



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΚΤΗΝΙΑΤΡΙΚΗΣ

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΚΤΗΝΙΑΤΡΙΚΗΣ ΣΕ ΣΥΜΠΡΑΞΗ ΜΕ ΤΑ Τ.Ε.Ι. ΗΠΕΙΡΟΥ**

**“ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΣΚΕΛΕΤΙΚΩΝ ΔΥΣΠΛΑΣΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ
ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΤΣΙΠΟΥΡΑΣ (*Sparus aurata* Linnaeus, 1758)”**

ΚΟΥΤΣΟΥΜΠΟΥ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

1. Γ. Κουμουνδούρος, Επίκουρος Καθηγητής, Επιβλέπων
Τμήμα Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών.
2. Φ. Αθανασοπούλου, Καθηγήτρια, Μέλος Συμβουλευτικής Επιτροπής Εργαστήριο
Ιχθυοπαθολογίας, Ιχθυολογίας & Υδατοκαλλιεργειών, Τμήμα Κτηνιατρικής, Πανεπιστήμιο
Θεσσαλίας.
3. Ι. Πάσχος, Καθηγητής, Μέλος Συμβουλευτικής Επιτροπής
Εργαστήριο Ιχθυολογίας & Υδατοκαλλιεργειών, Τμήμα Ιχθυοκομίας – Αλιείας, Τεχνολογικό
Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Ηπείρου.

ΚΑΡΔΙΤΣΑ 2008



**UNIVERSITY OF THESSALY
SCHOOL OF HEALTH SCIENCES
FACULTY OF VETERINARY MEDICINE**

**MSc PROGRAMME OF THE DEPARTMENT OF VETERINARY MEDICINE IN
COOPERATION WITH T.E.I. OF EPIRUS**

**“EFFECT OF SKELETAL MALFORMATION EXTERNAL MORPHOLOGY
OF SEA BREAM (*Sparus aurata* Linnaeus, 1758)”**

KOYTSOYMBOY AIKATERINI

ADVISORY COMMITTEE

1. G. Koumoundouros, Assistant Professor, Supervisor
Biology Department, University of Patras.
2. F. Athanassopoulou, Professor, Member of Advisory Committee
Laboratory of Fish Diseases and Aquaculture, Faculty of Veterinary Medicine,
University of Thessaly.
3. I. Paschos, Professor, Member of Advisory Committee, Laboratory Ichthyology &
Aquaculture, Faculty Fisheries and Aquaculture, Technological Education Institute of
Epirus.

Karditsa, Greece 2008



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 7511/1

Ημερ. Εισ.: 10-09-2009

Δωρεά:

Ταξιθετικός Κωδικός:

Δ

639.3

ΚΟΥ

*Στο σύζυγό μου, Παναγιώτη
& στα παιδιά μου Βαγγέλη και Αγγελική*

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών «Υδατοκαλλιέργειες και Παθολογικά προβλήματα εκτρεφόμενων υδρόβιων οργανισμών».

Θεωρώ υποχρέωση μου να εκφράσω τις ευχαριστίες σε όσους με οποιοδήποτε τρόπο συνέβαλαν στην ολοκλήρωση της παρούσας επιστημονικής εργασίας.

Θα ήθελα πρώτα από όλους να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντά μου Επίκουρο καθηγητή κ. Κουμουνδούρο Γεώργιο γιατί με δέχθηκε στο εργαστήριο για την πραγματοποίηση της παρούσας εργασίας. Η υπομονή του, η αισιοδοξία του, το κέφι του και η κατανόησή του στα προβλήματά μου και στις ανασφάλειές μου ήταν για μένα πολύτιμη βοήθεια. Η συνεργασία μαζί του και οι ατέλειωτες ώρες κουβέντας και υποδείξεων μου έδιναν θάρρος για περαιτέρω συνέχεια παρόλο που τις περισσότερες φορές έπινα «Deron» μετά από κάθε συνάντηση. Η απλότητα, η αμεσότητα και η ανιδιοτέλεια που τον διακρίνει τον κάνει έναν πολύ καλό δάσκαλο και πάνω από όλα ένα σπουδαίο άνθρωπο. Τον ευχαριστώ για όλα από τα βάθη της ψυχής μου.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της συμβουλευτικής μου επιτροπής την κ. Αθανασοπούλου Φωτεινή και κ. Πάσχο Ιωάννη.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στην κ. Γεωργακοπούλου Έφη για τις γνώσεις την συμπαράσταση, την φιλία της και την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφερε οποιαδήποτε στιγμή και αν της τη ζήτησα. Μαζί της πέρασα πολύ ωραία. Έφη μου σου εύχομαι όλα να πάνε καλά στην εγκυμοσύνη σου και το μωράκι σου να είναι η ολοκλήρωση της ευτυχίας σου. Να είσαι πάντα καλά!

Τον κ. Δρ. Μπαταργιά Κώστα τον ευχαριστώ για το υλικό που μας παρείχε (φωτογραφίες ψαριών), χωρίς τον οποίο δεν θα ήταν εφικτή η ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας.

Ευχαριστώ επίσης όλα τα παιδιά του εργαστηρίου Ιχθυολογίας του Τμήματος Βιολογίας του Πανεπιστημίου Πατρών για την συμπαράστασή τους και την ενθάρρυνση που μου παρείχαν.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τη διοίκηση της εταιρείας «ΑΝΔΡΟΜΕΔΑ Α.Ε.» στην οποία πραγματοποιήθηκε η εκτροφή των ψαριών που χρησιμοποιήσαμε στην παρούσα εργασία.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον σύζυγό μου Παναγιώτη και τα παιδιά μου Βαγγέλη – Αγγελική που με στήριξαν και με ενθάρρυναν σε αυτή μου την απόφαση να παρακολουθήσω ένα μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών στην Ηγουμενίτσα και μετά στην Πάτρα (σε αυτή την ηλικία) και να ανέχονται τα ταξίδια μου στην Ηγουμενίτσα, το διάβασμα και το άγχος μου όταν έδινα εξετάσεις και δούλευα με τις ώρες τη διπλωματική εργασία στερώντας τους την παρουσία μου και την προσφορά μου σε αυτούς. Τους αφιερώνω αυτή την εργασία ως ελάχιστη ένδειξη ευγνωμοσύνης για το ότι υπάρχουν στη ζωή μου.

Στην παρούσα εργασία μελετάται **α)** η επίδραση των κεφαλικών παραμορφώσεων στο σχήμα της κεφαλής της τσιπούρας, **β)** η συμμετοχή των διαφόρων οστών στην κάθε δυσπλασία, και **γ)** η επίδραση των σκελετικών δυσπλασιών στο ρυθμό σωματικής αύξησης, κατά τη διάρκεια της εκτροφής των ατόμων.

Η μελέτη βασίστηκε σε δείγματα που προέρχονταν από κοινό πληθυσμό εκτροφής ψαριών. Το πρώτο δείγμα αποτελούμενο από 265 άτομα τσιπούρας, κατατάχθηκε σε 6 διακριτές φαινοτυπικές κατηγορίες (φυσιολογικά (N), κοντή κάτω γνάθος (SloJ), κοντή άνω γνάθος (SuJ), «κουμπί» (UpJP, τεθλασμένο προφίλ προκογχικής περιοχής), «παπαγαλάκι» (UpJV, κάθετο προφίλ προκογχικής περιοχής) και «λακούβα» (DoC, νωτιαία εσοχή, στο ύψος της υπερνιακής περιοχής), για ανάλυση σχήματος. Το δεύτερο δείγμα, αποτελούμενο από 1080 άτομα, με διάφορους τύπους παραμορφώσεων, κατατάχθηκε σε 8 διακριτές φαινοτυπικές κατηγορίες (φυσιολογικά (N), κοντή κάτω γνάθος (SloJ), κοντή άνω γνάθος (SuJ), «κουμπί» (UpJP, τεθλασμένο προφίλ προκογχικής περιοχής), «παπαγαλάκι» (UpJV, κάθετο προφίλ προκογχικής περιοχής), έντονα παραμορφωμένο βραγχιακό επικάλυμμα (OpL), ελαφρώς παραμορφωμένο βραγχιακό επικάλυμμα (OpS), και μερική έλλειψη του ραχιαίου πτερυγίου (Sdllbck) προκειμένου να ελεγχθεί η επίδραση των σκελετικών παραμορφώσεων στο ρυθμό σωματικής αύξησης.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης έδειξαν ότι σε όλες τις διαφορετικές περιπτώσεις που εξετάστηκαν (SloJ, SuJ, UpJP, UpJV, DoC, Εικόνα 2.1), η επίδραση των δυσπλασιών στο σχήμα του σώματος είναι σημαντική και παρουσιάζει συνεχή διαβάθμιση, επιτρέποντας τη δημιουργία μιας κλίμακας ποιότητας με βάση την απόσταση των παραμορφωμένων από τα φυσιολογικά άτομα κατά μήκος των μεταβλητών της γεωμετρικής ανάλυσης. Από τα αποτελέσματα βρέθηκε ότι εκτός των άμεσα εμπλεκόμενων οστών (προγναθικό, γναθικό, οδοντικό), στις SloJ, SuJ και UpJP συμμετέχουν και οστά όπως το προ-επικαλυμματικό, το πρώτο πτερυγιοφόρο του ραχιαίου πτερυγίου ή/και η άνω βάση του θωρακικού.

