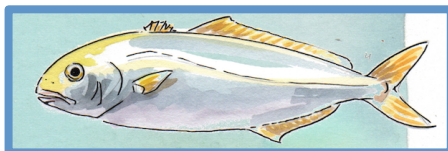


## Ειδικές Δράσεις «ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ»

ΜΑΓΙΑΤΙΚΟ Τ6ΥΒΠ-0068



### Παραδοτέο

<b>Αριθμός Παραδοτέου:</b>	Π 2.5.1	<b>Μήνας Παράδοσης ΤΠΕ:</b>	30
<b>Τίτλος Παραδοτέου</b>	Πρότυπο ανάπτυξης σκελετού στις διαφορετικές συνθήκες εκτροφής		
<b>Ενότητα Εργασίας (ΕΕ):</b>	2	<b>Συντονιστής ΕΕ:</b>	ΠΠ
<b>Τίτλος ΕΕ:</b>	Νυμφικές εκτροφές και παραγωγή γόνου		
<b>Αριθμός Εργασίας:</b>	2.5	<b>Υπεύθυνος Παραδοτέου:</b>	ΠΠ
<b>Τίτλος εργασίας:</b>	Περιγραφή της ανάπτυξης του σκελετού και των μορφοανατομικών παραμορφώσεων σε σχέση με το πρωτόκολλο εκτροφής		
<b>Εταίροι:</b>	ΠΠ	ΓΑΛΑΞΙΔΙ	
<b>Κατάσταση:</b>	Ολοκληρωμένο	<b>Μήνας παράδοσης:</b>	29
.....			

**Υπεύθυνος ερευνητής για το παραδοτέο:** Λούφη, Α. (Πανεπιστήμιο Πατρών), Σφακιανάκης, Δ. (Πανεπιστήμιο Πατρών)

**Συνεργαζόμενοι ερευνητές από Εταίρους:** Μακρίδης, Π. (Πανεπιστήμιο Πατρών), Τσακωνίτη, Κ. (ΓΑΛΑΞΙΔΙ), Μέγκος, Α. (ΓΑΛΑΞΙΔΙ), Καραπαναγιώτης, Σ. (ΓΑΛΑΞΙΔΙ)

### Σύντομη περιγραφή (ΤΠΕ):

Η επίδραση της χρήσης κωπηπόδων στην οστεολογική ανάπτυξη του μαγιάτικου (*Seriola dumerili*) παρατηρήθηκε μέχρι τις 35 ημέρες μετά την εκκόλαψη. Σε τέσσερις κυλινδρικές δεξαμενές των 3.000 L η καθεμία στον ιχθυογεννητικό σταθμό της εταιρείας ΓΑΛΑΞΙΔΙ ΘΑΛΑΣΣΙΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ Α.Ε. τοποθετήθηκαν τα αυγά και ξεκίνησε το τσίγμα τρεις μέρες μετά την εκκόλαψη. Σε δύο δεξαμενές, οι ιχθυονύμφες ταΐστηκαν με ναύπλιους του καλανοειδούς κωπηπόδου *Acartia tonsa* και τροχόζωα (*Brachionus sp.*), ενώ στις άλλες δύο μόνο με τροχόζωα. Δέκα μέρες μετά την εκκόλαψη, όλες οι δεξαμενές ταΐζονταν με τροχόζωα και *Artemia* ενώ χορηγήθηκε ξηρά τροφή στις 25 μέρες μετά την εκκόλαψη. Τα δείγματα λαμβάνονταν κάθε τρεις ημέρες, σταθεροποιήθηκαν σε φορμαλίνη 5% (pH=7,2). Τα οστά και οι χόνδροι βάφτηκαν με κόκκινη (Alizarin red) και μπλε (Alcian blue) χρώση, αντίστοιχα. Η οντογένεση του σκελετού και η οστεοποίηση παρατηρήθηκαν σε κάθε δείγμα μέσω ενός στερεοσκοπίου. Η αρχή της οστεολογικής ανάπτυξης παρατηρήθηκε νωρίτερα σε ιχθυονύμφες που τρέφονταν με κωπήποδα, εκτός από τα εγγύς πτερυγιοφόρα (Prx) και τα άπω πτερυγιοφόρα (Rd) στο ραχιαίο πτερύγιο και τα άνω-κάτω επικροταφικά (SutUp-Lo) στα θωρακικά πτερύγια. Η ολοκλήρωση της οστεολογικής ανάπτυξης έλαβε χώρα νωρίτερα σε ιχθυονύμφες που τρέφονταν με κωπήποδα εκτός από το Rd στο ραχιαίο πτερύγιο, το Prx στα θωρακικά πτερύγια και στα Λεπιδοτρίγια (R) στα κοιλιακά πτερύγια. Εκτός από το Prx και το Rd τόσο στο ραχιαίο όσο και στο εδρικό πτερύγιο, όλοι οι άλλοι χόνδροι ήταν πλήρως οστεοποιημένοι. Η οστεοποίηση ολοκληρώθηκε πρώτα σε ιχθυονύμφες που τρέφονταν με κωπήποδα.



## Περιεχόμενα

<b>Παραδοτέο</b> .....	1
<b>Σύντομη περιγραφή (ΤΠΕ):</b> .....	1
Εισαγωγή.....	3
Υλικά και Μέθοδοι .....	3
Αποτελέσματα.....	8
Πρότυπο ανάπτυξης του σκελετού.....	8
Εκτροφή 2019 – Group 1 - Control.....	8
Σπονδυλική στήλη.....	8
Πτερύγια.....	10
Ουραίο.....	10
Ραχιαίο .....	11
Εδρικό .....	12
Θωρακικά.....	13
Κοιλιακά.....	13
Εκτροφή 2019 – Group 2 – Copropods .....	14
Εκτροφή 2020 – Group 1 – Control.....	16
Σπονδυλική στήλη.....	16
Πτερύγια.....	17
Ουραίο.....	17
Ραχιαίο .....	17
Εδρικό .....	18
Θωρακικά.....	18
Κοιλιακά.....	19
Εκτροφή 2020– Group 2 – Probiotics .....	19
Συζήτηση.....	21
Βιβλιογραφία.....	26
Παράρτημα.....	29



## Εισαγωγή

Κατά την οντογένεση, η οποία είναι μια διαδικασία αύξησης (αλλαγή του μεγέθους με την ηλικία) και ανάπτυξης (διαφοροποίηση και ωρίμανση των κυττάρων, ιστών, οργάνων και συστημάτων) (Chambers and Leggett, 1987), οι ιχθυονύμφες υφίστανται δραματικές αλλαγές που αφορούν στο σχήμα του σώματος, στην ικανότητα κολύμβησης, στον μεταβολισμό και στην συμπεριφορά τους. Οι αλλαγές αυτές οδηγούν στην σύντομη μεταμόρφωση των νυμφών των ψαριών σε ιχθύδια ή ενήλικα άτομα, ενώ παράλληλα αναπτύσσονται, τρέφονται και επιβιώνουν ως λειτουργικοί οργανισμοί (Koumoundouros et al., 1999a; Osse and Van Den Boogaart, 1995).

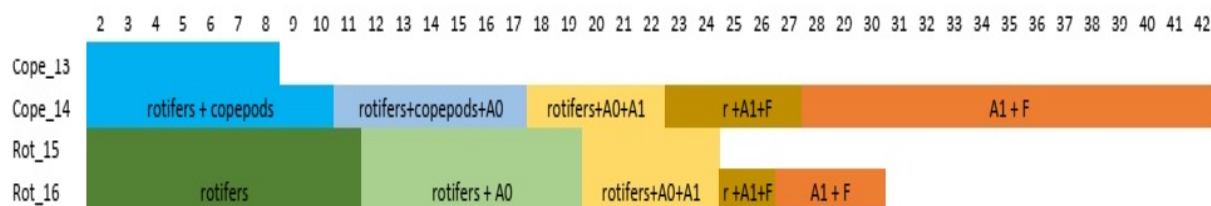
Η γνώση της φυσιολογικής οντογένεσης ενός είδους και ειδικότερα της οστεολογικής εξέλιξής του είναι σημαντική σε θεωρητικό επίπεδο, αλλά και επιβεβλημένη σε πρακτικό, διότι συμβάλλει στην κατανόηση των βιολογικών απαιτήσεων του είδους για κάθε αναπτυξιακό στάδιο και αποτελεί εργαλείο διεκπεραίωσης ποιοτικού ελέγχου, αξιολόγησης συνθηκών εκτροφής και πρόληψης μορφο-ανατομικών παραμορφώσεων με όρους αποτελεσματικότερης παραγωγής και υψηλής ποιότητας ιχθυδίων και ενήλικων ψαριών. Η μελέτη της οστεολογίας επιτρέπει όχι μόνο το σαφή διαχωρισμό μεταξύ φυσιολογικών και παραμορφωμένων ατόμων, αλλά και πιθανή αντιμετώπιση των σκελετικών αυτών ανωμαλιών στο επίπεδο του πληθυσμού.

Η γνώση του φυσιολογικού προτύπου ανάπτυξης του σκελετού ενός είδους, δίνει όχι μόνο τη δυνατότητα του προσδιορισμού οποιασδήποτε παρέκκλισης από το φυσιολογικό (παραμόρφωσης), αλλά προσδιορισμό και του αναπτυξιακού σταδίου στο οποίο εμφανίστηκε αυτή, πιθανή εύρεση της γενεσιουργού αιτίας καθώς και λύσης. Επιπροσθέτως, η σύγκριση της φυσιολογικής οντογένεσης υποψηφίων ειδών με τα καθιερωμένα εκτροφόμενα είδη μπορεί να δώσει πολύ χρήσιμες πληροφορίες για τις απαραίτητες τροποποιήσεις των απαιτούμενων για τα νέα είδη μεθόδων εκτροφής (Chatain, 1994; Paspatis et al., 1999). Καθώς οι πιο ευρέως χρησιμοποιούμενοι δείκτες, μήκος, μάζα και ηλικία, δεν δείχνουν αυστηρές συσχετίσεις με την ανάπτυξη (Segner *et al.* 1995), οι μορφολογικοί δείκτες πρέπει να δίνουν πιο χρήσιμες ενδείξεις για την ανάπτυξη των βέλτιστων τεχνικών εκτροφής.

Στην παρούσα εργασία θα μελετήσουμε την ανάπτυξη του σκελετού του μαγιάτικου (*Seriola dumerili*) σε διαφορετικά πρωτόκολλα εκτροφής και θα διαπιστώσουμε τυχόν διαφορές στο ρυθμό ανάπτυξης του σκελετού.

## Υλικά και Μέθοδοι

Πραγματοποιήθηκαν δύο πειράματα τις χρονιές 2019 και 2020 στις εγκαταστάσεις της εταιρείας Γαλαξίδι Θαλάσσιες Καλλιέργειες Α.Ε.. Στο πείραμα που πραγματοποιήθηκε το 2019, σε τέσσερις δεξαμενές των 2.8 m<sup>3</sup> τοποθετήθηκαν τα αυγά από το μαγιάτικο. Εκτός από τις κλασικές τροφές (μικροφύκη, τροχόζωα, Artemia), χρησιμοποιήθηκαν και ναύπλιοι κωπηπόδων του είδους *Acartia tonsa*. Σε δύο δεξαμενές, τις πρώτες ημέρες χορηγήθηκε το κλασικό πρωτόκολλο εκτροφής (τροχόζωα - *Brachionus* sp.) (Group 1 - Control) και σε άλλες δύο οι ιχθυονύμφες ταΐστηκαν με ναύπλιους *Acartia tonsa* και τροχόζωα (*Brachionus* sp.) (Group 2 -Copepods) (Εικόνα 1). Στις εκτροφές χρησιμοποιήθηκε συντηρημένο φυτοπλαγκτόν (όχι ζωντανό).



**Εικόνα 1:** Διατροφικό πρωτόκολλο εκτροφής μαγιάτικου 2019. (A0: μικρή ανεμπλούτιστη Artemia, A1: μεγάλη εμπλουτισμένη Artemia, F: τεχνητό σιτηρέσιο)

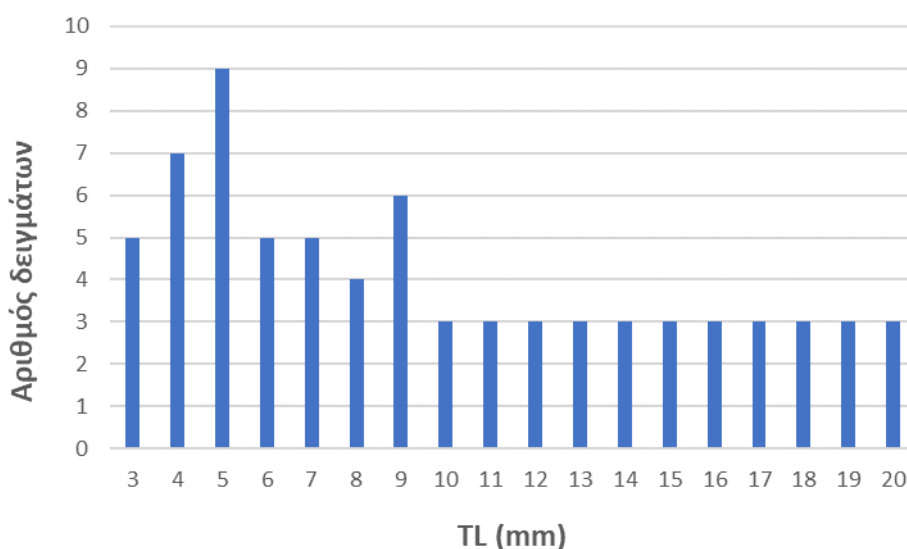
Τα κωπήποδα παρουσιάζουν το πλεονέκτημα ότι τα λιπαρά οξέα εικοσιδιεξανοικό οξύ (DHA) και εικοσιπεντενοϊκό οξύ (EPA), που είναι σημαντικά για την σωστή ανάπτυξη της όρασης και του νευρικού συστήματος του ψαριού, βρίσκονται στα φωσφολιπίδια των κυτταρικών μεμβρανών των κωπηπόδων. Έτσι, είναι πιο εύκολη η αφομοίωση τους από τα ψάρια χωρίς να χρειάζονται εμπλουτισμό και συνεπώς δεν επιβαρύνεται το περιβάλλον της δεξαμενής της νυμφικής εκτροφής με λιπαρά στην επιφάνεια (Conceicao et al, 2010). Ένα επιπλέον πλεονέκτημα είναι ότι τα κωπήποδα, τα οποία είναι η φυσική τροφή των ιχθυονυμφών στη θάλασσα, είναι πλούσια σε ελευθέρα αμινοξέα, κάτι που διεγείρει την όσφρηση των ιχθυονυμφών και ενισχύει τη διατροφική συμπεριφορά και την αναζήτηση τροφής όταν προστεθούν τα κωπήποδα στη δεξαμενή εκτροφής (Rønnestad et al. 2013). Το μικρό μέγεθος των ναυπλίων είναι ιδανικό για τη σίτιση μικρών ιχθυονυμφών, όπως είναι οι ιχθυονύμφες του μαγιάτικου. Η κατάποση κύστεων των κωπηπόδων δεν δημιουργεί πρόβλημα στις ιχθυονύμφες όπως στην περίπτωση κύστεων της *Artemia sp.*

Στο πείραμα που πραγματοποιήθηκε το 2020, εκτός από τις δεξαμενές στις οποίες ακολουθήθηκε το κλασικό πρωτόκολλο εκτροφής, υπήρξαν και δεξαμενές με προβιοτικά. Τα προβιοτικά είναι ζωντανοί μικροοργανισμοί που χρησιμοποιούνται για την επίτευξη της μικροβιακής ισορροπίας της μικροχλωρίδας του ξενιστή, στην προκειμένη περίπτωση των εκτρεφόμενων νυμφών και ιχθυδίων. Σε κάθε σύστημα εκτροφής ιχθυονυμφών προστίθενται μεγάλες ποσότητες οργανικού φορτίου μέσω της ζωντανής τροφής που οδηγούν στην ανάπτυξη ευκαιριακών βακτηρίων, τα οποία με τη σειρά τους καταλήγουν σε μεγάλες θνησιμότητες. Μια ομάδα ευκαιριακών βακτηρίων που συχνά συσχετίζεται με αυτές τις θνησιμότητες είναι τα *Vibrio spp.* (Bruhn 2006). Επειδή υπήρξαν διάφορες δυσκολίες εξαιτίας της καραντίνας ήταν αδύνατο να δοκιμαστούν τα προβιοτικά που είχαν απομονωθεί από το Γαλαξίδι και έτσι χρησιμοποιήθηκε ένα προβιοτικό (*Phaeobacter inhibens*) που έχει απομονωθεί και χρησιμοποιηθεί στις Δανία και Ισπανία με καλά αποτελέσματα.

Στο πείραμα του 2020, σε έξι δεξαμενές τοποθετήθηκαν τα αυγά από το μαγιάτικο. Σε όλες τις δεξαμενές οι ιχθυονύμφες τράφηκαν με το κλασικό πρωτόκολλο εκτροφής (τροχόζωα - *Brachionus sp.* και Artemia και στη συνέχεια τεχνητό σιτηρέσιο) (Group 1 - Control) αλλά σε τρεις από αυτές χορηγήθηκε το προβιοτικό *Phaeobacter inhibin* (Group 2 – Probiotics).



