιοστεγείς άκανθες του *C. conger* και της *M. helena*

Οι Μυραινίδες παρουσιάζουν μια μείωση της κινητικότητας των κρανιακών οστών. Επίσης το επικαλυμματικό τους οστό παρουσιάζει μειωμένο μέγεθος και το υοειδές τόξο περιορίζεται σε δύο λεπτά πρόσθια και οπίσθια κερατοειδή οστά. Επιπλέον στις Μυραινίδες παρατηρείται ελάττωση του αριθμού και του μεγέθους των οστών του βραγχιακού τόξου (Soheil Eagderi, 2010). Ο Mehta και Wainwright το 2008 ανέφεραν, πως το παραπάνω φαινόμενο ενδέχεται να οφείλεται στην απουσία υδραυλικού συστήματος μεταφοράς, και την ανάγκη δημιουργίας εναλλακτικού μηχανικού συστήματος μεταφοράς. Κατά την δημιουργία αυτή η μείωση των προαναφερθέντων οστών, άφησε χώρο στην φαρυγγική κοιλότητα για την ανάπτυξη της ευκινησίας των φαρυγγικών σιαγόνων.

Από την οπτική ανάλυση των βίντεο γίνονται ξεκάθαρες οι διαφορές στον χρόνο κατάποσης, την χρήση των σιαγόνων και στο "βίντεο 4" το μέγεθος τεμαχίου που είναι ικανές να καταπιούν οι Μυραινίδες. Στην περίπτωση του *C. conger* και του *Anguilla sp.* τα άτομα πλησιάζουν την τροφή, αστραπιαία διογκώνουν την στοματική τους κοιλότητα και φέρνουν την τροφή στον οισοφάγο σε κλάσματα του δευτερόλεπτου, χωρίς να χρησιμοποιήσουν τους σιαγόνες τους για να δαγκώσουν. Η *G. funebris* στο τρίτο βίντεο, δαγκώνει την τροφή, κάμπτει το σώμα της ώστε να φτάσουν τα φαρυγγικά σαγόνια το δαγκωμένο κομμάτι, ανοίγει τις εξωτερικές σιαγόνες, τεντώνει το σώμα προς τα εμπρός και επαναλαμβάνει την διαδικασία έως ότου καταπιεί την τροφή. Η διαδικασία αυτή είναι σαφώς πολύ πιο χρονοβόρα, αλλά δίνει την ικανότητα στις Μυραινίδες να διαχειρίζονται τεράστια κομμάτια τροφής, όπως φαίνεται στο τέταρτο βίντεο.



Εικόνα 17. Ακτινογραφίες σε αριστερή πλάγια όψη απεικονίζουν τις ακραίες θέσεις των φαρυγγικών σιαγόνων της *Muraena retifera* κατά τη διάρκεια του μηχανικής μεταφορά θηράματος (Inoue et al. 2009)

