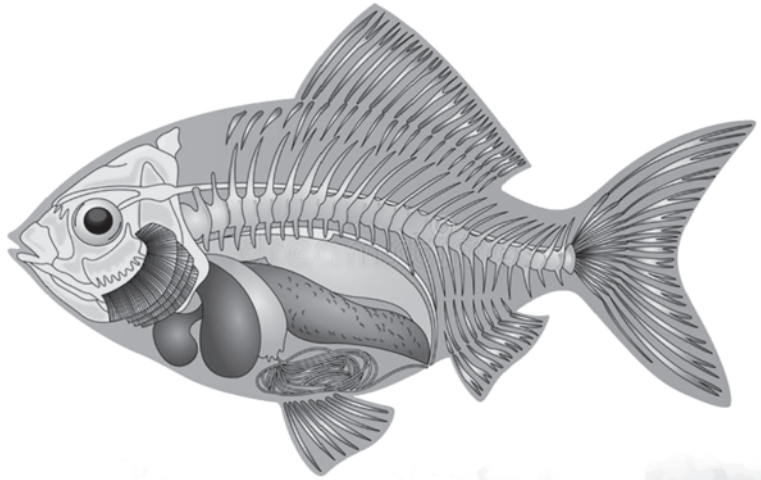


ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΑΝΑΤΟΜΙΑ – ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΨΑΡΙΩΝ



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ιστορία των υδρόβιων οργανισμών και ειδικότερα των ψαριών αρχίζει πολύ πιο πριν ο άνθρωπος εμφανιστεί στη γη και προτού ακόμη εμφανιστούν τα ερπετά, τα αμφίβια, τα πτηνά και τα θηλαστικά. Η παρουσία τους στη γη χρονολογείται πολύ πριν της εμφάνιση του ανθρώπου (περίπου 500 εκατομμύρια χρόνια) καθώς και όλων των άλλων σπονδυλωτών (περίπου 100 εκατομμύρια χρόνια). Πολλά χαρακτηριστικά του τρόπου ζωής και κατασκευής του ανθρώπου προέρχονται ή υπήρχαν στους προγόνους των ψαριών. Οι πληροφορίες αυτές στηρίζονται τόσο σε βιολογικές όσο και σε παλαιοντολογικές έρευνες.

Με τον όρο **ψάρι** (Piscis) εννοείται κάθε μορφής σπονδυλωτό, που ως μέλος μιας ομάδας κраниωτών ζωϊκών οργανισμών, προσαρμόστηκε κατά τέτοιο τρόπο ώστε να ζει στο νερό και δε φέρουν άκρα με δάκτυλα. Σχηματίζουν μαζί με τα **χιτωνόζωα** (εξελιγμένα θαλάσσια χορδωτά που συνήθως έχουν σφαιρικό ή κυλινδρικό σχήμα, εκκρίνουν ένα περιβλήμα (χιτώννα) που καλύπτει το σώμα τους), μια αδελφή ομάδα, που όλα μαζί απαρτίζουν την ευρύτερη ομάδα της **ολφακτόρων** (olfactores). Σύμφωνα με τον ορισμό αυτό στα ψάρια ανήκουν τα **πετρόχελα** (Hagfish), οι **σμούραινες** (Labreys), οι **χονδριχθύες** και οι **οστεϊχθύες**. Η ομάδα αυτή ανήκει στη συνομοταξία των χορδωτών (Chordata). Σήμερα έχουν καταγραφεί περίπου 32.000 γνωστά είδη ψαριών. Ο πρώτος που ασχολήθηκε με την εξέταση και την καταγραφή των ψαριών ήταν ο φιλόσοφος Αριστοτέλης όπου αναφέρει περίπου 118 είδη. Στη φυσική ιστορία του Αριστοτέλη, που έζησε τον τέταρτο αιώνα π.Χ., βρίσκεται η αρχή ενός καθαρά φιλοσοφικού ενδιαφέροντος για την Ιχθυολογία. Γι' αυτό μπορεί να ειπωθεί ότι η ιστορία της αρχίζει από την εποχή αυτή. Στις πρώτες ιχθυολογικές γνώσεις περιλαμβάνονται και κείμενα των λατινών ποιητών Πλίνιου του Πρεσβύτερου (23-79 μ.Χ.), του Νεότερου (63-113 μ.Χ.) και του Οπιανού (2^{ος} αιώνας μ.Χ.). Μετά πέρασαν δεκαέξι μέχρι δεκαεπτά αιώνες για ν' ασχοληθούν άλλοι με τα ψάρια, όπως Belon 1518-64, Ronde 1507-57, Salviani 1513-72, Ray & Willughby 1686 κ.λπ. Αυτοί έδωσαν κάποια ώθηση στην Ιχθυολογία. Έτσι φτάνουμε στο έτος 1758 όπου ο Σουηδός φυσιολόγος Linnaeus στο βιβλίο του «Systema Naturae» ασχολήθηκε συστηματικά με την αναγνώριση και ταξινόμηση των περισσότερων ειδών ψαριών με αποτέλεσμα ν' αρχίσει ραγδαία η εξέλιξη της Ιχθυολογίας. Είναι αυτός που έβαλε τα θεμέλια της διωνυμικής ονοματολογίας.