Για την μελέτη της οστεολογικής ανάπτυξης, λαμβάνονταν δείγματα τουλάχιστον 20 ατόμων κάθε τρίτη ημέρα από την εκκόλαση των αυγών και καθ' όλη τη διάρκεια της νυμφικής εκτροφής. Το ίδιο πραγματοποιήθηκε και για τις τρεις διαφορετικές μεθοδολογίες εκτροφής οδηγώντας τελικά σε πλήρεις σειρές δειγμάτων από την εκκόλαση μέχρι και τη μεταμόρφωση. Τα ψάρια αναισθητοποιούνταν με Ethylenglycolmonophenylether (Merk, 0.2-0.5 ml l<sup>-1</sup> συντηρούνταν μαζικά σε ρυθμιστικό διάλυμα φορμαλίνης 5% (pH=7,2) (Taylor and Van Dyke, 1985) και αποθηκεύονταν σε σκοτεινό χώρο και σε θερμοκρασία δωματίου. Η παρατήρηση των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο Υδατοκαλλιεργειών του Πανεπιστημίου Κρήτης. Έγινε καταμέτρηση των δειγμάτων και ταξινόμηση με βάση τόσο τις ημέρες μετά την εκκόλαση όσο και το ολικό τους μήκος, έτσι ώστε να δημιουργηθεί μία ολοκληρωμένη οντογενετική σειρά για την επιτυχή περιγραφή των σκελετικών εξελίξεων. Επιλέχθηκαν περίπου 5-10 άτομα ανά mm TL (Ολικό μήκος) στα πρώτα στάδια, αριθμός παραπάνω από ικανοποιητικός για τη μελέτη της οντογένεσης του σκελετού (**Εικόνα 2**). Στα επόμενα στάδια της εξέλιξης, καθώς οι αλλαγές δεν είναι πλέον τόσο καταγιστικές, επιλέχθηκαν περίπου 3 άτομα ανά mm TL (**Εικόνα 2**).



**Εικόνα 2:** Αριθμός δειγμάτων που επιλέχθηκαν και ταξινομήθηκαν για τη μελέτη της οντογένεσης του σκελετού ανά χιλιοστό Ολικού Μήκους (TL)

Τα ολικά μήκη των ατόμων μετρήθηκαν με ακρίβεια 0,1 του χιλιοστού, σε στερεοσκόπιο “Olympus SZX-9”. Η ορολογία που χρησιμοποιήθηκε για την περιγραφή των όρων της οστεολογίας προέρχεται από τους (Koumoundouros et al., 2001b). Η αριθμηση των επιμέρους στοιχείων του σκελετού έγινε από το κεφάλι προς την ουρά, από το ραχιαίο προς το εδρικό ή με κατεύθυνση προς το κέντρο του επιμήκους άξονα του σώματος. Εξετάστηκε η οντογένεση όλων των οστών, στις ανατομικές περιοχές της σπονδυλικής στήλης και των πτερυγίων. Το μήκος το οποίο χρησιμοποιήθηκε ως σημείο αναφοράς για το εκάστοτε χαρακτηριστικό



κατά την περιγραφή της οντογένεσης ήταν το μικρότερο ολικό μήκος στο οποίο τα άτομα εμφάνιζαν κάθε φορά το υπό μελέτη χαρακτηριστικό.

Τα άτομα μελετήθηκαν μετά από διπλή χρώση με Αλιζαρίνη και Κυανό της Αλσατίας για την βαφή των οστών και των χόνδρων αντίστοιχα, σύμφωνα με τροποποιημένη μέθοδο των (Park and Kim, 1984). Η Αλιζαρίνη βάφει με ερυθρό χρώμα όλα τα μεμβρανικά οστά καθώς και τα οστά αντικατάστασης που βρίσκονται σε διαδικασία οστεοποίησης, ενώ το Κυανό της Αλσατίας βάφει με χρώμα κυανό τις χόνδρινες δομές.

Τα δείγματα παρατηρήθηκαν με τη βοήθεια στερεοσκοπικού μικροσκοπίου (Olympus SZX-9) και στη συνέχεια φωτογραφήθηκαν με φωτογραφική μηχανή “Olympus Camedia C-5050 Zoom” προσαρμοσμένη στο στερεοσκόπιο υπό συνθήκες διερχόμενου και/ή προσπίπτοντος φωτισμού.

Στον **Πίνακα 1** (και στο **Παράρτημα**) φαίνονται συγκεντρωτικά όλες οι δομές (οστέινες και χόνδρινες) που συμμετέχουν στο σκελετικό σύστημα του μαγιάτικου και μελετήθηκαν στην παρούσα εργασία.

**Πίνακας 1:** Ονομασίες (σε Ελληνικά και Αγγλικά) και σύμβολα οστών που περιλαμβάνονται στο σκελετικό σύστημα του μαγιάτικου.

<b>Οστό</b>		<b>Σύμβολο</b>
<b>Ελληνική</b>	<b>Αγγλική</b>	
<b>Κέντρα Σπονδύλων</b>	Vertebral Centra	<b>U</b>
<b>Νευρικές Αποφύσεις</b>	Neural Processes	<b>NS</b>
<b>Αιματικές Αποφύσεις</b>	Haemal Processes	<b>HS</b>
<b>Νωτιαίες Πλευρές</b>	Dorsal Ribs	<b>Drl</b>
<b>Κοιλιακές Πλευρές</b>	Ventral Ribs	<b>Pr</b>
<b>Βασαποφύσεις</b>	Para-Pophyses	<b>Pp</b>
<b>Παρυπουραίο</b>	Parhypural	<b>PrH</b>
<b>Υπουραία</b>	Hypurals	<b>Hy</b>
<b>Επουραία</b>	Epurals	<b>Ep</b>
<b>Ουρονευρικά</b>	Uroneurals	<b>UrN</b>
<b>Λεπιδοτρίχια</b>	Lepidotrichia	<b>PCR</b>
<b>Δερματοτρίχια</b>	Dermatotrichia	<b>SCR</b>



---

<b>Βοηθητικοί Χόνδροι</b>	Accessory Cartilages	<b>Ac</b>
<b>Προραχιαία Οστά</b>	Predorsals	<b>Prd</b>
<b>Εγγύς Πτερυγιοφόρα</b>	Proximal Pterygiofores	<b>Prx</b>
<b>Απω Πτερυγιοφόρα</b>	Distal Radials	<b>Rd</b>
<b>Οστό Αντικατάστασης</b>	Stay	
<b>Σκληρές Ακτίνες</b>	Hard Spines	<b>S</b>
<b>Λεπιδοτρίχια</b>	Lepidotrichia	<b>R</b>
<b>Εγγύς Πτερυγιοφόρα</b>	Proximal Pterygiofores	<b>Prx</b>
<b>Απω Πτερυγιοφόρα</b>	Distal Radials	<b>Rd</b>
<b>Οστό Αντικατάστασης</b>	Stay	
<b>Σκληρές Ακτίνες</b>	Hard Spines	<b>S</b>
<b>Λεπιδοτρίχια</b>	Lepidotrichia	<b>R</b>
<b>Ενιαία Χόνδρινη Πλάκα</b>	Fin Plate	<b>Fp</b>
<b>Κλείθρο</b>	Cleithrum	<b>Cl</b>
<b>Επικλείθρο</b>	Hypercleithrum	<b>Suc</b>
<b>Μετακροταφικό</b>	Posttemporal	<b>Pot</b>
<b>Άνω Μετακλείθρο</b>	Metacleithrum Upper	<b>PocUp</b>
<b>Κάτω Μετακλείθρο</b>	Metacleithrum Lower	<b>PocLo</b>
<b>Άνω Επικροταφικό</b>	Supratemporal Upper	<b>SutUp</b>
<b>Κάτω Επικροταφικό</b>	Supratemporal Lower	<b>SutLo</b>
<b>Κορακοειδές</b>	Coracoid	<b>Co</b>
<b>Επικορακοειδές</b>	Hypercoracoid	<b>Sca</b>



<b>Εγγύς Πτερυγιοφόρα</b>	Proximal Pterygiofores	<b>Prx</b>
<b>Προπτερύγιο</b>	Propterygium	<b>Prop</b>
<b>Απω Πτερυγιοφόρα</b>	Distal Radials	<b>Rd</b>
<b>Λεπιδοτρίχια</b>	Lepidotrichia	<b>R</b>
<b>Βασιπτερύγιο</b>	Basipterygium	<b>Bp</b>
<b>Χόνδρος</b>	Metapterygium	<b>Mer</b>
<b>Σκληρή Ακτίνα</b>	Hard Spine	<b>S</b>
<b>Λεπιδοτρίχια</b>	Lepidotrichia	<b>R</b>

## Αποτελέσματα

### Πρότυπο ανάπτυξης του σκελετού

#### Εκτροφή 2019 – Group 1 - Control

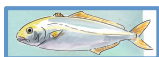
##### Σπονδυλική στήλη

Η σπονδυλική στήλη απαρτίζεται από τα κέντρα των σπονδύλων (U), από το ουρόστυλο (Ur), από τις νευρικές και τις αιματικές αποφύσεις (NS και HS), από τις κοιλιακές πλευρές (Pr), από τις νωτιαίες πλευρές (Drl) και τέλος από τις βασαποφύσεις (Pr). Από τα οστά αυτά, τα κέντρα των σπονδύλων, το ουρόστυλο και οι νωτιαίες πλευρές είναι μεμβρανικά, ενώ τα υπόλοιπα είναι οστά αντικατάστασης.

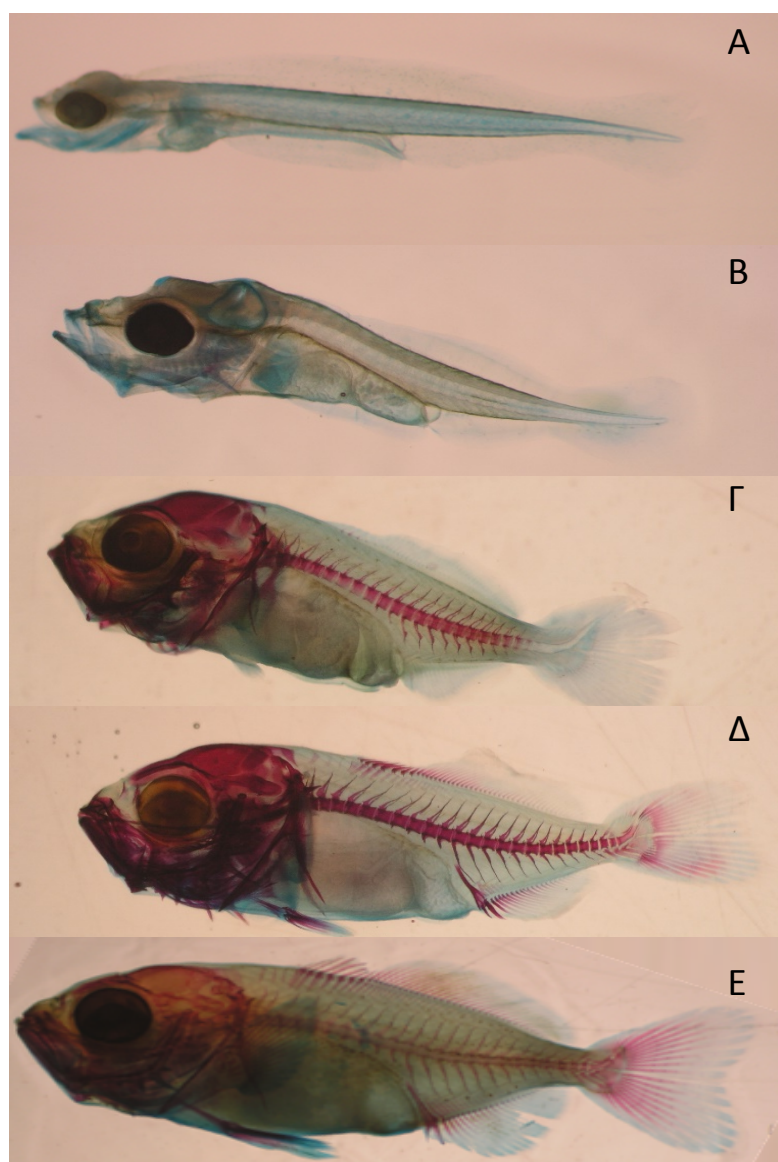
Στο μαγιάτικο υπάρχουν 23 κέντρα σπονδύλων και στο τέλος αυτών υπάρχει το ουρόστυλο. Η αρίθμηση των νευρικών και των αιματικών αποφύσεων, κάθε μία από τις οποίες αποτελείται από ένα τόξο και μία άκανθα, φτάνει τις 23 και 13 αντίστοιχα. Κάθε νευρική απόφυση προσφύεται στη νωτιαία πλευρά καθενός από τους 23 σπονδύλους και η άκρη του τόξου της “αγκαλιάζει” τον σπόνδυλο και από τις δύο πλευρές. Η 23η νευρική απόφυση δεν φέρει άκανθα και είναι στην πραγματικότητα ένα τροποποιημένο τόξο το οποίο συμβολίζεται ως “Na”. Οι αιματικές αποφύσεις προσφύονται στην κοιλιακή πλευρά των σπονδύλων U11-U23 ενώ οι κοιλιακές πλευρές απαρτίζονται από 8 ζεύγη που προσφύονται στα κέντρα των σπονδύλων U3-U10. Τα πρώτα 2 ζεύγη αρθρώνονται πλευρικά στους σπονδύλους ενώ τα υπόλοιπα 6 αρθρώνονται μαζί με τις βασαποφύσεις.

Στο στάδιο της λεκιθοφόρου νύμφης καθώς και στις αρχές του νυμφικού σταδίου δεν παρατηρείται κανενός είδους σκελετική ανάπτυξη στην ανατομική περιοχή της σπονδυλικής στήλης. Η οντογένεση στην περιοχή αυτή ξεκινάει με την εμφάνιση των νευρικών αποφύσεων, στη συνέχεια των αιματικών και τέλος των κέντρων των σπονδύλων. Η οντογένεση τόσο των νευρικών όσο και των αιματικών αποφύσεων εξελίσσεται οπίσθια NS1-NS7 (4,3 mm TL), NS8-NS13 (4,5 mm TL), NS14-NS22 (4,7 mm TL) και NS23 (5,2 mm TL). Όλες οι αιματικές αποφύσεις εμφανίστηκαν με τη μορφή χόνδρων στα 4,7 mm TL. Στη συνέχεια





εμφανίζονται και τα κέντρα των σπονδύλων, U1-U13 (5,9 mm TL), U14 (6,1 mm TL), U15 (6,4 mm TL), U16-U17 (6,4 mm TL), U18-U19 (7,3 mm TL), U20 (7,4 mm TL), U21 (8,3 mm TL), U22 (8,6 mm TL) και U23 (10,9 mm TL). Επιπρόσθετα, όλες οι αιματικές αποφύσεις και οι βασαποφύσεις εμφανίζονται στην κοιλιακή πλευρά της νωτοχορδής. Η πρώτη εναπόθεση ασβεστίου στις νευρικές αποφύσεις παρουσιάζεται στα NS1-NS4 (4,7 mm TL) και στις αιματικές στα HS1-HS5 (4,7 mm TL). Τόσο οι νευρικές όσο και οι αιματικές αποφύσεις οστεοποιούνται με οπίσθια κατεύθυνση. Τα πρώτα πλήρως οστεοποιημένα οστά είναι τα NS1-NS21 και HS1-HS10 στα 8,6 mm TL. Η οστεοποίηση των νευρικών αποφύσεων ολοκληρώνεται στα 12,7 mm TL και των αιματικών στα 12,8 mm TL. Το ουρόστυλο οστεοποιείται ταυτόχρονα με το U23 και το HS11 (10,9 mm TL). Τα ζεύγη των βασαποφύσεων παρατηρούνται για πρώτη φορά στα 4,7 mm TL και είναι σε κατάσταση οστεοποίησης. Η οστεοποίηση των βασαποφύσεων έχει πρόσθια κατεύθυνση, ξεκινάει από το Pp6 (4,7 mm TL) ενώ πλήρη οστεοποίηση έχουμε πρώτη φορά στα 8,6 mm TL. Τα οκτώ ζεύγη των κοιλιακών πλευρών αναπτύσσονται από εμπρός προς τα πίσω και ολοκληρώνονται στα 16,4 mm TL όπου εμφανίζεται η όγδοη. Τα δύο πρώτα ζεύγη αρθρώνονται σε πλευρικές αποφύσεις των σπονδύλων 3 και 4, ενώ τα επόμενα έξι ζεύγη αρθρώνονται μαζί με τις βασαποφύσεις των σπονδύλων 4 έως 10. Η οστεοποίηση των κοιλιακών πλευρών ξεκινάει στα 11,7 mm TL και επεκτείνεται από τα εμπρός προς τα πίσω. Μέχρι τα 20,8 mm TL, το οποίο ήταν το μεγαλύτερο μελετώμενο στάδιο, δεν είχε ολοκληρωθεί η οστεοποίηση των κοιλιακών πλευρών. Οι πρώτες νωτιαίες πλευρές εμφανίζονται στους δύο πρώτους σπονδύλους στα 8,9 mm TL και μέχρι το τέλος του μελετώμενου αναπτυξιακού σταδίου, 8 ζεύγη νωτιαίων πλευρών σχηματίζονται στους σπονδύλους 1 έως 8.



**Εικόνα 3** Φωτογραφίες ψαριών από όλο το εύρος της ανάπτυξης (A, 2,9 mm TL; B, 4,7 mm TL; Γ, 7,4 mm TL; Δ, 9,3 mm TL; E, 11,6 mm TL) όπου διακρίνονται οι χόνδροι με μπλε χρώμα και τα οστά με κόκκινο.