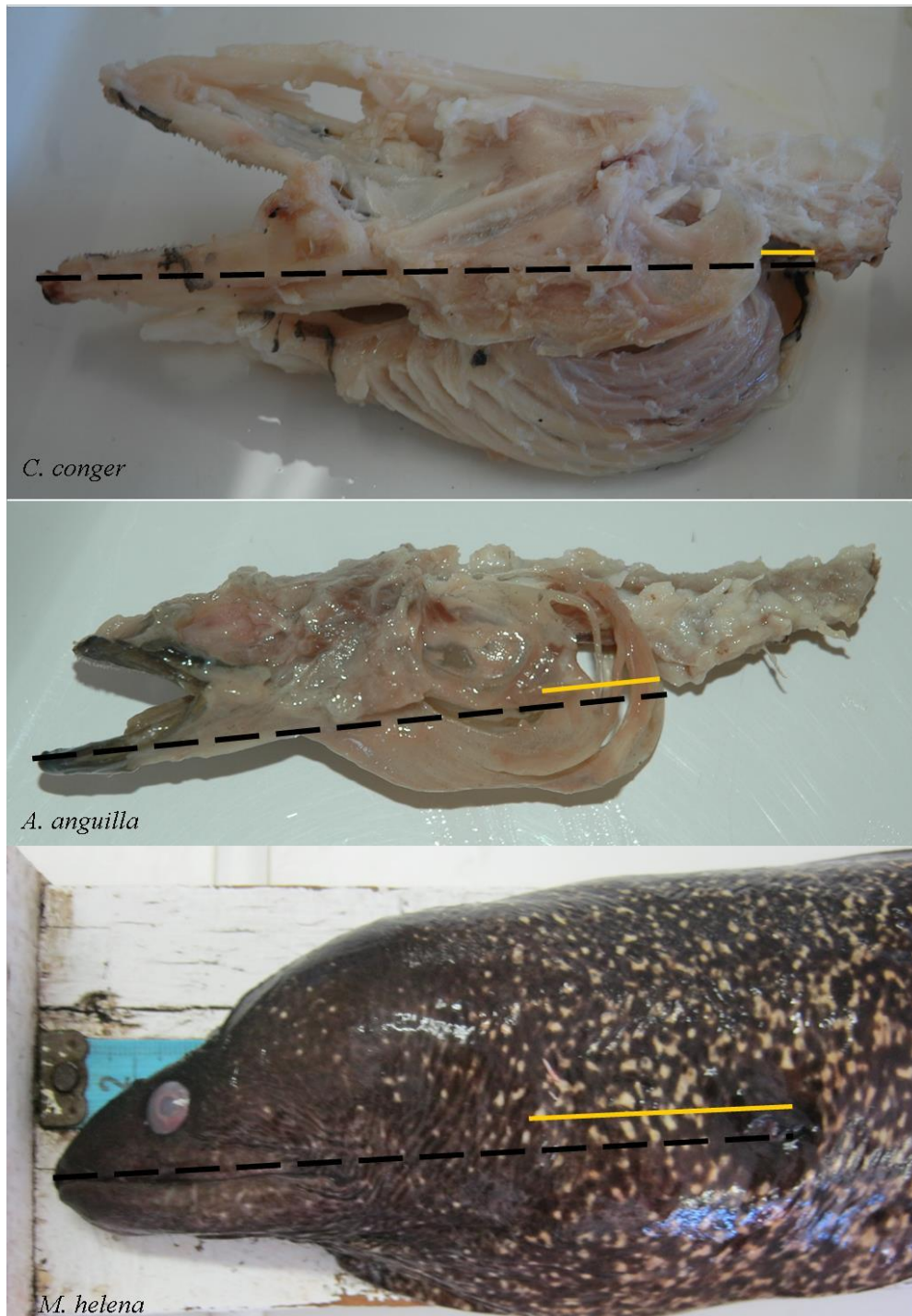
Η ταξινομία και η συστηματική που κατατάσσουν τα έμβια όντα ανάλογα με την εξελικτική τους πορεία και τα χαρακτηριστικά τους σε Επικράτειες, Βασίλεια, Συνομοταξίες, Ομοταξίες, Τάξεις, Οικογένειες, Γένη και Είδη από την σύλληψη τους αποτελούν πεδίο ζυμώσεων και συνεχών αναθεωρήσεων. Αυτό άλλωστε συμβαίνει σε όλους

τους επιστημονικούς κλάδους, καθώς είναι άμεση συνέπεια της ίδιας της επιστημονικής προόδου. Οι εξελίξεις στην μοριακή βιολογία μετά την ανακάλυψη της δομής του δεσοξυριβονουκλεϊκού οξέος, από τους James Watson και Francis Crick το 1953, και την πρώτη μέθοδο ανάλυσης των αλληλουχιών των αζωτούχων βάσεων του DNA από τον Ray Wu το 1970, ήταν αναμενόμενο πως θα αναδιαμόρφωναν την εικόνα που είχαμε για το δένδρο της ζωής. Μελέτες όπως η παρούσα, οι οποίες δεν έχουν την δυνατότητα χρήσης μεθόδων μοριακής ανάλυσης ή άλλων καινοτόμων, λόγω του υψηλού τους κόστους, αλλά προσεγγίζουν "παραδοσιακά" τα ερωτήματα, αποτελούν ένα χρήσιμο εργαλείο ικανό να δώσει έναυσμα ή να αποτρέψει μελλοντικές, πολυέξοδες προσεγγίσεις. Τα ευρήματά μας, τα ηθολογικά αλλά και τα δομικά χαρακτηριστικά που αναφέρονται στην εισαγωγή, προτείνουν ισχυρότερη συγγένεια μεταξύ του *Conger conger* και του *Anguilla anguilla* από ότι αυτών με την *Muraena helena*. Η θέση αυτή, δεν αντιπαρατίθεται με την ισχύουσα ταξινόμια (Nelson, 1994) που χωρίζει τα είδη σε τρεις διαφορετικές υποτάξεις Anguilloidei, Congroidei και Muraenoidei. Παράλληλα, συμβαδίζει με τα αποτελέσματα του Inoue et al. 2009 ενώ αντιβαίνει αυτά του Santini et al. το 2013.