Τα διάφορα είδη του ζωικού βασιλείου, χαρακτηρίζονται από μια σχετικά μορφοφυσιο-οικολογική σταθερότητα. Αυτή είναι αποτέλεσμα της προσαρμογής τους σε συνθήκες ενός συγκεκριμένου περιβάλλοντος κάτω από τις οποίες μορφοποιήθηκαν και με

τις οποίες τα είδη αυτά αποτελούν μια μονάδα. Γι' αυτό τα χαρακτηριστικά του κάθε είδους φανερώνουν την προσαρμογή του στις συγκεκριμένες συνθήκες που εκτίθεται και έτσι έχουν μια ορισμένη έκταση κατανομής, όπου μέσα στα όριά της οι συνθήκες αυτές ανταποκρίνονται στις μορφο-φυσιο-οικολογικές ιδιότητές του. Βάσει των συνθηκών αυτών τα ψάρια του γλυκού νερού διακρίνονται στα **ρεόφιλα είδη** που ζουν στα τρεχούμενα νερά (πέστροφα, φοξίνος) και στα **λιμνόφιλα είδη** που ζουν στα στάσιμα νερά (λεστιά, γριβάδι).

Οι θαλάσσιες περιοχές χωρίζονται κάθετα και οριζόντια σε διάφορες ζώνες, οι κυριότερες από τις οποίες είναι αφενός η **ευφωτική**, η **δυσφωτική**, η **αφωτική**, και αφετέρου η **παραλιακή**, η **πελαγική** και η **ωκεάνια**, αντίστοιχα. Αντίθετα, τα θαλάσσια θηλαστικά χωρίζονται στα **κοσμοπολίτικα** (cosmopolitan) (κατανομή σε όλη την υφήλιο) και στα **γυροπολικά** (circumpolar) (κατανομή γύρω από τους πόλους δηλ. σε μεγάλα γεωγραφικά πλάτη). Ωρισμένα από τα γυροπολικά είδη εμφανίζονται στα μεγάλα γεωγραφικά πλάτη μέρος του χρόνου. Τα είδη που εμφανίζονται στα τροπικά νερά ονομάζονται **παντροπικά** (panropical). Δύο άλλες κατηγορίες είναι τα **παράκτια** (coastal), που πολλές φορές εισέρχονται στα ποτάμια και στα υφάλμυρα νερά, καθώς και τα **πελαγικά** (pelagic) τα οποία περνούν είτε όλο το χρόνο στο πέλαγος είτε μέρος αυτού. Τα είδη τα οποία ζουν στους πάγους καλούνται **παγοφυλικά** (pschorphilic). Φυσικά δεν είναι ασύνηθες η μετακίνηση του ίδιου είδους σε διαφορετικές περιοχές.

Τα περισσότερα είδη των ψαριών που ζουν στα εσωτερικά και αλμυρά νερά ανήκουν στην κλάση των οστειχθύων (Osteichthyes). Η κλάση αυτή εξελίχθηκε πριν από 150-120 εκατομμύρια χρόνια. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά των ειδών της είναι:

- α) Το δέρμα τους φέρει πολυάριθμους βλεννογόνους αδένες και καλύπτεται στα περισσότερα είδη από λέπια.
- β) Ο σκελετός τους είναι οστέινος με πολλούς σπόνδυλους.
- γ) Το σώμα τους φέρει πτερύγια στηριζόμενα σε ακτίνες.
- δ) Η αναπνοή τους, εκτός απ' ορισμένες εξαιρέσεις, είναι βραγχιακή.
- ε) Φέρουν δέκα ζεύγη κρανιακών νεύρων ή εγκεφαλικών συζυγιών.
- στ) Η καρδιά τους είναι δίχωρη (ένας κόλπος και μια κοιλία) με τέσσερα ζεύγη αορτικών τόξων και σφαιρικά εμπύρηννα ερυθρά αιμοσφαίρια.
- ζ) Είναι ποικιλόθερμα είδη (η θερμοκρασία του σώματός τους επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος μέσα στο οποίο ζουν, διότι δε φέρουν εσωτερικούς θερμορυθμιστικούς μηχανισμούς για ν' αντιμετωπίζουν τις εξωτερικές θερμοκρασιακές μεταβολές).
- η) Τ' αναπαραγωγικά τους όργανα είναι κατά ζεύγη.
- θ) Η γονιμοποίηση, εκτός ορισμένων εξαιρέσεων, είναι εξωτερική.
- ι) Το σώμα τους είναι συμμετρικό.

