

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

**ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«Συμβολή στην ανατομική και ιστολογική μελέτη των κύριων  
οργανικών συστημάτων της τσιπούρας (*Sparus aurata*, L.) και του  
λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*, L.)»**

**Αθανασία Τζιώρατζιου**

**ΒΟΛΟΣ 2020**



**«Συμβολή στην ανατομική και ιστολογική μελέτη των κύριων  
οργανικών συστημάτων της τσιπούρας (*Sparus aurata*, L.) και του  
λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*, L.)»**



**Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:**

- 1) **Μποζιάρης Ιωάννης**, Καθηγητής, Υγιεινή και Συντήρηση Ιχθυερών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Επιβλέπων**.
- 2) **Βερίλλης Παναγιώτης**, Αναπληρωτής Καθηγητής, Μικροσκοπία και Ανάλυση Εικόνας στην Ιστολογία και στους Υδρόβιους Οργανισμούς, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Μέλος**.
- 3) **Μεντέ Έλενα**, Καθηγήτρια, Φυσιολογία Θρέψης Υδρόβιων Ζωϊκών Οργανισμών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Μέλος**.



*Στην μητέρα μου και στο σύζυγό μου*





## Ευχαριστίες

Ευχαριστώ τον κ. Μποζιάρη Ιωάννη, Καθηγητή, του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, που κατανοώντας το ενδιαφέρον μου για την ιστολογία, μου έδωσε την δυνατότητα να ασχοληθώ με αυτό το θέμα, αν και παρέκλινε από το γνωστικό του αντικείμενο ενισχύοντας την επιτροπή με μελή που είχαν περισσότερη εξειδίκευση στην ιστολογία.

Ευχαριστώ τον κ. Βερίλλη Παναγιώτη, Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για την καθοδήγησή του στην φωτογράφιση των ιστολογικών τομών καθώς και για την βοήθειά του στην διόρθωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Επίσης, ευχαριστώ την κ. Μεντέ Έλενα, Καθηγήτρια του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για την συμβολή της ως μέλος της τριμελούς επιτροπής.

Πέραν αυτών, αισθάνομαι την υποχρέωση να ευχαριστήσω τον Dr. Alan Pike, Honorary Senior Lecturer, Department of Zoology, Biological Sciences, University of Aberdeen, για την καθοδήγηση του στην δειγματοληψία και επεξεργασία των παρόντων δειγμάτων, τα οποία αποτελούν μέρος των δειγμάτων που συλλέχθηκαν κατά την διάρκεια της μεταπτυχιακής μου έρευνας με θέμα «*Ασθένειες Τσιπούρας και Λαβρακιού υπό εκτρεφόμενες συνθήκες στην Ελλάδα*», στην οποία διετέλεσε επιβλέπων καθηγητής καθώς και τον τεχνικό του εργαστηρίου Ιστολογίας, Mr. Bill Edwards, για την βοήθεια του στην ιστολογική επεξεργασία των παρόντων δειγμάτων.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένειά μου, την μητέρα μου και τον σύζυγο μου για την συνεχή υποστήριξη και την αμέριστη συμπαράσταση τους καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη και η περιγραφή της ιστολογικής δομής των δύο σημαντικότερων εκτρεφόμενων ειδών θαλάσσιων ιχθύων της Ευρώπης και ειδικότερα της χώρας μας, της τσιπούρας (*Sparus aurata*) και του λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*). Για το σκοπό αυτό συλλέχθηκαν και επεξεργάστηκαν για ιστολογική μελέτη 50 λαβράκια (*Dicentrarchus labrax*) και 50 τσιπούρες (*Sparus aurata*) που αντιστοιχούσαν στις ηλικιακές ομάδες, των τέλειων και ετήσιων ιχθυδίων και ενήλικων ψαριών, από τρεις Μονάδες εκτροφής στον Κορινθιακό και στον Βόρειο Ευβοϊκό κόλπο. Ακολουθήθηκαν οι τυπικές διαδικασίες για την προετοιμασία των ιστών για μελέτη (μονιμοποίηση, σκλήνωση σε πολυμεριζόμενη ρητίνη καθώς και σε παραφίνη, κοπή ιστολογικών τομών με τη χρήση μικροτόμου, χρώση, παρατήρηση των τομών στο μικροσκόπιο και λήψη μικροφωτογραφιών). Η μελέτη της ιστολογικής δομής των δύο εξεταζόμενων ειδών ιχθύων πραγματοποιήθηκε με την βοήθεια ιστολογικών μελετών άλλων τελεόστεων ιχθύων που έχουν ανακοινωθεί στην ελληνική και διεθνή βιβλιογραφία. Η εργασία περιλαμβάνει 15 Κεφάλαια. Στο 1<sup>ο</sup>, δίνονται γενικά στοιχεία της εξωτερικής μορφολογίας και βιολογίας της τσιπούρας (*Sparus aurata*) και του λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*). Στο 2<sup>ο</sup>, αναπτύσσονται οι μέθοδοι προετοιμασίας των ιστών για ιστολογική μελέτη. Στο 3<sup>ο</sup>, περιγράφεται η ιστολογική δομή του δέρματος, οι στιβάδες που το συγκροτούν και τα βασικά κύτταρα που τις αποτελούν. Στο 4<sup>ο</sup>, η οργάνωση του σκελετού και η ιστολογική μελέτη των δύο βασικών στοιχείων του σκελετού, του χονδρικού και οστίτη ιστού. Στο 5<sup>ο</sup>, το μυϊκό

σύστημα, οι τύποι του μυϊκού ιστού, γραμμωτός, καρδιακός και λείος μυϊκός ιστός καθώς και η ιστολογική δομή αυτών. Στο 6<sup>ο</sup>, ο Νευρικός ιστός και τα κύτταρα του καθώς και η ιστολογική δομή του Νευρικού συστήματος, κεντρικό και περιφερικό. Στο 7<sup>ο</sup>, το κυκλοφορικό σύστημα και η ιστολογική δομή των ιστών που το αποτελούν, καρδιά, αρτηρίες, φλέβες, τριχοειδή αγγεία καθώς και το αίμα με τα έμμορφα συστατικά του, ερυθρά αιμοσφαίρια, θρομβοκύτταρα και οι τύποι των λευκών αιμοσφαιρίων. Στο 8<sup>ο</sup>, η ιστολογική δομή των οργάνων αιμοποίησης, θύμος αδένας, σπλήνας και πρόνεφρος. Στο 9<sup>ο</sup>, περιγράφεται η ιστολογική δομή των οργάνων που συγκροτούν το πεπτικό σύστημα των ψαριών, στόμα, φάρυγγας, οισοφάγος, στομάχος, πλωρικά τυφλά και έντερο. Στο 10<sup>ο</sup>, η ιστολογική δομή επικουρικών πεπτικών αδένων, ήπαρ, χοληδόχος κύστη και εξωκρινής μοίρα του παγκρέατος. Στο 11<sup>ο</sup>, η ιστολογική δομή του αναπνευστικού συστήματος. Στο 12<sup>ο</sup>, η ιστολογική δομή των οργάνων του ουροποιητικού συστήματος, νεφροί, ουρητήρες και ουροδόχος κύστη. Στο 13<sup>ο</sup>, η ιστολογική δομή των οργάνων του αναπαραγωγικού συστήματος, όρχεις και ωθήκες καθώς και των επικουρικών οργάνων γεννητικοί αγωγοί και αδένες. Στο 14<sup>ο</sup>, τα αισθητήρια όργανα των ιχθύων, οι οφθαλμοί, έσω ους, η πλευρική γραμμή, τα όργανα όσφρησης (ρόθωνες) και οι γευστικοί κάλυκες. Στο 15<sup>ο</sup>, η ιστολογική δομή της νηκτικής κύστης, το υδροστατικό όργανο που ρυθμίζει τον όγκο του ψαριού με την έκκριση ή με την απορρόφηση αερίου. Στο 16<sup>ο</sup>, το γενικό συμπέρασμα της ιστολογικής μελέτης των δύο ειδών ιχθύων είναι ότι ακολουθούν το γενικό ιστολογικό πρότυπο των τελεόστεων ιχθύων με μικρές διαφοροποιήσεις τόσο μεταξύ των δύο ειδών όσο και με τους άλλους τελεόστεους ιχθύες.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....</b>	<b>1</b>
1.1. Γενικά στοιχεία εξωτερικής μορφολογίας και βιολογίας τσιπούρας και λαβρακίου .....	3
1.1.1. Τσιπούρα .....	3
1.1.1.1. Ταξινόμηση και κατάταξη .....	3
1.1.1.2. Μορφολογία .....	4
1.1.1.3. Γεωγραφική εξάπλωση .....	5
1.1.1.4. Στοιχεία Βιολογίας .....	6
1.1.2. Λαβράκι .....	7
1.1.2.1. Ταξινόμηση και κατάταξη .....	7
1.1.2.2. Μορφολογία .....	8
1.1.2.3. Γεωγραφική εξάπλωση .....	9
1.1.2.4. Στοιχεία Βιολογίας .....	10
<b>2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ .....</b>	<b>11</b>
2.1. Συλλογή και επεξεργασία δειγμάτων .....	12
2.2. Μονιμοποίηση ιστών .....	12
2.3. Επεξεργασία ιστών.....	12

2.3.1. Μέθοδος Glycol Methacrylate .....	13
2.3.2. Εγκλεισμός ιστών σε παραφίνη .....	13
2.3.3. Χρώση τομών .....	14
2.3.4. Παρατήρηση των τομών στο μικροσκόπιο και λήψη μικροφωτογραφιών .....	15
<b>3. ΔΕΡΜΑ .....</b>	<b>17</b>
3.1. Επιδερμίδα .....	19
3.2. Χόριο .....	21
3.3. Υποδερμίδα .....	23
3.4. Λέπια .....	23
<b>4. ΣΚΕΛΕΤΟΣ .....</b>	<b>25</b>
4.1. Χονδρικός ιστός .....	29
4.1.1. Κύτταρα χονδρικού ιστού .....	30
4.2. Οστίτης ιστός .....	35
4.2.1. Κύτταρα οστίτη ιστού .....	36
4.3. Πτερύγια .....	38
<b>5. ΜΥΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ .....</b>	<b>41</b>
5.1. Γραμμωτός μυϊκός ιστός .....	42

5.2.	Καρδιακός μυϊκός ιστός .....	45
5.3.	Λείος μυϊκός ιστός .....	46
<b>6.</b>	<b>ΝΕΥΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ .....</b>	<b>49</b>
6.1.	Κύτταρα του Νευρικού ιστού .....	49
6.1.1.	Νευρικά κύτταρα ή νευρώνες .....	50
6.1.2.	Νευρογλοιακά κύτταρα .....	52
6.2.	Κεντρικό Νευρικό Σύστημα (ΚΝΣ) .....	54
6.2.1.	Εγκέφαλος .....	54
6.2.2.	Νωτιαίος μυελός .....	60
6.3.	Περιφερικό νευρικό Σύστημα .....	62
<b>7.</b>	<b>ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΙ ΑΙΜΑ .....</b>	<b>65</b>
7.1.	Καρδιά .....	66
7.2.	Αγγεία αίματος .....	71
7.2.1.	Αρτηρίες .....	71
7.2.2.	Φλέβες .....	73
7.2.3.	Τριχοειδή αγγεία .....	74
7.3.	Λεμφαγγεία .....	75
7.4.	Αίμα και κύτταρα του αίματος .....	76

7.4.1. Κύτταρα του αίματος .....	77
7.4.1.1. Ερυθροκύτταρα .....	77
7.4.1.2. Θρομβοκύτταρα .....	79
7.4.1.3. Λευκοκύτταρα ή Λευκά αιμοσφαίρια .....	79
<b>8. ΑΙΜΟΠΟΙΗΣΗ .....</b>	<b>83</b>
8.1. Σπλήνας.....	83
8.2. Πρόνεφρος.....	86
8.3. Θύμος αδένας.....	87
<b>9. ΠΕΠΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ .....</b>	<b>89</b>
9.1. Στοματική κοιλότητα .....	90
9.1.2. Δόντια .....	91
9.1.3. Γλώσσα .....	93
9.2. Φάρυγγας. ....	95
9.3. Οισοφάγος .....	97
9.4. Στόμαχος .....	99
9.5. Πυλωρικά τυφλά .....	103
9.6. Έντερο .....	105
9.6.1. Πρόσθιο τμήμα εντέρου .....	106



9.6.2. Οπίσθιο τμήμα του εντέρου .....	108
9.6.3. Έδρα .....	108
<b>10. ΕΠΙΚΟΥΡΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΤΟΥ ΠΕΠΤΙΚΟΥ ΣΩΛΗΝΑ .....</b>	<b>111</b>
10.1. Ήπαρ .....	111
10.2. Πάγκρεας .....	115
10.3. Χοληδόχος κύστη .....	118
<b>11. ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ .....</b>	<b>121</b>
11.1. Βραγχιακά τόξα και πρωτογενή βραγχιακά νημάτια.....	122
11.2. Δευτερογενή βραγχιακά νημάτια .....	124
<b>12. ΟΥΡΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ .....</b>	<b>127</b>
12.1. Νεφροί .....	128
12.2. Ουρητήρες και ουροδόχος κύστη .....	134
<b>13. ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ .....</b>	<b>137</b>
13.1. Όρχεις .....	140
13.2. Ωοθήκες .....	144
<b>14 ΟΡΓΑΝΑ ΕΙΔΙΚΩΝ ΑΙΣΘΗΣΕΩΝ .....</b>	<b>149</b>
14.1. Οφθαλμός .....	149
14.2. Έσω ους .....	154

14.3. Όργανα όσφρησης .....	157
14.4. Αισθητήρια όργανα της γεύσεως .....	159
14.5. Όργανα αφής .....	160
14.5.1. Πλευρική γραμμή .....	161
<b>15 ΝΗΚΤΙΚΗ ΚΥΣΤΗ .....</b>	<b>165</b>
<b>16 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>171</b>
<b>17 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>173</b>
<b>18 ABSTRACT .....</b>	<b>181</b>

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ανάπτυξη των υδατοκαλλιεργειών και κυρίως της ιχθυοκαλλιέργειας στην Ελλάδα, αποτελούν έναν δυναμικά αναπτυσσόμενο κλάδο του πρωτογενούς τομέα ζωικής παραγωγής, που συνέβαλλε και συνεχίζει να συμβάλλει στην οικονομική ανάπτυξη της χώρας μας. Τα εκτρεφόμενα ψάρια καθώς και τα προϊόντα αλιείας αποτελούν τον πρώτο εξαγωγικό κλάδο ζωικής παραγωγής της χώρας μας. Οι πρώτες πειραματικές μονάδες θαλάσσιας ιχθυοκαλλιέργειας στην χώρα μας ξεκίνησαν από το 1981 και σύμφωνα με στοιχεία του Συνδέσμου Ελληνικών Θαλασσοκαλλιεργειών (ΣΕΘ), έφτασε το 2018 να παράγει 117.000 τόνους αξίας 534,9 εκ. ευρώ, κατέχοντας μία από τις πρώτες θέσεις παγκοσμίως στη μεσογειακή ιχθυοκαλλιέργεια. Τα δύο σημαντικότερα θαλάσσια είδη ιχθύων εκτροφής, που παρουσιάζουν ιδιαίτερο επιστημονικό αλλά και οικονομικό ενδιαφέρον, τόσο στην Ευρώπη γενικότερα όσο και στην χώρας μας ειδικότερα, είναι η τσιπούρα (*Sparus aurata*) και το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*), η παραγωγή των οποίων αντιστοιχεί στο 98% της ποσότητας της εγχώριας παραγωγής, ενώ αντιπροσωπεύει το 24% της διεθνούς παραγωγής τους.

Επιζητώντας την αύξηση της παραγωγής και την βελτίωση της ποιότητας των εκτρεφόμενων ιχθύων, τσιπούρας (*Sparus aurata*) και λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*), τα οποία αποτελούν σημαντική πηγή ζωικής πρωτεΐνης υψηλής βιολογικής αξίας αλλά και έναν σημαντικό οικονομικό κλάδο για την χώρα μας, απαραίτητη είναι η καλή γνώση της φυσιολογίας των οργανισμών αυτών και η πρόληψη των ασθενειών.

Η Ιστολογία, είναι κλάδος της βιολογίας που εξετάζει την φυσιολογική μικροσκοπική δομή μορίων, κυττάρων, ιστών και συστημάτων των οργάνων του οργανισμού, συμβάλλοντας στην κατανόηση και την ερμηνεία του μηχανισμού της λειτουργίας τους. Η γνώση της φυσιολογικής δομής των ιστών και των οργάνων, μπορεί να συμβάλλει σημαντικά στην βέλτιστη ανάπτυξη των εκτρεφόμενων ειδών καθώς επίσης αποτελεί και ένα σημαντικό εργαλείο για την έγκαιρη διάγνωση παθολογικών αλλοιώσεων των ιστών, πριν ακόμη εκδηλωθούν συμπτώματα, επιτυγχάνοντας έτσι στην έγκαιρη αντιμετώπιση τους.

Σκοπός αυτής της εργασίας αυτής είναι η μελέτη του κυττάρου και της λεπτής δομής των ιστών και των οργάνων των δύο οικονομικά σημαντικότερων εκτρεφόμενων θαλάσσιων ειδών ιχθύων της χώρας μας, της τσιπούρας (*Sparus aurata*) και του λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*), συμβάλλοντας στην κατανόηση του τρόπου με τον οποίο τα κύτταρα διατάσσονται και εξειδικεύονται, από άποψη δομής, για την εκτέλεση των ειδικών λειτουργιών τους, στους διάφορους ιστούς στις φυσιολογικές διεργασίες και έχοντας ως απώτερο σκοπό, ο εικονογραφημένος αυτός άτλας, των φυσιολογικών ιστών, να αποτελέσει μία βάση πληροφοριών στην διάγνωση παθολογικών αλλοιώσεων των ιστών.

Η εργασία αποτελεί έναν εικονογραφημένο άτλαντα, ο οποίος περιλαμβάνει 30 πρωτότυπες φωτογραφίες που υποδεικνύουν την ανατομία των οργάνων και 30 πρωτότυπες μικροφωτογραφίες ιστολογικών τομών των οργάνων που μελετήθηκαν, της τσιπούρας (*Sparus aurata*) και του λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*).

## 1.1. Γενικά στοιχεία εξωτερικής μορφολογίας και βιολογίας τσιπούρας (*Sparus aurata*, L.) και λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*, L.)

### 1.1.1. Τσιπούρα (*Sparus aurata*, Linnaeus, 1758)

#### 1.1.1.1. Ταξινόμηση και κατάταξη (Tortonese, 1986)

##### i. Ταξινόμηση

*Sparus aurata* (Linnaeus, 1758)

Συνώνυμα: *Chrysophrya aurata* (Linnaeus, 1758) (non Bloch  
Schneider, 1801)

Κοινά ονόματα: Gilt-head sea bream (En), Dorade royale (Fr), Pargo dorado (Sp).

##### ii. Κατάταξη

Υπερκλάση (Super class): Ιχθύες (Pisces)

Κλάση (Class): Οστεϊχθύες (Osteichthyes)

Ανθυπόκλαση (Super Order): Τελεόστεοι (Teleostei)

Τάξη (Order): Περκόμορφα (Perciformes)

Οικογένεια (Family): Σπαριδών (Sparidae)

### 1.1.1.2. Μορφολογία



**Εικόνα 1.1.** Εξωτερική μορφολογία τσιπούρας (*Sparus aurata*, Linnaeus, 1758) (Φώτο: Τζιώρτζιου Α., 2020).

Η τσιπούρα (*Sparus aurata*), χαρακτηρίζεται από ένα υψηλό και συμπιεσμένο πλευρικά σώμα, με κυρτή ράχη και κοντό ρύγχος. Το στόμα της είναι ελαφρά προεκτεινόμενο, με χείλη χονδρά και τα δόντια της ανόμοια, προσαρμοσμένα για σαρκοφαγία. Φέρει ένα ραχιαίο πτερύγιο αποτελούμενο από εν μέρη από ακανθώδεις ακτίνες. Ο αριθμητικός τύπος των ακτίνων του ραχιαίου και του εδρικού πτερυγίου της είναι αντίστοιχα, DXI/13-14 και AIII/11-12. Κατά μήκος της πλευρικής γραμμής φέρει 75- 85 κυκλοειδή λέπια. Σε κάθε βραγχιακό τόξο φέρει 11-13 βραγχιάκανθες (Χώτος & Ρογδάκης, 2010; Νεοφύτου & Νοεοφύτου, 2017).

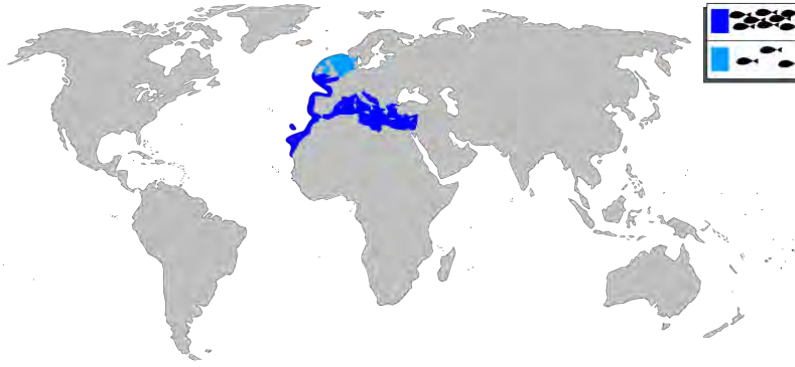
Προεπικαλυμματικό βραγχιοκάλυμμα χωρίς λέπια. Στις δύο σιαγόνες, μπροστά φέρει 4-6 κυνόδοντες, προς το πίσω μέρος φέρει 2-4 σειρές δοντιών, τα οποία βαθμιαία το σχήμα τους γίνεται πιο αμβλύ, οι δύο εξωτερικές σειρές είναι πολύ ισχυρότερες (Tortonese, 1986).

Χρωματισμός: Γενικά φέρει ασημένιο χρωματισμό με πιο σκούρα απόχρωση στην πλάτη, ενώ οι πλευρές και η κοιλιά έχουν ανοιχτότερο χρωματισμό. Στην αρχή της πλευρικής γραμμής φέρει μια μεγάλη μαύρη κηλίδα, η οποία υπογραμμίζεται από μια κόκκινη περιοχή. Κατά μήκος του μετώπου εμφανίζει μια χρυσή καμπυλοειδή ταινία (σχήματος V). Κατά μήκος του ραχιαίου πτερυγίου φέρει μια επιμήκη μαύρη λωρίδα, ενώ κατά μήκος του ουραίου μια μαύρη παρυφή (Εικ. 1.1) (Νεοφύτου & Νεοφύτου, 2017).

Μέγεθος: Έχει γρήγορη ανάπτυξη και φτάνει τα 100-120 g μετά από ένα χρόνο και στα 300- 400 g μετά από 2 έτη (Barnabée, 1990).

### **1.1.1.3. Γεωγραφική εξάπλωση**

Η τσιπούρα (*Sparus aurata*), εντοπίζεται κυρίως στην κεντρική και δυτική Μεσόγειο θάλασσα. Επίσης συναντάται στις ακτές του Ατλαντικού ωκεανού από την περιοχή της Μεγάλης Βρετανίας μέχρι το Πράσινο ακρωτήριο και τα Κανάρια νησιά (Εικ. 1.2) (Νεοφύτου & Νεοφύτου, 2017).



**Εικόνα 1.2.** Γεωγραφική εξάπλωση τσιπούρας (*Sparus aurata*) (Πηγή: <https://el.wikipedia.org>)

#### 1.1.1.4. Στοιχεία Βιολογίας

##### Βιότοπος

Αποτελεί βενθοπελαγικό είδος της υποτροπικής ζώνης και ζει σε παράκτιες περιοχές με αμμώδεις πυθμένες και φυκιάδες, φτάνοντας σε βάθη από 30 έως 150 m, ανάλογα με την ηλικία του. Είναι αερόθερμο και Ευρύαλο είδος και συχνά εισέρχεται σε λιμνοθάλασσες. Δεν είναι μεταναστευτικό είδος και ζει είτε μοναχικά είτε σχηματίζοντας μικρά κοπάδια) (Χώτος & Ρογδάκης, 2010; Νεοφύτου & Νοεοφύτου, 2017).

##### Τροφή

Η τσιπούρα (*Sparus aurata*), ανήκει στα σαρκοφάγα είδη και το διαιτολόγιο της αποτελείται κυρίως από μαλάκια, μύδια, άλλα οστρακοειδή, καθώς και μικρά ψάρια.



### Αναπαραγωγή

Η αναπαραγωγή του είδους αυτού λαμβάνει χώρα από τον Οκτώβριο μέχρι το Δεκέμβριο. Είναι ερμαφρόδιτο με πρωτανδρική εμφάνιση και μετά το δεύτερο έτος της ηλικίας του επέρχεται σε πολλά άτομα η αλλαγή του φύλλου. Η γενετική ωρίμανση του είδους επέρχεται στα αρσενικά στην ηλικία των 1-2 ετών και στα θηλυκά στην ηλικία των 2-3 ετών (Tortonese, 1986).

### **1.1.2. Λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*, *Linnaeus*, 1758)**

#### **1.1.2.1. Ταξινόμηση και κατάταξη (Barnabée, 1978)**

##### **i. Ταξινόμηση**

*Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758)

Συνώνυμα: *Morone labrax*, Boulenger, 1895, *Labrax lupus*, Cuvier, 1828

Κοινά ονόματα: European seabass (En), Bar common (Fr),

Branzino (It), Lubina (Sp).

##### **ii. Κατάταξη**

Υπερκλάση (Super class): Ιχθύες (Pisces)

Κλάση (Class): Οστεϊχθύες (*Osteichthyes*)

Ανθυπόκλαση (Super Order): Τελεόστεοι (*Teleostei*)

Τάξη (Order): Περκόμορφα (*Perciformes*)

Οικογένεια: (Family): Μορονίδες (*Moronidae*)

### 1.1.2.2. Μορφολογία



**Εικόνα 1.3.** Εξωτερική μορφολογία λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*, Linnaeus, 1758) (Φώτο: Τζιώρτζιου Α., 2020).

Το σώμα του λαβρακίου έχει σχήμα ατρακτοειδές, ελαφρώς κυλινδρικό, πεπιεσμένο στα πλευρά και οξυνόμενο προς το κεφάλι και την ουρά. Στο πίσω μέρος του βραγχιοκαλύμματος φέρει δύο ευδιάκριτα αγκάθια, καθώς και ένα στην κάτω παρυφή του προεπικαλυμματικού. Φέρει δύο ραχιαία πτερύγια (Εικ. 1.3). Ο αριθμητικός τύπος των ακτινών των ραχιαίων και του εδρικού πτερυγίου του είναι αντίστοιχα, D1 VIII-IX, D2 I/12-13 και A III/10-12 (Νεοφύτου & Νεοφύτου, 2017).

Χρωματισμός: Φέρει ασημένιο χρωματισμό με μπλε ή πρασινωπές αποχρώσεις στην ράχη. Τα νεαρά ιχθύδια φέρουν μερικά μαύρα στίγματα στην ράχη και τις πλευρές

του σώματος τους, τα οποία εξαφανίζονται με την ενηλικίωση τους. Στην παρυφή του βραγχιοκαλύμματος παρατηρείται μία διάχυτη μαύρη κηλίδα (Tortonese, 1986).

Μέγεθος: Το μέγιστο μήκος και βάρος του φτάνουν αντίστοιχα στα 90 cm και στα 12 Kg (Νεοφύτου & Νεοφύτου, 2017).

### 1.1.2.3. Γεωγραφική εξάπλωση



**Εικόνα 1.4.** Γεωγραφική εξάπλωση λαβρακίου, (*Dicentrarchus labrax*), (Πηγή: <https://el.wikipedia.org>)

Απαντάται κυρίως στην Μεσόγειο και τη Μαύρη Θάλασσα καθώς επίσης στη Νορβηγία, στην θαλάσσια περιοχή της Μεγάλης Βρετανίας και στην Ιρλανδία (Εικ. 1.4) (Νεοφύτου & Νεοφύτου, 2017).

#### 1.1.2.4. Στοιχεία Βιολογίας

##### Βιότοπος

Αποτελεί βενθικό είδος της υποτροπικής ζώνης και ζει στην περιοχή της υφαλοκρηπίδας μέχρι βάθος 200 m. Είναι ευρύαλο και ευρύθερμο είδος και μπορεί να επιβιώσει σε θερμοκρασίες από 2 έως 32°C παρ' ότι σταματά να διατρέφεται σε θερμοκρασίες κάτω των 7°C (Barnabé, 1990).

##### Τροφή

Το λαβράκι ανήκει στην κατηγορία των σαρκοφάγων και αρπακτικών ψαριών. Τρέφεται με μεγάλη ποικιλία ψαριών, με προτίμηση στα είδη της οικογένειας Clupeidae. Επίσης τρέφεται με καλαμάρια, σουπιές, διάφορα είδη οστρακοειδών και άλλα μαλάκια (Νεοφύτου & Νεοφύτου, 2017).

##### Αναπαραγωγή

Το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*), είναι γονοχωριστικό είδος. Η γενετική ωρίμανση στη Μεσόγειο για τα αρσενικά εμφανίζεται στην ηλικία των 2 ετών και στα θηλυκά, στην ηλικία των 4 ετών. Η ωρίμανση των γονάδων στην περιοχή της Μεσογείου θάλασσας και στη Μαύρη Θάλασσα, αρχίζει το Δεκέμβριο, σε θερμοκρασία νερού περίπου στους 12°C και ολοκληρώνεται στο τέλος του ίδιου μήνα. Η αναπαραγωγή λαμβάνει χώρα από τον Ιανουάριο έως το τέλος Μαρτίου. Στον Ατλαντικό ωκεανό η περίοδος αναπαραγωγής είναι μετατοπισμένη κατά 2-3 μήνες σε σχέση με αυτή της Μεσογείου, και πραγματοποιείται όταν η θερμοκρασία νερού κυμαίνεται σε 11-14°C (Νεοφύτου & Νεοφύτου, 2017).

## 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Τα μόνιμα ιστολογικά παρασκευάσματα, τα οποία αποτέλεσαν το υλικό για την παρούσα εργασία, αποτελούν μέρος δειγμάτων που συλλέχθηκαν στα πλαίσια έρευνας για την μελέτη των ασθενειών των εκτρεφόμενων θαλασσιών ειδών της τσιπούρας (*Sparus aurata*) και λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*) υπό καλλιεργούμενες συνθήκες στην Ελλάδα, η οποία πραγματοποιήθηκε στο Πανεπιστήμιο του Aberdeen, Τμήμα Ζωολογίας. Στα πλαίσια της ανωτέρω έρευνας συλλέχθηκαν μαζί με τα ημιθανή και υγιή ψάρια ώστε να συγκριθούν με τους ιστούς των ασθενών ψαριών. Το σύνολο των υγιών ψαριών που συλλέχθηκαν και επεξεργάστηκαν για ιστολογική μελέτη αφορούσε 50 λαβράκια (*Dicentrarchus labrax*) και 50 τσιπούρες (*Sparus aurata*) που αντιστοιχούσαν στις ηλικιακές ομάδες, των τέλειων ιχθυδίων (juveniles), ετήσιων ιχθυδίων (yearling) και ενήλικων ψαριών (adult) και συλλέχθηκαν από τρεις Μονάδες εκτροφής στον Κορινθιακό και στον Βόρειο Ευβοϊκό κόλπο (Tziortziou, 1995). Η παρούσα εργασία αφορά στην ιστολογική μελέτη υγιών ιστών τσιπούρας (*Sparus aurata*) και λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*). Οι διαδικασίες που ακολουθήθηκαν για την παρασκευή των ιστολογικών παρασκευασμάτων είναι οι ακόλουθες.

### **2.1. Συλλογή και επεξεργασία δειγμάτων**

Συλλογή, καταγραφή (ιστορικό ατόμου, προέλευση και σήμανση), ταξινόμηση και μακροσκοπική εξέταση του υλικού. Νεκροτομική εξέταση και συλλογή ιστού. Τοποθέτηση αμέσως σε μονιμοποιητική ουσία.

### **2.2. Μονιμοποίηση ιστών**

Από τα ιχθύδια και τα ενήλικα ψάρια, λαμβάνονταν τμήμα ιστού 3-4 mm σε πάχος και τοποθετούνταν σε μονιμοποιητικό υγρό, όγκου περίπου 20 φορές προς τον όγκο του ιστού. Το μονιμοποιητικό υγρό που χρησιμοποιήθηκε ήταν 10% ουδέτερη ρυθμισμένη φορμόλη (Bucke, 1972). Μετά από τέσσερις (4) ημέρες το μονιμοποιημένο υλικό πλενόταν για όλη τη νύχτα σε 70% αιθανόλη και αποθηκεύονταν σε 70% αιθανόλη έως την περαιτέρω επεξεργασία τους.

### **2.3. Επεξεργασία ιστών**

Οι μονιμοποιημένοι ιστοί σκηνώθηκαν σε πολυμεριζόμενη ρητίνη, Glycol Methacrylate Resin (Historesin, L.K.B. Bromma, Sweden) ώστε να είναι δυνατή η δημιουργία λεπτότερων τομών καθώς και σε παραφίνη για οπτική μικροσκόπηση (Tziortziou, 1995).

### 2.3.1. Μέθοδος Glycol Methacrylate (Austin & Austin, 1989)

Αφυδάτωση: 70%, 90%, αιθυλικής αλκοόλης (3 αλλαγές διάρκειας 2 ωρών εκάστη)

95% αιθυλική αλκοόλη (2 αλλαγές διάρκειας 2 ωρών εκάστη)

Διαύγαση: 95% αιθυλική αλκοόλη: Histo-resin + ενεργοποιητής, (σε ίσα μέρη για 5-6 ώρες)

Εγκλεισμός και πολυμερισμός σε θερμοκρασία δωματίου.

Κοπή τομών 2.5 μm, με υπερμικροτόμο.

Προσκόλληση των τομών σε γυάλινες αντικειμενοφόρες πλάκες.

### 2.3.2. Εγκλεισμός ιστών σε παραφίνη

Αφυδάτωση: 70%, 90%, αιθυλικής αλκοόλης (3 αλλαγές, διάρκειας 2 ωρών η κάθε μία).

Διαύγαση: Ξυλόλη (2 αλλαγές των 2 ½ ωρών διάρκειας)

Τηγμένη παραφίνη 56°C: 2 αλλαγές διάρκειας 2 ωρών η κάθε μία.

Εγκλεισμός σε φρέσκια τηγμένη παραφίνη. Οι κύβοι με το ιστολογικό υλικό σημαίνονταν με κωδικό αριθμό αναγνώρισης και αφήνονταν για μερικές ημέρες ώστε να επιτευχθεί πλήρη σκλήρυνση της παραφίνης.

Κοπή τομών 6.5  $\mu\text{m}$ , με μικροτόμο.

Προσκόλληση των τομών σε γυάλινες αντικειμενοφόρες πλάκες (Tziortziou, 1995).

### **2.3.3. Χρώση τομών**

Για τις ιστολογικές τομές που προέρχονταν από την σκλήρωση του ιστού σε glycol methacrylate χρησιμοποιήθηκε κατά κύριο λόγο η χρώση Κυανού της Τολουϊδίνης (Toluidine blue)

Για τις τομές παραφίνης, αρχικά αφαιρούνταν η περίσσεια της παραφίνης, εμβαπτίζοντας την αντικειμενοφόρο πλάκα με την τομή σε διάλυμα ξυλόλης, ακολουθούσε η αφαίρεση του διαλύτη με εμβάπτιση σε απόλυτη αλκοόλη και κατόπιν γινόταν σταδιακή ενυδάτωση των τομών με εμβάπτιση τους σε μία σειρά διαλυμάτων αλκοόλης φθίνουσας σειράς συγκεντρώσεως αλκοολικών βαθμών, μέχρι όπου τοποθετούνταν στο νερό. Οι χρωστικές που χρησιμοποιήθηκαν για την χρώση των τομών παραφίνης ήταν η Αιματοξυλίνης & Ηωσίνης (Ehrlich's Haematoxylin & Eosin) και η Τρίχρωμη χρώση Masson (Tziortziou, 1995).



#### **2.3.4. Παρατήρηση των τομών στο μικροσκόπιο και λήψη μικροφωτογραφιών**

Τα ιστολογικά παρασκευάσματα μελετήθηκαν με την βοήθεια οπτικού μικροσκοπίου (ZEISS), στο εργαστήριο Μικροσκοπίας και Ανάλυση Εικόνας στην Ιστολογία και στους Υδρόβιους Οργανισμούς, του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας & Υδάτινου Περιβάλλοντος, του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και χρησιμοποιήθηκαν φακοί με μεγέθυνση X5, X10, X40. Η λήψη των μικροφωτογραφιών έγινε με κάμερα ProgRes G10 pluss και η επεξεργασία των φωτογραφιών με το πρόγραμμα ProgRes CapturePro 2.1 – JENOPTIK, Laser, Optik System GmbH.

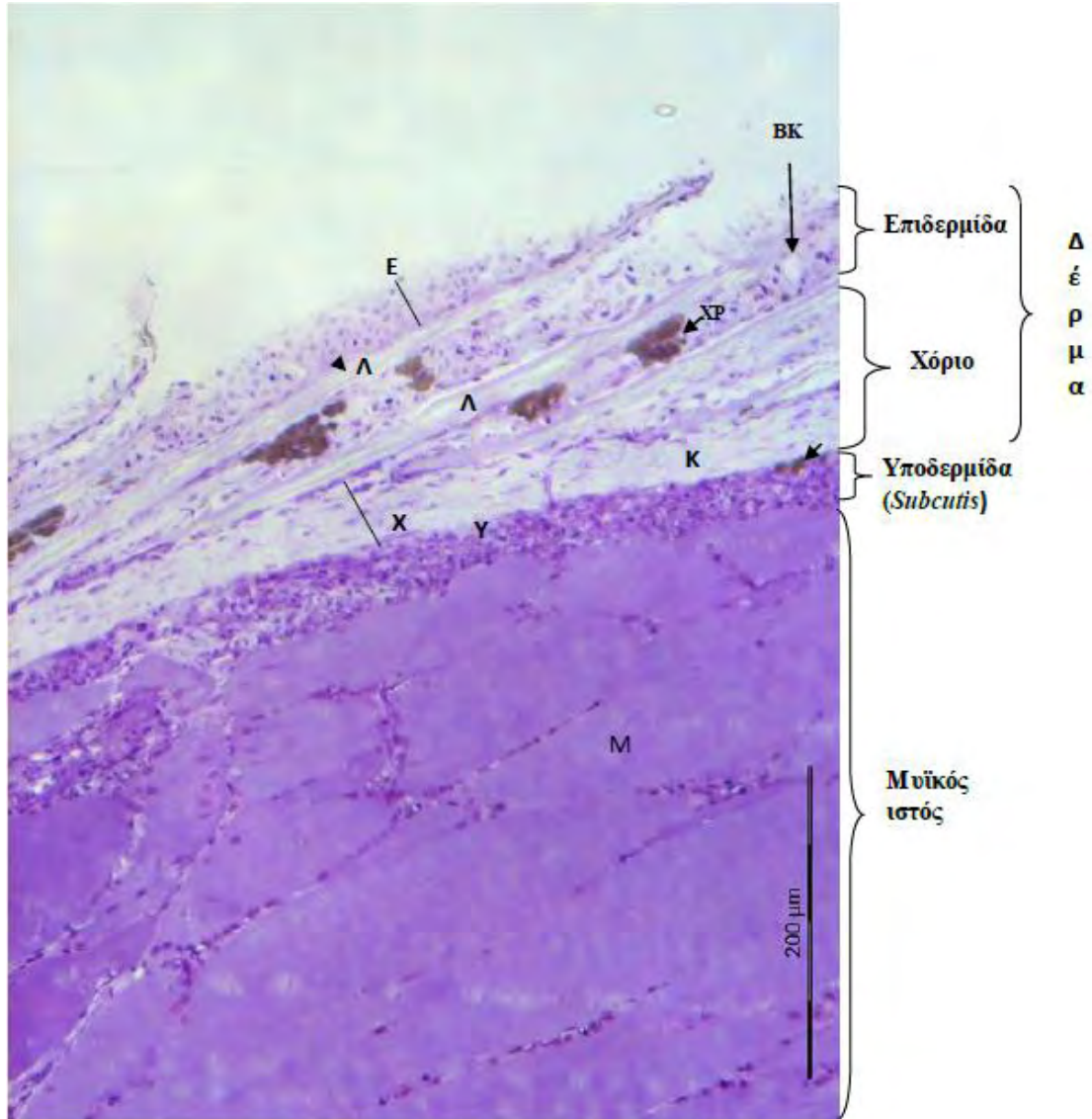


### 3. ΔΕΡΜΑ

Το δέρμα των ιχθύων καλύπτει την εξωτερική επιφάνεια του σώματος, φέρει πολυάριθμους βλεννογόνους αδένες και καλύπτεται σε κάποια είδη από λέπια, ενώ άλλα είδη που δεν διαθέτουν λέπια, φέρουν στην επιδερμίδα μεγάλο αριθμό εωσινόφιλων κυττάρων (fright–substance cells) ή (Shreckstoffzellen), τα οποία αποτελούν ένα είδος χημικού συστήματος «συναγερμού» (Ferguson, 2006; Genten *et al.*, 2009). Σε περίπτωση τραυματισμού της επιδερμίδας, τα κύτταρα αυτά δραστηριοποιούνται εκκρίνοντας μια ουσία που προωθεί αντι-θηρευτικές αντιδράσεις στα υπόλοιπα άτομα του είδους, γι αυτό και καλούνται κύτταρα «συναγερμού» (Pfeiffer, 1977; Smith, 1992).

Ο λειτουργικός ρόλος του δέρματος είναι πολύ σημαντικός. Αποτελεί ασπίδα έναντι των μικροοργανισμών, προστατεύει από μηχανικές βλάβες και συμμετέχει στην ανταλλαγή αερίων, νερού, ιόντων και μεγάλων μορίων συμβάλλοντας στην αναπνοή, απέκκριση και ωσμωρύθμιση (Genten *et al.*, 2009).

Οι κύριες στιβάδες του δέρματος είναι τρεις. Η εξωτερική, η οποία ονομάζεται επιδερμίδα (*Epidermis*), το χόριο (*Corium*) ή κυρίως δέρμα και η βαθύτερη (εσωτερική) στιβάδα, η οποία ονομάζεται υποδερμίδα (*Hypodermis*, *Subcutis*) ή υποδερμάτιο πέταλο και συνδέει το δέρμα με τα υποκείμενα όργανα (Εικ. 3.1).



**Εικόνα 3.1.:** Επιμήκης ιστολογική τομή δέρματος πλευρικού τμήματος ιχθυδίου λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*) στην οποία διακρίνονται οι στιβάδες και τα προσαρτήματα (λέπια) του δέρματος. Το δέρμα στο λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*) συγκροτείται από τρεις κύριες στιβάδες: την εξωτερική, η οποία ονομάζεται επιδερμίδα (E), το χόριο (X) ή κυρίως δέρμα και η βαθύτερη (εσωτερική) στιβάδα, η οποία ονομάζεται υποδερμίδα (Y) ή υποδερμάτιο πέταλο. Η υποδερμίδα συνδέει το δέρμα με τα υποκείμενα όργανα, μυϊκός ιστός (M). Στην επιδερμίδα διακρίνονται: (E), το πολύστιβο πλακώδες επιθήλιο, (BK), Βλεννογόνα κύτταρα, (XP) Χρωματοφόρα κύτταρα, (Λ) Λέπια στερεωμένα μέσα στο χόριο. Στο χόριο (X) διακρίνονται, ίνες κολλαγόνου (K) και ελαστίνης. Στο συμπαγές στρώμα του χορίου και παρατηρούνται αρκετά κύτταρα αίματος και χρωματοφόρα κύτταρα (βέλος). (X10, Χρώση Κυανού της Τολουϊδίνης) (Μικροφωτογραφία: Προσωπικό αρχείο Τζιώρτζιου Α., 2020).

### 3.1. Επιδερμίδα

Η επιδερμίδα είναι μη κερατινοποιημένο (στα περισσότερα είδη ιχθύων) πολύστιβο πλακώδες επιθήλιο με πάχος που ποικίλει από 3-4 στην κοιλιακή χώρα έως 20 στρώσεις κυττάρων στην περιοχή της κεφαλής και ράχης όπου δεν υπάρχουν λέπια (Ferguson, 2006; Genten *et al.*, 2009). Το πάχος του επιθηλίου εξαρτάται από το είδος του ψαριού, την ηλικία, την εποχή του έτους και την περιοχή του σώματος των ψαριών (Φώτης & Αγγελίδης, 2003).

Το επιθήλιο της επιδερμίδας συγκροτείται από τρία στρώματα. Εσωτερικά, από τη στιβάδα του *Malpighi*, η οποία αποτελείται από τη βασική στιβάδα, την οποία πολλοί συγγραφείς αναφέρουν επίσης ως βλαστική στιβάδα (*Stratum germinativum*), την στιβάδα των ατρακτοειδών κυττάρων και την εξωτερική στιβάδα της επιδερμίδας (Εικ. 3.2).

Η εξωτερική στιβάδα της επιδερμίδας είναι ζωντανή και τα κύτταρα της διατηρούν την ικανότητα τους να διαιρούνται, συμμετέχοντας στην επούλωση των τραυματισμών του δέρματος (Ferguson, 2006). Μόνο τα εξώτατα κύτταρα της νεκρώνονται και πέφτουν, αφού προηγουμένως κερατινοποιηθούν πολύ ελαφρά (Φώτης & Αγγελίδης, 2003).

Οι κύριοι τύποι κυττάρων που απαντώνται στην επιδερμίδα είναι:

- α) τυπικά επιθηλιακά κύτταρα,

β) κύτταρα του *Malpighi*, στην μεγαλύτερη πλειονότητα, τα οποία δεν κρατικοποιούνται (Εικ. 3.2) (Ferguson, 2006). Είναι παρεγχυματικά κύτταρα με πυρήνα σχήματος οβάλ και ειρηνόφιλο κυτταρόπλασμα (Βερίλλης & Μεντέ, 2017).

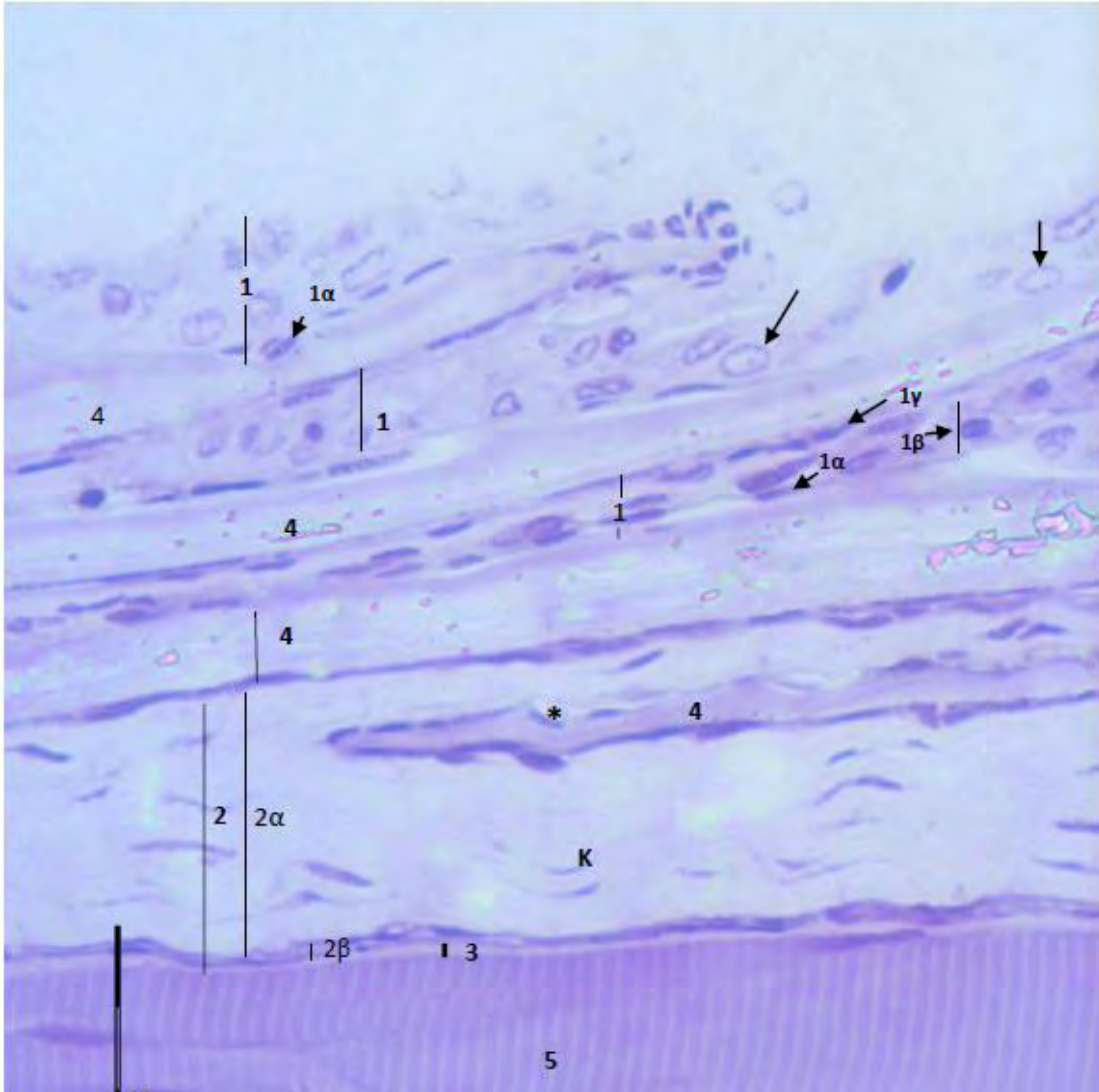
γ) βλεννογόνα ή καλυκοειδή κύτταρα (Εικ 3.1), τα οποία βρίσκονται διάσπαρτα κατά μήκος της επιδερμίδας (Groman, 1982). Σύμφωνα με τον Stoskopf, (1993), τα βλεννογόνα κύτταρα περιέχουν γλυκοπρωτεΐνες, διαφοροποιούνται στη βλαστική στιβάδα και μεταναστεύουν στην επιφάνεια του δέρματος, όπου και αποβάλλουν το περιεχόμενό τους. Ο ρόλος της βλέννας είναι πολύ σημαντικός για το ψάρι: κάνει το σώμα ολισθηρό, ελαττώνει τις τριβές κατά την κολύμβηση, κατακρατεί τα αιωρούμενα σωματίδια του νερού και ρυθμίζει την ωσμωτική πίεση του σώματος με τη συμμετοχή της στην ανταλλαγή των αλάτων του σώματος και του νερού (Φώτης & Αγγελίδης, 2003).

δ) άλλα κύτταρα που βρίσκονται στην επιδερμίδα είναι λεμφοκύτταρα και μακροφάγα. Στο δέρμα της κρανιακής και κοιλιακής περιοχής διαπιστώθηκε η ύπαρξη καλυκοειδών χημειοϋποδοχέων οξυγόνου (κάλυκες γεύσης) που βοηθούν στον εντοπισμό της τροφής.

Η επιδερμίδα παίζει τον κύριο ρόλο στο σχηματισμό των λεπιών και σχετίζεται με τη δερματική κατασκευή (Νεοφύτου, 2015).

### 3.2 Χόριο

Το χόριο (*Dermis* ή *Corium*), βρίσκεται ανάμεσα στην επιδερμίδα και την υποδερμίδα (Εικ. 3.1). Αποτελείται από δύο στρώματα: ακριβώς κάτω από την επιδερμίδα βρίσκεται το σπογγώδες στρώμα (*Stratum spongiosum*) ή χαλαρή στοιβάδα (*Stratum laxum*) και βαθύτερα το συμπαγές (*Stratum compactum*) (Εικ. 3.2). Το πάχος του συμπαγούς στρώματος (*Stratum compactum*) μειώνεται σε διάφορα τμήματα του σώματος όπου δεν υπάρχουν λέπια (κεφαλή, ακτίνες των πτερυγίων) (Ferguson, 2006). Το σπογγώδες στρώμα (*Stratum spongiosum*) αποτελείται από: δίκτυο κολλαγόνου, ινοβλάστες, χρωματοφόρα κύτταρα, φαγοκύτταρα, νεύρα, διάφοροι τύποι κυττάρων και προπαντός αιμοφόρα αγγεία, τα οποία εκτός των άλλων λειτουργιών, βοηθούν και την αναπνοή (Εικ. 3.2) (Genten *et al.*, 2009; Φώτης & Αγγελίδης, 2003). Το συμπαγές στρώμα (*Stratum compactum*) αποτελείται από πυκνές κολλαγόνες ίνες, παράλληλα διατεταγμένες με την επιφάνεια του δέρματος (Genten *et al.*, 2009), οι οποίες ευθύνονται για τη δύναμη και την ελαστικότητα του δέρματος. Εκτός από το συνδετικό ιστό, στο χόριο ή αλλιώς κυρίως δέρμα, υπάρχουν κύτταρα λείου μυϊκού ιστού, απολήξεις νευρικών ινών και άφθονα χρωματοφόρα και ιριδοφόρα κύτταρα, τα οποία είναι ειδικά αστεροειδή με προεξοχές.



**Εικόνα 3.2.:** Ιστολογική τομή δέρματος πλευρικού τμήματος τσιπούρας (*Sparus aurata*) όπου παρατηρείται μια λεπτομερέστερη στιβάδωση του δέρματος: (1), επιδερμίδα, (2) χόριο και (3) υποδερμίδα. Η επιδερμίδα φέρει πολύστιβο πλακώδες επιθήλιο (1) και συγκροτείται από τρία στρώματα: εσωτερικά, από τη βασική στιβάδα (1α), η οποία αποτελείται από μία σειρά κυττάρων κυλινδρικού σχήματος, που μαζί με την επόμενη, τη στιβάδα των ατρακτοειδών κυττάρων (1β), σχηματίζουν τη μαλιγγιανή στιβάδα και ένα εξωτερικό επιδερμικό στρώμα κυττάρων (1γ). Η στιβάδα των ατρακτοειδών κυττάρων αποτελείται από περισσότερες από μία σειρά κυττάρων, το σχήμα των οποίων αποπλατύνεται όσο πιο κοντά βρίσκονται στην επόμενη στιβάδα. Στην επιδερμίδα επίσης παρατηρούνται βλεννογόνα κύτταρα (βέλη). Τα λέπια βρίσκονται στερεωμένα κάτω από την επιδερμίδα, μέσα στο χόριο, σε ειδικές θήκες (4). Κάποιες θήκες λεπίων φέρουν λέπια (\*) ενώ σε κάποιες έχουν απωλεσθεί λόγω της μεταχείρισής του ιστού. Το χόριο (2), συγκροτείται από δύο στρώματα: το σπογγώδες (2α) και το συμπαγές στρώμα (2β). Το σπογγώδες στρώμα είναι πλούσιο σε ίνες κολλαγόνου (K) και ελαστίνης. Η υποδερμίδα (3), αποτελείται από χαλαρό, λιπώδη ιστό και συνδέει το δέρμα με τα υποκείμενα όργανα, τον μυϊκό ιστό (5). (X40, Χρώση Κυανούν της Τολουϊδίνης). (Μικροφωτογραφία: Προσωπικό αρχείο Τζιώρτζιου Α., 2020).



Επίσης, χρωματοφόρα και ιριδοφόρα κύτταρα βρίσκονται διασκορπισμένα σε όλη την έκταση του δέρματος, τα ποία είναι υπεύθυνα για την μεγάλη ποικιλία των χρωματισμών στο δέρμα των ψαριών. Τα κύτταρα αυτά περιέχουν σε μορφή κοκκιδίων ή σταγονιδίων ποικιλία χρωστικών ουσιών και ανάλογα με το είδος της χρωστικής που περιέχουν χωρίζονται σε μελανοφόρα (κόκκοι μελανίνης), ξανθοφόρα (κίτρινη χρωστική), ερυθροφόρα (κόκκινη χρωστική) και λευκοφόρα ή ιριδοφόρα (γουανίνη) (Φώτης & Αγγελίδης, 2003).

### **3.3. Υποδερμίδα**

Η υποδερμίδα των ψαριών, αποτελεί ένα λεπτό στρώμα από χαλαρό, λιπώδη ιστό, περισσότερο αγγειοβριθής από το χόριο, (Genten *et al.*, 2009), ο οποίος βρίσκεται ανάμεσα στο χόριο και το μυϊκό ιστό (Εικ.3.1. & 3.2).

Η επιδερμίδα στο λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*) και στην τσιπούρα (*Sparus aurata*) ακολουθεί την βασική ιστολογική δομή των τελεόστων ιχθύων που περιγράφηκε παραπάνω και απεικονίζεται στις Εικόνες 3.1 και 3.2.

### **3.4. Λέπια**

Το δέρμα των περισσότερων ειδών τελεόστων ιχθύων καλύπτεται από λέπια, τα οποία έχουν δερμική προέλευση. Σχηματίζουν το δερματικό σκελετό ή εξωσκελετό που ως σκοπό έχει την προστασία του σώματος.

Η ιστολογική τους δομή αποτελείται από δύο στοιβάδες, μια εξωτερική σκληρή στοιβάδα από υαλοδοντίνη και μια εσωτερική οστέινη, η οποία αποτελείται από ασβεστοποιημένη μεσοκυττάρια ουσία, η οποία περικλείει ίνες κολλαγόνου με παράλληλη διάταξη (Groman, 1982; Νεοφύτου & Νεοφύτου, 2017). Τα λέπια βρίσκονται στο σπογγώδες στρώμα του χορίου μέσα σε ειδικές θήκες του δέρματος (Εικ. 3.2).

Τα λέπια σχηματίζονται από εναποθέσεις ιόντων ανόργανων στοιχείων και κυρίως ασβεστίου και μαγνησίου (Ca, Mg), τα οποία μεταφέρονται με τα σωματικά υγρά και εναποτίθενται μέσα στις θήκες (Νεοφύτου & Νεοφύτου, 2017). Η αύξησή τους είναι ασυνεχής σχηματίζοντας ομόκεντρους κύκλους στην επιφάνειά τους, οι οποίοι χρησιμοποιούνται στην εκτίμηση της ηλικίας των ψαριών.

Διακρίνονται τρία είδη λεπιών: τα κοσμοειδή, τα γανοειδή και τα ελασμοειδή, τα οποία με τη σειρά τους διακρίνονται σε δύο είδη, τα κυκλοειδή και τα κτενοειδή.

Η τσιπούρα (*Sparus aurata*) και το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*) φέρουν κτενοειδή λέπια τα οποία καλύπτουν όλο το σώμα. Στην τσιπούρα (*Sparus aurata*) στο ρύγχος δεν υπάρχουν λέπια ενώ στο λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*) τα λέπια του είναι μικρά και σκεπάζουν και το κεφάλι του. Ο αριθμός των λεπιών στην πλευρική γραμμή είναι 73 με 85 στην τσιπούρα (*Sparus aurata*) και 62 έως 80 στο λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*).