Κατά την διεκπεραίωση της παρούσας εργασίας αντιμετωπίστηκαν προβλήματα, η ανάλυση των οποίων συμβάλει στην διόρθωση και λήψη μέτρων, ώστε να μην επαναληφτούν. Λόγω μεγέθους ορισμένα οστά, όπως οι βραγχιοστεγείς ακτίνες, κατά την αποσάρκωση και τον καθαρισμό θραύονταν και σε συγκεκριμένες περιπτώσεις έλιωναν. Αυτό οφείλεται στην εμβάπτιση των οστών σε όξινο διάλυμα και την αδυναμία του ανθρώπινου χεριού για χειρισμούς τόσο λεπτούς που να μην βλάπτουν τα οστά. Ταυτόχρονα η απουσία πόρων καθιστά την χρήση χημικών σχεδόν απαγορευτική. Η πιο οικονομική, πρακτική και οικολογική μέθοδος αποσάρκωσης είναι εκείνη της χρήσης Κολεόπτερον της οικογένειας των Δερμεστιδών με τρόπο που αναλύει ο Ward Russell το 1947. Οι αποικίες των σκαθαρών αυτών είναι εξαιρετικά ανθεκτικές, συντηρούνται πολύ εύκολα με μηδενικό κόστος, ενώ έχουν την ικανότητα να αποσαρκώνουν με θαυμαστική ακρίβεια, ακόμα και τα πιο ευαίσθητα οστά από μαλακούς ιστούς και χόνδρους σε πολύ περιορισμένο χρονικό διάστημα. Πανεπιστήμια και μουσεία συντηρούν δεκαετίες Δερμεστίδες, οι οποίες τους παρέχουν καθαρούς σκελετούς για ερευνητικούς, διδακτικούς και εκθεσιακούς σκοπούς.

Το μήκος κεφαλής, όπως προαναφέρθηκε, ορίζεται ως η απόσταση μεταξύ της άκρης του ρύγχους και της βραγχιακής σχισμής. Αυτός ο ορισμός δεν κάνει την ερμηνεία των δεικτών εύκολη, ούτε τους ίδιους τους δείκτες αντικειμενικούς στην περίπτωση μας. Αυτό οφείλεται σε ιδιαιτερότητες που παρουσιάζουν τα είδη, αν και συγγενικά μεταξύ τους. Στη *M. Helena*, όπως αναφέρθηκε επανειλημμένως, η βραγχιακή οπή είναι ισχυρά μετατοπισμένη προς την κοιλιακή χώρα του ψαριού, πιθανόν ως αποτέλεσμα της προσαρμογής της φαρυγγικής οδού στα ιδιαίτερα ευέλικτα φαρυγγικά σαρόνια. Στο *A. anguilla* παρατηρήθηκε επιμήκυνση του επικαλυμματικού οστού και των βραγχιοστεγών ακανθών, οι οποίες έφταναν την πελβική χώρα και επέστρεφαν στην κορυφή του επικαλυμματικού οστού. Οι βραγχιοστεγείς άκανθες του *C. conger* αντίθετα, από την βάση τους

χάρασαν ημισελινοειδή πορεία και κατέληγαν κατευθείαν στην κορυφή του επικαλυμματικού οστού. Για το λόγο αυτό προτείνεται σαν μετρό σύγκρισης να επιλέγεται το μήκος νευροκράνιου ή η απόσταση μεταξύ άκρης ρύγχους και επικαλυμματικού οστού, ώστε να μην συνυπολογίζεται το "νεκρό" μήκος μεταξύ επικαλυμματικού οστού και βραγχιακής σχισμής.