Τέλος, τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας στο ρυθμό σωματικής αύξησης, έδειξαν ότι οι παραμορφώσεις των γνάθων και του βραγχιακού επικάλυμματος επιδρούν αρνητικά στο ρυθμό σωματικής αύξησης της τσιπούρας. Εξαίρεση αποτέλεσε η δυσπλασία της κοντής άνω γνάθου και της μερικής έλλειψης του ραχιαίου πτερυγίου.

In the present study we studied **a)** the effect of cranial deformities on the shape of the head, **b)** the contribution of the different bone elements on each malformation type, and **c)** the effect of skeleton malformations on the growth rate, during the on-growing period in cages.

The study was based on two sea bream samples which were taken from a common population. The first sample, consisting of 265 individuals, was classified into six discrete phenotypic categories [short lower jaw (SloJ), short upper jaw (SuJ), abnormal snout profile (UpJP), vertical snout profile (UpJV), dorsal depression of supra-occipital area (DoC), and normal (N)] and subjected to analysis of body shape by means of geometric morphometry. The second sample, consisting of 1080 individuals, was classified into eight discrete types of deformities [short lower jaw (SloJ), short upper jaw (SuJ), vertical snout profile (UpJV), dorsal depression of supra-occipital area (DoC), severe deformation of the gill cover (OpS), light deformation of the gill cover (OpL), partial absence of dorsal fin (Sdlbck), and normal (N)] and subjected to analysis of the effect of skeletal deformities on fish growth rate.

The results of the present study showed that all the types of skeletal deformities had a statistically significant effect on the shape of the skull, allowing for the constitution of a scale of quality along the variables of geometric analysis. Except of the directly involved skeletal elements (premaxillary, maxillary, dentary) in SloJ, SuJ and UpJP categories, the analysis revealed the involvement of elements like pre-opercular, first dorsal pterygiophore or/and pectoral fin-base.

Finally, our results indicated that most of the jaw and opercular deformities significantly decrease fish growth rate. In opposite, SloJ and Sdlbck deformities had not any effect on the growth rate of sea bream.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
1.1. Σκελετικές παραμορφώσεις	10
1.2. Το εξεταζόμενο είδος	15
1.3. Σκοπός της παρούσας εργασίας	17
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	19
2.1. Υπό εξέταση πληθυσμοί	20
2.2. Ανάλυση σχήματος	23
2.3. Στατιστική επεξεργασία	26
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	28
3.1. Επίδραση των σκελετικών παραμορφώσεων στο σχήμα του σώματος	29
3.2. Επίδραση των σκελετικών δυσπλασιών στο ρυθμό αύξησης του σωματικού βάρους	36
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	38
4.1. Σκελετικές παραμορφώσεις	39
4.2. Επίδραση των κρανιακών παραμορφώσεων στο σχήμα του σώματος	40
4.3. Δυσπλασίες και ρυθμός σωματικής αύξησης	42
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	43
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	45

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Σκελετικές παραμορφώσεις

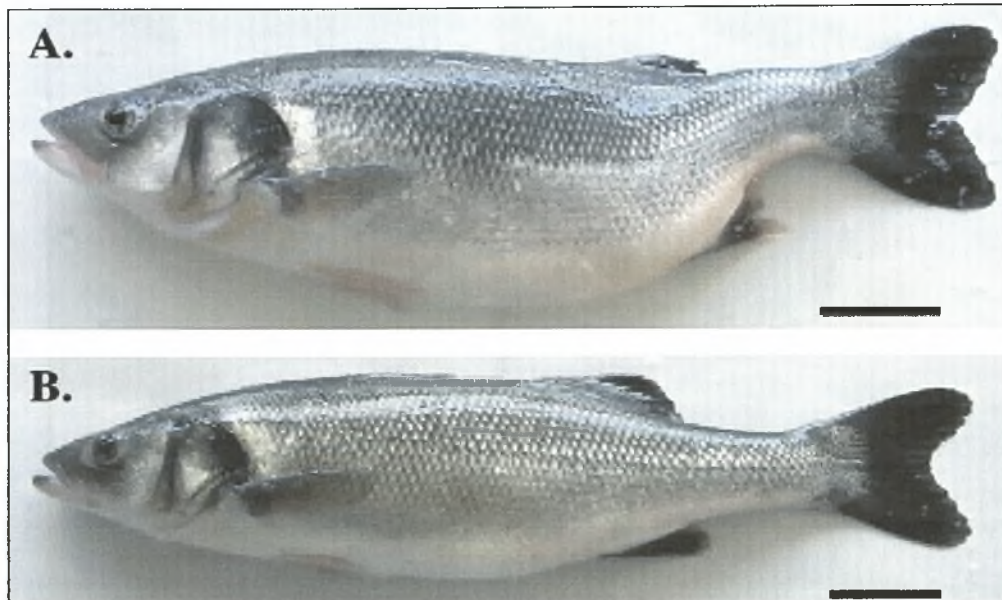
Οι μη αντιστρέψιμες μορφολογικές αποκλίσεις των ψαριών από τον «άγριο» φαινότυπο είναι γνωστές ως μορφο-ανατομικές παραμορφώσεις. Αν και η ανάπτυξή τους αναφέρεται και στους φυσικούς πληθυσμούς ψαριών (Dethlefsen *et al.* 1996, Von Westernhagen and Dethlefsen 1997, Koumoundouros 2008), οι μορφο-ανατομικές παραμορφώσεις είναι συνυφασμένες με την εντατική αναπαραγωγή και εκτροφή ιχθύων και αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα της (Divanach *et al.* 1997, Koumoundouros *et al.* 1997a, Koumoundouros *et al.* 1997b, Koumoundouros *et al.* 2000b, Loy *et al.* 2000, Boglione *et al.* 2001, Koumoundouros *et al.* 2001b, Gavaia *et al.* 2002, Koumoundouros *et al.* 2002a, Beraldo *et al.* 2003, Cahu *et al.* 2003a, Sfakianakis *et al.* 2003, Koumoundouros *et al.* 2004, Sfakianakis *et al.* 2004, Abdel *et al.* 2005, Sfakianakis *et al.* 2006a, Sfakianakis *et al.* 2006b, Georgakopoulou *et al.* 2007a).

Εκτός των αποκλίσεων του χρωματισμού (Bolker and Hill 2000, Cejas *et al.* 2003) και της πλευρικής γραμμής (Carrillo *et al.* 2001), η πλειονότητα των μορφο-ανατομικών παραμορφώσεων αφορά σε δυσπλασίες του σκελετού. Οι δυσπλασίες αυτές εντοπίζονται κυρίως στη σπονδυλική στήλη, στα περύγια, στις σιαγόνες και στο βραγχιακό επικάλυμμα, πλήττοντας κατά μέσο όρο το 7-20% των εκτρεφόμενων ιχθυδίων (Koumoundouros and Georgakopoulou, submitted for publication). Αποτελούν σημαντικότατο πρόβλημα για την ιχθυοκαλλιέργεια, γιατί μειώνουν την εμπορική αξία των εκτρεφόμενων ψαριών και υποβαθμίζουν την εικόνα του προϊόντος, αυξάνοντας τελικά το κόστος παραγωγής.

Σπονδυλικές παραμορφώσεις

Περιλαμβάνουν κυρίως τη λόρδωση, τη σκολίωση και την κύφωση. Η λόρδωση είναι η περισσότερο μελετημένη και συχνότερη δυσπλασία της σπονδυλικής στήλης (Εικόνα 1.1). Αποδίδεται κυρίως στην έλλειψη λειτουργικής νηκτικής κύστης στα ιχθύδια (Chatain 1986, 1987, 1994a, Chatain & Qunais-Guschemann 1990), στην έντονη κολυμβητική δραστηριότητα των ψαριών και στην ανισόρροπη ανάπτυξη του μυϊκού και σκελετικού συστήματος (Divanach *et al.* 1997, Sfakianakis *et al.* 2006a)

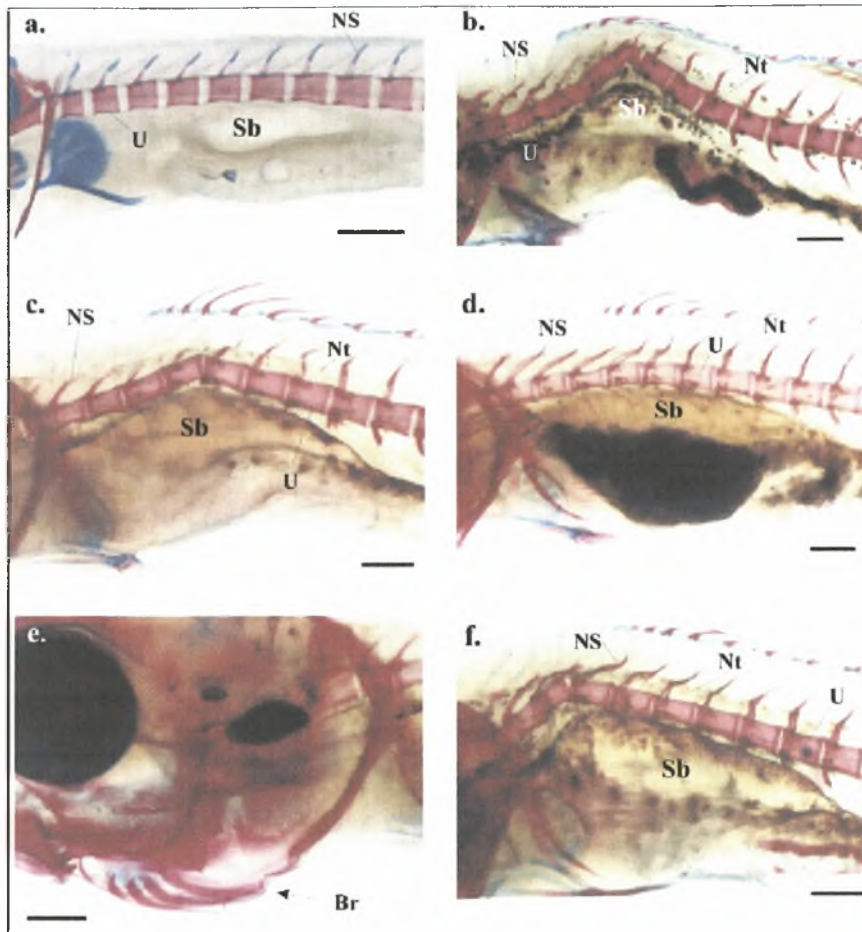
και σπανιότερα σε διατροφικές ελλείψεις, ύπαρξη ρυπαντών (ανασκόπηση από Divanach *et al.* 1996) και παθήσεις των μυών (Lopez-Albors *et al.* 1995).