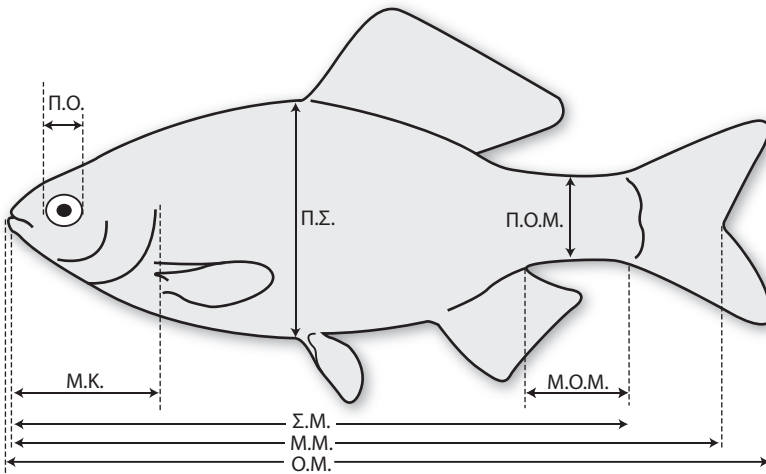
Η συλλεκτική αλιεία και οι υδατοεκτροφές προσφέρουν σήμερα στον άνθρωπο περίπου 152 εκατομμύρια τόνους, από τους οποίους 135 εκατομμύρια χρησιμοποιούνται για ανθρώπινη κατανάλωση. Ενώ τα ποσά που παρέχει η συλλεκτική αλιεία συνεχώς μειώνονται, με προοδευτική αύξηση της παραγωγής από τεχνητή εκτροφή, η ανθρώπινη κατανάλωση συνεχώς αυξάνει. Πιστεύεται ότι μελλοντικά η ζήτηση δε θα μπορεί να καλυφθεί εάν δε δοθεί η κατάλληλη ώθηση στην υδατοεκτροφή.

2 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ – ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΤΩΝ ΨΑΡΙΩΝ