Εικόνα 18. Το μήκος κεφαλής των τριών ειδών και η απόσταση μεταξύ επικαλυμματικού οστού και βραγχιακής σχισμής

Λόγο κόστους και απουσίας των συγκεκριμένων ειδών στο εμπόριο, δεν ήταν δυνατή η συγκέντρωση ικανοποιητικού αριθμού δειγμάτων. Έτσι οι δείκτες και οι συγκρίσεις, δίνουν απλά μια εικόνα και δεν μας επιτρέπουν να υποστηρίξουμε τις παρατηρήσεις μας με την χρήση στατιστικών μεθόδων. Παρατηρηθήκαν αποκλίσεις μεταξύ της παρούσας μελέτης και προγενέστερών της, η συντριπτική πλειοψηφία των ευρημάτων όμως συμβαδίζει με τα ευρήματα συναφών μελετών, όπως των Mehta και Wainwright το 2008, Inoue et al. και Soheil Eagderi το 2010.

Πρέπει να αναφερθεί, ότι μπορεί να βρει κανείς στο διαδίκτυο πλάνα ερασιτεχνικά και επιστημονικά που αποθανατίζουν συμπεριφορές ιδιαίτερα σπάνιες, μέσα από τις οποίες μπορεί να εξαχθεί σημαντική πληροφόρηση. Τα βίντεο που αναλύθηκαν οπτικά στην παρούσα μελέτη, δεν αποκάλυψαν νέα στοιχεία για κάποιο από τα υπό εξέταση είδη. Παρά ταύτα, λειτούργησαν σαν επιπρόσθετα μέσα για την κατανόηση της τροφοληπτικής ηθολογίας των τριών ειδών και φανέρωσαν την ικανότητα των Μυραινιδών να καταπίνουν εξαιρετικά ογκώδη μερίδια τροφής, σε σύγκριση με το άνοιγμα του στόματος τους. Σύμφωνα με ότι γνωρίζουμε, δεν ωριμάζουν στα ίδια βάθη Εγγελυόμορφα εκτός των Μυραινιδών με παρόμοια ικανότητα.

3. Βιβλιογραφία

- Anastasopoulou A, Mytilineou Ch, Lefkaditou E, Kavadas S, Bekas P, Smith C-J, Papadopoulou K-N, Christides G. 2013. The diet and feeding ecology of *Conger conger* (L. 1758) in the deep waters of the Eastern Ionian Sea. *Mediterranean Marine Science*. Vol 14(2): 365-368.
- Bauchot M-L, Saldanha L. 1986. Congridae (including Heterocongridae). In: Whitehead P.J.P. Bauchot, M-L. Hureau, J-C. Nielsen, J. Tortonese, E. (Eds.), *Fishes of the north-eastern Atlantic and the Mediterranean*. Vol 2: 567-574.
- Carroll RL. 1997a. *Patterns and processes of vertebrate evolution*. Cambridge Paleobiology Series. 447 p.
- Castle PHJ. 1968. The world of eels. *Tuatara: Journal of the Biological Society* 16(2): 87-97.
- Cau A, Manconi P. 1984. Relationship of feeding, reproductive cycle and bathymetric distribution in *Conger conger*. *Marine Biology* 81: 147-151