Εικόνα 1.1 Α. Αιματική λόρδωση σε λαβράκι Β. Φυσιολογικό λαβράκι (από Sfakianakis *et al.* 2006a).

Η σκολίωση και η κύφωση είναι οι λιγότερο μελετημένες σπονδυλικές δυσπλασίες, αν και είναι συχνές στους εκτρεφόμενους πληθυσμούς (Boglione *et al.* 1995, Divanach *et al.* 1996). Σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε σχετικά με την ανάπτυξη της προ-αιματικής κύφωσης στο λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*) (Εικόνα 1.2), δείχθηκε ότι τα πρώτα ανατομικά συμπτώματα εμφανίζονται σε νύμφες ολικού μήκους (TL) 10 mm, με τη μορφή ελαφριών δυσμορφιών ή διμερών ασυμμετριών μεμονωμένων σπονδύλων (Koumoundouros *et al.* 2001). Η μέγιστη συχνότητα της κύφωσης παρουσιάσθηκε στα 17 mm TL (24,8%). Τα κυφωτικά άτομα παρουσίασαν νωχελική συμπεριφορά λόγω της συμπίεσης της νευρικής χορδής, η οποία και προκάλεσε ολική θνησιμότητα των πασχόντων ατόμων. Για πρώτη φορά, δείχθηκε, ότι μια σκελετική παραμόρφωση μπορεί να έχει μικρή επίδραση στην τελική ποιότητα των εκτρεφόμενων νεαρών ιχθυδίων, λόγω όμως των σημαντικών επιπτώσεων στην επιβίωση των ατόμων (Koumoundouros *et al.* 2001).





Εικόνα 1.2 Εξέλιξη της προ-αιματικής κύφωσης στο λαβράκι (από Koumoundouros *et al.* 2001).

Παραμορφώσεις των πτερυγίων

Οι παραμορφώσεις του ουραίου πτερυγίου έχουν μελετηθεί σε βάθος από πολλούς επιστήμονες, χωρίς ωστόσο μέχρι σήμερα να έχουν προσδιορισθεί και οι αντίστοιχοι γενεσιουργοί παράγοντες. Σε οξείες καταστάσεις, περιλαμβάνουν μερική ή ολική έλλειψη, πλευρική κάμψη ή διπλασιασμό του ουραίου πτερυγίου. Στην τσιπούρα (*Sparus aurata*) ο Paperna (1978), ανέφερε για πρώτη φορά την κύρτωση του ουραίου μίσχου, ενώ στα μετέπειτα έτη οι παραμορφώσεις του ουραίου σκελετού αναφέρθηκαν και σε είδη όπως το ιαπωνικό φαγγρί (*Pagrus major*) και το λαβράκι, (Matsuoka 1987, Daoulas *et al.* 1991, Boglione *et al.* 1993, Marino *et al.* 1993). Σύμφωνα δε με τους Marino *et al.* (1993), το ουραίο πτερύγιο στο λαβράκι αποτελεί την ανατομική περιοχή με τις συχνότερες δυσπλασίες οστών (34%). Μετέπειτα έρευνες των δυσπλασιών του ουραίου σκελετού πραγματοποιήθηκαν από τους Koumoundouros *et al.* (1995, 1997a) και Sfakianakis *et al.* (2004), οι οποίοι και

υπέδειξαν τα πρώιμα αναπτυξιακά στάδια ως τα πλέον ευαίσθητα στη τερατογόνο δράση των πιθανών γενεσιουργών παραγόντων αυτών των δυσπλασιών.

Οι παραμορφώσεις του ραχιαίου πτερύγιου αφορούν κυρίως στην μερική ή ολική έλλειψη των αντίστοιχων ακτίνων. Η δυσπλασία αυτή πρωτοαναφέρθηκε σε εκτρεφόμενες τιλάπιες (*Oreochromis aureus*) από τους Tave *et al.* (1983), ενώ αργότερα εντοπίστηκαν και σε άλλα είδη (*Dentex dentex*, Koumoundouros *et al.* 2001a, *Epinephelus akaara*, Setiadi *et al.* 2006). Οι Koumoundouros *et al.* (2001a) υπέδειξαν τις αλλοιώσεις της αρχέγονης περιφερειακής πτερυγιοπτυχής των νυμφών ως την ανατομική αιτία αυτών των δυσπλασιών.



Εικόνα 1.3 «Έλλειψη» του βραγχιακού επικαλύμματος στην τσιπούρα.

Κρανιακές παραμορφώσεις

Οι κρανιακές παραμορφώσεις των εκτρεφόμενων ιχθυδίων προσβάλλουν κυρίως το βραγχιακό επικάλυμμα και τις γνάθους. Η δυσπλασίες του βραγχιακού επικαλύμματος εμφανίζονται κυρίως ως «ατροφία» ή «έλλειψη» του επικαλυμματικού οστού με παράλληλη έκθεση των βραγχιών (Εικόνα 1.3). Είναι η πλέον μελετημένη κρανιακή παραμόρφωση, και ανατομικά αποδίδεται στην προς τα έξω κάμψη του επικαλυμματικού ή/και υποκαλυμματικού οστού κατά το στάδιο των νυμφών (Koumoundouros *et al.* 1997b).

Οι παραμορφώσεις των γνάθων περιλαμβάνουν την βράχυνση της άνω ή κάτω γνάθου, καθώς και το σύνδρομο του «διασταυρούμενου δαγκώματος» (πλευρική μετατόπιση κάτω γνάθου) (Κουμουνδούρος 1998, Koumoundouros *et al.* 2004). Παρά τη μεγάλη σημασία τους για τους εκτρεφόμενους πληθυσμούς, αποτελούν τις λιγότερο μελετημένες κρανιακές παραμορφώσεις.

Τρόποι αντιμετώπισης των σκελετικών δυσπλασιών

Οι συνθήκες εκτροφής επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την ανάπτυξη παραμορφώσεων. Σημαντικοί παράγοντες είναι η θερμοκρασία ανάπτυξης (Koumoundouros *et al.* 2001a, 2002a, b, Sfakianakis *et al.* 2004, Georgakopoulou *et al.* 2007), η αλατότητα (Lee and Menu 1981 ανασκόπηση από Boglione *et al.* 2001), η φωτοπερίοδος, η συγκέντρωση σε διαλυμένο οξυγόνο (Lindsey 1998), η μέθοδος εκτροφής (Koumoundouros *et al.* 1999,) η πυκνότητα εκτροφής (Divanach *et al.* 1996), οι ρευματικές συνθήκες (Koumoundouros *et al.* 2002b, Σφακιανάκης 2003).

Επίσης η επίδραση διαφόρων ρύπων στη γένεση παραμορφώσεων έχει διαπιστωθεί από πλήθος ερευνητών σε φυσικούς πληθυσμούς (ανασκόπηση από Κουμουνδούρο 1998). Η δράση των ρυπαντών του νερού αφορά άμεσα και στις ιχθυοκαλλιέργειες, τόσο μέσω της ποιότητας του αντλούμενου νερού όσο και μέσω ενδογενών δυνητικά πηγών ρύπανσης από υλικά που χρησιμοποιούνται στις εγκαταστάσεις (δεξαμενές, αντλίες, σωληνώσεις, υλικά στέγασης και στήριξης, βαφές, anti-fouling, κλπ.) (Κουμουνδούρος 1998).

Τέλος η ποσότητα (Shin & Rochet 1998), ο τύπος (Loy *et al.* 1996b), ο τρόπος διάθεσης (Day & McPhail 1996) και η ποιότητα της τροφής (Wimberger 1993), αποτελούν τους συνηθέστερους παράγοντες που εμπλέκονται στην γένεση των μορφοανατομικών ανωμαλιών στα εκτρεφόμενα ψάρια. Η έλλειψη βιταμινών και απαραίτητων λιπαρών οξέων στην τροφή των εκτρεφόμενων ψαριών οδηγεί σε δυσπλασίες και έχει διαπιστωθεί σε πλήθος μελετών (ανασκόπηση από Κουμουνδούρος 1998).