### Πτερύγια

#### Ουραίο

Το ουραίο πτερύγιο αρχίζει να σχηματίζεται μετά τα θωρακικά πτερύγια και την πρωτογενή περιφερειακή πτερυγιοπτυχή και είναι το πρώτο από τα πτερύγια που αρχίζει να σχηματίζεται. Αποτελείται από οστά αντικατάστασης και μεμβρανικά. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν τα υποουραία (Hy), τα επουραία (Ep), το παρυπουραίο (PrH), τα NS22, “Na”, HS12 και HS13, ενώ στη δεύτερη υπάρχουν το ουρόστυλο, τα



προουραία κέντρα 2 και 3 (PU2 and PU3, που είναι τα U23 και U22 αντίστοιχα), οι ουραίες ακτίνες (λεπιδοτρίχια και δερματοτρίχια, PCR και SCR) και τα ουρονευρικά (UrN). Αν και το ουρόστυλο με τα δύο προουραία κέντρα αποτελούν λειτουργικά ανατομικά στοιχεία του πτερυγίου, δε θα αναφερθούν εδώ, διότι η οντογένεσή τους αναφέρεται στο κεφάλαιο της σπονδυλικής στήλης.

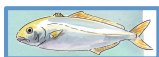
Η ανάπτυξη του ουραίου πτερυγίου ξεκινάει με τον σχηματισμό των υποουραίων οστών (Hy). Πρώτη φορά εμφανίζεται το Hy1 υπό τη μορφή ενός μικρού χόνδρου, κοιλιακά του οπίσθιου τμήματος της νωτοχορδής στα 2,9 mm TL. Ακολουθεί ο σχηματισμός του παρυπουραίου (PrH) (4,6 mm TL) το οποίο σχηματίζεται σχεδόν ταυτόχρονα με τα Hy2 και Hy3 (4,7 mm TL), του Hy4 (5,3 mm TL) και των Ep1-3 και Hy5 (5,8 mm TL). Το Hy5 σχηματίζεται ακριβώς κάτω από το οπίσθιο άκρο της νωτοχορδής. Αν και κατά το σχηματισμό τους οι χόνδροι είναι πλήρως διαχωρισμένοι, στη συνέχεια τα PrH, Hy1 και Hy2 συντήκονται στη βάση τους (6,8 mm TL). Στη συνέχεια ακολουθεί η σύντηξη του Hy3 στα 7,1 mm TL, του Hy4 στα 8,2 mm TL και του Hy5 στα 8,3 mm TL. Αυτή η εικόνα παραμένει ως έχει μέχρι τα 9,5 mm TL, όπου έχουμε ξανά διαχωρισμό των στηρικτικών οστών του πτερυγίου σε δύο ομάδες. Η πρώτη ομάδα περιλαμβάνει τα PrH, Hy1-2 και δεύτερη Hy3-5.

Η οστεοποίηση των οστών αντικατάστασης ξεκινάει με τα PrH, Hy1, Hy2 και Hy3 στα 7,4 mm TL. Στη συνέχεια ασβεστοποιούνται τα Hy4 στα 7,4 mm TL, Ep1 στα 10,9 mm TL και Ep2-3 στα 11,7 mm TL. Μέχρι και το τέλος του μελετούμενου αναπτυξιακού σταδίου (20,8 mm TL), όλα τα χονδρογενή οστά του ουραίου πτερυγίου (συμπεριλαμβανομένων των NS23, HS12 και HS13) διατηρούσαν στο οπίσθιο τμήμα τους μια χόνδρινη ζώνη (περιοχή άρθρωσης των ακτινών - distal tip). Τα λεπιδοτρίχια (PCR) αρχίζουν να σχηματίζονται ταυτόχρονα μέσω υμενογενούς οστεοποίησης γύρω από τη μέση ουραία γραμμή στα 5,8 mm TL. Η ανάπτυξη τους κατευθύνεται από το μέσο του πτερυγίου προς τις δύο άκρες και ολοκληρώνεται με την δημιουργία 9 άνω λεπιδοτρίχιων στα 7,4 mm TL και 9 κάτω λεπιδοτρίχιων στα 12,7 mm TL. Τα πρώτα δερματοτρίχια (SCR) που σχηματίζονται είναι στα 6,8 mm TL. Τα δερματοτρίχια ακολουθούν μια πρόσθια ανάπτυξη και ολοκληρώνονται στον τελικό αριθμό των 11-12 άνω και 10-11 κάτω SCR στα 12,7 mm TL. Η οστεοποίηση των ουρονευρικών οστών (UrN) ξεκινάει στα 7,4 mm TL με το UrN1 και συνεχίζεται με το UrN2 στα 7,6 mm TL. Η ολοκλήρωση της οντογένεσής τους λαμβάνει χώρα στα 12,46 mm TL.

## Ραχιαίο

Το ραχιαίο πτερύγιο αποτελείται από τα εγγύς πτερυγιοφόρα (Prx), τα άπω πτερυγιοφόρα (Rd), τα προραχιαία οστά (Prd), τις σκληρές ακτίνες (S) και τα λεπιδοτρίχια (R). Τα στοιχεία του ραχιαίου πτερυγίου είναι οστά αντικατάστασης. Εξαιρέση αποτελούν τα λεπιδοτρίχια και οι σκληρές ακτίνες που είναι υμενογενή οστά. Τα πρώτα εγγύς πτερυγιοφόρα παρατηρούνται στα 5,8 mm TL με τα Prx4-Prx25 και ακολουθώντας τόσο πρόσθια όσο και οπίσθια πορεία σχηματίζονται όλα μέχρι τα 11,7 mm TL. Ο συνολικός αριθμός τους κυμαίνεται μεταξύ 39 και 42. Η οστεοποίηση τους παρατηρήθηκε ταυτόχρονα στα 15 πρώτα Prx (7,6 mm TL) και ακολουθώντας το ίδιο πρότυπο με αυτό της εμφάνισης εξαπλώνεται σε όλα τα Prx μέχρι τα 12,4 mm TL. Κανένα Prx δεν ήταν πλήρως οστεοποιημένο στο τέλος του μελετώμενου αναπτυξιακού σταδίου (20,8 TL).

Τα άπω πτερυγιοφόρα παρατηρούνται για πρώτη φορά στα 5,8 mm TL (1-7 Rd's) και ο σχηματισμός τους ολοκληρώνεται στα 8,2 mm TL. Ο συνολικός αριθμός τους κυμαίνεται μεταξύ 40 και 43. Η οστεοποίησή τους ξεκινάει στα 7,6 mm TL με τα πρώτα έξι Rd και ακολουθεί ουραία κατεύθυνση. Οστεοποίηση όλων των Rd παρατηρείται στα 9,3 mm TL, ενώ κανένα Rd δεν έχει οστεοποιηθεί πλήρως μέχρι το τέλος της μελέτης. Η ανάπτυξη των προραχιαίων οστών κατευθύνεται οπίσθια. Τα Prd1 και Prd2 εμφανίζονται στα 7,4



mm TL, και ακολουθεί το Prd3 στα 8,6 mm TL. Η οστεοποίηση ξεκινάει για το Prd1 στα 8,6 mm TL και των Prd2 και Prd3 στα 8,6 mm TL. Πλήρης οστεοποίηση των προραχιαίων παρατηρείται στα 16,4 mm TL. Οι σκληρές ακτίνες ακολουθούν πρόσθια και οπίσθια κατεύθυνση ανάπτυξης, ενώ τα λεπιδοτρίχια ακολουθούν οπίσθια. Πρωτοεμφανίζονται ταυτόχρονα στα 5,8 mm TL με 3 σκληρές ακτίνες που αντιστοιχούν στα 2-4 Prx και 9 λεπιδοτρίχια που αντιστοιχούν στα 7-15 Prx. Οι σκληρές ακτίνες (S) αποκτούν τον τελικό αριθμό των 8 ή 9 στα 7,4 mm TL, ενώ τα λεπιδοτρίχια (R) ολοκληρώνονται στα 7,3 mm TL και ο συνολικός τους αριθμός ποικίλει από 31 έως 34. Στο ραχιαίο πτερύγιο για κάθε εγγύς πτερυγιοφόρο αντιστοιχεί ένα άπω πτερυγιοφόρο και μια ακτίνα. Εξαιρέση αποτελεί το Prx1 στο οποίο προσφύονται τελικά δύο ακτίνες και μόνο στην οπίσθια αναλογεί ένα Rd. Τέλος, στο τελευταίο Prx αρθρώνονται δύο λεπιδοτρίχια, τα οποία προσμετρώνται ως ένα. Στην ανατομία του ραχιαίου πτερυγίου συμμετέχουν δυο χόνδρινες δομές. Η πρώτη χόνδρινη δομή αναπτύσσεται πρόσθια του Prx1 και συντήκεται με αυτό έως τα 8,3 mm TL, αποτελώντας ένα στηρικτικό στοιχείο στην άρθρωση της δεύτερης σκληρής ακτίνας του πτερυγίου. Η δεύτερη χόνδρινη δομή (stay), αναπτύσσεται οπίσθια του τελευταίου Prx και στην πορεία ακολουθεί η σύντηξή τους (12,4 mm TL).

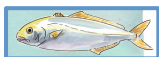
### Εδρικό

Το εδρικό πτερύγιο μορφολογικά είναι παρόμοιο με το ραχιαίο και απαρτίζεται από τα ίδια οστά με αυτό (με εξαίρεση μόνο τα προραχιαία οστά που εδώ δεν υπάρχουν). Και εδώ τα πρώτα οστά που εμφανίζονται είναι τα εγγύς πτερυγιοφόρα Prx1-Prx12 στα 4,3 mm TL. Η ανάπτυξη τους είναι τόσο πρόσθια όσο και οπίσθια και η πλήρης εμφάνισή τους (20-23 οστά) ολοκληρώνεται στα 8,2 mm TL. Η οστεοποίηση τους ξεκινά στα 7,4 mm TL και μέχρι τα 12,4 mm TL όλα τα πτερυγιοφόρα είναι σε κατάσταση οστεοποίησης. Μέχρι το τέλος του μελετώμενου αναπτυξιακού σταδίου (20,8 mm TL) κανένα Prx δεν είναι πλήρως οστεοποιημένο.

Τα άπω πτερυγιοφόρα εμφανίζονται-όπως στο ραχιαίο-μετά τα εγγύς και ακολουθούν το ίδιο αναπτυξιακό πρότυπο. Τα πρώτα σχηματίζονται στα 7,4 mm TL ενώ στα 9,3 mm TL έχουν εμφανιστεί όλα (21-23 οστά). Η οστεοποίησή τους ξεκινάει από το Rd1 (7,6 mm TL) και κινούμενη ουραία επεκτείνεται σε όλα στα 12,4 mm TL. Μέχρι το τέλος του μελετούμενου αναπτυξιακού σταδίου (20,8 mm TL), η διαδικασία της οστεοποίησης είχε ολοκληρωθεί πλήρως στα πρώτα δύο άπω πτερυγιοφόρα του εδρικού πτερυγίου.

Τα λεπιδοτρίχια και η τρίτη στη σειρά σκληρή ακτίνα αρχίζουν να σχηματίζονται μέσω υμενογενούς οστεοποίησης στα 5,8 mm TL. Η δεύτερη στη σειρά ακτίνα εμφανίζεται στα 6,1 mm TL, ενώ η πρώτη στη σειρά και τελευταία χρονικά σκληρή ακτίνα αναπτύσσεται στα 6,4 mm TL. Η ανάπτυξη των λεπιδοτριχιών έχει σταδιακή οπίσθια κατεύθυνση και μετά τα 7,6 mm TL έχουμε την εμφάνιση όλων των R (συνολικός αριθμός 19-21). Στο Prx1 προσφύονται τρεις σκληρές ακτίνες από τις οποίες μόνο η οπίσθια αρθρώνεται σε άπω πτερυγιοφόρο. Στο τελευταίο Prx αρθρώνονται δυο λεπιδοτρίχια, τα οποία όμως προσμετρώνται σαν ένα.

Όπως στο ραχιαίο πτερύγιο, έτσι και στο εδρικό έχουμε τον σχηματισμό μιας χόνδρινης απόφυσης πρόσθια του Prx1 και την σύντηξή της μαζί του έως τα 7,5 mm TL. Ένας μικρός χόνδρος σχηματίζεται κοιλιακά του Prx1, ο οποίος συντήκεται με αυτόν έως τα 7,9 mm TL. Τέλος, το οστό αντικατάστασης (stay) αναπτύσσεται αρχικά σαν χόνδρινος σχηματισμός οπίσθια του τελευταίου Prx και ακολουθεί η σύντηξή τους έως τα 12,4 mm TL.



### Θωρακικά

Το ζεύγος των θωρακικών πτερυγίων απαντάται στην ευρύτερη θωρακική ζώνη και αποτελείται από οστά μεμβρανικά και αντικατάστασης. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν το κλείθρο (Cl), το επικλείθρο (Suc), το μετακροταφικό (Pot), το άνω μετακλείθρο (PocUp), το κάτω μετακλείθρο (PocLo), το άνω επικροταφικό (SutUp), το κάτω επικροταφικό (SutLo), και τα λεπιδοτρίχια (R). Στη δεύτερη κατηγορία έχουμε το κορακοειδές (Co), το επικορακοειδές (Sca), τα εγγύς πτερυγιοφόρα (Prx), το προπτερύγιο (Ppor) και τα άπω πτερυγιοφόρα (Rd). Η ανάπτυξη των θωρακικών πτερυγίων ξεκινάει στα 3,5 mm TL με τον ταυτόχρονο σχηματισμό μιας ενιαίας χόνδρινης πλάκας (Fin Plate, Fr) και του Co-Sca. Το τελευταίο αποτελεί μια ενιαία χόνδρινη δομή που τοποθετείται πρόσθια και κοιλιακά του Fr, και που στη συνέχεια θα διαφοροποιηθεί για να δώσει το κορακοειδές και το επικορακοειδές οστό. Το Fr με τη σειρά του θα δώσει στη συνέχεια τα εγγύς πτερυγιοφόρα. Στη συνέχεια εμφανίζεται το κλείθρο (Cl) στα 3,6 mm TL. Το Fr χωρίζεται σε δυο τμήματα με την εμφάνιση μιας σχισμής στο πρόσθιο μεσαίο τμήμα του στα 4,1 mm TL. Ακολουθεί η έναρξη της δεύτερης σχισμής νωτιαία στα 4,5 mm TL και της τρίτης κοιλιακά έως τα 4,7 mm TL. Το χόνδρινο επικορακοειδές αρχίζει σταδιακά να κάμπτεται προσθιοκοιλιακά (6,6 mm TL), με αποτέλεσμα την δημιουργία του επικορακοειδούς τρήματος (ScF) στα 8,6 mm TL. Η οστεοποίηση του Co και του Sca ξεκινάει στα 7,3 mm TL, πράγμα που αντιστοιχεί και στον μεταξύ τους διαχωρισμό. Η πλήρης οστεοποίηση του Co και του Sca παρατηρείται στα 12,7 mm TL. Τα τέσσερα Prx διαφοροποιούνται πάνω στην αρχικά ενιαία χόνδρινη πλάκα σαν αποτέλεσμα των δημιουργούμενων σχισμών. Τα Prx έχουν κατεύθυνση από το νωτιαίο προς το κοιλιακό και το σύνολο αυτών (1-4 Prx) είναι εμφανές μετά τα 5,3 mm TL. Η οστεοποίηση των εγγύς πτερυγιοφόρων ξεκινάει στα 7,4 mm TL (1-4 Prx), και ολοκληρώνεται στα 10,9 mm TL για τα Prx1-2, στα 15,3 mm TL για το Prx3 και στα 20,8 mm TL για το Prx4. Τα θωρακικά λεπιδοτρίχια εμφανίζονται για πρώτη φορά στα 5,6 mm TL και σταδιακά με φορά από πάνω προς τα κάτω φτάνουν στον τελικό τους αριθμό (20-21) στα 12,5 mm TL. Το προπτερύγιο (Ppor) σχηματίζεται για πρώτη φορά στα 5,8 mm TL, ακολουθούν τα πρώτα 11 άπω πτερυγιοφόρα στα 8,6 mm TL, ενώ η φορά εμφάνισης τους ακολουθεί αυτή των λεπιδοτριχίων. Η οστεοποίηση του Ppor ξεκινάει στα 9,3 mm TL, ενώ ολοκληρώνεται στα 11,7 mm TL. Μέχρι το τέλος του μελετώμενου σταδίου δε φαίνεται να έχει αρχίσει η διαδικασία οστεοποίησης των άπω πτερυγιοφόρων (20,8 mm TL). Τα Suc και Pot σχηματίστηκαν στα 4,3 mm TL, το PocUp και PocLo στα 4,7 mm TL, SutLo στα 8,6 mm TL και το SutUp στα 12,4 mm TL. Η ένωση των δυο μετακλείθρων αρχίζει στα 6,1 mm TL.