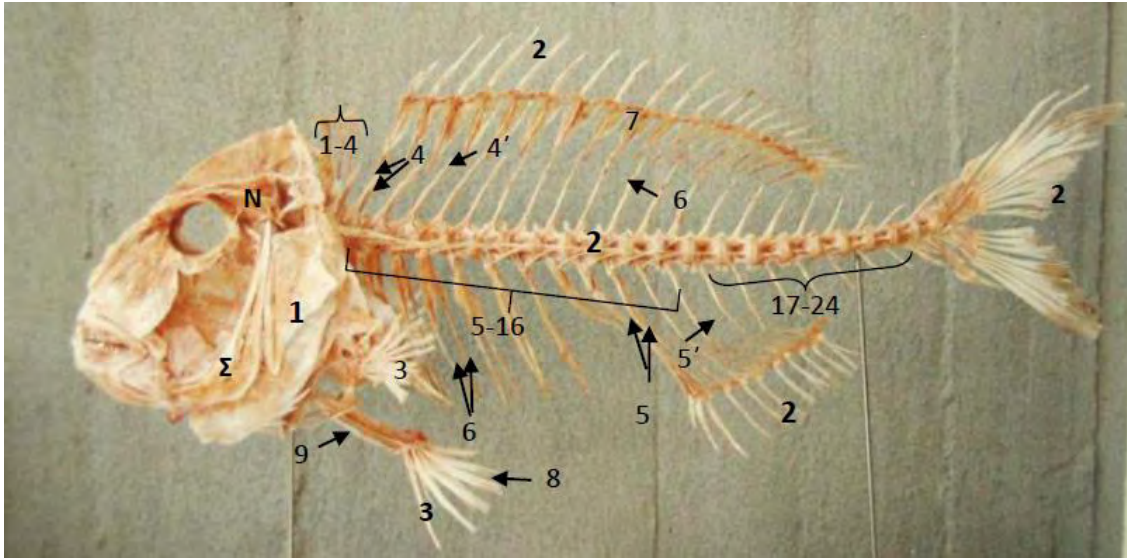
Τα κτενοειδή λέπια έχουν σχήμα περίπου κυκλικό και στο ελεύθερο άκρο τους φέρουν πυκνή σειρά από οδοντίδια, τα οποία μοιάζουν με κτένια.

#### 4. ΣΚΕΛΕΤΟΣ

Ο σκελετός των ιχθύων είναι είτε οστεΐνος (οστεϊχθύες ή τελεόστεοι), είτε χόνδρινος (χονδροϊχθύες). Ο σκελετός των τελεόστεων ιχθύων διαιρείται σε *κεφαλικό*, *αξονικό* και *ζωνικό* (Εικ.4.1.).

Ο *κεφαλικός σκελετός* αποτελείται από το νευροκρανίο, το οποίο σχηματίζει την κρανιακή θήκη ή κάψα, μέσα στην οποία εσωκλείεται ο εγκέφαλος και τα αισθητήρια όργανα και το σπλαγχοκρανίο, το οποίο αποτελείται από τον σκελετό των γνάθων και των βραγχιακών τόξων. Στην κεφαλή των ψαριών βρίσκονται περισσότερα από 30 οστά και μύες (Λεονάρδος, 2011).

Ο *αξονικός σκελετός* περιλαμβάνει την σπονδυλική στήλη, τις πλευρές καθώς και τα άζυγα πτερύγια (ραχιαίο, εδρικό, ουραίο) (Νταϊλιάνης, 2008). Η σπονδυλική στήλη, η οποία αντικαθιστά τη νωτιαία χορδή του εμβρύου, σχηματίζεται από τους σπονδύλους, οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους με συνδετικό ιστό (Φώτης & Αγγελίδης, 2003). Οι σπόνδυλοι διακρίνονται σε προ-αιματικούς, οι οποίοι εντοπίζονται στην περιοχή της κοιλιάς και στους οποίους προσφύονται οι πλευρές και σε αιματικούς, οι οποίοι εντοπίζονται στην μετα-εδρική περιοχή και στο ουρόστυλο, το οποίο είναι ο τελευταίος σπόνδυλος στην περιοχή της ουράς (Εικ.4.1) (Νταϊλιάνης, 2008).



**Εικόνα 4.1.:** Σκελετός τσιπούρας (*Sparus aurata*). Ο σκελετός της τσιπούρας (*Sparus aurata*) διαιρείται σε: κρανιακό σκελετό (1), αξονικό σκελετό (2) και ζωνικό σκελετό (σκελετός ζυγών περυγίων) (3).

Ο κρανιακός σκελετός αποτελείται από το Νευροκρανίο (N) και το Σπλαγνοκρανίο (Σ).

Ο αξονικός σκελετός συγκροτείται: α) από 24 σπονδύλους, 4 αυχενικούς σπονδύλους (1-4), 12 κοιλιακούς και 8 ουραίοι σπόνδυλοι (17-24). Από κάθε σπόνδυλο εκφύονται ραχιαίως δύο αποφύσεις, οι λεγόμενες νευραποφύσεις (4), το σημείο της ένωσης τους αποτελεί την ακανθώδη απόφυση (4'), κοιλιακώς δύο άλλες αποφύσεις, οι οποίες ονομάζονται αιματοποφύσεις (5) και το σημείο της ένωσης τους αποτελεί την αιματάκανθα (5') β) τις πλευρές (6), λεπτά, μακριά και κυρτωμένα οστά που στηρίζονται πάνω στις εγκάρσιες αποφύσεις των σπονδύλων και βυθίζονται στα τοιχώματα της κοιλιάς, σχηματίζοντας κάτω από την σπονδυλική την γενική ή αιματική κοιλότητα και γ) από το σκελετό των μονών περυγίων, ραχιαίου, εδρικού και ουραίου (7).

Ο ζωνικός σκελετός αποτελείται από τον σκελετό των ζυγών περυγίων, θωρακικών και κοιλιακών, τα οποία αποτελούνται από μαλακές ακτίνες (λεπιδοτρίχια) (8) και τα εσωτερικά οστά στήριξης τους (9). (Φώτο: Νταϊλιάνης, (2008), η οποία έχει τροποποιηθεί για την υπόδειξη των επιμέρους σκελετικών τμημάτων).

Οι σπόνδυλοι έχουν σχήμα αμφίκυκλο, ενώ ο καθένας τους περιλαμβάνει ένα σπονδυλικό σώμα, νευρικά και αιματικά τόξα. Από κάθε σπόνδυλο εκφύονται ραχιαίως δύο αποφύσεις, οι λεγόμενες νευραποφύσεις, οι οποίες ενώνονται και σχηματίζουν κωνική κοιλότητα, το νευρικό σωλήνα, από τον οποίο περνά ο νωτιαίος μυελός. Από το

σημείο της ένωσης τους και πάνω σηκώνεται οστέινο στέλεχος, που λέγεται ακανθώδης απόφυση. Από τους σπονδύλους εκφύονται κοιλιακώς δύο άλλες αποφύσεις, οι οποίες ονομάζονται αιματοποφύσεις. Οι αιματοποφύσεις μένουν ανοιχτές στον κορμό, ενώ στους σπονδύλους της ουράς ενώνονται και σχηματίζουν μια ασίδα, την αιμοκοιλότητα, η οποία φιλοξενεί την ουραία αρτηρία και την φλέβα. Από το σημείο ένωσης τους και προς τα κάτω υπάρχει μια προέκταση (οστέινο στέλεχος), η αιματάκανθα (Εικ. 4.1.) (Φώτης & Αγγελίδης, 2003).

Από τους σπονδύλους αναχωρούν οι αρθρικές αποφύσεις, οι οποίες δίνουν μεγαλύτερη ευκαμψία στη σπονδυλική στήλη και οι εγκάρσιες αποφύσεις ή πλευραποφύσεις πάνω στις οποίες στηρίζονται οι πλευρές. Σε πολλά είδη ψαριών οι πλευραποφύσεις λείπουν (κυπρίνος) και οι πλευρές στηρίζονται στις αιματοποφύσεις. Οι πλευρές είναι λεπτά, μακριά και κυρτωμένα οστά βυθισμένα στα τοιχώματα της κοιλιάς, σχηματίζοντας κάτω από την σπονδυλική μια κοιλότητα, την γενική ή αιματική κοιλότητα (Εικ. 4.1.) (Φώτης & Αγγελίδης, 2003).

Ο ζωνικός σκελετός αποτελείται από οστάρια που εισχωρούν μέσα στο σώμα του ψαριού ώστε να παρέχουν στήριξη στις ακτίνες των κοιλιακών και θωρακικών πτερυγίων. Τα πτερύγια είναι πτυχές του δέρματος υποστηριζόμενες από σκελετικές ακτίνες (Genten *et al.*, 2009). Ο σκελετός των πτερυγίων συγκροτείται από λεπιδοτρίχια (Εικ. 4.3) (Φώτης & Αγγελίδης, 2003).

Ο σκελετός είναι σύστημα στήριξης (ερειστικό σύστημα) που συγκροτείται από οστά και χόνδρους. Ο λειτουργικός ρόλος του σκελετού είναι να παρέχει σταθερή στήριξη του σώματος των ψαριών, να προστατεύει ζωτικά όργανα όπως αυτά της κρανιακής κοιλότητας, αποτελεί την επιφάνεια για την πρόσφυση του μυϊκού ιστού

ώστε σε συνεργασία σκελετικού και μυϊκού ιστού να επιτελείται η κίνηση των ψαριών καθώς επίσης λειτουργεί και ως αποθήκη ασβεστίου, φωσφόρου και άλλων ιόντων.



**Εικόνα 4.2.:** Σκελετός λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*)

(Πηγή: <http://www.skeletonsuk.com/gallery/4582632332>)

Το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*) και η τσιπούρα (*Sparus aurata*) ανήκουν στην κλάση των Οστεϊχθύων (*Osteichthyes*). Ο σκελετός τους είναι οστέινος με πολλούς σπονδύλους. Ο Bou Ain (1977) κατέγραψε 24 σπονδύλους στην σπονδυλική στήλη του λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*) ενώ ο συνολικός αριθμός των σπονδύλων κυμαίνεται από 24-26. Ο συνολικός αριθμός των σπονδύλων στην τσιπούρα (*Sparus aurata*) σύμφωνα με τους Berillis & Panagiotopoulos, (2015) είναι 24 (Εικ. 4.1. & 4.2.).

#### 4.1. Χονδρικός ιστός

Ο χονδρικός ιστός είναι ένα είδος ανθεκτικού, εύκαμπτου συνδετικού ιστού. Η επιφάνειά του είναι συνήθως λεία και ελαστική. Το μεσοκυττάριο υγρό του αποτελείται κυρίως από θειϊκή χονδροϊτίνη και κολλαγόνο ή ελαστίνη. Ο χονδρικός ιστός δεν έχει αγγεία και τρέφεται με διάχυση από τα τριχοειδή του παρακείμενου συνδετικού ιστού (Χατζηϊωάννου & Βαφείδης, 2015).

Τα περισσότερα στοιχεία του χόνδρου καλύπτονται από ένα ινώδες στρώμα, το περιχόνδριο, το οποίο αποτελείται από δύο στιβάδες, την έξω ινώδη στιβάδα και μια έσω κυτταροβριθή στιβάδα, τα κύτταρα της οποίας συνθέτουν την εξωκυττάρια ουσία. Το περιχόνδριο διαθέτει πλειάδα αγγείων. Υπάρχουν τρεις βασικοί τύποι του χόνδρου: ο υαλώδης, ο ελαστικός και ο ινώδης (Βερίλλης & Μεντέ, 2017).

Ο υαλώδης χόνδρος είναι μια ημιδιαφανής και εύκαμπτη ουσία, η οποία αποτελείται από ίνες κολλαγόνου τύπου II, αλλά ο δείκτης διαθλάσεως των ινών και της εξωκυττάριας ουσίας είναι τέτοιος, ώστε οι ίνες αυτές δεν είναι ορατές στα συνήθη ιστολογικά παρασκευάσματα. Ο ελαστικός χόνδρος περιέχει ίνες κολλαγόνου τύπου II και ελαστικές ίνες διάσπαρτες σε όλη τη θεμέλια ουσία, προσδίδοντας έτσι επιπλέον ευλυγισία. Οι ελαστικές ίνες είναι ορατές σε ιστολογικές τομές με τη βοήθεια ειδικής χρώσης (Ορκεΐνη). Ο ινώδης ιστός περιέχει ένα πυκνό πλέγμα από κολλαγόνες ίνες τύπου I, οι οποίες είναι οξεόφιλες και χρωματίζονται με όξινες χρωστικές (Βερίλλης & Μεντέ, 2017).

#### 4.1.1 Κύτταρα χονδρικού ιστού

Τα κύτταρα του χονδρικού ιστού είναι τα χονδρογόνα κύτταρα, οι χονδροβλάστες και τα χονδροκύτταρα.

Τα χονδρογόνα κύτταρα αποτελούν τον κύριο κυτταρικό τύπο της έσω κυτταροβριθούς στιβάδας του περιχονδρίου. Διαφοροποιούνται τόσο σε χονδροβλάστες, όσο και σε χονδροκύτταρα. Προέρχονται από μεσεγχυματικά κύτταρα. Έχουν ατρακτοειδές σχήμα με ωοειδή πυρήνα, ελάχιστο κυτταρόπλασμα, λίγα μιτοχόνδρια, μικρή συσκευή Golgi και πολλά ελεύθερα ριβοσώματα (Βερίλλης & Μεντέ, 2017).

Οι χονδροβλάστες, είναι βασεόφιλα κύτταρα με σχήμα υποστρόγγυλο. Εκκρίνουν θεμέλια ουσία και παγιδούνται μέσα σε αυτή εντός μικρών κοιλοτήτων. Οι χονδροβλάστες που περιβάλλονται από θεμέλια ουσία ονομάζονται χονδροκύτταρα. Παρουσιάζουν μεγάλο πυρήνα με εμφανή πυρηνίσκο. Το σχήμα των χονδροκυττάρων που εντοπίζονται κοντά στην επιφάνεια είναι ωοειδές ενώ όσων εντοπίζονται στα έσω στρώματα εμφανίζουν στρογγυλό σχήμα (Βερίλλης & Μεντέ, 2017).

Ο χονδρικός σκελετός συναντάται κατά κύριο λόγο στους χονδριχθύες (π.χ. καρχαρίας) καθώς επίσης και στο σκελετό κάποιων ειδών, νεαρών τελεόστεων ιχθύων (Stoskopf, 1993). Σύμφωνα με τους Faustino & Power, (1998), στα σπονδυλωτά, κατά την διάρκεια της εμβρυογένεσης, σκελετός τους αρχικά είναι χόνδρινος και στην συνέχεια μετατρέπεται σε οστίτη ιστό.

Στο λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*) και στην τσιπούρα (*Sparus aurata*), ο σκελετός των νεαρών ψαριών αρχικά αποτελείται σε μεγάλο ποσοστό από χονδρικό



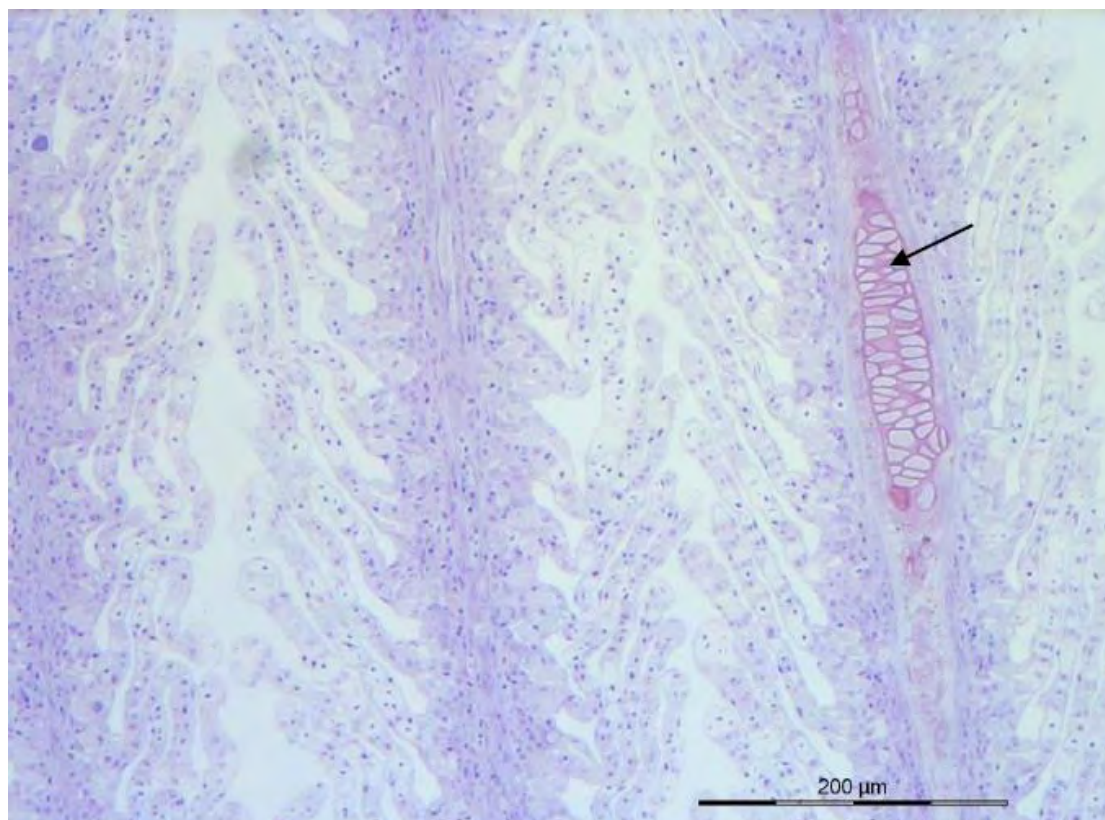
ιστό (Kuzir *et al.*, 2004; Faustino & Power 1998) και η έναρξη της οστεοποίησης πραγματοποιείται στα 5,7 - 6 mm Σταθερού Μήκους (Σ.Μ) (Faustino & Power, 1998).

Από την ιστολογική μελέτη ιχθυδίων και ενήλικων ψαριών τσιπούρας (*Sparus aurata*) και λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*) χονδρικός ιστός παρατηρήθηκε:

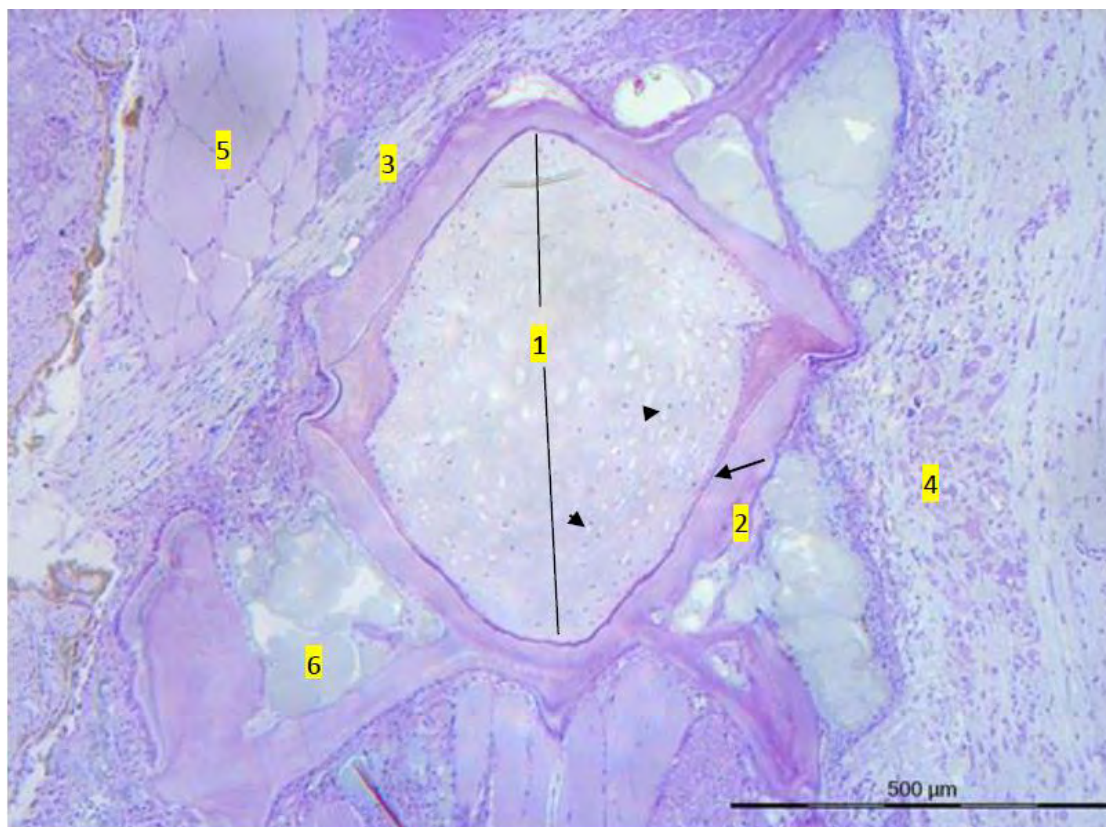
A) στα πρωτογενή βραγχιακά νημάτια (Εικ. 4.3.).

B) στη νωτοχορδή, (Εικ. 4.4. & 4.5.). Η νωτοχορδή, βρίσκεται μέσα στην σπονδυλική στήλη των ψαριών ως ένα κορδόνι που ξεκινάει από το νευροκρανίο και καταλήγει στην βάση του ουραίου περυγίου και σύμφωνα με τον Groman, (1982) αποτελείται από μη ασβεστοποιημένο ιστό (μία μορφή μεταξύ χόνδρου και κυτταρικού συνδετικού ιστού).

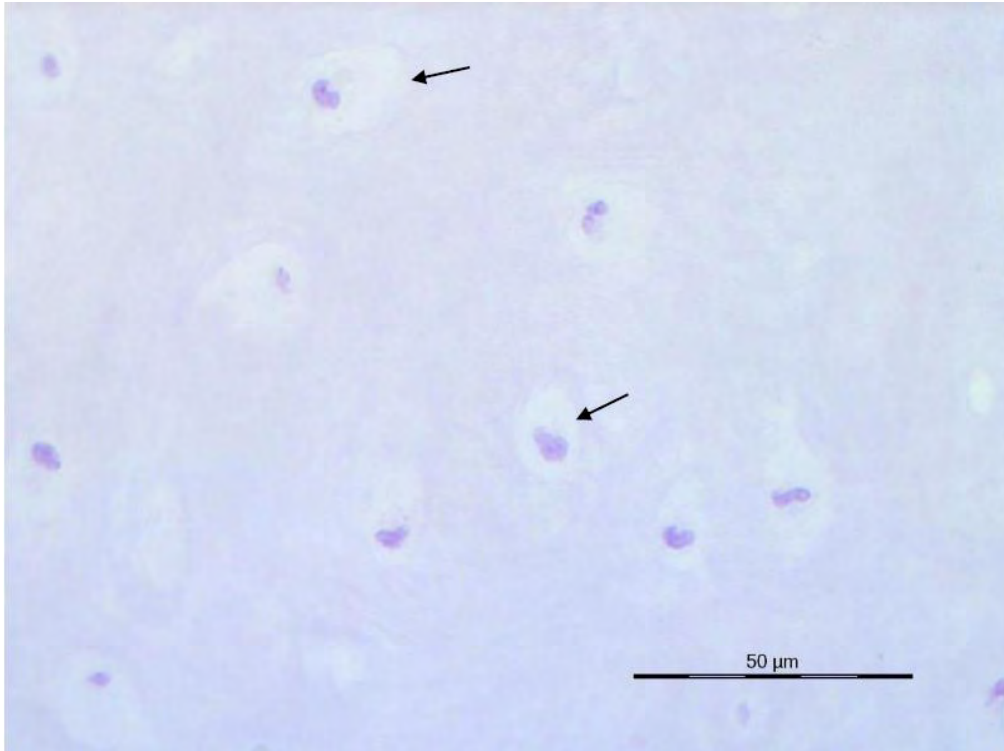
Γ) στην γλώσσα. Χονδρικός ιστός περιβάλλει το υμενογενές οστό της γλώσσας, στο λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*) (Παπαδόπουλος, 2008) αλλά και της τσιπούρας (*Sparus aurata*) (Levanti *et al.*, 2017).



**Εικόνα 4.3.** Υαλοειδής χόνδρος (βέλος) σε πρωτογενή βραγχιακά νημάτια τσιπούρας (*Sparus aurata*). Διακρίνονται τα χονδροκύτταρα (βέλος), με ορθογώνιο σχήμα, τα οποία περιβάλλονται από οξεόφιλη μεσοκυττάρια ουσία. (X10, Χρώση Κυανού της Τολουιδίνης) (Μικροφωτογραφία: Προσωπικό αρχείο Τζιώρτζιου Α., 2020).



**Εικόνα 4.4.:** Επιμήκης τομή κατά μήκος της ράχης ιχθυδίου λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*) (Σ.Β. 1 γρ.), στην οποία φαίνεται το αμφικωνικό συμπαγές κέντρο ενός σπονδύλου, μέσω του οποίου διέρχεται η Νωτοχορδή (1). Η νωτοχορδή συγκροτείται από υαλοειδή χόνδρο, ο οποίος περικλείεται από συνδετικό ιστό (βέλος) και ακυτταρικό οστό (2). Ο χόνδρος αποτελείται από χονδροκύτταρα (κεφαλές βέλους). Εκατέρωθεν του σπονδύλου, παρατηρείται η κοιλιακή αορτή (3), ο νωτιαίος μυελός (4), μυϊκός ιστός (5), λιπώδης ιστός (6). (X5, Χρώση Κυανούν της Τολουϊδίνης). (Μικροφωτογραφία: Προσωπικό αρχείο Τζιώρτζιου Α., 2020).



**Εικόνα 4.5.:** Υαλοειδής χόνδρος στο κέντρο σπονδύλου γόνου λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*). Διακρίνονται χονδροκύτταρα με βαθυχρωματικούς πυρήνες και κυτταρόπλασμα λιγότερο βασεόφιλο. Η μεσοκυττάρια ουσία είναι βασεόφιλη. (Χ40, Χρώση Κυανού της Τολουιδίνης). (Μικροφωτογραφία: Προσωπικό αρχείο Τζιώρτζιου, 2020).

Στο λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*), στα οστά των σιαγόνων, των βραγχιακών τόξων και σε διάφορα οστά του κρανίου απαντάται μικτό και σπογγώδες οστό (Παπαδόπουλος, 2008). Το μικτό οστό αποτελεί μία συγχώνευση δερματικών και χόνδρινων οστέινων στοιχείων και μπορεί να περιέχει υαλοειδή χόνδρο, ακυτταρικό οστό και αραιό ή πυκνό συνδετικό ιστό (Groman, 1982). Το σπογγώδες οστό, αποτελείται από πετάλια και περιέχει χώρους, που του δίνουν μια πορώδη ή σπογγώδη εμφάνιση (Stoskopf, 1993) (μετά από Παπαδόπουλος, 2008).

## 4.2. Οστίτης ιστός

Ο οστίτης ιστός αποτελεί εξειδικευμένο τύπο συνδετικού ιστού, του οποίου η εξωκυττάρια ουσία είναι εφραλατωμένη και έχει εγκλωβίσει τα κύτταρα που την παράγαν (Βερίλλης & Μεντέ, 2017). Απαντάται τόσο ως το βασικό στοιχείο του εσωτερικού σκελετού καθώς επίσης και ως κερατινοειδείς προεξοχές (σκληρές πλάκες ή λέπια) που καλύπτουν το δέρμα και παρέχουν προστασία.

Τα οστά των ψαριών έχουν παρόμοια ιστολογική δομή με αυτή των σπονδυλωτών με μία κύρια διαφορά ότι δεν διαθέτουν μυελό των οστών και δεν υπάρχουν αιμοποιητικά στοιχεία εντός των οστών (Βερίλλης & Μεντέ, 2017).

Στους ακτινοπετερύγιους ιχθύες, ο οστίτης ιστός διακρίνεται σε δύο τύπους, στον κυτταρικό οστίτη ιστό και τον ακυτταρικό οστίτη ιστό.

Ο κυτταρικός οστίτης ιστός απαντάται στις κατώτερες τάξεις των ακτινοπετερύγιων ιχθύων και χαρακτηρίζεται από την παρουσία οστεοκυττάρων μέσα στην μεσοκυττάρια ουσία.

Ο ακυτταρικός οστίτης ιστός απαντάται στα οστά των ανώτερων ακτινοπετερύγιων, στους οποίους περιλαμβάνεται η τσιπούρα (*Sparus aurata*) και το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*). Σ' αυτό τον τύπο οστίτη ιστού, δεν παρατηρούνται οστεοκύτταρα στη μεσοκυττάρια ουσία καθώς σύμφωνα με τον Kranenbarg *et al.*, (2005), οι οστεοβλάστες υποχωρούν στο στάδιο της ασβεστοποίησης και δεν παγιδεύονται μέσα στα οστά (Παπαδόπουλος, 2008).

Η ιστολογική δομή των οστών του ακυτταρικού οστίτη ιστού, σύμφωνα με τον Groman, (1982), αποτελείται από το περιόστεο, το οποίο περιβάλλει εξωτερικά το οστό. Το περιόστεο αποτελείται από δύο στρώματα, ένα στρώμα ινώδους συνδετικού ιστού και ένα οστεογόνο στρώμα, στο οποίο υπάρχουν οστεοβλάστες, που εκκρίνουν την κολλαγόνο θεμέλια ουσία των ακυτταρικών οστών (Παπαδόπουλος, 2008).

#### **4.2.1. Κύτταρα οστίτη ιστού**

Τα κύτταρα του οστίτη ιστού είναι οι οστεοβλάστες, τα οστεοκύτταρα και οι οστεοκλάστες (Κουσουλάκος, 2007).

Οι οστεοβλάστες εντοπίζονται στην επιφάνεια του οστίτη ιστού και συνθέτουν το οργανικό τμήμα της εξωκυττάριας θεμέλιας ουσίας του οστού (κολλαγόνο, γλυκοζαμινογλυκάνες), συμβάλλοντας ταυτόχρονα και στην εναπόθεση των ανόργανων συστατικών. Οι ενεργοί οστεοβλάστες έχουν κυβοειδές προς κυλινδρικό σχήμα και βασεοφιλικό κυτταρόπλασμα (Βερίλλης & Μεντέ, 2017).

Τα οστεοκύτταρα προέρχονται από τους οστεοβλάστες και βρίσκονται μέσα στις κοιλότητες (οστικά βοθρία) και ο ρόλος τους είναι η συντήρηση της μεσοκυττάριας θεμέλιας ουσίας (Βερίλλης & Μεντέ, 2017). Οστεοκύτταρα απαντώνται μόνο στον κυτταρικό τύπο οστίτη ιστού (Kranenbarg *et al.*, 2005).

Οι οστεοκλάστες προέρχονται από τα μονοκύτταρα του αίματος. Καταλαμβάνουν τα βοθρία του Howship (αβαθή κοιλώματα), που είναι θέσεις απορρόφησης οστού. Εμφανίζονται ως μικρού μεγέθους μονοπύρρηνα κύτταρα, αλλά μπορούν να

εμφανιστούν και με την μορφή γιγαντοκυττάρων (Βερίλλης & Μεντέ, 2017). Είναι κύτταρα τα οποία συμμετέχουν στην απορρόφηση και στην αναδιαμόρφωση του οστίτη ιστού (Mescher, 2017).

Στους τελεόστεους ιχθύες, τα οστά ανάλογα με την προέλευσή τους διακρίνονται σε δυο κατηγορίες:

A) οστά αντικατάστασης ή χονδρογενή, τα οποία προέρχονται από αντικατάσταση χόνδρων (Λεονάρδος, 2011).

B) δερματογενή ή επιδερμικά ή υμενογενή οστά, τα οποία προκύπτουν από οστεοποίηση πλακών ή υμένων δερμικής προέλευσης (Λεονάρδος, 2011), άμεση οστέωση (Groman, 1982).

Ο σχηματισμός των οστών γίνεται με έμμεση περιχόνδρια και ενδοχόνδρια οστέωση του υαλοειδούς χόνδρου.

Κατά την περιχόνδρια οστέωση, τα οστά φέρουν χόνδρινο πυρήνα, ο οποίος περιβάλλεται από ακυτταρικό οστό (νευραποφύσεις, αιματοποφύσεις).

Με την ενδοχόνδρια οστέωση, σχηματίζονται τα ακυτταρικά οστά. Ακυτταρικό οστίτη ιστό συναντούμε στα οστά του αξονικού σκελετού (νευροκράνιο, σπόνδυλοι) (Εικ. 4.4.) (Groman, 1982).

Ο οστίτης ιστός στην τσιπούρα (*Sparus aurata*) και το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*) ακολουθεί την ίδια ιστολογική δομή των ανώτερων ακτινοπτερύγιων και ειδικότερα των νεοτελεόστεων ιχθύων, όπως αυτή αναφέρεται παραπάνω.

### 4.3. Πτερύγια

Τα πτερύγια είναι μεμβρανώδεις προεξοχές του σώματος των ψαριών και χρησιμοποιούνται τόσο σαν όργανα κίνησης όσο και για την ισορροπία τους (Νεοφύτου, 2015). Η τσιπούρα (*Sparus aurata*) φέρει ένα ραχιαίο πτερύγιο κατά μήκος της ράχης, το οποίο αποτελείται από σκληρές και μαλακές ακτίνες. Ο αριθμητικός τύπος των ακτίνων του ραχιαίου και του εδρικού πτερυγίου της τσιπούρας (*Sparus aurata*) είναι αντίστοιχα, DXI/13-14 και AIII/11-12 (Εικ. 4.1) (Νεοφύτου, 2015).

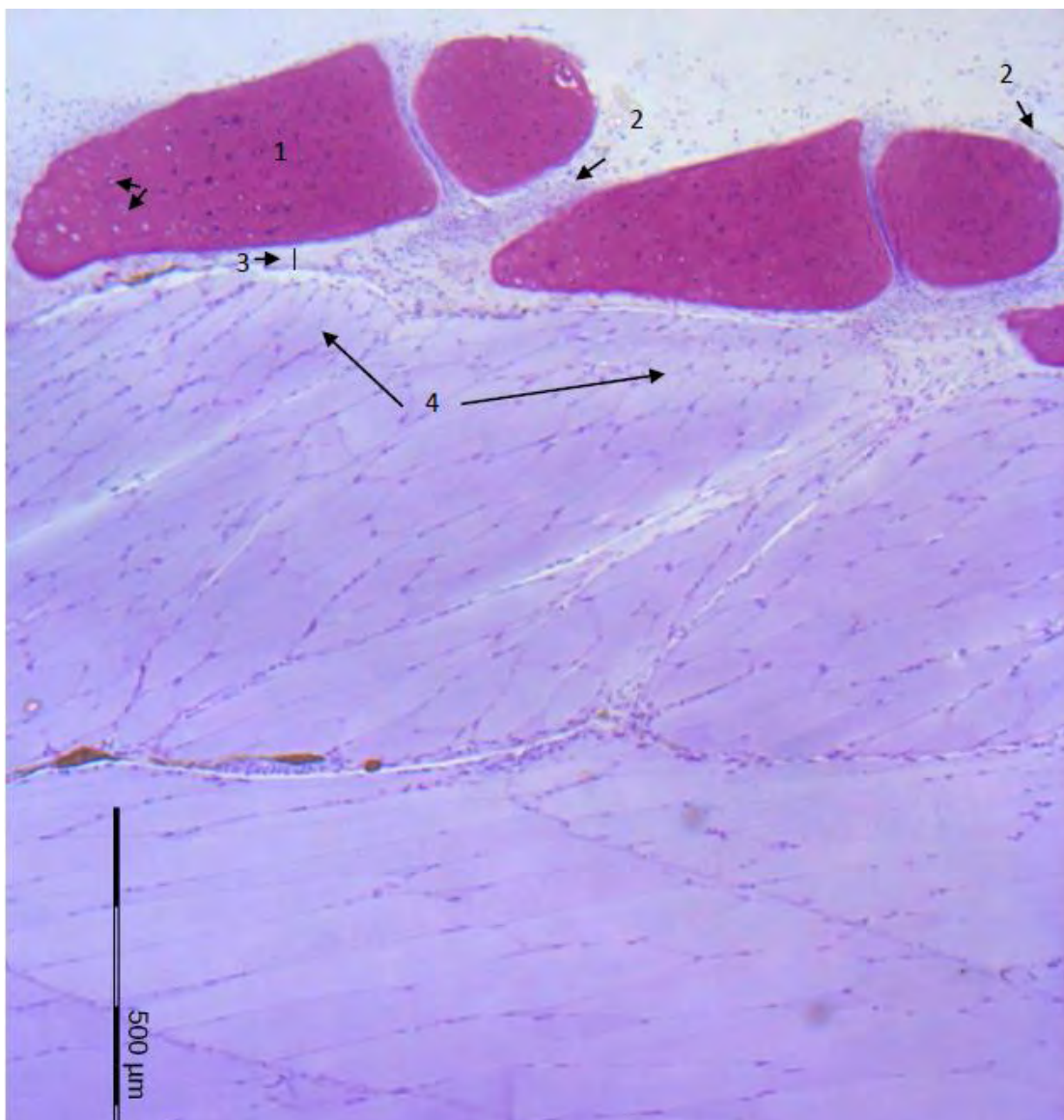
Το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*) φέρει δύο ραχιαία πτερύγια. Το πρώτο ραχιαίο πτερύγιο αποτελείται από 8-10 σκληρές ακτίνες και το δεύτερο από 12-13 ακτίνες, από τις οποίες η πρώτη είναι σκληρή και οι υπόλοιπες είναι μαλακές. Το εδρικό πτερύγιο φέρει τρεις σκληρές ακτίνες και 10-12 μαλακές ακτίνες (Εικ. 4.2) (Moretti *et al.*, 1999). Τα δύο ραχιαία, το εδρικό και το ουραίο πτερύγιο είναι μονά, ενώ τα θωρακικά και τα κοιλιακά πτερύγια απαντούν σε ζεύγη. Το ζεύγος των κοιλιακών πτερυγίων και στα δύο είδη βρίσκεται στο στήθος και καλείται στηθιαίο. Το ουραίο πτερύγιο και στα δύο είδη είναι ισόλοβο. Η θέση και η μορφή των πτερυγίων στην τσιπούρα (*Sparus aurata*) και στο λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*) φαίνονται στις Εικόνες 1.1., 1.2., 4.1., και 4.2..

Ανατομικά, τα πτερύγια αποτελούνται από σκληρές ή μαλακές ακτίνες, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, μέσω των οποίων συνδέονται με το μυοσκελετικό σύστημα. Οι πτερυγιοφορείς μύες επιτρέπουν την ανόρθωση και την πτώση των πτερυγίων (Ferguson, 2006), συμβάλλοντας στην προώθηση και την ισορροπία των ψαριών. Η ομοταξία των Ακτινοπτερυγίων ιχθύων, στην οποία ανήκουν η τσιπούρα (*Sparus*



*aurata*) και το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*), φέρουν λεπιδοτρίχια ή «ακτίνες πτερυγίων», απ' όπου πήραν και την ονομασία.

Ιστολογικά, τα πτερύγια καλύπτονται από πολύστιβο πλακώδες επιθήλιο, το οποίο είναι συνέχεια του επιθηλίου της επιδερμίδας (Εικ. 4.6.). Σύμφωνα με τον Stoskopf, (1993), τα λεπιδοτρίχια των μαλακών ακτινών αποτελούνται από δερματικό οστό, ενώ οι σκληρές ακτίνες αποτελούν ασβεστοποιημένες κατασκευές. Σε επιμήκη τομή, τα λεπιδοτρίχια αποτελούνται από έναν αριθμό τμημάτων, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με πυκνό συνδετικό ιστό (Εικ. 4.6.). Σε κάθετη τομή των πτερυγίων κάθε λεπιδοτρίχιο αποτελείται από δύο ημιτρίχια, τα οποία έχουν την μορφή ζεύγους παρενθέσεων και βρίσκονται τοποθετημένα σε ζεύγη κάτω από το δέρμα (Genten *et al.*, 2009).



**Εικόνα 4.6.** Επιμήκης ιστολογική τομή του κορμού ιχθυδίου τσιπούρας (*Sparus aurata*) στην οποία διακρίνεται τμήμα του ραχιαίου πτερύγιου που αποτελείται από μαλακές ακτίνες, χωρισμένες σε τμήματα, τα λεπιδοτρίχια (1), μέσω των οποίων τα πτερύγια συνδέονται με το σκελετικό και μυϊκό σύστημα. Το πτερύγιο καλύπτεται από πολύστιβο πλακώδες επιθήλιο (2). Το στρώμα του χορίου (3) και της υποδερμίδας είναι μικρότερο σε σχέση με αυτό της επιδερμίδας. Τα λεπιδοτρίχια, ελέγχονται από τους πτερυγιοφορείς μύες (4) και περιέχουν χαλαρό συνδετικό ιστό, χονδροκύτταρα (αιχμές βέλους) και ελαστικές ίνες. (X5, Χρώση: Κυανούν της Τολουϊδίνης). (Μικροφωτογραφία: Προσωπικό αρχείο Τζιώρτζιου Α., 2020).

## 5. ΜΥΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ

Ο μυϊκός ιστός (*muscle tissue*), χρησιμεύει για την επιτέλεση των κινήσεων του σώματος και των μηχανικών λειτουργιών πολλών οργάνων (Μιχαήλ, 2015). Τα κυτταρικά στοιχεία του μυϊκού ιστού, που χαρακτηρίζονται από την θεμελιώδη πρωτοπλασματική τους ιδιότητα αυτή της συσταλτικότητας, επιμηκύνονται κατά τη διάρκεια της διαπλάσεως και διαμορφώνουν τις μυϊκές ίνες (*muscle fibers*). Ταυτόχρονα, το μεγαλύτερο μέρος του κυτταροπλάσματος διαφοροποιείται σε πολύ υψηλό βαθμό και σχηματίζει τη συσταλτή ουσία. Το υπόλοιπο μικρότερο μέρος του σχετικά αμετάπλαστου κυτταροπλάσματος ονομάζεται *σαρκόπλασμα*. Στο σαρκόπλασμα βρίσκονται οι συσταλτές πρωτεΐνες του μυός, οι οποίες ομαδοποιούνται σε μυϊκά ινίδια (*myofibrils*). Κάθε μυϊκό ινίδιο περιβάλλεται από το σαρκοπλασματικό δίκτυο. Τα μυϊκά ινίδια διαιρούνται σε ευκρινείς δομικές μονάδες, τα *σαρκομερίδια*. Οι ινώδεις πρωτεΐνες, ακτίνη και μυοσίνη, είναι τα κύρια συστατικά των πρωτεϊνών και είναι υπεύθυνες για τη συστολή (Μιχαήλ, 2015). Οι μυϊκές ίνες περιβάλλονται από μια μεμβράνη, που καλείται *σαρκείλημα* και από αυτή ξεκινούν σωληνοειδής σχηματισμοί που καταδύονται μέσα στο σαρκόπλασμα, που καλούνται εγκάρσιοι ή T- σωληνίσκοι (Groman, 1982).

Στους ιχθύες, όπως και στα υπόλοιπα σπονδυλωτά, το μυϊκό σύστημα αποτελείται από τρία είδη μυϊκού ιστού: α) τον γραμμωτό μυϊκό ιστό, ο οποίος βρίσκεται στο σκελετό και χρησιμεύει για την επιτέλεση των κινήσεων του σώματος, β) τον καρδιακό μυϊκό ιστό, ο οποίος βρίσκεται στα τοιχώματα της καρδιάς και χρησιμεύει για την

άντληση του αίματος και γ) τον λείο μυϊκό ιστό, ο οποίος βρίσκεται στα τοιχώματα των κοίλων οργάνων και χρησιμεύει στην εκτέλεση των μηχανικών λειτουργιών τους (περισταλτικές κινήσεις).

Στα υπό εξέταση είδη ψαριών, τσιπούρα (*Sparus aurata*) και λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*), παρατηρήθηκαν οι τρεις τύποι μυϊκών ιστών, γραμμωτός, καρδιακός και λείος μυϊκός ιστός.

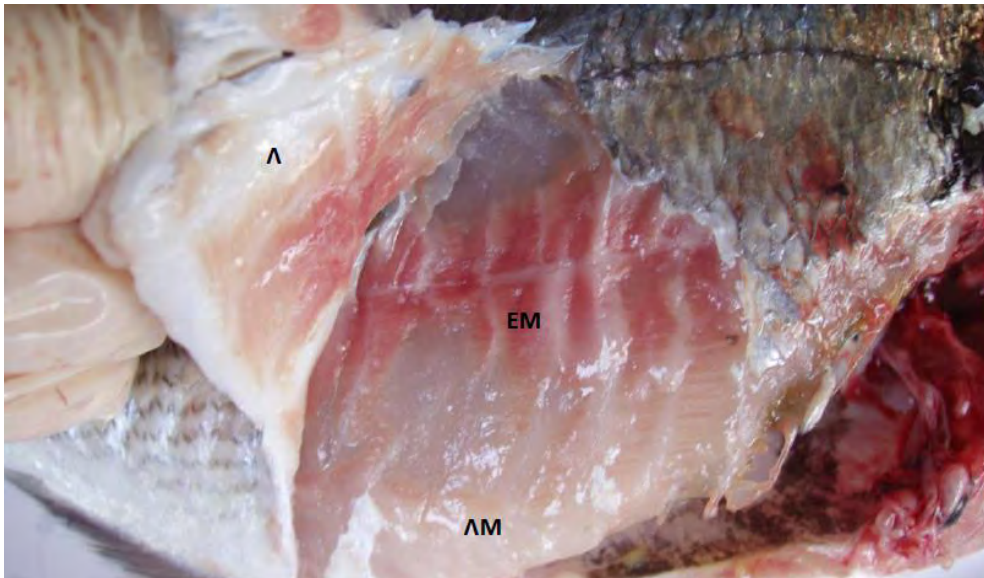
### 5.1. Γραμμωτός μυϊκός ιστός

Ο γραμμωτός μυϊκός ιστός (*striated muscle*) ή σκελετικός μυς, χαρακτηρίζεται από πολύ μακρές μυϊκές ίνες που συντάσσονται σε δεσμίδες και παρουσιάζουν εγκάρσια γράμμωση. Προσφύεται στο σκελετό της σπονδυλικής στήλης καθώς και σε άλλα σκελετικά στοιχεία που επιτρέπουν την κίνηση των πτερυγίων, των βραγχιακών επικαλυμμάτων, των βραγχιών και των σιαγόνων. Χρησιμεύει για την επιτέλεση των κινήσεων του σώματος. Η συστολή του είναι εκούσια.

Οι μύες του κορμού στο λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*) και την τσιπούρα (*Sparus aurata*) παρουσιάζουν μεταμερισμό δηλαδή διαιρούνται σε πολυάριθμα μικρά τεμάχια. Σε κάθε μεταμερίδιο (ή σωμίτη) αναλογεί ένα ζεύγος μυοτόμων (*Myomere*), οι οποίοι χωρίζονται μεταξύ τους από πολύ λεπτές μεμβράνες, τα μυοδιαφράγματα ή μυοκόμματα). Οι μυϊκές δεσμίδες συγκροτούνται από μυϊκές ίνες σε παράλληλη διάταξη με τον άξονα του σώματος και συνδέονται με τους σπονδύλους μέσω των μυοδιαφραγμάτων (Εικ. 5.2). Σε μία κάθετη τομή στον άξονα του σώματος των ψαριών, η μυϊκή μάζα διακρίνεται σε τέσσερα τεταρτημόρια, δύο νωτιαία και δύο

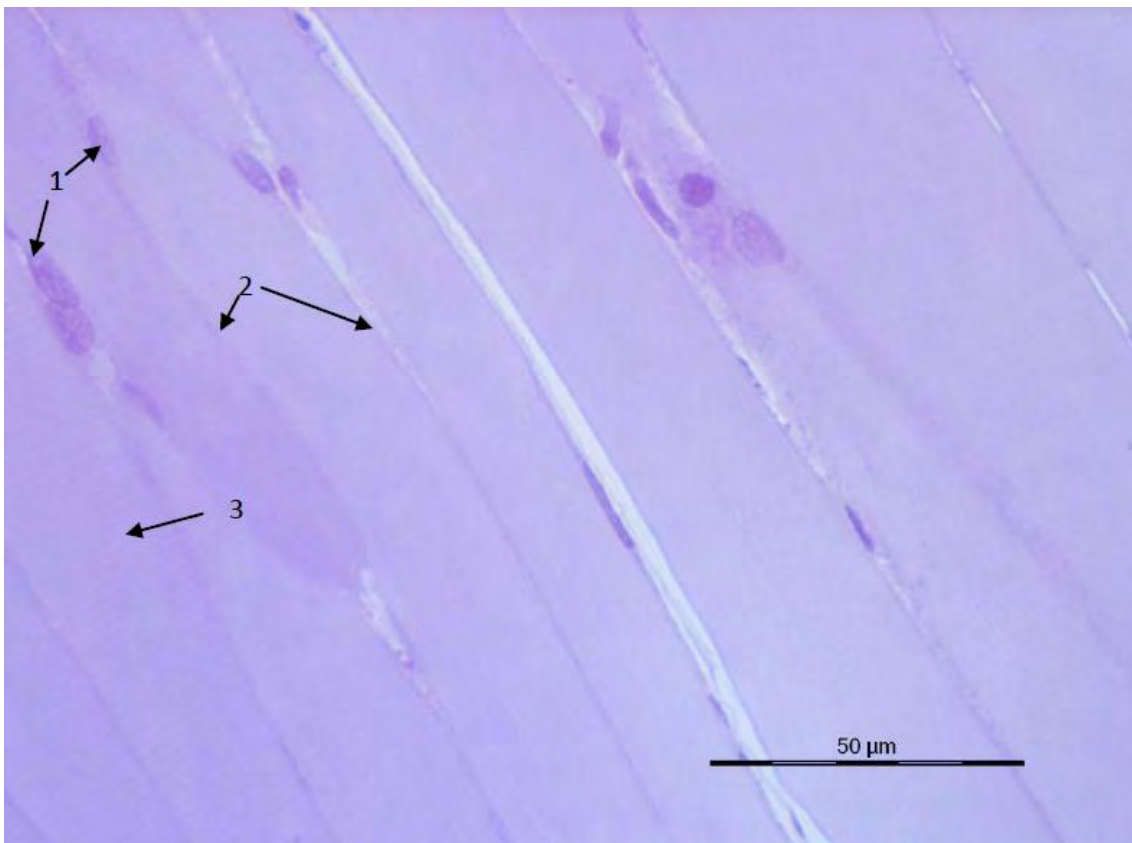
κοιλιακά που διαχωρίζονται μεταξύ τους από ένα οριζόντιο και ένα κάθετο διάφραγμα. Τα δύο νωτιαία – πλευρικά τεταρτημόρια δημιουργούν τους ραχιαίους ή υπεραξονικούς μυοτόμους (*eraxialen* = *Musculus latero-dorsalis*), ενώ τα δύο πλευροκοιλιακά τεταρτημόρια, τους κοιλιακούς ή υποαξονικούς (*hyraxialen*= *Musculus latero-ventralis*) (Φώτης & Αγγελίδης, 2003).

Στην τσιπούρα (*Sparus aurata*) και στο λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*), όπως παρατηρείται γενικά στους τελεόστεους ιχθύες, διακρίνονται δύο τύποι μυϊκού ιστού: ο ερυθρός (*Musculus lateralis superficialis*) και ο λευκός (Εικ. 5.1). Ο ερυθρός μυϊκός ιστός είναι κόκκινος λόγω της υψηλής συγκέντρωσης του σε μυοσφαιρίνη και εντοπίζεται ως ένα λεπτό στρώμα κάτω από το δέρμα στα πλάγια του κορμού και χρησιμεύει στην αργή κολύμβηση. Ο λευκός μυϊκός ιστός, καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος της μυϊκής μάζας και χρησιμεύει στην γρήγορη κολύμβηση.



**Εικόνα 5.1.:** Σε ενήλικη τσιπούρα (*Sparus aurata*) διακρίνονται οι επιφανειακοί πλευρικοί μύες, ως ένα λεπτό στρώμα ερυθρού μυϊκού ιστού (EM) κάτω από το δέρμα στα πλάγια του κορμού ενώ ο λευκός μυϊκός ιστός (ΛΜ). Μεταξύ του δέρματος και του μυϊκού ιστού υπάρχει στρώμα λίπους (Λ). (Φωτο: Τζιώρτζιου Α., 2020).

Ο γραμμωτός μυϊκός ιστός (*striated muscle*) της τσιπούρας (*Sparus aurata*) και του λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*) συγκροτείται από δεσμίδες κυλινδρικού σχήματος, πολυπύρηνων κυττάρων, των μυϊκών ινών που παρουσιάζουν εγκάρσια γράμμωση. Οι πυρήνες είναι τοποθετημένοι ακριβώς κάτω από την κυτταρική μεμβράνη. Η ιστολογική δομή του γραμμωτού μυϊκού ιστού της τσιπούρας (*Sparus aurata*) και του λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*) απεικονίζεται στην Εικόνα 5.2..



**Εικόνα 5.2.** Επιμήκης διατομή γραμμωτού μυϊκού ιστού ιχθυδίου τσιπούρας (*Sparus aurata*). Η μυϊκή ίνα φέρει πολλούς πυρήνες, (1), ωειδούς σχήματος, τοποθετημένους στην περιφέρεια κατά μήκος των ινών κάτω από τη κυτταρική μεμβράνη (το σαρκείλημα) (2). Είναι εμφανής η παράλληλη διάταξη των μυϊκών ινών καθώς και η εγκάρσια γράμμωση σκοτεινών και φωτεινών ζωνών (3), χαρακτηριστικό των γραμμωτών μυϊκών ινών. (Χ40, Χρώση Κυανούν της Τολουιδίνης) (Μικροφωτογραφία: Προσωπικό αρχείο Τζιώρτζιου Α., 2020).

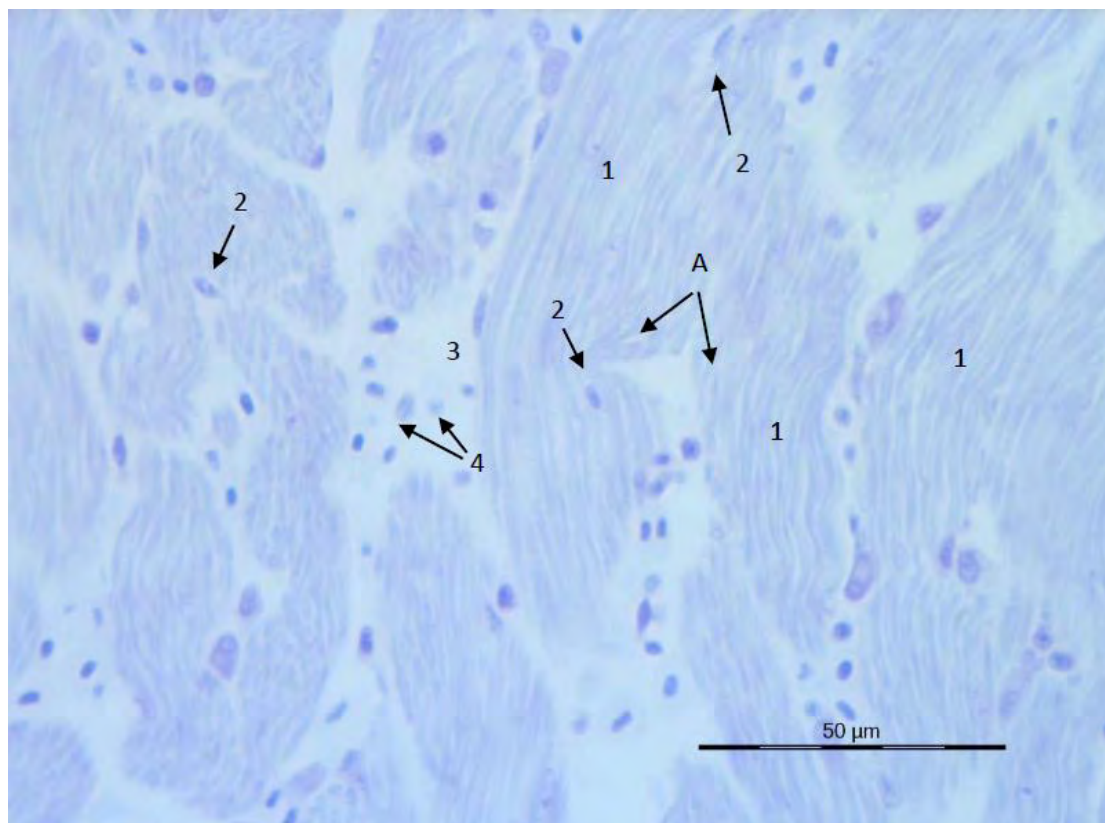
## 5.2. Καρδιακός μυϊκός ιστός

Ο καρδιακός μυϊκός ιστός (*cardiac muscle*) των ψαριών ακολουθεί το πρότυπο των υπόλοιπων σπονδυλωτών. Είναι ένας τύπος γραμμωτού μυϊκού ιστού που παρουσιάζει επίσης εγκάρσιες γραμμώσεις και αποτελείται από επιμήκη συχνά διακλαδιζόμενα κύτταρα που ενώνονται το ένα με το άλλο, σχηματίζοντας δομές που καλούνται εμβόλιμοι δίσκοι και είναι μοναδικοί στον καρδιακό μυ. Η συστολή του είναι ακούσια, ρυθμική και ζωνή (Mescher, 2017).

Οι καρδιακές μυϊκές ίνες φέρουν συνήθως έναν μόνο πυρήνα τοποθετημένο κοντά στο κέντρο του κυττάρου και διατάσσονται σε στιβάδες, οι οποίες χωρίζονται μεταξύ τους από λεπτά διαφράγματα συνδετικού ιστού πλούσια σε αιμοφόρα τριχοειδή αγγεία (Εικ.5.3). Το σαρκοπλασματικό δίκτυο είναι μειωμένο, όπως και οι Τ-σωληνίσκοι. Στους ιχθύς οι καρδιακές μυϊκές ίνες έχουν την δυνατότητα να αναγεννώνται ακόμη και σε μεγάλης ηλικίας ιχθύς σε αντίθεση με τα θηλαστικά όπου ο καρδιακός ιστός μετά την πρώιμη παιδική ηλικία δεν αναγεννάται. Δεν υπάρχουν αναφορές εντοπισμού των ινών του Purkinje που εντοπίζονται στην καρδιά των ανώτερων θηλαστικών. Η συστολή των καρδιακών μυϊκών ινών είναι ακούσια, δυνατή και ρυθμική (Genten *et al.*, 2009; Χατζηιωάννου & Βαφειδής, 2015; Βερίλλης & Μεντέ, 2017).

Η ιστολογική δομή του καρδιακού μυϊκού ιστού του λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*) και της τσιπούρας (*Sparus aurata*) παρουσιάζει όμοια ιστολογική δομή με αυτή των υπολοίπων τελεόστεων ψαριών και απεικονίζεται στην Εικόνα 5.3..