Παρά την υπάρχουσα βιβλιογραφία για τη δράση των διάφορων γενεσιουργών παραγόντων, οι σκελετικές δυσπλασίες συνεχίζουν να προσβάλλουν τους εκτρεφόμενους πληθυσμούς ψαριών. Ο ακριβής προσδιορισμός των υπεύθυνων γενεσιουργών παραγόντων θεωρείται ακόμα δύσκολος λόγω του μεγάλου αριθμού τους, της κοινής συμπτωματολογίας τους και της συνεργατικής δράσης τους, καθώς επίσης και των ευρέων αναπτυξιακών φάσεων όπου αυτοί δρουν (ανασκόπηση από Divanach *et al.* 1996). Η ανίχνευση των αναπτυξιακών σταδίων στα οποία οι σκελετικές δυσμορφίες δημιουργούνται, οδηγεί τα πειράματα σε συγκεκριμένα αναπτυξιακά στάδια και μειώνει τον αριθμό των προς έλεγχο γενεσιουργών παραγόντων. Προϋπόθεση για την έγκαιρη ανίχνευση των δυσμορφιών είναι η

λεπτομερής γνώση της οντογένεσης τόσο των φυσιολογικών όσο και των παραμορφωμένων ατόμων (Koumoundouros *et al.* 1997). Η γνώση της ανάπτυξης των σκελετικών παραμορφώσεων εξυπηρετεί επίσης τη διεξαγωγή πρώιμου ελέγχου ποιότητας, συνεισφέροντας έτσι στην έγκαιρη διακοπή της εκτροφής, πληθυσμών με μεγάλα ποσοστά παραμορφώσεων ή στην έγκαιρη απομάκρυνση των δύσμορφων ιχθυδίων από τους εκτρεφόμενους πληθυσμούς.

Για την επίδραση των σκελετικών παραμορφώσεων στο σχήμα του σώματος και στο ρυθμό αύξησης των ψαριών απαιτείται πέρα από την ανίχνευσή τους στα πρώιμα αναπτυξιακά στάδια, η δημιουργία κλίμακας ποιότητας για κάθε τύπο δυσμορφίας που θα συνδέει την ανάπτυξη του σκελετού με την εξωτερική μορφολογία του ψαριού, καθώς και η ανεύρεση συστήματος αυτόματης αναγνώρισης της δυσμορφίας σε μικρές ηλικίες και της εξέλιξής της μέχρι την παραγωγή του τελικού προϊόντος. Μια γρήγορη και πρόωρη αναγνώριση των δυσμορφιών βάση ενός πρωτοκόλλου αναγνώρισης και ανίχνευσης θα μειώσει το κόστος και το χρόνο που χρειάζεται για την απομάκρυνση των δύσμορφων ιχθυδίων. Σήμερα τα δύσμορφα ιχθυδία απομακρύνονται από τους πληθυσμούς μέχρι τα 2g μέσο ατομικό βάρος. Με την εξαίρεση των ατόμων με μη λειτουργική νηκτική κύστη τα οποία συλλέγονται και απομακρύνονται μαζικά με τη δοκιμή επίπλευσης σε νερό υψηλής αλατότητας (Chatain & Corrao 1992, Boglione *et al.* 1995), δεν υπάρχει άλλη μέθοδος για τη μαζική απομάκρυνση των παραμορφομένων ψαριών. Έτσι τα άτομα αυτά συλλέγονται χειρονακτικά με σημαντική αύξηση του κόστους και καθυστέρηση του παραγωγικού κύκλου, γεγονός που καθιστά την ανεύρεση και ανάπτυξη τέτοιων αυτόματων διαδικασιών, ως πρωταρχικής σημασίας βήμα για την αντιμετώπιση του προβλήματος των μορφο-ανατομικών παραμορφώσεων.

1.2 Το εξεταζόμενο είδος

Το σημερινό επιστημονικό όνομα *Sparus aurata* Linnaeus 1758, αναφέρεται στην Ευρωπαϊκή τσιπούρα, με διεθνές κοινό όνομα *European seabream*. Η σημερινή αποδεκτή συστηματική κατάταξη του είδους δίδεται στον Πίνακα 1.1. (Κασπίρης 2000).



Εικόνα 1.4 Φωτογραφία του είδους και χάρτης της γεωγραφικής του εξάπλωσης (www.fishbase.org).

Πίνακας 1.1 Συστηματική κατάταξη της τσιπούρας.

Κλάση:	Οστεϊχθύες (Osteichthyes)
Υποκλάση:	Ακτινοπτερύγιοι (Actinopterygii)
Τάξη:	Περκόφορμα (Perciformes)
Οικογένεια:	Σπαροειδή (Sparidae)
Γένος:	<i>Sparus</i>
Είδος:	<i>Sparus aurata</i>

Η τσιπούρα απαντάται στις ακτές της Μεσογείου και του Ανατολικού Ατλαντικού ωκεανού, από τα Βρετανικά νησιά ως το Cape Verde (Εικόνα 1.4). Ζει ως επί το πλείστον κοντά στις ακτές και σε βάθη που κυμαίνονται από 5-30 μέτρα για τα ιχθύδια και μέχρι 150 μέτρα για τα ενήλικα άτομα. Την άνοιξη εισχωρεί στις εκβολές των ποταμών και στις λιμνοθάλασσες. Είναι κατεξοχήν ευρύθερμο και ευρύαλο είδος, αλλά προτιμά νερά με υψηλή αλατότητα 25-42‰. Το μέγιστο μήκος που μπορεί να φτάσει είναι τα 70 cm και το βάρος τα 5 Kg (Fischer *et al.* 1987).

Είναι πρώτανδρο ερμαφρόδιτο είδος, με την αναστροφή του φύλου να πραγματοποιείται μετά την πρώτη αναπαραγωγική ωρίμανση, στην ηλικία των δύο ετών (D'Ancona, 1941, 1949, 1950, Lissia-Frau, 1968, Zohar *et al.* 1976, 1978, Divanach, 1985, ανασκόπηση από Κουμουνδούρος 1993). Στη Μεσόγειο, η αναπαραγωγή της τσιπούρας πραγματοποιείται κατά τους μήνες Οκτώβριο έως Δεκέμβριο όταν οι θερμοκρασίες κυμαίνονται μεταξύ 13 και 19 °C. Είναι μοναχικό ψάρι και μερικές φορές σχηματίζει σμήνη. Η διατροφή της στηρίζεται σε δίθυρα μαλάκια και καρκινοειδή (Fischer *et al.* 1987).

Η τσιπούρα είναι ένα από τα κυρίαρχα είδη της θαλάσσιας Ευρωπαϊκής ιχθυοκαλλιέργειας και ένα από τα δύο πιο σημαντικά της Ελληνικής ιχθυοκαλλιέργειας. Σε Ευρωπαϊκό επίπεδο, η Ελληνική ιχθυοκαλλιέργεια βρίσκεται σήμερα στην πρώτη θέση στην παραγωγή τσιπούρας και λαβρακιού, με 49.000 τόνους εμπορεύσιμου μεγέθους και 520 εκ. ιχθυδίων το 2006 (www.feap.info). Η πλειονότητα της εκτροφής της τσιπούρας πραγματοποιείται σε πλωτούς κλωβούς με εντατική πάχυνση ιχθυδίων (Κουμουνδούρος 2003).

1.3 Σκοπός της παρούσας εργασίας

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας επικεντρώνεται στη μελέτη της επίδρασης των σκελετικών παραμορφώσεων στο σχήμα του σώματος και στο ρυθμό αύξησης της τσιπούρας, με απώτερο στόχο την εφαρμογή των αποτελεσμάτων στην μελλοντική δημιουργία τυποποιημένων πρωτοκόλλων ποιότητας. Τα πρωτόκολλα αυτά θα προσφέρουν σημαντική βοήθεια στους παραγωγούς μειώνοντας το χρόνο που απαιτείται για την απομάκρυνση των παραμορφωμένων ψαριών και βελτιώνοντας την ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος.

Συγκεκριμένα, στην παρούσα εργασία

1. μελετάται η επίδραση των κεφαλικών παραμορφώσεων στο σχήμα του σώματος,
2. διερευνάται η συμμετοχή των διαφόρων οστών στην κάθε δυσπλασία, και
3. εξετάζεται η επίδραση των σκελετικών δυσπλασιών στο ρυθμό σωματικής αύξησης, κατά τη διάρκεια της εκτροφής των ατόμων.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Υπό εξέταση πληθυσμοί

Επίδραση των σκελετικών δυσπλασιών στο σχήμα του σώματος

Από ένα κοινό πληθυσμό 100 χιλιάδων ιχθυδίων τσιπούρας (μέσου βάρους 1,5 περίπου γραμμαρίων), επιλέχθηκαν 100 φυσιολογικά άτομα και 500 με μορφολογικές αποκλίσεις της κεφαλής. Όταν τα άτομα έφθασαν στα $18 \pm 2g$ μέσο βάρος, κατατάχθηκαν σε 6 διακριτές φαινοτυπικές κατηγορίες, φωτογραφήθηκαν (Olympus Camedia C-3030 Zoom) και ζυγίστηκαν ατομικά (με ακρίβεια 1 g). Η εξέταση των ατόμων και η περαιτέρω χειρισμοί τους έγιναν μετά από αναισθητοποίηση (ethylenglycol-monophenylether, 0.2-0.3 ml l^{-1}). Συνολικά επιλέχθηκαν 265 άτομα (Πίνακας 2.1), τα οποία άνηκαν στις ακόλουθες φαινοτυπικές κατηγορίες:

- φυσιολογικά (N)
- κοντή άνω γνάθος (SuJ),
- κοντή κάτω γνάθος (SloJ),
- «παπαγαλάκι» (UpJV, κάθετο προφίλ προκογχικής περιοχής),
- «κουμπί» (UpJP, τεθλασμένο προφίλ προκογχικής περιοχής),
- «λακούβα» (DoC, νωτιαία εσοχή, στο ύψος της υπερνιακής περιοχής),
(Εικόνα 2.1).