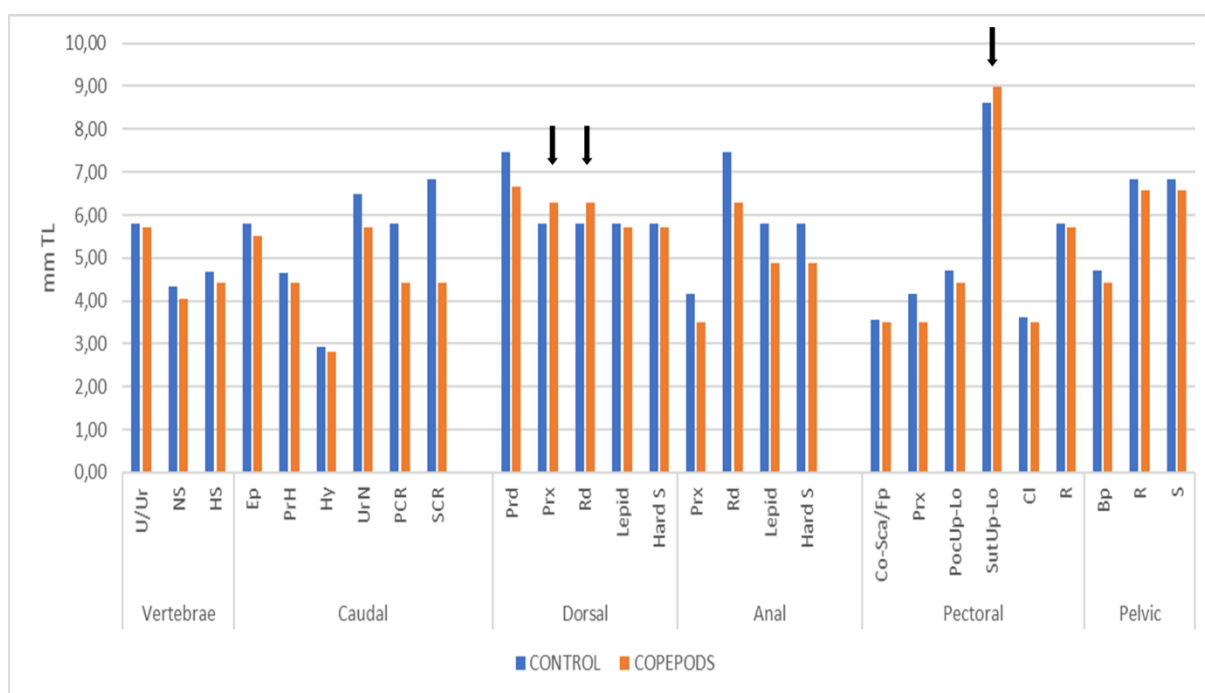
### Κοιλιακά

Τα κοιλιακά πτερύγια, όπως και τα θωρακικά, είναι ζυγά πτερύγια. Το κάθε ένα από αυτά αποτελείται από το βασιπτερύγιο (Br), μια σκληρή ακτίνα και πέντε λεπιδοτρίχια. Το βασιπτερύγιο αποτελεί οστό αντικατάστασης, ενώ οι ακτίνες είναι υμενογενούς προέλευσης. Η οντογένεση των κοιλιακών πτερυγίων ξεκινάει στα 4,7 mm TL με την ανάπτυξη του μοναδικού στηρικτικού στοιχείου των ακτίνων, του βασιπτερυγίου. Η οστεοποίησή του αρχίζει στα 6,8 mm TL και ολοκληρώνεται στα 10,9 mm TL. Η σκληρή ακτίνα πρωτοεμφανίζεται στα 6,8 mm TL, ενώ τα δυο πρώτα λεπιδοτρίχια στα 7,3 mm TL. Στην συνέχεια έχουμε την εμφάνιση του τρίτου λεπιδοτριχίου στα 7,6 mm TL, του τέταρτου στα 8,2 mm TL και τέλος του πέμπτου στα 9,3 mm TL. Έτσι, η πορεία ανάπτυξης των ακτίνων είναι από έξω προς τα μέσα. Στα 9,5 mm TL εμφανίζονται δυο οστέινες δομές, η μια είναι τοποθετημένη δίπλα από το Br ενώ η άλλη στο ύψος της R5, αναπτύσσονται πρόσθια και οπίσθια με αποτέλεσμα την μεταξύ τους σύντηξη αλλά και με το Br στο αναπτυξιακό στάδιο μεταξύ 9,3 και 10,9 mm TL.



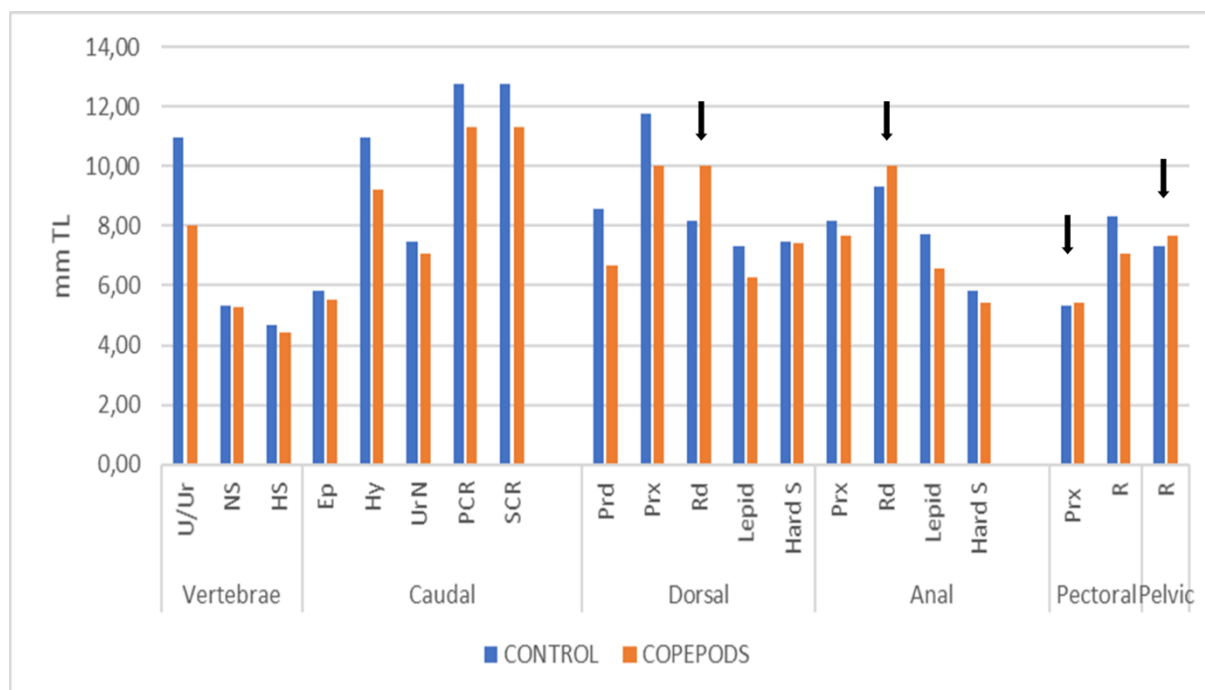
### Εκτροφή 2019 – Group 2 – Coreperods

Το πρότυπο ανάπτυξης σκελετού παρέμεινε το ίδιο και σε αυτή τη συνθήκη εκτροφής και η εμφάνιση των διάφορων δομών, τόσο στη σπονδυλική στήλη όσο και στα πτερύγια γίνεται με την ίδια σειρά όπως και στο Group 1-Control όπου οι ιχθυονύμφες τράφηκαν αποκλειστικά με τροχόζωα και Artemia. Οι διαφορές που καταγράφηκαν όσον αφορά την οντογένεση του σκελετού του μαγιάτικου μεταξύ των δύο διαφορετικών συνθηκών εκτροφής, είναι ότι η πλειονότητα των οστών εμφανίζεται νωρίτερα στις ιχθυονύμφες της δεύτερης ομάδας (Group 2 - Coreperoda) που τράφηκαν και με κωπήποδα. Εξαιρέση αποτελούν τα εγγύς πτερυγιοφόρα (Prx) και τα άνω πτερυγιοφόρα (Rd) του ραχιαίου πτερυγίου και τα άνω και κάτω επικροταφικά (SutUp-Lo) των θωρακικών πτερυγίων που εμφανίστηκαν νωρίτερα στις ιχθυονύμφες της δεύτερης ομάδας (Group 2 - Coreperoda) (Εικόνα 4).



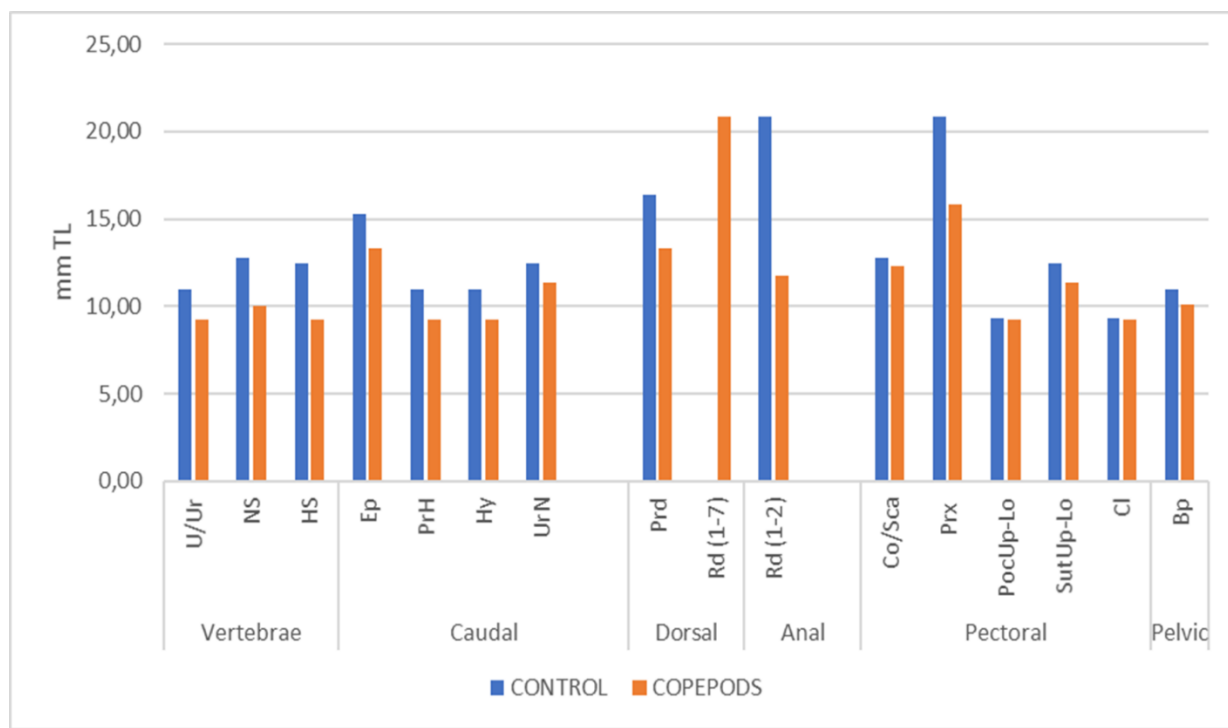
**Εικόνα 4:** Η έναρξη της οστεολογικής ανάπτυξης της σπονδυλικής στήλης και των πτερυγίων στο μαγιάτικο σε δύο διαφορετικές συνθήκες εκτροφής (Control – Coreperods). Τα βέλη επισημαίνουν τα οστά που εμφανίστηκαν πρώτα στο Control group

Η ολοκλήρωση της οστεολογικής ανάπτυξης πραγματοποιήθηκε νωρίτερα σε ιχθυονύμφες που τράφηκαν με κωπήποδα, εκτός από τα άνω πτερυγιοφόρα (Rd) στο ραχιαίο και στο εδρικό πτερύγιο, τα εγγύς πτερυγιοφόρα (Prx) στα θωρακικά πτερύγια και το λεπιδοτρίχια (R) στα κοιλιακά πτερύγια (Εικόνα 5).



**Εικόνα 5:** Η ολοκλήρωση της οστεολογικής ανάπτυξης της σπονδυλικής στήλης και των πτερυγίων στο μαγιάτικο σε δύο διαφορετικές συνθήκες εκτροφής (Control – Copepods). Τα βέλη επισημαίνουν τα οστά που ολοκληρώθηκαν πρώτα στο Control group

Όσον αφορά την οστεοποίηση, όλοι οι χόνδροι οστεοποιήθηκαν πλήρως νωρίτερα στις ιχθυονύμφες της δεύτερης ομάδας (Group 2 – Copepods) (**Εικόνα 6**). Στην πρώτη ομάδα (Control) στα Prx και στα Rd του ραχιαίου πτερυγίου η οστεοποίηση δεν ολοκληρώθηκε μέχρι το τέλος του μελετώμενου αναπτυξιακού σταδίου (20,8 mm TL). Αντίθετα στη δεύτερη ομάδα (Copepods), οστεοποιήθηκαν πλήρως τα πρώτα 7 άπω πτερυγιοφόρα. Στο εδρικό πτερύγιο, στα εγγύς πτερυγιοφόρα δεν ολοκληρώθηκε η οστεοποίηση σε καμία από τις δύο ομάδες, ενώ οστεοποιήθηκαν πλήρως τα πρώτα δύο άπω πτερυγιοφόρα. Στη δεύτερη ομάδα (Copepods) η οστεοποίηση αυτή έγινε νωρίτερα από ότι στην πρώτη ομάδα (Control) (**Εικόνα 6**).



**Εικόνα 6:** Η ολοκλήρωση της οστεοποίησης της σπονδυλικής στήλης και των πτερυγίων στο μαγιάτικο σε δύο διαφορετικές συνθήκες εκτροφής (Control – Copepods).

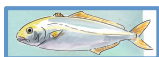
## Εκτροφή 2020 – Group 1 – Control

Η οστεολογική ανάπτυξη της ομάδας του Control στην εκτροφή του 2020 ακολούθησε το ίδιο μοτίβο όπως και η ομάδα του Control της προηγούμενης χρονιάς (εκτροφή 2019) με μικρές διαφορές τόσο στην έναρξη όσο και στη ολοκλήρωση της οστεολογικής ανάπτυξης. Οι διαφορές αυτές είναι μικρές και αναμενόμενες δεδομένου ότι πρόκειται για δύο διαφορετικές γέννες.

### Σπονδυλική στήλη

Η οντογένεση στην σπονδυλική στήλη ξεκινάει με την εμφάνιση των νευρικών αποφύσεων, στη συνέχεια των αιματικών και τέλος των κέντρων των σπονδύλων. Η οντογένεση των νευρικών αποφύσεων εξελίσσεται οπίσθια NS1-NS4 (3,7 mm TL), και ολοκληρώνεται στα 5,3 mm TL. Ο σχηματισμός των αιματικών αποφύσεων ξεκινάει στα 4,6 mm TL με την εμφάνιση των τεσσάρων πρώτων δομών και ολοκληρώνεται στα 5,3 mm TL. Ο σχηματισμός των κέντρων των σπονδύλων ξεκινάει στα 5,3 mm TL και ολοκληρώνεται στα 6,7 mm TL όπου εμφανίζεται για πρώτη φορά και το ουρόστυλο. Τόσο η νευρικές όσο και η αιματικές αποφύσεις οστεοποιούνται με οπίσθια κατεύθυνση. Η οστεοποίηση των νευρικών αποφύσεων ξεκινάει στα 4,6 mm TL και ολοκληρώνεται στα 9,5 mm TL ενώ των αιματικών ξεκινάει στα 5,3 mm TL και ολοκληρώνεται στα 8,4 mm TL. Τα ζεύγη των βασαποφύσεων παρατηρούνται για πρώτη φορά στα 5,3 mm TL και είναι σε κατάσταση οστεοποίησης και ολοκληρώνεται στα 11,1 mm TL. Οι κοιλιακές πλευρές





εμφανίζονται πρώτη φορά στα 7,1 mm TL και το όγδοο και τελευταίο ζεύγος παρατηρείται στα 11,1 mm TL ενώ η οστεοποίηση τους ξεκινάει στα 8 mm TL και μέχρι το τέλος του μελετώμενου αναπτυξιακού σταδίου (16,1 mm TL) δεν έχει ολοκληρωθεί. Οι πρώτες νωτιαίες πλευρές εμφανίζονται στους δύο πρώτους σπονδύλους στα 10,1 mm TL και μέχρι το τέλος του μελετώμενου αναπτυξιακού σταδίου, 8 ζεύγη νωτιαίων πλευρών σχηματίζονται στους σπονδύλους 1 έως 8.

## Πτερύγια

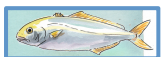
### Ουραίο

Η ανάπτυξη του ουραίου πτερυγίου ξεκινάει με τον σχηματισμό των υποουραίων οστών (Hy). Πρώτη φορά εμφανίζεται το Hy1 υπό τη μορφή ενός μικρού χόνδρου, κοιλιακά του οπίσθιου τμήματος της νωτοχορδής στα 3,4 mm TL. Ακολουθεί ο σχηματισμός του PrH και Hy2-3 (5,3 mm TL) και των Ep1-3 και Hy4 (5,3 mm TL). Το Hy5 σχηματίζεται στα 7,1 mm TL. Η οστεοποίηση των οστών αντικατάστασης ξεκινάει με τα Hy1, Hy2 (6,2 mm TL), Hy3 (6,5 mm TL), PrH (6,6 mm TL), Hy4 (7,3 mm TL) και ολοκληρώνεται στα 14,3 mm TL όπου έχουν οστεοποιηθεί όλες οι δομές του ουραίου πτερυγίου. Τα λεπιδοτρίχια (PCR) αρχίζουν να σχηματίζονται ταυτόχρονα μέσω υμενογενούς οστεοποίησης γύρω από τη μέση ουραία γραμμή στα 5,3 mm TL. Η ανάπτυξη τους κατευθύνεται από το μέσο του πτερυγίου προς τις δύο άκρες και ολοκληρώνεται με την δημιουργία 9 άνω λεπιδοτρίχιων στα 6,2 mm TL και 9 κάτω λεπιδοτρίχιων στα 10,1 mm TL. Τα πρώτα δερματοτρίχια (SCR) που σχηματίζονται είναι τα κάτω στα 5,7 mm TL. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα άνω δερματοτρίχια στα 7,7 mm TL. Τα δερματοτρίχια ακολουθούν μια πρόσθια ανάπτυξη και ολοκληρώνονται στον τελικό αριθμό των 11-12 άνω και 10-11 κάτω SCR στα 10,1 mm TL. Η οστεοποίηση των ουρονευρικών οστών (UrN) ξεκινάει στα 7,7 mm TL με το UrN1 και συνεχίζεται με το UrN2 στα 8,4 mm TL.