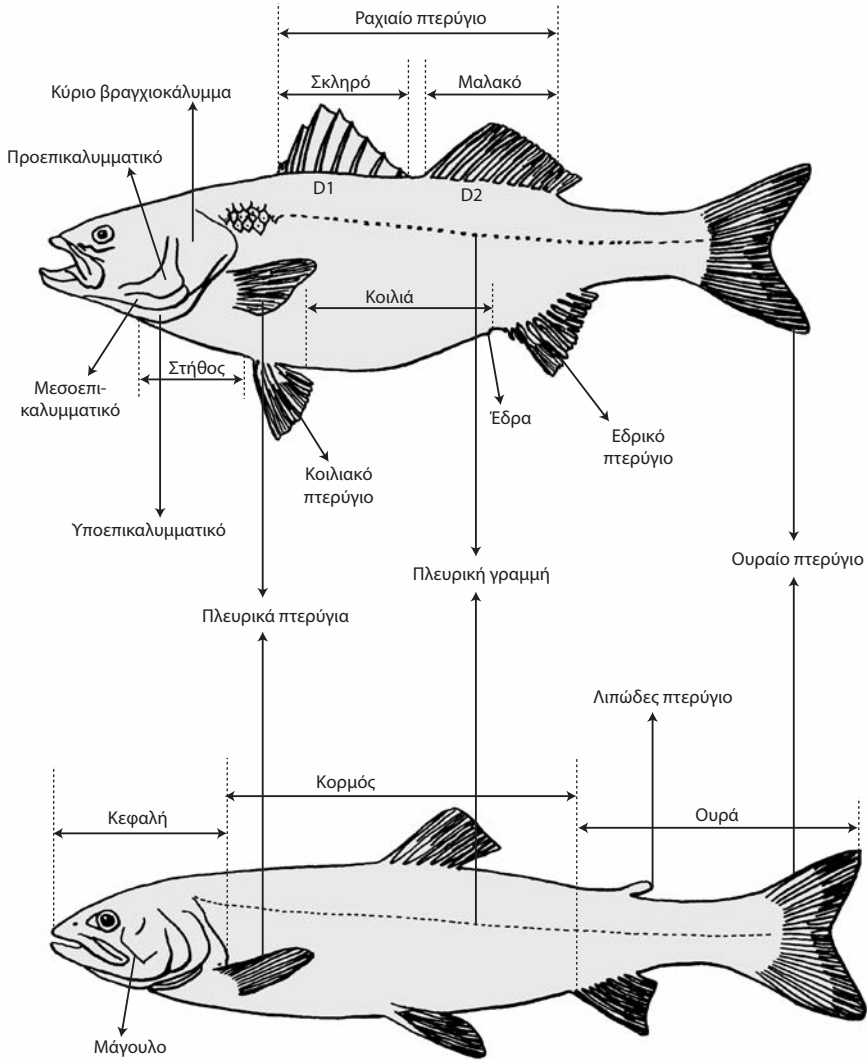
2.1 Εξωτερική μορφολογία

Είναι γνωστό ότι το νερό είναι περίπου 800 φορές πυκνότερο του αέρα. Αποτέλεσμα τα ψάρια να προσαρμόζουν το σώμα τους κατά τρόπο ώστε να πετυχαίνουν την καλύτερη δυνατή κινητικότητα με τη μεγαλύτερη δυνατή οικονομία σε ενέργεια. Γενικά η κατασκευή του σώματός τους δεν είναι τυχαία, αλλά αποτελείται από ένα αριθμό σαφώς καθορισμένων μηχανικών κατασκευών. Η πυκνότητα αυτή του νερού μειώνει αισθητά το φαινόμενο της βαρύτητας με αποτέλεσμα τα ψάρια να επιπλέουν με ελάχιστη προσπάθεια συγκρινόμενη με αυτή των πτηνών στο χερσαίο περιβάλλον. Η αυξημένη αυτή πυκνότητα του νερού έχει σαν αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη αντίσταση κατά την κίνηση. Φυσικά η αντίσταση που παρουσιάζει το νερό δεν είναι μόνο αποτέλεσμα της μεγάλης του πυκνότητας αλλά και της αδυναμίας του να συμπιεστεί.

Η εξωτερική μορφολογία κάθε ψαριού, όπως αυτή εκδηλώνεται στις τρεις κλάσεις που είναι τα **άγναθα**, οι **χονδριχθύες** και οι **οστειχθύες**, αποτελείται από το **κεφάλι**, τον **κορμό** και την **ουρά** (στον κορμό και στην ουρά βρίσκονται τα πτερύγια, τα λέπια και η πλευρική γραμμή). Πολλές φορές, σε ορισμένα είδη της κλάσης των οστειχθύων, δεν είναι δυνατός ο διαχωρισμός του κορμού και της ουράς, κάτι το οποίο δε συμβαίνει μεταξύ της κεφαλής και του κορμού. Επίσης στα ψάρια δεν υπάρχει ευδιάκριτο τμήμα λαιμού, όπως στα σπονδυλωτά της ξηράς, διότι το κεφάλι εισέρχεται μέσα στον κορμό και αυτός στην ουρά (Σχ. 2.1, 2.2).



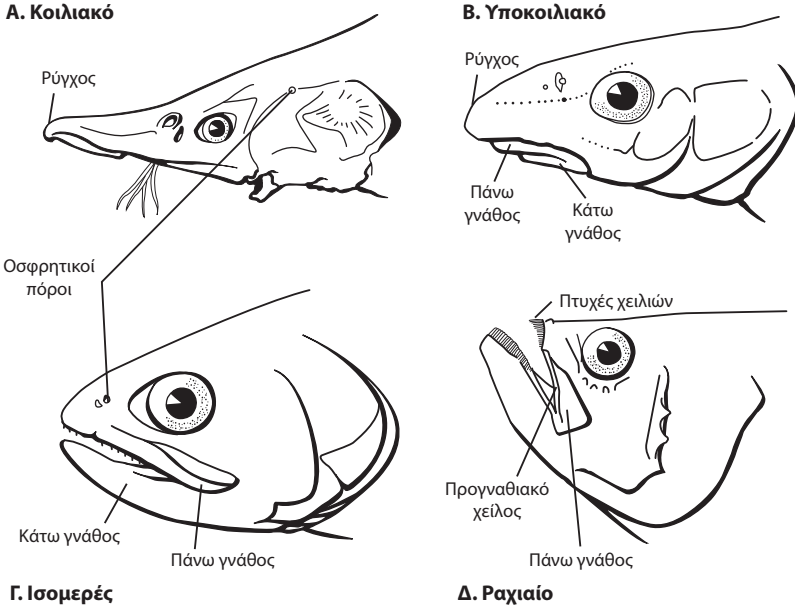
Σχήμα 2.1 Σωματομετρικές παράμετροι των ψαριών (Π.Ο. = πλάτος οφθαλμού, Π.Σ. = πλάτος σώματος, Π.Ο.Μ. = πλάτος ουραίου μίσχου, Μ.Κ. = μήκος κεφαλής, Μ.Ο.Μ. = μήκος ουραίου μίσχου, Σ.Μ. = σταθερό μήκος, Μ.Μ. = μεσουραίο μήκος, Ο.Μ. = ολικό μήκος).



Σχήμα 2.2 Εξωτερικά μορφολογικά χαρακτηριστικά των οστεϊχθύων.