Επίδραση των σκελετικών δυσπλασιών στο ρυθμό αύξησης του βάρους

Παράλληλα με την επιλογή των ατόμων για την ανάλυση σχήματος, επιλέχθηκαν και 1080 τα οποία έφεραν διάφορους τύπους παραμορφώσεων. Όταν τα άτομα έφθασαν στα $18 \pm 2g$ μέσο βάρος, κατατάχθηκαν σε 8 διακριτές φαινοτυπικές κατηγορίες (Πίνακας 2.2), ζυγίστηκαν ατομικά (με ακρίβεια 1 g) και σημάνθηκαν μαγνητικά (PITTAGS IER, pittag, ISO 12mm). Μετά τη σήμανση των ατόμων, ακολούθησε η εκτροφή τους σε κλωβό (διαστάσεων $6x6x6m$) για διάστημα 420 ημερών. Κατά τη διάρκεια της εκτροφής, η θερμοκρασία κυμαίνονταν εποχιακά μεταξύ 10° και 28° C (Εικόνα 2.2), η αλατότητα κυμαίνονταν μεταξύ 28 και 32 ppt (χειμώνας και καλοκαίρι αντίστοιχα), ενώ ο κορεσμός του νερού σε οξυγόνο ήταν 80–100%. Η χορήγηση της τροφής (extruded KEGO), γίνονταν με βάση πίνακες διατροφής, 1-4 φορές ημερησίως, ανάλογα με το μέσο βάρος και τη θερμοκρασία του νερού.

Στο τέλος του διαστήματος κοινής εκτροφής, τα άτομα αναισθητοποιήθηκαν, ταυτοποιήθηκαν μαγνητικά και ζυγίστηκαν (με ακρίβεια 1g) ατομικά. Προκειμένου να

ελεγχθεί η επίδραση των σκελετικών δυσπλασιών στο ρυθμό αύξησης του βάρους, υπολογίστηκε ο ειδικός ρυθμός αύξησης (SGR) με βάση τον τύπο:

$$SGR = (\ln W_2 - \ln W_1) / \Delta t,$$

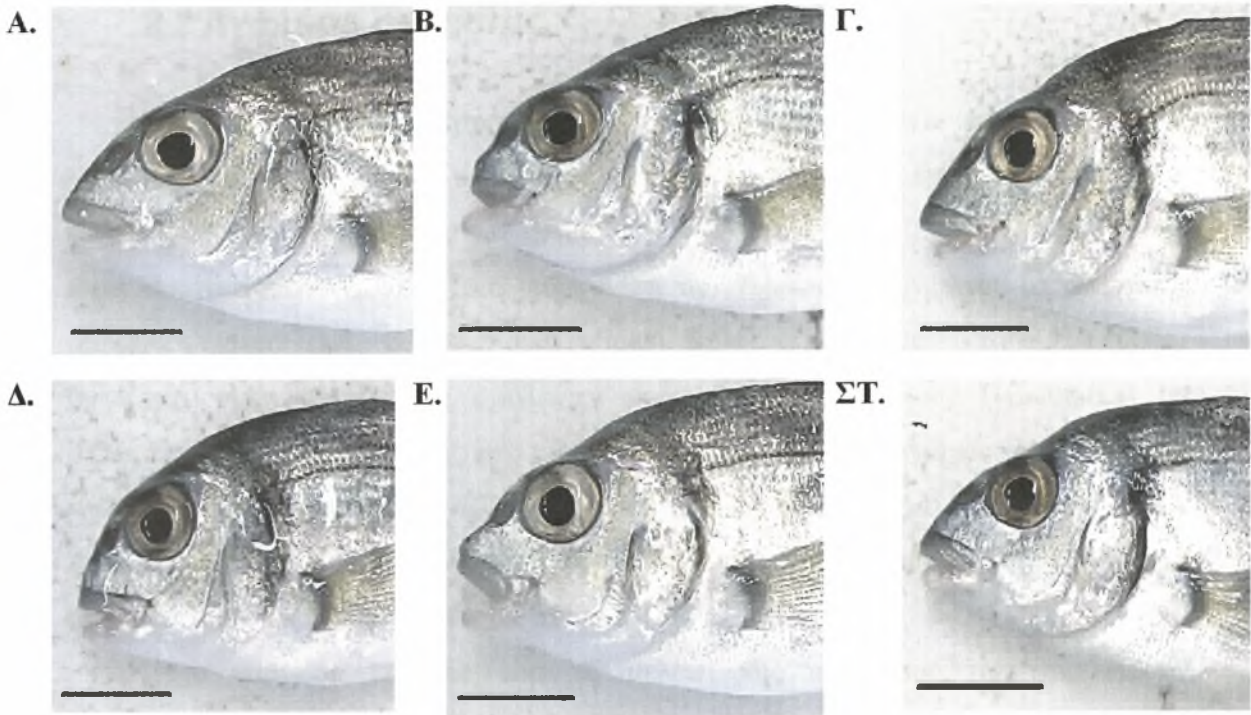
όπου, W2 και W1 το τελικό και αρχικό βάρος (g) του κάθε ατόμου, και Δt το χρονικό διάστημα (ημέρες) μεταξύ των δύο δειγματοληψιών.

Πίνακας 2.1 Αριθμός ατόμων (n) και μέσο τυπικό μήκος (SL) των φαινοτυπικών κατηγοριών που εξετάστηκαν. SD, τυπική απόκλιση.

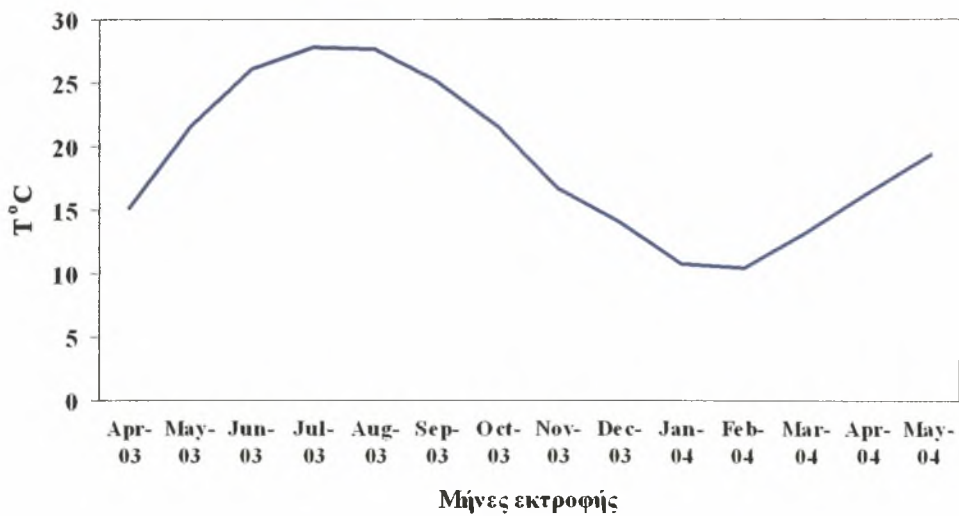
Κατηγορία	Συντομογραφία	SL (cm)	SD	n
Φυσιολογικά	N	9,06	1,21	43
Κοντή κάτω γνάθο	SloJ	8,69	1,25	46
Κοντή άνω γνάθος	SuJ	8,47	1,41	51
«Παπαγαλάκι»	UpJV	7,97	1,26	44
«Κουμπί»	UpJP	8,64	1,42	50
«Λακούβα»	DoC	8,89	1,06	31
Σύνολο				265

Πίνακας 2.2 Αριθμός ατόμων (n) και μέσο βάρος (W) των φαινοτυπικών κατηγοριών που εξετάστηκαν. SD, τυπική απόκλιση.

Κατηγορία	Συντομογραφία	W (g)	SD	n
Φυσιολογικά	N	17,6	8,5	438
Κοντή κάτω γνάθος	SloJ	16,5	7,9	69
Κοντή άνω γνάθος	SuJ	18,4	9,3	36
«Παπαγαλάκι»	UpJV	13,9	6,3	116
«Κουμπί»	UpJP	15,8	7,5	95
Έντονα παραμορφωμένο βραγχιακό επικάλυμμα	OpL	13,9	7,4	102
Ελαφρώς παραμορφωμένο βραγχιακό επικάλυμμα.	OpS	16,4	7,1	128
Saddleback, μερική έλλειψη του ραχιαίου πτερυγίου	Sdlbck	14,9	6,6	96
Σύνολο				1080



Εικόνα 2.1 Φαινοτυπικές κατηγορίες που εξετάστηκαν. Α, φυσιολογικά άτομα. Β, κοντή άνω γνάθος. Γ, κοντή κάτω γνάθος. Δ, «παπαγαλάκι». Ε, «κουμπί». ΣΤ, «λακούβα». Η πλήρης περιγραφή των κατηγοριών δίνεται στο κείμενο. Οι κλίμακες είναι ίσες με 1 cm.