- Correia A.T, Manso S, Coimbra J. 2009. Age, growth and reproductive biology of the European conger eel (*Conger conger*) from the Atlantic Iberian waters. *Fisheries Research* 99: 196–202
- Deelder C.L. 1970. SYNOPSIS OF BIOLOGICAL DATA ON THE EEL *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758). FAO Fisheries Synopsis No. 80, Revision 1.
- Dekker W, van Os B, van Willigen J. 1998. Minimal and maximal size of eel. L'ANGUILLE EUROPEENNE. 10E REUNION DU GROUPE DE TRAVAIL "ANGUILLE" EIFAC/ICES. Bulletin Francais de Peche et Pecherie, Conseil superieur de la peche, Paris (France).
- Eagderi S, Adriaens D. 2010. Cephalic morphology of *Pythonichthys macrurus* (Heterenchelyidae: Anguilliformes): specializations for head-first burrowing. *Journal of Morphology* 271(9): 1053-1065.
- Eagderi S, Adriaens D. 2010. Head morphology of the duckbill eel, *Hoplunnis punctata* (Regan, 1915; Nettastomatidae: Anguilliformes) in relation to jaw elongation. *Zoology* 113(3): 148-157.
- Gosline WA. 1971. Functional morphology and classification of teleostean fishes. University Press of Hawaii. pp 208.
- Gosline WA. 1980. The evolution of some structural systems with reference to the interrelationships of modern lower teleostean fish groups. *Japanese Journal of Ichthyology* 21: 1-24.
- Inoue JG, Miya M, Tsukamoto K, Nishida M. 2004. Mitogenomic evidence for the monophyly of elopomorph fishes (Teleostei) and the evolutionary origin of the leptocephalus larva. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 32: 274-286.
- Inoue JG, Miya M, Miller MJ, Sado T, Hanel R, Hatooka K, Aoyama J, Minegishi Y, Nishida M, Tsukamoto K. 2010. Deep-ocean origin of the freshwater eels. *Biological Letters*, doi: 10.1098/rsbl.2009.0989
- Jimenez S, Schonhuth S, Lozano I.J, Gonzalez J.A, Sevilla R.G, Diez A, Bautista J.M. 2007. Morphological, ecological, and molecular analyses separate *Muraena augusti* from *Muraena helena* as a valid species. *Copeia* 2007(1):101-113.
- Matic-Skoko S, Tutman P, Petric M, Skaramuca D, Dikic D, Lisitic D, Skaramuca B. 2011. Mediterranean moray eel *Muraena helena* (Pisces: Muraenidae): biological indices for life history. *Aquatic Biology*, vol 13: 275-284.
- Mehta RS, Wainwright PC. 2007a. Raptorial jaws in the throat help moray eels swallow large prey. *Nature* 449: 79-83.
- Mehta, R. M, Wainwright, P. C. 2007. Biting releases constraints on moray eel feeding kinematics. *J. Experimental Biology*. 210: 495–505.

- Mehta RS, Wainwright PC. 2008. Functional morphology of the pharyngeal jaw apparatus in moray eels. *Journal of Morphology* 269: 604-619.
- Mishler B. 2003. Phylogeny. In: *Keywords and concepts in evolutionary developmental biology*. Häll BK, Olson M, eds. Harvard University Press, pp. 297-308.
- Muus, B.J. and J.G. Nielsen, 1999. Sea fish. *Scandinavian Fishing Year Book*. pp 340.
- Nelson JS. 2006. *Fishes of the world*. Fourth edition. John Wiley & Sons, INC. 600 P.
- O'Sullivan S, Moriarty C, Davenport J. 2004. Analysis of the stomach contents of the European conger eel *Conger conger* in Irish waters. *Journal of Marine Biology* 84: 823-826
- Rosenblatt RH. 1967. The osteology of the congrid eel *Gorgasia punctata* and the relationships of the Heterocongrinae. *Pacific Scientific* 21: 91-97.
- Russell W, 1947, Biology of the Dermestid Beetle with Reference to Skull Cleaning, *Journal of Mammalogy*, Vol. 28: 284-87
- Santini F, Kong X, Sorenson L, Carnevale G, Mehta R.S, Alforo E.M. 2013. A multi-locus molecular timescale for the origin and diversification of eels (Order: Anguilliformes), *Molecular Phylogenetics and Evolution* 69: 884–894
- Smith DG. 1989a. Family congridae. In: Böhlke, E.B. (Ed.), *Fishes of the Western North Atlantic*. Sears Foundation for Marine Research, New Haven, pp. 460-612.
- Smith DG. 1989c. Family Muraenesocidae. In: Böhlke, E.B. (Ed.), *Fishes of the western North Atlantic*. New Haven, CT: Sears Foundation for Marine Research, pp. 432-440.
- Tesch F-W. 2003. *The Eel*. Third edition. Oxford: Blackwell Science. pp 408.
- Wainwright PC, Bellwood DR. 2002. Ecomorphology of feeding in coral reef fishes. In: Sale, P.F. (Ed.) *Coral reef fishes: Dynamics and diversity in a Complex Exosystem*. San Diego: Academic Press, pp. 33-35
- Wang CH, Kuo CH, Mok HK, Lee SC. 2003. Molecular phylogeny of elopomorph fishes inferred from mitochondrial 12S ribosomal RNA sequences. *Zoologica Scripta*, 32: 231-241.
- Yukihira H, Shibuno T, Hashimoto H, Gushima K. 1994. Feeding habits of moray eels (Pisces: Muraenidae) at Kuchierabujima. *Journal of the Faculty of Applied Biological Science* 33: 159-166.