**Εικόνα 5.3.** Ιστολογική τομή καρδιακού ιστού τσιπούρας (*Sparus aurata*). Οι καρδιακές μυϊκές ίνες αποτελούνται από ξεχωριστές κυτταρικές μονάδες, τα μυϊκά νημάτια, τα οποία ενώνονται σε μυϊκά νίδια. Το σχήμα τους είναι επιμήκες, κυλινδρικό και διατάσσονται παράλληλα (1). Αξιοπρόσεκτη είναι η απόσχιση των ινών (A) και η μεταξύ τους αναστόμωση, σχηματίζοντας δομές που καλούνται εμβόλιμοι δίσκοι και είναι μοναδικοί στον καρδιακό μυ. Φέρουν έναν έως δύο πυρήνες σχεδόν κεντρικά τοποθετημένους (2). Ανάμεσα στις μυϊκές ίνες παρεμβάλλεται χαλαρός συνδετικός ιστός (3) με πολλά αγγεία (4). (Χ40, Χρώση Κυανούν της Τολουϊδίνης) (Μικροφωτογραφία: Προσωπικό αρχείο Τζιώρτζιου Α., 2020).

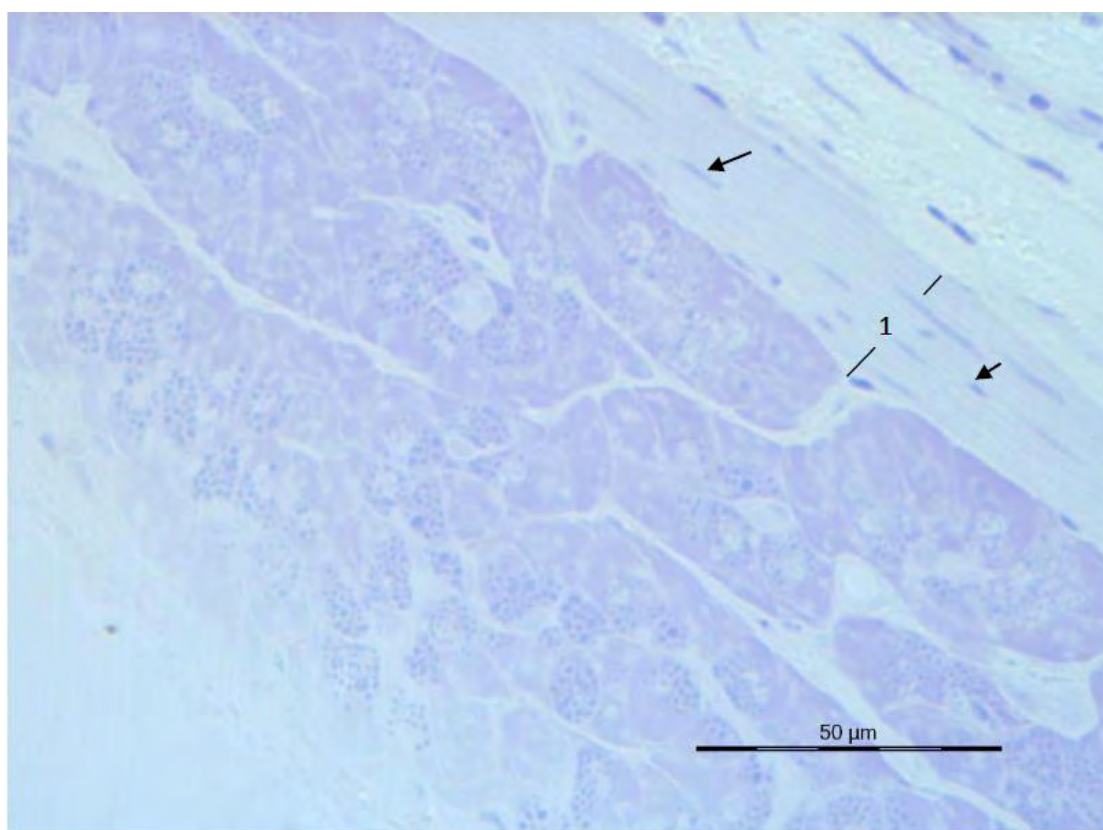
### 5.3. Λείος μυϊκός ιστός

Ο λείος μυϊκός ιστός (*smooth muscle*), αποτελείται από ανεξάρτητα και προμήκη λεία μυϊκά κύτταρα, τα οποία ονομάζονται λείες μυϊκές ίνες (*smooth muscle fibers*, και συνατώνται στους μυϊκούς χιτώνες των κοίλων σπλάχνων και των αγγείων και γενικά σε όργανα των οποίων η λειτουργία δεν ελέγχεται από τη βούληση του ατόμου.



Το σχήμα των λείων μυϊκών ινών είναι ατρακτοειδές, φέρουν ένα ωοειδούς σχήματος πυρήνα τοποθετημένο στο κέντρο της μυϊκού κυττάρου και δεν παρουσιάζουν γραμμώσεις (Stoskopf, 1993; Μιχαήλ, 2015). Ο λείος μυϊκός ιστός ελέγχεται από το αυτόνομο νευρικό σύστημα.

Στο λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*) και στην τσιπούρα (*Sparus aurata*), ο λείος μυϊκός ιστός, παρουσιάζει παρόμοια δομή με αυτή που περιγράφηκε παραπάνω η οποία φαίνεται στην Εικόνα 5.4..



**Εικόνα 5.4.** Ιστολογική τομή λείου μυϊκού ιστού στα τοιχώματα της χοληδόχου κύστεως γόνου τσιπούρας (*Sparus aurata*). Διακρίνεται η παράλληλη διάταξη των λείων μυϊκών ινών (1) και ο ωοειδούς σχήματος πυρήνες τους (βέλος), οι οποίοι είναι τοποθετημένοι στο κέντρο του κυττάρου. (X40, Χρώση Κυανούν της Τολουϊδίνης) (Μικροφωτογραφία: Προσωπικό αρχείο Τζιώρτζιου Α., 2020).



## **6. ΝΕΥΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ**

Το νευρικό σύστημα ανατομικά διαιρείται στο Κεντρικό Νευρικό Σύστημα (ΚΝΣ), (εγκέφαλο και νωτιαίος μυελός) και στο Περιφερικό Νευρικό Σύστημα (ΠΝΣ), (νεύρα και νευρικά γάγγλια).

Ο νευρικός ιστός προέρχεται από το εξώδερμα και ειδικεύεται στην υποδοχή των διεγέρσεων και στη μεταβίβαση των νευρικών παλμών (ώσεων). Η κύρια λειτουργία του είναι η πρόσληψη, η ανάλυση και ο συνδυασμός ερεθισμάτων από το εξωτερικό περιβάλλον ή το εσωτερικό του σώματος, που οδηγεί στην κατάλληλη απάντηση από τα εκτελεστικά όργανα (μύες, σπλάχνα, αδένες). Το νευρικό σύστημα είναι μεταξύ άλλων, υπεύθυνο για την ταχεία και ακριβή επικοινωνία μεταξύ απομακρυσμένων περιοχών του σώματος (Χατζηιωάννου & Βαφείδης, 2015).

### **6.1. Κύτταρα του Νευρικού Ιστού**

Τα κύτταρα στον κεντρικό και περιφερικό νευρικό ιστό είναι τα νευρικά κύτταρα ή νευρώνες και τα νευρογλοιακά κύτταρα (νευρογλοία).

### 6.1.1. Νευρικά κύτταρα ή νευρώνες

Οι νευρώνες αποτελούν τις λειτουργικές μονάδες τού νευρικού ιστού. Είναι κύτταρα που συνήθως έχουν πολυάριθμες μακριές αποφυάδες, οι οποίες ξεκινούν από το κυτταρικό σώμα.

Οι περισσότεροι νευρώνες αποτελούνται από 3 τμήματα: (Εικ. 6.1.):

(1) τους *δενδρίτες*, που είναι πολυάριθμες επιμηκυμένες αποφυάδες και εξειδικευμένες στην πρόσληψη ερεθισμάτων από άλλους νευρώνες σε ειδικές θέσεις που ονομάζονται *συνάψεις* (Mescher, 2017).

(2) το *περικάρυο* ή κυτταρικό σώμα, που περιέχει τον πυρήνα και τα περισσότερα οργανίδια του κυττάρου. Λειτουργεί ως τροφικό για όλο το νευρικό κύτταρο και είναι επίσης δεκτικό στα ερεθίσματα. Το περικάρυο έχει σχήμα σφαιρικό ωοειδές ή πολυγωνικό, περιέχει ένα σφαιρικό ευμεγέθη πυρήνα, τραχύ κοκκιώδες ενδοπλασματικό δίκτυο (σωμάτια του Nissl), μιτοχόνδρια, μικροσωληνίσκους και χρωστικές (Mescher, 2017; Μυλωνάς, 2002).

(3) τον *άξονα* ή *νευράξονα*, που είναι μια μονή κυλινδρική αποφυάδα με σταθερή διάμετρο, που καταλήγει σε συνάψεις εξειδικευμένες στη δημιουργία και μετάδοση νευρικών ώσεων σε άλλα κύτταρα (νευρικά, μυϊκά ή αδενικά) (Mescher, 2017).

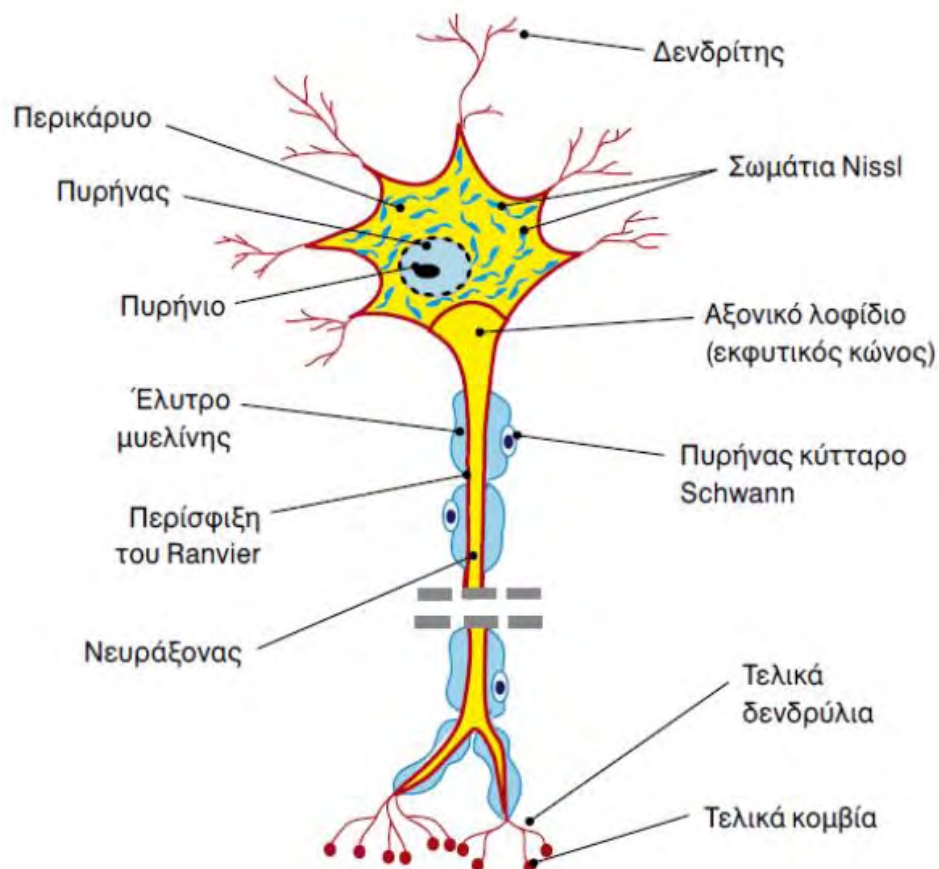
Οι νευρώνες ταξινομούνται ανάλογα με τον αριθμό των αποφυάδων τους σε:

- Πολύπολοι νευρώνες, οι οποίοι έχουν έναν νευράξονα και δύο ή περισσότερους δενδρίτες.
- Δίπολοι νευρώνες, με ένα δενδρίτη και ένα νευράξονα.

- Μονόπολοι ή ψευδομονόπολοι νευρώνες, φέρουν μία μονήρη αποφυάδα που διχάζεται κοντά στο περικάρυο (Mescher, 2017).

Επίσης, οι νευρώνες ταξινομούνται σύμφωνα με τη λειτουργία τους σε:

- κινητικούς (ελέγχουν τους αδένες και τις μυϊκές ίνες),
- αισθητικούς (υποδοχή αισθητικών ερεθισμάτων), και
- διάμεσους νευρώνες) (Μυλωνάς, 2002).



**Εικόνα 6.1.** Η δομή του τυπικού νευρώνα (Πηγή: Johnson & Χαρχαντή, 2012).

### 6.1.2. Νευρογλοιακά κύτταρα

Τα νευρογλοιακά κύτταρα ή νευρογλοία, βρίσκονται ανάμεσα στους νευρώνες και χρησιμεύουν για τη στήριξη, απομόνωση και θρέψη των νευρώνων. Οι κύριοι τύποι νευρογλοιακών κυττάρων στο ΚΝΣ των ιχθύων είναι τα αστροκύτταρα, τα επενδυματικά κύτταρα και τα ολιγοδενδροκύτταρα και στο ΠΝΣ εντοπίζονται τα κύτταρα του Schwann (Εικ. 6.2.). Στα θηλαστικά εντοπίζεται και ένας άλλος τύπος νευρογλοιακών κυττάρων, τα μικρογλοιακά, το οποίο απουσιάζει από τους ιχθύς (Βερίλλης & Μεντέ, 2017).

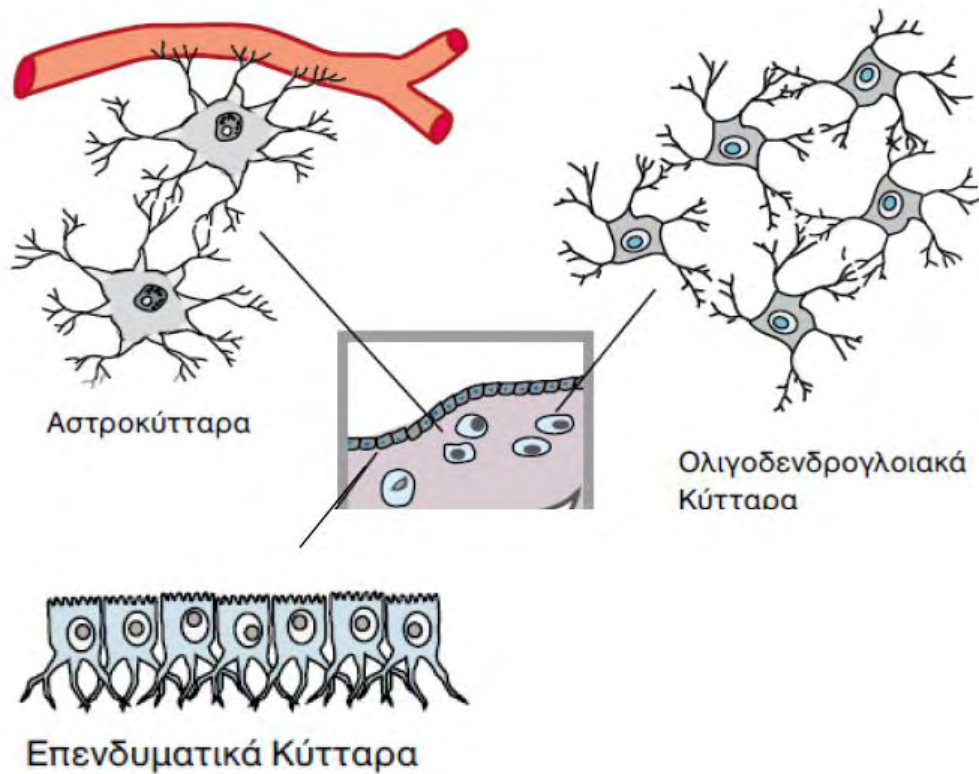
Τα επενδυματικά κύτταρα είναι επιθηλιακά κύτταρα κυβοειδούς σχήματος, τα οποία επενδύουν τις εγκεφαλικές κοιλότητες και τον κεντρικό σωλήνα του νωτιαίου μυελού (Εικ. 6.2.) (Βερίλλης & Μεντέ, 2017).

Τα ολιγοδενδρογλοιακά κύτταρα ομοιάζουν με τα αστροκύτταρα, αλλά έχουν μικρότερο μέγεθος και διαθέτουν λιγότερες αποφυάδες, χωρίς πολλές διακλαδώσεις. Σχηματίζουν το μυέλινο περίβλημα που περιβάλλει πολλούς νευράξονες στο κεντρικό νευρικό σύστημα. Εντοπίζονται τόσο στην λευκή όσο και στη φαιά ουσία, με τα περισσότερα κύτταρα της λευκής ουσίας να είναι ολιγοδενδροκύτταρα (Εικ. 6.2.) (Βερίλλης & Μεντέ, 2017).

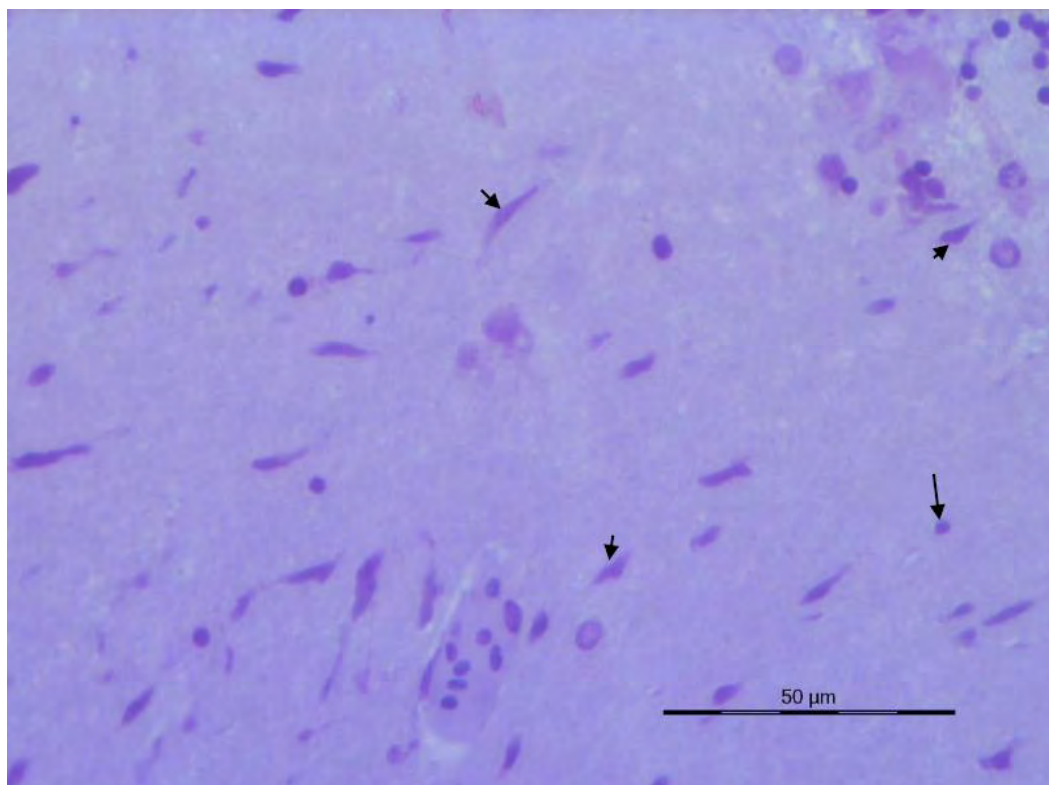
Τα αστροκύτταρα εντοπίζονται κυρίως στην φαιά ουσία. Είναι μεγάλα κύτταρα που η λειτουργία τους είναι η απομάκρυνση ιόντων και υπολειμμάτων του μεταβολισμού των νευρώνων (Βερίλλης & Μεντέ, 2017). Σχηματίζουν έναν επιλεκτικό διαπερατό φραγμό μεταξύ των νευρώνων του Κεντρικού Νευρικού Συστήματος (Johnson & Χαρχαντή, 2012).

Τα κύτταρα του Schwann εντοπίζονται στο Περιφερικό Νευρικό Σύστημα και περιβάλλουν τους νευράξονες είτε με το κυτταρόπλασμα τους είτε με τη σχηματιζόμενη από αυτά μυελίνη (Εικ. 6.1.) (Βερίλλης & Μεντέ, 2017).

Στην Εικόνα 6.3. απεικονίζονται νευρώνες και νευρογλοιακά κύτταρα σε ιστολογική τομή εγκεφάλου λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*).



**Εικόνα 6.2.** Οι κύριοι τύποι των νευρογλοιακών κυττάρων των ιχθύων (τροποποιημένο σχήμα μετά από Johnson & Χαρχαντή, 2012).



**Εικόνα 6.3.** Ιστολογική τομή νευρικού ιστού ιχθυδίου λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*), στην οποία διακρίνονται νευρώνες (αιχμές βέλους) και νευρογλοιακά κύτταρα (βέλη). (Χ40, Χρώση Κυανού της Τολουιδίνης) (Μικροφωτογραφία: Προσωπικό αρχείο Τζιώρτζιου Α., 2020).

## 6.2. Κεντρικό Νευρικό Σύστημα

Το Κεντρικό Νευρικό Σύστημα (ΚΝΣ) αποτελείται από τον εγκέφαλο και τον νωτιαίο μυελό.

### 6.2.1. Εγκέφαλος

Ο εγκέφαλος προστατεύεται μέσα στην κρανιακή κοιλότητα. Αποτελείται από διακριτά τμήματα, τα οποία κατά τον προσθοπίσθιο άξονα είναι: ο *προσεγκέφαλος*, ο

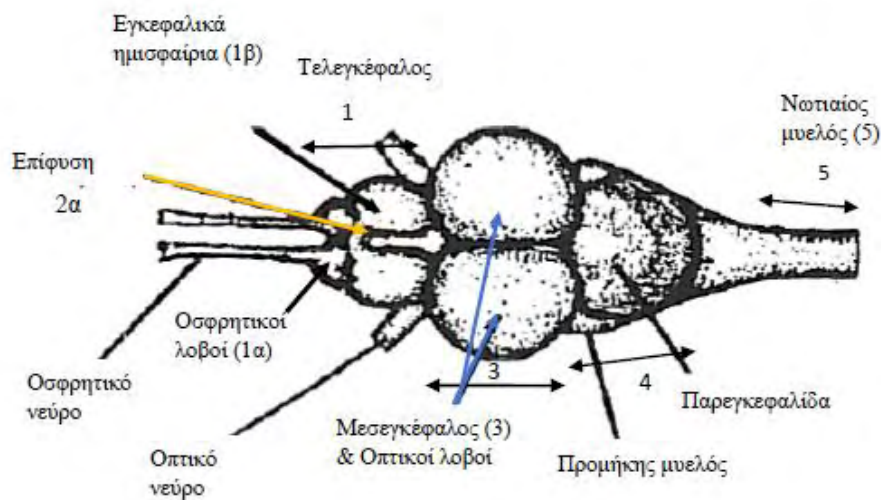


μεσεγκέφαλος και ο οπίσθιος ή ρομβοειδής εγκέφαλος. Ο προσεγκέφαλος αποτελείται από τον τελεγκέφαλο και τον διεγκέφαλο, ενώ ο οπίσθιος ή ρομβοειδής εγκέφαλος χωρίζεται στον μετεγκέφαλο και στον μυελεγκέφαλο (Εικ. 6.4).

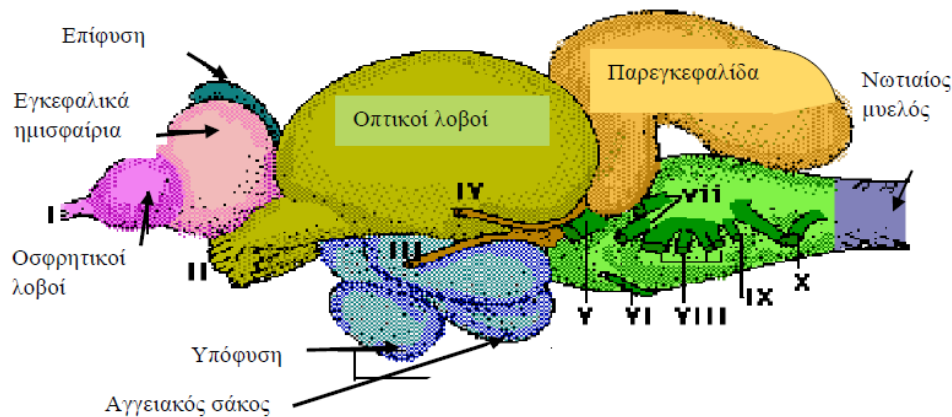
I. Ο τελεγκέφαλος (*Telencephalon*) των τελεόστων ιχθύων συγκροτείται: α) από τους οσφρητικούς λοβούς, οι οποίοι είναι ογκώδεις και συνδέονται με τον εγκέφαλο με μακρείς μίσχους, β) μερικά κέντρα σύνδεσης και γ) τα υποτυπώδη εγκεφαλικά ημισφαίρια, τα οποία είναι κατά κανόνα λεία (Εικ. 6.4., 6.5. & 6.6.) (Φώτης & Αγγελίδης 2003). Οι οσφρητικοί λοβοί περιέχουν τα κυτταρικά σώματα των οσφρητικών νευρικών κυττάρων και είναι το κύριο κέντρο της όσφρησης. Τα εγκεφαλικά ημισφαίρια, των τελεόστων ιχθύων, διαφέρουν από εκείνα των θηλαστικών καθώς δεν διαθέτουν οργάνωση σε στρώματα αλλά αποτελούνται από πεδία αλληλοσυνδεόμενων νευρώνων, που στηρίζονται από ένα εκτεταμένο νευροπίλημα (*neuropil*) (Ferguson, 2006). (Νευροπίλημα: πρόκειται για ένα πολύπλοκο δίκτυο που δημιουργείται από τις αποφυάδες των νευρώνων και των νευρογλοιακών κυττάρων. Οι περισσότερες ίνες αυτού του δικτύου στερούνται μυελίνης).

II. Ο διεγκέφαλος (*Diencephalon*) βρίσκεται μεταξύ των εγκεφαλικών και των οπτικών λοβών. Δέχεται και επεξεργάζεται οσφρητικές πληροφορίες από τον τελεγκέφαλο καθώς επίσης γευστικές και οπτικές πληροφορίες από άλλες περιοχές του εγκεφάλου. Ο διεγκέφαλος αποτελείται από τρεις περιοχές, τον επιθάλαμο, τον θάλαμο και τον υποθάλαμο (Groman, 1982). Εσωτερικά φέρει το θάλαμο, ο οποίος στην ραχιαία περιοχή φέρει τον επιθάλαμο (*Epithalmus*) με την επίφυση (*Epihyse*) (Εικ. 6.4. & 6.5.) στις πλάγιες περιοχές το θάλαμο (*Thalamus*) και στην κοιλιακή περιοχή τον υποθάλαμο (*Hypothalamus*) με την υπόφυση (*Hypophysis*) (Εικ. 6.5.). Στην κοιλιακή περιοχή του διεγκεφάλου υπάρχει επίσης το χάσμα των οπτικών νεύρων (*Chasma*

*opticum*) και ο αγγειακός σάκος με πυκνό δίκτυο αγγείων, ο οποίος χρησιμεύει για να αντιλαμβάνεται το ψάρι τις μεταβολές της πίεσης του νερού σε διαφορετικά βάθη (Εικ 6.5.) (Φώτης & Αγγελίδης, 2003). Η επίφυση στους τελεόστεους ιχθύες λειτουργεί ως φωτοδεκτικό όργανο και βοηθάει στο ψάρι να αντιλαμβάνεται την φωτοπερίοδο (Ekström, 1987). Ο θάλαμος αποτελείται από τα πλευρικά τοιχώματα του διεγκεφάλου και θεωρείται ότι αποτελεί το κέντρο των αυτόνομων λειτουργιών (Fath El-Bab, 2004). Ο υποθάλαμος αποτελεί σύστημα ελέγχου και ρύθμισης των ορμονικών εκκρίσεων (Demski & Knigge, 1971).



**Εικόνα 6.4.** Ανατομία του κεντρικού νευρικού συστήματος πέστροφας (ραχιαία όψη), το οποίο αποτελείται από πέντε τμήματα (από κεφαλή (αριστερά) προς την ουρά (δεξιά): (1) τον Τελεγκέφαλο, ο οποίος αποτελείται από δύο οσφρητικούς λοβούς (1α) και τα δύο εγκεφαλικά ημισφαίρια (1β), (2) τον Διεγκέφαλο, στον οποίο φαίνεται μόνο η επίφυση (2α), (3) τον Μεσεγκέφαλο, ο οποίος αποτελείται από τους δύο οπτικούς λοβούς, (4) τον μετεγκέφαλο ή παρεγκεφαλίδα, και (5) τον Νωτιαίο μυελό. (Σχήμα τροποποιημένο μετά από Suworow, 1959; Φώτης & Αγγελίδης, 2003).



**Εικόνα 6.5.** Ανατομία του κεντρικού νευρικού συστήματος σολομού (πλάγια όψη). Διακρίνονται: οι οσφρητικοί λοβοί και τα εγκεφαλικά ημισφαίρια που αποτελούν τον Τελεγκέφαλο, η επίφυση, η υπόφυση και ο αγγειακός σάκος που αποτελούν τμήματα του Διεγκεφάλου, οι οπτικοί λοβοί που ανήκουν στον Μεσεγκέφαλο, η παρεγκεφαλίδα και ο νωτιαίος μυελός. Επίσης διακρίνονται τα σημεία έκφυσης των εγκεφαλικών νευρών: (I) οσφρητικό, (II) οπτικό, (III) κοινό κινητικό, (IV) τροχλιακό ή παθητικό, (V) τρίδυμο, (VI) απαγωγό, (VII) προσωπικό, (VIII) ακουστικό, (IX) γλωσσοφαρυγγικό και (X) πνευμονοβραγχιακό (πνευμονογαστρικό).

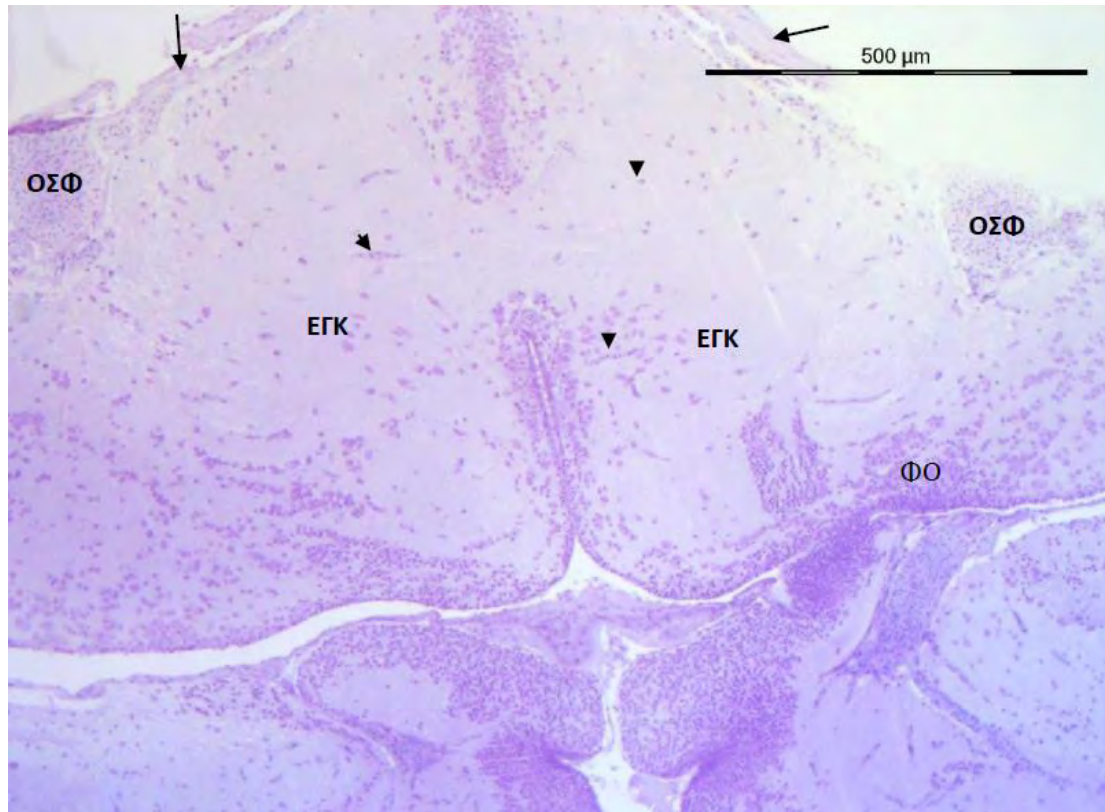
III. Ο μεσεγκέφαλος (*Mesencephalon*) είναι το μεγαλύτερο τμήμα του εγκεφάλου. Αποτελείται από τους δύο οπτικούς λοβούς ή δίδυμα φυμάτια (*Corpora bigemina, Lobi optici*), οι οποίοι είναι ογκώδεις και φέρουν εσωτερική κοιλότητα (Εικ. 6.4. & 6.5.). Στο μεσεγκέφαλο βρίσκονται το κύριο οπτικό κέντρο και η κύρια θέση του νευρικού συντονισμού (Φώτης & Αγγελίδης, 2003).

IV. Ο μετεγκέφαλος ή παρεγκεφαλίδα (*Metencephalon cerebellum*). Είναι ένας άζυγος μεσαίος λοβός που επικαλύπτει ολόκληρο σχεδόν τον προμήκη μυελό. (Εικ. 6.4. & 6.5.). Ο μετεγκέφαλος είναι το κέντρο της κίνησης, της ισορροπίας και των πλευρικών οργάνων. Ενδεχομένως να διαδραματίζει σημαντικό ρόλο και στη διαδικασία της εκμάθησης (Φώτης & Αγγελίδης, 2003). Η παρεγκεφαλίδα αποτελείται

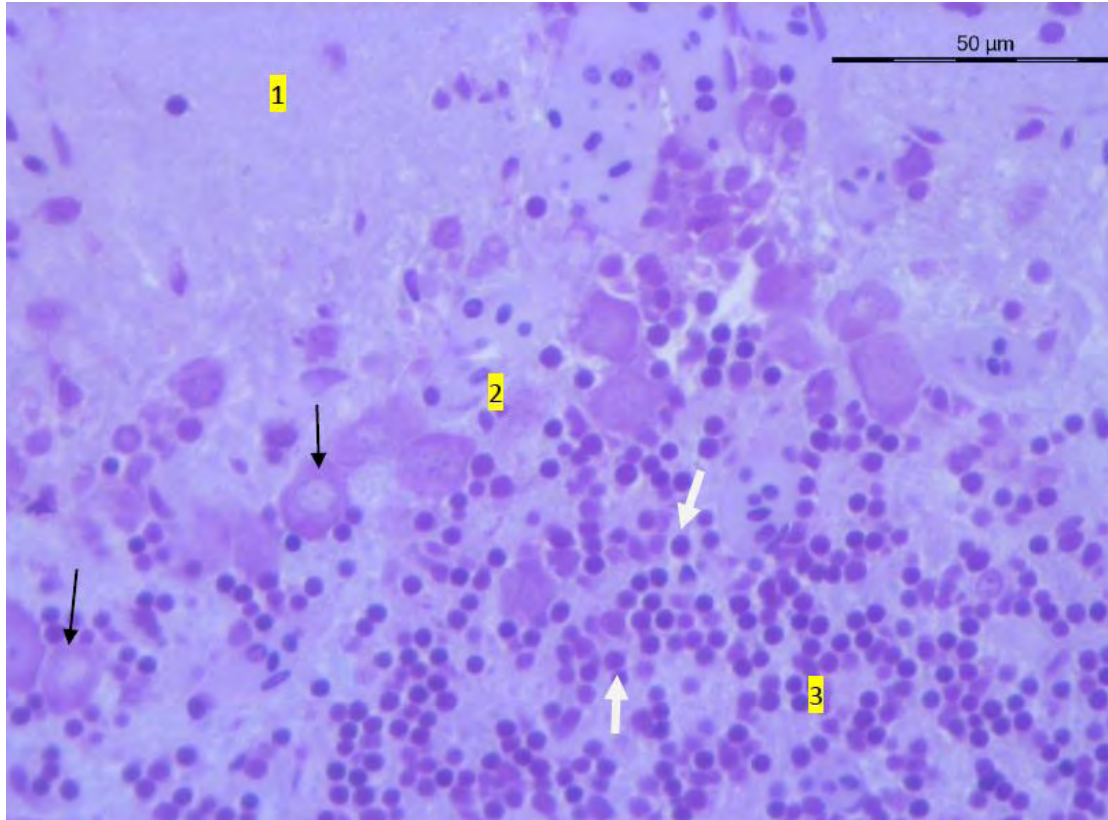
από έξω προς τα έσω από μία εξωτερική μοριώδη στιβάδα, μία κεντρική στιβάδα αποτελούμενη από μεγάλους νευρώνες που καλούνται κύτταρα του Purkinje και μία έσω κοκκώδη στιβάδα (Εικ. 6.7.) (Ferguson, 2006).

V. Ο μυελεγκέφαλος ή προμήκης μυελός (*Myelencephalon, Medulla oblongata*). Βρίσκεται πίσω από την παρεγκεφαλίδα και συνέχεια αυτού προς τα πίσω, είναι ο νοτιαίος μυελός (Εικ 6.4. & 6.5.). Ο προμήκης μυελός είναι το υπεύθυνο όργανο για την αναπνοή, για το κυκλοφορικό (καρδιά) και για το συντονισμό των κινήσεων σώματος (Φώτης & Αγγελίδης, 2003). Από τον προμήκη μυελό, ξεκινούν τα ζεύγη των νεύρων, προσωπικό, ακουστικό, γλωσσοφαρυγγικό και πνευμονογαστρικό (Εικ. 6.5). Επίσης, από το κέντρο του προμήκη μυελού των τελεόστεων ιχθύων ξεκινά ένα εξειδικευμένο νευρομυϊκό σύστημα, το σύστημα Mauthnerian, το οποίο αποτελείται από ένα ζεύγος πολύ μεγάλων νευρώνων, τα κύτταρα Mauthner (Ferguson, 2006). Η ενεργοποίηση των κυττάρων Mauthner, προκαλεί μια ταχεία και ισχυρή αναστροφή της ουράς, χαρακτηριστικό γνώρισμα φόβου ( Βερίλλης & Μεντέ, 2017).

Από την μελέτη ιστολογικών τομών εγκεφάλου τσιπούρας (*Sparus aurata*) και λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*) παρατηρήθηκε ότι η ιστολογική δομή του εγκεφάλου των δύο ειδών ακολουθεί την δομή των τελεόστεων ιχθύων, όπως περιεγράφηκε παραπάνω και απεικονίζεται στις Εικόνες 6.6 και 6.7..



**Εικόνα 6.6.** Εγκάρσια ιστολογική τομή εγκεφάλου ιχθυδίου λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*) στην οποία φαίνεται το πρόσθιο τμήμα του τελεγκεφάλου το οποίο συγκροτείται από τα εγκεφαλικά ημισφαίρια (ΕΓΚ) και τους οσφρητικούς λοβούς (ΟΣΦ). Από κάθε οσφρητικό λοβό ξεκινούν τα οσφρητικά νεύρα (βέλη) μέσω των οποίων οι οσφρητικοί λοβοί συνδέονται με τον εγκέφαλο. Όπως παρατηρείται, τα εγκεφαλικά ημισφαίρια αποτελούνται από πεδία αλληλοσυνδεόμενων νευρώνων (αχμές βέλους) καθώς και νευρογλοιακά κύτταρα, που στηρίζονται από ένα εκτεταμένο νευροπίλημα (neuropil) και δεν παρατηρείται η οργάνωση σε στρώματα, όπως συμβαίνει στα θηλαστικά. (X5, Χρώση Κουανόν της Τολουϊδίνης) (Μικροφωτογραφία: Προσωπικό αρχείο Τζιώρτζιου Α., 2020).



**Εικόνα 6.7.** Ιστολογική τομή παρεγκεφαλίδας ιχθυδίου λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*) στην οποία φαίνονται τα στρώματα από τα οποία συγκροτείται ο φλοιός: εξωτερικά, από την μοριώδη στοιβάδα (1), ένα μεσαίο στρώμα κυττάρων του Purkinje (2) και μία εσωτερική κοκκώδη στοιβάδα (3). Τα κύτταρα του Purkinje (βέλος) είναι τυχαία διασπαρμένα και το σχήμα των κυττάρων τους είναι στρογγυλό ή απιοειδούς μορφής. Τα κοκκώδη κύτταρα (λευκά βέλη) έχουν μικρούς στρογγυλούς πυρήνες. (X40, Χρώση Κουανού της Τολουϊδίνης) (Μικροφωτογραφία: Προσωπικό αρχείο Τζιώρτζιου Α., 2020).

### 6.2.2. Νωτιαίος μυελός

Ο νωτιαίος μυελός (*Medula spinalis*) των ψαριών, αποτελεί συνέχεια του προμήκη μυελού και διατρέχει όλη την νευροκοιλότητα της σπονδυλικής στήλης.

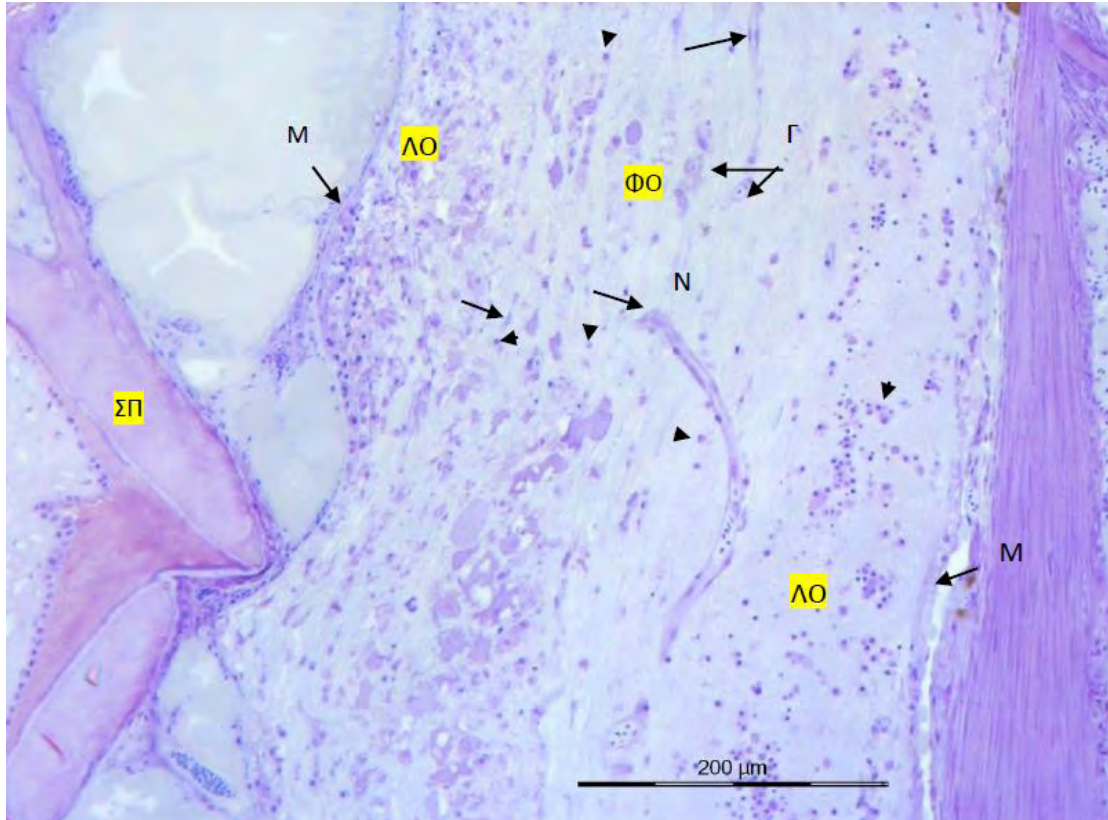
Ο νωτιαίος μυελός, αποτελείται από λευκή και φαιά ουσία (Εικ. 6.8). Σε κάθετη διατομή του νωτιαίου μυελού και σε αντίθεση με τον εγκέφαλο, η λευκή ουσία

βρίσκεται περιφερικά, ενώ η φαιά ουσία εσωτερικά και χωρίζεται σε ένα ραχιαίο κέρασ και δύο κοιλιακά σχηματίζοντας το σχήμα του γράμματος Υ, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους και περιβάλλουν ένα κεντρικό κανάλι, το οποίο καλύπτεται από επενδυματικά κύτταρα. (Mescher, 2017; Groman, 1982).

Η φαιά ουσία περιέχει περικάρυα νευρώνων, δενδρίτες, αμύελα τμήματα νευραξόνων και νευρογλοιακά κύτταρα. Στη λευκή ουσία περιέχονται εμμύελες νευρικές ίνες, λίγες αμύελες και νευρογλοιακά κύτταρα (Εικ. 6.8) (Βερίλλης & Μεντέ, 2017).

Η ιστολογική δομή του νωτιαίου μυελού της τσιπούρας (*Sparus aurata*) και του λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*), παρουσιάζει όμοια δομή με αυτή που περιεγράφηκε παραπάνω για τους τελεόστεους ιχθύες και απεικονίζεται στην Εικόνα 6.8..





**Εικόνα 6.8.** Ιστολογική τομή νωτιαίου μυελού ιχθυδίου λαυρακίου (*Dicentrarchus labrax*). Ο νωτιαίος μυελός διατρέχει όλη την νευροκοιλότητα της σπονδυλικής στήλης (ΣΠ). Περιβάλλεται από λεπτή μήνιγγα (Μ) και έχει φαιά (ΦΟ) και λευκή ουσία (ΛΟ). Η Φαιά ουσία (ΦΟ), χαρακτηρίζεται από την παρουσία πολλών νευρογλοιακών κυττάρων (αιχμές βελών) και από τα κυτταρικά σώματα των νευρώνων (βέλη), τα οποία περιβάλλονται από δίκτυο (νευροπίλημα) (Ν) νευρωνικών και νευρογλοιακών αποφυάδων. Η Λευκή ουσία (ΛΟ) εντοπίζεται στην περιφέρεια και χαρακτηρίζεται από την παρουσία κυρίως νευράξων και νευρογλοιακών κυττάρων (αιχμές βελών). (X10, Χρώση Κυανού της Τολουϊδίνης) (Μικροφωτογραφία: Προσωπικό αρχείο Τζιώρτζιου Α., 2020).

### 6.3. Περιφερικό νευρικό Σύστημα

Το περιφερικό νευρικό σύστημα (αυτόνομο), συνίσταται από τα δέκα ζεύγη εγκεφαλικών νεύρων και από μυελικά νεύρα, καθώς επίσης και από το αυτόνομο (συμπαθητικό) νευρικό σύστημα. Το συμπαθητικό νευρικό σύστημα αποτελείται από



δύο σειρές γαγγλίων, τα οποία ενώνονται μεταξύ τους σαν σχοινί σε κάθε πλευρά της σπονδυλικής στήλης (Φώτης & Αγγελίδης, 2003).

Τα δέκα ζεύγη εγκεφαλικών νεύρων είναι: (I) οσφρητικό, (II) οπτικό, (III) κοινό κινητικό, (IV) τροχλιακό ή παθητικό, (V) τρίδυμο, (VI) απαγωγό, (VII) προσωπικό, (VIII) ακουστικό, (IX) γλωσσοφαρυγγικό και (X) πνευμονοβραγχιακό (πνευμονογαστρικό) (Εικ. 6.5.). Στους ιχθύες απουσιάζει το υπογλώσσιο και το παραπληρωματικό ζεύγος νεύρων που απαντάται στα υπόλοιπα σπονδυλωτά (Wullimann & Vernier 2007).

Στα περιφερικά νεύρα, κάθε νευράξονας είτε περιβάλλεται από το έλυτρο μυελίνης (εμύελες ίνες), που σχηματίζεται από τα κύτταρα Schwann ή περιβάλλεται από το κυτταρόπλασμα των κυττάρων Schwann (αμύελες ίνες). Σε διαμήκεις τομές περιφερικών νεύρων, οι νευράξονες εμφανίζουν χαρακτηριστική κυματοειδή μορφή (Βερίλλης & Μεντέ, 2017).

Σύμφωνα με τους Βερίλλης & Μεντέ, (2017), η ιστολογική δομή των περιφερικών νεύρων έχει ως εξής:

A) Εξωτερικά το νεύρο περιβάλλεται από το επίνευρο, το οποίο αποτελείται από πυκνό, ακανόνιστο συνδετικό ιστό με κολλαγόνες ίνες και μερικές ελαστικές.

B) Το περινεύριο, το δεύτερο σε σειρά περίβλημα των νεύρων, το οποίο καλύπτει και κάθε δέσμη νευρικών ινών μέσα στο νεύρο. Αποτελείται από στρώμα συνδετικού ιστού. Η εσωτερική επιφάνεια του επενδύεται από στιβάδα επιθηλιακών κυττάρων, που συνδέονται μεταξύ τους με αποφρακτικές συνάψεις. Ανάμεσα στις στιβάδες υπάρχουν αραιές κολλαγόνες και ελαστικές ίνες. Το πάχος του επινευρίου και

του περινευρίου συνεχώς μειώνεται και καταλήγει σε ένα πέταλο αποπλατυσμένων κυττάρων.

Γ) Το ενδονεύριο, το εσωτερικό περίβλημα συνδετικού ιστού των εμμύελων και αμύελων νευραξόνων. Αποτελείται από χαλαρό συνδετικό ιστό, ένα λεπτό στρώμα δικτυωτών ινών, διάσπαρτες ινοβλάστες, εξωκυττάριο υγρό, που περιέχει σιτευτικά και μακροφάγα κύτταρα.

Τα γάγγλια αποτελούνται από τα κυτταρικά σώματα (περικάρυα) των νευρώνων, τα στηρικτικά κύτταρα (κύτταρα Schwann και δορυφόρα κύτταρα) και τους νευράξονες και περικλείονται από ένα στρώμα πυκνού συνδετικού ιστού. Σε κάθετες ή επιμήκεις τομές μπορεί να παρατηρηθούν και εμμύελοι νευράξονες καθώς και αιμοφόρα αγγεία (Βερίλλης & Μεντέ, 2017).

Στα ψάρια το παρασυμπαθητικό νευρικό σύστημα είναι αυτό που νευρώνει τα βράγχια, τα σπλάχνα και τη καρδιά (Taylor *et al.*, 1999). Η καρδιά των ψαριών περιέχει δικό της μη ειδικό σύστημα ερεθισμού, το οποίο αναπτύχθηκε από μυϊκές ίνες που προκαλούν τις συστολές της (Φώτης & Αγγελίδης, 2003).

## 7. ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΙ ΑΙΜΑ

Το κυκλοφορικό σύστημα διοχετεύει και κατευθύνει κύτταρα του αίματος και ουσίες οι οποίες μεταφέρονται με το αίμα σε όλους τους ιστούς του σώματος. Το κυκλοφορικό σύστημα αποτελείται από το αμμοφόρο και το λεμφικό αγγειακό σύστημα. Το αιμοφόρο αγγειακό σύστημα αποτελείται από την καρδιά, τις αρτηρίες, τα τριχοειδή, τις φλέβες και τα κολποειδή. Το λεμφικό αγγειακό σύστημα αποτελείται από λεμφικά τριχοειδή, που είναι τυφλά σωληνάκια με λεπτό τοίχωμα και μεταφέρουν λέμφο (Meschner, 2017).

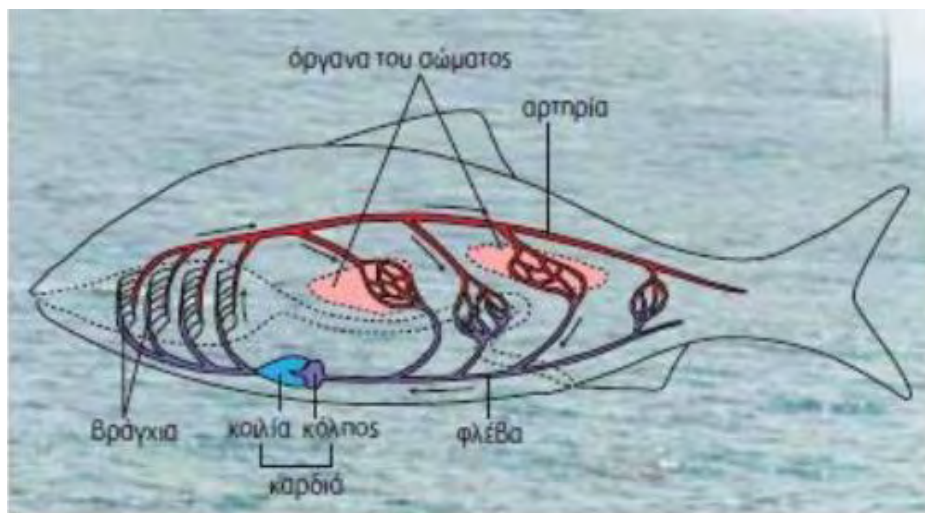
Στους τελεόστεους ιχθύες, όπως και στα ανώτερα σπονδυλωτά, το κυκλοφορικό σύστημα αποτελείται, από δύο κύρια στοιχεία, το υγρό εξωκυττάριο υλικό που ονομάζεται πλάσμα και τα έμμορφα στοιχεία τα οποία κυκλοφορούν στο πλάσμα και είναι τα ερυθροκύτταρα, λευκοκύτταρα και θρομβοκύτταρα.

Η κυκλοφορία του αίματος, στους τελεόστεους ιχθύες είναι απλή και πλήρης αλλά δεν φτάνει την τελειότητα των πτηνών και των θηλαστικών. Το αίμα κυκλοφορεί μέσα σε κλειστό κύκλωμα αγγείων προωθούμενο από την καρδιά προς τα βράγχια για την ανταλλαγή των αερίων. Το οξυγονωμένο αίμα διανέμεται στο υπόλοιπο σώμα πριν επιστρέψει και πάλι στην καρδιά (Εικ. 7.1.).

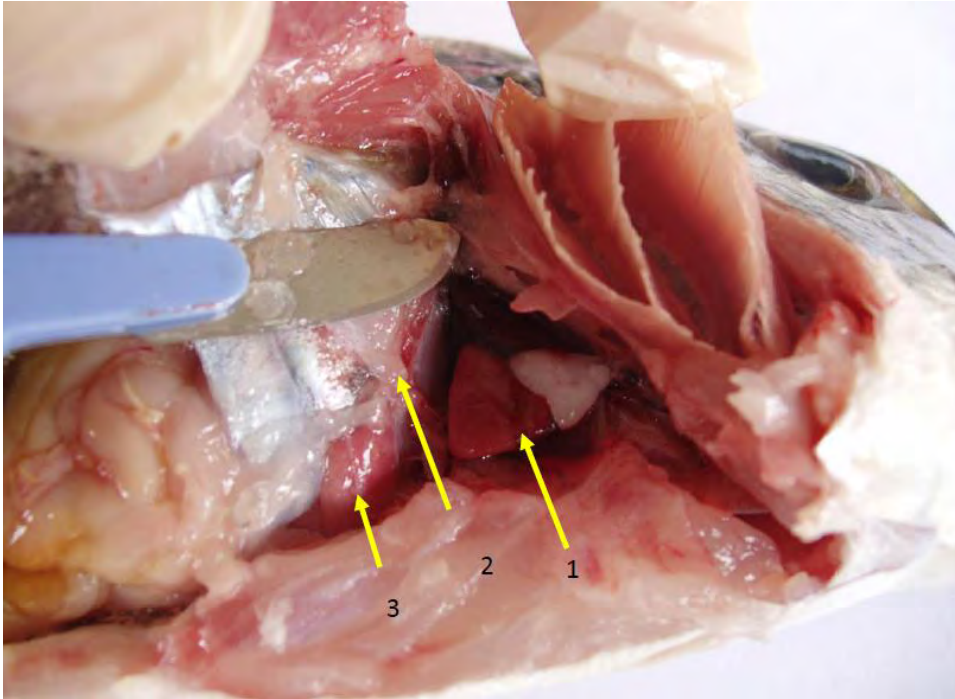
## 7.1. Καρδιά

Στους τελεόστεους ιχθύες, η καρδιά βρίσκεται πίσω από τα βραγχιακά τόξα και μπροστά από την σπλαχνική κοιλότητα και συγκεκριμένα το ήπαρ, μέσα στον περικαρδιακό σάκο (Εικ.7.2.).

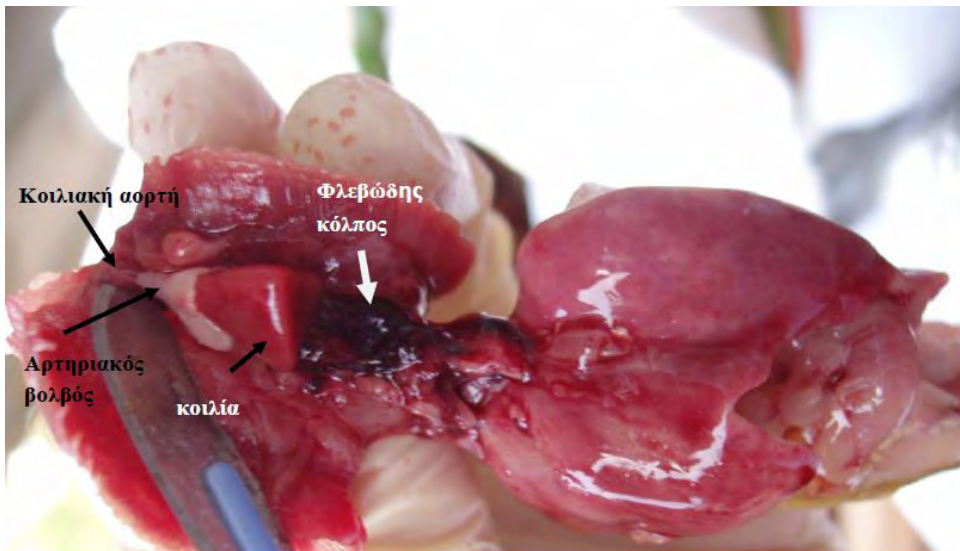
Στην τσιπούρα (*Sparus aurata*) και στο λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*), η καρδιά αποτελείται από τα τέσσερα διαμερίσματα, τον φλεβικό ή φλεβώδη κόλπο (*Sinus venosus*), τον κόλπο (*Atrium*), την μυώδη κοιλία (*Ventriculus*) και τον αρτηριακό βολβός (*Bulbus arteriosus*). Στην τσιπούρα (*Sparus aurata*) ο αρτηριακός βολβός διαφέρει από το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*) καθότι στο πρόσθιο μέρος φέρει κώνο με δύο βαλβίδες ο οποίος καλείται αρτηριακός κώνος (Schib *et al.*, 2002). Η καρδιακή κοιλία στο λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*) και στην τσιπούρα (*Sparus aurata*) έχει πυραμοειδές σχήμα (Εικ.7.2. & 7.3.).