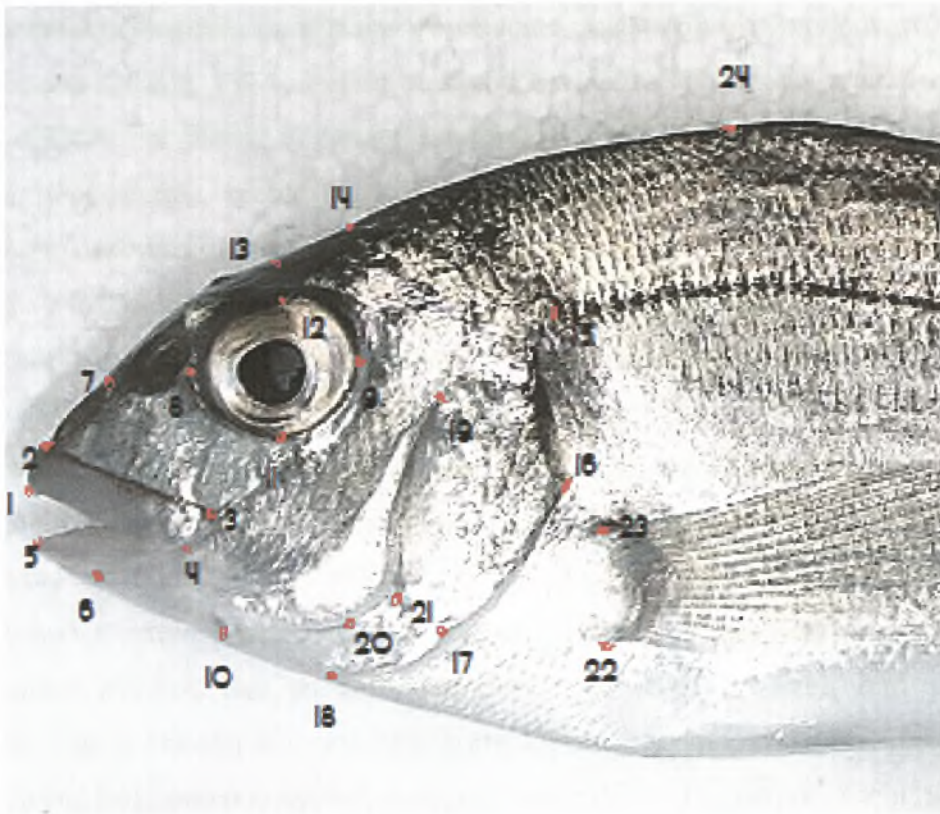


Εικόνα 2.2 Μεταβολή της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της εκτροφής των ψαριών.

2.2 Ανάλυση σχήματος

Η μέθοδος της γεωμετρικής μορφομετρίας αποτελεί κλάδο της μαθηματικής ανάλυσης των σχημάτων και ένα από τα πιο δυναμικά εργαλεία της (Bookstein 1991, Rohlf & Marcus 1993, Bookstein 1996a,b, 1997, Marcus *et al.* 1996). Με τη μέθοδο αυτή πραγματοποιείται η οπτική απεικόνιση των διαφορών σχήματος με πλέγματα παραμορφώσεων (deformation grids ή splines), καθώς και η σύγκρισή τους. Η μέθοδος βασίζεται στην τοποθέτηση ομόλογων μορφομετρικών σημείων (landmarks) σε διακριτές ανατομικές περιοχές στο σώμα των υπό μελέτη οργανισμών με τη βοήθεια κατάλληλου προγράμματος ανάλυσης εικόνας (tpsDig έκδοση 1.19, Rohlf 1996). Κάθε άτομο προβάλλεται σε ένα σύστημα καρτεσιανών συντεταγμένων και έτσι το σχήμα αναπαριστάται με n ζεύγη τιμών (n : αριθμός landmarks).

Στην παρούσα εργασία, για τη μελέτη της επίδρασης των σκελετικών δυσπλασιών στην εξωτερική μορφολογία της τσιπούρας επιλέχθηκαν οι παραπάνω κατηγορίες ψαριών και μελετήθηκαν με τη μέθοδο της γεωμετρικής μορφομετρίας. Για το σκοπό αυτό, στις ψηφιακές φωτογραφίες των διαδοχικών δειγματοληψιών τοποθετήθηκαν 24 ομόλογα μορφομετρικά σημεία (landmarks) σε αντίστοιχες διακριτές ανατομικές περιοχές (Εικ. 2.3), με τη βοήθεια κατάλληλου προγράμματος ανάλυσης εικόνας (tpsDig έκδοση 1.19, Rohlf 1996).



Εικόνα 2.3 Παρουσίαση των 24

μορφομετρικών σημείων που χρησιμοποιήθηκαν. 1, πρόσθιο κοιλιακό όριο του προγναθικού. 2, πρόσθιο νωτιαίο όριο του προγναθικού. 3, οπίσθιο νωτιαίο όριο του γναθικού. 4, οπίσθιο κοιλιακό όριο του γναθικού. 5, πρόσθιο όριο του οδοντικού. 6, κοιλιακό όριο του οδοντικού. 7, πρόσθιο όριο ρώθωνα. 8 & 9, πρόσθιο και οπίσθιο όριο του οφθαλμού, στον επιμήκη άξονα του σώματος. 10, οπίσθιο κοιλιακό όριο του αρθρικού οστού. 11 & 12, κατώτατο και ανώτατο όριο του οφθαλμού. 13, εγγύτερο της ραχιαίας κρανιακής επιφάνειας στο σημείο 12. 14, σημείο τομής της νωτιαίας επιφάνειας του κρανίου με τον κάθετο άξονα που διέρχεται από το σημείο 9. 15, πρόσθιο όριο της πλευρικής γραμμής. 16, οπίσθιο όριο επικαλυμματικού οστού. 17, κοιλιακό όριο επικαλυμματικού οστού, στο σημείο διάκρισής του με το υπο-επικαλυμματικό οστό. 18, σημείο τομής του βραγχιακού επικαλύμματος με τη κοιλιακό προφίλ της κεφαλής. 19, νωτιαίο όριο του προ-επικαλυμματικού. 20, σημείο τομής του προ-επικαλυμματικού με τη γραμμή 18-19. 21, οπίσθιο άνω όριο του προ-επικαλυμματικού. 22 & 23, κοιλιακό και νωτιαίο όριο της βάσης του θωρακικού πτερυγίου. 24, πρόσθιο όριο της βάσης του ραχιαίου πτερυγίου.

Η έννοια του σχήματος στη μορφομετρία είναι ανεξάρτητη από τον προσανατολισμό, το μέγεθος και τη θέση του κάθε δείγματος. Έτσι θα πρέπει να

εξαλειφθούν οι διαφορές μεταξύ των ψαριών που οφείλονται στον προσανατολισμό, το μέγεθος και τη θέση. Για το σκοπό αυτό τοποθετούνται δύο μορφομετρικά σημεία τα οποία ορίζουν την βασική γραμμή (base line). Όλα τα σημεία που χρησιμοποιούνται για τη μορφομετρία επεξεργάζονται με το λογισμικό πρόγραμμα IMP το οποίο αποτελείται από ένα σύνολο εργαλείων για την ανάλυση βιολογικών σχημάτων. Με το λογισμικό IMP κάθε σχήμα αντικατοπτρίζεται (reflection), μεταφράζεται (translation), περιστρέφεται (rotation) με μια γενική μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων (GLS, Rohlf & Slice, 1990, CoordGen6d) με σκοπό την ευθυγράμμισή του με όλα τα υπόλοιπα. Τα μορφομετρικά σημεία κάθε ψαριού, «συντάσσουν» τις Bookstein συντεταγμένες (Bookstein Coordinates) της διαμόρφωσης. Όλες οι παραγόμενες διαμορφώσεις ανάγονται στο ίδιο μέγεθος (scaling) και έτσι δημιουργείται μια μέση διαμόρφωση (consensus) η οποία μπορεί να είναι μέτρο σύγκρισης. Συγχρόνως υπολογίζεται το γεωμετρικό μέγεθος από το κεντροειδές μέγεθος (centroid size), από το οποίο δημιουργείται η διάταξη των διαμορφώσεων. Γίνεται προσδιορισμός του κεντροειδούς σημείου της διαμόρφωσης και στη συνέχεια υπολογίζονται οι αποστάσεις μεταξύ κάθε μορφομετρικού σημείου (landmark) και του κεντροειδούς σημείου. Ακολουθεί ο υπολογισμός του τετραγώνου αυτών των αποστάσεων και το άθροισμά τους. Το κεντροειδές μέγεθος ισούται με την τετραγωνική ρίζα του παραπάνω αθροίσματος (Loy *et al.* 1998).