2.1.1 Κεφαλή

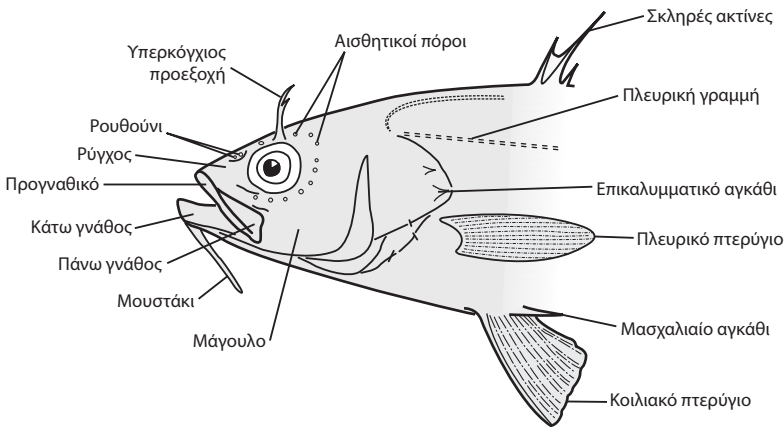
Το κεφάλι στους οστεϊχθύες αποτελείται από το τμήμα που βρίσκεται μεταξύ της άκρης του ρύγχους και της πίσω γωνίας του βραγχιακού επικαλυπτηρίου. Περιλαμβάνει: α) τη **μύτη**, η οποία βρίσκεται μεταξύ των οφθαλμών και του πίσω άκρου της πάνω σιαγόνας, β) **τα βραγχιοκαλύμματα**, γ) **τα μάγουλα**, που είναι μεταξύ του οφθαλμού και της γωνίας του προεπικαλυμματικού βραγχιοκαλύμματος, δ) **το πηγούνι**, ε) **τους οφθαλμούς**, στ) **τα ρουθούνια** και ζ) **το στόμα**. Στο Σχήμα 2.3 φαίνονται οι διάφορες θέσεις του στόματος στους οστεϊχθύες. Τα ειδικά χαρακτηριστικά της κεφαλής είναι πάρα πολλά και χρησιμο-



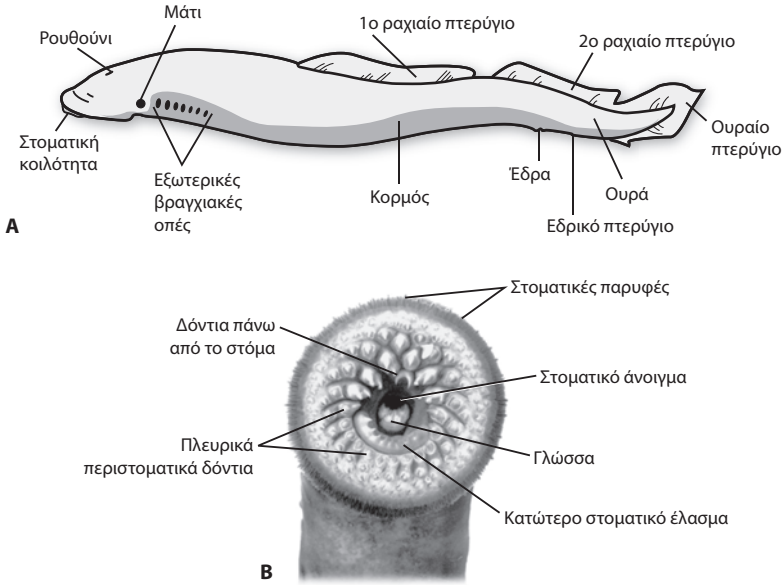
Σχήμα 2.3 Διάφορες θέσεις του στόματος στους οστεϊχθύες (Α. Κοιλιακό (οξύρρυγχος), Β. Υποκοιλιακό (λευκίσκος), Γ. Ισομέρες (πέστροφα), Δ. Ραχιαίο (αμμόψαρο)).

ποιούνται συνήθως τόσο για την αναγνώριση των ψαριών όσο και για τη συστηματική ταξινόμησή τους. Στο Σχήμα 2.4 φαίνονται μερικά εξωτερικά μορφολογικά γνωρίσματα, από πλάγια όψη, της κεφαλής ενός τελεόστεου.

Στα κυκλόστομα (άγναθα) η κεφαλή φτάνει μέχρι την τελευταία βραγχιακή κοιλότητα. Στο μπροστινό της άκρο ανοίγεται το χροανοειδές στόμα το οποίο φέρει τις υποτυπώδεις



Σχήμα 2.4 Πλάγια όψη της κεφαλής τελεόστεου ψαριού.