**Εικόνα 7.1.** Η κυκλοφορία του αίματος στους ιχθύες. Το φλεβικό αίμα από τους αγωγούς του Cuvier και τις ηπατικές φλέβες, εισέρχεται και ωθείται από την καρδιά προς τα βράγχια για να οξυγονωθεί και με τις αρτηρίες μεταφέρεται προς όλα τα όργανα του σώματος. (Πηγή: <http://ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php/DSGYM-A103/517/3365,13569/>)

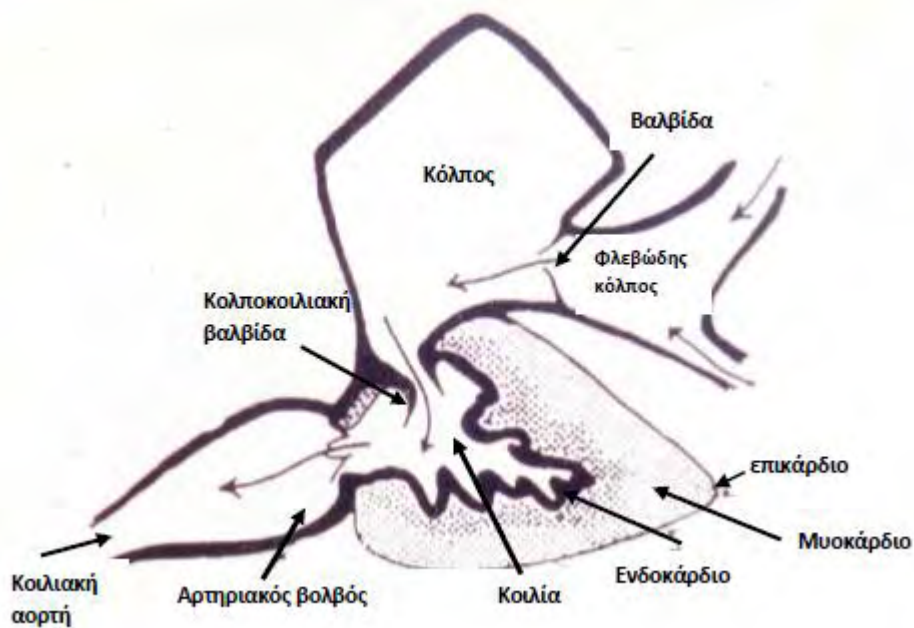


**Εικόνα 7.2.** Απεικόνιση της θέσης και της μορφολογίας της καρδιάς (1) τσιπούρας (*Sparus aurata*). Εντοπίζεται πίσω από τα βραγχιακά τόξα και μπροστά από την σπλαχνική κοιλότητα και συγκεκριμένα το ήπαρ (3). Ο περικαρδιακός σάκος διαχωρίζεται από την περιτοναϊκή κοιλότητα από ένα εγκάρσιο διάφραγμα (2). (Φωτο: Τζιώρτζιου Α., 2020).



**Εικόνα 7.3.** Η καρδιά της τσιπούρας (*Sparus aurata*), όπως και σε όλους τους τελεόστεους ιχθύες, είναι δίχωρη (ένας κόλπος και μια κοιλία) και αποτελείται από τέσσερα διαδοχικά διαμερίσματα, τον φλεβικό ή φλεβώδη κόλπο, τον κόλπο, την μυώδη κοιλία και τον αρτηριακό βολβό. Η κοιλία τόσο στην τσιπούρα (*Sparus aurata*) όσο και στο λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*) έχει πυραμοειδές σχήμα. (Φωτο: Τζιώρτζιου Α., 2020).

Ο φλεβώδης κόλπος έχει λεπτά τοιχώματα, τα οποία αποτελούνται κυρίως από συνδετικό ιστό (σολομοειδή) ή από καρδιακά ή και λεία μυϊκά κύτταρα. Ο φλεβώδης κόλπος επικοινωνεί με τον κόλπο μέσω μίας βαλβίδας (Εικ. 7.4.) (Ferguson 2006).



**Εικόνα 7.4.** Σχηματική παράσταση της καρδιάς τελεόστεου (πέστροφα), σε επιμήκη τομή, στην οποία φαίνεται η πορεία του αίματος μέσα στην καρδιά. Η ιστολογική δομή του τοιχώματος της κοιλίας, καθώς και όλων των τμημάτων της καρδιάς, αποτελείται από μια εσωτερική μεμβράνη, το ενδοκάρδιο, ένα ενδιάμεσο στρώμα, το μυοκάρδιο και μια εξωτερική μεμβράνη, το περικάρδιο (τροποποιημένο σχήμα από Lehmann, 1991; Φώτης & Αγγελίδης, 2003).

Ο κόλπος της καρδιάς, έχει λεπτό τοίχωμα και το μεγαλύτερο τμήμα του αυλού του καταλαμβάνεται από χαλαρό σπογγώδες μυοκάρδιο. Το αίμα από τον κόλπο αντλείται στην κοιλία της καρδιάς μέσω της κολποκοιλιακής βαλβίδας (Εικ. 7.4.) (Ferguson 2006). Το σχήμα της κοιλίας της καρδιάς διαφέρει και ανάλογα με το είδος μπορεί να έχει σακοειδή, σωληνοειδή ή πυραμοειδή φόρμα. Τα είδη ιχθύων με

πυραμοειδή σχήμα κοιλίας η δομή του μυοκαρδίου είναι μικτό και αποτελείται από ένα φλοιώδες, ποικίλου πάχους, συμπαγές στρώμα και ένα εσωτερικό σπογγώδες στρώμα (Εικ. 7.5). Τα είδη των ιχθύων που φέρουν μικτό μυοκάριο έχουν έντονη κολυμβητική ικανότητα.. Τα είδη των ιχθύων με σακοειδείς ή σωληνοειδείς σχήματος κοιλίες έχουν σπογγώδες μυοκάριο, το οποίο αποτελείται αποκλειστικά από μυϊκές δοκίδες (Simoes *et al.*, 2002). Το αίμα από την κοιλία της καρδιάς διοχετεύεται μέσω των μηνοειδών βαλβίδων προς τον αρτηριακό βολβό (Εικ.7.4.) (Ferguson, 2006).

Ο αρτηριακός βολβός, (Εικ. 7.3 & 7.4), των τελεόστεων ιχθύων, δεν έχει βαλβίδες, έχει πολύ ελαστικά τοιχώματα που αποτελούνται από λείες μυϊκές ίνες και ινοελαστικό ιστό. Ο αρτηριακός βολβός των ελασμοβράγχιων ιχθύων είναι συσταλτός και καλείται αρτηριακός κώνος (Ferguson, 2006).

Στα εξεταζόμενα είδη, ο αρτηριακός κώνος της τσιπούρας (*Sparus aurata*), διαφέρει από αυτόν του λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*) καθώς στο πρόσθιο μέρος φέρει κώνο με δύο βαλβίδες (Schib *et al.*, 2002).

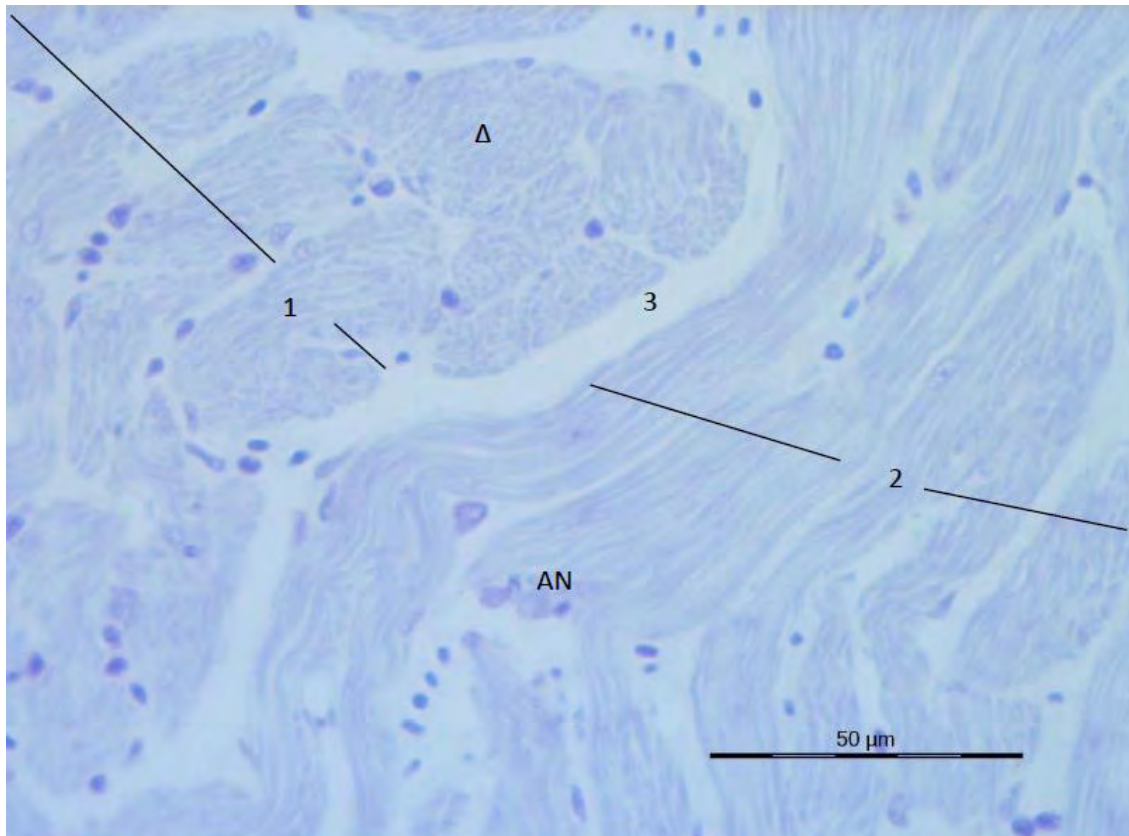
Ο αρτηριακός βολβός στενεύει προς τα εμπρός σχηματίζοντας την ελαστική κοιλιακή αορτή που οδηγεί το φλεβικό αίμα στα βράγχια για καθαρισμό και οξυγόνωση.

Η ιστολογική δομή του τοιχώματος όλων των τμημάτων της καρδιάς, αποτελείται από μια εσωτερική μεμβράνη, το ενδοκάριο, ένα ενδιάμεσο στρώμα, το μυοκάριο και μια εξωτερική μεμβράνη, το περικάριο (Εικ.7.4.). Το ενδοκάριο (*endocardium*) συνιστά την εσωτερική επιφάνεια της καρδιάς και αποτελείται από επιθηλιακά κύτταρα και συνδετικό ιστό. Το μυοκάριο (*myocardium*), στον κόλπο και την κοιλία, αποτελείται από καρδιακές μυϊκές ίνες ενώ στον φλεβώδη κόλπο από συνδετικό ιστό.



Το επικάρδιο (epicardium) αποτελείται από απλό πλακώδες επιθήλιο πάνω σε ένα στρώμα συνδετικού ιστού (Fath El-Bad, 2004).

Κατά την ιστολογική μελέτη καρδιακού ιστού τσιπούρας (*Sparus aurata*) και λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*) παρατηρείται ότι η καρδιακή κοιλία παρουσιάζει μικτό κοιλιακό μυοκάρδιο αποτελούμενο από ένα εσωτερικό σπογγώδες στρώμα και ένα εξωτερικό συμπαγές στρώμα, τα οποία διαχωρίζονται μεταξύ τους από ένα λεπτό στρώμα συνδετικού ιστού (Εικ.7.5).



**Εικόνα 7.5.** Τομή κοιλιακού μυοκαρδίου ιχθυδίου τσιπούρας (*Sparus aurata*). Διακρίνονται, εσωτερικά το σπογγώδες στρώμα (1) και εξωτερικά το συμπαγές στρώμα (2) του μυοκαρδίου, ανάμεσα στα οποία παρατηρείται λεπτό στρώμα συνδετικού ιστού (3). Το συμπαγές στρώμα συγκροτείται από επιμήκη κύτταρα που σχηματίζουν στήλες, οι οποίες αναστομώνονται ακανόνιστα (AN) ενώ το σπογγώδες στρώμα του μυοκαρδίου, συγκροτείται από ένα περίπλοκο δίκτυο δοκίδων (Δ). (X40, Χρώση Κιανού της Τολουιδίνης) (Μικροφωτογραφία: Προσωπικό αρχείο Τζιώρτζιου Α., 2020).



## 7.2 Αγγεία αίματος

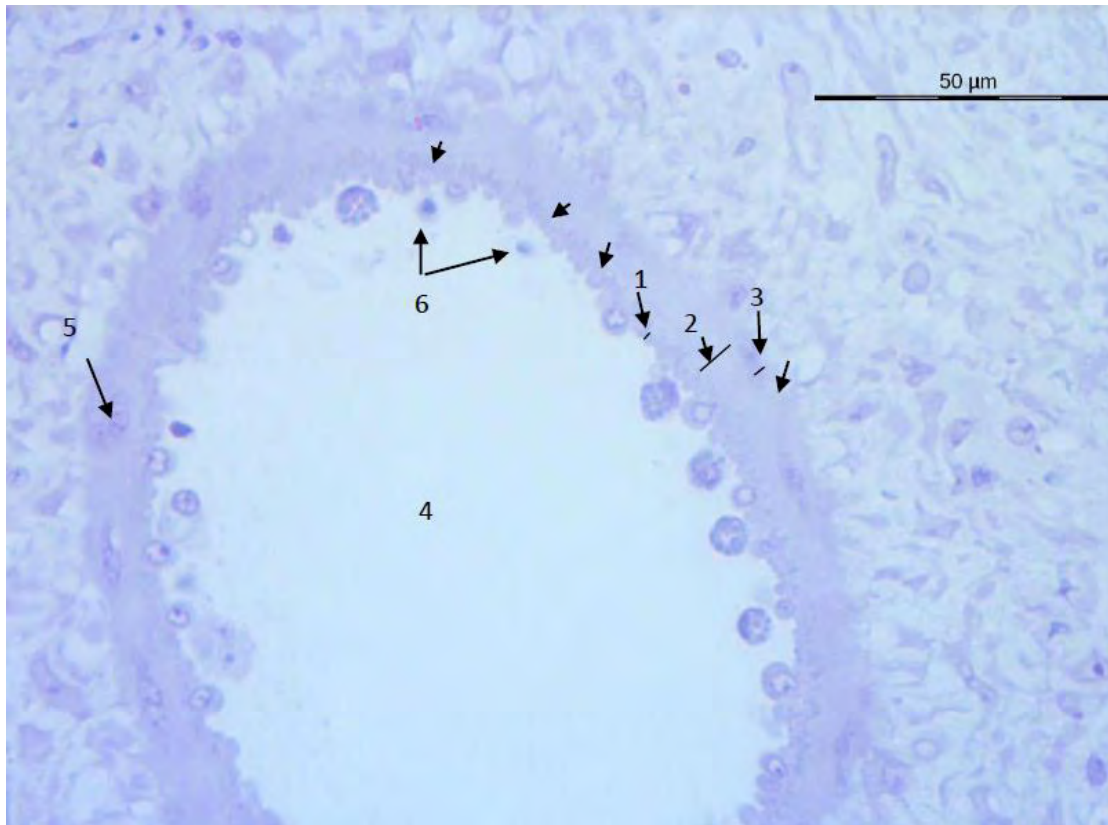
Τα αγγεία του αίματος που οδηγούν το αίμα στους διάφορους ιστούς του σώματος είναι οι αρτηρίες, οι φλέβες και τα τριχοειδή αγγεία.

### 7.2.1. Αρτηρίες

Στους τελεόστεους ιχθύες, απαντώνται δύο τύποι αρτηριών, οι ελαστικού τύπου αρτηρίες, που είναι η κοιλιακή αορτή και οι προσαγωγές βραγχιακές αρτηρίες, οι οποίες μεταφέρουν το αίμα από την καρδιά στα βράγχια και μπορούν να απορροφούν την υψηλή αγγειακή πίεση του αίματος και οι μυϊκού τύπου αρτηρίες, οι οποίες είναι οι απαγωγές κυρίως αρτηρίες που διανέμουν το αίμα στα όργανα (Stoskopf, 1993).

Το τοίχωμα των αρτηριών συγκροτείται από τρεις χιτώνες: τον εσωτερικό χιτώνα (*tunica intima*), το μέσο (*tunica media*) και τον εξωτερικό ή πρόσθετο χιτώνα (*tunica externa*), παρουσιάζοντας παρόμοια δομή με αυτή των ανώτερων σπονδυλωτών (Εικ. 7.6.) (Genten *et al.*, 2009). Ο έσω χιτώνας αποτελείται από συνδετικό ιστό με λείες μυϊκές ίνες. Ο μέσος χιτώνας, στις αρτηρίες ελαστικού τύπου φέρουν πολλές ελαστικές ίνες εναλλασόμενες με λείο μυϊκό ιστό ενώ στις αρτηρίες μυϊκού τύπου ο μέσος χιτώνας φέρει πολλές στιβάδες λείων μυϊκών κυττάρων με πολύ μικρότερη πυκνότητα ελαστικών ινών. Ο εξω χιτώνας αποτελείται από συνδετικό ιστό.

Η δομή των αρτηριών στην τσιπούρα (*Sparus aurata*) και το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*) απεικονίζεται στην Εικόνα 7.6.



**Εικόνα 7.6.** Εγκάρσια ιστολογική τομή αρτηρίας σε ιστό νεφρού τσιπούρας (*Sparus aurata*) στην οποία φαίνονται οι τρεις κύριοι χιτώνες που χαρακτηρίζουν τις αρτηρίες:

(1) ο εσω χιτώνας, ο οποίος φέρει παχύ μονόστιβο πλακώδες ενδοθήλιο. Κάτω από τα ενδοθηλιακά κύτταρα υπάρχει συνδετικός ιστός, ο οποίος περιέχει κολλαγόνες και ελαστικές ίνες. Οι ελαστικές ίνες σχηματίζουν ένα στρώμα το οποίο καλείται "*tunica elastica*", εσωτερική ελαστική μεμβράνη της αρτηρίας (αιχμές βέλους),

(2) ο μέσος χιτώνας, ο οποίος αποτελεί το παχύτερο στρώμα του τοιχώματος και αποτελείται από κυκλικούς λείους μυς.

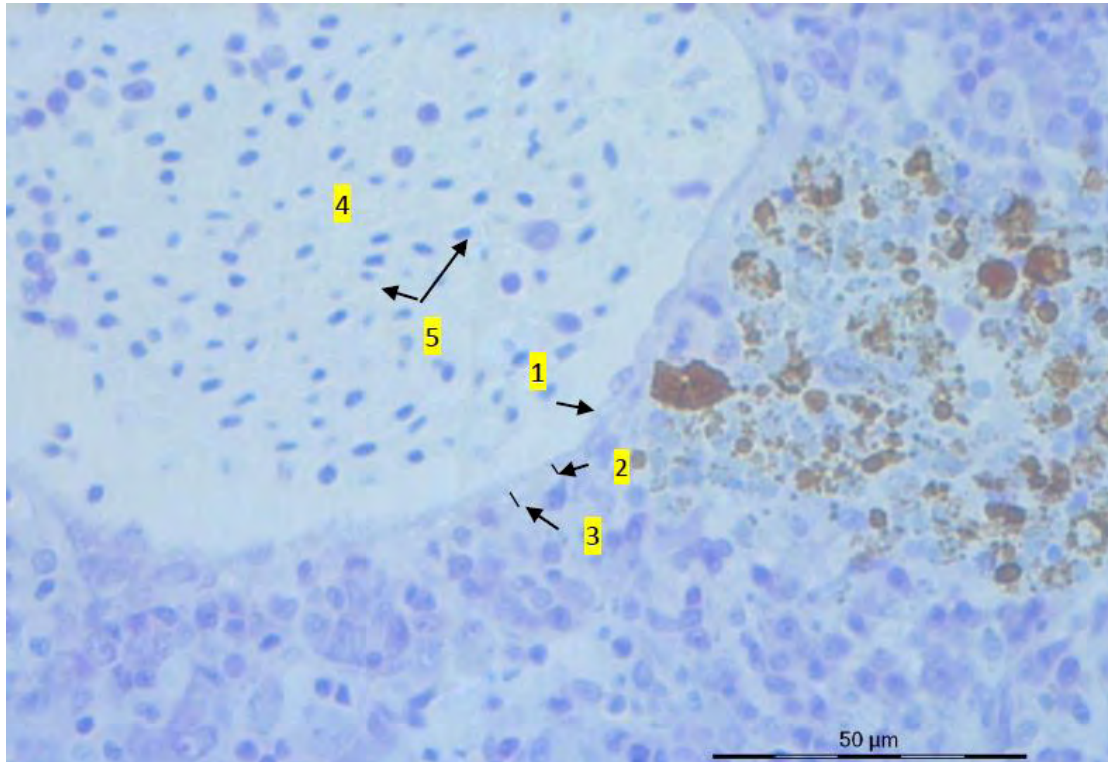
(3) ο εξω χιτώνας, ο οποίος αποτελείται από συνδετικό ιστό

Επίσης διακρίνονται: (4) Αυλός του αγγείου, (5) αγγεία και (6) κύτταρα του αίματος. (X40, Χρώση Κυανούν της Τολουιδίνης) (Μικροφωτογραφία: Προσωπικό αρχείο Τζιώρτζιου Α., 2020).

### 7.2.2. Φλέβες

Οι φλέβες επιστρέφουν το αίμα από ολόκληρο το σώμα μέσω της μικροκυκλοφορίας πίσω στην καρδιά για να προωθηθεί στα βράγχια και να οξυγονωθεί. Οι φλέβες είναι πιο εύκαμπτες από τις αρτηρίες και παρουσιάζουν παρόμοια δομή με αυτή των αρτηριών. Αποτελούνται από τρεις χιτώνες, το έσω, τον μέσο και τον έξω χιτώνα. Ο έσω χιτώνας αποτελείται από συνδετικό ιστό με παρουσία βαλβίδων, οι οποίες απαντώνται σε ζεύγη και χρησιμεύουν στο να διατηρείται μια συνεχής ροή του αίματος. Ο μέσος χιτώνας αποτελείται από στιβάδες από λείες μυϊκές ίνες. Χαρακτηριστικές ιστολογικές διαφορές στη δομή των φλεβών και των αρτηριών είναι ότι στις φλέβες, ο έσω και ο μέσος χιτώνας περιέχουν λιγότερο συνδετικό ιστό και λείες μυϊκές ίνες, σε σχέση με τις αρτηρίες καθώς επίσης, ο έξω χιτώνας των φλεβών παρουσιάζει μεγαλύτερο πάχος σε σύγκριση με αυτό των αρτηριών και αυτό παρατηρείται κυρίως στις μεγάλου μεγέθους φλέβες (ηπατικές πυλαίες φλέβες) (Groman, 1982).

Η δομή των φλεβών της τσιπούρας (*Sparus aurata*) και του λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*) απεικονίζεται στην Εικόνα 7.7..



**Εικόνα 7.7.** Εγκάρσια ιστολογική τομή φλέβας σε ιστό νεφρού τσιπούρας (*Sparus aurata*). Το τοίχωμα της φλέβας συγκροτείται από τρεις χιτώνες: τον εσωτερικό χιτώνα (*tunica intima*) ή ενδοθήλιο (1), το μέσο (*tunica media*) (2) και τον εξωτερικό ή πρόσθετο χιτώνα (*tunica externa*) (3). Αυλός του αγγείου (4), κύτταρα του αίματος (5). Το μυϊκό στρώμα της φλέβας, είναι λιγότερο ανεπτυγμένο και λεπτότερο από εκείνο της αρτηρίας του ίδιου μεγέθους (σύγκριση με την Εικ. 7.6). (X40, Χρώση Κυανού της Τολουιδίνης) (Μικροφωτογραφία: Προσωπικό αρχείο Τζιώρτζιου Α., 2020).

### 7.2.3. Τριχοειδή αγγεία

Τα τριχοειδή αγγεία αίματος, επιτρέπουν και ρυθμίζουν τις μεταβολικές ανταλλαγές ανάμεσα στο αίμα και τους περιβάλλοντες ιστούς (Mescher, 2017).

Η ιστολογική δομή των τριχοειδών αγγείων των ψαριών, αποτελείται από το έσω χιτώνα, ο οποίος φέρει μόνο ενδοθήλιο, που αποτελείται από πλακώδη κύτταρα και τα

οποία περιβάλλονται από μια βασική μεμβράνη (Ferguson, 2006). Ο έσω χιτώνας αποτελείται από την παρουσία μόνο περικυττάρων (Groman, 1982).

Στο λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*) και στην τσιπούρα (*Sparus aurata*) η δομή των τριχοειδών αγγείων ακολουθεί το ιστολογικό πρότυπο των τελεόστεων ιχθύων που αναπτύχθηκε παραπάνω. Επιπρόσθετα, και στα δύο είδη, όπως συμβαίνει και σε άλλους τελεόστεους ιχθύες, συναντούμε δύο ειδικά δίκτυα τριχοειδών ή αλλιώς θαυμάσια δίκτυα. Τα ένα είναι το ερυθρό σώμα, ή θαυμάσιο δίκτυο (*Rete mirabile*), μία πυκνή διάταξη τριχοειδών αγγείων, που συναντούμε στο πρόσθιο κοιλιακό τοίχωμα της νηκτικής κύστης. Το άλλο είναι το χοριοειδές θαυμάσιο δίκτυο του οφθαλμού. Το θαυμάσιο δίκτυο (*Rete mirabile*) επιτρέπει τη συγκέντρωση και αυξημένη μετακίνηση των αερίων από το αίμα στην νηκτική κύστη ενώ το χοριοειδές θαυμάσιο δίκτυο του οφθαλμού εφοδιάζει με οξυγόνο και θρεπτικές ουσίες την εξωτερική στιβάδα του αμφιβληστροειδούς. Επίσης, στον σπλήνα των ψαριών συναντούμε βοθρία και στο ήπαρ κολποειδή, αντί για ευδιάκριτα τριχοειδή αγγεία.

### 7.3 Λεμφαγγεία

Το λεμφικό αγγειακό σύστημα των ψαριών δεν είναι τόσο ανεπτυγμένο, όπως στα ανώτερα σπονδυλωτά. Τα ψάρια δεν διαθέτουν λεμφογάγγλια. Τα όργανα παραγωγής της λέμφου είναι ο λεμφικός ιστός των νεφρών και της σπλήνας. Η σύνθεση της λέμφου είναι περίπου ίδια με την σύνθεση του πλάσματος. Τα ανεπτυγμένα λεμφαγγεία ακολουθούν παράλληλα τις φλέβες, στις οποίες τελικά εκχέεται η λέμφος (Φώτης & Αγγελίδης, 2003).

Η ιστολογική δομή των λεμφαγγείων των ψαριών είναι απλούστερη από αυτή των αγγείων του αίματος και αποτελείται από από ένα απλό ενδοθηλιακό στρώμα ενώ σε κάποια μεγαλύτερα λεμφαγγεία παρατηρείται επιπλέον και ένα στρώμα συνδετικού ιστού με διάσπαρτα λεία μυϊκά κύτταρα. Τα λεμφαγγεία, έχουν βαλβίδες (Stoskopf, 1993).

#### **7.4. Αίμα και κύτταρα του αίματος**

Το αίμα αποτελεί ειδική μορφή συνδετικού ιστού που κυκλοφορεί μέσα στο αγγειακό σύστημα και χρησιμεύει για τη μεταφορά θρεπτικών υλικών, ουσιών αποικοδόμησης, οξυγόνου κλπ..

Το αίμα αποτελείται από κύτταρα (έμμορφα στοιχεία) τα οποία κυκλοφορούν μέσα σε υγρό εξωκυττάριο υλικό, το οποίο ονομάζεται πλάσμα. Το πλάσμα αποτελείται κατά κύριο μέρος από νερό (90-92%), από πρωτεΐνες (8-9%) και άλατα (1%) (Βερίλλης & Μεντέ, 2017). Τα κύτταρα του αίματος των ιχθύων είναι τα ερυθροκύτταρα (ερυθρά αιμοσφαίρια), τα λευκοκύτταρα (λευκά αιμοσφαίρια) και τα θρομβοκύτταρα.

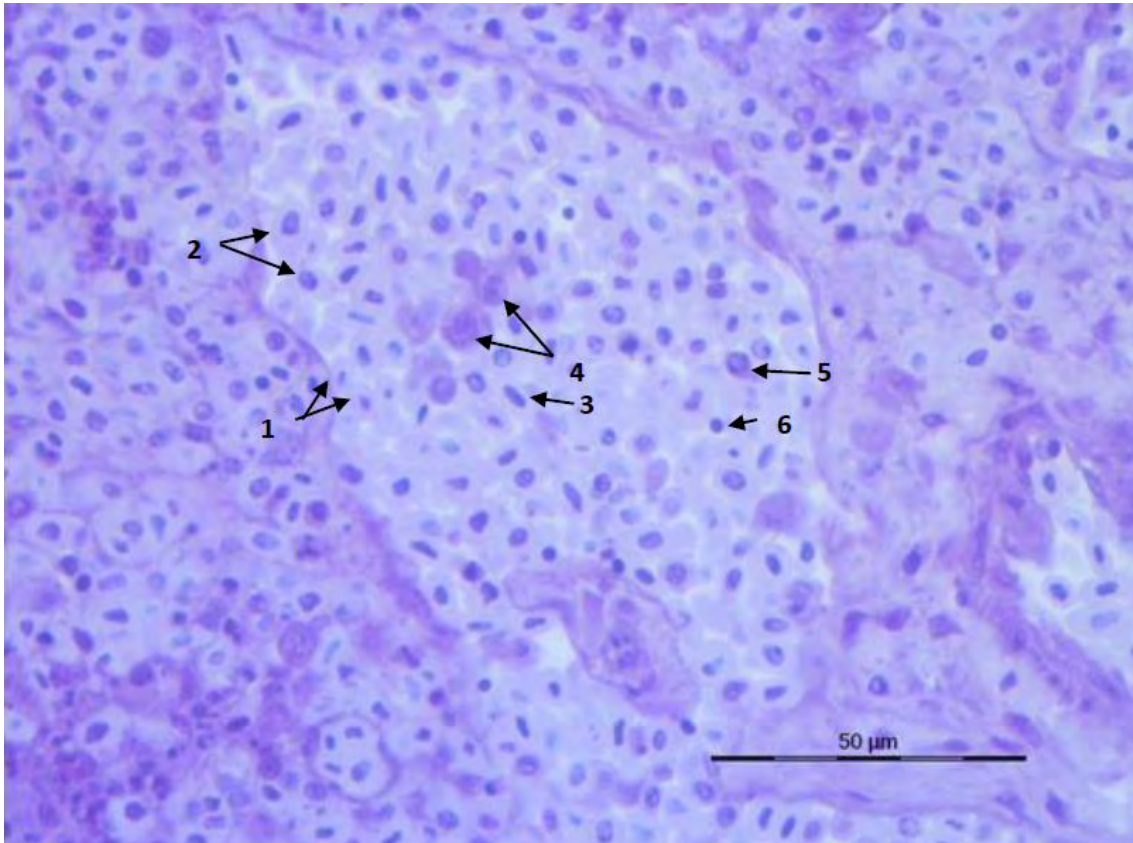
Από τη μελέτη επιχρίσματος αίματος λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*) και τσιπούρας (*Sparus aurata*), τα έμμορφα στοιχεία του αίματος που παρατηρούνται είναι τα ερυθροκύτταρα (άωρα και ώριμα), λευκοκύτταρα (ουδετερόφιλα, μονοκύτταρα και τα θρομβοκύτταρα).

### 7.4.1. Κύτταρα του αίματος

#### 7.4.1.1. Ερυθροκύτταρα

Τα ερυθροκύτταρα ή ερυθρά αιμοσφαίρια των ιχθύων γενικά έχουν σχήμα οβάλ και είναι εμπύρηνα. Το κυτταρόπλασμα τους είναι κορεσμένο σε αιμοσφαιρίνη. Ο αριθμός τους ποικίλει ανάλογα με το είδος και την ηλικία των ιχθύων (Genten *et al.*, 2009). Τα ερυθροκύτταρα αποτελούν το 96.5% του συνόλου των κυττάρων του αίματος. Σχηματίζονται από εμβρυικά κύτταρα που ονομάζονται ερυθροβλάστες στο περιφερικό αίμα (Βερίλλης & Μεντέ, 2017).

Στην τσιπούρα (*Sparus aurata*) και στο λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*), τα ερυθρά αιμοσφαίρια έχουν σχήμα οβάλ και είναι εμπύρηνα. Παρατηρούνται άωρα και ώριμα ερυθροκύτταρα. Τα άωρα ερυθροκύτταρα ξεχωρίζουν από τα ώριμα από το μεγαλύτερο μέγεθος και το πιο στρογγυλεμένο σχήμα τους (Εικ. 7.8).



**Εικόνα 7.8.** Ιστολογική τομή σπληνός τσιπούρας (*Sparus aurata*) στην οποία διακρίνονται κύτταρα του αίματος που μεταφέρονται μέσα σε μεγάλο αγγείο (φλέβα): (1) ώριμα ερυθροκύτταρα, τα οποία έχουν σχήμα οβάλ και είναι εμπύρηννα, (2) άωρα ερυθροκύτταρα, το μέγεθος τους είναι μεγαλύτερο και το σχήμα τους πιο στρογγυλό από αυτό των ώριμων ερυθροκυττάρων, (3) θρομβοκύτταρα, τα οποία έχουν επίμηκες σχήμα και έχουν μικρότερο μέγεθος από τα ερυθροκύτταρα και δεν βρίσκονται σε αθροίσματα όπως παρατηρούνται στα ανώτερα σπονδυλωτά, (4) διάφορα λευκοκύτταρα, (5) ουδετερόφιλο, (6) μονοκύτταρα-μακροφάγα. (Χ40, Χρώση Κυανούν της Τολουιδίνης) (Μικροφωτογραφία: Προσωπικό αρχείο Τζιώρτζιου Α., 2020).

Σύμφωνα με τους Esteban *et al.*, (2000), σε μελέτη επιχρίσματος αίματος λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*), τα άωρα ερυθροκύτταρα έχουν ελλειψοειδές σχήμα και φέρουν μεγάλο κεντρικό πυρήνα ενώ τα ώριμα ερυθροκύτταρα έχουν πιο έντονα χρωσμένο πυρήνα, με φυσαλίδες και πιο έντονα χρωσμένο κυτταρόπλασμα.



#### **7.4.1.2. Θρομβοκύτταρα**

Τα αιμοπετάλια ή αλλιώς θρομβοκύτταρα στο ψάρι διαφέρουν από τα αιμοπετάλια των ανώτερων σπονδυλωτών. Το σχήμα τους είναι στρογγυλό έως επίμηκες το μέγεθος τους μικρότερο από αυτό των ερυθροκυττάρων (Εικ. 7.8). Σύμφωνα με τους Rowley *et al.*, (1988), ο ρόλος των θρομβοκυττάρων στα ψάρια είναι να προάγουν την πήξη του αίματος σε καταστάσεις τραυματισμού ενώ κατά τον Ellis, (1976) επιπλέον του ρόλου της αιμόστασης, τους αποδίδει φαγοκυτταρικές ιδιότητες. Σε επίχρισμα αίματος λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*), οι Esteban *et al.*, (2000), αναφέρουν ότι το σχήμα των θρομβοκυττάρων είναι ατρακτοειδές, ο πυρήνας τους ακολουθεί το σχήμα του κυττάρου και το κυτταρόπλασμα τους δεν χρωματίζεται με τη Giemsa. Επίσης, αναφέρουν ότι συνήθως, απαντώνται ως μεμονωμένα κύτταρα και σπάνια ανιχνεύονται σε ομάδες.

#### **7.4.1.3. Λευκοκύτταρα ή Λευκά αιμοσφαίρια**

Στα ψάρια τα λευκοκύτταρα διακρίνονται σε κοκκιοκύτταρα και ακοκκιοκύτταρα.

##### **A) Κοκκιοκύτταρα**

Στα ψάρια, παρατηρούνται όπως και στα ανώτερα σπονδυλωτά τρία είδη κοκκιοκυττάρων τα ουδετερόφιλα, τα βασεόφιλα και τα εωσινόφιλα. (Doggett & Harris

1989; Meseguer *et al.*, 1990). Σε αιματολογική μελέτη λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*), οι Esteban *et al.*, (2000), αναφέρουν ότι τα ουδετερόφιλα έχουν μεγάλο δίλοβο ή τρίλοβο έκκεντρο πυρήνα και κυτταρόπλασμα, που χρωματίζεται με χρώση Giemsa (Εικ. 7.9), ενώ τα εωσινόφιλα έχουν δίλοβο έκκεντρο πυρήνα που το κυτταρόπλασμα τους δεν χρωματίζεται (Εικ.7.9.).

Στην τσιπούρα (*Sparus aurata*), το μέγεθος των ουδετερόφιλων είναι ίσο ή μεγαλύτερο από αυτό των ερυθροκυττάρων και φέρουν λοβώδη πυρήνα (Εικ. 7.8).

## **B) Ακοκκιοκύτταρα**

Τα ακοκκιοκύτταρα είναι τα λεμφοκύτταρα και τα μονοκύτταρα.

### I) Μονοκύτταρα

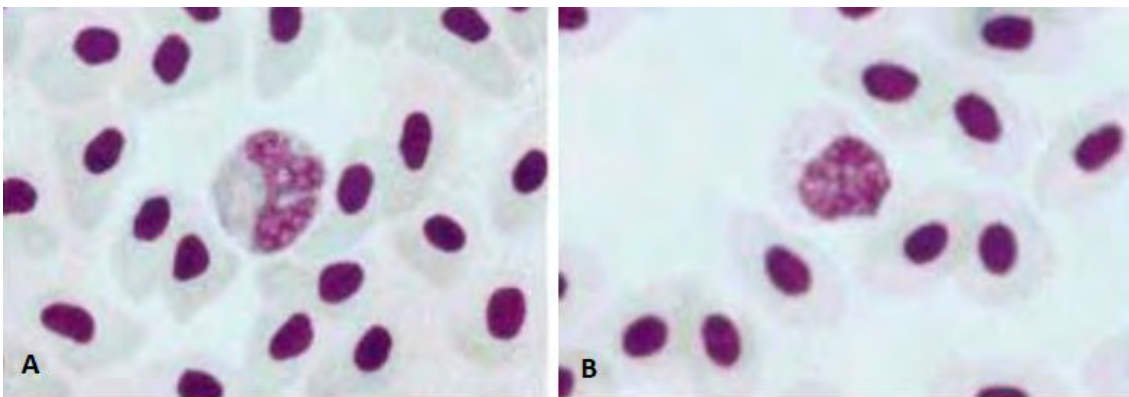
Τα μονοκύτταρα είναι ακοκκιοκύτταρα και αποτελούν πρόδρομα κύτταρα των μακροφάγων (Mescher, 2017). Σύμφωνα με τους Morrow & Pulsford, (1980) τους προσδίδονται φαγοκυτταρικές ιδιότητες. Το σχήμα τους είναι στρογγυλό με προεκβολές, χαρακτηρίζονται από ένα μεγάλο πυρήνα σχήματος C και το κυτταρόπλασμα τους χρωματίζεται μπλέ και υπάρχει παρουσία κενοτοπίων (Εικ. 7.10, B) (Esteban *et al.*, 2000).

### II) Λεμφοκύτταρα

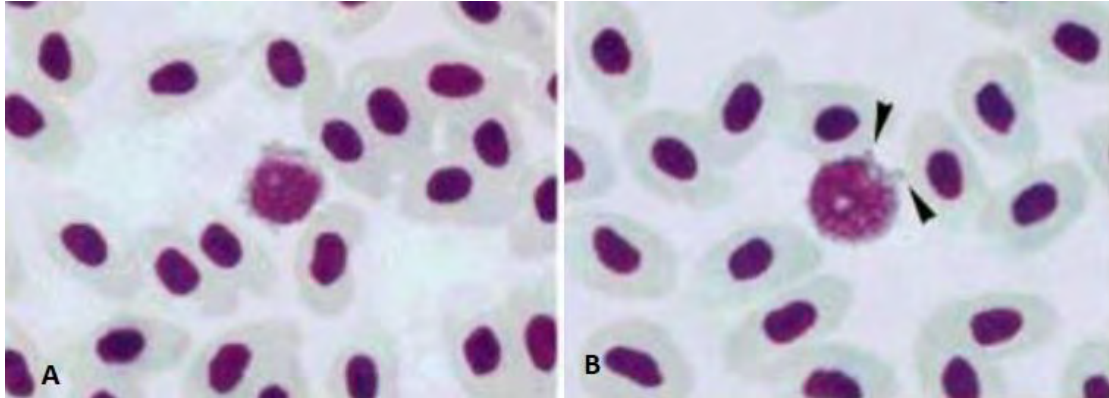
Τα λεμφοκύτταρα των ψαριών παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλομορφία και αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό, περίπου το 60% των λευκοκυττάρων (Ellis, 1977).

Οι κύριες λειτουργίες τους σχετίζονται με την ανοσολογική απόκριση των ψαριών (McLeay, 1973).

Στο λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*), τα λεμφοκύτταρα έχουν σχήμα σφαιρικό, φέρουν έκκεντρο σφαιρικό πυρήνα και το κυτταρόπλασμα τους χρωματίζεται μπλε. Το μέγεθος τους είναι μικρότερο από αυτό των ερυθροκυττάρων (Εικ.7.10, Α) (Esteban *et al.*, 2000).



**Εικόνα 7.9.** Επίχρισμα αίματος λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*) στο οποίο παρατηρούνται: **A.** Ουδετερόφιλα κοκκιοκύτταρα και **B.** Εωσινόφιλα κοκκιοκύτταρα, χρωσμένα με Giemsa (Πηγή: Esteban *et al.*, 2000).



**Εικόνα 7.10.** Επίχρισμα αίματος λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*) στο οποίο παρατηρούνται: **A.** Λεμφοκύτταρα και **B.** Μονοκύτταρα, χρωσμένα με Giemsa (Πηγή: Esteban *et al.*, 2000).

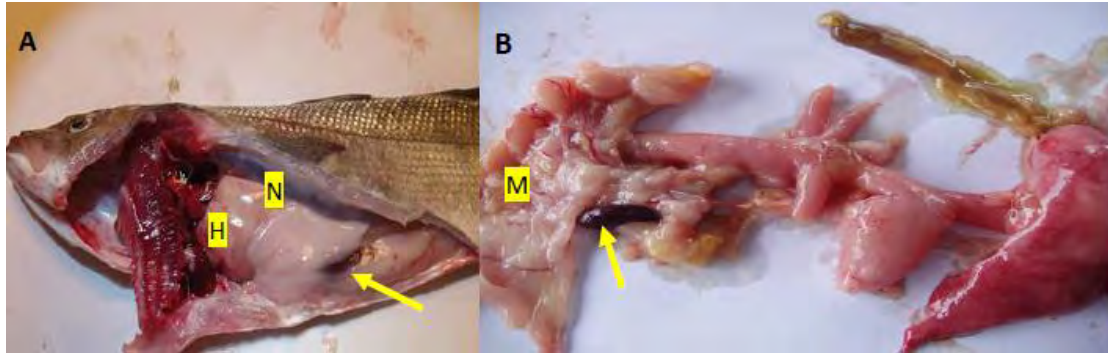
## 8. ΑΙΜΟΠΟΙΗΣΗ

Στους τελεόστεους ιχθύες, λόγω της έλλειψης λεμφαδένων και μυελού των οστών, η λειτουργία της αιμοποίησης, λαμβάνει χώρα κατά κύριο στον σπλήνα και τον πρόνεφρο και σε μικρότερο βαθμό, στον θύμο αδένα, σε περιοχές του ήπατος και στον υποβλεννογόνιο χιτώνας του εντέρου (Groman, 1982; Genten *et al.*, 2009).

### 8.1. Σπλήνας

Ο Σπλήνας (*Spleen*) ως όργανο ανήκει στο κυκλοφορικό σύστημα αλλά, λόγω της αιμοποιητικής λειτουργίας του, περιγράφεται στο κεφάλαιο αυτό. Έχει επίμηκες σχήμα, σκούρο ερυθρό χρώμα και ανατομικά βρίσκεται μεταξύ της νηκτικής κύστης και του ήπατος (Εικ.8.1.).

Οι κύριες λειτουργίες του σπλήνα στα ψάρια είναι η αιματοποίηση (παραγωγή των κυττάρων του αίματος), η καταστροφή των γηρασμένων ερυθροκυττάρων καθώς και ξένων παραγόντων από κύτταρα της μη ειδικής ανοσολογικής απάντησης. Επίσης, ο σπλήνας έχει τη δυνατότητα να αποθηκεύει αίμα λόγω της μεγάλης ελαστικότητας της κάψας και των εσωτερικών αγγείων. Περιέχει 72% ερυθροκύτταρα, 18% λευκοκύτταρα, 6% ερυθροβλάστες και 4% λευκοπλάστες (Φώτης & Αγγελίδης, 2003; Spazier *et al.*, 1992).



**Εικόνα 8.1.** Η μορφολογία και ανατομική θέση του Σπλήνα (βέλος), στο λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*) (A) και στην τσιπούρα (*Sparus aurata*) (B). Ανατομικά βρίσκεται μεταξύ της νηκτικής κύστης (N), του ήπατος (H) και του μεσεντερίου (M). (Φωτο: Τζιώρτζιου Α., 2020).

### *Ιστολογική δομή*

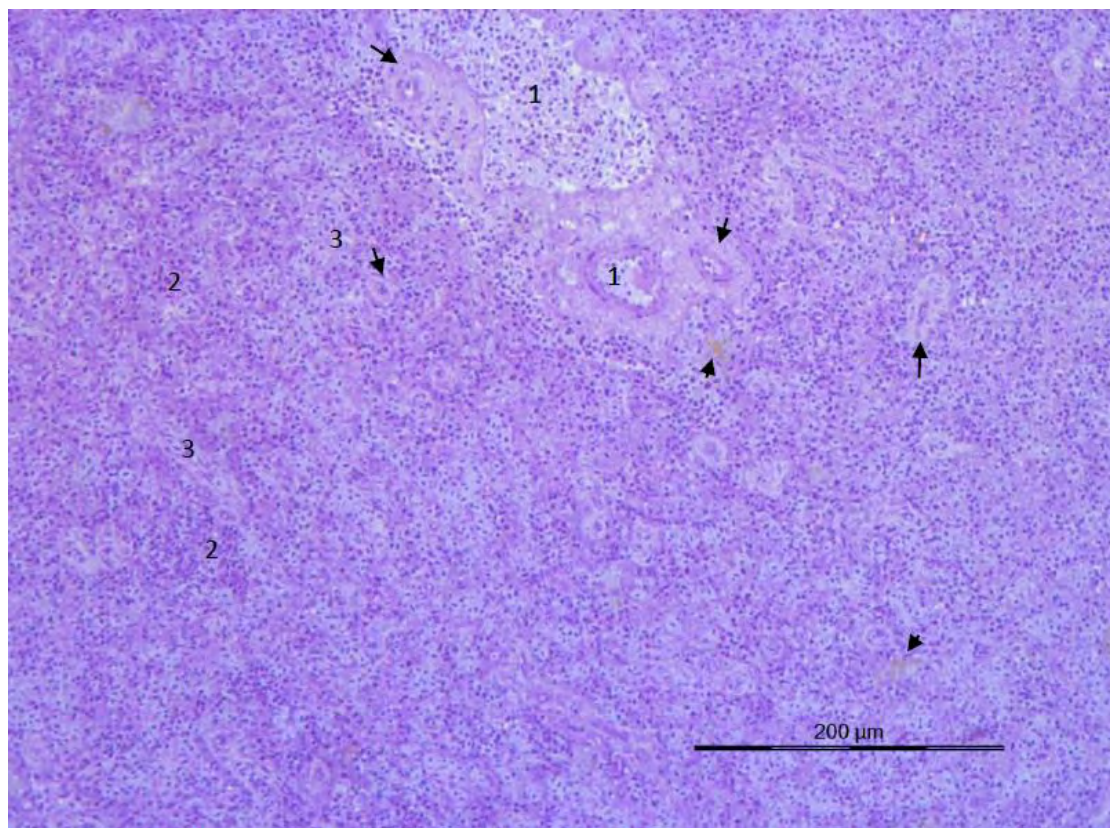
Ο σπλήνας περιβάλλεται από μια λεπτή κάψα ινώδους συνδετικού ιστού, η οποία εισχωρεί στο εσωτερικό του οργάνου σχηματίζοντας ένα μικρό δίκτυο από ινώδεις δοκίδες που αποτελούν τον κύριο ιστό του. Μέσα στις δοκίδες διατρέχουν τα αιμοφόρα αγγεία. Μεταξύ της μάζας του δικτύου βρίσκεται ο σπληνικός πολφός, ο οποίος διακρίνεται στον ερυθρό και στον λευκό (Εικ. 8.2) (Φώτης & Αγγελίδης 2003). Ο ερυθρός πολφός (*red pulp*), είναι το κέντρο παραγωγής ερυθροκυττάρων και τόπος καταστροφής τους. Αποτελείται κυρίως από ερυθροειδή κύτταρα και θρομβοκύτταρα (Ferguson, 2006; Φώτης & Αγγελίδης, 2003). Ο λευκός πολφός (*white pulp*), συνήθως εντοπίζεται γύρω από μεγάλα αγγεία του αίματος και μελανομακροφάγα κέντρα (Εικ.8.2.) (Ferguson, 2006). Στον λευκό πολφό παράγονται τα λευκοκύτταρα.

Στο σπλήνα των τελεόστεων ιχθύων, πέραν του λευκού και ερυθρού πολφού, παρατηρούνται και μελανομακροφάγα κύτταρα, τα οποία σχηματίζουν εστίες τα μελανομακροφάγα κέντρα (Εικ. 8.2). Σύμφωνα με τον Russo *et al.*, (2007), αποτελούν

ένα είδος φαγοκυττάρων και οι λειτουργίες τους είναι η αποθήκευση ουσιών, η καταστροφή και αποτοξίνωση κυττάρων και ανακύκλωση του σιδήρου.

Επίσης στον σπλήνα παρατηρούνται τα ελλειψοειδή (Εικ. 8.2), τα οποία σχηματίζονται από μακροφάγα και δικτυωτά κύτταρα, σαν θήκες γύρω από τα τελικά σημεία των αρτηριδίων του σπλήνα (Ferguson, 2006).

Η ιστολογική δομή του σπλήνα της τσιπούρας (*Sparus aurata*) και του λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*), ακολουθεί το πρότυπο των τελεόστεων ιχθύων που περιγράφηκε παραπάνω και απεικονίζεται στην Εικόνα 8.2..



**Εικόνα 8.2.** Η ιστολογική δομή του σπλήνα της τσιπούρας (*Sparus aurata*). Διακρίνονται τα βασικά στοιχεία του σπλήνα: (1) αγγεία αίματος, (2) ερυθρός πολφός, (3) λευκός πολφός και (βέλη) ελλειψοειδή. (X10, Χρώση Κυανούν της Τολουιδίνης) (Μικροφωτογραφία: Προσωπικό αρχείο Τζιώρτζιου Α., 2020).

## 8.2. Πρόνεφρος

Ο πρόσθιος νεφρός ή πρόνεφρος στους τελεόστεους ιχθύες διαθέτει διακριτές κεφαλικές (πρόσθιες) περιοχές (Ferguson, 2006) και η λειτουργία του είναι σχεδόν αποκλειστικά αιμοποιητική παρά απεκκριτική. Περιέχει αιμοποιητικό, λεμφοειδή και ενδοκρινικό ιστό (Reimschuessel, 2001).

Σύμφωνα με τον Groman, (1982), οι κύριοι τύποι αιμοκυττάρων που συναντώνται στον αιμοποιητικό ιστό του πρόνεφρου είναι οι αιμοκυτοβλάστες, οι ερυθροβλάστες, τα μελανομακροφάγα και τα λεμφοκύτταρα.

A) Οι αιμοκυτοβλάστες, είναι τα κύτταρα που απαντώνται στην μεγαλύτερη πλειονότητα στο παρέγχυμα του πρόνεφρου. Θεωρούνται ότι είναι τα πρόδρομα αιμοκύτταρα που εξελίσσονται σε ερυθροειδή όσο και σε κοκκώδη κύτταρα. Οι αιμοκυτοβλάστες φέρουν σφαιρικού σχήματος πυρήνα, τοποθετημένο στο κέντρο του κυττάρου, που περιέχει αραιή χρωματίνη και έχουν βασεόφιλο κυτταρόπλασμα με κενोटόπια .

B) Οι ερυθροβλάστες, απαντώνται σε διάφορα στάδια ανάπτυξης και αποτελούν τα πρόγονα κύτταρα των ερυθρών αιμοσφαιρίων.

Γ) Τα μελανομακροφάγα κύτταρα, τα οποία συχνά οργανώνονται σε αθροίσματα σχηματίζοντας μελανομακροφάγα κέντρα τα οποία συνήθως εντοπίζονται στα τελικά σημεία των αγγείων αίματος. Τα κύτταρα αυτά φέρουν πυρήνα στο κέντρο τους με πυκνή χρωματίνη και στο κυτταρόπλασμα τους παρατηρείται σκούρα κίτρινη χρωστική ουσία που οφείλεται στις χρωστικές λιποφουσκίνη και μελανίνη και κενोटόπια.



Δ) Τα λεμφοκύτταρα, τα οποία συνήθως βρίσκονται γύρω από τα μελανομακροφάγα κέντρα.

Στην τσιπούρα (*Sparus aurata*) και το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*) ο πρόνεφρος εμφανίζει δύο λοβούς. Η ιστολογική δομή του ακολουθεί την δομή των τελεόστεων ιχθύων, που περιγράφεται παραπάνω.

### 8.3. Θύμος αδένας

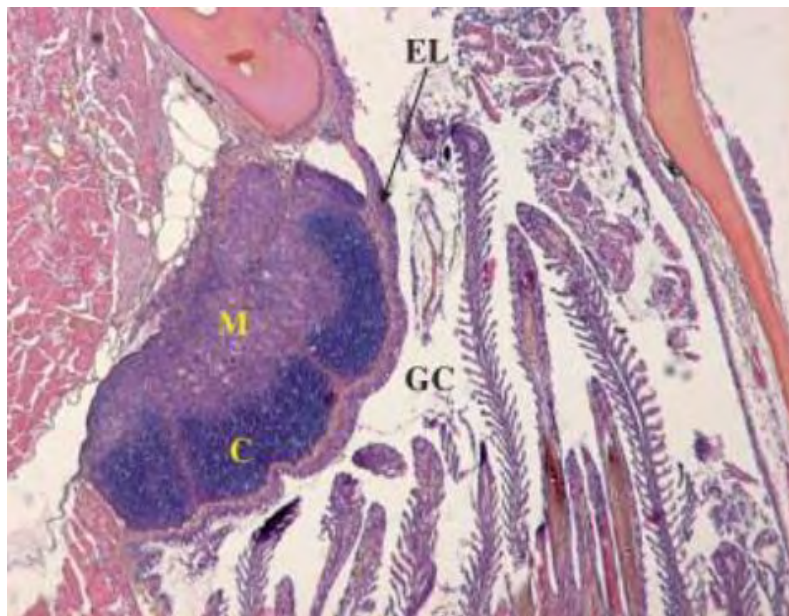
Ο θύμος αδένας (*Thymus*), αποτελεί λεμφοκυτταρογόνο όργανο το οποίο εμφανίζεται με την μορφή ζεύγους λοβών, οι οποίοι βρίσκεται στη ραχιαία πλευρά της βραγχιακής κοιλότητας, στο σημείο πρόσφυσης του βραγχιακού επικαλύμματος (Εικ.8.3) (Φώτης & Αγγελίδης, 2003; Lin *et al.*, 2005).

Ο θύμος αδένας σε ορισμένα είδη ιχθύων εμφανίζεται μερικές ημέρες πριν την εκκόλαψη, ενώ σε άλλα είδη όπως στην γλώσσα, παρατηρείται μόνο μετά την μεταμόρφωση των λαρβών. Το μέγεθος του ποικίλλει, ανάλογα με την εποχή του έτους και τον αναπαραγωγικό κύκλο των ψαριών (Ferguson, 2006). Οι κύριες λειτουργίες του είναι, η ανάπτυξη των θυμοκυττάρων και η μετατροπή τους σε αιμοκυτοβλάστες, η ωρίμανση των λεμφοκυττάρων και η παραγωγή θυμοσίνης, η οποία διεγείρει την ανοσολογική απάντηση (Groman, 1982).

### Ιστολογική δομή

Το παρέγχυμα του θύμου αδένος αποτελείται από λεμφικό ιστό, με κύριο τύπο κυττάρων τα λεμφοκύτταρα (Fath El-Bab, 2004) και καλύπτεται από λεπτό στρώμα επιθηλίου. Το επιθήλιο εισχωρεί στο παρέγχυμα με την μορφή δοκίδων, σχηματίζοντας ένα τρισδιάστατο δίκτυο, που υποστηρίζει τα θυμοκύτταρα και τα υπολοίπα ανοσολογικά κύτταρα (Ferguson, 2006). Σε κάποια είδη, ο θύμος αδένος διαχωρίζεται σε μία φλοιώδη στιβάδα, με κύριο τύπο κυττάρων τα θυμοκύτταρα και μία μυελώδη στιβάδα, με κύριο τύπο κυττάρων τα επιθηλιακά κύτταρα (Ferguson, 2006).

Η ιστολογική δομή του θύμου αδένος στο λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*) φαίνεται στην Εικόνα 8.3..



**Εικόνα 8.3.** Εγκάρσια τομή λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*) ηλικίας 60 ημερών μετά την εκκόλαψη στην οποία φαίνεται η ανάπτυξη του θύμου αδένος. Διακρίνονται η φλοιώδης στιβάδα (C), η μυελική στιβάδα (M), τα βραγχιακά τόξα (GC) και το επιθήλιο (EL) (Χρώση αιματοξυλίνης - ηωσίνης, μεγέθυνση  $\times 50$ ) (Πηγή: Seemann *et al.*, 2014).

## 9. ΠΕΠΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Το πεπτικό σύστημα των ψαριών αποτελείται: α) από τον πεπτικό σωλήνα, ο οποίος ξεκινά από το στόμα και καταλήγει στην έδρα και περιλαμβάνει το στόμα, τον φάρυγγα, τον οισοφάγο, το στομάχο, τον πυλωρό, τα πυλωρικά τυφλά, το έντερο και την έδρα και β) από τους πεπτικούς αδένες, το ήπαρ, που φέρει την χοληδόχο κύστη και την εξωκρινή μοίρα του παγκρέατος. Από όλα τα είδη των ψαριών λείπουν οι σιελογόνοι αδένες.

Ο λειτουργικός ρόλος της πεπτικής οδού είναι η αφομοίωση της τροφής, ενώ οι πεπτικοί αδένες, συμβάλλουν στην μεταβολική επεξεργασία των τροφών εντός του γαστρεντερικού σωλήνα.