Μετά την εφαρμογή των ανωτέρω, όλες οι γεωμετρικές διαμορφώσεις βρίσκονται σε έναν πολυδιάστατο χώρο (μη ευκλείδειο), γνωστό ως “Kendall’s shape space” (Kendal 1984). Στη συνέχεια εφαρμόζεται ο αλγόριθμος “thin plate spline”, τόσο στο σύνολο των μορφομετρικών σημείων κάθε δείγματος, καθώς και στη μέση διαμόρφωση. Βάσει αυτής της μεθοδολογίας το ένα δείγμα προσαρμόζεται πάνω στο άλλο αφού υποστεί στρέβλωση (shearing) και τέντωμα (stretching) κατά μήκος του κύριου άξονα του ψαριού (Rohlf, 1990b). Χάρει στις ιδιότητες της λειτουργίας της “thin-plate spline”, τα άτομα που ορίζονται από αυτό το καινούργιο σύνολο μεταβλητών βρίσκονται μέσα στον ευκλείδειο χώρο και μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι κλασσικές πολυπαραγοντικές αναλύσεις. Το σύνολο των καινούργιων μεταβλητών βρίσκονται μέσα στον πίνακα βαρύτητας “weight matrix” (software TpsRelw, έκδοση 1.07).

Οι γραμμές του πίνακα βαρύτητας αντιπροσωπεύουν το κάθε άτομο και οι στήλες τις νέες μεταβλητές. Οι στήλες ονομάζονται “partial warps” και αντιπροσωπεύουν μη ομοιόμορφες μεταβλητές (non uniform components) του σχήματος. Οι δύο τελευταίες

στήλες του πίνακα αντιπροσωπεύουν τις ομοιόμορφες μεταβλητές του σχήματος (uniform components). Ο συνδυασμός ανάμεσα στις μη ομοιόμορφες μεταβλητές και ομοιόμορφες μεταβλητές, περιγράφει οποιαδήποτε μεταβολή του σχήματος. Οι ομοιόμορφες μεταβλητές αφορούν την στρέβλωση, τη συμπίεση και το τέντωμα ολόκληρου του σχήματος (του συνόλου των landmarks) προς την ίδια κατεύθυνση (δηλαδή αλλαγές στο σχήμα μετά τις οποίες οι παράλληλες γραμμές παραμένουν παράλληλες), ενώ οι μη ομοιόμορφες περιγράφουν τοπικές μεταβολές του σχήματος (ενός μόνο landmark) που οφείλονται σε διαφορές μεμονωμένων μορφομετρικών σημείων σε σχέση με τη μέση διαμόρφωση. Ο πίνακας βαρύτητας έχει το πλεονέκτημα ότι αποθηκεύει κατά κάποιο τρόπο όλες τις αρχικές πληροφορίες των υπό μελέτη σχημάτων (Rohlf 1990b) και χρησιμοποιείται για τη μελέτη των αποτελεσμάτων της ανάλυσης του σχήματος σε δια-πληθυσμιακό επίπεδο.

Οι διαφορές στο σχήμα αναπαρίστανται με τη χρήση πλεγμάτων παραμόρφωσης (deformation grids), ή διανυσματικών διαγραμμάτων (σε κάθε landmark αντιστοιχεί ένα διάνυσμα). Οι αρχικές πληροφορίες που περιέχονται στα αρχικά σχήματα δεν χάνονται, εκτός από την περιστροφή, τη μετάφραση και το κεντροειδές μέγεθος. Οι δύο πρώτες δεν έχουν καμιά βιολογική σημασία (Loy *et al.* 1998), ενώ το κεντροειδές μέγεθος μπορεί να αναλυθεί ανεξάρτητα.

Με τη μέθοδο της γεωμετρικής μορφομετρίας αναλύθηκε το σχήμα του σώματος των ψαριών και βρέθηκαν οι διαφορές σχήματος συνολικά για όλες τις κατηγορίες των δυσπλασιών. Στον πίνακα βαρύτητας “weight matrix” (software TpsRelw, έκδοση 1.07) όπως αναφέρθηκε παραπάνω βρίσκονται όλες οι καινούργιες ομοιόμορφες και μη ομοιόμορφες μεταβλητές που μελετήσαμε. Οι πίνακες βαρύτητας λήφθηκαν για το σύνολο των ατόμων με τα 24 μορφομετρικά σημεία. Επίσης λήφθηκαν οι πίνακες βαρύτητας για όλα τα ζεύγη κάθε παραμόρφωσης με τα φυσιολογικά άτομα.

2.3 Στατιστική επεξεργασία

Τα δεδομένα των παραπάνω πινάκων βαρύτητας με τις ομοιόμορφες και μη ομοιόμορφες μεταβλητές επεξεργάστηκαν με τη βοήθεια του λογισμικού πακέτου Statistica (έκδοση 6.0) και πραγματοποιήθηκε ανάλυση διαχωρισμού (Discriminant analysis). Στην συνέχεια έγινε μια ανάλυση κανονικών μεταβλητών (Canonical Variate

Analysis) και λήφθηκαν διαγράμματα διασποράς των κανονικών μεταβλητών στα οποία διαχωρίστηκαν οι διαφορετικές κατηγορίες.

Οι διαφορές στο σχήμα αναπαρίστανται με την βοήθεια των πλεγμάτων παραμορφώσεων ή των διανυσματικών διαγραμμάτων. Ουσιαστικά είναι η οπτική απεικόνιση των διαφορών σχήματος κατά μήκος των κανονικών μεταβλητών (software TrpRegw, Rohlf, έκδοση 1.07). Τα τόξα των πλεγμάτων αυτών αντιστοιχούν στα σημεία που χρησιμοποιήθηκαν για τη μορφομετρία και δείχνουν που επικεντρώνονται οι διαφορές σχήματος σε σχέση με τη μέση διαμόρφωση (consensus), καθώς και την κατεύθυνση αυτών.

Η στατιστική επεξεργασία της επίδρασης των παραμορφώσεων στο βάρος του σώματος και στο ρυθμό αύξησής του (SGR) πραγματοποιήθηκε με ANOVA και Bonferroni δοκιμή, αφού εξετάσθηκε η προϋπόθεση της κανονικότητας των δεδομένων και της ομοιογένειας διασπορών. Όπου δεν ίσχυαν οι προϋποθέσεις για τον έλεγχο ANOVA, εφαρμόσθηκαν τα μη παραμετρικά Kruskal-Wallis και Mann-Whitney U-test (Zar 1999).

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Επίδραση των σκελετικών παραμορφώσεων στο σχήμα του σώματος.

Για να διερευνηθεί ο βαθμός επίδρασης των διαφορετικών σκελετικών παραμορφώσεων στο σχήμα του σώματος των ψαριών, συγκρίθηκαν οι έξι φαινοτυπικές κατηγορίες μεταξύ τους. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης διαχωρισμού, έδειξαν ότι και οι πέντε διαφορετικές παραμορφώσεις που εξετάστηκαν επέδρασαν σημαντικά στο σχήμα του σώματος (Wilks' $\lambda=0,00573$, $p<0,001$), με την SuJ να παρουσιάζει την μεγαλύτερη απόσταση από τα φυσιολογικά άτομα και τις SloJ και DoC τη μικρότερη (Εικόνα 3.1, Πίνακας 3.1).

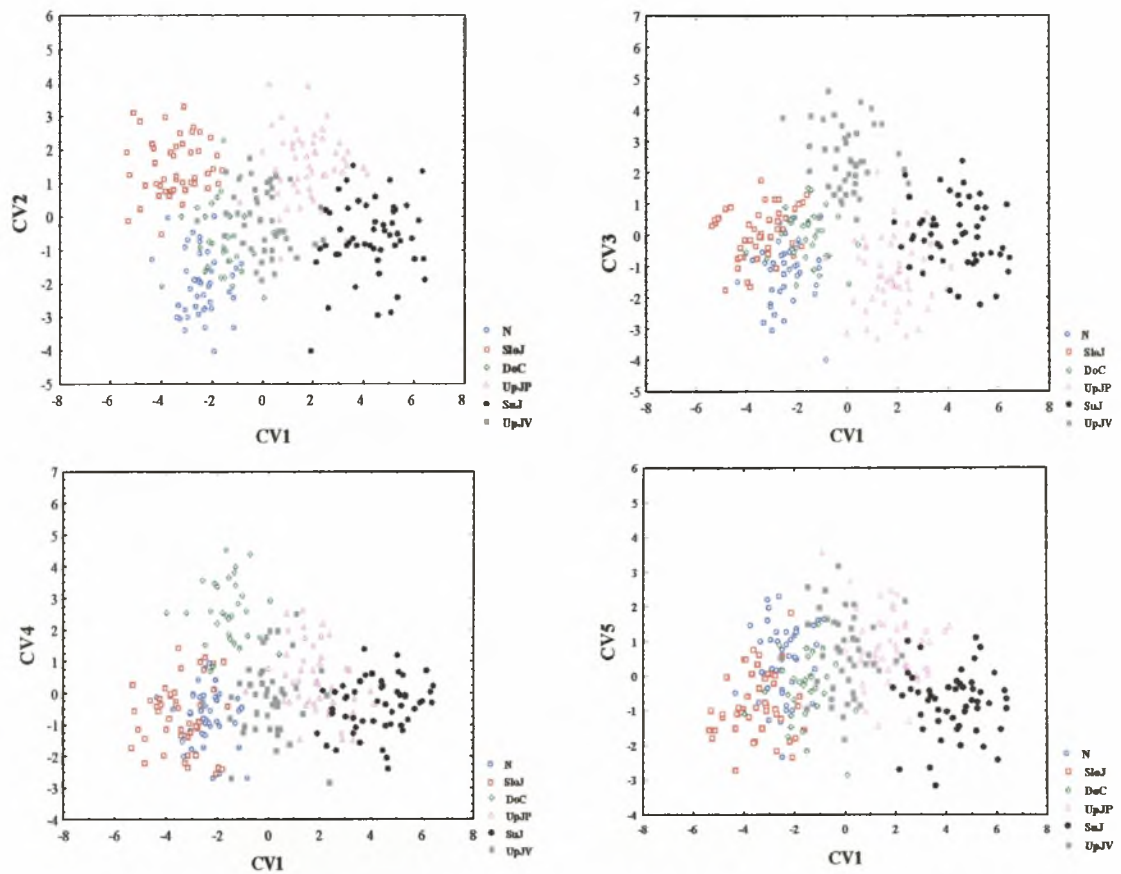
Από τη γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων της Ανάλυσης Κανονικών Μεταβλητών (Εικ 3.1) φαίνεται ότι οι φαινοτυπικές κατηγορίες που επιδρούν σε σημαντικό βαθμό στο σχήμα του σώματος ως προς τις συνιστώσες CV1 και CV2 και διαχωρίζονται από τις υπόλοιπες κατηγορίες είναι τρεις (SloJ, SuJ και η UpJP). Αντίθετα οι δύο κατηγορίες (UpJV, DoC) παρουσιάζουν έντονη αλληλοεπικάλυψη τόσο μεταξύ τους όσο και με την κατηγορία N και δεν επιδρούν στο σχήμα του σώματος. Οι δύο τελευταίες κατηγορίες είναι πιο κοντά στα φυσιολογικά πρότυπα.