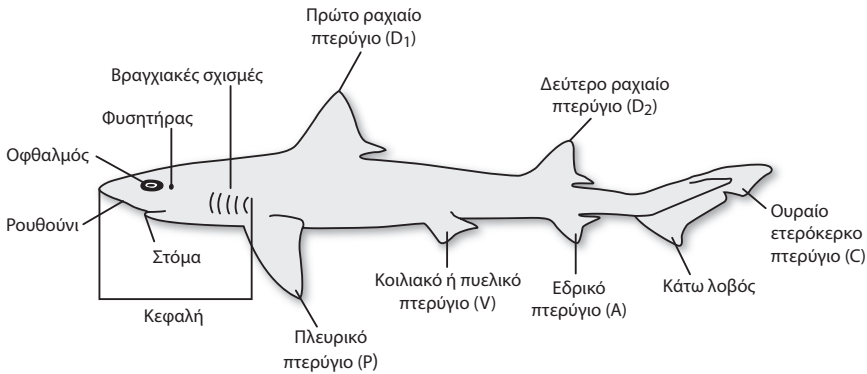


Σχήμα 2.5 Εξωτερική μορφολογία (Α) ενός κυκλόστομου και (Β) σχηματική απεικόνιση του στόματος.

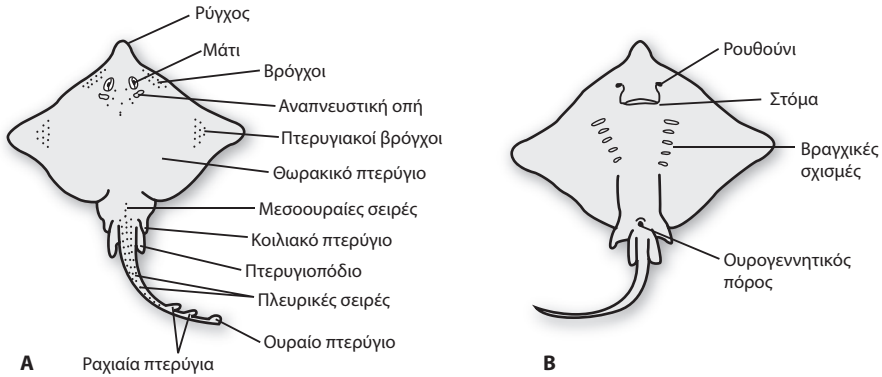
γνάθους. Στο ραχιαίο τμήμα της κεφαλής υπάρχει μία μόνο ρινική οπή και οι δύο οφθαλμοί, ενώ στις

πλευρές τους υπάρχουν 7 ζεύγη βραγχιακών οπών (Σχ. 2.5).

Στους χονδριχθύες η κεφαλή φτάνει μέχρι την τελευταία βραγχιακή σχισμή. Φέρει τους δύο οφθαλμούς, το στόμα, του οποίου η μορφή διαφέρει από είδος σε είδος, τα ρουθούνια, το ένα ζεύγος φυσητήρων και τις βραγχιακές σχισμές (2.6). Στο Σχήμα (2.7) δίνεται η εξωτερική μορφολογία (ραχιαία και κοιλιακή όψη) μιας ράγιας.



Σχήμα 2.6 Εξωτερική μορφολογία ενός χονδριχθύος.



Σχήμα 2.7 Εξωτερικά μορφολογικά χαρακτηριστικά ράγιας (Α. Ραχιαία όψη, Β. κοιλιακή όψη).

2.1.2 Κορμός

Ο κορμός στους οστεϊχθύες είναι το μεσαίο τμήμα του ψαριού και βρίσκεται μεταξύ του εδρικού πτερυγίου και του κυρίου βραγχιοκαλύμματος. Στην πλειονότητα των ψαριών είναι σκεπασμένο με λέπια. Στον κορμό υπάρχουν τα πλευρικά, τα κοιλιακά και τα ραχιαία πτερύγια (ειδικά όταν είναι ένα). Επίσης στον κορμό υπάρχει ο ουρογεννητικός πόρος με την έδρα (Σχ. 2.2).

Στα κυκλόστομα ο κορμός φτάνει στην **έδρα**, όπου πίσω από αυτή φύεται ο **ουρογεννητικός πόρος** και πίσω από αυτή το εδρικό πτερύγιο (Σχ. 2.5). Στους χονδριχθύες ο κορμός φτάνει μέχρι την έδρα η οποία βρίσκεται μπροστά από το εδρικό πτερύγιο (Σχ. 2.6).

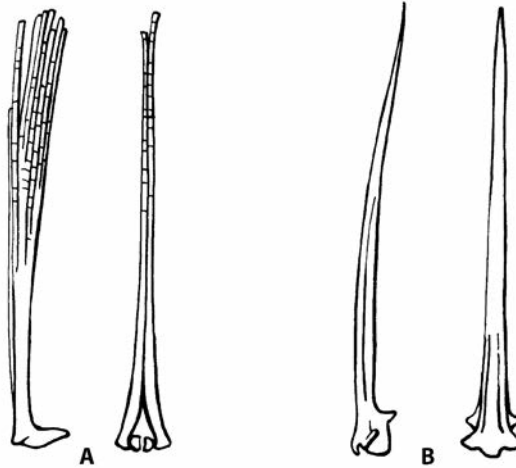
2.1.3 Ουρά

Η ουρά αποτελεί το τμήμα μεταξύ της έδρας και του ακραίου τμήματος του ουραίου πτερυγίου.