### Ραχιαίο

Τα πρώτα εγγύς πτερυγιοφόρα παρατηρούνται στα 6,2 mm TL με τα Prx4-Prx28 και ακολουθώντας τόσο πρόσθια όσο και οπίσθια πορεία σχηματίζονται όλα μέχρι τα 8,69 mm TL. Ο συνολικός αριθμός τους κυμαίνεται μεταξύ 38 και 40. Η οστεοποίηση τους παρατηρήθηκε ταυτόχρονα στα 8 πρώτα Prx (8,2 mm TL) και ακολουθώντας το ίδιο πρότυπο με αυτό της εμφάνισης εξαπλώνεται σε όλα τα Prx μέχρι τα 14,4 mm TL. Κανένα Prx δεν ήταν πλήρως οστεοποιημένο στο τέλος του μελετώμενου αναπτυξιακού σταδίου (16,1 mm TL).

Τα άνω πτερυγιοφόρα παρατηρούνται για πρώτη φορά στα 7,1 mm TL (1-18 Rd's) και ο σχηματισμός του ολοκληρώνεται στα 8,4 mm TL. Ο συνολικός αριθμός τους κυμαίνεται μεταξύ 38 και 40. Η οστεοποίησή τους ξεκινάει στα 8,4 mm TL και ακολουθεί ουραία κατεύθυνση. Οστεοποίηση όλων των Rd παρατηρείται στα 14,4 mm TL, ενώ κανένα Rd δεν έχει οστεοποιηθεί πλήρως μέχρι το τέλος της μελέτης. Η ανάπτυξη των προραχιαίων οστών κατευθύνεται οπίσθια. Το Prd1 παρατηρείται για πρώτη φορά στα 6,3 mm TL και Prd2-3 στα 7,7 mm TL. Η οστεοποίηση ξεκινάει για το Prd1 στα 8 mm TL και των Prd2 και Prd3 στα 8,4 mm TL. Πλήρη οστεοποίηση των προραχιαίων παρατηρείται στα 12,1 mm TL. Οι σκληρές ακτίνες ακολουθούν πρόσθια και οπίσθια κατεύθυνση ανάπτυξης, ενώ τα λεπιδοτρίχια ακολουθούν οπίσθια. Πρωτοεμφανίζονται ταυτόχρονα στα 5,3 mm TL με 3 σκληρές ακτίνες που αντιστοιχούν στα 2-4 Prx και 9 λεπιδοτρίχια που αντιστοιχούν στα 7-15 Prx. Οι σκληρές ακτίνες αποκτούν τον τελικό αριθμό των 8 ή 9 S στα 7,3 mm TL, ενώ τα λεπιδοτρίχια ολοκληρώνονται στα 7,7 mm TL και ο συνολικός τους αριθμός ποικίλει από 31 έως 34



R. Η πρώτη χόνδρινη δομή αναπτύσσεται πρόσθια του Prx1 και συντήκεται με αυτό έως τα 8,2 mm TL, αποτελώντας ένα στηρικτικό στοιχείο στην άρθρωση της δεύτερης σκληρής ακτίνας του πτερυγίου. Η δεύτερη χόνδρινη δομή (stay), αναπτύσσεται οπίσθια του τελευταίου Prx και στην πορεία ακολουθεί η σύντηξή τους (8 mm TL).

### Εδρικό

Τα πρώτα οστά που εμφανίζονται είναι τα εγγύς πτερυγιοφόρα Prx1-Prx4 στα 6,2 mm TL. Η ανάπτυξη τους είναι τόσο πρόσθια όσο και οπίσθια και η πλήρης εμφάνισή τους (20-22 οστά) ολοκληρώνεται στα 8,2 mm TL. Η οστεοποίηση τους ξεκινά στα 8 mm TL και μέχρι τα 12,4 mm TL όλα τα πτερυγιοφόρα είναι σε κατάσταση οστεοποίησης. Μέχρι το τέλος του μελετώμενου αναπτυξιακού σταδίου (16,1 mm TL) κανένα Prx δεν είναι πλήρως οστεοποιημένο.

Τα άνω πτερυγιοφόρα εμφανίζονται για πρώτη φορά στα 7,7 mm TL ενώ στα 11,1 mm TL έχουν εμφανιστεί όλα (21-22 οστά). Η οστεοποίησή τους ξεκινάει από το Rd1 (8,7 mm TL) και κινούμενη ουραία επεκτείνεται σε όλα στα 13,3 mm TL. Μέχρι το τέλος του μελετώμενου αναπτυξιακού σταδίου (16,1 mm TL), δεν έχει ολοκληρωθεί πλήρως η διαδικασία της οστεοποίησης τους.

Τα λεπιδοτρίχια και η τρίτη στη σειρά σκληρή ακτίνα αρχίζουν να εμφανίζονται μέσω υμενογενούς οστεοποίησης στα 7,3 mm TL και ο σχηματισμός τους ολοκληρώνεται στα 8,4 mm TL.

Όπως στο ραχιαίο πτερύγιο έτσι και στο εδρικό, έχουμε τον σχηματισμό μιας χόνδρινης απόφυσης πρόσθια του Prx1 και την σύντηξή της μαζί του έως τα 7,7 mm TL. Ένας μικρός χόνδρος σχηματίζεται κοιλιακά του Prx1, ο οποίος συντήκεται με αυτόν έως τα 8 mm TL. Τέλος, το οστό αντικατάστασης (stay) αναπτύσσεται αρχικά σαν χόνδρινος σχηματισμός οπίσθια του τελευταίου Prx και ακολουθεί η σύντηξή τους έως τα 8,2 mm TL.

### Θωρακικά

Η ανάπτυξη των θωρακικών πτερυγίων ξεκινάει στα 3,1 mm TL με τον ταυτόχρονο σχηματισμό του κλείθρου (Cl), μιας ενιαίας χόνδρινης πλάκας (Fin Plate, Fp), και του Co-Sca. Τα πρώτα τρία Prx εμφανίζονται στα 4,6 mm TL και το Prx4 στα 5,3 mm TL. Το χόνδρινο επικορακοειδές αρχίζει σταδιακά να κάμπτεται προσθοκοιλιακά (6,6 mm TL), με αποτέλεσμα την δημιουργία του επικορακοειδούς τμήματος (ScF) στα 8,2 mm TL. Η οστεοποίηση του Co και του Sca ξεκινάει στα 5,3 mm TL, πράγμα που αντιστοιχεί και στον μεταξύ τους διαχωρισμό. Η πλήρη οστεοποίηση του Co και του Sca παρατηρείται στα 11,2 mm TL. Η οστεοποίηση των εγγύς πτερυγιοφόρων ξεκινάει στα 7,3 mm TL για το Prx1, ενώ μέχρι το τέλος του παρατηρούμενου αναπτυξιακού σταδίου έχουν οστεοποιηθεί πλήρως τα 3 από τα 4 Prx. Τα θωρακικά λεπιδοτρίχια εμφανίζονται για πρώτη φορά στα 5,3 mm TL και σταδιακά με φορά από πάνω προς τα κάτω φτάνουν στον τελικό τους αριθμό (20-21) στα 8,7 mm TL. Το προπτερύγιο (Prop) σχηματίζεται για πρώτη φορά στα 4,6 mm TL, ακολουθούν τα πρώτα 11 άνω πτερυγιοφόρα στα 8,2 mm TL, ενώ η φορά εμφάνισης τους ακολουθεί αυτή των λεπιδοτριχίων. Η οστεοποίηση του Prop ξεκινάει στα 9,5 mm TL, ενώ ολοκληρώνεται στα 11,1 mm TL. Μέχρι το τέλος του μελετώμενου σταδίου δε φαίνεται να έχει αρχίσει η διαδικασία οστεοποίησης των άνω πτερυγιοφόρων. Τα Suc και Pot σχηματίστηκαν στα 3,1 mm TL, το PocUp στα 5,3 mm TL και το PocLo στα 4,9 mm TL και τα SutUp-Lo στα 8,4 mm TL. Η ένωση των δυο μετακλείθρων αρχίζει στα 5,7 mm TL.

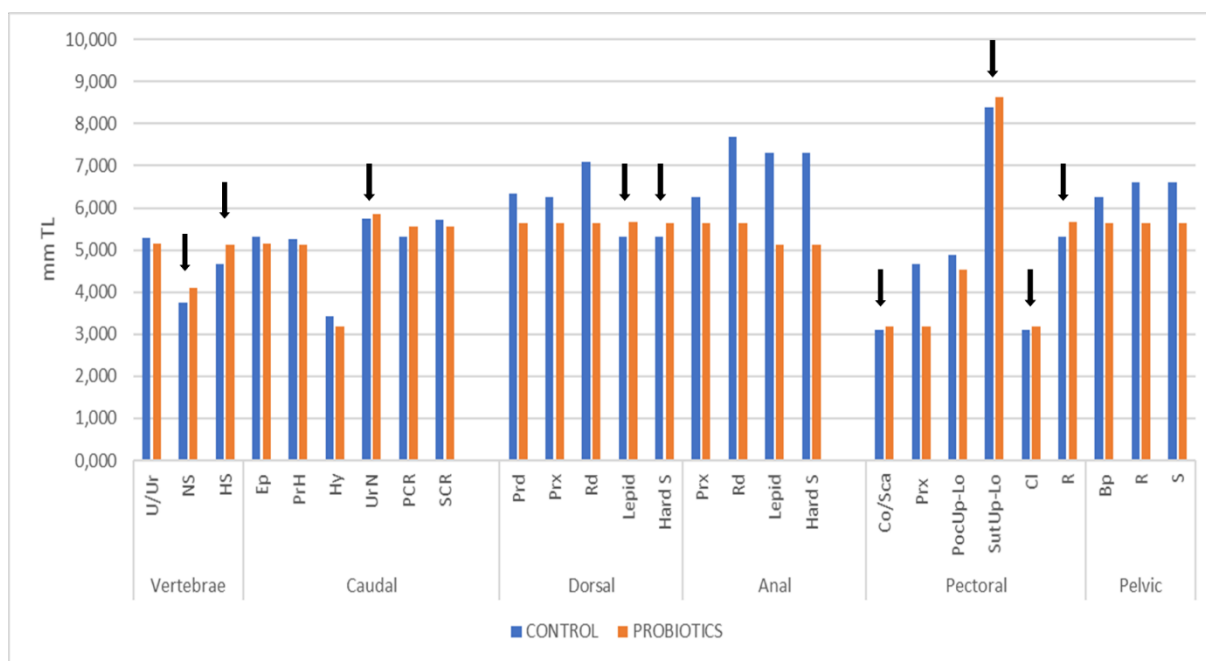


## Κοιλιακά

Η οντογένεση των κοιλιακών πτερυγίων ξεκινάει στα 6,2 mm TL με την ανάπτυξη του μοναδικού στηρικτικού στοιχείου των ακτίνων, το βασιπτερύγιο. Η οστεοποίησή του αρχίζει στα 6,6 mm TL και ολοκληρώνεται στα 9,5 mm TL. Η σκληρή ακτίνα και τα τρία πρώτα λεπιδοτρίχια εμφανίζονται στα 6,6 mm TL. Ο σχηματισμός των λεπιδοτριγίων ολοκληρώνεται στα 8,2 mm TL. Στα 9,5 mm TL εμφανίζονται δυο οστέινες δομές, η μια είναι τοποθετημένη δίπλα από το Βρ ενώ η άλλη στο ύψος της R5, αναπτύσσονται πρόσθια και οπίσθια με αποτέλεσμα την μεταξύ τους σύντηξη αλλά και με το Βρ στο αναπτυξιακό στάδιο μεταξύ 8,9 και 10,8 mm TL.

## Εκτροφή 2020– Group 2 – Probiotics

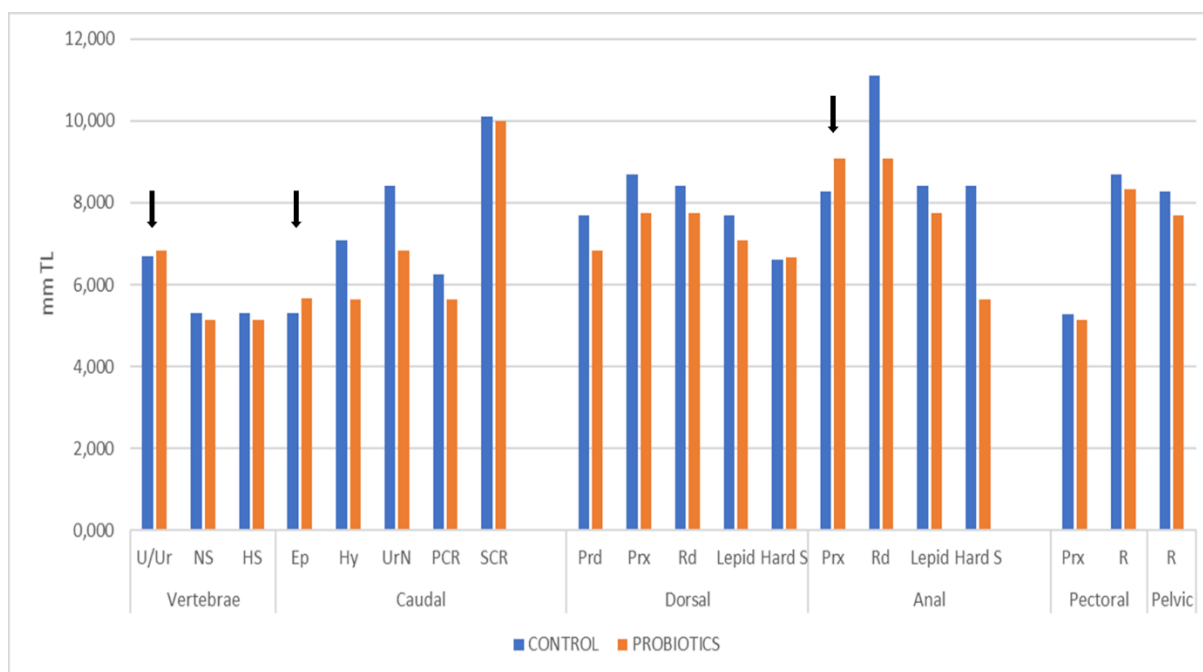
Το πρότυπο ανάπτυξης σκελετού διαφοροποιείται σε αυτή τη συνθήκη εκτροφής και η σειρά εμφάνισης των οστών είναι διαφορετική στα ψάρια που είχαν στις δεξαμενές τους προβιοτικά. Η πλειονότητα των οστών εμφανίζεται νωρίτερα στις ιχθυονύμφες της δεύτερης ομάδας (Group 2 - Probiotics). Εξαιρέση αποτελούν οι νευρικές (NS) και αιματικές (HS) αποφύσεις, τα ουρονευρικά (UrN), τα λεπιδοτρίχια (R) και οι σκληρές ακτίνες (S) του ραχιαίου πτερυγίου, το κορακοειδές και επικορακοειδές (Co/Sca), τα άνω και κάτω επικροταφικά (SutUp-Lo), το κλείθρο (Cl) και τα λεπιδοτρίχια (R) των θωρακικών πτερυγίων που εμφανίστηκαν νωρίτερα στις ιχθυονύμφες της πρώτης ομάδας (Group 1 - Control) (Εικόνα 7). Επίσης είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι σε κανένα από τα δείγματα των ψαριών με τα προβιοτικά δεν εμφανίστηκαν νωτιαίες πλευρές (Drl).