Τα ψάρια παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλομορφία στη δομή του πεπτικού συστήματος. Οι διαφοροποιήσεις αφορούν στο σχήμα του στόματος, στο μήκος του οισοφάγου, στην παρουσία ή την απουσία στομάχου (απουσία στομάχου παρατηρείται στις οικογένειες των *Cyprinidae*, *Scaridae* και *Labridae*), στην απουσία ή την παρουσία πυλωρικών τυφλών και τον αριθμό αυτών, στο μήκος του εντέρου (τα σαρκοφάγα ψάρια έχουν πιο κοντό έντερο από τα φυτοφάγα). Γενικά η ανατομία του πεπτικού σωλήνα εξαρτάται από τις διατροφικές συνήθειες του είδους.

### 9.1. Στοματική κοιλότητα

Ο ρόλος της στοματικής κοιλότητας στα ψάρια αφορά στην πρόσληψη, συγκράτηση και προώθηση της τροφής προς τον φάρυγγα αλλά συμβάλει επίσης στην αναπνοή και στην διεργασία της ωσμωτικής και ιοντικής ρύθμισης μέσω των βραγχίων.

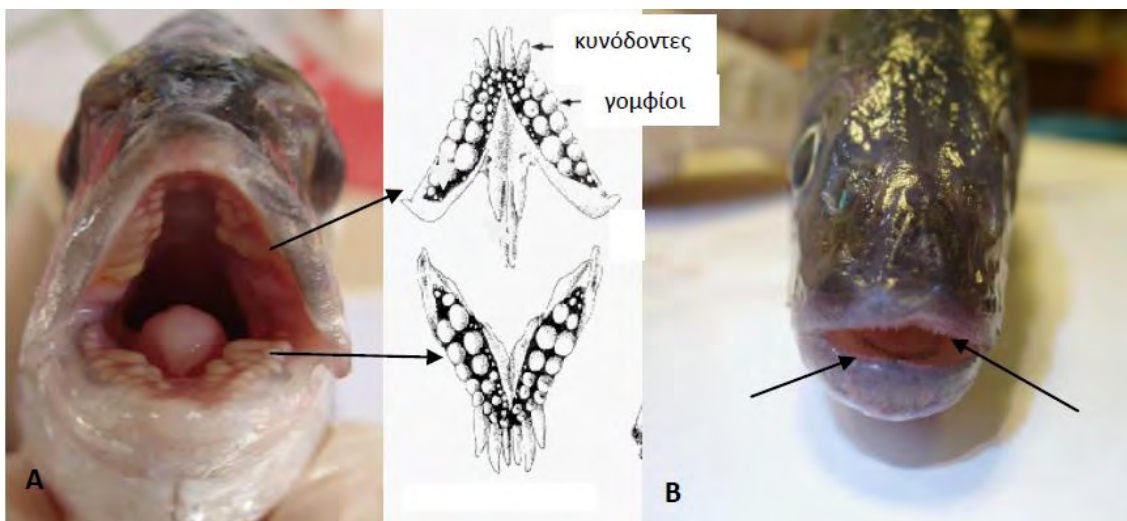
Η θέση του στόματος και στα δύο εξεταζόμενα είδη, της τσιπούρα (*Sparus aurata*) και του λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*), βρίσκεται στο άκρο του πρόσθιου μέρους της κεφαλής τους (Εικ.9.1.).

Τα μορφολογικά χαρακτηριστικά της στοματικής κοιλότητας που έχουν άμεση σχέση με τη συγκράτηση και προώθηση της τροφής είναι οι οδόντες, η γλώσσα και η υπερώα.

#### *Ιστολογική δομή*

Η ιστολογική δομή της στοματικής κοιλότητας των ιχθύων αποτελείται από λεπτό, πολύστιβο πλακώδες επιθήλιο, το οποίο φέρει πολλά βλεννογόνα κύτταρα καθώς και παρουσία θηλών (μυκητοειδής και τριχοειδής) (Ferguson, 2006).

Στα δύο εξεταζόμενα είδη, την τσιπούρα (*Sparus aurata*) και το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*), η στοματική κοιλότητα επενδύεται από βλεννογόνο χιτώνα που φέρει πολύστιβο πλακώδες επιθήλιο, στο οποίο εντοπίζονται βλεννογόνα κύτταρα και γευστικοί κάλυκες. Ακολουθεί, ο υποβλεννογόνιος χιτώνας, μια λεπτή στιβάδα χαλαρό συνδετικό ιστό. Κάτω από τον υποβλεννογόνιο χιτώνα βρίσκονται οστά του κρανίου και χόνδρος.



**Εικόνα 9.1. Α.** Στοματική κοιλότητα τσιπούρας (*Sparus aurata*), στην οποία διακρίνεται η διάταξη των δοντιών και η γλώσσα. Στο μπροστινό μέρος φέρει 4-6 κυνόδοντες, προς το πίσω μέρος φέρει 2-4 σειρές δοντιών, των οποίων βαθμιαία το σχήμα τους γίνεται πιο αμβλύ, οι δύο εξωτερικές σειρές είναι πολύ ισχυρότερες. Επίσης, φαίνεται η γλώσσα, το σχήμα της οποίας είναι τριγωνικό και συγκροτείται από το σώμα, μία χαρακτηριστική ενδιάμεση ράχη στην επιφάνεια του σώματος και τα πλευρικά τοιχώματα.

**Β.** Στοματική κοιλότητα λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*), στην οποία φαίνεται μεγάλος αριθμός μικρών, αιχμηρών, με κλίση προς το εσωτερικό της στοματικής κοιλότητας δοντιών καθώς και η διάταξη τους, σε μορφή δέσμης, πάνω στις σιαγόνες. (Φωτογραφία: Τζιώρτζιου Α., 2020).

### 9.1.2. Δόντια

Ο ρόλος των οδόντων στους ιχθύες είναι η πρόσληψη της τροφής. Όλα τα οστά του κρανίου που καταλήγουν στη στοματική – βραγχιακή κοιλότητα μπορεί να φέρουν οδόντες. Οδόντες μπορεί να υπάρχουν στην κάτω γνάθο, στην άνω γνάθο, στο προγναθιαίο οστό, στην υπερώα, στην ίνιδα και στη γλώσσα των διαφόρων ειδών των ιχθύων. Επίσης μέλη ορισμένων οικογενειών *Cyprinidae*, *Cyprinodontidae* φέρουν φαρυγγικά δόντια, τα οποία βρίσκονται στο τέλος της στοματικής κοιλότητας σε μια ή δυο σειρές και εξυπηρετούν στην επεξεργασία της τροφής.

Η μορφή των δοντιών της τσιπούρας (*Sparus aurata*) και του λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*), διαφέρουν λόγω των διαφορετικών διατροφικών τους συνηθειών. Στο λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*), τα δόντια βρίσκονται πάνω στις σιαγόνες και στην ίνιδα (Εικ. 9.1.). Η γλώσσα του φέρει οδοντικές σειρές και τα ινιακά του δόντια βρίσκονται τοποθετημένα σε ημισεληνοειδή σχηματισμό, χωρίς να προεκτείνονται προς το μέσο του ουρανίσκου (Νεοφύτου & Νεοφύτου, 2017). Είναι μικρά, αιχμηρά, κυρτά προς το εσωτερικό της στοματικής κοιλότητας, επιτυγχάνοντας έτσι την αποτροπή της διαφυγής της λείας τους. Είναι διατεταγμένα σε πολλές σειρές, μορφής δέσμης (Παπουτσόγλου, 2008) και προεξέχουν ελαφρά από το στοματικό επιθήλιο. Η τσιπούρα (*Sparus aurata*), φέρει κυνόδοντες και γομφίους, η διάταξη των οποίων φαίνεται στην Εικόνα 9.1.

#### *Ιστολογική δομή*

Σύμφωνα με τον Stoskopf, (1993), η δομή των δοντιών αποτελείται εσωτερικά από τον οδοντικό πολφό, την οδοντίνη και την αδαμαντίνη. Ο οδοντικός πολφός αποτελείται από συνδετικό ιστό και οδοντοβλάστες. Οι οδοντινοβλάστες βρίσκονται τοποθετημένοι περιμετρικά του οδοντικού πολφού και εκκρίνουν την οδοντίνη. Η οδοντίνη των ψαριών, περιβάλλει την εσωτερική πολφική κοιλότητα και αποτελείται από ίνες κολλαγόνου και άλατα ασβεστίου. Εξωτερικά της οδοντίνης υπάρχει η αδαμαντίνη.

Η ιστολογική δομή των οδόντων στο λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*) και την τσιπούρα (*Sparus aurata*), ακολουθεί όμοια ιστολογική δομή με αυτή των τελεόστεων ιχθύων, όπως αυτό περιγράφηκε παραπάνω.

### 9.1.3. Γλώσσα

Η γλώσσα προσφύεται στο δάπεδο της στοματικής κοιλότητας, έχει σχετικά μικρό μήκος και δεν εκτείνεται (Εικ.9.1. & 9.2.). Ο ρόλος της στην διατροφική διαδικασία των ιχθύων συνίσταται στην συγκράτηση της τροφής στην στοματική κοιλότητα καθώς και στην προώθηση αυτής στον φάρυγγα με την βοήθεια των οδόντων (ύνις, παρασφηνοειδές οστό, υπερώα και περυγοειδή οστά). Στερείται αυτόνομης κίνησης και οι όποιες κινήσεις της οφείλονται σε κινήσεις των οστών με τα οποία συνδέεται (υοειδές οστό). Στερείται σιελογόνων αδένων καθώς ο υδρόβιος χαρακτήρας των οργανισμών αυτών επιτρέπει την κατάποση της τροφής τους δίχως την βοήθεια σιέλου (Παπουτσόγλου, 2008).

Η γλώσσα της τσιπούρας (*Sparus aurata*), έχει τριγωνικό σχήμα (Εικ.9.1) και καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος του δαπέδου της στοματικής κοιλότητας. Υποστηρίζεται από το οστό της κάτω γνάθου και το σκελετό των βραγχιακών τόξων.

Η γλώσσα του λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*), βρίσκεται στο δάπεδο της στοματικής κοιλότητας, δεν είναι κινητή και δεν εκτείνεται. Υποστηρίζεται από το υοειδές οστό και το σκελετό των βραγχιακών τόξων. Το σχήμα της μοιάζει με περικομμένη πυραμίδα (Εικ.9.2)(Levanti et al., 2017).



**Εικόνα 9.2.** Μορφολογία της γλώσσας λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*). Το σχήμα της μοιάζει με περικομμένη πυραμίδα και διακρίνονται μια ελεύθερη κορυφή, το σώμα και μια σταθερή ρίζα. Η κορυφή και το σώμα συμπιέζονται ραχιαία. (Φωτογραφία: Τζιώρτζιου Α., 2020).

### *Ιστολογική δομή*

Στα περισσότερα ψάρια η γλώσσα έχει μικρή ανάπτυξη και δεν υποστηρίζεται από μυϊκές ίνες. Συνήθως, η ιστολογική δομή της γλώσσας αποτελείται από συνδετικό ιστό, ο οποίος επενδύεται από επιθήλιο που φέρει μονοκύτταρους αδένες. Σε κάποια είδη υπάρχει χόνδρος, ειδικά στους Χονδροιχθύες (Genten *et al.*, 2009).

Το ιστολογικό προφίλ της γλώσσας στο λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*), εξωτερικά καλύπτεται από πολύστιβο πλακώδες επιθήλιο που φέρει γευστικούς κάλυκες. Ακολουθεί μία συμπαγής κύρια στιβάδα, και το χόριο. Ανάμεσα στη βασική



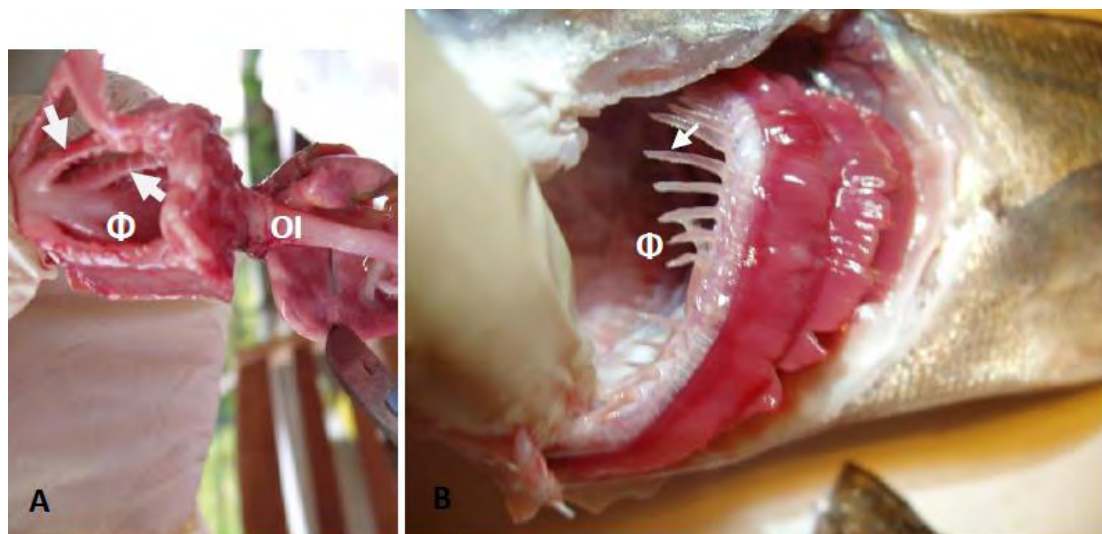
μεμβράνη και το χόριο παρατηρείται λεπτή στιβάδα από μελανινοκύτταρα. Κάτω από το χόριο, ο πυρήνας της γλώσσας, αποτελείται από χόνδρο. Σε εγκάρσια τομή της γλώσσας, στις άκρες της παρατηρούνται λείες μυϊκές ίνες (Παπαδόπουλος, 2008).

Το ιστολογικό προφίλ της γλώσσας στην τσιπούρα (*Sparus aurata*), αποτελείται από ένα παχύ στρώμα βλεννογόνου το οποίο φέρει πολύστιβο επιθήλιο με παρουσία μυκητοειδών και τριχοειδών θηλών. Γευστικοί κάλυκες και θηλές είναι διασκορπισμένες σε όλη την επιφάνεια και ιδιαίτερα στην εξωτερική ζώνη της κορυφής της. Η κύρια στιβάδα συγκροτείται από συνδετικό ιστό. Στον βλεννογόνο της ραχιαίας επιφάνειας του σώματος και της ρίζας φέρει πολυάριθμες πτυχές (Levanti *et al.*, 2017).

## 9.2. Φάρυγγας

Ο φάρυγγας βρίσκεται μεταξύ της στοματικής κοιλότητας και του οισοφάγου και ορίζεται σαν η περιοχή εκείνη η οποία φέρει τα βραγχιακά τόξα (Εικ. 9.3.). Στους ιχθύες αποτελεί το κατ' εξοχήν όργανο καταπόσεως και προωθήσεως της τροφής τους στο πρώτο τμήμα του πεπτικού τους σωλήνα, τον οισοφάγο.

Στις φαρυγγικές κοιλότητες πολλών ψαριών, υπάρχουν γευστικοί κάλυκες και δόντια, τα οποία συμβάλλουν στην σύνθλιψη της τροφής (Linser *et al.*, 1998).



**Εικόνα. 9.3.** Βραγχιακή κοιλότητα, (Α) τσιπούρας (*Sparus aurata*) και (Β) λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*), στην οποία διακρίνεται η παρουσία βραγχιακών ακάνθων σε κάθε βραγχιακό τόξο (βέλη) και ο φάρυγγας (Φ), ο οποίος οριοθετείτε μεταξύ της στοματικής κοιλότητας και του οισοφάγου (ΟΙ). Παρατηρούνται διαφορές τόσο στις διαστάσεις (μήκος και πλάτος) όσο και στον τύπο (αιχμηροί ή όχι) των βραγχιακών ακάνθων, μεταξύ των δύο ειδών, οι οποίες οφείλονται στον διατροφικό τύπο των ιχθύων και προσδιορίζουν την ικανότητα να αποτρέπεται η διαφυγή της τροφής, συμβάλλοντας ταυτόχρονα στην προώθηση της προς την περιοχή καταπόσεως της. (Φωτογραφία: Τζιώρατζιου Α., 2020).

### Ιστολογική δομή

Ο φάρυγγας φέρει βλεννογόνο χιτώνα που καλύπτεται από πολύστιβο πλακώδες επιθήλιο κατά μήκος του οποίου υπάρχουν βλεννογόνα κύτταρα. Ακολουθεί, η κύρια στιβάδα και ο μυϊκός χιτώνας, ο οποίος αποτελείται από γραμμωτές μυϊκές ίνες (Stoskopf, 1993).

Η ιστολογική δομή του φάρυγγα στην τσιπούρα (*Sparus aurata*) και το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*), είναι όμοια με την δομή του φάρυγγα των άλλων τελεόστεων ιχθύων, όπως περιγράφηκε παραπάνω. Ο βλεννογόνος φέρει πολύστιβο πλακώδες επιθήλιο, κατά μήκος του οποίου υπάρχουν βλεννογόνα κύτταρα, ακολουθεί μία λεπτή κύρια στιβάδα συνδετικού ιστού και ο μυϊκός χιτώνας.

### 9.3. Οισοφάγος

Ο οισοφάγος συνδέει το φάρυγγα με το στομάχο. Έχει μικρό μήκος, είναι ευρύς, ευθύς με σκληρά τοιχώματα και επιμήκεις πτυχές του βλεννογόνου, με ιδιαίτερο ραβδοειδή μυ και ευδιάκριτη βλεννώδη μεμβράνη (Εικ. 9.3. & 9.4.). Συσπάται εκούσια (Βουλτσιάδου και συν., 2015). Η κατασκευή των τοιχωμάτων του οισοφάγου επιτρέπουν την διεύρυνση του, ώστε εύκολα μεγάλα τεμάχια της τροφής να διέρχονται προς το στομάχι. Η διάκριση του από τον φάρυγγα και τον στομάχο στα θαλάσσια είδη ψαριών είναι δυσχερής ενώ στα είδη ψαριών γλυκού νερού, στο σημείο σύνδεσης του οισοφάγου με τον στομάχο υπάρχει η καρδιακή βαλβίδα, η οποία συμβάλλει στην μείωση της κατάποσης νερού, που είναι απαραίτητη για την ωσμορύθμιση των οργανισμών αυτών (Νεοφύτου & Νεοφύτου, 2017).

#### *Ιστολογική δομή*

Ιστολογική δομή του τοιχώματος του οισοφάγου των τελεόστεων ιχθύων, αποτελείται από τέσσερα ομόκεντρα στρώματα, τον βλεννογόνο, τον υποβλεννογόνο, τον μυϊκό και τον ορογόνο χιτώνα.

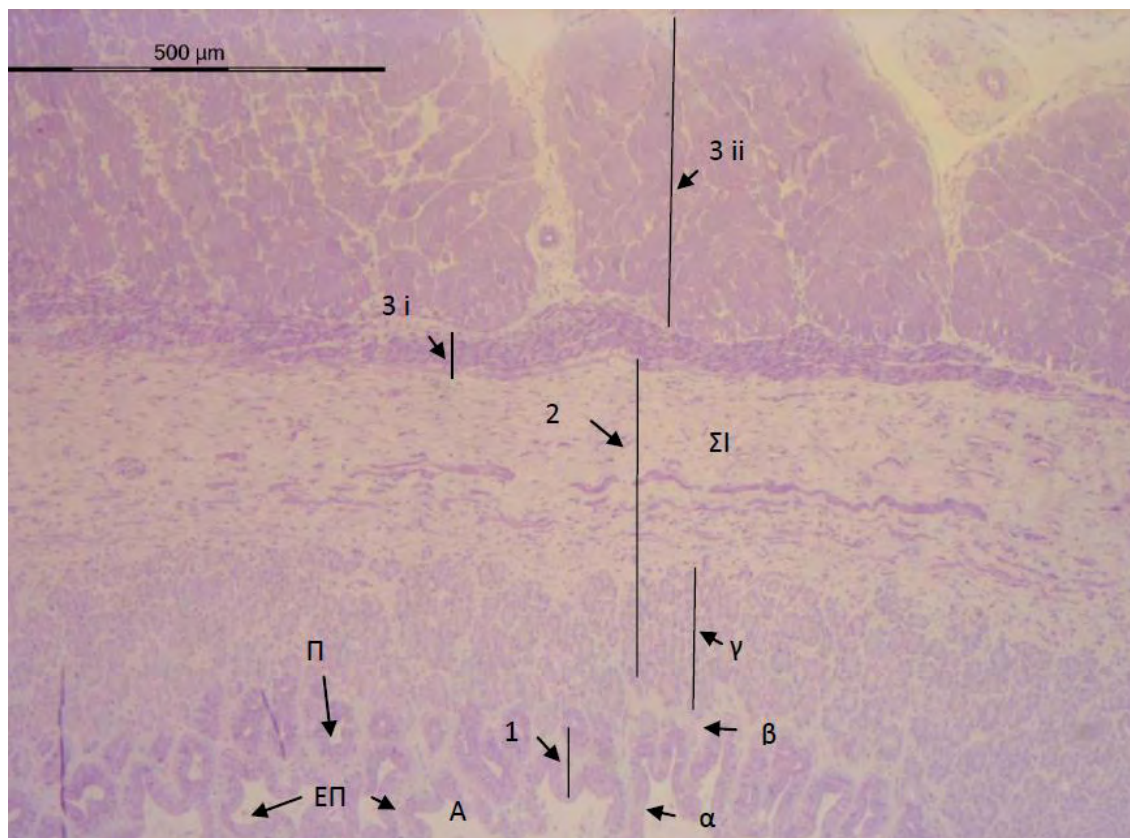
Ο βλεννογόνος χιτώνας, στην εσωτερική επιφάνεια του φέρει επιμήκεις πτυχές και επενδύεται από πολύστιβο πλακώδες επιθήλιο. Κατά την μελέτη των ιστολογικών τομών οισοφάγου και των δύο εξεταζόμενων ειδών παρατηρείται απουσία της βλεννογόνιας μυϊκής στιβάδας (Εικ. 9.4), όπως αναφέρεται και από τον Stoskopf, (1993) γενικά για τους τελεόστεους ιχθύες.

Ο υποβλεννογόσιος χιτώνας αποτελείται από αραιό συνδετικό ιστό, στον οποίο περιέχονται αγγεία, νεύρα και οι υποβλεννογόσιοι αδένες του οισοφάγου (Εικ. 9.4).

Ο μυϊκός χιτώνας απαρτίζεται από επιμήκεις μυϊκές ίνες (εξωτερική στιβάδα) και κυκλικές μυϊκές ίνες (εσωτερική στιβάδα). Ανάμεσα στις μυϊκές δεσμίδες και των δύο μυϊκών στιβάδων υπάρχουν λοξές ή σπειροειδείς μυϊκές ίνες. Στο πρώτο τμήμα του οισοφάγου, ο μυϊκός χιτώνας αποτελείται αποκλειστικά από γραμμωτές μυϊκές ίνες, οι οποίες αντικαθίστανται σταδιακά στο μεσαίο τμήμα του οισοφάγου, όπου υπάρχει ένας συνδυασμός των γραμμωτών και λείων μυών και στο κατώτερο τμήμα του οισοφάγου υπάρχουν αποκλειστικά μόνο λείες μυϊκές ίνες.

Ο ορογόσιος χιτώνας παρατηρείται ως εξωτερικός χιτώνας, ο οποίος περιβάλλει τον οισοφάγο μόνο στο τμήμα του οισοφάγου που εισέρχεται στη σπλαχνική κοιλότητα (Stoskopf, 1993).

Η ιστολογική υφή του οισοφάγου λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*) και της τσιπούρας ακολουθεί την ιστολογική δομή των τελεόσιτων ιχθύων που περιγράφηκε παραπάνω και απεικονίζεται στην Εικόνα 9.4..



**Εικόνα 9.4.** Ιστολογική τομή οισοφάγου ιχθυδίου λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*). Απεικονίζεται η χαρακτηριστική ιστολογική δομή των τοιχωμάτων, η οποία συγκροτείται από: (1) Βλεννογόνο χιτώνα, ο οποίος εμφανίζει επιμήκεις πτυχές (ΕΠ) και καλύπτεται από πολύστιβο πλακώδες επιθήλιο (α). Ο βλεννογόνος στηρίζεται πάνω στην κύρια στιβάδα (β), η οποία συγκροτείται από χαλαρό συνδετικό ιστό. Παρατηρείται απουσία βλεννογόνιας μυικής στιβάδας, (2) Υποβλεννογόνιος χιτώνας, ο οποίος αποτελείται από αραιό συνδετικό ιστό (ΣΙ), και περιέχει αγγεία, νεύρα και τους υποβλεννογόνιους αδένες του οισοφάγου (γ), οι οποίοι εκκρίνουν το περιεχόμενό τους με τους πόρους τους (Π) στον αυλό του οισοφάγου (Α). (3) Μυικός χιτώνας, ο οποίος απαρτίζεται από ένα εσωτερικό επίμηκες στρώμα (3i) και ένα εξωτερικό κυκλοτερές (3ii), από γραμμωτές μυϊκές ίνες. (X5, Χρώση Κουανούν της Τολουιδίνης) (Μικροφωτογραφία: Προσωπικό αρχείο Τζιώρτζιου Α., 2020).

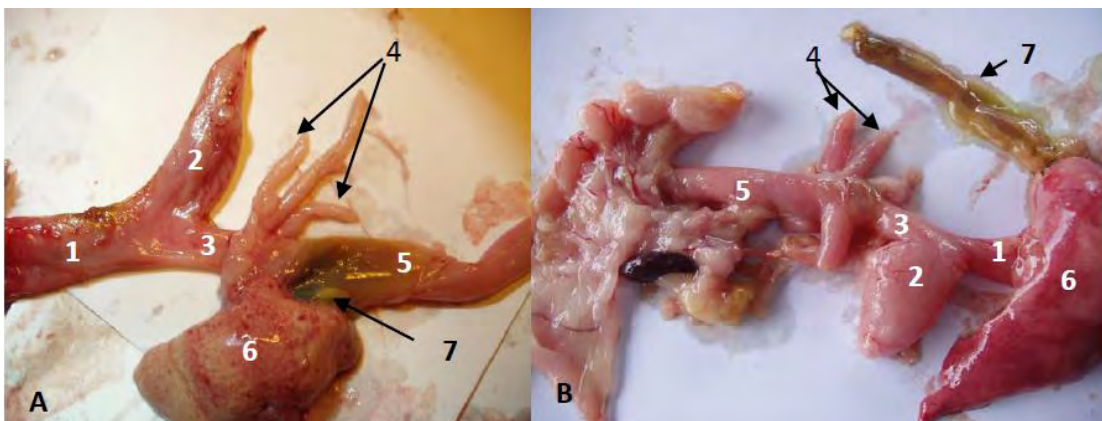
#### 9.4. Στόμαχος

Ο στόμαχος αποτελεί την πιο ανευρυσμένη μοίρα του εντερικού σωλήνα, η οποία επικοινωνεί με τον οισοφάγο και το έντερο μέσω του καρδιακού και του πυλωρικού στομίου αντίστοιχα. Χρησιμεύει για την πέψη της τροφής, που πραγματοποιείται με τη

δράση του εκκρίματος των αδένων του, δηλαδή των γαστρικών αδένων. Με τις περισταλτικές κινήσεις του μυϊκού χιτώνα του τοιχώματος του, ο όξινος χυμός του στομάχου προωθείται στο λεπτό έντερο (Μιχαήλ, 2015).

Το σχήμα του στομάχου ποικίλλει μεταξύ των ειδών, στο σχήμα και το μέγεθος. Το σχήμα του μπορεί να έχει την μορφή ενός J ή Y. Ο στόμαχος απουσιάζει σε κάποια είδη χαμηλότερου τροφικού επιπέδου (Βουλτσιάδου και συν., 2015).

Ο στόμαχος της τσιπούρας (*Sparus aurata*) και του λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*), διαφέρει και ως προς το σχήμα και το μέγεθος (Εικ. 9.5.), λόγω των διαφορετικών διατροφικών συνηθειών των δύο ειδών. Το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*), τρέφεται κυρίως με μικρά πελαγικά ψάρια (σαρδέλες, μικρές ρέγγες) και οργανισμούς του βυθού (ψάρια, χέλια), ενώ τα μικρής ηλικίας ιχθύδια τσιπούρας (*Sparus aurata*), τρέφονται κυρίως με πολύχαιτους και μικρού μεγέθους καρκινοειδή και τα μεγαλύτερα με μύδια, γαστερόποδα και καρκινοειδή (Χώτος & Ρογδάκης, 2010).



**Εικόνα. 9.5.** (A) Πεπτικός σωλήνας ενήλικου λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*) και (B) ενήλικης τσιπούρας (*Sparus aurata*). Διακρίνονται: (1) Οισοφάγος, (2) Στόμαχος, (3) Πυλωρός, (4) Πυλωρικά τυφλά, (5) Λεπτό έντερο και οι επικουρικοί αδένες του πεπτικού συστήματος: (6) Ήπαρ, (7) Χοληδόχος κύστη (Φωτογραφία: Τζιώρατζιου Α., 2020).

Στο στόμαχο διακρίνουμε τρεις περιοχές, την καρδιακή μοίρα, στον θόλο και στην πυλωρική μοίρα. Η καρδιακή μοίρα, αποτελεί την μεταβατική περιοχή ανάμεσα στον οισοφάγο και τον στόμαχο και αποτελείται από λεπτά και ελαστικά τοιχώματα. Ο θόλος αποτελεί το μεσαίο τμήμα και φέρει παχιά τοιχώματα από μυϊκό ιστό ενώ η πυλωρική μοίρα, είναι η τελική μοίρα, μετά την οποία συνεχίζει το έντερο. Στην πυλωρική περιοχή υπάρχει σφιγκτήρας (πυλωρικός σφιγκτήρας), ο οποίος αποτελείται από συσταλτό μυ μέσω του οποίου ελέγχεται το άδειασμα του στομαχικού περιεχομένου στο έντερο (Βουλτσιάδου και συν., 2015; Χώτος, 2015).

#### *Ιστολογική δομή*

Η ιστολογική δομή του τοιχώματος του στομάχου αποτελείται από τέσσερις χιτώνες, βλεννογόνο, υποβλεννογόνο, μυϊκό και ορογόνο.

Ο βλεννογόνος χιτώνας, στην γαστροοισογαγική συμβολή (καρδιακή μοίρα) επενδύεται από κυβοειδές επιθήλιο, το οποίο γίνεται κυλινδρικό στη μοίρα του θόλου και την πυλωρική. Το επιθήλιο του βλεννογόνου καταδύεται βαθιά μέσα στο χόριο σχηματίζοντας τα γαστρικά βοθρία που εκβάλλουν στην κοιλότητα του στομάχου. Τα γαστρικά βοθρία οδηγούν σε επιμήκεις απλούς ή διακλαδιζόμενους σωληνοειδείς αδένες, που εντοπίζονται στο χόριο του βλεννογόνου, οι οποίοι επενδύονται από κυβοειδές επιθήλιο (Εικ. 9.6). Σύμφωνα με τον Stoskopf, (1993) οι γαστρικοί αδένες απουσιάζουν ή είναι ελάχιστοι σε αριθμό στην καρδιακή μοίρα, ενώ καθώς προχωρούμε στην μοίρα του θόλου αυξάνονται σε αριθμό και εν συνεχεία στην πυλωρική μοίρα ο αριθμός τους και πάλι μειώνεται ή μπορεί και να απουσιάζουν.

Το χόριο, περιβάλλει και υποστηρίζει τα γαστρικά βοηθία και τους αδένες (Εικ. 9.6), περιέχει ίνες συνδετικού ιστού, τριχοειδή και λεμφαγγεία.

Η βλεννογόνια μυϊκή στιβάδα, συγκροτείται από ένα λεπτό στρώμα λείων μυϊκών η οποία στην καρδιακή μοίρα του στομάχου είναι λεπτή ή απουσιάζει ενώ η παρουσία της είναι πιο εμφανή στη μοίρα του θόλου.

Στα ψάρια δεν αναφέρονται ειδικοί καρδιακοί αδένες (Stoskopf, 1993).

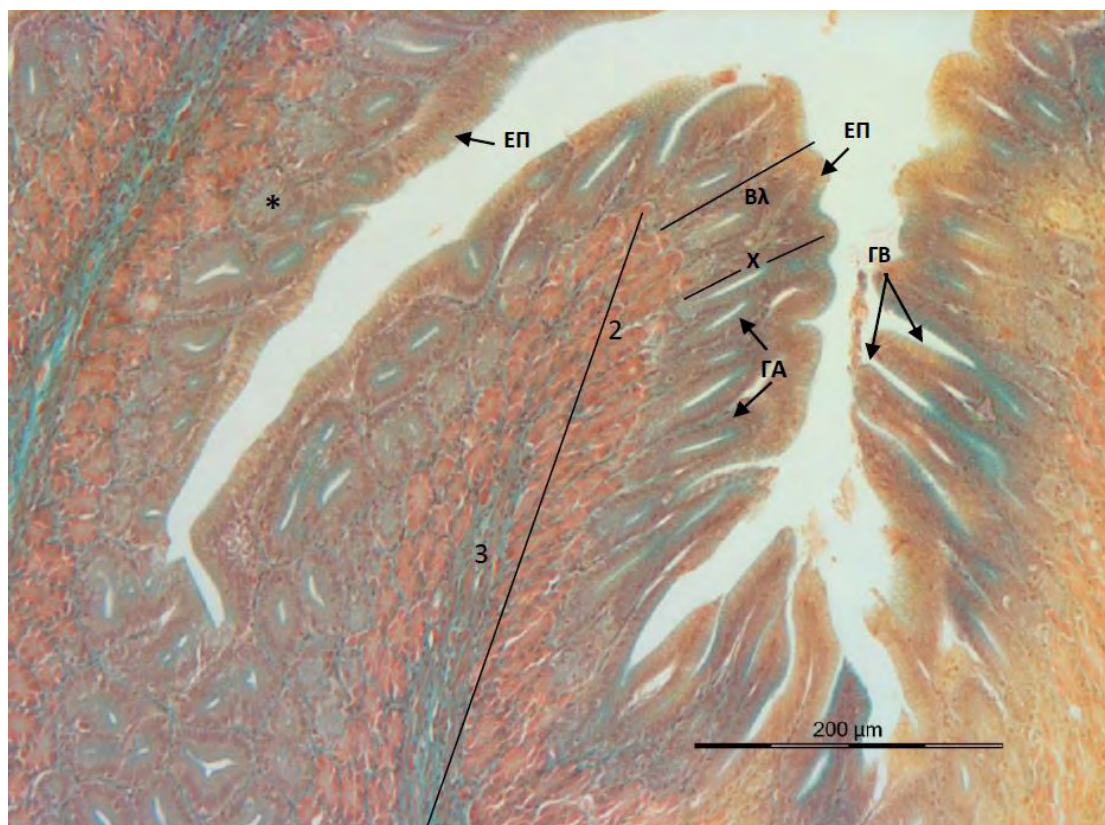
Ο υποβλεννογόνιος χιτώνας αποτελείται από συνδετικό ιστό και ελαστικές ίνες, αγγεία και νεύρα.

Ο μυϊκός χιτώνας αποτελείται από τρεις στιβάδες λείων μυϊκών ινών, μία εσωτερική από λοξές ίνες, μία μεσαία από κυκλικές ίνες και μία εξωτερική από επιμήκειες ίνες. Ο μυϊκός χιτώνας, συμβάλλει με τις ρυθμικές συστολές του στην ανάμειξη της τροφής με τα γαστρικά υγρά. Στο ύψος του πυλωρικού στομίου, η μεσαία μυϊκή στιβάδα παχύνεται και σχηματίζεται η πυλωρική βαλβίδα. Σύμφωνα με τον Stoskopf, (1993), η μορφή της πυλωρικής βαλβίδας ποικίλει στα διάφορα είδη ψαριών από ένα μυϊκό σφικτήρα έως μία απλή βαλβίδα, ενώ μπορεί ακόμη και να απουσιάζει τελείως σε κάποια είδη.

Ο ορογόνος χιτώνας καλύπτει εξωτερικά το στόμαχο και αποτελείται από μία στιβάδα χαλαρού συνδετικού ιστού.

Στην Εικόνα 9.6 απεικονίζεται η δομή του βλεννογόνιου χιτώνα του στομάχου τσιπούρας (*Sparus aurata*).





**Εικόνα 9.6.** Ιστολογική τομή στομάχου τσιπούρας (*Sparus aurata*). Διακρίνεται η δομή του βλεννογόνου χιτώνα (Βλ), ο οποίος αποτελείται από απλό κυλινδρικό επιθήλιο (ΕΠ) και το χόριο (X) ή κύρια στιβάδα, η οποία περιβάλλει και υποστηρίζει τα γαστρικά βοθρία (ΓΒ) και τους γαστρικούς αδένες (ΓΑ). Το χόριο φέρει πλούσια αιμάτωση και περιέχει ίνες συνδετικού ιστού, οι οποίες με την βοήθεια της χρώσης, καταδεικνύονται με πράσινο χρώμα. Αμέσως μετά ακολουθεί ο υποβλεννογόνιος χιτώνας, ο οποίος συγκροτείται από ένα στρώμα από πυκνές (2) και ένα με αραιές (3) ίνες συνδετικού ιστού, χρωσμένος με πράσινο χρώμα. (X10, Τρίχρωμη Χρώση Masson) (Μικροφωτογραφία: Προσωπικό αρχείο Τζιώρτζιου Α., 2020).

### 9.5. Πυλωρικά τυφλά

Μετά τον στόμαχο, ο πεπτικός σωλήνας συνεχίζει ως έντερο, το οποίο διαχωρίζεται σε τρία τμήματα, το πρόσθιο, το οπίσθιο και την έδρα. Στο πρόσθιο τμήμα του εντέρου μετά τον πυλωρό εντοπίζονται τυφλές αποφύσεις, οι οποίες καλούνται πυλωρικά τυφλά (Εικ. 9.5.). Είναι αποφύσεις του λεπτού εντέρου και εντοπίζονται σε πολλά είδη ψαριών τα οποία διαθέτουν στομάχι (Σαλμονοειδή, κεφαλοειδή κ.α.), η

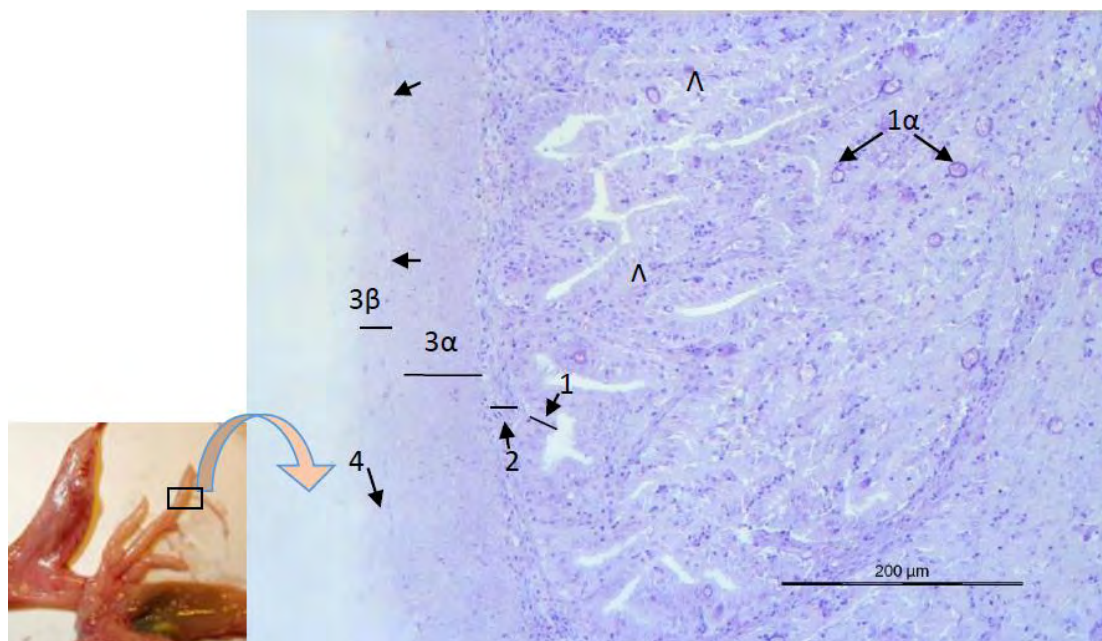
παρουσία των οποίων χαρακτηρίζει και την τσιπούρα (*Sparus aurata*) και το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*). Ο αριθμός των τυφλών αποφύσεων ποικίλει ανάλογα με το είδος του ψαριού.

Η λειτουργία των πυλωρικών τυφλών δεν έχει διευκρινιστεί πλήρως, ενώ θεωρείται ότι αυξάνει την επιφάνεια του εντέρου και ως εκ τούτου την απορροφητική ικανότητα της πεπτικής οδού (Βουλτσιάδου και συν., 2015), άλλοι συγγραφείς αναφέρουν πεπτική και απορροφητική λειτουργία (Βερίλλης & Μεντέ, 2017) καθώς και ότι τελείται πέψη των πρωτεϊνών στο εσωτερικό τους (Χώτος, 2015).

#### *Ιστολογική δομή*

Η ιστολογική δομή των πυλωρικών τυφλών δεν διαφέρει από την δομή του εντέρου αλλά διαφέρει από αυτή του στομάχου καθώς χαρακτηρίζεται από μακριές διακλαδιζόμενες πτυχές (λάχνες) και οι στιβάδες του βλεννογόνου και υποβλεννογόνιου χιτώνα είναι λιγότερο ανεπτυγμένες σε σύγκριση με αυτές του στομάχου.

Στην Εικόνα 9.7 παρουσιάζεται η ιστολογική δομή των πυλωρικών τυφλών του λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*).



**Εικόνα.9.7.** Επιμήκης ιστολογική τομή πλωρικών τυφλών ενήλικου λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*), στην οποία διακρίνονται: ο βλεννογόνος χιτώνας (1), ο οποίος χαρακτηρίζεται από μακριές διακλαδιζόμενες πτυχές (λάχνες) (Λ) και πολλά καλυκοειδή κύτταρα (1α), ο υποβλεννογόνιος χιτώνας (2), ο μυϊκός χιτώνας (3), ο οποίος αποτελείται από δύο μυϊκές στιβάδες, μία εσωτερική από κυκλικές ίνες (3α) και μία εξωτερική από επιμήκεις λείες μυϊκές ίνες (3β). Το πάχος της εσωτερικής μυϊκής στιβάδας είναι μεγαλύτερο από αυτό της εξωτερικής. Ο Ορογόνος χιτώνας (4), φέρει μονόστιβο πλακώδες επιθήλιο. (X10, Χρώση: Κυανού της Τολουϊδίνης). (Μικροφωτογραφία: Προσωπικό αρχείο Τζιώρτζιου Α., 2020).

## 9.6. Έντερο

Το έντερο αποτελεί συνέχεια του στομάχου και το σχήμα και το μήκος του ποικίλει ανάλογα με το είδος των ιχθυών. Το σχήμα μπορεί να είναι από ένας ευθύς σωλήνας, έως ένα σύνολο από πολύπλοκους βρόγχους και περιελίξεις ενώ το μήκος του σχετίζεται με τις διατροφικές συνήθειες των ψαριών. Το γενικό πρότυπο, για το μήκος εντέρου, σε σχέση με τις τροφικές συνήθειες, είναι ιεραρχικά το ακόλουθο: θρυμματοφάγα > φυτοφάγα > παμφάγα > σαρκοφάγα, γεγονός που συνδέεται με τη φυσιολογία θρέψης (Βουλτσιάδου και συν., 2015).

Η τσιπούρα (*Sparus aurata*) και το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*), ως σαρκοφάγα είδη και ιδιαίτερα το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*) που ανήκει στα αρπακτικά είδη, διαθέτουν ανεπτυγμένο στόμαχο και το έντερο τους είναι βραχύ και ευθύ.

Στα ψάρια, σε αντίθεση με τα θηλαστικά, δεν υπάρχει έντονη διάκριση μεταξύ λεπτού και παχέος εντέρου (Genten *et al.*, 2009). Στους τελεόστεους ιχθύες, με βάση κυρίως τις λειτουργικές ιδιότητες τους, τα τμήματα του εντέρου που μπορεί να διακριθούν είναι το πρόσθιο, το οπίσθιο και η έδρα (Παπουτσόγλου, 2008). Κατά άλλους συγγραφείς, το έντερο, ειδικά στα είδη στα οποία απουσιάζει ο στόμαχος, διακρίνεται στο πρόσθιο, το μέσο-έντερο ή μεσεντέριο (κεντρικό και ακραίο) και το τελικό τμήμα (Βουλτσιάδου και συν., 2015).

#### **9.6.1. Πρόσθιο τμήμα εντέρου**

Το πρόσθιο τμήμα του εντέρου των ιχθύων είναι γνωστό και ως λεπτό έντερο. Αρχίζει από τον πυλωρό και σε ορισμένες περιπτώσεις εκτείνεται μέχρι την έδρα. Πρόκειται περί σωληνοειδούς μορφής οργάνου, του οποίου το επιθήλιο είναι ενδοδερμικής προελεύσεως και στο οποίο πραγματοποιείται η τελική φάση της χημικής επεξεργασίας της τροφής και η απορρόφηση των προϊόντων της, καθώς και η απορρόφηση ηλεκτρολυτών και νερού (Παπουτσόγλου, 2008). Τα τελικά προϊόντα της πέψης μπορούν να απορροφηθούν από τον εντερικό βλεννογόνο και να περάσουν στα αιμοφόρα και λεμφικά αγγεία (Μιχαήλ, 2015).

### *Ιστολογική δομή*

Η ιστολογική υφή του εντέρου αποτελείται από μέσα προς τα έξω, από το βλεννογόνο, τον υποβλεννογόνο, τον μυϊκό και τον ορογόνο χιτώνα.

Στον βλεννογόνο χιτώνα παρατηρούνται μία σειρά από επιμήκεις πτυχές, οι οποίες αποτελούν προσεκβολές του βλεννογόνου που προβάλλουν στον εντερικό αυλό (Εικ. 9.8) και προάγουν την πεπτική και απορροφητική λειτουργία του εντέρου. Οι πτυχές του βλεννογόνου, φέρουν μονόστιβο κυλινδρικό επιθήλιο. Το επιθήλιο αποτελείται από τα εντεροκύτταρα ή απορροφητικά κύτταρα, τα οποία είναι κυλινδρικά κύτταρα με έναν ωοειδή πυρήνα στη βάση του κυττάρου και με ψηκτροειδή παρυφή (μικρολάχνες) και τα βλεννοπαραγωγά καλυκοειδή κύτταρα που εκκρίνουν βλέννα (Genten *et al.*, 2009). Τα εντεροκύτταρα, στην κορυφή τους φέρουν ψηκτροειδή παρυφή, μια στιβάδα πυκνά τοποθετημένων μικρολαχνών που καλύπτονται από γλυκοκάλυκα, διαμέσου της οποίας τα θρεπτικά συστατικά προσλαμβάνονται από τα κύτταρα. Τα βλεννοπαραγωγά καλυκοειδή κύτταρα, έχουν χαρακτηριστικό καλυκοειδές σχήμα και διανέμονται τυχαία ανάμεσα στα απορροφητικά κύτταρα (Εικ. 9.8.). Το χόριο του βλεννογόνου, αποτελείται από χαλαρό συνδετικό ιστό. Η βλεννογόνια μυϊκή στιβάδα συνήθως απουσιάζει (Stoskopf, 1993).

Ο υποβλεννογόιος χιτώνας αποτελείται από συνδετικό ιστό που περιέχει ελαστικές ίνες, αιμοφόρα και λεμφικά αγγεία.

Ο μυϊκός χιτώνας συγκροτείται από δύο στιβάδες, μία εσωτερική με κυκλικές και μία εξωτερική με επίμηκες λείες μυϊκές ίνες.

Ο ορογόνος χιτώνας καλύπτει το έντερο και αποτελεί μία λεπτή στιβάδα χαλαρού συνδετικού ιστού που φέρει ένα στίχο πλακώδες επιθήλιο.

### 9.6.2. Οπίσθιο τμήμα του εντέρου

Η παρουσία του οπίσθιου τμήματος του εντέρου (*Rectum*), με την έννοια της τοπογραφικής ανατομικής δεν χαρακτηρίζει όλα τα είδη των ιχθύων, συμπεριλαμβανομένων και των Τελεόστεων. Όπου υπάρχει, η εξωτερική μορφολογία του ποικίλει ανάλογα με το είδος. Γενικά, εμφανίζει μεγαλύτερη διάμετρο από το πρόσθιο και εκτείνεται μέχρι την έδρα. Χωρίζεται από το πρόσθιο τμήμα του εντέρου, με την ειλεοκολική βαλβίδα (*Baubin's valve, valvula ileorectalis*). Πρόκειται περί κυκλικής πτυχώσεως του εντερικού σωλήνα η οποία με μορφή δακτυλιοειδούς σφικτήρα εκτείνεται μέχρι τον αυλό, παρεμποδίζοντας τόσο την ευχερή δίοδο του περιεχομένου του πρόσθιου στο οπίσθιο τμήμα, όσο και την παλινδρόμηση του περιεχομένου του οπίσθιου στο πρόσθιο τμήμα του εντέρου (Παπουτσόγλου, 2008).

Η ιστολογική δομή του οπίσθιου τμήματος του εντέρου αν και απλούστερη, προσομοιάζει με εκείνη του πρόσθιου τμήματος, εμφανίζοντας επιμήκεις πτυχές του βλεννογόνου χιτώνα και αυξημένο αριθμό καλυκοειδών κυττάρων, καθώς και σε ορισμένες περιπτώσεις και κοκκιοκύτταρα αναλόγου αριθμού με εκείνο του πρόσθιου τμήματος. Η ειλεοκολική βαλβίδα χαρακτηρίζεται από την έντονη παρουσία κυκλικών λείων μυικών ινών, μέσα στην μάζα των οποίων σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να παρατηρηθεί ακτινωτή διείσδυση επιμήκων μυικών ινών (Παπουτσόγλου, 2008).

### 9.6.3. Έδρα

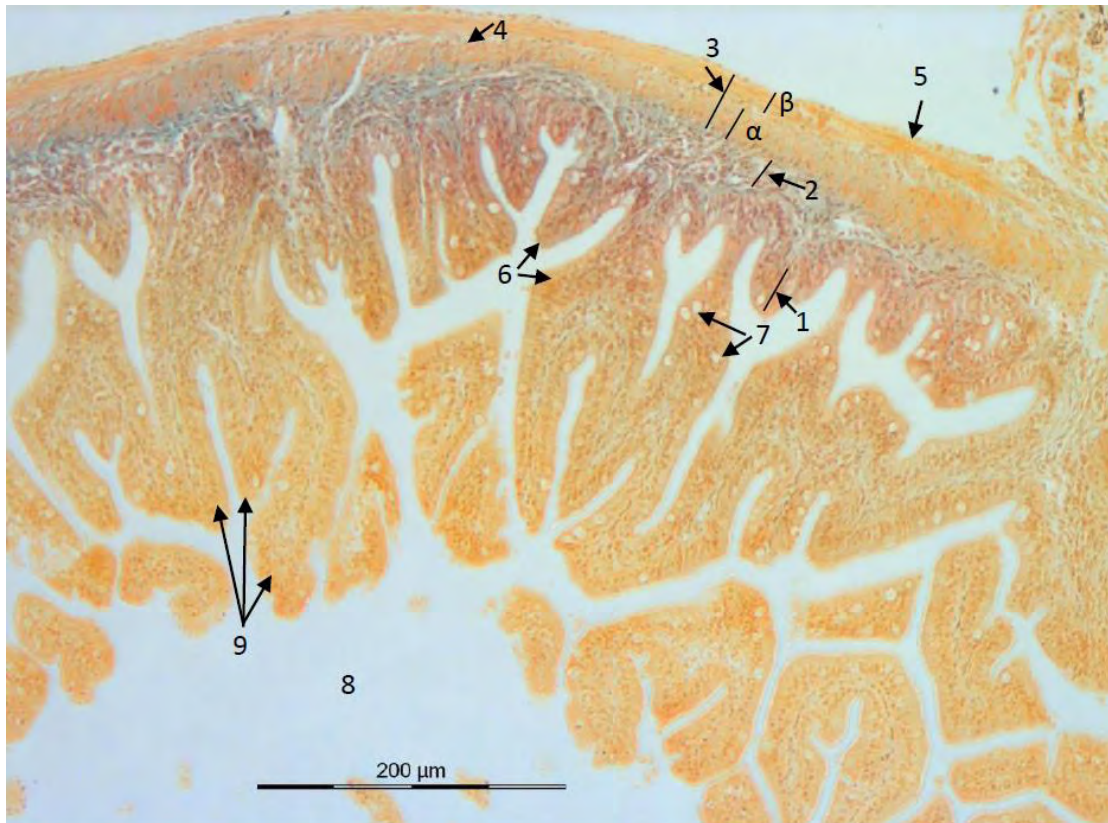
Η έδρα (*Anus*), αποτελεί την κατάληξη του πεπτικού σωλήνα των ιχθύων. Συνήθως πρόκειται περί ωοειδούς ή δακτυλοειδούς σχήματος άνοιγμα, από το οποίο

πραγματοποιείται η έξοδος, αποβολή των τελικών προϊόντων της πέψης. Στην πλειοψηφία των Τελεόστεων ιχθύων, η έδρα βρίσκεται στα όρια του οπίσθιου μισού της κοιλιακής γραμμής, αμέσως μπροστά από τον ουρογεννητικό πόρο και το εδρικό πτερύγιο (Παπουτσόγλου, 2008).

Ιστολογικά χαρακτηρίζεται από την παρουσία ιδιαίτερα ενισχυμένου στρώματος λείων μυικών ινών με κυκλική διάταξη (μυικός σφικτήρας).

Η ιστολογική δομή του εντέρου του λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*) και της τσιπούρας (*Sparus aurata*) ακολουθεί την δομή των τελεόστεων ιχθύων που περιγράφηκε παραπάνω και απεικονίζεται στην Εικόνα 9.8..





**Εικόνα 9.8.** Ιστολογική δομή εντέρου λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*), στην οποία διακρίνονται από μέσα προς τα έξω τα τέσσερα χαρακτηριστικά τοιχικά στρώματα: (1) ο βλεννογόνος χιτώνας, (2) ο υποβλεννογόνιος χιτώνας, ο οποίος αποτελείται από ένα λεπτό στρώμα από πυκνό συνδετικό ιστό (πράσινο χρωματισμός), (3) ο μυϊκός χιτώνας, ο οποίος αποτελείται από μία, (α) έσω κυκλωτήρινη στιβάδα και μία, (β) έξω επιμήκη στιβάδα λείων μυϊκών ινών. Ανάμεσα στις δύο στιβάδες του μυϊκού χιτώνα παρατηρείται το νευρικό πλέγμα του Auerbach (4). (5), ο ορογόνος χιτώνας, καλύπτει το έντερο και αποτελεί μία λεπτή στιβάδα χαλαρού συνδετικού ιστού που φέρει ένα στίχο από πλακώδες επιθήλιο. Ο βλεννογόνος χιτώνας καλύπτεται από μονόστιβο κυλινδρικό επιθήλιο (6), τα κύτταρα του οποίου εμφανίζουν ψηκτροειδή παρυφή και φέρουν κεντρικούς πυρήνες, γνωστά και ως εντεροκύτταρα ή απορροφητικά κύτταρα, στα οποία πραγματοποιείται αποκλειστικά η διαδικασία της απορρόφησης. Στον βλεννογόνο του εντέρου παρατηρούνται επίσης πολλά βλενοπαραγωγό-καλυκοειδή κύτταρα (7) και ενδοκρινή κύτταρα σκορπισμένα μεταξύ των πολυάριθμων εντεροκυττάρων που παράγουν βλέννη. Η κυτταρική μεμβράνη των εντεροκυττάρων που περιβάλλει τον αυλό (8) αναδιπλώνεται σε πολλές προεκβολές γνωστές και ως λάχνες (9) οι οποίες διακλαδώνονται και ενώνονται αυξάνοντας την επιφάνεια πέψης. (X10, Χρώση: Τρίχρωμη Χρώση Masson). (Μικροφωτογραφία: Προσωπικό αρχείο Τζιώρτζιου Α., 2020).



## **10: ΕΠΙΚΟΥΡΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΤΟΥ ΠΕΠΤΙΚΟΥ ΣΩΛΗΝΑ: ΗΠΑΡ, ΠΑΓΚΡΕΑΣ ΚΑΙ ΧΟΛΗΔΟΧΟΣ ΚΥΣΤΗ**

Στα ψάρια, τα όργανα που συνοδεύουν τον πεπτικό σωλήνα είναι το πάγκρεας, το ήπαρ και η χοληδόχος κύστη. Οι σιελογόνοι αδένες, οι οποίοι επίσης έχουν επικουρικό ρόλο στον πεπτικό σύστημα των χερσαίων θηλαστικών, απουσιάζουν από τα ψάρια. Τα προϊόντα των οργάνων αυτών διευκολύνουν την πέψη των τροφών εντός του πεπτικού σωλήνα.

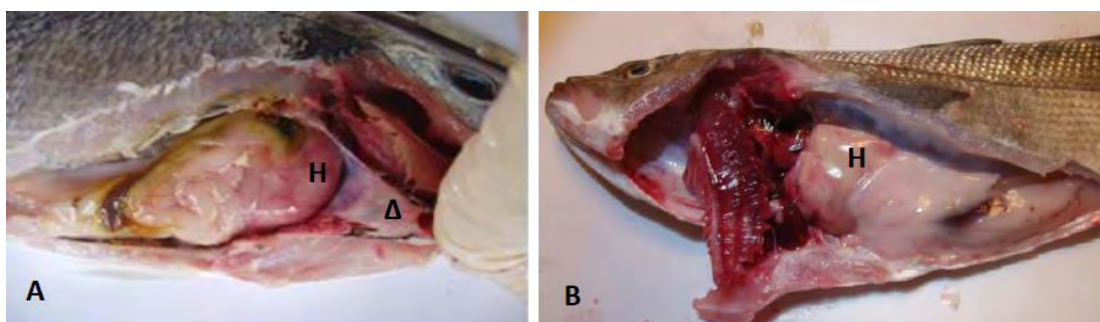
### **10.1. Ήπαρ**

Το ήπαρ είναι ένας μεγάλος αδένας που σε ορισμένα είδη μπορεί να φτάσει το 20% του σωματικού τους βάρους. Βρίσκεται πρόσθια και πλευρικά του στομάχου (Εικ.10.1.). Συνήθως είναι δίλοβο αλλά μπορεί να είναι και μονόλοβο όπως στο σολομό ή τρίλοβο όπως στο σκουμπρί (Νεοφύτου & Νεοφύτου, 2017).

Το ήπαρ λειτουργεί ως εξωκρινής αδένας εκκρίνοντας τη χολή στο δωδεκαδάκτυλο και ως ενδοκρινής αδένας συνθέτοντας πολλές ουσίες, τις οποίες τα ηπατικά κύτταρα διοχετεύουν απευθείας στην κυκλοφορία του αίματος (Μιχαήλ, 2015). Ταυτόχρονα, είναι όργανο εναποθήκευσης γλυκογόνου, πρωτεϊνών βιταμινών και λίπους, όπως επίσης και εστία για την παραγωγή χολής, χολοχρωστικών, χολερυθρίνης και χολοπρασίνης, ουρίας, παραγόντων της πήξης του αίματος (ινωδογόνο, προθρομβίνη κ.ά.) και συγκεκριμένων ενζύμων (εστεράσες). Λαμβάνει μέρος στην

αποτοξίνωση του αίματος και στον μεταβολισμό των λευκομάτων και των υδατανθράκων (Φώτης & Αγγελίδης, 2003).