2.1.4 Πτερύγια

Τα πτερύγια είναι μεμβρανώδεις προεξοχές του σώματος των ψαριών και χρησιμοποιούνται τόσο σαν όργανα κίνησης όσο και για την ισορροπία τους. Συγκρατούνται από ακτίνες (εκτός του λιπώδους πτερυγίου), οι οποίες μπορεί να είναι είτε μαλακές (διακλαδισμένες ή μη) είτε σκληρές (Σχ. 2.8). Οι μεν μαλακές ακτίνες συμβολίζονται με αραβικούς (1,2 ... κ.λπ) ενώ οι σκληρές με λατινικούς αριθμούς (I, II ... κ.λπ). Στους χονδριχθύες οι ακτίνες ονομάζονται **κερατοτρίχια** και είναι σκληρά και αδιακλάδιστα, ενώ στους οστεϊχθύες ονομάζονται **λεπιδοτρίχια** και είναι ιδιαίτερα ευέλικτα. Η θέση και η μορφή των πτερυγίων συνήθως χρησιμοποιούνται στη συστηματική ταξινόμηση των ψαριών.

Τα ψάρια που ανήκουν στις κλάσεις άγναθα, χονδριχθύες και οστεϊχθύες φέρουν είτε **μονά** είτε **ζυγά** ή και τους δύο τύπους των πτερυγίων. Μονά είναι το ουραίο, το ραχιαίο και το εδρικό, ενώ τα πλευρικά και τα κοιλιακά πτερύγια είναι ζυγά. Με τον όρο ζυγά εννοείται ότι τα πτερύγια έχουν συμμετρική θέση, ένα σε κάθε πλευρά. Τα κοιλιακά πτερύγια στους χονδριχθύες ονομάζονται και **πυελικά**. Τα πτερύγια συμβολίζονται με λατινικά γράμματα,



Σχήμα 2.8 Ακτίνες πτερυγίων των ψαριών
(Α. μαλακές διακλαδισμένες και μη, Β. σκληρές ακτίνες).

όπου Ρ τα πλευρικά, V τα κοιλιακά, Α το εδρικό, C το ουραίο και D το ραχιαίο. Αν υπάρχουν δύο ή περισσότερα ραχιαία τότε τα σύμβολα είναι D_1, D_2 κ.λπ. Το παρακάτω παράδειγμα τονίζει την οικονομία στη χρησιμοποίηση των παραπάνω συμβόλων για τη σκιαγράφηση των πτερυγίων των ψαριών.

D III/5 = Ραχιαίο πτερύγιο με τρεις σκληρές ακτίνες, ακολουθούμενες από πέντε μαλακές.

D 2/7 = Ραχιαίο πτερύγιο με δύο μαλακές μη διακλαδισμένες ακτίνες και επτά διακλαδισμένες.

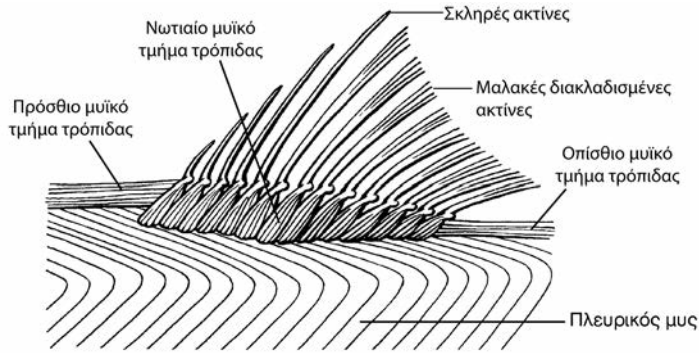
AII-IV/5-8 = Εδρικό πτερύγιο με δύο μέχρι τέσσερις σκληρές ακτίνες και πέντε μέχρι οκτώ μαλακές.

C 3/9/3 = Ουραίο πτερύγιο με τρεις διακλαδισμένες ή μη μαλακές ακτίνες στην άκρη του πάνω και κάτω λοβού και μεταξύ αυτών άλλες εννιά διακλαδισμένες ή μη μαλακές ακτίνες.