**Εικόνα 7:** Η έναρξη της οστεολογικής ανάπτυξης της σπονδυλικής στήλης και των πτερυγίων στο μαγιάτικο σε δύο διαφορετικές συνθήκες εκτροφής (Control – Probiotics). Τα βέλη επισημαίνουν τα οστά που εμφανίστηκαν πρώτα στο Control group

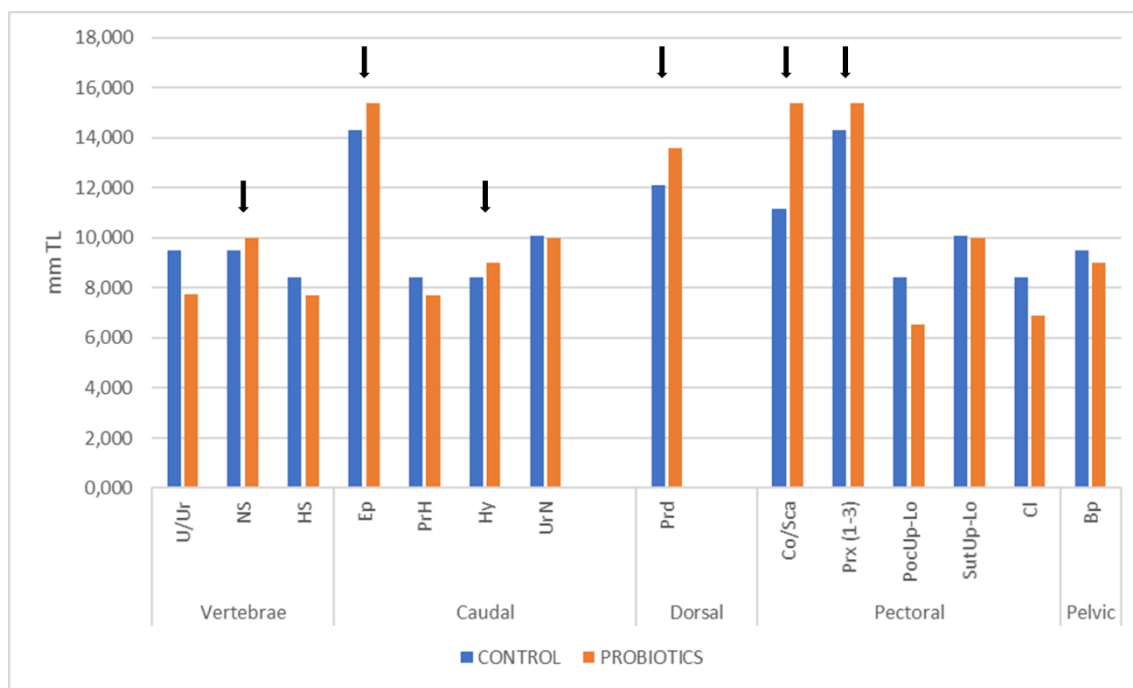


Η ολοκλήρωση της οστεολογικής ανάπτυξης πραγματοποιήθηκε νωρίτερα σε ιχθυονύμφες με τα προβιοτικά, εκτός από τα κέντρα των σπονδύλων και το ουρόστυλο (U/Ur), τα επουραία (Ep) στο ουραίο πτερύγιο και τα εγγύς πτερυγιοφόρα (Prx) στο εδρικό πτερύγιο (**Εικόνα 8**).



**Εικόνα 8:** Η ολοκλήρωση της οστεολογικής ανάπτυξης της σπονδυλικής στήλης και των πτερυγίων στο μαγιάτικο σε δύο διαφορετικές συνθήκες εκτροφής (Control – Probiotics). Τα βέλη επισημαίνουν τα οστά που ολοκληρώθηκαν πρώτα στο Control group

Όσον αφορά την οστεοποίηση, οι περισσότεροι χόνδροι οστεοποιήθηκαν πλήρως νωρίτερα στις ιχθυονύμφες της δεύτερης ομάδας (Group 2 – Probiotics). Εξάιρεση αποτέλεσαν οι νευρικές αποφύσεις (NS), τα επουραία (Ep) και υποουραία (Hy) στο ουραίο πτερύγιο, τα προραχιαία οστά (Prd) του ραχιαίου πτερυγίου, το κορακοειδές/επικορακοειδές (Co/Sca) και τα εγγύς πτερυγιοφόρα (Prx) των θωρακικών πτερυγίων. Σε καμία από τις δύο ομάδες μέχρι το τέλος του μελετώμενου αναπτυξιακού σταδίου (16,1 mm TL) δεν ολοκληρώθηκε η οστεοποίηση των εγγύς (Prx) και άπω (Rd) περιγιοφόρων τόσο στο ραχιαίο όσο και στο εδρικό πτερύγιο καθώς και δεν υπήρξε πλήρης οστεοποίηση των εγγύς πτερυγιοφόρων (Prx) των θωρακικών πτερυγίων (**Εικόνα 9**).



**Εικόνα 9:** Η ολοκλήρωση της οστεοποίησης της σπονδυλικής στήλης και των πτερυγίων στο μαγιάτικο σε δύο διαφορετικές συνθήκες εκτροφής (Control – Probiotics). Τα βέλη επισημαίνουν τα οστά που οστεοποιήθηκαν πρώτα στο Control group

## Συζήτηση

Στον **Πίνακα 2** φαίνεται αναλυτικά το μέγεθος (mm TL) κατά το οποίο ξεκίνησε και ολοκληρώθηκε η εμφάνιση των οστών σε όλες τις συνθήκες εκτροφής και τις δύο χρονιές. Επιπλέον στις δύο τελευταίες στήλες φαίνονται τα αποτελέσματα από τη μελέτη που πραγματοποιήθηκε από τους Laggis et al. (2010) σχετικά με την οντογένεση της σπονδυλικής στήλης και των πτερυγίων του μαγιάτικου με την ημι-εντατική μέθοδο του μεσοκόσμου όπως αυτή περιεγράφηκε από τους Papandroulakis et al. (2005). Όπως φαίνεται και από τον πίνακα, τόσο η αρχή όσο και η ολοκλήρωση της οστεολογικής ανάπτυξης διαφέρει μεταξύ των τριών εκτροφών ενώ δεν ακολουθείται ένα σταθερό μοτίβο με βάση το οποίο θα λέγαμε ότι η οστεολογική ανάπτυξη (αρχή και λήξη) γίνεται ταχύτερα ή καθυστερεί στα δείγματα του μεσοκόσμου σε σύγκριση με αυτά των εντατικών εκτροφών.



**Πίνακας 2:** Αρχή και ολοκλήρωση (σε mm ολικό μήκος, TL) των διάφορων σκελετικών δομών στις διαφορετικές ανατομικές περιοχές ατόμων που προέρχονται από τις δυο συνθήκες εκτροφής για κάθε έτος (2019-2020) καθώς και από μία μελέτη του 2010 (Laggis et al. 2010)

Εκτροφή		Control 19		Copepods 19		Control 20		Probiotics 20		A. Laggis et al. 2010	
		Αρχή	Τέλος	Αρχή	Τέλος	Αρχή	Τέλος	Αρχή	Τέλος	Αρχή	Τέλος
Vertebrae	U/Ur	5,8	11,0	5,7	8,0	5,3	6,7	5,1	6,8	4,8	8,8
	NS	4,3	5,4	4,0	5,3	3,7	5,3	4,1	5,1	4,6	6,3
	HS	4,7	4,7	4,4	4,4	4,7	5,3	5,1	5,1	4,8	6,0
Caudal	Ep	5,8	5,8	5,5	5,5	5,3	5,3	5,1	5,7	6,0	6,3
	PrH	4,7		4,4		5,3		5,1		5,1	
	Hy	2,9	11,0	2,8	9,2	3,4	7,1	3,2	5,6	4,8	7,3
	UrN	6,5	7,5	5,7	7,1	5,8	8,4	5,8	6,8	8,1	14,9
	PCR	5,8	12,8	4,4	11,3	5,3	6,3	5,6	5,6	5,3	13,5
	SCR	6,8	12,8	4,4	11,3	5,7	10,1	5,6	10,0	6,3	16,0
Dorsal	Prd	7,5	8,6	6,7	6,7	6,3	7,7	5,6	6,8	7,2	7,3
	Prx	5,8	11,8	6,3	10,0	6,3	8,7	5,6	7,8	6,0	8,6
	Rd	5,8	8,2	6,3	10,0	7,1	8,4	5,6	7,8	7,3	9,5
	Lepid	5,8	7,3	5,7	6,3	5,3	7,7	5,7	7,1	6,3	8,8
	Hard S	5,8	7,5	5,7	7,4	5,3	6,6	5,6	6,7	6,3	8,1
Anal	Prx	5,8	8,2	5,7	7,7	6,3	8,3	5,6	9,1	4,8	7,3
	Rd	7,5	9,3	6,3	10,0	7,7	11,1	5,6	9,1	7,3	9,5
	Lepid	5,8	7,7	4,9	6,6	7,3	8,4	5,1	7,8	6,2	9,2
	Hard S	5,8	5,8	4,9	5,4	7,3	8,4	5,1	5,6	6,2	7,2
Pectoral	Co-Sca/Fp	3,6		3,5		3,1		3,2		3,9	
	Prx	4,2	4,7	3,5	5,4	4,7	5,3	3,2	5,1	4,0	6,5
	PocUp-Lo	4,7	4,7	4,4	5,5	4,9	5,3	4,5	4,5	4,9	5,8
	SutUp-Lo	8,6	12,5	9,0	10,1	8,4	8,4	8,6	8,6	9,5	13,7
	Cl	3,6		3,5		3,1		3,2		3,9	
	R	5,8	8,3	5,7	7,1	5,3	8,7	5,7	8,3	5,6	12,5
Pelvic	Bp	4,7		4,4		6,3		5,6		6,3	
	R	6,8	7,3	6,6	7,7	6,6	8,3	5,6	7,7	7,0	9,0
	S	6,8		6,6		6,6		5,6		6,3	

Γενικά οι Τελεόστεοι αποτελούν μια ομάδα με μεγάλη ποικιλομορφία όσον αφορά το στάδιο της πρώτης ανάπτυξης του σκελετού. Σε κάποια είδη, όπως διάφορα Salmonidae (Kendall, 1984) καθώς και στο *Oryzias latipes* Temminck & Schlegel (Langille and Hall, 1987) η ανάπτυξη του σκελετού αρχίζει πολύ πριν την εκκόλαψη, ενώ στο μαγιάτικο (παρούσα μελέτη) και σε άλλα είδη όπως *Pagrus major* Temminck & Schlegel, *Barbus barbus* L., *Dicentrarchus labrax* L., *Sparus aurata* L., *Heterobranchus longifilis* Valenciennes, *Scophthalmus maximus* L., *Chrisichthys auratus* L., *Solea solea* L., *Dentex dentex*, *Diplodus sargus* L., *Pagellus erythrinus* L., και *Diplodus puntazzo* δεν υπάρχει κανένα οστεολογικό στοιχείο του σκελετού κατά την εκκόλαψη (Faustino and Power, 1998; Faustino and Power, 1999; Koumoundouros et al., 1999b; Koumoundouros et al., 2001b; Marino et al., 1993; Matsuoka, 1987; Sfakianakis et al., 2005;



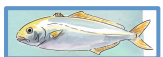
Sfakianakis et al., 2004; Vandewalle et al., 1997). Επίσης μεγάλη ποικιλία μεταξύ των ειδών μπορεί να παρουσιαστεί και ως προς την κατάσταση οστεοποίησης, όπου σε κάποια είδη όπως το *Galeichhys felis* (Tilney and Hecht, 1993) αρχίζει πριν την εκκόλαψη, ενώ σε άλλα είδη αρκετά μετά (σε όλα τα είδη με την ανάπτυξη του μαγιάτικου μετά την εκκόλαψη). Γενικά στους τελεόστεους, τα οστά αντικατάστασης αναπτύσσονται πριν τα μεμβρανικά οστά (Vandewalle et al., 1997).

Η αρχή της ανάπτυξης των χονδρογενών στοιχείων της σπονδυλικής στήλης μπορεί να διαφέρει μεταξύ των διαφόρων ειδών. Μπορεί να αρχίσει γύρω από δύο (πρόσθια και οπίσθια) (Sfakianakis et al., 2005; Sfakianakis et al., 2004), τρία (προσθονωτιαία, κεντροκοιλιακά, οπισθοκοιλιακά) (Potthoff et al., 1988) ή τέσσερα σημεία κατά μήκος της νωτοχορδής (προσθονωτιαία, κεντροκοιλιακά, κεντρονωτιαία, οπισθοκοιλιακά) (Faustino and Power, 1998; Matsuoka, 1987; Potthoff et al., 1986; Potthoff et al., 1984; Potthoff and Tellock, 1993). Στο μαγιάτικο (παρούσα εργασία) παρουσιάστηκαν τρία σημεία ανάπτυξης των χονδρογενών στοιχείων της σπονδυλικής στήλης, τα οποία εμφανίστηκαν στην αρχή της σπονδυλικής στήλης και στην αρχή του ραχιαίου και του εδρικού πτερυγίου.

Η οστεοποίηση των κέντρων των σπονδύλων στα περισσότερα Perciformes, ξεκινάει από τον πρώτο και κινείται οπίσθια μέχρι τα προουραία κέντρα, ενώ, αντίθετα, από το ουρόστυλο μέχρι το πιο πρόσθιο προουραίο κέντρο κινείται προς τα εμπρός (Faustino and Power, 1998; Houde and Potthoff, 1976; Koumoundouros et al., 1999b; Mook, 1977; Potthoff et al., 1988; Potthoff et al., 1986; Potthoff et al., 1987; Watson, 1987). Παρόλα αυτά, έχει βρεθεί σε είδη της οικογένειας των Sparidae (*Archosargus rhomboidalis*, (Houde and Potthoff, 1976), *P. major*, (Matsuoka, 1987), *S. aurata*, (Faustino and Power, 1998), *D. dentex*, (Koumoundouros et al., 1999b), *D. sargus*, (Koumoundouros et al., 2001b), *P. erythrinus*, (Sfakianakis et al., 2004), *D. puntazzo*, (Sfakianakis et al., 2005), το πρώτο κέντρο να αρχίζει να οστεοποιείται πολύ μετά το δεύτερο. Επιπλέον, στο *D. puntazzo* (Sfakianakis et al., 2005) το ουρόστυλο παρουσιάζει ταυτόχρονη εμφάνιση με τον U13 ενώ η οντογένεση των υπόλοιπων κέντρων προχωράει οπίσθια μέχρι και το τελευταίο. Στο μαγιάτικο (παρούσα εργασία), η οστεοποίηση των κέντρων των σπονδύλων δεν εμφανίζει κανένα από τα παραπάνω πρότυπα διαδοχής. Ξεκινάει με τον πρώτο σπόνδυλο και συνεχίζει με μια οπίσθια πορεία κατεύθυνσης μέχρι και το 23<sup>ο</sup> κέντρο, ενώ το ουρόστυλο οστεοποιείται αργότερα.

Η ανάπτυξη των πτερυγίων του μαγιάτικου ακολουθεί το βασικό πρότυπο των περισσότερων Percoidae (Potthoff and Tellock, 1993). Σύμφωνα με το πρότυπο αυτό, το ουραίο είναι το πρώτο πτερύγιο που αναπτύσσει ακτίνες και αποκτά τον πλήρη αριθμό λεπιδοτριχίων, αλλά το τελευταίο που συμπληρώνει τον πλήρη αριθμό τους με την ολοκλήρωση του αριθμού των δερματοτριχίων. Ακολουθεί ο σχηματισμός των ακτινών του ραχιαίου και του εδρικού, που αποτελούν τα πρώτα πτερύγια στα οποία ολοκληρώνεται ο μεριστικός αριθμός τους στα περισσότερα Perciformes. Τα θωρακικά και τα κοιλιακά πτερύγια παρουσιάζουν ακτίνες τελευταία, αλλά ολοκληρώνουν την ανάπτυξη τους πριν από το ουραίο πτερύγιο. Εξαιρέσεις του πιο πάνω προτύπου αποτελούν τάξα όπως το Lutjanus (Potthoff et al., 1988) και μέλη των οικογενειών Pempheridae και Serranidae (Johnson, 1984), όπου ανάπτυξη των ακτινών του ουραίου πτερυγίου αρχίζει μετά αυτήν των υπόλοιπων μονών πτερυγίων. Επίσης, σε μερικά Blennidae (Watson, 1987) τα πτερύγια που εμφανίζουν πρώτα ακτίνες είναι τα θωρακικά. Η διατήρηση της οντογενετικής σειράς παρόλα αυτά, σχετίζεται πιθανότατα με τις παρόμοιες απαιτήσεις των ειδών για επιβίωση στα πρώτα στάδια της ζωής τους.

Το σύμπλεγμα του ουραίου πτερυγίου στο μαγιάτικο, ακολουθεί το βασικό αρχέγονο πρότυπο των Percoidae (Johnson, 1984), με ένα παρυραίο, πέντε υπουραία, τρία επουραία, δύο ζεύγη ουρονευρικά οστά, το ουρόστυλο, δύο προουραία κέντρα και τις νευρικές και αιματικές αποφύσεις χωρίς να υπάρχει καμία

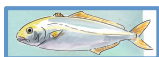


σύντηξη μεταξύ των στοιχείων αυτών. Οι φυλογενετικές αλλαγές του ουραίου συμπλέγματος συνήθως περιλαμβάνουν συντήξεις μεταξύ των υποουραίων (Hy1-Hy2, Hy3-Hy4), απώλεια του οπίσθιου ζεύγους ουρονευρικών, και λιγότερο συχνά, απώλεια 1-3 επουραίων, διάφορους συνδυασμούς συντήξεων ανάμεσα στα υποουραία και στο παρυπουραίο και/ή το ουρόστυλο, απώλεια ή σύντηξη του πρόσθιου ζεύγους ουρονευρικών, και συντήξεις των αιματικών ακάνθων (Johnson, 1984). Σύμφωνα με τους συγγραφείς, όλες αυτές οι αλλαγές έχουν άμεση σχέση με μια πιο ενεργή κολύμβηση. Κατά την οντογένεση του ουραίου πτερυγίου του μαγιάτικου, παρατηρείται ταυτόχρονη σύντηξη μεταξύ του πρώτου και δεύτερου υποουραίου (1+2) και μεταξύ των υποουραίων 3, 4, και 5 (3+4+5). Παρόμοια σύντηξη έτσι όπως παρατηρήθηκε στην παρούσα μελέτη έχει παρατηρηθεί και για διάφορα Sparidae όπως το *S. Aurata* (Koumoundouros et al., 1997), το *D. dentex*, (Koumoundouros et al., 1999b), και το *D. Sargus* (Koumoundouros et al., 2001b). Παρόμοιες συντήξεις έχουν παρατηρηθεί και σε άλλα είδη μεταξύ των Percoidae καθώς και στα *Lutjanus campehanus*, *Anisotremus davidsoni*, *Pagrus major*, *Pomacanthus arcuatus* και *Coryphaena equiselis* (Potthoff et al., 1980; Watson and Walker, 1992). Επίσης, έχει παρατηρηθεί σύντηξη του παρυπουραίου οστού με το πρώτο υποουραίο οστό από τα πρώιμα στάδια των οικογενειών Pomacanthidae, Coryphaenidae και Haemulidae. Παρόλα αυτά υπάρχουν πολλές οικογένειες στις οποίες δεν συμβαίνει τέτοια σύντηξη (PrH+Hy1) ούτε σε μετέπειτα στάδια, ούτε ακόμη σε ενήλικα, όπως Carangidae και Lutjanidae. Η σύντηξη στοιχείων του ουραίου συμπλέγματος κατέχει σημαντική θέση σε φυλογενετικές μελέτες. Πιο παλιά, θεωρείτο ότι η σύντηξη των υποουραίων οστών σε πρώιμο αναπτυξιακό στάδιο για το σχηματισμό ενιαίας πλάκας ήταν προϊόν εξελιγμένης φυλογενετικά κατάστασης (Gosline, 1965).