Η χροιά του είναι καστανέρυθρη έως ωχρά και η σύστασή του μαλθακή. Στην τσιπούρα (*Sparus aurata*) και το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*), το ήπαρ βρίσκεται πρόσθια και πλευρικά του στομάχου, ακριβώς κάτω από το διάφραγμα (Εικ.10.1.).



**Εικόνα 10.1.** (Α) Ήπαρ (H) τσιπούρας (*Sparus aurata*) και (B) λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*). Η χροιά του είναι καστανέρυθρος έως ωχρή και βρίσκεται πρόσθια και πλευρικά του στομάχου, ακριβώς κάτω από το διάφραγμα (Δ). (Φωτο: Τζιώρτζιου Α., 2020).

### Ιστολογική δομή

Η ιστολογική δομή του ήπατος ποικίλλει μεταξύ των ειδών, αλλά υπάρχουν γενικά χαρακτηριστικά που απαντώνται στα περισσότερα είδη.

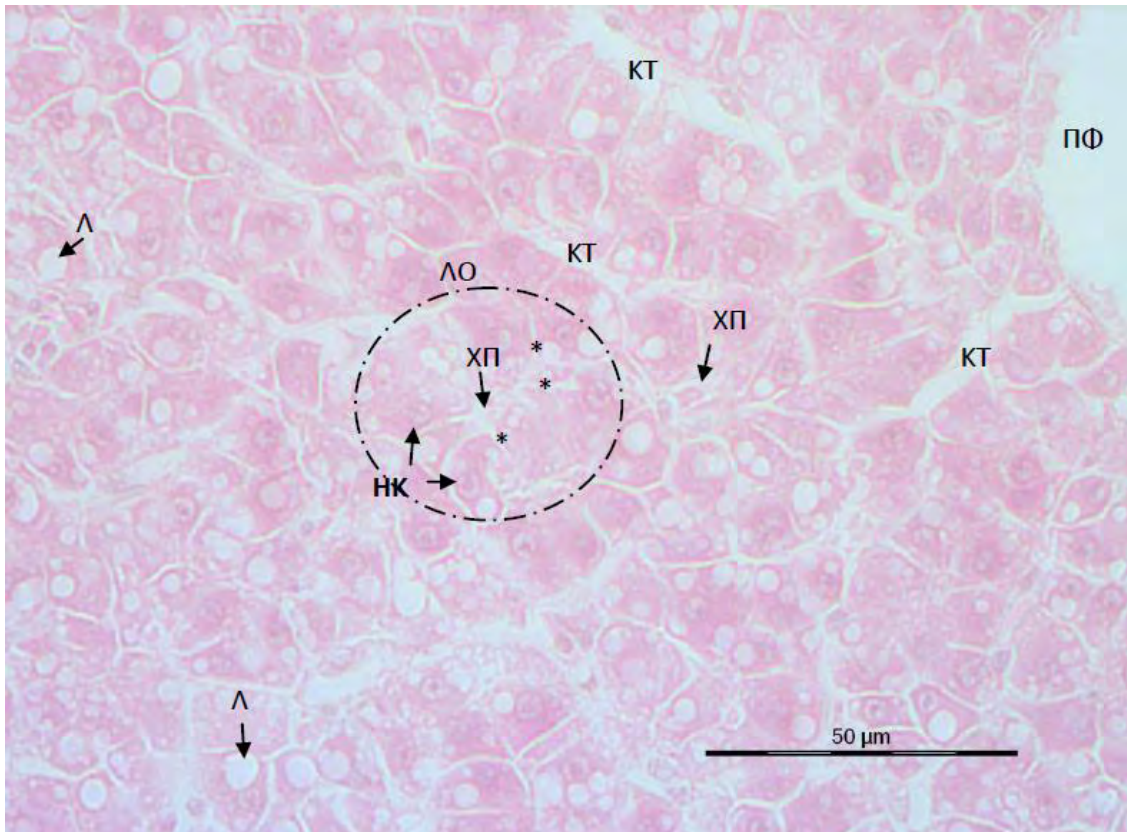
Το παρέγχυμα του ήπατος περιβάλλεται από λεπτή στοιβάδα αραιού συνδετικού ιστού, την ινώδη κάψα, η οποία εκτείνεται προς τα μέσα στο παρέγχυμα. Το κύριο λειτουργικό κύτταρο του ήπατος είναι το ηπατοκύτταρο, το οποίο έχει σχήμα πολυεδρικό και φέρει σφαιρικό πυρήνα με εμφανή πυρηνίσκο. Τα ηπατοκύτταρα οργανώνονται σε σωληνοειδής σχηματισμούς (Εικ.10.2), σε αντίθεση με τα θηλαστικά

που σχηματίζουν ηπατικές δοκίδες (Βερίλλης & Μεντέ, 2017). Στο κυτταρόπλασμα των ηπατικών κυττάρων των ψαριών παρατηρούνται αρκετά μεγάλες ποσότητες λιπιδίων και γλυκογόνου (Fath El- Bab, 2004).

Το αίμα της πυλαίας φλέβας διαχέεται μέσα στον ηπατικό ιστό με την βοήθεια πολυάριθμων τριχοειδών αγγείων, τα ηπατικά κολποειδή (*sinusoids*) (Εικ.10.2.) (Παπουτσόγλου, 2008). Κατόπιν το αίμα συλλέγεται στις κεντρικές φλέβες και μέσω των ηπατικών φλεβών προωθείται στην καρδιά.

Η λειτουργία του ήπατος ως πεπτικού αδένου είναι να εκκρίνει τη χολή. Τα χολικά υγρά (χολή) εκκρίνονται από τα ηπατικά κύτταρα στα χοληφόρα σωληνάκια (*bile canaliculi*) (Fath El- Bab, 2004). Τα χοληφόρα σωληνάκια σχηματίζονται από τις κυτταρικές μεμβράνες δύο παρακείμενων ηπατικών κυττάρων. Πολλοί χοληφόροι σωληνίσκοι ενώνονται, σχηματίζοντας μεγαλύτερους χοληφόρους πόρους (Εικ 10.2). Σύμφωνα με τον Groman, (1982), τα τοιχώματα των χοληφόρων πόρων αποτελούνται από μία λεπτή στιβάδα συνδετικού ιστού η οποία φέρει κυλινδρικό επιθήλιο. Τα χολικά υγρά προωθούνται στη χοληδόχο κύστη με τον κυστικό αγωγό, στον οποίο καταλήγουν σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις των Τελεόστεων ιχθύων μέσω δύο ηπατικών αγωγών (Παπουτσόγλου, 2008).

Η ιστολογική μελέτη ιστού ήπατος λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*) και τσιπούρας (*Sparus aurata*), έδειξε ότι και τα δύο είδη ακολουθούν την ίδια αρχιτεκτονική διάταξη των ηπατικών κυττάρων και του δικτύου των χοληφόρων σωληναρίων μέσα στον ηπατικό ιστό, όπως περιγράφηκε για τους τελεόστεους ιχθύες και απεικονίζεται στην Εικόνα 10.2.. Χαρακτηριστική είναι η παρουσία εξωκρινή παγκρεατικού ιστού στο ήπαρ και στα δύο είδη ιχθύων.



**Εικόνα 10.2.** Ιστολογική τομή ήπατος τσιπούρας (*Sparus aurata*). Τα ηπατοκύτταρα (ΗΚ), έχουν σχήμα πολυγωνικό και φέρουν πυρήνα στο κέντρο του κυττάρου, ο οποίος φέρει ευκρινή πυρηνίσκο. Διατάσσονται σε ομάδες των πέντε έως οκτώ κυττάρων, σχηματίζοντας λοβούς (ΛΟ), οι οποίοι όμως δεν είναι διακριτοί και δεν υπάρχει μεσολόβιος συνδετικός ιστός όπως παρατηρείται στα ανώτερα σπονδυλόζωα. Οι λοβοί των ηπατοκυττάρων οργανώνονται σε σωληνοειδείς σχηματισμούς γύρω από τα κολπώδη τριχοειδή (ΚΤ). Παρατηρείται ένα καλά ανεπτυγμένο δίκτυο χοληφόρων σωληναρίων (αστερίσκος), τα οποία σχηματίζονται ανάμεσα σε γειτονικά ηπατικά κύτταρα για την μεταφορά των χολικών υγρών που παράγονται σε κάθε ηπατοκύτταρο. Πολλοί χοληφόροι σωληνίσκοι ενώνονται, σχηματίζοντας μεγαλύτερους χοληφόρους πόρους (ΧΠ). Στα ηπατικά κολποειδή (ΚΤ), γίνεται η ανταλλαγή ουσιών μεταξύ ηπατοκυττάρων και αίματος (ΠΦ). Επίσης, διακρίνονται κενοτόπια λίπους (Λ). (Χ40, Χρώση Α&Η) (Μικροφωτογραφία: Προσωπικό αρχείο Τζιώρτζιου Α., 2020).

## 10.2. Πάγκρεας

Το πάγκρεας (*Pancreas*), είναι εξωκρινής και ενδοκρινής αδένας, που παράγει πεπτικά ένζυμα και ορμόνες. Η εξωκρινής μοίρα αποτελείται από αθροίσεις λοβιδίων (αδενοκυψέλες) και η ενδοκρινική μοίρα απαρτίζεται από τα νησίδια *Langerhans*, τα οποία εκκρίνουν ορμόνες όπως η ινσουλίνη και η γλυκαγόνη.

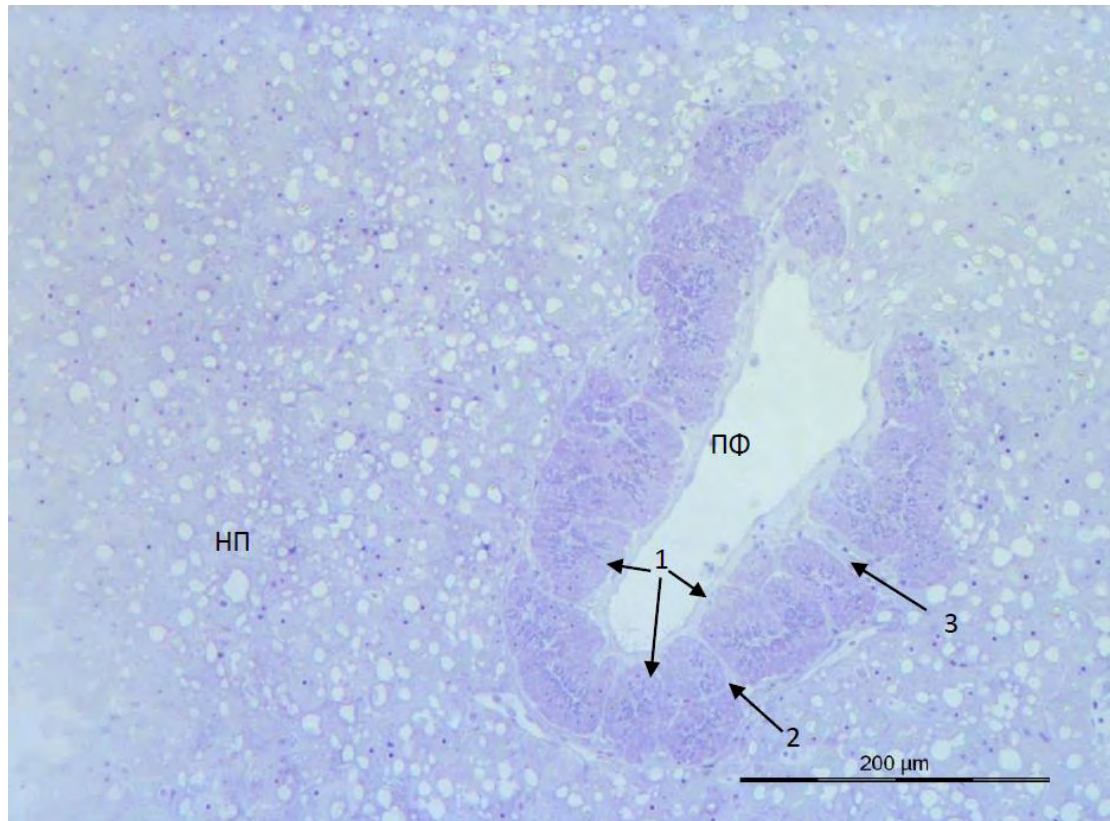
Η δομή, η εμφάνιση (ενιαία ή διάχυτη) και τα σημεία εντοπισμού του αδένος ποικίλλουν στα διάφορα είδη ιχθύων. Στους χονδροιχθύες (καρχαρίες και σαλαχοειδή) αποτελεί ένα διακριτό όργανο ανάμεσα στο στομάχι και στο έντερο και αποτελείται από δύο λοβούς διαφορετικού μεγέθους (Βερίλλης & Μεντέ, 2017). Στους περισσότερους Τελεόστεους ιχθύες, παγκρεατικά τμήματα μπορεί γενικά να εντοπιστούν στην εξωτερική επιφάνεια του ήπατος, του σπληνός, των γονάδων, του εντέρου, των πλωρικών τυφλών, της νηκτικής κύστεως καθώς και ορισμένων αιμοφόρων αγγείων (Παπουτσόγλου, 2008). Σύμφωνα με τον Ferguson (2006), η εξωκρινής μοίρα του παγκρέατος στα σολομοειδή εντοπίζεται στο λίπος γύρω από πλωρικά τυφλά.

Στα εξεταζόμενα δείγματα, λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*) και τσιπούρα (*Sparus aurata*), η εξωκρινής μοίρα του παγκρέατος εμφανίζεται διάχυτη μέσα στο ήπαρ γύρω από την πυλαία φλέβα σχηματίζοντας έναν ενιαίο αδένος το ηπατοπάγκρεας (Εικ. 10.3.) καθώς επίσης και στα τοιχώματα της χοληδόχου κύστης (Εικ. 10.5).

### *Ιστολογική δομή*

Ο εξωκρινής ιστός του παγκρέατος χαρακτηρίζεται από την παρουσία αδενωδών κυψελών, συνήθως με σωληνοειδή μορφή (Εικ. 10.3). Οι αδενώδεις κυψέλες

συγκροτούνται από εκκριτικά κύτταρα των οποίων το μέγεθος, όπως και η συγκέντρωση των κοκκίων τους ποικίλλει ανάλογα με τη διατροφική φάση (πορεία πέψης) των ιχθύων. Ο ρόλος των εκκριτικών κοκκίων ή όπως αλλιώς ονομάζονται ζυμογόνων κυστιδίων, είναι η έκκριση των πεπτικών ενζύμων για την πέψη των υδατανθράκων (παγκρεατική αμυλάση και λακτάση), των λιπών (λιπάση) και των πρωτεϊνών (θρυψίνη, που εκκρίνεται ως θρυψινογόνο, χυμοθρυψίνη, που εκκρίνεται ως χυμοθρυψινογόνο, καρβοξυπεπτιδάση και νουκλεάσες) (Μιχαήλ, 2015). Αθροίσματα των αδενωδών κυψελών συγκροτούν τα λοβία του εξωκρινούς ιστού του παγκρέατος. Σημαντικό ανατομικό χαρακτηριστικό του εξωκρινούς ιστού του παγκρέατος αποτελεί το εσωτερικό δίκτυο των εκφορητικών του πόρων (μεσολόβιοι) (Εικ.10.3), οι οποίοι συνενωμένοι συγκροτούν στις περισσότερες περιπτώσεις, έναν κοινό εκφορητικό πόρο που εκβάλλει στο πρόσθιο τμήμα του εντέρου και ο οποίος είναι γνωστός ως πόρος του *Wirsung*. Τα τοιχώματα των μεσολόβιων πόρων συγκροτούνται από πεπλατυσμένα ή κυβικού σχήματος επιθηλιακά κύτταρα, ενώ εκείνα του / των κύριων εκφορητικών πόρων, από μονόστιβο κυλινδρικό επιθήλιο, καθώς και από συνδετικό ιστό με ελαστικές και μυϊκές ίνες και καλυκοειδή κύτταρα (Παπουτσόγλου, 2008).



**Εικόνα 10.3.** Ιστολογική τομή ήπατος τσιπούρας (*Sparus aurata*), στην οποία διακρίνεται η παρουσία εξωκρινούς παγκρεατικού ιστού μέσα στο ήπαρ σχηματίζοντας έναν ενιαίο αδένιο το ηπατοπάγκρεας. Ο παγκρεατικός ιστός περιβάλλει πυλαία φλέβα (ΠΦ) που διατρέχει μέσα στο ηπατικό παρέγχυμα (ΗΠ). Διακρίνονται οι αδενοκυψέλες εξωκρινούς μοίρας του παγκρέατος (1), η μορφή των οποίων είναι σωληνοειδής, ο μεσολόβιος συνδετικός ιστός (2) και ο μεσολόβιος εκφορητικός πόρος (3). (X10, Χρώση Κυανού της Τολουιδίνης) (Μικροφωτογραφία: Προσωπικό αρχείο Τζιώρτζιου Α., 2020).

Την ενδοκρινή μοίρα του παγκρέατος απαρτίζουν τα νησίδια του *Langerhans*, τα οποία αποτελούνται από έναν αριθμό ελαφρά χρωματισμένων, έγκλειστων σφαιρικών μαζών ή συσσωματωμάτων αδενικών κυττάρων με ωχρή χρώση (Βερίλλης & Μεντέ, 2017). Η ενδοκρινής μοίρα εντοπίζεται ανάμεσα στους εξωκρινείς αδένες (Stoskopf, 1993).

Κατά την ιστολογική μελέτη ιστού ήπατος, τσιπούρας (*Sparus aurata*) και λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*), όπως αναφέρθηκε παραπάνω εξωκρινής

παγκρεατικός ιστός παρατηρήθηκε να περιβάλλει τις πυλαίες φλέβες μέσα στο ήπαρ σχηματίζοντας ένα ενιαίο όργανο το ηπατοπάγκρεας (Εικ.10.3.) και στα τοιχώματα της χοληδόχου κύστης (Εικ. 10.5).

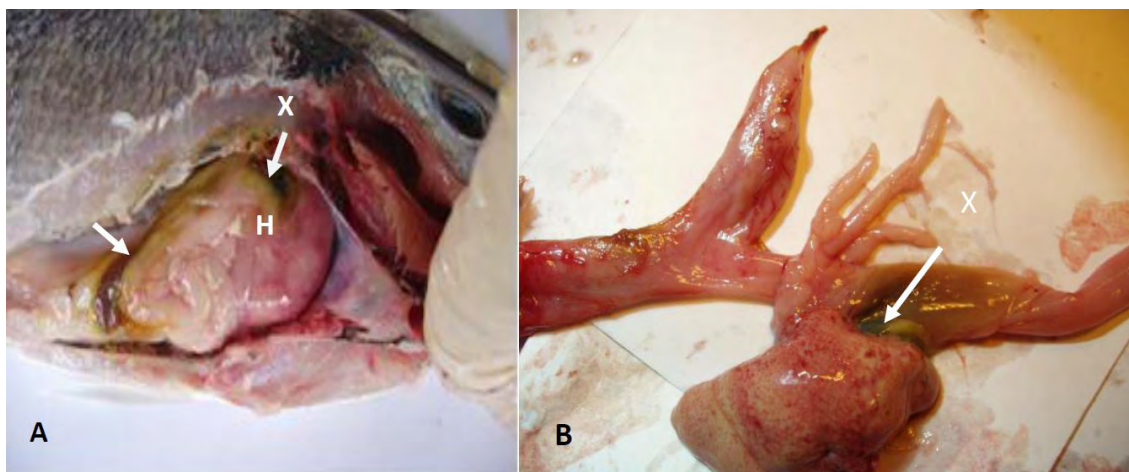
### 10.3. Χοληδόχος κύστη

Η παρουσία της χολής δεν χαρακτηρίζει όλα τα είδη ιχθύων (Παπουτσόγλου, 2008). Λείπει από τα είδη καπόνι και *Lotta*. Μορφολογικά η χοληδόχος κύστη αποτελεί διεύρυνση (ανεύρυσμα) του εκφορητικού αγωγού του ήπατος και συνήθως η μία της πλευρά εφάπτεται πλήρως με το ήπαρ. Στην τσιπούρα (*Sparus aurata*) και στο λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*) εντοπίζεται στην εσωτερική επιφάνεια του ήπατος (Εικ.10.4.).

Στην τσιπούρα (*Sparus aurata*), η χοληδόχος κύστη έχει σχήμα κυλινδρικό (Εικ. 10.4.), ενώ στο λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*), απιοειδές (Εικ. 10.4.).

Η χοληδόχος κύστη αποθηκεύει την χαρακτηριστικού χρώματος χολή (χολικά υγρά) που εκκρίνονται από τα ηπατικά κύτταρα. Συνδέεται με το ήπαρ μέσω του κυστικού αγωγού, στον οποίο προωθούνται από τους δύο ηπατικούς αγωγούς τα χολικά υγρά και αποθηκεύονται στην χοληδόχο κύστη για να προωθηθούν στο πρόσθιο τμήμα του εντέρου μέσω του χοληδόχου πόρου συμβάλλοντας στην απορρόφηση και πέψη του λίπους.





**Εικόνα 10.4.** (Α) Χοληδόχος κύστη (X) τσιπούρας (*Sparus aurata*), διακρίνεται το κυλινδρικό σχήμα της και (Β) χοληδόχος κύστη (X) ενήλικου λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*), το σχήμα της οποίας είναι απιοειδές. Η χοληδόχος κύστη ανατομικά βρίσκεται στην εσωτερική πλευρά του ήπατος (Η). (Φωτογραφία: Τζιώρτζιου Α., 2020).

#### Ιστολογική δομή

Το τοίχωμα της χοληδόχου κύστεως των τελεόστεων ιχθύων χαρακτηρίζεται από την παρουσία τριών στιβάδων: μια εσωτερική στιβάδα με απλό κυλινδρικό επιθήλιο, πάνω σε υποκείμενο στρώμα συνδετικού ιστού, μία ενδιάμεση μυϊκή στιβάδα αποτελούμενη από λείους μύες και τον εξωτερικό ορογόνο χιτώνα (Fath EL-Bab, 2004).

Η ιστολογική δομή της χοληδόχου κύστεως της τσιπούρας (*Sparus aurata*) και του λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*), ακολουθεί την ιστολογική δομή των τελεόστεων ιχθύων με την διαφορά ότι στον αυχένα της χοληδόχου κύστεως, μεταξύ του μυϊκού και ορογόνου χιτώνα παρατηρήθηκε εξωκρινής μοίρα παγκρέατος. Η λεπτομερής δομή του τοιχώματος της χοληδόχου κύστεως τσιπούρας (*Sparus aurata*) απεικονίζεται στην Εικόνα 10.5..



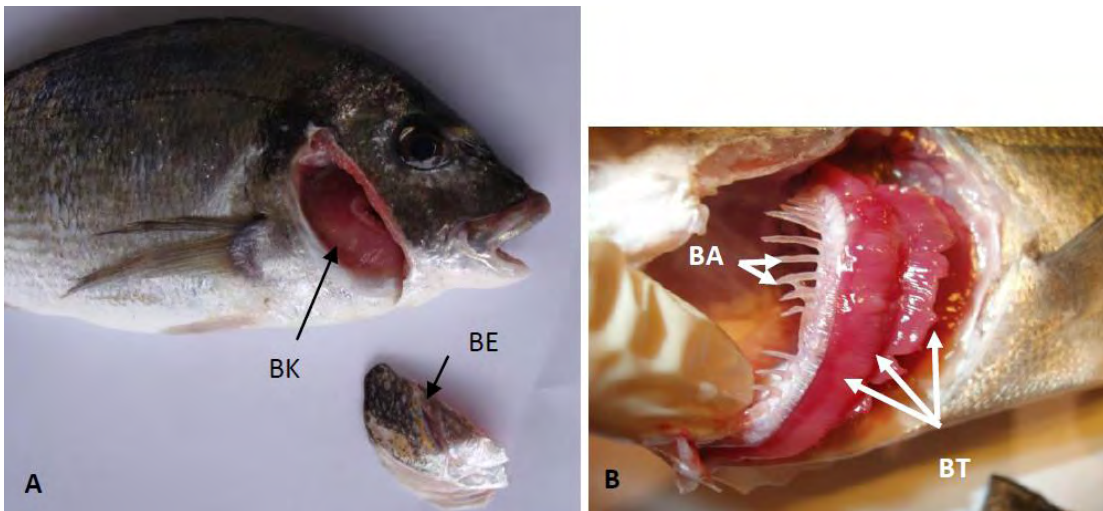
**Εικόνα 10.5.** Ιστολογική τομή χοληδόχου κύστεως τσιπούρας (*Sparus aurata*). Το τοίχωμα της χοληδόχου κύστεως συγκροτείται από μία εσωτερική βλεννογονική στιβάδα (1), η οποία φέρει μονόστιβο κυλινδρικό επιθήλιο (1α), πάνω σε ένα υποκείμενο χόριο από συνδετικό ιστό (1β), ο οποίος περιέχει ένα αγγειακό – λεμφικό πλέγμα (βέλη), τη μυϊκή στιβάδα (2), που συγκροτείται από λείες μυϊκές ίνες και μία εξωτερική στιβάδα από ένα ατελή ορογόνο χιτώνα, η οποία δεν διακρίνεται στην ιστολογική τομή καθώς καλύπτεται από εξωκρινή παγκρεατικό ιστό (3). (X5, Χρώση Κουανούν της Τολουϊδίνης) (Μικροφωτογραφία: Προσωπικό αρχείο Τζιώρατζιου Α., 2020).

## 11. ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Το αναπνευστικό σύστημα των τελεόστεων ιχθύων αποτελείται από δύο βραγχιακές μονάδες, τοποθετημένες μέσα στις βραγχιακές κοιλότητες, μία σε κάθε πλευρά της κεφαλής σχηματίζοντας τις πλευρές του φάρυγγα. Οι βραγχιακές κοιλότητες καλύπτονται από τα βραγχιακά επικαλύμματα (Εικ.11.1.), τα οποία καλύπτουν τη βραγχιακή σχισμή εξασφαλίζοντας την προστασία των βραγχίων. Κάθε βραγχιακή μονάδα αποτελείται από τέσσερα βραγχιακά τόξα, πάνω στα οποία αναπτύσσονται οι βραγχιακές άκανθες (*Gill rakers*), οι οποίες χρησιμεύουν στη συγκράτηση της τροφής (Εικ.11.1). Το κάθε βραγχιακό τόξο αποτελείται από εκατοντάδες πρωτογενή βραγχιακά νημάτια (*primary lamellae*) τα οποία είναι τοποθετημένα σε δύο παράλληλες σειρές κατά μήκος του τόξου σαν μία διπλή χτένα και καλούνται ημιβράγχια (Εικ. 11.2 & 11.3). Τα πρωτογενή βραγχιακά νημάτια έχουν λογχοειδές σχήμα και συγκροτούνται από μια, έκκεντρα τοποθετημένη, χόνδρινη ακτίνα σε κάθε πλευρά της οποίας εκτείνονται δευτερογενή βραγχιακά νημάτια, πλούσια σε αιμοφόρα αγγεία, αυξάνοντας την αναπνευστική επιφάνεια των ιχθύων (Εικ.11.3).

Η διαδικασία της αναπνοής επιτελείται με την είσοδο του νερού από το στόμα και προώθηση του προς τον φάρυγγα, περνώντας πάνω από τα βραγχιακά ανοίγματα, τα οποία βρίσκονται ανάμεσα στα βραγχιακά τόξα και πάνω από τα βραγχιακά ελάσματα και τα βραγχιακά νημάτια όπου γίνεται η ανταλλαγή των αερίων, προσλαμβάνουν οξυγόνο από το νερό και αποβάλλουν διοξείδιο του άνθρακα και προϊόντα

μεταβολισμού αζωτούχων ουσιών και τέλος εξέρχεται από το βραγχιακό επικάλυμμα. Με αυτό τον τρόπο επιτελούνται οι βασικές λειτουργίες των βραγχίων που είναι η ανταλλαγή των αερίων ( $O_2$ ,  $CO_2$ ), η απέκκριση των αζωτούχων ουσιών και η ρύθμιση των ιόντων (Na, K, Cl,  $CO_2$ ,  $H_2$ , Ca) .



**Εικόνα 11.1.** **A.** Βραγχιακή κοιλότητα (BK) τσιπούρας (*Sparus aurata*) μετά από αφαίρεση του βραγχιακού επικαλύμματος (BE). Υποδεικνύεται η θέση των βραγχίων μέσα στη φαρυγγική κοιλότητα. **B.** Βραγχιακή κοιλότητα λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*). Τα βραγχιακά τόξα (BT), βρίσκονται στην φαρυγγική κοιλότητα. (Φωτογραφία: Τζιώρτζιου Α., 2020).

### *Ιστολογική δομή*

#### **11.1. Βραγχιακά τόξα και πρωτογενή βραγχιακά νημάτια**

Τα βραγχιακά τόξα των ψαριών αποτελούνται από οστό ή/και χόνδρο, η αναλογία των οποίων διαφοροποιείται με την ηλικία και το είδος των ψαριών. Με την αύξηση

της ηλικίας ο χόνδρος σταδιακά αντικαθίσταται από οστό (Stoskopf, 1993; Ferguson, 2006; Genten *et al.*, 2009).

Τα βραγχιακά τόξα επενδύονται από επιθήλιο, το οποίο φέρει διασκορπισμένα βλεννογόνα κύτταρα και συχνά γευστικούς κάλυκες (Stoskopf, 1993). Ακολουθεί, ο υποβλεννογόσιος χιτώνας, ο οποίος συγκροτείται από συνδετικό ιστό και περιέχει πολυάριθμα αγγεία αίματος. Ανάμεσα ημιβράγχια και πλαγίων των πλευρών συχνά απαντούν απαγωγές δεσμίδες από γραμμωτές μυϊκές ίνες (Genten *et al.*, 2009). Οι βραγχιακές άκανθες (οδοντίδια), αποτελούνται από οστεώδες ή χόνδρινο έλασμα (Βερίλλης & Μεντέ, 2017).

Τα πρωτογενή βραγχιακά νημάτια, φέρουν χόνδρινη ακτίνα που υποστηρίζεται από συνδετικό ιστό. Σε κάθε πλευρά της χόνδρινης ακτίνας εκτείνονται δευτερογενή βραγχιακά νημάτια, πλούσια σε αιμοφόρα αγγεία, αυξάνοντας έτσι την αναπνευστική επιφάνεια των ιχθύων για την ανταλλαγή αερίων (Εικ.11.2.). Τα πρωτογενή βραγχιακά νημάτια καλύπτονται από επιθήλιο, το φέρει επιθηλιακά κύτταρα, βλεννογόνα κύτταρα, των οποίων η παρουσία είναι εντονότερη στη βάση και την κορυφή των πρωτογενών νηματίων, καθώς και χλωριοκύτταρα (chloride cells), τα οποία συνήθως εντοπίζονται στον αυχένα των δευτερογενών νηματίων με τα πρωτογενή (Εικ. 11.3.). Τα χλωριοκύτταρα (*chloride cells*), απαντώνται συνήθως στα θαλασσινά είδη ιχθύων, ενώ είναι σπάνια στα ψάρια γλυκού νερού. Αποτελούν τα κύρια ωσμωρρυθμιστικά κύτταρα των ψαριών καθώς ο ρόλος τους είναι να συμπυκνώνουν και να αποβάλλουν τα άλατα που μεταφέρονται με το θαλασσινό νερό που πίνουν οι ιχθύες.





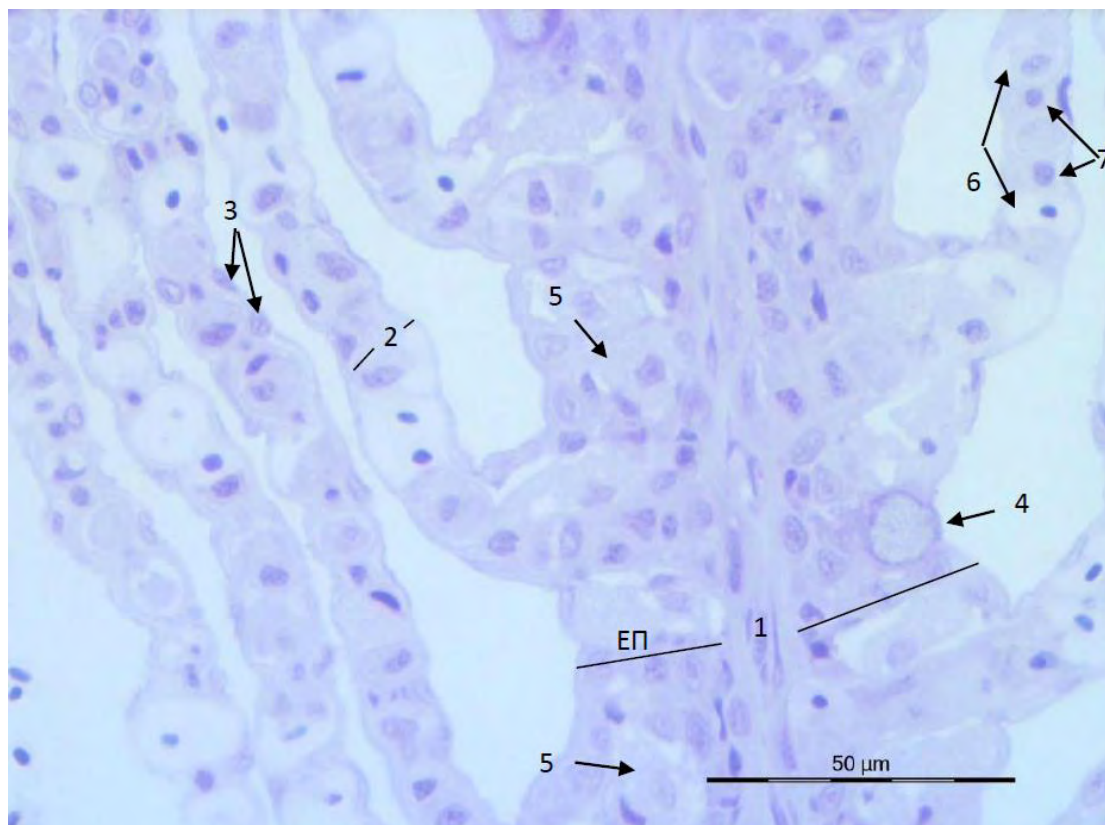
**Εικόνα 11.2.** Βραγχιακός ιστός ενήλικης τσιπούρας (*Sparus aurata*). Διακρίνονται: Πρωτογενή βραγχιακά νημάτια (ΠΝ), τα οποία αποτελούνται από μία χόνδρινη ακτίνα (Χ), η οποία υποστηρίζεται από συνδετικό ιστό. Σε κάθε πλευρά της χόνδρινης ακτίνας εκτείνεται μια σειρά από δευτερογενή βραγχιακά νημάτια (ΔΝ), τοποθετημένα κάθετα στην διεύθυνση της ακτίνας και πλούσια σε αιμοφόρα αγγεία, αυξάνοντας έτσι την αναπνευστική επιφάνεια των ιχθύων (X10, Χρώση Κυανού της Τολουϊδίνης). (Μικροφωτογραφία: Προσωπικό αρχείο Τζιώρτζιου Α., 2020).

## 11.2. Δευτερογενή βραγχιακά νημάτια

Τα δευτερογενή βραγχιακά νημάτια περιβάλλονται από ένα μονόστιβο αναπνευστικό επιθήλιο, το οποίο εξωτερικά, φέρει επιθηλιακά κύτταρα και κύτταρα χλωρίου (chloride cells) και εσωτερικά, αδιαφοροποίητα κύτταρα. Το επιθήλιο

βρίσκεται πάνω στα βασικά κύτταρα και υποστηρίζεται από λεπτό στρώμα συνδετικού ιστού. Στο επιθήλιο των δευτερογενών βραγχιακών νηματίων γίνεται η ανταλλαγή των αερίων (Fernandes & Perna-Martins 2001).

Από την μελέτη της ιστολογικής τομής βραγχιακού ιστού τσιπούρας (*Sparus aurata*) και λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*) παρατηρήθηκαν διαφορές στην δομή του βραγχιακού τόξου και των βραγχιακών ακτίνων. Ιδιαίτερα στα νεαρά ιχθύδια τσιπούρας (*Sparus aurata*), το βραγχιακό τόξο και οι βραγχιακές ακτίνες αποτελούνται από μεγαλύτερο ποσοστό βραγχιακού χόνδρου σε σχέση με τα νεαρά ιχθύδια λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*), των οποίων το βραγχιακό τόξο συγκροτείται από μικτό οστό και στιρικτικό συνδετικό ιστό. Η οργανωτική δομή των βραγχιών της τσιπούρας (*Sparus aurata*) και του λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*), όπως παρατηρήθηκαν στα υπό μελέτη ιστολογικά δείγματα απεικονίζεται στις Εικόνες 11.2., και 11.3..

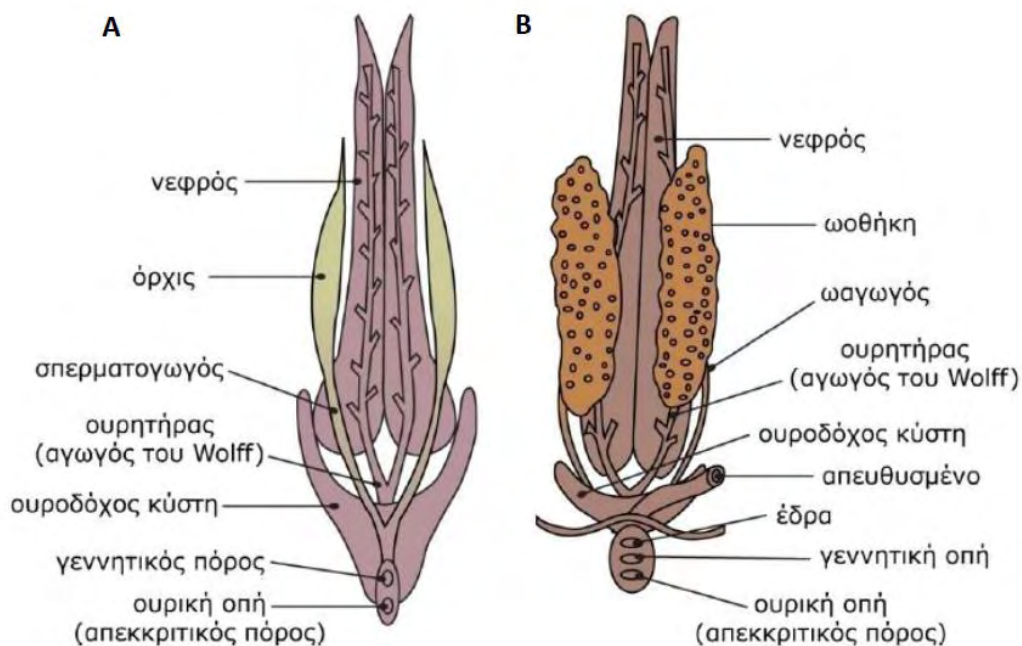


**Εικόνα 11.3.** Βραγχιακός ιστός τσιπούρας (*Sparus aurata*). Διακρίνονται: τα πρωτογενή (1) και τα δευτερογενή (2) βραγχιακά νημάτια. Τα δευτερογενή βραγχιακά νημάτια επενδύονται από μονόστιβο πλακώδες επιθήλιο (3), ενώ το επιθήλιο των πρωτογενών νηματίων φέρει περισσότερους στίχους επιθηλιακών κυττάρων (ΕΠ). Στο επιθήλιο, κυρίως των πρωτογενών νηματίων, παρατηρούνται διάσπαρτα βλεννογόνα κύτταρα (4), τα οποία είναι μεγάλα ωοειδή κύτταρα που στην κορυφή φέρουν εκκριτικά κοκκία βλέννας. Κάτω από το επιθήλιο και στα σημεία έκφυσης των δευτερογενών βραγχιακών νηματίων από το πρωτογενές νημάτιο, παρατηρούνται χλωριοκύτταρα (5), τα οποία είναι μεγάλα κυκλικά κύτταρα και φέρουν μεγάλο βασικό πυρήνα. Τα δευτερογενή βραγχιακά νημάτια είναι πλούσια σε αιμοφόρα αγγεία, φέρουν πολλά ερυθροκύτταρα (6) και στηρικτικά ή βασικά κύτταρα (pillar cell) (7), οι προεξοχές προς τα άνω και κάτω των οποίων στερεώνουν το αναπνευστικό επιθήλιο. (X40, Χρώση Κυανού της Τολουϊδίνης). (Μικροφωτογραφία: Προσωπικό αρχείο Τζιώρατζιου Α., 2020).



## 12. ΟΥΡΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Το ουροποιητικό σύστημα αποτελείται από δύο μέρη την εκκριτική, η οποία συνίσταται από τους δύο νεφρούς και την αποχετευτική, οι οποία αποτελείται από τους δύο ουρητήρες, την ουροδόχο κύστη και τον ουρογεννητικό πόρο (Εικ. 12.1, 12.2, και 12.3).



**Εικόνα 12.1.** Σχηματική απεικόνιση Ουρογεννητικού συστήματος (A) αρσενικού και (B) θηλυκού τελεόστεου ιχθύος.

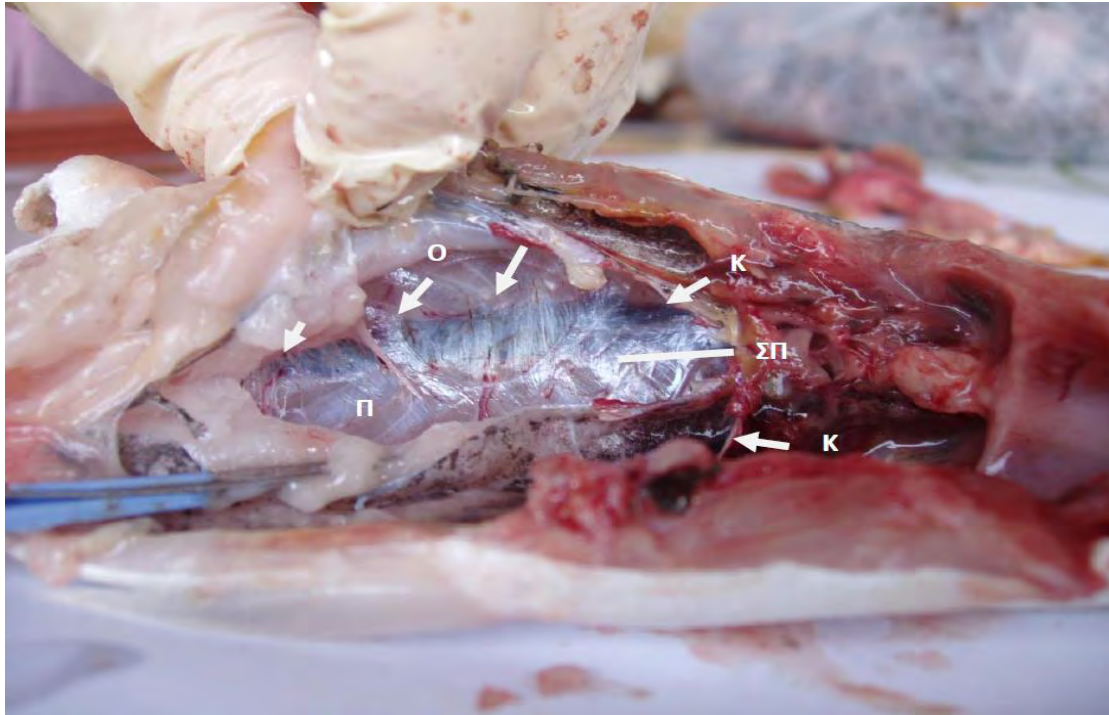
(Πηγή: [https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/5087/1/02\\_Chapter\\_4.pdf](https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/5087/1/02_Chapter_4.pdf)).

### 12.1. Νεφροί

Οι νεφροί (*Kidneys*), των Τελεόστεων ιχθύων είναι δύο επιμήκεις μάζες που βρίσκονται σε οπισθοπεριτοναϊκή θέση και εκατέρωθεν της σπονδυλικής στήλης. Εκτείνονται από τα βράγχια έως το πίσω μέρος της κοιλιακής χώρας. Εμφανίζονται είτε σαν ένα ενιαίο όργανο, είτε εμφανίζουν διακριτές κεφαλικές (πρόσθιες) και σωματικές (μεσαίες-οπίσθιες) περιοχές (Ferguson, 2006). Πολλές φορές οι νεφροί ενώνονται στο τελευταίο τμήμα τους. Το χρώμα τους είναι ορφνό έως ερυθρό (Εικ.12.2.) (Φώτης & Αγγελίδης, 2003).

Ο λειτουργικός ρόλος των νεφρών των Τελεόστεων ιχθύων είναι πολλαπλός: συμβάλλουν στην αιμοποίηση (πρόσθιο τμήμα νεφρού), στην ωσμορύθμιση, στην αποβολή των άχρηστων υποπροϊόντων του μεταβολισμού της τροφής (μεσαίο και οπίσθιο τμήμα νεφρών), καθώς επίσης λειτουργούν και ως ενδοκρινή όργανα (Genten, *et al.*, 2009). Στο παρόν Κεφάλαιο εξετάζεται το μεσαίο και οπίσθιο τμήμα των νεφρών που συμμετέχει στην απέκκριση και στην ωσμορύθμιση.

Στην τσιπούρα (*Sparus aurata*) και στο λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*), οι νεφροί είναι δύο επιμήκεις μάζες που εντοπίζονται σε οπισθοπεριτοναϊκή θέση και κοιλιακά του αξονικού σκελετού. Εκτείνονται από το ύψος των βραγχίων ως το πίσω μέρος της κοιλιακής χώρας σαν ένα ενιαίο όργανο. Οι νεφροί χωρίζονται στον πρόσθιο νεφρό που διαμορφώνει κεφαλές και στον οπίσθιο νεφρό ή μεσονεφρό (Εικ.12.2.).



**Εικόνα 12.2.** Νεφροί τσιπούρας (*Sparus aurata*). Υποδεικνύονται με τα βέλη δύο επιμήκεις μάζες που βρίσκονται πίσω από το περιτόναιο (Π) και εκτείνονται εκατέρωθεν της σπονδυλικής στήλης (ΣΠ), από το ύψος των βραγχίων ως το πίσω μέρος της κοιλιακής χώρας σαν ένα ενιαίο όργανο. Διακρίνονται ο πρόσθιος νεφρός που διαμορφώνει κεφαλές (Κ) και ο οπίσθιος νεφρός (Ο). (Φωτογραφία: Τζιώρτζιου Α., 2020).



**Εικόνα 12.3.** Έδρα και ουρογεννητικός πόρος σε τσιπούρα (*Sparus aurata*). (Φωτογραφία: Τζιώρτζιου Α., 2020).

Ο νεφρός χωρίζεται σε πρόσθιο νεφρό ή πρόνεφρο και σε οπίσθιο νεφρό ή μεσонеφρό ή νεφρό του κυρίως σώματος (Εικ. 12.2.). Ο πρόσθιος νεφρός συνίσταται από λεμφοειδείς ιστούς, οι οποίοι συμμετέχουν ως κύριος τύπος στην αιμοποίηση (ερυθροκύτταρα, θρομβοκύτταρα κ.ά.) καθώς και από ενδοκρινή ιστό. Εκτενέστερη αναφορά για το πρόσθιο τμήμα του νεφρού γίνεται στο Κεφάλαιο 8, Αιμοποίηση.

Το μεσαίο και οπίσθιο τμήμα σχηματίζουν το μεσонеφρό και ειδικότερα η πίσω μοίρα του έχει απεκκριτική και ωσμορυθμιστική λειτουργία. Οι νεφροί παίζουν τον σημαντικότερο ρόλο στην διατήρηση της ισορροπίας νερού και αλάτων (Genten *et al.*, 2009).

Στα είδη του γλυκού νερού η απέκκριση διαφέρει από τα θαλασσινά. Οι τελεόστεοι των γλυκών νερών είναι υπερωσμωτικοί σε σχέση με το περιβάλλον που ζουν. Τα σωματικά υγρά τους περιέχουν περισσότερα άλατα από αυτά που υπάρχουν στο νερό. Επομένως για τη διατήρηση της ωσμωτικής ισορροπίας υπάρχει ανάγκη να εισάγεται μεγάλη ποσότητα νερού ή περίσσεια του οποίου πρέπει στη συνέχεια να αποβληθεί με ούρηση. Επειδή αυτό είναι άφθονο και υποτονικό σε σχέση με τα υγρά του σώματος (αίμα) τα ψάρια του γλυκού νερού ουρούν πολλές φορές το εικοσιτετράωρο. Η πρόσληψη του νερού γίνεται διαμέσου των βραγχίων, του δέρματος και του εντέρου, ενώ η πρόσληψη των ανόργανων αλάτων γίνεται με την τροφή και με τα βράγχια (Φώτης & Αγγελίδης, 2003).

Τα θαλάσσια είδη τελεόστεων στα οποία ανήκουν το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*) και η τσιπούρα (*Sparus aurata*), αντίθετα, είναι υποτονικοί έναντι του υδάτινου περιβάλλοντος. Πίνουν πολύ νερό, γιατί λόγω της συνεχούς απώλειάς του από τα βράγχια και το δέρμα υπάρχει κίνδυνος αυτά να αφυδατωθούν. Με τον τρόπο αυτό

της εισαγωγής και αποβολής του νερού συσσωρεύονται στη σάρκα βλαβερά άλατα τα οποία ο οργανισμός συνεχώς αποβάλλει με τα βράγχια και τα κόπρανα, για να διατηρήσει την ωσμωτική ισορροπία (Φώτης & Αγγελίδης, 2003).

Επομένως και η δομή των νεφρών διαφοροποιείται μεταξύ των τελεόστεων του γλυκού και του θαλασσινού νερού.

### *Ιστολογική δομή*

Η ιστολογική δομή του μεσόνεφρου ή οπίσθιου νεφρού των τελεόστεων ιχθύων αποτελείται από νεφρώνες (εκκριτική μοίρα νεφρού) και αθροιστικά σωληνάρια (collecting tubules) (εκφορητική μοίρα νεφρού). Στο μεσόνεφρο απαντάται μικρή ποσότητα αιμοποιητικού και λεμφοειδή ιστού.

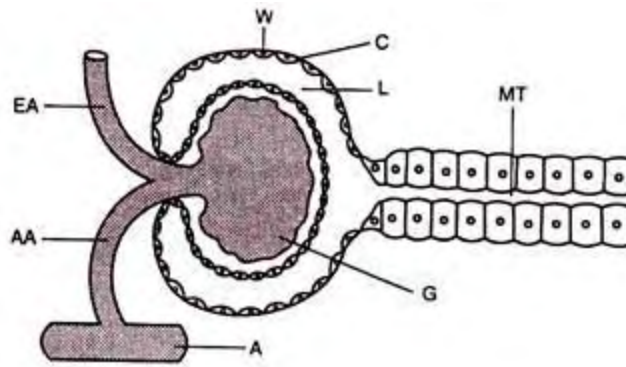
Η βασική δομή ενός νεφρώνα ιχθύος γλυκού νερού συγκροτείται από:

A) Το Νεφρικό σωματίο (*Renal ή Malpighian corpuscle*) το οποίο απαρτίζεται από ένα Αγγειώδες σπείραμα (*Glomerulus*), που αποτελεί ένα πλέγμα τριχοειδών αγγείων και το οποίο περικλείεται από μία επιθηλιακή κάψουλα, την κάψουλα του *Bowman* ή έλυτρο του σπειράματος (*Bowman's ή glomerular capsule*). Το έλυτρο αυτό, περιέχει ένα εσωτερικό στρώμα, από σπλαχνικό επιθήλιο (ποδοκύτταρα) και ένα εξωτερικό στρώμα, από τοιχωματικό επιθήλιο, το οποίο διαχωρίζει το νεφρικό σωματίο από τον υπόλοιπο νεφρό. Η κοιλότητα που σχηματίζεται ανάμεσα στα δύο στρώματα του ελύτρου του σπειράματος καλείται χώρος του *Bowman* (Εικ.12.4.) (Groman, 1982; Fath El- Bab, 2004).

B) Ένα νεφρικό σωληνάριο, το οποίο χωρίζεται σε τμήματα: το εγγύς, το μεσαίο και το άπω σπειροειδές σωληνάριο. Το άπω εσπειραμένο σωληνάριο, συνδέεται με μικρότερα σωληνάρια συλλογής, αθροιστικά σωληνάρια, τα οποία διοχετεύουν τα ούρα στους πρωτογενείς ουρητήρες (σωλήνας του *Wolf*), που βρίσκονται στην εξωτερική και κοιλιακή πλευρά των νεφρών. Οι δύο ουρητήρες απολήγουν στην ουροδόχο κύστη που εκβάλλει προς τα έξω με την ουρήθρα (απεκκριτικό πόρο) εξωτερικά πίσω από την έδρα. (Fath El- Bab, 2004; Genten *et al.*, 2009; Φώτης & Αγγελίδης, 2003).

Στα θαλάσσια είδη ιχθύων, στη δομή του νεφρώνα, παρατηρείται απουσία του άπω σπειροειδές σωληναρίου (Fath El- Bab, 2004) και ο αριθμός και το μέγεθος των νεφρικών σωματίων είναι μειωμένος, περιορίζοντας έτσι την απώλεια υγρών μέσω των ούρων (Φώτης & Αγγελίδης, 2003; Genten *et al.*, 2009).

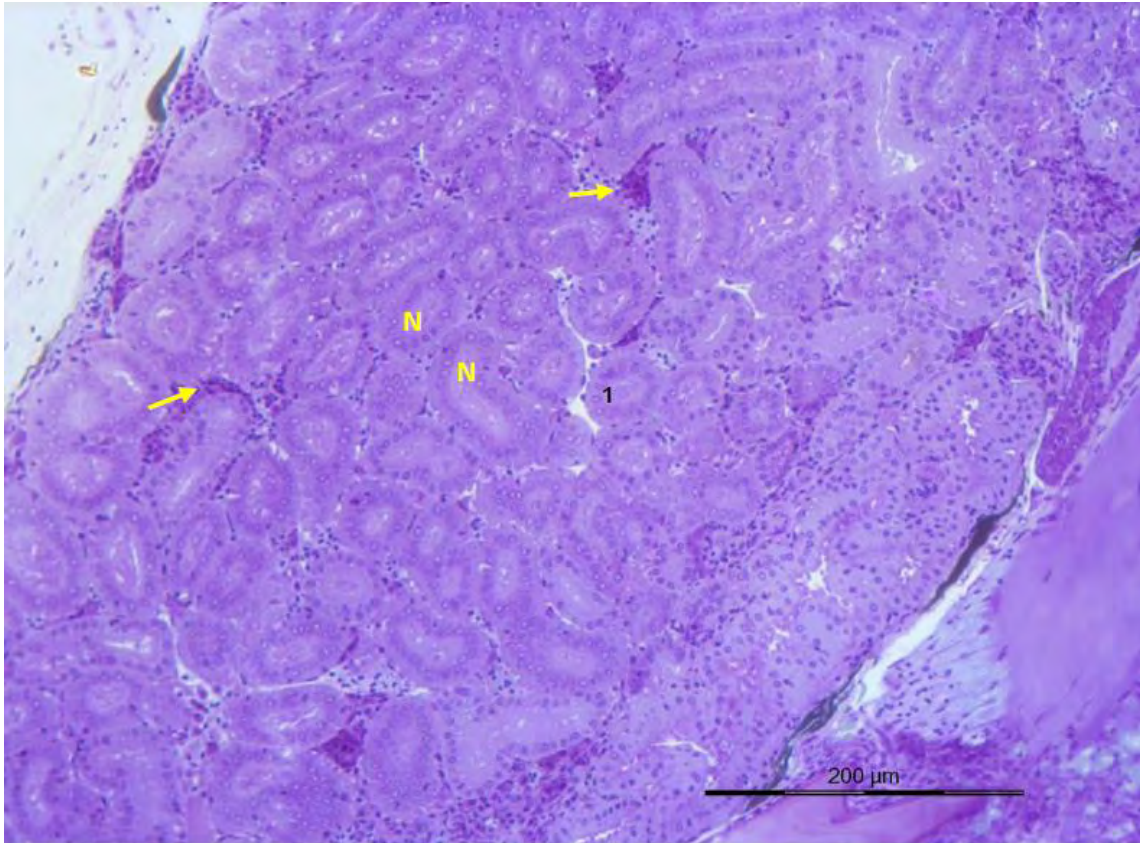
Αμέσως μετά το νεφρικό σωματίο υπάρχει ένα κοντό αυχενικό τμήμα το οποίο αποτελεί συνέχεια των νεφρικών σωληναρίων. Τα νεφρικά σωληνάρια φέρουν κυβοειδές επιθήλιο με ψηκτροειδής παρυφή (Εικ.12.4. & 12.5.). Τα ψάρια δεν διαθέτουν αγκύλη του Henle (Stoskopf 1993).



**Εικόνα 12.4.** Σχηματική αναπαράσταση νεφρικού σωματίου τελεόστεου ιχθύος. (A) Αορτή, (AA) προσαγωγός αρτηρία, (EA) απαγωγός αρτηρία. (G) αγγειώδες σπείραμα, (L) την κάψουλα του Bowman ή έλυτρο του σπειράματος, (C) τοιχωματικό επιθήλιο, (W) τοίχωμα, (MT) μεσονεφρικό σωληνάριο. (Πηγή: <http://www.yourarticlelibrary.com/fish/anatomy-and-physiology/excretory-system-in-fishes-with-diagram/88303> )

Στην τσιπούρα (*Sparus aurata*) και στο λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*), η ιστολογική δομή του οπίσθιου νεφρού ακολουθεί την δομή των θαλάσσιων τελεόστεων ιχθύων. Στην Εικόνα 12.5., απεικονίζεται η ιστολογική δομή του νεφρώνα ιχθυδίου λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*).





**Εικόνα 12.5.** Ιστολογική τομή οπίσθιου νεφρού ιχθυδίου λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*). Στο παρέγχυμα του νεφρού παρατηρείται μεγάλος αριθμός νεφρικών σωληναρίων (N) με διαφορετική διάμετρο, ανάμεσα στα οποία υπάρχουν άφθονα αιμοφόρα αγγεία (βέλη) και πολύ λίγος ενδιάμεσος συνδετικός ιστός. (X10, Χρώση Κυανού της Τολουϊδίνης). (Μικροφωτογραφία: Προσωπικό αρχείο Τζιώρτζιου Α., 2020).

## 12.2. Ουρητήρες και ουροδόχος κύστη

Τα ούρα από τα εγγύς σωληνάκια διοχετεύονται στα αθροιστικά σωληνάκια και εν συνεχεία στους πρωτογενείς ουρητήρες, που βρίσκονται στην εξωτερική και κοιλιακή πλευρά των νεφρών. Οι δύο ουρητήρες απολήγουν στην ουροδόχο κύστη που εκβάλλει προς τα έξω με την ουρήθρα (απεκκριτικό πόρο) εξωτερικά πίσω από την έδρα (Εικ. 12.1. & 12.3.).