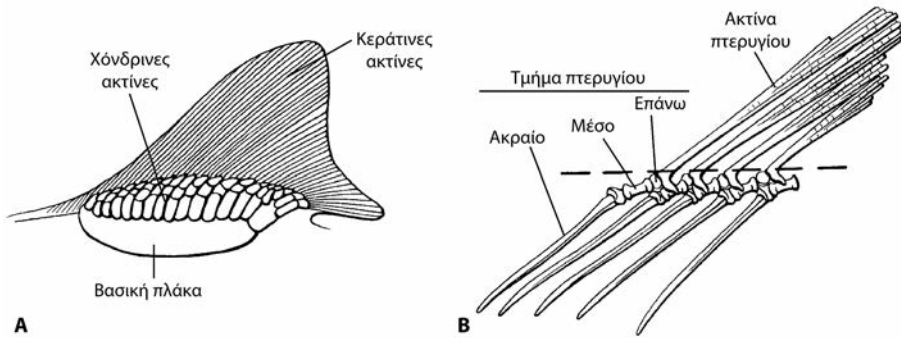
2.1.4.1 Μονά πτερύγια

Το ραχιαίο πτερύγιο βρίσκεται κατά μήκος της ράχης και ο αριθμός του μπορεί να είναι από 1-3. Πολύ σπάνια λείπει το πτερύγιο αυτό, όπως στην περίπτωση των ειδών της οικογένειας Gymnotidae. Το ραχιαίο πτερύγιο φέρει τόσο μαλακές ακτίνες (διακλαδισμένες ή μη) όσο και σκληρές. Οι πιο σπουδαίες λειτουργικές εργασίες που προσφέρει στα ψάρια το πτερύγιο αυτό είναι η σταθερότητα, η γρήγορη αλλαγή διεύθυνσης και με τη βοήθεια του ουραίου και του εδρικού πτερυγίου συντελεί στο σταμάτημά τους. Σε μερικά είδη της κλάσης αυτής το ραχιαίο, ουραίο και εδρικό πτερύγιο είναι συνεχόμενα (π.χ. Anguilliformes). Στα Σχήματα 2.9 και 2.10 φαίνονται οι μυς και τα σκελετικά στηρίγματα ενός ραχιαίου πτερυγίου σε οστεϊχθύ και χονδριχθύ.

Σε ορισμένες οικογένειες ψαριών υπάρχει ένα επιπλέον μικρό πτερύγιο στη ραχιαία περιοχή. Είναι πολύ μαλακό, σαρκώδες, μη ακτινωτό, χωρίς συνδετικό ιστό και ονομάζεται **λιπώδες** (Salmonidae, Siluriformes, Myctophidae). Στην οικογένεια Salmonidae το πτερύγιο



Σχήμα 2.9 Μυς του ραχιαίου πτερυγίου ενός οστειχθύ.



Σχήμα 2.10 Σκελετικά στηρίγματα ραχιαίου πτερυγίου (Α. Χονδριχθύ, Β. Οστειχθύ).

αυτό είναι πολύ χαρακτηριστικό (Σχ. 2.2). Σύμφωνα με τον Kosswig το λιπώδες πτερύγιο είναι ομόλογο του δευτέρου ραχιαίου, ενώ σύμφωνα με τον Wahlert αυτό κατέχει τη θέση του αρχέγονου ραχιαίου πτερυγίου. Η θεωρία αυτή στηρίζεται στο γεγονός ότι το λιπώδες πτερύγιο περιέχει ακτινοτρίχια (ασύνδετες κερατινοειδείς ακτίνες στην κορυφή του πτερυγίου), τα οποία φυλογενετικά είναι οι πρόδρομοι των λεπιδοτριχιών (ακτίνες των πτερυγίων). Όσον αφορά τη λειτουργικότητα του πτερυγίου αυτού δεν είναι πλήρως γνωστή, αν και ορισμένοι επιστήμονες πιστεύουν ότι βοηθά τη σταθερότητα του ψαριού στην επιφάνεια του νερού κατά τις κυκλικές του κινήσεις. Επίσης πιστεύεται ότι έχει σημαντικό ρόλο στην πλεύση στα προνυμφικά στάδια ανάπτυξης αυτών των ψαριών, όταν τα άλλα πτερύγια δεν έχουν ακόμα αναπτυχθεί.

Το εδρικό πτερύγιο είναι μικρό, μ' ελάχιστες εξαιρέσεις, όπου το μέγεθος του ξεπερνά το μέγεθος του ραχιαίου. Πολύ λίγα ψάρια έχουν περισσότερα του ενός εδρικά πτερύγια (Gadidae).

Το ουραίο πτερύγιο εμφανίζεται με ποικίλες μορφές, σχήματα και μεγέθη. Οι συνηθέστερες μορφές του είναι **στρόγγυλο**, **αποκοπτόμενο**, **εγκοπτόμενο**, **ημισεληνοειδές** και **διχαλωτό**. Το διχαλωτό ουραίο πτερύγιο αποτελείται από δύο λοβούς και εμφανίζεται με ποικίλα σχήματα και μεγέθη. Σύμφωνα με το σχήμα ονομάζεται **ισόλοβο** όταν οι λοβοί