Το πιο κοινό πρότυπο ανάπτυξης των Perciformes όσον αφορά το εδρικό και ραχιαίο πτερύγιο, είναι το εδρικό και οπίσθιο μέρος του ραχιαίου πτερυγίου να αρχίζουν να σχηματίζονται πριν το πρόσθιο μέρος του ραχιαίου πτερυγίου και επίσης να εμφανίζουν το stay (Faustino and Power, 1999; Johnson, 1984; Koumoundouros et al., 2001a; Koumoundouros et al., 2001b; Potthoff et al., 1984; Sfakianakis et al., 2005; Sfakianakis et al., 2004; Watson and Walker, 1992). Εκτός από το stay, το μαγιάτικο δεν συμβαδίζει με το κοινό αυτό πρότυπο ανάπτυξης αφού αρχίζει ο σχηματισμός από το πρόσθιο μέρος των πτερυγίων και εξαπλώνεται με οπίσθια φορά. Παρόλα, αυτά τόσο στο ραχιαίο όσο και στο εδρικό πτερύγιο παρατηρήθηκαν κέντρα ανάπτυξης από τα οποία η ανάπτυξη των στηρικτικών οστών και των ακτινών προχωρούσε πρόσθια και οπίσθια από αυτά. Τα εγγύς και τα άπω πτερυγιοφόρα στο μαγιάτικο, όπως και σε πολλά είδη ψαριών (Faustino and Power, 1999; Koumoundouros et al., 2001a; Koumoundouros et al., 2001b; Matsuoka, 1987; Potthoff and Kelley, 1982; Potthoff et al., 1988; Potthoff et al., 1984; Potthoff et al., 1987; Potthoff et al., 1980; Potthoff and Tellock, 1993; Sfakianakis et al., 2005; Sfakianakis et al., 2004), προέρχονται από διαφορετικά χονδρογενή στοιχεία.

Η παρουσία του επικορακοειδούς τμήματος αποτελεί τυπικό χαρακτηριστικό των Perciformes και έχει περιγραφεί –εκτός από την παρούσα– σε μελέτες πολλών ειδών ψαριών (Faustino and Power, 1999; Houde and Potthoff, 1976; Koumoundouros et al., 2001a; Koumoundouros et al., 2001b; Matsuoka, 1987; Potthoff et al., 1988; Potthoff et al., 1984; Potthoff et al., 1987; Potthoff and Tellock, 1993; Sfakianakis et al., 2005; Sfakianakis et al., 2004; Watson, 1987; Watson and Walker, 1992). Το τμήμα στο κορακοειδές, έχει δειχθεί και στα Pomacentridae, πολλά Lambroids και άλλα taxa (Potthoff et al., 1987; Potthoff and Tellock, 1993). Όσον αφορά τα κοιλιακά πτερύγια, η κατεύθυνση της ανάπτυξης τους όπως περιεγράφηκε στην παρούσα εργασία για το μαγιάτικο, αποτελεί άλλο ένα κοινό χαρακτηριστικό των Perciformes (Potthoff et al., 1987). Παρόλα αυτά υπάρχουν ομάδες ψαριών όπως για παράδειγμα ο *Xiphias gladius* που δεν έχουν καθόλου κοιλιακά πτερύγια (Potthoff and Kelley, 1982).



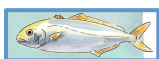


Η ταχύτητα εξέλιξης του σκελετού (ολοκλήρωση των στοιχείων του σκελετού σε σχέση με το μήκος) ενός υποψήφιου είδους παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον για την προοπτική ένταξης του στην Ιχθυοκαλλιέργεια. Οι Sfakianakis et al., 2004 έδειξαν ότι η ειδοειδική διακύμανση στην αναπτυξιακή ταχύτητα του σκελετού λόγω θερμοκρασίας είναι αρκετά μεγάλη. Επιπλέον, οι Koumoundouros et al., 1999a, έδειξαν ότι μικρές διαφοροποιήσεις στην μεθοδολογία της σύλληψης, της συντήρησης και της μέτρησης του μήκους μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά το μέγεθος και τις σχετικές διαστάσεις του σώματος. Σύμφωνα με τα παραπάνω, η άμεση σύγκριση της ταχύτητας εξέλιξης του σκελετού μεταξύ ειδών που προέρχονται από διαφορετικές μελέτες δεν οδηγεί σε ασφαλές συμπέρασμα. Ως εκ τούτου λοιπόν αν και το μαγιάτικο (παρούσα εργασία) δείχνει να είναι “γρηγορότερο” από άλλα είδη που έχουν μελετηθεί μέχρι σήμερα (Houde and Potthoff, 1976; Johnson, 1984; Kendall, 1984; Koumoundouros et al., 1999b; Koumoundouros et al., 2001a; Koumoundouros et al., 1997; Koumoundouros et al., 2001b; Langille and Hall, 1987; Matsuoka, 1987; Mook, 1977; Potthoff and Kelley, 1982; Potthoff et al., 1988; Potthoff et al., 1986; Potthoff et al., 1984; Potthoff et al., 1987; Potthoff et al., 1980; Potthoff and Tellock, 1993; Sfakianakis et al., 2005; Sfakianakis et al., 2004; Tilney and Hecht, 1993; Vandewalle et al., 1997; Watson, 1987; Watson and Walker, 1992) αυτό δεν μπορεί να τεκμηριωθεί.

Η χρήση εκτρεφόμενων νυμφών για την μελέτη της ανάπτυξης του σκελετού έχει προταθεί από πολλούς μελετητές ως μια λύση στα προβλήματα που προκύπτουν από την συλλογή των δειγμάτων από το άγριο περιβάλλον (Blaxter, 1988), αλλά αυτή η προσέγγιση δεν είναι αλάνθαστη, καθώς έχει δειχθεί ότι οι συνθήκες εκτροφής μπορούν να επηρεάσουν την ανάπτυξη (Blaxter, 1988; Divanach, 1985) και κυρίως την οστεολογία (Divanach et al., 1997; Matsuoka, 1987) και την μεριστική διαφοροποίηση (Matsuoka, 1987). Σημαντική λύση στο πρόβλημα, δίνει η εκτατική μέθοδος εκτροφής της οποίας οι συνθήκες θεωρούνται πολύ όμοιες με αυτές του φυσικού περιβάλλοντος (Divanach et al., 1996; Divanach and Kentouri, 2000), και τα παραγόμενα ιχθύδια σπάνια εμφανίζουν μορφοανατομικές αποκλίσεις από το φυσιολογικό πρότυπο (Sfakianakis et al., 2004).

Τόσο για την αλιεία όσο και για την ιχθυοκαλλιέργεια, η οστεολογική ανάπτυξη βοηθάει στην καλύτερη κατανόηση των λειτουργιών και των περιβαλλοντικών προτιμήσεων των διαφόρων αναπτυξιακών σταδίων (Fukuhara, 1992). Επιπλέον, για την ιχθυοκαλλιέργεια, η ακριβής γνώση της ανάπτυξης του σκελετού των ψαριών αποτελεί εφόδιο για την έγκαιρη εκτίμηση της ποιότητας των εκτρεφόμενων ιχθυδίων και την πρόληψη σκελετικών παραμορφώσεων που είναι αρκετά συχνές στις συνθήκες εκτροφής (Divanach et al., 1996; Divanach et al., 1997; Koumoundouros et al., 1999a). Επειδή οι παραμορφώσεις μπορούν να εμφανιστούν σε όλα τα ανατομικά μέρη του σκελετού (Divanach et al., 1996) καθίσταται επιτακτική η λεπτομερής μελέτη και γνώση όλων των οστεολογικών στοιχείων που σε συνδυασμό με την μορφομετρία και την ηθολογία, μπορεί να συνεισφέρει στην καλύτερη κατανόηση της συστηματικής και της οικολογίας των ειδών, καθώς και των απαιτήσεων και αναγκών τους σε συνθήκες ιχθυοκαλλιέργειας. Στην παρούσα εργασία μελετήθηκαν η σπονδυλική στήλη και τα πτερύγια όπου και εμφανίζονται συχνότερα και σε μεγαλύτερη ένταση οι παραμορφώσεις (Divanach et al., 1996). Για μια όμως πιο ολοκληρωμένη εικόνα του φυσιολογικού προτύπου ανάπτυξης της οστεολογίας του μαγιάτικου, παραμένει να μελετηθεί και η φυσιολογική ανάπτυξη των οστών του σπλαγχοκρανίου και του νευροκρανίου.

Τα αποτελέσματα της μελέτης του προτύπου της φυσιολογικής ανάπτυξης του σκελετού του μαγιάτικου, μπορούν να συμβάλουν στον προσδιορισμό των αρχικών σταδίων ανάπτυξης διαφόρων σκελετικών παραμορφώσεων, και έτσι στον πιθανό αποκλεισμό πολλών γενεσιουργών παραγόντων, οι οποίοι έχουν αποδειχθεί ότι ευθύνονται για την ανάπτυξη συγκεκριμένων ανωμαλιών.



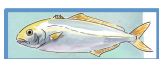
Διαφοροποιήσεις από ΤΠΕ: Καμία.

## Βιβλιογραφία

- Blaxter, J. H. S., 1 Pattern and Variety in Development. In: W. S. Hoar, D. J. Randall, (Eds.), Fish Physiology. Academic Press, 1988, pp. 1-58.
- Bruhn, J.P. 2006. Ecology, antibacterial activity and biofilm formation of marine Roseobacter strains. PhD Thesis, Danish Institute for Fisheries Research, Department of Seafood Research.
- Chambers, R. C., Leggett, W. C., 1987. Size and Age at Metamorphosis in Marine Fishes: An Analysis of Laboratory-Reared Winter Flounder (*Pseudopleuronectes americanus*) with a Review of Variation in Other Species. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 44, 1936-1947.
- Chatain, B., 1994. Abnormal swimbladder development and lordosis in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and sea bream (*Sparus auratus*). Aquaculture. 119, 371-379.
- Conceição, L.E.C., Yúfera, M., Makridis, P., Morais, S. , Dinis, M. T. 2010, Live feeds for early stages of fish rearing. Aquaculture Research. 41, 613-640
- Divanach, P., Contribution à la connaissance de la biologie et de l'élevage de 6 Sparides méditerranéens: *Sparus aurata*, *Diplodus sargus*, *Diplodus vulgaris*, *Diplodus annularis*, *Lithognathus mormyrus*, and *Puntazzo puntazzo* (Poissons teleostéens). Vol. PhD Thesis. Université des Sciences et Techniques du Languedoc (Montpellier II), Montpellier, France, 1985, pp. 479.
- Divanach, P., et al., Abnormalities in finfish mariculture: an overview of the problem, causes and solutions. In: S. M. Chatain B., Sweetman J., and Lavens P., (Ed.), Seabass and Seabream Culture: Problems and Prospects. European Aquaculture Society, Oostende, Belgium, 1996, pp. 45-66.
- Divanach, P., Kentouri, M., Hatchery techniques for specific diversification in Mediterranean finfish larviculture. Recent advances in Mediterranean aquaculture finfish species diversification. Zaragoza : CIHEAM, 2000, pp. 75-87.
- Divanach, P., et al., 1997. Effect of water currents on the development of skeletal deformities in sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) with functional swimbladder during postlarval and nursery phase. Aquaculture. 156, 145-155.
- Faustino, M., Power, D. M., 1998. Development of osteological structures in the sea bream: Vertebral column and caudal fin complex. Journal of Fish Biology. 52, 11-22.
- Faustino, M., Power, D. M., 1999. Development of the pectoral, pelvic, dorsal and anal fins in cultured sea bream. Journal of Fish Biology. 54, 1094-1110.
- Fukuhara, O., 1992. Study on the development of functional morphology and behaviour of the larvae of eight commercially valuable teleost fishes. Contributions to the Fisheries Researches in the Japan Sea Block. 25, 1-122.
- Gosline, W. A., 1965. Teleostean Phylogeny. Copepodia. 1965, 186-194.
- Houde, E. D., Potthoff, T., 1976. Egg and Larval Development of the Sea Bream *Archosargus rhomboidalis* (Linnaeus): Pisces, Sparidae. Bulletin of Marine Science. 26, 506-529.



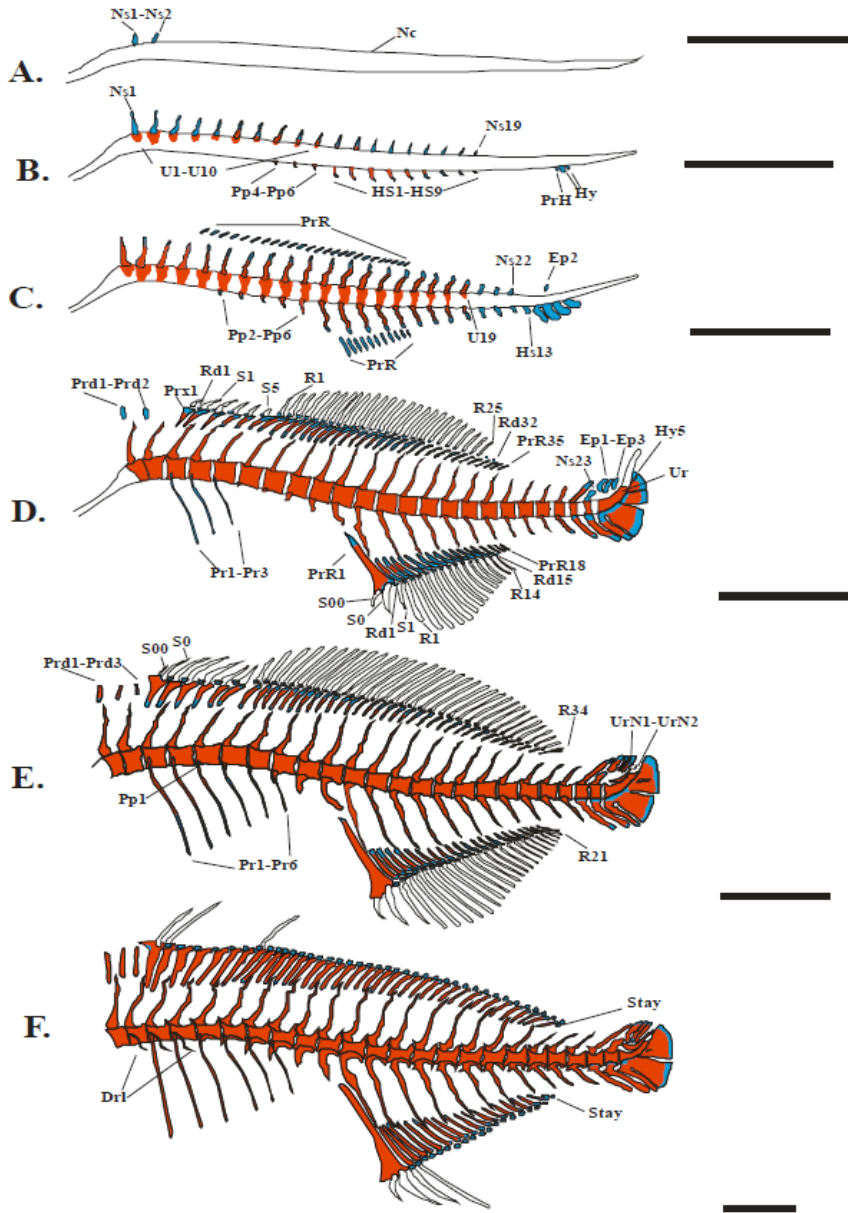
- Johnson, G. D., Percoidei: development and relationships. In: H. G. Moser, et al., Eds.), *Ontogeny and Systematics of Fishes*, Special Publication Number I, American Society of Ichthyologists and Herpetologists. Allen Press Inc., Lawrence, KS, USA, 1984, pp. 464-498.
- Kendall, A. W., Early life history stages of fishes and their characters. In: H. G. Moser, et al., Eds.), *Ontogeny and Systematics of Fishes*, Special Publication Number I, American Society of Ichthyologists and Herpetologists. Allen Press Inc., Lawrence, KS, USA, 1984, pp. 11-22.
- Koumoundouros, G., et al., 1999a. Ontogeny and allometric plasticity of *Dentex dentex* (Osteichthyes: Sparidae) in rearing conditions. *Marine Biology*. 135, 561-572.
- Koumoundouros, G., et al., 1999b. Osteological development of the vertebral column and of the caudal complex in *Dentex dentex*. *Journal of Fish Biology*. 54, 424-436.
- Koumoundouros, G., et al., 2001a. Osteological development of *Dentex dentex* (osteichthyes: Sparidae): Dorsal, anal, paired fins and squamation. *Marine Biology*. 138, 399-406.
- Koumoundouros, G., et al., 1997. Normal and abnormal osteological development of caudal fin in *Sparus aurata* L. fry. *Aquaculture*. 149, 215-226.
- Koumoundouros, G., et al., 2001b. Osteological development of the vertebral column and of the fins in *Diplodus sargus* (Teleostei : Perciformes : Sparidae). *Marine Biology*. 139, 853-862.
- Laggis, A., Sfakianakis, D.G., Divanach, P. and Kentouri, M., 2010. Ontogeny of the body skeleton in *Seriola dumerili* (Risso, 1810). *Italian J. Zool.*, 77: 303-315.
- Langille, R. M., Hall, B. K., 1987. Development of the head skeleton of the Japanese medaka, *Oryzias latipes* (Teleostei). *Journal of Morphology*. 193, 135-158.
- Marino, G., et al., 1993. Observations on development and anomalies in the appendicular skeleton of sea bass, *Dicentrarchus labrax* L. 1758, larvae and juveniles. *Aquaculture and Fisheries Management*. 24, 445-456.
- Matsuoka, M., 1987. Development of the skeletal tissues and skeletal muscles in the red sea bream. *Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab.* 65, 1-114.
- Mook, D., 1977. Larval and osteological development of the sheepshead, *Archosargus probatocephalus* (Pisces: Sparidae). *Copepodia*. 1977, 126-133.
- Osse, J. W. M., Van Den Boogaart, J. G. M., 1995. Fish larvae, development, allometric growth, and the aquatic environment. *ICES Mar. Sci. Symp.* 201, 21-34.
- Park, E. H., Kim, D. S., 1984. A procedure for staining cartilage and bone of whole vertebrate larvae while rendering all other tissues transparent. *Stain Technology*. 59, 269-272.
- Papandroulakis, N., Mylonas, C.C., Maingot, E. and Divanach, P., 2005. First results of greater amberjack (*Seriola dumerili*) larval rearing in mesocosm. *Aquaculture*, 250: 151-161.
- Paspatis, M., et al., 1999. Preliminary results on rearing of *Sparus aurata* X *Pagrus pagrus* hybrids. Performance comparison with the parental species. *Aquaculture International*. 7, 295-306.
- Potthoff, T., Kelley, S., 1982. Development of the vertebral column, fins and fin supports, branchiostegal rays and squamation in the swordfish, *Xiphias gladius*. *Fishery Bulletin (US)*. 80, 161-186.
- Potthoff, T., et al., 1988. Osteological Development of the Red Snapper, *Lutjanus Campechanus* (Lutjanidae). *Bulletin of Marine Science*. 43, 1-40.
- Potthoff, T., et al., 1986. Cartilage and bone development in scombroid fishes. *Fishery Bulletin (US)*. 84, 647-678.
- Potthoff, T., et al., 1984. Description of Porkfish Larvae (*Anisotremus Virginicus*, Haemulidae) and their Osteological Development. *Bulletin of Marine Science*. 34, 21-59.