### *Ιστολογική δομή*

Σύμφωνα με τον Stoskopf, (1993), οι ουρητήρες συγκροτούνται από τρία στρώματα: εσωτερικά καλύπτονται από μονόστιβο κυλινδρικό επιθήλιο, το οποίο στηρίζεται πάνω σε μία κύρια στιβάδα, από συνδετικό ιστό και κυκλικές λείες μυϊκές ίνες και εξωτερικά φέρουν χιτώνα από πυκνό συνδετικό ιστό.

Οι ουρητήρες ανοίγουν κατευθείαν προς τα έξω και τα ούρα εκβάλλονται από τον ουρικό πόρο (Εικ. ) ή καταλήγουν στην ουροδόχο κύστη (Βερίλλης & Μεντέ, 2017). Η ουροδόχος κύστη, δεν ομοιάζει με την ουροδόχο κύστη των θηλαστικών αλλά αποτελεί μία διεύρυνση του οπίσθιου ουρητήρα (Stoskopf, 1993). Ιστολογικά, αποτελεί ένα σάκο με λεπτό τοίχωμα, ο οποίος παρουσιάζει παρόμοια ιστολογική δομή με τους ουρητήρες. Εσωτερικά επενδύεται από μεταβατικό επιθήλιο ενός ή δύο στίχων, το οποίο στηρίζεται πάνω σε ένα μεσαίο στρώμα συνδετικού ιστού και λείων μυϊκών ινών και εξωτερικά φέρει τον εξωτερικό χιτώνα (Stoskopf, 1993).



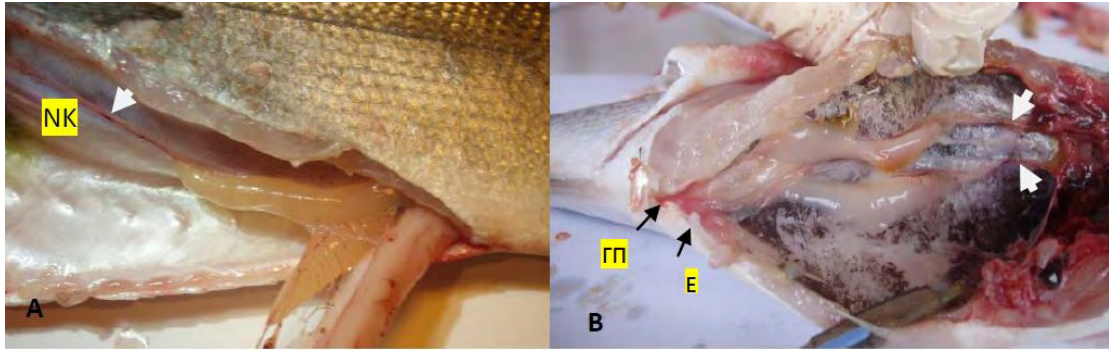
### 13. ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Το αναπαραγωγικό σύστημα αποτελείται από τα αναπαραγωγικά όργανα, μέσω των οποίων γίνεται η αναπαραγωγή και τα επικουρικά όργανα, που είναι οι γεννητικοί αγωγοί και αδένες. Τα αναπαραγωγικά όργανα ή γονάδες είναι για το αρσενικό οι όρχεις και για το θηλυκό οι ωοθήκες.

Τόσο οι όρχεις όσο και οι ωοθήκες σχηματίζουν ένα ζεύγος επιμηκών σάκων, συμμετρικά τοποθετημένων εκτός περιτοναίου, στη ραχιαία επιφάνεια της κοιλιακής κοιλότητας ακριβώς κάτω από την νηκτική κύστη (Εικ.13.1.).

Οι γεννητικοί αγωγοί σπερματοαγωγοί ή ωαγωγοί είναι ένα ζεύγος για κάθε φύλο. Πριν από την έξοδο τους οι γεννητικοί αγωγοί ενώνονται προς έναν κοινό απαγωγό σωλήνα που οδηγεί στον γεννητικό πόρο, ο οποίος και στα δυο φύλα βρίσκεται ακριβώς πίσω από την έδρα (Εικ. 12.1, 12.3 & 13.1, B).

Στα γεννητικώς ανώριμα ψάρια, οι γονάδες έχουν μορφή «νήματος» και δεν είναι διακριτός ο διαχωρισμός του φύλλου. Με την γεννητική ωρίμανση οι γονάδες μεγαλώνουν σε μέγεθος. Οι ωοθήκες αποκτούν κοκκώδη εμφάνιση και κιτρινωπό χρωματισμό ενώ οι όρχεις γίνονται γαλακτοειδώς λευκοί με λεία εμφάνιση (Εικ. 13.1, A & B).



**Εικόνα 13.1.** Αναπαραγωγικά όργανα: (Α) Ωοθήκες λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*) και (Β) όρχεις τσιπούρας (*Sparus aurata*). Οι όρχεις έχουν τριγωνικό σχήμα, γαλακτώδες χρωματισμό και λεία εμφάνιση, ενώ οι ωοθήκες έχουν κυλινδρικό σχήμα, πορτοκαλίζον χρωματισμό και κοκκώδη εμφάνιση. Τα αναπαραγωγικά όργανα αναπτύσσονται στο νωτιαίο τμήμα της περιτοναϊκής κοιλότητας, προσφύονται στα κοιλιακά τοιχώματα της νηκτικής κύστης (ΝΚ), μέσω περιτοναϊκών μεσεντέριων (αιχμή βέλους) και εκβάλλουν μέσω ενός κοινού απαγωγού σωλήνα στον γεννητικό πόρο (ΓΠ), ο οποίος βρίσκεται πίσω από την έδρα (Ε). (Φωτογραφία: Τζιώρτζιου Α., 2020).

Η ανάπτυξη των γονάδων ρυθμίζεται από γοναδοτροπίνες ορμόνες που απελευθερώνονται από την υπόφυση και φθάνουν μέσω του αίματος στις γονάδες. Ο ρόλος των γονάδων είναι η παραγωγή των γεννητικών προϊόντων (σπέρμα, ωοκύτταρα) και η σύνθεση και έκκριση των στεροειδών ορμονών που επηρεάζουν τη γοναδική ανάπτυξη, τα δευτερογενή χαρακτηριστικά του φύλου και τη σεξουαλική συμπεριφορά.

Οι τύποι αναπαραγωγής που συναντώνται στους ιχθύες είναι:

Α) Η αμφιγονική αναπαραγωγή, την οποία συναντούμε στα περισσότερα είδη ιχθύων και κατά την οποία τα δύο φύλλα και οι γαμέτες είναι διαχωρισμένα (γονοχωριστικά είδη) (Μεφαλοφώνου, 2015γ).

Β) Ο ισορροπημένος ή σύγχρονος ερμαφροδιτισμός, κατά τον οποίο έχουμε ταυτόχρονη παρουσία στο ίδιο άτομο αρσενικών και θηλυκών γεννητικών οργάνων

(π.χ. οικογένειες των Auloriformes, Cyprinodontidae, Serranidae). Ο οργανισμός φέρει ταυτόχρονα όρχεις και ωοθήκες, παράγοντας στο ίδιο χρονικό διάστημα σπερματοζώαρια και ωάρια και συνήθως συμβαίνει αμοιβαίο ζευγάρισμα. (Μεφαλοφώνου, 2015γ; Αντωνοπούλου, 2015).

Γ) Ο ασύγχρονος ή διαδοχικός ερμαφροδιτισμός, κατά τον οποίο τα άτομα ξεκινούν τη ζωή τους ως αρσενικά ή θηλυκά και με την πάροδο της ηλικίας τους πραγματοποιείται αναστροφή του φύλλου. Υπάρχουν δύο κατηγορίες διαδοχικού ερμαφροδιτισμού. Η πρωτανδρία, όπου το άτομο γεννιέται ως αρσενικό και στην πορεία της ζωής του μετατρέπεται σε θηλυκό, όπως το ψάρι κλόουν, *Amphiprion ocellaris*, η τσιπούρα (*Sparus aurata*), η σάλπα (*Sarpa salpa*) και η μουρμούρα, (*Lithognathus mormyrus*) (Αντωνοπούλου, 2015) και η πρωτογυνία, όπου το άτομο γεννιέται ως θηλυκό και αργότερα μετατρέπονται σε αρσενικά (π.χ. χέλι (*Anguilla anguilla*) και η πεταλούδα (*Chaetodon lunula*) (Βερίλλης & Μεντέ, 2017).

Δ) Η παρθενογέννηση, κατά την οποία έχουμε παραγωγή μόνο θηλυκών ατόμων χωρίς γονιμοποίηση (Μεφαλοφώνου, 2015γ).

Το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*), είναι γονοχωριστικό είδος. Τα αρσενικά, ωριμάζουν γεννητικά νωρίτερα από ότι τα θηλυκά. Στη Μεσόγειο, ώριμα γεννητικά αρσενικά άτομα βρίσκονται σε ηλικία 2 ετών με μήκος σώματος 17-22 cm και θηλυκά 4 ετών, με μήκος σώματος 23-32 cm (Νεοφύτου & Νεοφύτου, 2017). Στην περιοχή της Μεσογείου και της Μαύρης θάλασσας, η ωρίμανση των γονάδων ξεκινά όταν η θερμοκρασία του νερού κατέβει στους 12°C, από τις αρχές ως τα τέλη Δεκεμβρίου και η αναπαραγωγή ξεκινά τον Ιανουάριο και διαρκεί περίπου 3 μήνες έως τέλη Μαρτίου.

Η τσιπούρα (*Sparus aurata*) είναι ερμαφρόδιτο είδος με πρωτανδρία. Τα άτομα γεννιούνται όλα αρσενικά και από το δεύτερο έτος της ηλικίας τους πραγματοποιείται αναστροφή του φύλλου στο μεγαλύτερο ποσοστό των ατόμων. Η γενετική ωρίμανση ξεκινά από την ηλικία των 1-2 ετών για τα αρσενικά και των 2-3 ετών για τα θηλυκά. Η αναπαραγωγή λαμβάνει χώρα από τον Οκτώβριο μέχρι τον Δεκέμβριο (Tortonese, 1986).

Η γονιμοποίηση στην τσιπούρα (*Sparus aurata*) και το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*), είναι εξωτερική. Το θηλυκό ελευθερώνει τα αυγά του και το αρσενικό περνά πάνω από τα αυγά ελευθερώνοντας το σπέρμα του ώστε να επιτευχθεί η γονιμοποίηση των αυγών.

### 13.1. Όρχεις

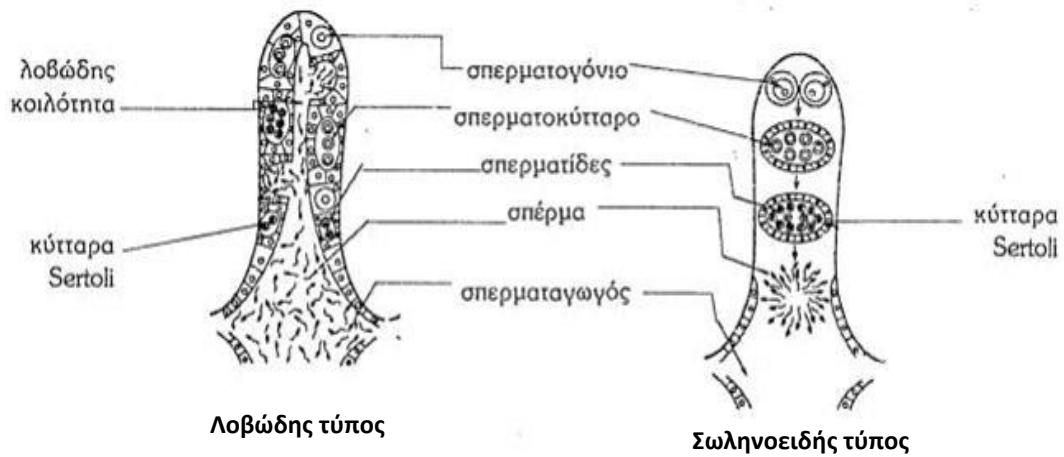
Οι όρχεις αποτελούν ζεύγος επιμηκών οργάνων (Εικ. 13.1.,B). Ο λειτουργικός τους ρόλος είναι η παραγωγή σπερματοζωαρίων μέσω της σπερματογένεσης και την παραγωγή στεροειδών ορμονών μέσω της στεροειδογένεσης (Αντωνοπούλου, 2015).

Μορφολογικά, οι όρχεις των τελεόστεων ιχθύων, διαχωρίζονται σε δύο κύριους τύπους: α) ο σωληνοειδείς τύπος, ο οποίος συναντάται σε κάποιες οικογένειες ιχθύων (*Cyprinidae*, *Salmonidae*) και β) ο λοβοειδείς τύπος, ο οποίος με βάση την κατανομή των σπερματογονίων διακρίνονται σε δύο κατηγορίες. Η μία, όπου τα σπερματογόνια κατανέμονται σε όλο το μήκος των λοβών και εμφανίζεται σε όλους τους νεοτελεόστεους εκτός των *Atherinomorpha* και η δεύτερη, όπου τα σπερματογόνια

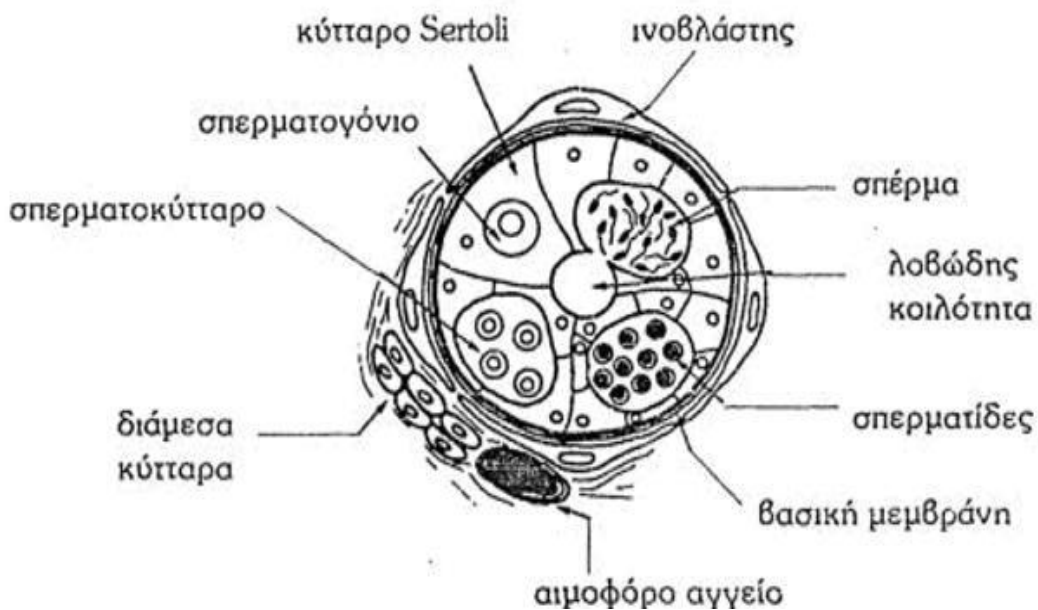
περιορίζονται στην περιφέρεια των όρχεων και συναντάται σε όλα τα *Atherinomorpha*, (Εικ. 13.2., και 13.3.) (Αντωνοπούλου, 2015).

### *Ιστολογική δομή*

Οι όρχεις (*Testes*) εξωτερικά καλύπτονται από μία επιθηλιακή μεμβράνη του κοιλώματος ομόλογη προς το περισπλαχνικό πέταλο των θηλαστικών και στη συνέχεια ακολουθεί ένας ινώδης χιτώνας (*tunica albuginea*), αποτελούμενος από πυκνό ινώδη συνδετικό ιστό (Φώτης & Αγγελίδης, 2003) καθώς και λεία μυϊκά κύτταρα, κολλαγόνες ίνες, αρτηρίες, φλέβες και περιφερικά νεύρα (Groman, 1982). Το εσωτερικό των όρχεων συνίσταται κυρίως από τμήματα με ασκοειδή σωληνάκια (*tubuli*), στα οποία συντελείται η σπερματογένεση καθώς και η παραγωγή ειδικών σωματικών κυττάρων, τα οποία στα ανώτερα σπονδυλωτά ονομάζονται κύτταρα του *Sertoli* (*Sertoli's zellen*), ενώ στους τελεόστεους καλούνται κυστεοκύτταρα και χρησιμεύουν για τη στήριξη και τη θρέψη των διαπλασσομένων σπερματοζωαρίων. Μεταξύ των σωληναρίων των όρχεων υπάρχει ενδιάμεσος συνδετικός ιστός, στον οποίο κυριαρχούν τα κύτταρα του *Leyding* που παράγουν την τεστοστερόνη. Τα σωληνάκια των περισσότερων τελεόστεων εκβάλλουν σε έναν αγωγό που βρίσκεται στο κέντρο των όρχεων (Εικ. 13.3 & 13.4.). Ο κεντρικός αυτός αγωγός εξέρχεται από τους όρχεις και σχηματίζει τον σπερματογωγό (Φώτης & Αγγελίδης, 2003). Τα γαμετοκύτταρα αναπτύσσονται σε θύλακες, οι οποίοι διαρρηγνύονται στο τέλος της περιόδου ωρίμανσης και το ώριμο σπέρμα απελευθερώνεται στον σπερματογωγό και από εκεί οδηγείται στο ουρογεννητικό άνοιγμα (Αντωνοπούλου, 2015).



**Εικόνα 13.2.** Σχηματική παράσταση της δομής των δύο κύριων τύπων όρχεων στους τελεόστεους, λοβοειδής και σωληνοειδής τύπος. (Πηγή: Μεγαλοφώνου, 2015γ)



**Εικόνα 13.3.** Τομή σπερματικού σωληναρίου. Ορχικά κυστίδια σε διάφορα στάδια ωρίμανσης. (Πηγή: Μεγαλοφώνου, 2015γ).



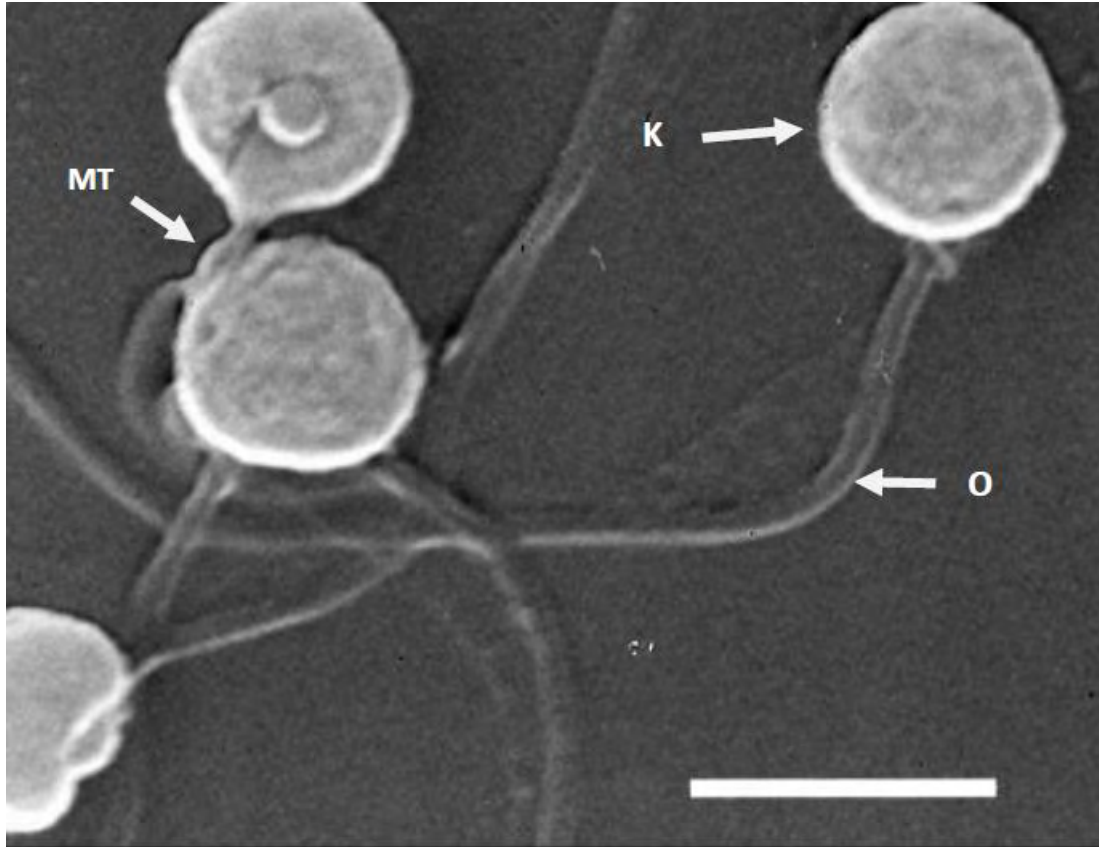
Τα στάδια της σπερματογένεσης είναι κοινά σε όλα τα σπονδυλόζωα και περιλαμβάνουν:

1. Τον μιτωτικό πολλαπλασιασμό των σπερματογονίων.
2. Τον σχηματισμό των πρωτογενών σπερματοκυττάρων.
3. Την πρώτη μειωτική διαίρεση που δίνει τα δευτερογενή σπερματοκύτταρα.
4. Τη δεύτερη μειωτική διαίρεση, που δημιουργεί τις σπερματίδες.
5. Την διαφοροποίηση των σπερματίδων σε σπερματοζώαρια (Μεγαλοφώνου, 2015γ).

Στο λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*), οι όρχεις οργανώνονται σε λοβούς (Blazquez *et al.*, 2001).

Το σπέρμα (*Sperma*) είναι ένα πυκνόρευστο γαλακτώδες υγρό, το οποίο αποτελείται από τα σπερματοζώαρια και από το πλάσμα του σπέρματος. Εξέρχεται από τον γεννητικό πόρο κατά την περίοδο της αναπαραγωγής μόνο με την επικουρία των κοιλιακών τοιχωμάτων που συσπώνται ειδικά για το σκοπό αυτό και η ποσότητα του ποικίλει από είδος σε είδος (Φώτης & Αγγελίδης, 2003).

Το σπερματοζώαριο της τσιπούρας (*Sparus aurata*) χαρακτηρίζεται από σφαιρική κεφαλή, η οποία στερείται ακροσώματος, ένα κοντό ακανόνιστου σχήματος μεσαίο τμήμα και μία μακριά ουρά (Εικ.13.4) (Maricchiolo *et al.*, 2007).



**Εικόνα 13.4.** Σπέρματοζώαριο τσιπούρας (*Sparus aurata*) σε ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σαρώσεως. Διακρίνονται: η κεφαλή (K), το μεσαίο τμήμα (MT) και η ουρά (O). (Scale bar: 2  $\mu\text{m}$ ) (Πηγή: Maricchiolo *et al.*, 2007).

### 13.2. Ωοθήκες

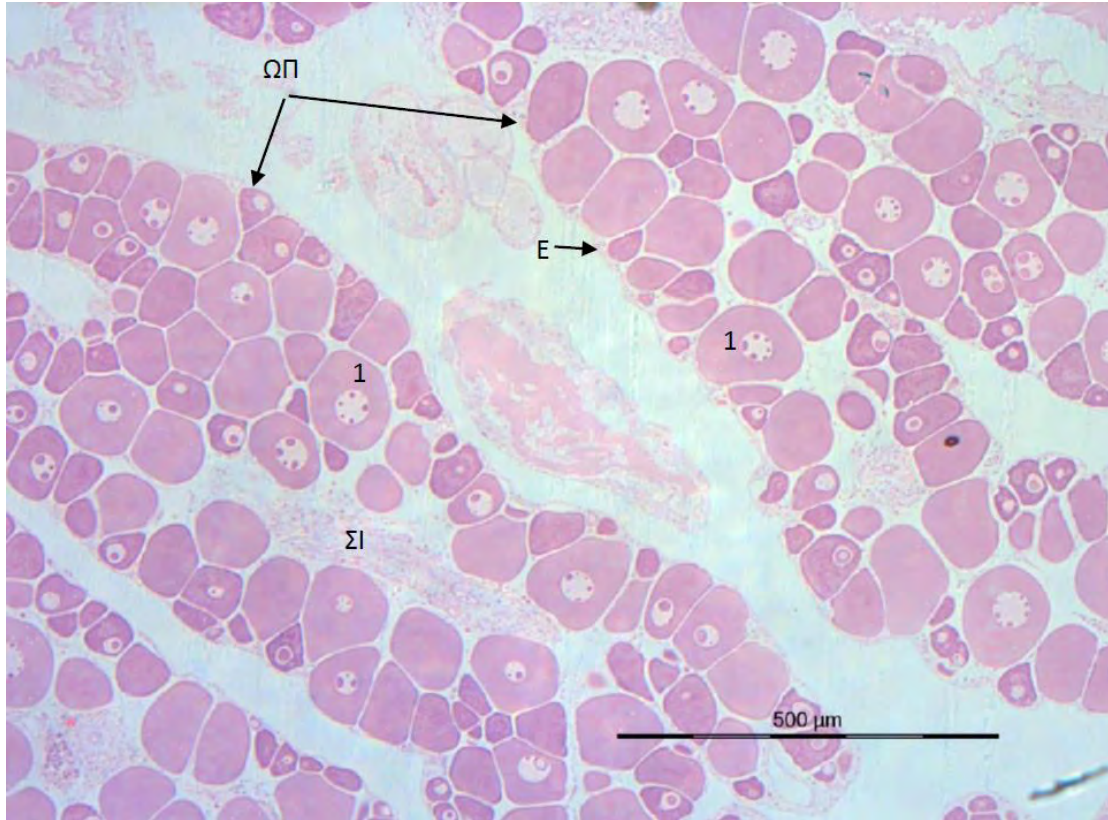
Οι ωοθήκες σχηματίζουν ένα ζεύγος επιμηκών σάκων, που αναρτώνται στη ραχιαία επιφάνεια της κοιλιακής κοιλότητας μέσω του μεσοωθηκίου και μέσω ενός ωαγωγού που καταλήγει στον γεννητικό πόρο, ελευθερώνουν τα αυγά τους στο εξωτερικό περιβάλλον (Εικ. 13.1. Α).

### Ιστολογική δομή

Οι ωοθήκες περιβάλλονται από ινώδη χιτώνα, ο οποίος αποτελείται από ινώδη ιστό και λείες μυϊκές ίνες (Groman, 1982). Το παρέγχυμα της ωοθήκης οργανώνεται σε πτυχές (ωοφόρα πέταλα), τα οποία υποστηρίζονται από ένα στρώμα συνδετικού ιστού που παρουσιάζει πλούσια αιμάτωση. Μέσα στα ωοφόρα πέταλα ξεκινάει η ανάπτυξη των αυγών από ωογόνια και εν συνεχεία πέφτουν μέσα στην κοιλότητα της ωοθήκης (Ferguson, 2006). Εσωτερικά, ο ινώδης χιτώνας της ωοθήκης φέρει πλακώδες επιθήλιο. Τα ωοφόρα πέταλα της ωοθήκης διατάσσονται κάθετα προς τον επιμήκη άξονα της ωοθήκης (Εικ. 13.5.) (Groman, 1982).

Ο ωαγωγός, εσωτερικά καλύπτεται από πλακώδες επιθήλιο, το οποίο υποστηρίζεται από συνδετικό ιστό (Groman, 1982).

Η ιστολογική δομή των ωοθηκών της τσιπούρας (*Sparus aurata*) και του λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*) είναι όμοια με την δομή που αναπτύχθηκε παραπάνω για τους τελεόστεους ιχθύες και στην Εικόνα 13.5., απεικονίζεται η ιστολογική δομή τομής ωοθήκης λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*).



**Εικόνα 13.5.** Ιστολογική τομή ωοθηκών λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*). Μέσα στο παρέγχυμα της ωοθήκης παρατηρούνται πτυχές (ωοφόρα πέταλα) (ΩΠ), οι οποίες φέρουν επιθήλιο (Ε) και υποστηρίζονται από συνδετικό ιστό (ΣΙ). Οι ωοθήκες βρίσκονται στο στάδιο ανάπτυξης, στο οποίο παρατηρούνται ωοκύτταρα (1) στο τελικό στάδιο περιπυρηνίσκου. (X5, Χρώση Α&Ε). (Μικροφωτογραφία: Προσωπικό αρχείο Τζιώρτζιου Α., 2020).

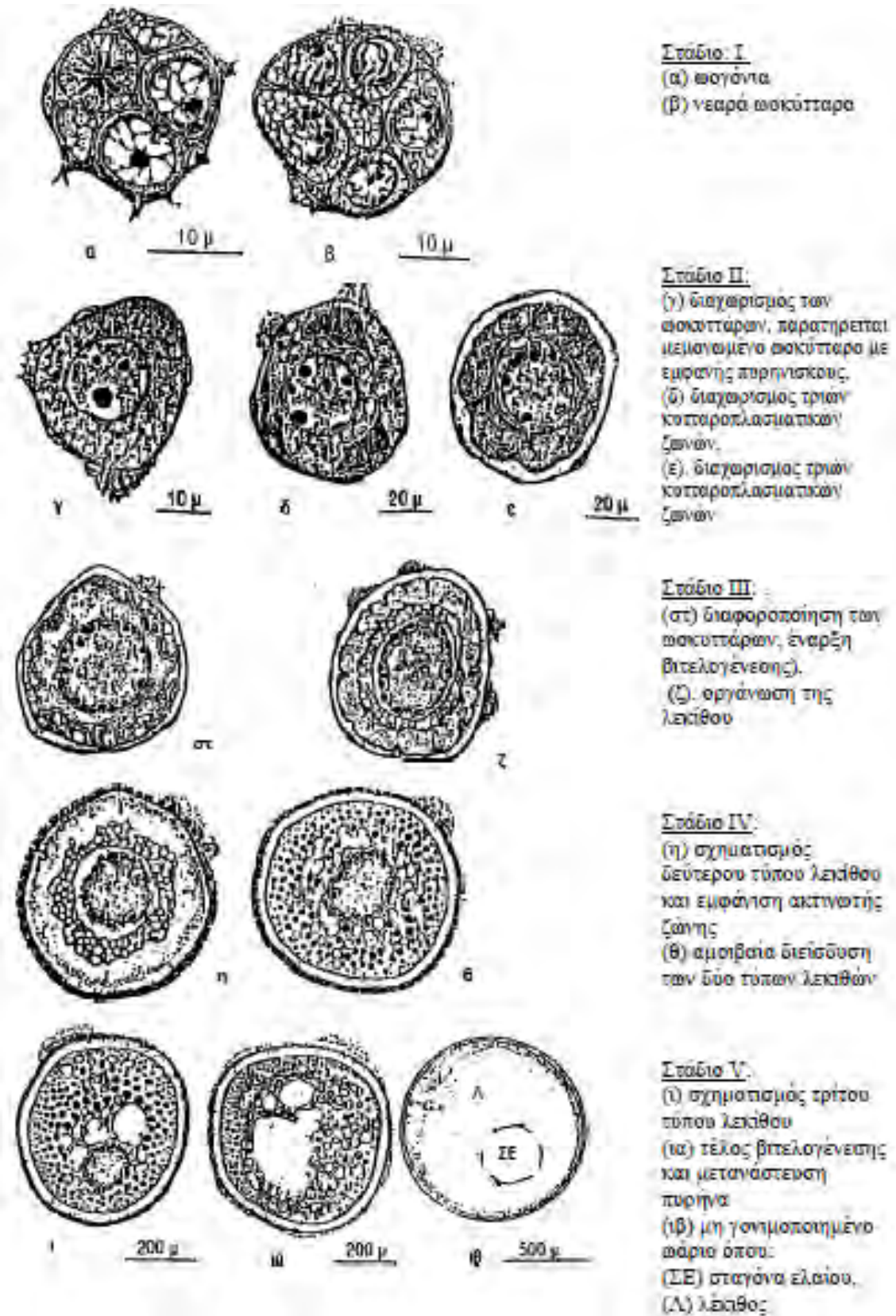
Μετά από τη σεξουαλική διαφοροποίηση των γονάδων καθώς και κατά την έναρξη κάθε αναπαραγωγικού κύκλου, τα ωογόνια των ωοθηκών υπόκεινται σε σειρά διαιρέσεων.

Τα στάδια της ωογένεσης περιλαμβάνουν:

- Πρωτογενής αύξηση των ωοκυττάρων (ωογόνια - πρωτογενή ωοκύτταρα)
- Δευτερογενής αύξηση των ωοκυττάρων (εμφάνιση και αύξηση λεκιθικών κυστιδίων δηλ. λεκιθογένεση)

- Ωρίμανση των ωοκυττάρων (μέγιστο μέγεθος, ενυδάτωση)
- Ωορρηξία (ελευθέρωση στη λοβώδη κοιλότητα και κατόπιν στο περιβάλλον)
- Ωοθυλακική ατρησία (απορρόφηση-καταστροφή του απομένουτος ωοθυλακίου) (Μεγαλοφώνου, 2015γ).

Στην Εικόνα 13.6 φαίνεται η εξέλιξη της γεννητικής ωρίμανσης των ωοκυττάρων λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*) σύμφωνα με τον Barnabe, (1976)



**Εικόνα 13.6.** Στάδια γεννητικής ωρίμανσης λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*) σύμφωνα με τον Barnabe, (1976)

## 14. ΟΡΓΑΝΑ ΕΙΔΙΚΩΝ ΑΙΣΘΗΣΕΩΝ

Τα αισθητήρια όργανα των ιχθύων είναι τα όργανα της όρασης (οι οφθαλμοί), τα όργανα της ακοής (έσω ούς), η πλευρική γραμμή, τα όργανα όσφρησης (ρώθωνες) και οι γευστικοί κάλυκες.

### 14.1. Οφθαλμός

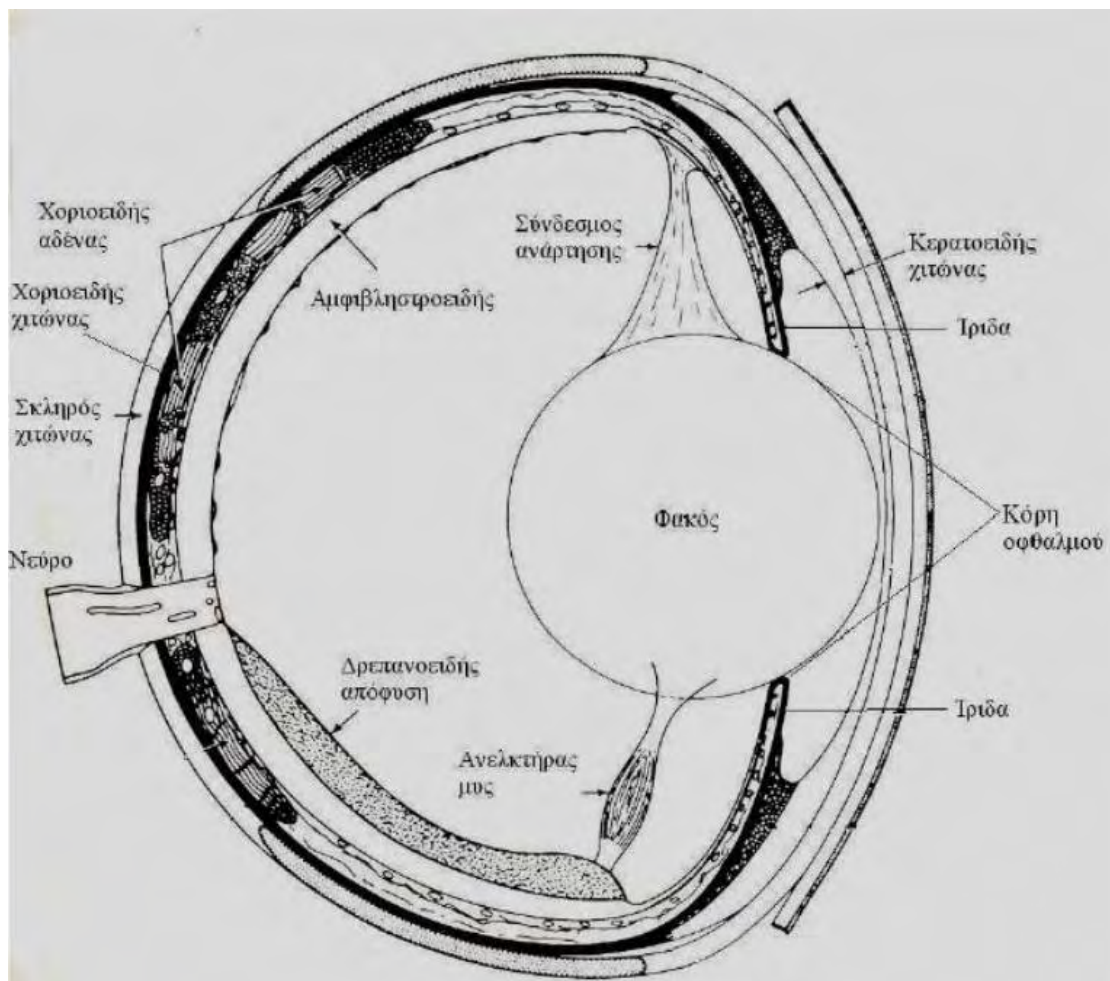
Στους τελεόστεους ιχθύες, οι οφθαλμοί έχουν προσαρμοστεί κατά τρόπο ώστε να βλέπουν μέσα στο νερό γι' αυτό είναι μεγάλοι, σφαιρικοί, με σκληρό φακό και στερούνται δακρυϊκού αδένου και βλεφαρίδων (Νεοφύτου & Νεοφύτου, 2017). Το σχήμα και η κατασκευή των οφθαλμών διαφέρει μεταξύ των διαφόρων ειδών ιχθύων, λόγω των διαφορετικών συνθηκών φωτισμού του περιβάλλοντος διαβίωσης τους (Smirnova, 2006). Το πεδίο ορατότητας των ψαριών εξαρτάται από τη θέση που είναι τοποθετημένοι οι οφθαλμοί στο κεφάλι (Χώτος, 2015).

Στο λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*) και στην τσιπούρα (*Sparus aurata*), οι οφθαλμοί είναι τοποθετημένοι στην κεφαλή αμφοτερόπλευρα (Εικ. 14.1.).





**Εικόνα 14.1.** Κεφαλή (Α) τσιπούρας (*Sparus aurata*) και (Β) λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*) στην οποία φαίνεται η θέση των οφθαλμών και των ρωθίων (Ρ). (Φωτο: Τζιώρτζιου Α., 2020).



**Εικόνα 14.2.** Ανατομική κατασκευή οφθαλμού οστεϊχθίου (Moyle & Cech, 2004).



Οι οφθαλμοί προστατεύονται μέσα στις οφθαλμικές κόγχες (οστέινες κοιλότητες), του κρανίου (Εικ. 14.5). Συνδεόνται με το κρανίο με την βοήθεια έξι γραμμωτών μυών (Λεονάρδος, 2011) και αραιού συνδετικού ιστού, ο οποίος φέρει πλούσια αιμάτωση. Οι οφθαλμοί επικοινωνούν με τον οπτικό λοβό του εγκεφάλου μέσω του οπτικού νεύρου (Εικ.14.2.).

### *Ιστολογική δομή*

Ο οφθαλμός των ψαριών παρουσιάζουν όμοια δομή με αυτή των ανώτερων σπονδυλωτών. Αποτελούνται από τρεις ομόκεντρους χιτώνες, οι οποίοι από έξω προς τα έσω είναι οι εξής:

A) ένα εξωτερικό ινώδη χιτώνα, ο οποίος αποτελείται προς τα πίσω από ένα σκληρό χιτώνα, τον σκληρωτικό χιτώνα (*Sclera*) και προς τα εμπρός από ένα διαφανή χιτώνα, τον κερατοειδή χιτώνα (*Cornea*) (Εικ. 14.2 και 14.3) (Μιχαήλ, 2015). Ο σκληρωτικός χιτώνας αποτελείται από χόνδρο. Ο Κερατοειδής χιτώνας φέρει σειρές επιθηλιακών κυττάρων, συνέχεια του επιθηλίου του δέρματος (Groman, 1982).

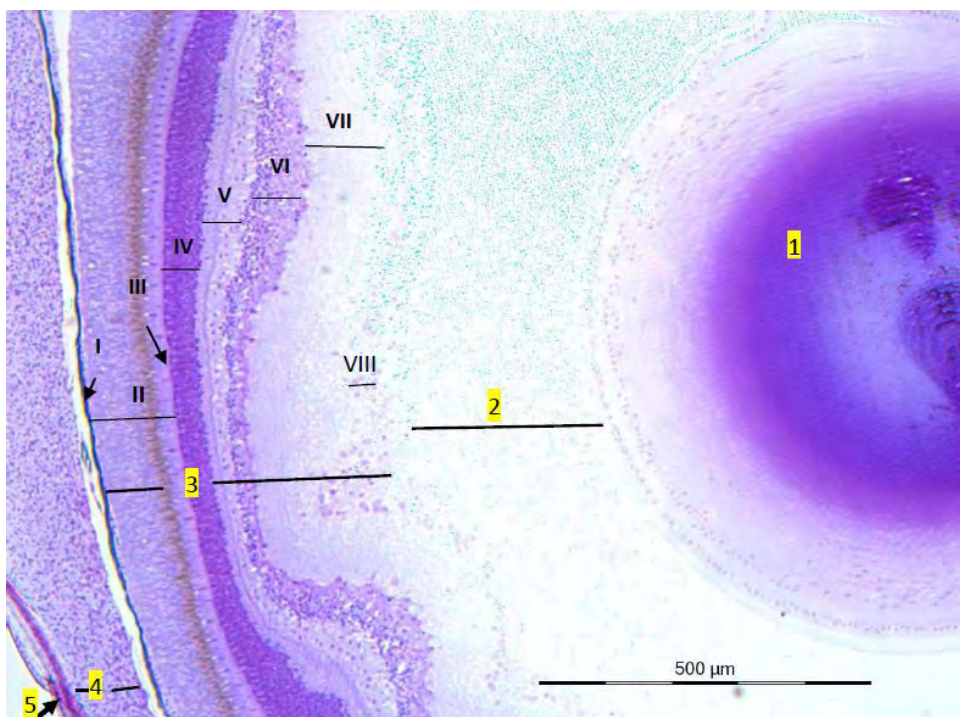
B) ένα μεσαίο αγγειώδη χιτώνα, ο οποίος φέρει τα κυριότερα αγγεία του οφθαλμού και αποτελείται από πίσω προς τα εμπρός από τρεις μοίρες: το χοριοειδή χιτώνα (*Chorioidea*), το ακτινωτό σώμα και την ίριδα (Εικ. 14.2 και 14.3) (Μιχαήλ, 2015). Ο χοριοειδής χιτώνας αποτελείται από αραιό συνδετικό ιστό, εξωτερικά φέρει αγγειώδη στιβάδα και εσωτερικά το χοριοειδές ταπήτιο, ένα στρώμα χρωμοφόρων κυττάρων (Εικ. 14.3.). Ο λειτουργικός του ρόλος είναι να διατρέφει τον αμφιβληστροειδή χιτώνα (Groman, 1982). Μπροστά από τον χοριοειδή χιτώνα

βρίσκεται ένας δακτύλιος με χρωστικές, η ίριδα (*Iris*), η οποία περιέχει μια κεντρική οπτική οπή, τη λεγόμενη κόρη του οφθαλμού (*Pupille*) (Φώτης & Αγγελίδης, 2003).

Γ) έναν εσωτερικό ασθητικό χιτώνα, τον αμφιβληστροειδή χιτώνα (*Retina*), ο οποίος συγκροτείται από δύο πέταλα: το εξωτερικό πέταλο που καλείται μελάγχρου επιθήλιο και το εσωτερικό πέταλο που καλείται ιδίως αμφιβληστροειδής και από το οποίο ξεκινούν οι ίνες του οπτικού νεύρου (Εικ. 14.2 και 14.3) (Μιχαήλ, 2015). Ο αμφιβληστροειδής χιτώνας εμφανίζει στα περισσότερα ψάρια δύο ειδών οπτικά κύτταρα: τα κωνία και τα ραβδία. Αυτά που έχουν αμφιβληστροειδή πλούσιο σε ραβδόμορφα νευρικά κύτταρα βλέπουν την ημέρα, ενώ αυτά που έχουν αμφιβληστροειδή πλούσιο σε κωνία βλέπουν τη νύχτα (Φώτης & Αγγελίδης, 2003).

Το περιεχόμενο του βολβού αποτελείται από τον κρυσταλοειδή φακό και από το υδατοειδές υγρό, που βρίσκεται εμπρός και πίσω από το φακό (Μιχαήλ, 2015). Ο κρυσταλλοειδής φακός (*Lens cristallina*) είναι σφαιρικός στα περισσότερα είδη και αποτελείται από κρυστάλλινες ίνες καλυμμένες από ένα απλό επιθηλιακό στρώμα (Groman, 1982). Η εστία του δεν μεταβάλλεται αλλά είναι σταθερή, πράγμα που κάνει τον οφθαλμό μυωπικό. Σε αρκετά είδη ψαριών υπάρχει και μία πτυχή με πυκνό δίκτυο αγγείων, η οποία αποτελεί τον δρεπανοειδή σύνδεσμο, πάνω στον οποίο προσκολλάται ο προσαγωγός μυς του οφθαλμού και συμβάλλει στην μετατόπιση του φακού ελαφρά προς τα πίσω, αλλάζοντας με τον τρόπο αυτό, την εστιακή απόσταση. Ο δρεπανοειδής σχηματισμός προσφύεται στην πίσω επιφάνεια του κρυσταλλοειδούς φακού, λαμβάνει μέρος στη διατροφή του υαλώδους υγρού και εκτείνεται ως το σημείο εισόδου του οπτικού νεύρου (Εικ.14.2. & 14.3.) (Φώτης & Αγγελίδης, 2003).

Από την μελέτη ιστολογικών τομών οφθαλμού τσιπούρας (*Sparus aurata*) και λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*), παρατηρήθηκε ότι ακολουθούν το ιστολογικό πρότυπο των οφθαλμών των οστεϊχθών. Στην Εικόνα 14.3., απεικονίζεται η ιστολογική δομή του οφθαλμού λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*).



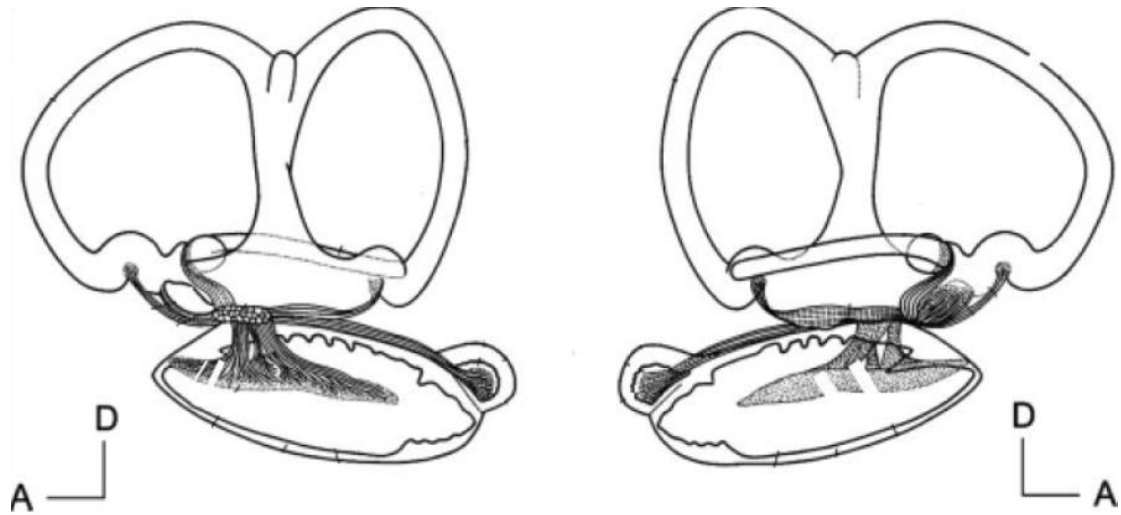
**Εικόνα 14.3.** Ιστολογική τομή οφθαλμού ιχθυδίου λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*) στην οποία διακρίνονται η δομή του οφθαλμού, η οποία από έσω προς τα έξω αποτελείται από: (1) τον κρυσταλοειδή φακό, (2) το υαλοειδές σώμα, με το υαλοειδές υγρό, (3) τον αμφιβληστροειδή χιτώνα, (4) τον χοριοειδή χιτώνα και τον (5) σκληροειδή χιτώνα. Ο αμφιβληστροειδής χιτώνας (3) συγκροτείται από έξι στοιβάδες: (I) το εξωτερικό επιθηλιακό στρώμα ή μελάγχρουν επιθήλιο, (II) Στοιβάδα οπτικών κυττάρων (κωνία και ραβδία), (III) τον εξωτερικό αφοριστικό υμένα, (IV) η έξω κοκκώδης στιβάδα, η οποία αποτελείται από τους πυρήνες των κυττάρων των κωνίων και των ραβδίων, (V) έξω δικτυωτή στοιβάδα, (VI) έσω πυρηνική στοιβάδα (έσω κοκκώδες στρώμα), (VII) έσω δικτυωτή στοιβάδα, (VIII) Στιβάδα γαγγλιακών κυττάρων, η στιβάδα των νευρικών ινών των γαγγλιακών κυττάρων και τέλος τον εσωτερικό αφοριστικό υμένα που δεν διακρίνονται καθαρά λόγω μικρής μεγένθυνσης. (X5, Χρώση Κυανούν της Τολουϊδίνης). (Μικροφωτογραφία: Προσωπικό αρχείο Τζιώρτζιου Α., 2020).

## 14.2. Έσω ους

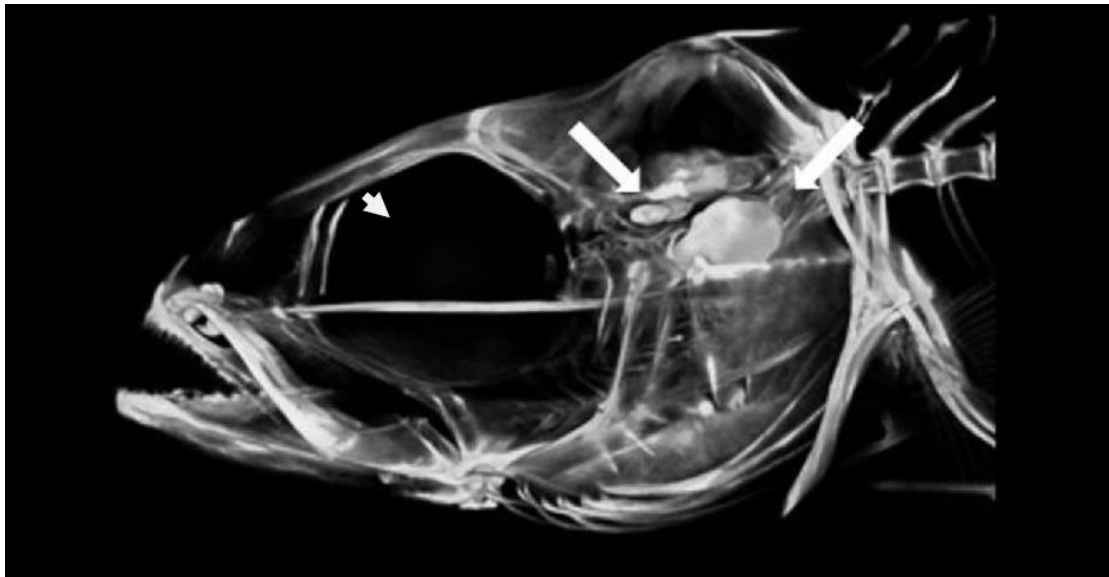
Τα όργανα της ακοής των ψαριών αποτελούνται μόνο από το έσω ους, το οποίο εξυπηρετεί εκτός από την ακοή και την ισορροπία. Τα ψάρια στερούνται ενδιάμεσου και εξωτερικού λαβύρινθου. Το έσω ους συγκροτείται από τον λαβύρινθο, ο οποίος βρίσκεται μέσα στο κρανίο και αποτελείται από τρεις ημικυκλικούς σωλήνες, τον πρόσθιο, τον οπίσθιο και τον οριζόντιο (Φώτης & Αγγελίδης, 2003).

Ο υμενώδης λαβύρινθος αποτελείται από το κυστίδιο και το σακίδιο και χωρίζονται από μία περίσφιξη. Από το κυστίδιο αποσπώνται οι τρεις θάλαμοι που περικλείουν τους τρεις ημικυκλικούς σωλήνες (Εικ. 14.4). Στο κάτω μέρος των αγωγών υπάρχουν τρεις διογκώσεις οι οποίες ονομάζονται ακουστικές κηλίδες. Κάθε ακουστική κηλίδα αποτελείται από κύτταρα που φέρουν αισθητήριες ίνες, πάνω στις οποίες βρίσκονται τοποθετημένοι τρεις μικροί ασβεστολιθικοί κρύσταλλοι οι οποίοι καλούνται ωτόλιθοι (Εικ. 14.5.). Οι ωτόλιθοι είναι συμπαγή ασβεστολιθικά οστάρια που ονομάζονται τοξοειδής, χαλικοειδής και βελοειδής. Τα τρία αυτά οστάρια ονομάζονται και συσκευή του Weber (Εικ. 14.6.) (Νεοφύτου & Νεοφύτου, 2017).

Τα ψάρια, όπως και άλλα Σπονδυλόζωα, αντιλαμβάνονται τους ήχους ως δονήσεις στο εσωτερικό αυτί τους. Η αντίληψη των δονήσεων είναι δύσκολη για τα υδρόβια σπονδυλόζωα, διότι το σώμα τους έχει περίπου την ίδια πυκνότητα με το νερό που τα περιβάλλει. Έτσι, τα ηχητικά κύματα περνούν δια μέσου του σώματος των ψαριών, χωρίς να γίνουν αντιληπτά.

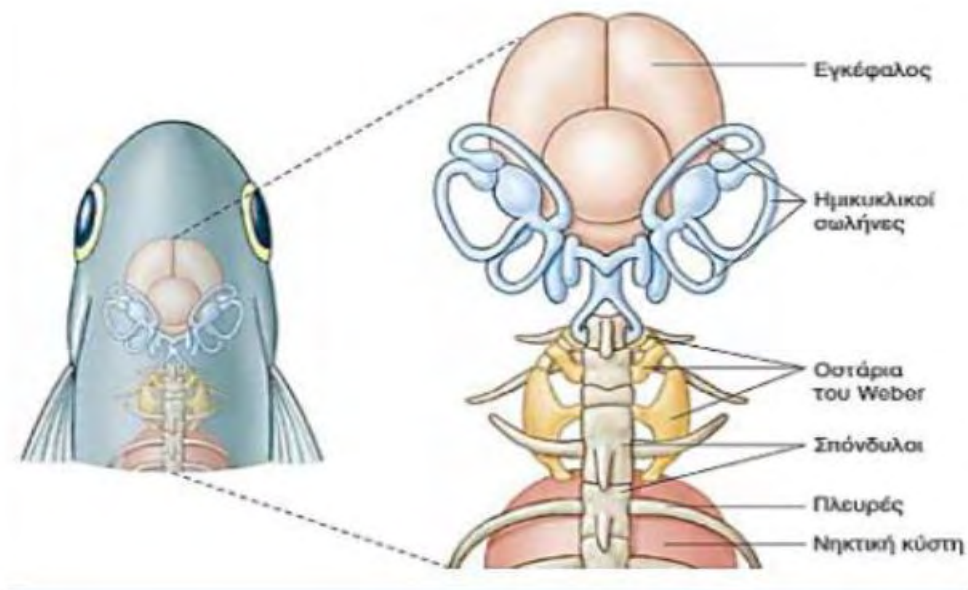


**Εικόνα 14.4.** Έσω ους ψαριού. Στην αριστερή εικόνα φαίνεται η εσωτερική όψη και στη δεξιά η πλάγια όψη του έσω ους. (Πηγή: Ladich και Popper, 2004).



**Εικόνα 14.5.** Σε σκελετό κρανίου λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*), υποδεικνύονται η οφθαλμική κόγχη, μέσα στην οποία προστατεύονται οι οφθαλμοί (αιχμή βέλους) και η θέση των Ωτολίθων (βέλη). (Πηγή: Debusschere, 2016).

Η υποδοχή των ήχων ξεκινά στη νηκτική κύστη, η οποία έχει την ικανότητα να πάλλεται εύκολα, επειδή είναι γεμάτη με αέρα. Οι ηχητικές δονήσεις μεταδίδονται από τη νηκτική κύστη στο εσωτερικό αυτί με τα οστάρια του Weber. Τα οστάρια του Weber είναι μικρά οστά που μεταδίδουν ηχητικές δονήσεις από τη νηκτική κύστη στο εσωτερικό αυτί (Εικ. 14.6.). Οι Τελεόστεοι που διαθέτουν αυτή τη συσκευή μπορούν να αντιλαμβάνονται αμυδρούς ήχους ενός μεγαλύτερου εύρους συχνοτήτων απ' ό,τι άλλα ψάρια (Μεγαλοφώνου, 2015α).



**Εικόνα 14.6.** Το σύστημα πρόσληψης ήχων του κυπρίνου. (Πηγή: Hickman *et al.*, 2011).

### *Ιστολογική δομή*

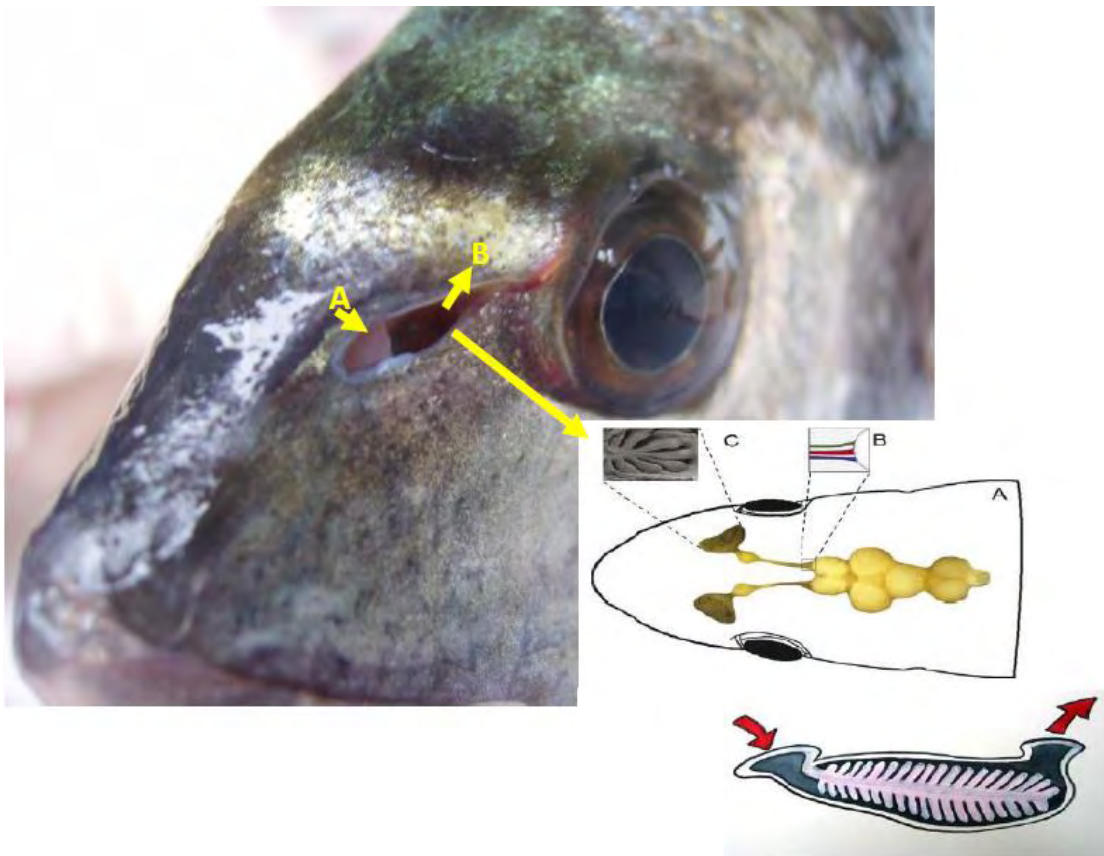
Ο λαβύρινθος (έσω ους) είναι οστέινος (οστεϊχθύες) ή χόνδρινος (χονδριχθύες) και υμενώδης και περικλείεται μέσα σε μια κάψα (Φώτης & Αγγελίδης, 2003).