- Potthoff, T., et al., 1987. Description of larval and juvenile yellowtail damselfish, *Microspathodon chrysurus*, Pomacentridae, and their osteological development. *Bulletin of Marine Science*. 40, 330-375.
- Potthoff, T., et al., 1980. Development of *Scombrolabrax Heterolepis* (Pisces, Scombridae) and Comments on Familial Relationships. *Bulletin of Marine Science*. 30, 329-357.
- Potthoff, T., Tellock, J. A., 1993. Osteological Development of the Snook, *Centropomus undecimalis* (Teleostei, Centropomidae). *Bulletin of Marine Science*. 52, 669-716.
- Rønnestad, I., Yufera, M., Ueberschär, B., Ribeiro, L., Sæle, Ø, Boglione C., 2013. Feeding behavior and digestive physiology in larval fish: current knowledge, and gaps, and bottlenecks in research. *Reviews in Aquaculture* 5(1), 59-98.
- Sfakianakis, D. G., et al., 2005. Osteological development of the vertebral column and of the fins in *Diplodus puntazzo* (Cetti, 1777). *Aquaculture*. 250, 36-46.
- Sfakianakis, D. G., et al., 2004. Osteological development of the vertebral column and of the fins in *Pagellus erythrinus* (L. 1758). Temperature effect on the developmental plasticity and morpho-anatomical abnormalities. *Aquaculture*. 232, 407-424.
- Tilney, R. L., Hecht, T., 1993. Early ontogeny of *Galeichthys feliceps* from the south east coast of South Africa. *Journal of Fish Biology*. 43, 183-212.
- Vandewalle, P., et al., 1997. Postembryonic development of the cephalic region in *Heterobranchus longifilis*. *Journal of Fish Biology*. 50, 227-253.
- Watson, W., 1987. Larval Development of the Endemic Hawaiian Blennioid, *Enchelyurus brunneolus* (Pisces: Blenniidae: Omobranchini). *Bulletin of Marine Science*. 41, 856-888.
- Watson, W., Walker, J. H. J., 1992. Larval Development of Sargo (*Anisotremus davidsonii*) and Salema (*Xenistius californiensis*) (Pisces: Haemulidae) from the Southern California Bight. *Bulletin of Marine Science*. 51, 360-406.



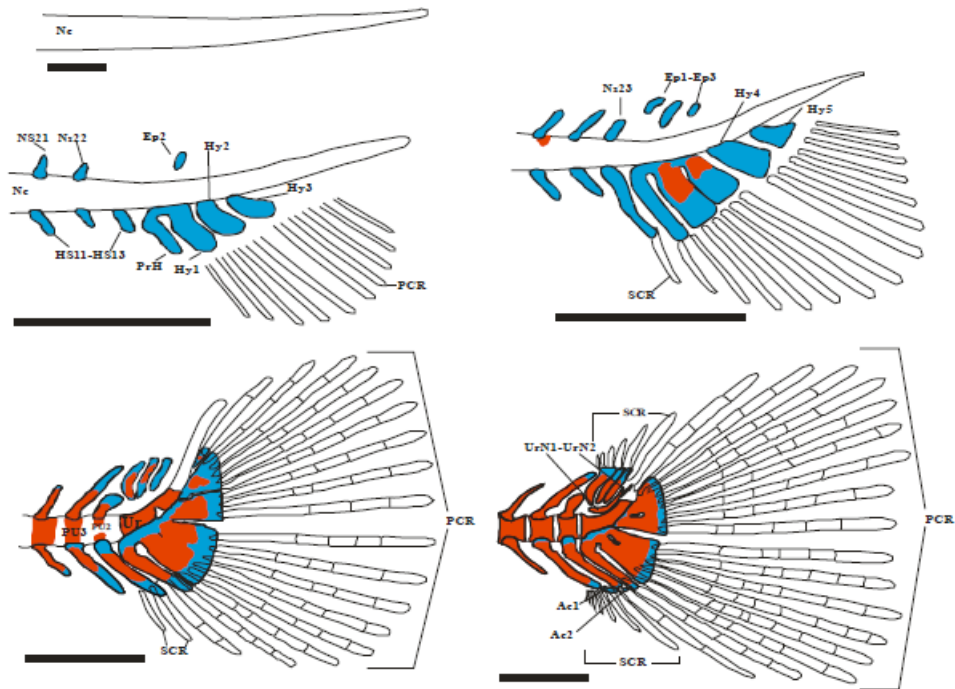
Παράρτημα



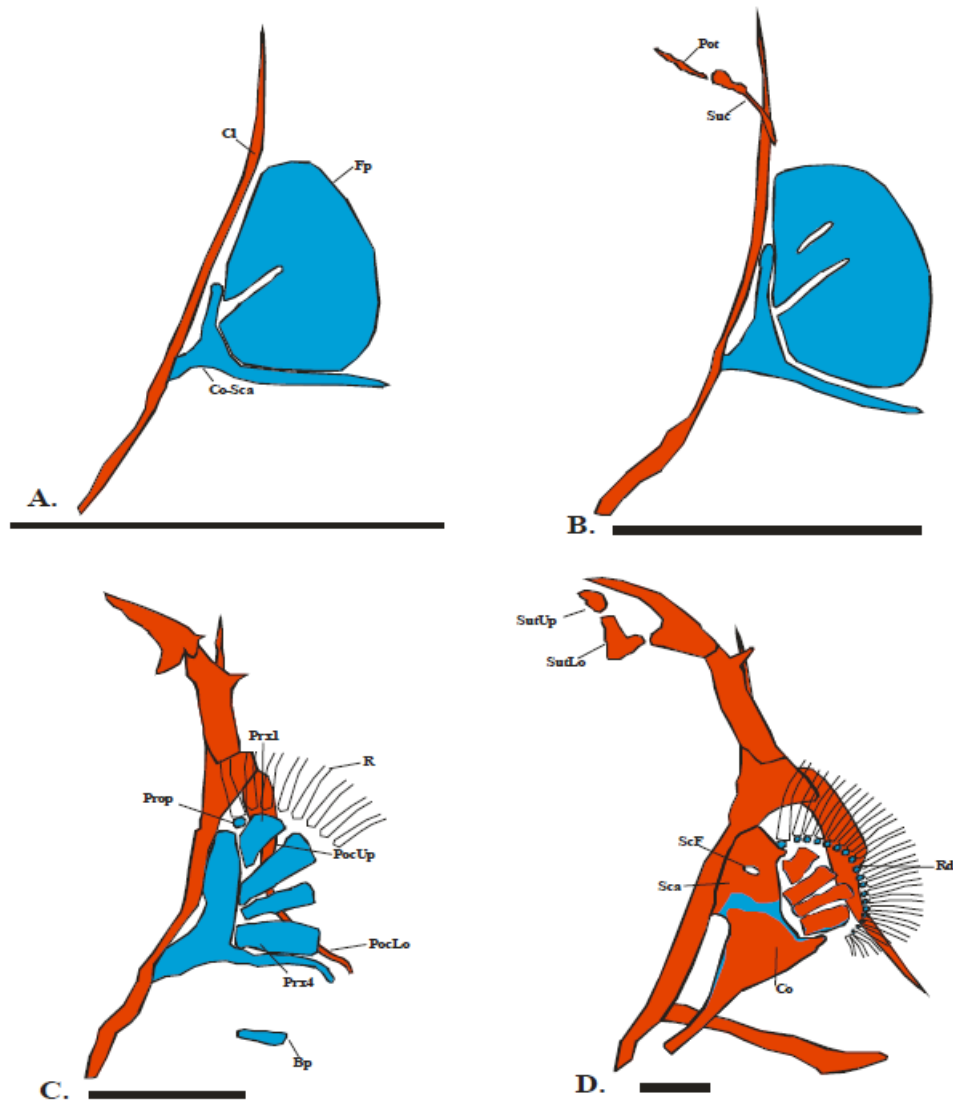
**Εικόνα 10:** Ανάπτυξη της σπονδυλικής στήλης, του ραχιαίου, του εδρικού και του ουραίου περυγίου στο μαγιάτικο. Για λόγους ευκρίνειας, οι ακτίνες του ραχιαίου και του εδρικού περυγίου στο (F.) δεν απεικονίζονται όλες. Η οστεοποίηση στις ακτίνες των περυγίων δεν παρουσιάζεται. Με το κυανό χρώμα δείχνονται οι χόνδρινες δομές, ενώ με το ερυθρό δείχνεται η οστεοποίηση. Drl, νωτιαίες πλευρές. Ep, επουραία. HS, αιματικές αποφύσεις. Hy, υπουραία. Nc, νωτοχορδή. NS, νευρικές αποφύσεις. PCR, ουραία λεπιδοτρίχια. Pp, βασαιοφύσεις. Pr, κοιλιακές πλευρές. Prd, προραχιαία. PrH, παρυπουραία. Prx, εγγύς



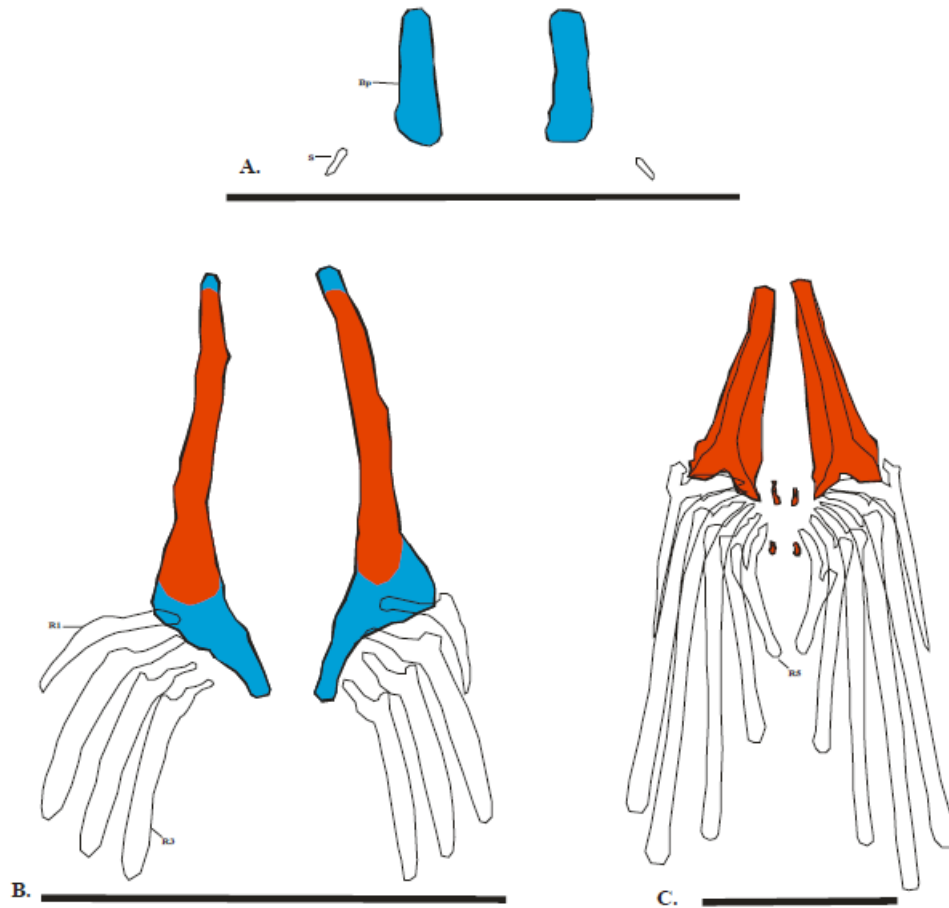
περυγιοφόρα.. R, λεπιδοτρίχια. Rd, άπω περυγιοφόρα. S, σκληρές ακτίνες. SCR, ουραία δερματοτρίχια U, κέντρα των σπονδύλων. Ur, ουρόστυλο. UrN, ουρονευρικά. Η κλίμακα σε κάθε σχέδιο αντιστοιχεί σε 1.0 mm.



**Εικόνα 11:** Ανάπτυξη του ουραίου περυγίου στο μαγιάτικο. Με το κυανό χρώμα δείχνονται οι χόνδρινες δομές, ενώ με το ερυθρό δείχνεται η οστεοποίηση. Hy, υπουραία. Ep, επουραία. PrH, παρυπουραίο. NS, νευρικές αποφύσεις. HS, αιματικές αποφύσεις. PU2 και PU3, προουραία κέντρα 2 και 3. PCR και SCR, ουραίες ακτίνες (λεπιδοτρίχια και δερματοτρίχια, αντίστοιχα). UrN, ουρονευρικά. Ac, βοηθητικοί χόνδροι. Κάθε κλίμακα αντιστοιχεί σε 0.5 mm TL.



**Εικόνα 12:** Ανάπτυξη των θωρακικών πτερυγίων στο μαγιατικό. Η οστεοποίηση στις ακτίνες των πτερυγίων δεν απεικονίζεται. Με κυανό και ερυθρό χρώμα απεικονίζονται οι χόνδρινες δομές και η ασβεστοποίηση αντίστοιχα. Cl, κλείθρο. Co, κορακοειδές. CoF, κορακοειδές τμήμα. Fp, ενιαία χόνδρινη πλάκα. PocLo, κάτω μετακλείθρο. PocUp, άνω μετακλείθρο. Pot, μετακροταφικό. Prop, προπτερύγιο. Prx, εγγύς πτερυγιοφόρα. R, λεπιδοτρίχια. Rd, άπω πτερυγιοφόρα. Sca, επικορακοειδές. ScF, επικορακοειδές τμήμα. Suc, επικλείθρο. SutLo, κάτω επικροταφικό. SutUp, άνω επικροταφικό. Η κλίμακα κάθε σχεδίου αντιστοιχεί σε 0.5 mm.



**Εικόνα 13:** Ανάπτυξη των κοιλιακών περυγίων στο μαγιάτικο. Με κυανό και ερυθρό χρώμα απεικονίζονται οι χόνδρινες δομές και η ασβεστοποίηση αντίστοιχα. Ac, χόνδρος. Bp, βασιπτερύγιο. Μερ, μεταπτερύγιο. R, λεπιδοτρίχια. S, σκληρή ακτίνα. Κάθε κλίμακα αντιστοιχεί σε 0.5 mm.