Οι ημικυκλικοί σωλήνες περιέχουν ενδόλεμφο (Φώτης & Αγγελίδης, 2003) και επενδύονται από πλακώδες επιθήλιο (Stoskopf, 1993). Στις βάσεις των σωλήνων αυτών υπάρχει μία διεύρυνση, η λήκυθος (ασκίδιο). Στα εσωτερικά τοιχώματα κάθε ασκιδίου καταλήγουν οι ίνες του αιθουσαίου κλάδου του ακουστικού νεύρου, που διεγείρονται από τους ωτόλιθους όταν το ψάρι αλλάζει θέση (Φώτης & Αγγελίδης, 2003). Το αισθητήριο επιθήλιο καλύπτεται από μεμβράνη, η οποία στηρίζει τους ωτόλιθους, σχηματίζοντας το όργανο του Corti (Stoskopf, 1993).

### **14.3. Όργανα όσφρησης**

Τα όργανα όσφρησης αποτελούνται από ένα ζεύγος τυφλών ρωθώνων, οι οποίοι δεν επικοινωνούν με το πεπτικό σύστημα και βρίσκονται πλάγια της κεφαλής μεταξύ των ματιών και του ρύγχους (Εικ.14.1., και 14.7.). Καθένας από τους ρώθωνες φέρει δυο ρινικές οπές, οι οποίες χωρίζονται από ιστό. Η εμπρόσθια είναι εισόδου νερού και η οπίσθια εξόδου νερού (Φώτης & Αγγελίδης, 2003). Οι ρώθωνες φέρουν επιθήλιο με πολλές πτυχώσεις. Οι πτυχώσεις του επιθηλίου αυξάνουν την χημειοευαίσθητη επιφάνεια ενισχύοντας κατ' αυτό τον τρόπο την αίσθηση της όσφρησης (Groman, 1982).

Η όσφρηση και η όραση χρησιμεύουν για την ανεύρεση της τροφής, βοηθούν επίσης τα ψάρια να αντιλαμβάνονται τις γεννητικές οσμές κατά την περίοδο της αναπαραγωγής τους.



**Εικόνα 14.7.** Τα όργανα της όσφρησης στην τσιπούρα (*Sparus aurata*), είναι τοποθετημένα μέσα σε σάκους (βοθρία) μέσα στις ρινικές οπές, οι οποίες βρίσκονται μπροστά από τους οφθαλμούς. Καθένας από τους ρόθωνες φέρει δυο ρινικές οπές, οι οποίες χωρίζονται από ιστό. Η εμπρόσθια είναι εισόδου νερού (A) και η οπίσθια εξόδου νερού (B) (Φωτό: Τζιώρτζιου Α., 2020). Το βέλος δείχνει το οσφρητικό επιθήλιο (C), το οποίο για να έχει την μέγιστη δυνατή επιφάνεια παρουσιάζει πτυχώσεις σε σχήμα δακτυλίων και συνδέεται μέσω του οσφρητικού νεύρου με τον εγκέφαλο (B). Κάτω δεξιά σχηματική αναπαράσταση του ανδιπλωμένου οσφρητικού επιθηλίου στη ρινική κοιλότητα (Πηγή: Χώτος, 2015).



### Ιστολογική δομή

Τα οσφρητικά όργανα, των τελεόστεων ιχθύων, φέρουν οσφρητικό επιθήλιο μόνο στις πλευρικές επιφάνειες των πτυχώσεων του ρινικού επιθηλίου. Οι κορυφές των πτυχώσεων και τα υπόλοιπα τμήματα του ρινικού βοθρίου επενδύονται από απλό κυβοειδές ή πλακώδες (Groman, 1982).

Το οσφρητικό επιθήλιο περιέχει οσφρητικά κύτταρα, τα οποία είναι δίπολα νευρικά κύτταρα, η κεντρική αποφυάδα (νευράξονας) των οποίων συνδέονται με τον οσφρητικό βολβό άμεσα. Εκτός από τα οσφρητικά κύτταρα, στο οσφρητικό επιθήλιο παρατηρούνται ερειστικά κύτταρα, βασικά κύτταρα, κύτταρα Rodlet, λεμφοκύτταρα και εωσινόφιλα κοκκώδη λευκοκύτταρα (Groman, 1982).

Στο λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*), το ρινικό επιθήλιο αποτελείται από 4-5 οσφρητικές πτυχές, οι οποίες διατάσσονται παράλληλα μεταξύ τους και κάθετα στο εσωτερικό τοίχωμα του ρινικού βοθρίου (Παπαδόπουλος, 2008).

#### 14.4. Αισθητήρια όργανα της γεύσεως

Τα αισθητήρια όργανα της γεύσεως καλούνται γευστικοί κάλυκες, οι οποίοι εντοπίζονται στο επιθήλιο της στοματικής κοιλότητας, στο επιθήλιο της γλώσσας, στο επιθήλιο του φάρυγγα, στις βραγχιάκανθες, στο επιθήλιο των βραγχιακών τόξων, στην είσοδο του οισοφάγου αλλά σε ορισμένα είδη και εξωτερικά στο κεφάλι ή ακόμα και στο σώμα (μύστακες που φέρουν γευστικούς κάλυκες) (Νεοφύτου & Νεοφύτου, 2017;

Φώτης & Αγγελίδης, 2003; Stoskopf, 1993). Οι γευστικοί κάλυκες αποτελούν χημειοϋποδοχείς που βοηθούν στην πρόσληψη της τροφής (Groman, 1982).

Οι γευστικοί κάλυκες των ψαριών, εμφανίζουν παρόμοια δομή με αυτή των ανώτερων σπονδυλωτών. Αποτελούν μικρούς καλυκοειδείς επιθηλιακούς σχηματισμούς οι οποίοι αποτελούνται από βασικά κύτταρα, ερειστικά κύτταρα και νευροεπιθηλιακά κύτταρα. Οι γευστικοί κάλυκες νευρώνονται από το προσωπικό νεύρο (VII), το γλωσσοφαρυγγικό νεύρο (IX) και το πνευμονογαστρικό νεύρο (X) (Groman, 1982; Παπαδόπουλος, 2008).

Στην τσιπούρα (*Sparus aurata*) και στο λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*) οι γευστικοί κάλυκες απαντούν κυρίως στο επιθήλιο της στοματικής κοιλότητας, στο επιθήλιο της γλώσσας, κατά μήκος του βλεννογόνου των βραγχιακών τόξων και στο φάρυγγα (φαρυγγικά δόντια).

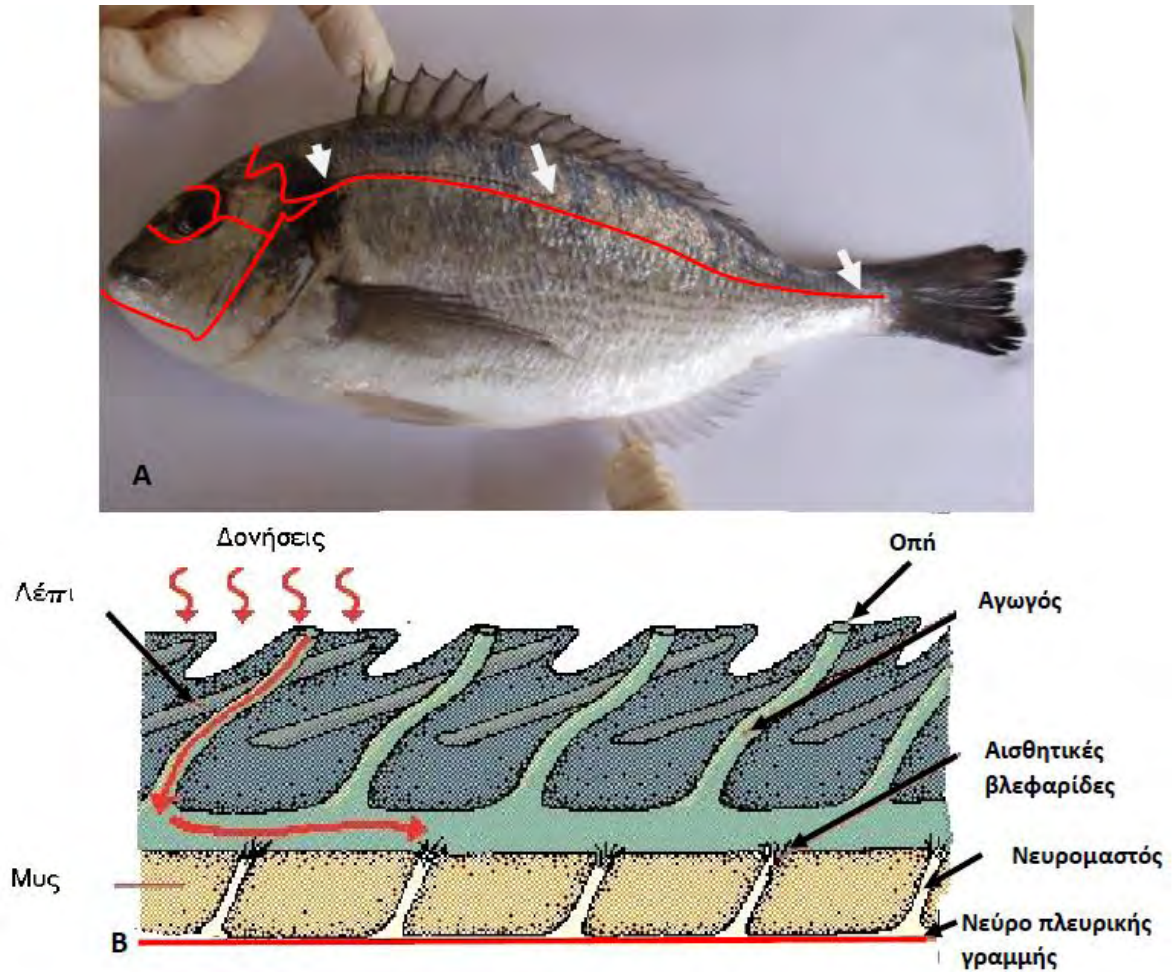
#### **14.5. Όργανα αφής**

Όργανα αφής βρίσκονται σε ολόκληρη την επιφάνεια του σώματος, κυρίως όμως στα πτερύγια. Το πιο σημαντικό όργανο του δέρματος των ψαριών είναι η πλευρική γραμμή (Φώτης & Αγγελίδης, 2003).

### 14.5.1. Πλευρική γραμμή

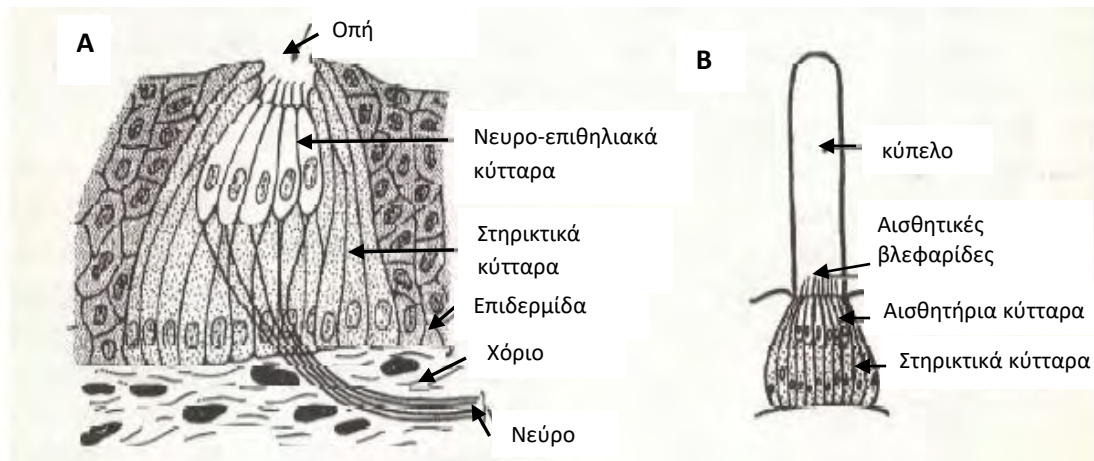
Τα ψάρια αισθάνονται τους ήχους οι οποίοι εμφανίζονται ως κύματα πίεσης στο νερό μέσω ενός πλευρικού οργάνου, το σύστημα της πλευρικής γραμμής που διαθέτουν. Η πλευρική γραμμή διατρέχει τον κορμό των ψαριών από το οπίσθιο όριο της κεφαλής και φθάνει μέχρι την αρχή του ουραίου πτερυγίου (Εικόνα 14.8). Σύμφωνα με τους Helfman *et al.*, (2009), η πλευρική γραμμή αποτελείται από μία σειρά τροποποιημένων λεπίων, που φέρουν οπή και επικοινωνούν με έναν αγωγό, ο οποίος βρίσκεται κάτω από τα λέπια και περιέχει τα αισθητήρια κύτταρα που ονομάζονται νευρομαστοί. Οι νευρομαστοί αντιλαμβάνονται τα ρεύματα και τα ακουστικά κύμματα που δημιουργούνται στο νερό και μετατρέπουν την μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρικό σήμα μεταφέροντας τη πληροφορία στον εγκέφαλο.

Σύμφωνα με τους Partridge & Pitcher, (1980) και Bleckmann, (1986), οι πληροφορίες που μεταφέρει το πλευρικό σύστημα στον εγκέφαλο βοηθούν στην συνάθροιση των πληθυσμών, στην αποφυγή των θηρευτών, στην θηρευτική ικανότητα και την κοινωνική συμπεριφορά.



**Εικόνα 14.8.** (Α) Με βέλη υποδεικνύεται η πλευρική γραμμή στην τσιπούρα (*Sparus aurata*), η οποία ξεκινάει από το οπίσθιο όριο της κεφαλής, διατρέχει όλο τον κορμό, φθάνει μέχρι την αρχή του ουραίου πτερυγίου και φέρει 75-85 τροποποιημένα κτενοειδή λέπια που φέρουν πόρους. Η κόκκινη γραμμή υποδεικνύει το νεύρο της πλευρικής γραμμής το οποίο δέχεται τα εξωτερικά ερεθίσματα τα οποία μέσω των νευρομαστών, μεταφέρονται ως πληροφορία στον εγκέφαλο. (Φώτο: Τζιώρτζιου Α., 2020).

(Β) Σχηματική παράσταση πλευρικής γραμμής. Τα λέπια που απαρτίζουν την πλευρική γραμμή φέρουν το καθένα μια οπή, η οποία συνδέει το εξωτερικό περιβάλλον με έναν αγωγό. Ο αγωγός αυτός βρίσκεται κάτω από τα λέπια και περιέχει τα αισθητήρια κύτταρα, που ονομάζονται νευρομαστοί και είναι υπεύθυνα για την αντίληψη των εξωτερικών ερεθισμάτων.



**Εικόνα 14.9.** Νευρομαστοί Τελεόστεων. (Α) διάταξη στην επιδερμίδα, (Β) απεικόνιση της δομής ενός νευρομαστού. (Πηγή: Νταϊλιάνης, 2008).

### Ιστολογική δομή

Τα αισθητήρια κύτταρα της πλευρικής γραμμής είναι οι νευρομαστοί. Οι νευρομαστοί, αποτελούνται από αισθητήρια βλεφαριδωτά κύτταρα, τα οποία στηρίζονται πάνω σε κυλινδρικού σχήματος στηρικτικά κύτταρα. Τα βλεφαριδωτά αισθητήρια κύτταρα διαθέτουν κωνοειδείς κορυφές και φέρουν σταθερά και κινητά νημάτια που δρουν ως αισθητήριες βλεφαρίδες του υποδοχέα. Τα κύτταρα αυτά φέρουν ωειδή πυρήνα και οι βλεφαρίδες τους καλύπτονται από ζελατινώδη ουσία που σχηματίζει το κύπελο (*Cupula*). Τα βλεφαριδωτά αισθητήρια κύτταρα νευρώνονται από τους κλάδους του γλωσσοφαρυγγικού και πνευμονογαστρικού εγκεφαλικού νεύρου (Φώτης & Αγγελίδης, 2003).

Τα στηρικτικά κύτταρα έχουν κυλινδρικό σχήμα και φέρουν πυρήνα, ο οποίος βρίσκεται στη βάση του κυττάρου (Εικ. 14.9).

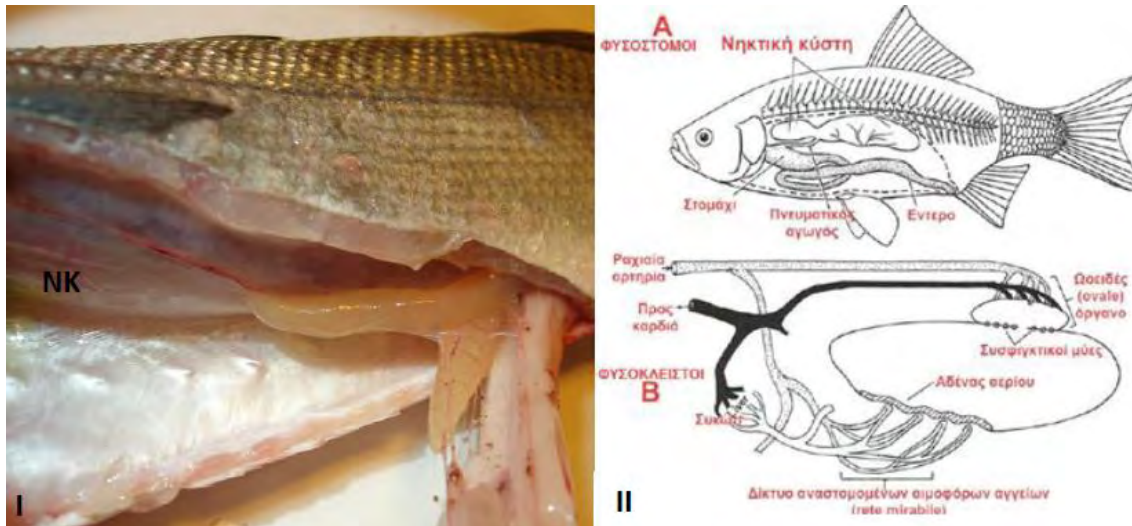
Οι αγωγοί του συστήματος της πλευρικής γραμμής, επενδύονται από πλακώδες επιθήλιο, εκτός από την περιοχή γύρω από τους νευρομαστούς, που καλύπτονται από κυβοειδές επιθήλιο (Stoskopf, 1993).

## 15. ΝΗΚΤΙΚΗ ΚΥΣΤΗ

Η Νηκτική κύστη ή αεροφόρος σάκος, είναι ένας μεμβρανώδης θύλακας, με λεπτό ημιδιαφανές τοίχωμα, πλούσιος σε αιμοφόρα αγγεία που περιέχει μίγμα αερίων (άζωτο, οξυγόνο και διοξείδιο του άνθρακα) σε διαφορετικές αναλογίες ανάλογα με το είδος ψαριού. Η νηκτική κύστη δεν συναντάται σε όλα τα ψάρια (Φώτης & Αγγελίδης, 2003).

Η νηκτική κύστη βρίσκεται τοποθετημένη μεταξύ του πεπτικού σωλήνα και των νεφρών (εκτός της περιτοναϊκής κοιλότητας) (Εικ.15.1.,Α.). Σε πολλές οικογένειες ψαριών, όπως στα Cyprinidae αποτελείται από δυο διαμερίσματα, το εμπρόσθιο και το οπίσθιο, τα οποία χωρίζονται από μια στένωση τον ισθμό (Λεονάρδος, 2011). Ο ισθμός επικοινωνεί με τον οισοφάγο μέσω ενός στενού σωλήνα, τον αεροφόρο ή πνευματικό αγωγό (*Ductus pneumaticus*). Τα ψάρια που φέρουν αεροφόρο αγωγό καλούνται φυσόστομοι (κυπρινίδες, σολομοειδή, τούρνα, χέλι, γουλιανός κ.ά.) και εκείνα από τα οποία αεροφόρος αγωγός λείπει λέγονται φυσόκλειστα (περκί, αγκαθερό κ.ά.) (Εικ. 15.1.,Β.). Τα φυσόκλειστα ψάρια έχουν αεροφόρο αγωγό στην αρχή μόνο της ζωής τους. Στο νυμφικό στάδιο στα είδη αυτά των ψαριών η νηκτική κύστη πληρούται με καταπόσεις φυσαλίδων αέρα. Αργότερα κατά την ενηλικίωσή τους ο αγωγός ατροφεί (Φώτης & Αγγελίδης, 2003).

Το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*) και η τσιπούρα (*Sparus aurata*) ανήκουν στην κατηγορία των φυσόκλειστων ιχθύων.



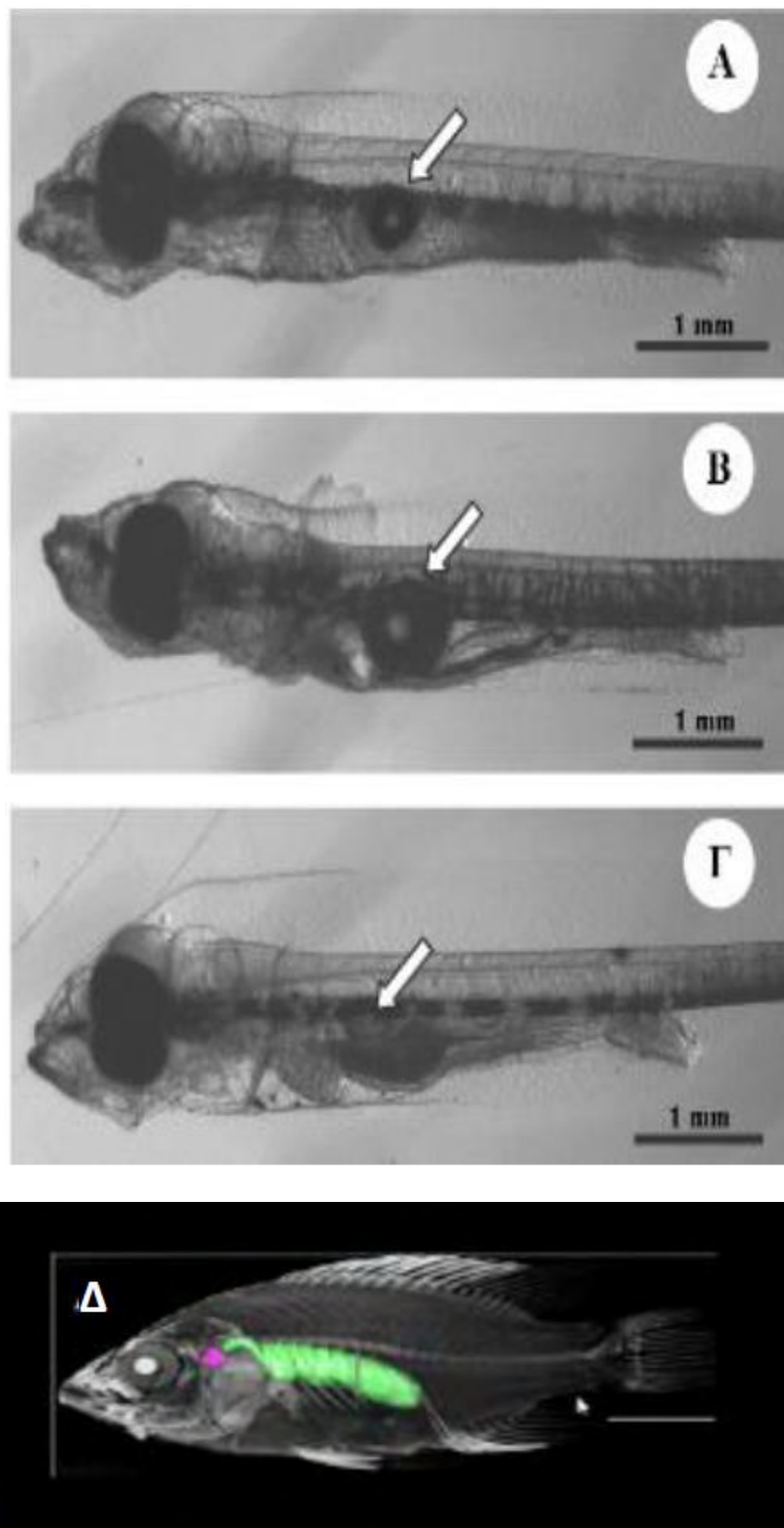
**Εικόνα 15.1.** (I) Νηκτική κύστη (NK) σε ενήλικο λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*). Ανατομικά βρίσκεται εκτός της περιτοναϊκής κοιλότητας, μεταξύ του πεπτικού σωλήνα και των νεφρών. (Φώτο: Τζιώρτζιου Α, 2020).

(II) Σχηματική αναπαράσταση της νηκτικής κύστης σε φυσόστομα ψάρια (II,A) και σε φυσόκλειστα ψάρια (II,B). Στους φυσόστομους ιχθύες, η νηκτική κύστη γεμίζει με ατμοσφαιρικό αέρα που μεταφέρεται από τον πνευματικό αγωγό. Στους φυσόκλειστους ιχθύες η πλήρωση γίνεται με τη διάχυση των αερίων μέσω του κυκλοφορικού συστήματος. Ο αέρας εισέρχεται μέσω του δικτύων αιμοφόρων αγγείων, το «θαυμάσιο δίκτυο» (*Rete mirabile*) και απομακρύνεται μέσω του ωοειδούς οργάνου (Πηγή: Χώτος, 2015).

Η νηκτική κύστη λειτουργεί ως υδροστατικό όργανο που ρυθμίζει τον όγκο του ψαριού, ώστε να επιτυγχάνεται ουδέτερη πλευστότητα σε όποιο βάθος της στήλης του νερού (Λεονάρδος, 2011). Επίσης, σε κάποια είδη ιχθύων χρησιμεύει και για την αντίληψη του περιβάλλοντος (Cyprinidae), την παραγωγή ήχων (Anguillidae) ή/και την αναπνοή (Umbridae) (Hickman, *et al.*, 2011, Φώτης & Αγγελίδης, 2003; Peruzzi *et al.*, 2007). Σε μερικά ψάρια, όπως είναι ο κυπρίνος, ο γουλιανός κ.ά., ο αεροφόρος αγωγός επικοινωνεί με το λαβύρινθο του έσω ωτός με μια αλυσίδα τριών οσταρίων που λέγονται οστάρια του Weber (Εικ. 14. 6), τα οποία λειτουργούν ως βαρόμετρο και το ψάρι αντιλαμβάνεται για το βάθος στο οποίο βρίσκεται (Φώτης & Αγγελίδης, 2003).



Τα δύο εξεταζόμενα είδη ιχθύων, η τσιπούρα (*Sparus aurata*) και το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*), ανήκουν στους φυτόκλειστους ιχθύες. Η διαμόρφωση της νηκτικής κύστης ξεκινά στο νυμφικό στάδιο, πριν από την κάμψη της νωτοχορδής. Με την μετάβαση από την ενδογενή στην εξωγενή διατροφή, οι νύμφες συγκεντρώνονται στην επιφάνεια του νερού για την εύρεση τροφής και συγχρόνως προσλαμβάνουν φυσαλίδα αέρα, η οποία μέσω του οισοφάγου και κατόπιν μέσω του πνευματικού αγωγού καταλήγει στη νηκτική κύστη. Ακολούθως ο πνευματικός αγωγός ατροφεί και η νηκτική κύστη αποτελεί κλειστό όργανο (Εικ. 15.2.) (Trotter *et al.*, 2003, Koumoundouros, 2010). Μετά την τελική διάπλαση, η νηκτική κύστη λειτουργεί ως κλειστό όργανο και τροφοδοτείται με αέρια μέσω πλέγματος αιμοφόρων αγγείων, το καλούμενο «θαυμάσιο δίκτυο» (*Rete mirabile*), το οποίο βρίσκεται στο τοίχωμα του εμπρόσθιου τμήματος της κύστης. Όταν το ψάρι θέλει να μειώσει τον όγκο αέρα της κύστης, ενεργοποιεί κατά βούληση, το ωοειδές σώμα, μέσω του οποίου το αέριο επιστρέφει στην κυκλοφορία του αίματος (Ferguson, 2006). Το ωοειδές σώμα βρίσκεται στο τοίχωμα του οπίσθιου διαμερίσματος της νηκτικής κύστης και επικοινωνεί με την ραχιαία αορτή (Εικ. 15.1.B.)



**Εικόνα 15.2.** (Α) και (Β) έναρξη διάπλασης νηκτικής κύστης σε νόμφες λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*) (7-8 mm), (Γ) αστοχία πλήρωσης της νηκτικής κύστης με αέρα. (Πηγή: Peruzzi *et al.*, 2007).

(Δ) Νηκτική κύστη τσιπούρας (*Sparus aurata*) σε πλήρη ανάπτυξη (Πηγή: [http://ws1.staff.teicrete.gr/archimedesiii/images/diimerida\\_sep\\_2015/ppts/ppt8.pdf](http://ws1.staff.teicrete.gr/archimedesiii/images/diimerida_sep_2015/ppts/ppt8.pdf)).

### Ιστολογική δομή

Η ιστολογική δομή της νηκτικής κύστης διαφέρει μεταξύ των ειδών ιχθύων. Το τοίχωμα της συνήθως αποτελείται από ένα εξωτερικό στρώμα (*tunica externa*), το οποίο αποτελείται από συνδετικό ιστό (κολλαγόνες και ελαστικές ίνες) και μυϊκό ιστό. Ακολουθεί ένα εσωτερικό επιθηλιακό στρώμα (*tunica interna*), το οποίο φέρει εκκριτικό κυβοειδές επιθήλιο (Genten *et al.*, 2009). Σε κάποια είδη, στο εξωτερικό στρώμα συνδετικού ιστού, εντοπίζονται κρύσταλλοι γουανίνης, προσδίδοντας ένα ιδιαίτερο ασημί χρωματισμό στη νηκτική κύστη και καθιστούν το τοίχωμα της αδιαπέραστο στα αέρια. Μεταξύ του εξωτερικού στρώματος του συνδετικού ιστού και του εσωτερικού επιθηλιακού στρώματος, υπάρχει ένα στρώμα χαλαρού, ελαστικού συνδετικού ιστού, πλούσιο σε αιμοφόρα αγγεία, τα οποία σχηματίζουν ένα δίκτυο αναστομούμενων αιμοφόρων αγγείων, που καλείται «θαυμάσιο δίκτυο» (*Rete mirabile*) (Stoskopf 1993; Genten *et al.*, 2009).

Η νηκτική κύστη της τσιπούρας (*Sparus aurata*) και του λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*), τα οποία ανήκουν στα φυσόκλειστα είδη ψαριών, αποτελείται από ένα μόνο θάλαμο (Εικ. 15.1.Α. & 15.2.Δ.). Η ιστολογική της δομή είναι όμοια με αυτή των τελεόστεων φυσόκλειστων ειδών ιχθύων, που περιεγράφηκε παραπάνω.



## 16. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η μελέτη της ιστολογικής δομής της τσιπούρας (*Sparus aurata*) και του λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*), των δύο σημαντικότερων σε επιστημονικό και οικονομικό επίπεδο εκτρεφόμενων θαλάσσιων ειδών τόσο στην χώρα μας όσο και σε Ευρωπαϊκό επίπεδο παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον. Αποτελεί πηγή πληροφορίας της φυσιολογικής μικροσκοπικής δομής των κυττάρων, ιστών και συστημάτων των οργάνων του οργανισμού και συμβάλλει στην κατανόηση και την ερμηνεία του μηχανισμού της λειτουργίας τους.

Στην διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν αναφορές σχετικά με την ιστολογική μελέτη διαφόρων ιστών και των δύο ειδών ιχθύων αλλά δεν υπάρχει ένας συγκεντρωτικός Άτλας ιστολογίας της τσιπούρας (*Sparus aurata*) και του λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*). Στην Ελληνική βιβλιογραφία, η ιστολογική δομή του λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*) μελετήθηκε από τον Παπαδόπουλο, (2008). Σ' αυτή την εργασία έγινε η πρώτη προσπάθεια να μελετηθούν ιστολογικά δείγματα τσιπούρας και μαζί με ιστολογικά δείγματα λαβρακίου να παρουσιαστούν ως Άτλας ιστολογίας της τσιπούρας και του λαβρακίου, με σκοπό η εργασία αυτή να αποτελέσει έναν επιπλέον λίθο στην συγκέντρωση γνώσεων γύρω από την ιστολογική μελέτη των ιχθύων.

Από την μελέτη της ιστολογικής δομής της τσιπούρας (*Sparus aurata*) και του λαβρακίου (*Dicentrarchus labrax*), γενικά παρατηρήθηκε ότι ακολουθούν το γενικό ιστολογικό πρότυπο των τελεόστεων ιχθύων με μικρές διαφοροποιήσεις τόσο μεταξύ

των δύο ειδών όσο και με τους υπόλοιπους οστεοϊχθύες, οι οποίες επισημαίνονται μέσα στο κείμενο.

## 17. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Austin, B., Austin, D. (1989). *Bacterial Fish Pathogens: Diseases in farmed and wild fish and shellfish*. Ellis Horwood Limited.

Barnabé, G. (1978). Etude dans le milieu et en captivité de l' éco-éthologie du loup *Dicentrarchus labrax* (L) á l'aide de nouvelles techniques. Annales des Sciences Naturelles, Zoologie, Paris. *Biologie animale*, 20 (4): 423- 502.

Berillis, P., Panagiotopoulos, N. (2015). Ca, P and Collagen Fibrils Period Measurements in the Vertebrae of Lordotic *Sparus aurata*. 2nd International Multidisciplinary Microscopy and Microanalysis Congress of Springer Proceedings In Physics, (164) 217-222.

Billard, R. (1986). Spermatogenesis and spermatology of some teleost fish species (1). *Reproduction Nutrition Development*, 26 (4), pp.877-920. 10.1051/rnd:19860601. hal-00898500.

Blazquez, M., Felip, A., Zanuy, S., Carrilo, M., Piferrer, F. (2001). Critical period of androgen-inducible sex differentiation in a teleost fish, the European sea bass. *Journal of Fish Biology*, 58: 342-358.

Bleckmann, H. (1986). Role of the lateral line in fish behaviour. p. 201–246. In: *The Behaviour of Teleost Fishes*. T. J. Pitcher (Ed.), Croom Helm, London.

Bou Ain, A. (1977). Contribution à l'étude morphologique, anatomique et biologique de *Dicentrarchus labrax* (L., 1758) et *Diplodus punctatus* (Bloch, 1792) des côtes tunisiennes. Thèse de 3ème cycle de biologie marine. Université de Tunis, Faculté des sciences. 109 p.

Bucke, D. (1972). Some histological techniques applicable to fish tissues. Symposium of the Zoological Society of London, 30: 153-189.

Cao, J., Chen, Q., Lu, M., Hu, X., Wang, M. (2017). Histology and ultrastructure of the thymus during development in tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Journal of Anatomy*, 230: 720-733. <http://dx.doi.org/10.1111/joa.12597>.

Chiller, J. M., Hodgins, H. O., Chambers, V. C., Weiser, R. S. (1969). Antibody response in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) I. Immunocompetent cells in the spleen and anterior kidney. *The Journal of Immunology*, 102 (5) p:1193-1201.

Debusschere, E., Hostens, K., Adriaens, D., Ampe, B., Botteldooren, D., De Boeck, G., De Muynck, A., Sinha, A. K., Vandendriessche, S., Hoorebeke, L.V., Vincx, M. and Degraer, S. (2016). Acoustic stress responses in juvenile sea bass, *Dicentrarchus labrax*, induced by offshore pile driving. *Environmental pollution*, 208: 747-754. DOI:10.1016/j.envpol.2015.10.055).

Demski, L.S. and Knigge, K.M. (1971). The telencephalon and hypothalamus of the bluegill (*Lepomis macrochirus*): Evoked feeding, aggressive and reproductive behavior with representative frontal sections. *Journal of Comparative Neurology*, 143: 1–16.

Doggett, T.A., Harris, J.E. (1989). Ultrastructure of the peripheral blood leucocytes of *Oreochromis mossambicus*. *Journal of Fish Biology*, 34(5) p: 747-756.

Ekström, P. (1987). Distribution of choline acetyltransferase immunoreactive neurons in the brain of a cyprinid teleost (*Phoxinus phoxinus*, L.). *Journal of Comparative Neurology*, 256: 494–515.

Ellis, A. E. (1976). Leucocytes and related cells in the plaice *Pleuronectes platessa*. *Journal of Fish Biology*, 8 (2) p: 143-156.

Esteban, M. A., Munoz, J., Meseguer, J. (2000). Blood cells of sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). Flow cytometric and microscopic studies. *The Anatomical Record*, 258(1) p: 80-89.

Eastman, T. J., Lannoo, J. M. (2007). Brain and sense organ anatomy and histology of two species of phyletically basal non-antarctic thornfishes of the Antarctic suborder Notothenioidei (Perciformes: Bovichtidae). *Journal of Morphology*, 268: 485-503.

Evans, H. D. (1987). The fish gill: Site of action and model for toxic effects of environmental pollutants. *Environmental health perspectives*, 71:47-58.

Fath El- Bab, M. R. (2004). Fundamentals of the Histology of Fish, Part I, *Histology of Teleosts*. Second Edition.

Faustino, M., Power M.D. (1998). Development of osteological structures in the sea bream: vertebral column and caudal fin complex. *Journal of Fish Biology*, 52: 11-22.

Ferguson, H. W. (2006). *Systemic Pathology of Fish: a text and atlas of normal tissues in teleosts and their responses in disease*. Scotian Press, 2nd Edition. Dalton House, 60 Windsor Avenue, London SW19 2RR, UK.

Fernandes, M. N., Perna-Martins, S. A. (2001). Epithelial gill cells in the Armored Catfish *Hypostomus* CF. *plecostomus* (Loricariidae). *Revista Brasileira de Biologia*, 61(1): 69-78.

Genten, F., Terwinghe, E. and Danguy, A. (2009). *Atlas of Fish Histology*. Science Publishers, Brussels, Belgium, 215 pp.

Giffard-Mena, I., Charmantier, G., Grousset, E., Aujoulat, F., Castille, R. (2006). Digestive tract ontogeny of *Dicentrarchus labrax*: Implication in osmoregulation. *Development Growth and Differentiation*, 48: 139-151.

Groman, D. (1982). *Histology of the Striped Bass*. American Fisheries Society. 5410 Grosvenor Lane, Bethesda, Maryland 20814.

Helfman, G. S., Collette, B. B., Facey, D. E. and Bowen, B. W. (2009). *The diversity of fishes: Biology, Evolution, and Ecology*. West Sussex, Wiley-Blackwell, 720 p.



- Herring, P.J. and Cope, C., (2005). Red bioluminescence in fishes: on the suborbital photophores of *Malacosteus*, *Pachystomias* and *Aristostomias*. *Marine Biology*, 148: 383-394.
- Hickman, C.R., Roberts, L. S., Keen, S. L., Larson, A., I'Anson, H. and Eisenhour, D. J. (2011). *Ζωολογία Ολοκληρωμένες Αρχές*, Τόμος II. Εκδόσεις Utopia. 14η Αμερικάνικη. 2η Ελληνική Έκδοση.
- Jeffery, W.R., (2005). Adaptive evolution of eye degeneration in the Mexican blind cavefish. *Journal of Heredity*, 96:185-196.
- Johnston, A. I., Ward, S. P., Goldspink, G. (1975). Studies on the swimming musculature of the rainbow trout I. Fibre types. *Journal of Fish Biology*, 7: 451-458.
- Koumoundouros, G. (2010). Morpho-anatomical abnormalities in Mediterranean marine aquaculture. p. 125-148 In: *Recent Advances in Aquaculture Research*/ G. Koumoundouros (Ed), Transworld Research Network, Kerala, India.
- Kranenbarg, S., Cleynenbreugel, T., Schipper, H., Leeuwe, J. (2005). Adaptive bone formation in acellular vertebrae of sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *The Journal of Experimental Biology*, 208: 3493-3502.
- Kužir, S., Kozarić, Z., and Nejedli, S. (2004). Development of mandibular arch in European sea bass, *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758) from the "Cenmar" hatchery, Croatia. *Veterinarski Arhiv*, 74(5): 321-330.
- Ladich, F., and Popper, A. N. (2004). Parallel evolution in fish hearing organs, in *Evolution of the Vertebrate Auditory System*, eds G. Manley, R. R. Fay, and A.N. Popper (New York, NY: Springer-Verlag), 95–127. doi: 10.1007/978-1-4419-8957-4\_4
- Lehmann, J., (1991). Der Koerperbau der wichtigsten mitteleuropaeischen Suesswasserfische. Ein Leitfaden. Landesanstalt fuer Fischerei Nordrhein- Westfalen.
- Levanti, M., Germanà, A., Montalbano, G., Guerrera, M. C., Cavallaro, M. and Abbate, F. (2017). The Tongue Dorsal Surface in Fish: A Comparison Among Three Farmed Species. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 46: 103–109.
- Lin, T. H., Lin, Y. H., Yang, L. H. (2005). Histology and histochemical enzyme-staining patterns of major immune organs in *Epinephelus malabaricus*. *Journal of Fish Biology*, 66: 729-740.
- Linsler, J. P., Carr, E. S. W., Cate, S. H., Derby, D. C., Netherton, C. J. (1998). Functional significance of the co-localization of taste buds and teeth in the pharyngeal jaws of the Largemouth Bass, *Micropterus salmoides*. *Biological Bulletin*, 195: 273-281.
- Maack, G., Segner, H. (2003). Morphological development of the gonads in zebrafish. *Journal of Fish Biology*, 62: 895-906.
- Mahé, K., Bellail, R., Dufour, J.L., Boiron-Leroy, A., Diméet, J., Duhamel, E., Elleboode, R., Félix, J., Grellier, P., Huet, J., Labastie, J., Le Roy, D., Lizaud, O., Manten, M.L., Martin, S., Metral, L., Nédelec, D., Vérin, Y., Badts, V. (2009). Synthèse française des procédures d'estimation d'âge, Rapport Ifremer, 78pp.

- Maricchiolo, G., Genovese, L., Laurà, R., Micale, V. and Muglia, U. (2007). Fine structure of spermatozoa in the gilthead sea bream (*Sparus aurata*, Linnaeus, 1758) (Perciformes, Sparidae). *Histology Histopathology*, 22: 79-83.
- McLeay, D. J. (1973). Effects of cortisol and dexamethasone on the pituitary-interrenal axis and abundance of white blood cell types in juvenile coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. *General and Comparative Endocrinology*, 21(3):441-450.
- Meek, J. and Nieuwenhuys, R. (1998). *Holosteans and Teleosts*. In The central nervous system of vertebrates (eds R. Nieuwenhuys, H. J. ten Donkelaar, & C. Nicholson. Berlin, Germany: Springer: 759–939.
- Meseguer, J., Esteban M.A., Garcia Ayala, A., Lopez Ruiz, A., Agulleiro, B. (1990). Granulopoiesis in the head-kidney of the sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.): an ultrastructural study. *Archives of Histology and Cytology*, 53(3):287-296.
- Moretti, A., Fernandez-Criado, P. M., Cittolin, G., Guidastri, R. (1999). Manual on hatchery production of seabass and gilthead seabream. Volume 1. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Morrow, W. J. W., Pulsford, A. (1980). Identification of peripheral blood leukocytes of the dogfish (*Scyliorhinus canicula* L.) by electron microscopy. *Journal of Fish Biology*, 17 (4):461-475
- Moyle, P.B. and Cech, J.J. (2004). *Fishes, an introduction to ichthyology*, Prentice Hall.
- Partridge, B. L., and Pitcher, T. J. (1980). The Sensory Basis of Fish Schools - Relative Roles of Lateral Line and Vision. *Journal of Comparative Physiology*, 135(4): 315-325.
- Patino, R. and Sullivan, V. G. (2002). Ovarian follicle growth, maturation, and ovulation in teleost fish. *Fish Physiology and Biochemistry*, 26: 57-70.
- Peruzzi, S., Westgaard, J. I., and Chatain, B. (2007). Genetic investigation of swimbladder inflation anomalies in the European sea bass, *Dicentrarchus labrax* L. *Aquaculture*, 265(1-4): 102-108.
- Pfeiffer, W. (1977). The Distribution of Fright Reaction and Alarm Substance Cells in Fishes. *Copeia*, 4: 653-655.
- Reimschuessel, R. (2001). A fish model of renal regeneration and development. *Institute for Laboratory Animal Research Journal*, 42 (4): 285-291.
- Rowley, A. F, Hunt, T. C., Page, M., Mainwaring, G. (1988). *Fish*. In: Rowley AF, Ratcliffe NA, eds. *Vertebrate blood cells*. Cambridge University Press, Cambridge, pp 19-127.
- Russo, R., Yanong, P. E. R., Terrell, P. S. (2007). Preliminary morphometries of spleen and kidney macrophage aggregates in clinically normal blue gourami *Trichogaster trichopterus* and freshwater angelfish *Pterophyllum scalare*. *Journal of Aquatic Animal Health*, 19: 60-67.
- Savage, A. G. (1983). The ultrastructure of the blood cells of the pike *Esox lucius* L. *Journal of Morphology*, 178 (2) p:187-206.

- Schib, L. J., Icardo, M. J., Duran, C. A., Guerrero, A., Lopez, D., Colvee, E., Andres, V. A., Sans - Coma, V. (2002). The conus arteriosus of the adult gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Journal of Anatomy*, 201: 395-404.
- Schiavone, R., Zilli, L., Vilella, S., Fauvel, C. (2006). Human chorionic gonadotropin induces spermatogenesis and spermiation in 1-year-old European sea bass (*Dicentrarchus labrax*): Assessment of sperm quality. *Aquaculture*, 255: 522- 531.
- Seemann, F., Knigge, T., Olivier, S., Monsinjon, T. (2015). Exogenous 17- $\beta$ -oestradiol (E2) modifies thymus growth and regionalization in European sea bass, *Dicentrarchus labrax*. *Journal of Fish Biology*, 86: 1186 - 1198. <http://dx.doi.org/10.1111/jfb.12626>.
- Simoes, K., Vicentini, A. C., Orsi, M. A., Cruz, C. (2002.) Myoarchitecture and vasculature of the heart ventricle in some freshwater teleosts. *Journal of Anatomy*, 200: 467- 475.
- Smirnova, O.G., (2006). Evolutionary changes of eyes of some bottom species of Baikalian cottoid fishes. *Hydrobiologia*, 568: 219-223.
- Smith, R.J.F. (1992). Alarm signals in fishes. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 2: 33-63.
- Somarakis, S. (2012). Discriminating farmed gilthead sea bream, *Sparus aurata*, and European sea bass, *Dicentrarchus labrax*, from wild stocks through scales and otoliths. *Journal of Fish Biology*, 80: 2159-2175. (doi:10.1111/j.1095-8649.2012.03236.x, available online at wileyonlinelibrary.com)
- Spazier, E., Storch, V., Braunbeck, T. (1992). Cytopathology of spleen in eel, *Anguilla anguilla* exposed to a chemical spill in the Rhine river. *Diseases of Aquatic Organisms*, 14: 1-22.
- Stoskopf, M. K. (1993). *Fish Medicine*. W. B. Saunders. London, UK.
- Suworow, J.K. (1959). Allgemeine Fischkunde. WEB Deutscher Verlag der Wissenschaften. Berlin.
- Taylor, E. W., Jordan, D. and Coote, J. H. (1999). Central Control of the Cardiovascular and Respiratory Systems and Their Interactions in Vertebrates. *Physiological Reviews*, 79 (3): 855–916.
- Tortonese, E. (1986). Moronidae; Sparidae. In: *Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean*. Whitehead, P. J. P., Bauchot, M.L., Hureau, J.C., Nielsen, J. & Tortonese, E. (Eds), Vol. II, pp. 714 & 139.
- Trotter, A. J., Battaglione, S. C., and Pankhurst, P. M. (2003). Effects of photoperiod and light intensity on initial swim bladder inflation, growth and post-inflation viability in cultured striped trumpeter (*Latris lineata*) larvae. *Aquaculture*, 224(1-4): 141-158.
- Tziortziou, A. (1995). *Parasites and Diseases of Sea bass (Dicentrarchus labrax L.) and Sea bream (Sparus aurata L.) with particular reference to Greek Aquaculture*. Master of Sciences Thesis, University of Aberdeen, 122 pages.
- Wulliman, M.F, and Vernier, P. (2007). *Evolution of the Nervous System in Fishes*. Elsevier, Netherlands: pp.39-60.

Xie, X. H., Nie, P., Zhang, A. Y., Sun, J. B., Sun, J., Yao, J. W., Gao, Q. (2006). Histological and cytological studies on the developing thymus of mandarin fish *Siniperca chuatsi* (Perciformes: Teleostei). *Journal of Applied Ichthyology*, 22: 125-131.

## ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Αντωνοπούλου, Ε. (2015). Καλλιέργεια ιχθύων - αναπαραγωγική φυσιολογία. [Κεφάλαιο Συγγραμματος]. Στο Βουλτσιάδου, Ε., Αμπατζόπουλος, Θ., Αντωνοπούλου, Ε., Γκάνιας, Κ., Γκέλης, Σ., Στάικου, Α., Τριανταφυλλίδης, Α. (2015). *Υδατοκαλλιέργειες*. [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. κεφ 4. Διαθέσιμο στο: <http://hdl.handle.net/11419/5087>.

Βερίλλης, Π. και Μεντέ, Ε. (2017). *Ιστοφυσιολογία Ιχθύων και Καρκινοειδών*. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, 2017. 297 σελ.

Βουλτσιάδου, Ε., Αμπατζόπουλος, Ι. Θ., Αντωνοπούλου, Ε., Γκάνιας, Κ., Γκέλης, Σπ., Στάικου, Αλ., Τριανταφυλλίδης, Αλ..(2015). *Υδατοκαλλιέργειες, Οργανισμοί, συστήματα παραγωγής, προοπτικές*. Τμήμα Βιολογίας ΑΠΘ. Ελληνικά Ακαδημαϊκά Συγγράμματα και Βοηθήματα. [www.kalipos.gr](http://www.kalipos.gr)

Johnson E. και Χαρχαντή Α. (2012). *Νευροανατομία*. Εκδοτικός Οίκος: Κωνσταντάρας.

Κουσουλάκος, Σ. Α. (2007). *Εισαγωγή στην αναπτυξιακή βιολογία και ιστολογία*. Επιστημονικές Εκδόσεις Παρισιάνου Α.Ε.

Λεονάρδος, Ι. (2011). *Ειδικά Θέματα Ιχθυολογίας, Εργαστηριακός οδηγός*. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Τμήμα Βιολογικών Εφαρμογών και Τεχνολογιών. (<https://docplayer.gr/23933378-Eidika-themata-ihthyologias.html>)

Λοϊζίδης, Μ. (2011). Έλεγχος ποιότητας εκτρεφόμενων πληθυσμών τσιπούρας, *Sparus aurata* (Linnaeus, 1758), με έμφαση τις σκελετικές παραμορφώσεις και το σχήμα σώματος. Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Σχολή Θετικών Επιστημών, Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών Ωκεανογραφίας και Διαχείρισης Θαλάσσιου Περιβάλλοντος.

Μεγαλοφώνου, Π. (2015α). *Ζωολογία II. Ενότητα 3. Δομικές και Λειτουργικές Προσαρμογές Ιχθύων*. Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://opencourses.uoa.gr/courses/BIOL1/>

Μεγαλοφώνου, Π. (2015β). *Ιχθυολογία. Ενότητα 4η. Εργαστηριακή Άσκηση Εκτίμησης Ηλικίας Ιχθύων*. Έκδοση 1.0, Αθήνα, 2015. Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Βιολογίας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Μεγαλοφώνου, Π. (2015γ). *Ιχθυολογία. Ενότητα 2. Αναπαραγωγή Ιχθύων*. Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://opencourses.uoa.gr/courses/BIOL101>

Μυλωνάς, Μ. (2002). *Εργαστηριακές Σημειώσεις Ζωολογίας I. Ιστολογία*. Πανεπιστήμιο Κρήτης, Τμήμα Βιολογίας.

- Μιχαήλ, Σ. (2015). *Ιστολογία* (2<sup>η</sup> έκδοση). Εκδόσεις Δέσποινα Κυριακίδη.
- Νεοφύτου, Χ. (2015). *Βιολογία Ιχθύων & Θαλάσσιων Θηλαστικών*. Εκδόσεις University Press, Θεσσαλονίκη, σελ. 599.
- Νεοφύτου, Χ. και Νεοφύτου, Ν. (2017). *Ιχθυολογία*. Εκδόσεις University Press, Θεσσαλονίκη, σελ. 595.
- Νταϊλιάνης, Σ. (2008). *Μορφολογία και εσωτερική οργάνωση οστειχθύος*. Εργαστηριακές Σημειώσεις, Τμήμα Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών.
- Παπαδόπουλος Π. Ε. (2008). *Ατλαντας Ιστολογίας του Λαβρακίου (Dicentrarchus labrax)*. Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Κτηνιατρικής, Καρδίτσα.
- Παπουτσόγλου, Σ. (2008) *Διατροφή Ιχθύων*. Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης, Αθήνα, σελ. 976.
- Σύνδεσμος Ελληνικών Θαλασσοκαλλιεργειών (ΣΕΘ), (2019). Ελληνική Υδατοκαλλιέργεια 2019, Ετήσια Έκθεση.
- Φώτης, Γ. Δ., και Αγγελίδης, Π. Γ. (2003). *Εκτροφή και Παθολογία ιχθύων*. Τόμος Α'. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία. 430 σελ.
- Χατζηγιάννου, Μ. και Βαφειδής, Δ.(2015). *Εργαστηριακές ασκήσεις ιστολογίας*. [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Διαθέσιμο στο: <http://hdl.handle.net/11419/5136>
- Χώτος, Γ. (2015). *Υδατοκαλλιέργειες, Νερό και Ψάρια*. Τμήμα Τεχνολογίας Αλιείας-Υδατοκαλλιέργειών, Τ.Ε.Ι. Δυτ. Ελλάδα
- Χώτος, Γ., Ρογδάκης Ι. (2010) *Υδατοκαλλιέργειες ευρύαλων ψαριών Λαβράκι & Τσιπούρα*. Τεχνικές της αναπαραγωγής και πάχυνσης. Εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα.

## ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

1. <https://el.wikipedia.org> (Πρόσβαση: 2/2020)
2. <http://www.skeletonsuk.com/gallery/4582632332> (Πρόσβαση: 2/2020).
3. <http://ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php/DSGYM-A103/517/3365,13569/> (Πρόσβαση: 3/2020).
4. [https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/5087/1/02\\_Chapter\\_4.pdf](https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/5087/1/02_Chapter_4.pdf) (Πρόσβαση: (5/2020).
5. <http://www.yourarticlelibrary.com/fish/anatomy-and-physiology/excretory-system-in-fishes-with-diagram/88303>) (Πρόσβαση: (4/2020).
6. [http://ws1.staff.teicrete.gr/archimedesiii/images/diimerida\\_sep\\_2015/ppts/ppt8.pdf](http://ws1.staff.teicrete.gr/archimedesiii/images/diimerida_sep_2015/ppts/ppt8.pdf) (Πρόσβαση: (4/2020).



## 18. ABSTRACT

This thesis focuses on the study and description of the histological structure of the two major farmed marine fish species in Europe and especially in Greece, Sea bream (*Sparus aurata*) and Sea bass (*Dicentrarchus labrax*). For this purpose, 50 healthy individuals of Sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and 50 of Sea bream (*Sparus aurata*) were collected and processed for histological study. Fish samples were corresponded to age groups of juveniles, yearlings and adult fish and were collected from three farms in the Corinthian and the North Evian Gulf. Samples tissues were processed according to histological methods (fixation, blocking in glycol methacrylate resin and in paraffin wax, blocked tissues were sectioned in microtome, staining, studying in microscope and taking microphotographs). The study of the histological structure of both fish species was done in comparison with the already known histological structure of other teleost fishes. The thesis is divided in fifteen chapters. In the 1st, some general data about the external morphology and biology the Sea Bass and Sea bream are reviewed. In the 2<sup>nd</sup>, the material and methods used for the present thesis are described. In the 3rd, the histology of the skin, including layers and cells are described. In the 4th, the Skeletal System organization, the osseous and chondroid tissues are described. In the 5<sup>th</sup>, the Muscular System, the smooth muscle, the skeletal muscle and the cardiac muscle are described. In the 6th, the Nervous tissue and its cells, as well as the histological structure of the Central Nervous System and the peripheral are described. In the 7th, the Cardiovascular system, the heart, arteries, veins, capillaries as well as the blood and its

components, red blood cells, thrombocytes, white blood cells are described. In the 8th, the Hematopoietic System, the thymus, the spleen and the head kidney are described. In the 9<sup>th</sup>, are developed the histological structure of the organs that comprise the Digestive system: the buccal cavity, the teeth, the tongue, the pharynx, the esophagus, the stomach, the pyloric ceca, the intestine and anus. In the 10th, the histological structure of the Extramural digestive organs, liver and gall bladder and the exocrine pancreas are described. In the 11<sup>th</sup>, the histological structure of the Respiratory system is described. In the 12<sup>th</sup>, the Renal Excretory System and the histological structure of its organs, the nephrons, the ureters and the urinary bladder are described. In the 13<sup>th</sup>, the Reproductive System, and the histological structure of its organs, the ovaries and the testes are described. In the 14<sup>th</sup>, the Sensory Organs of the fish, the eyes, the statoacoustic organs, the lateral line, the olfactory organs (rhubarb) and the taste buds are described. In the 15<sup>th</sup>, the histological structure of the swim bladder, the hydrostatic organ regulating fish volume is described. Finally, in 16<sup>th</sup>, the General Conclusions, it is concluded that the histological structure of both fish species is similar to that of the others teleost fishes, with some small differentiations between them and with the other teleost fish species.