Η ανάλυση της επίδρασης της κάθε σκελετικής δυσπλασίας ξεχωριστά (κατά ζεύγος σύγκριση της κάθε δυσπλασίας με το φυσιολογικό φαινότυπο), επιβεβαίωσε την σημαντικότητα της επίδρασης των δυσπλασιών στο σχήμα του σώματος (Πίνακας 3.2), καθιστώντας παράλληλα δυνατή την οπτική απεικόνιση των ανατομικών περιοχών που επηρεάζονται σε κάθε περίπτωση.

Πίνακας 3.1 Ταξινόμηση των φαινοτυπικών κατηγοριών που εξετάστηκαν σύμφωνα με τα τετράγωνα των αποστάσεων Mahalanobis. Οι αστερίσκοι υποδεικνύουν τη στατιστική σημαντικότητα κάθε απόστασης. ***, $p<0,001$. N, φυσιολογικά άτομα. SloJ, κοντή κάτω γνάθος. DoC, «λακούβα». UpJP, «κουμπί». SuJ, κοντή άνω γνάθος. UpJV, «παπαγαλάκι».

	N	SloJ	DoC	UpJP	SuJ	UpJV
N		16,6	16,0	32,4	51,0	23,6
SloJ	***		19,5	33,6	66,2	23,4
DoC	***	***		25,2	44,6	18,2
UpJP	***	***	***		15,7	19,9
SuJ	***	***	***	***		27,2
UpJV	***	***	***	***	***	



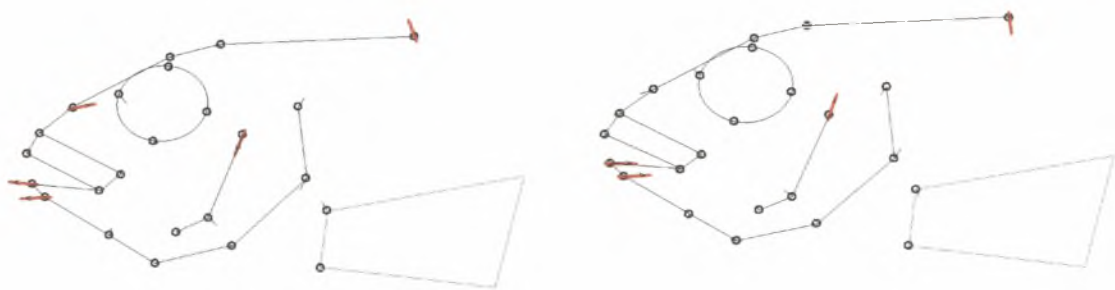
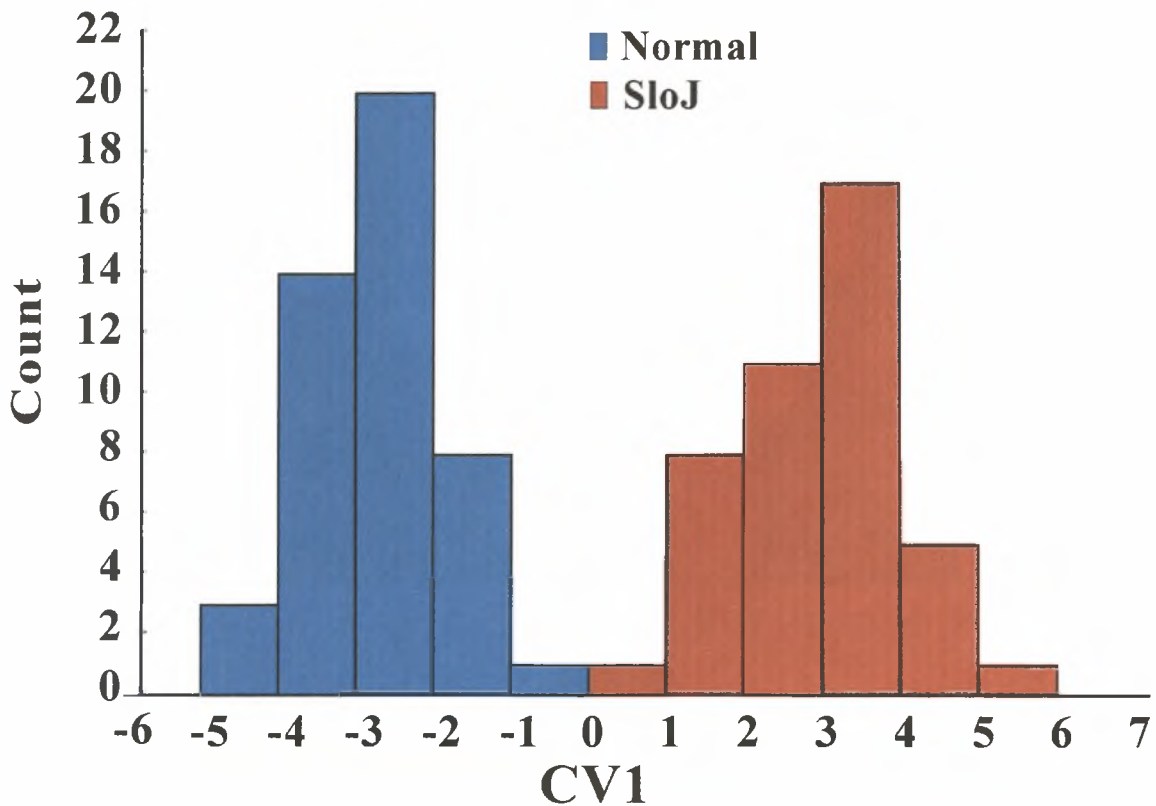


Εικόνα 3.1 Επίδραση του κρανιακών δυσπλασιών στο σχήμα της κεφαλής της τσιπούρας. CV1-CV5, 1^η ως 5^η κανονική μεταβλητή. N, φυσιολογικά άτομα. SloJ, κοντή κάτω γνάθος. DoC, «λακούβα». UpJP, «κουμπί». SuJ, κοντή άνω γνάθος. UpJV, «παπαγαλάκι». Αναλυτική παρουσίαση των σκελετικών δυσπλασιών δίνεται στο κεφάλαιο 2.

Πίνακας 3.2 Στατιστική σημαντικότητα των διαφορών σχήματος μεταξύ των διαφόρων τύπων σκελετικών δυσπλασιών και των φυσιολογικών ατόμων. N, φυσιολογικά άτομα. SloJ, κοντή κάτω γνάθος. DoC, «λακούβα». UpJP, «κουμπί». SuJ, κοντή άνω γνάθος. UpJV, «παπαγαλάκι». Αναλυτική παρουσίαση των σκελετικών δυσπλασιών δίνεται στο κεφάλαιο 2.

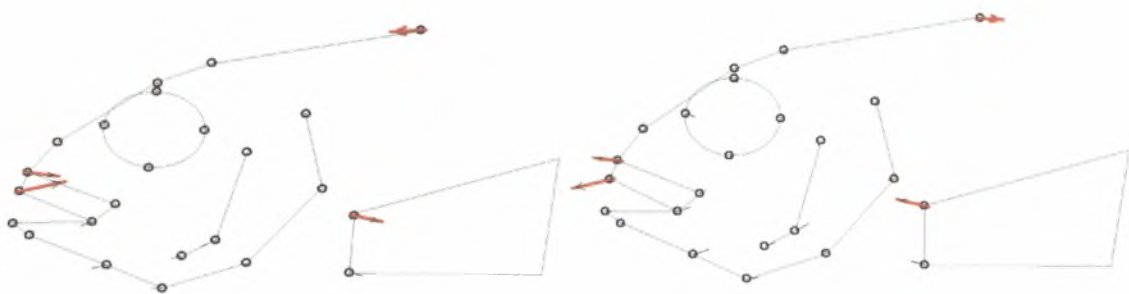
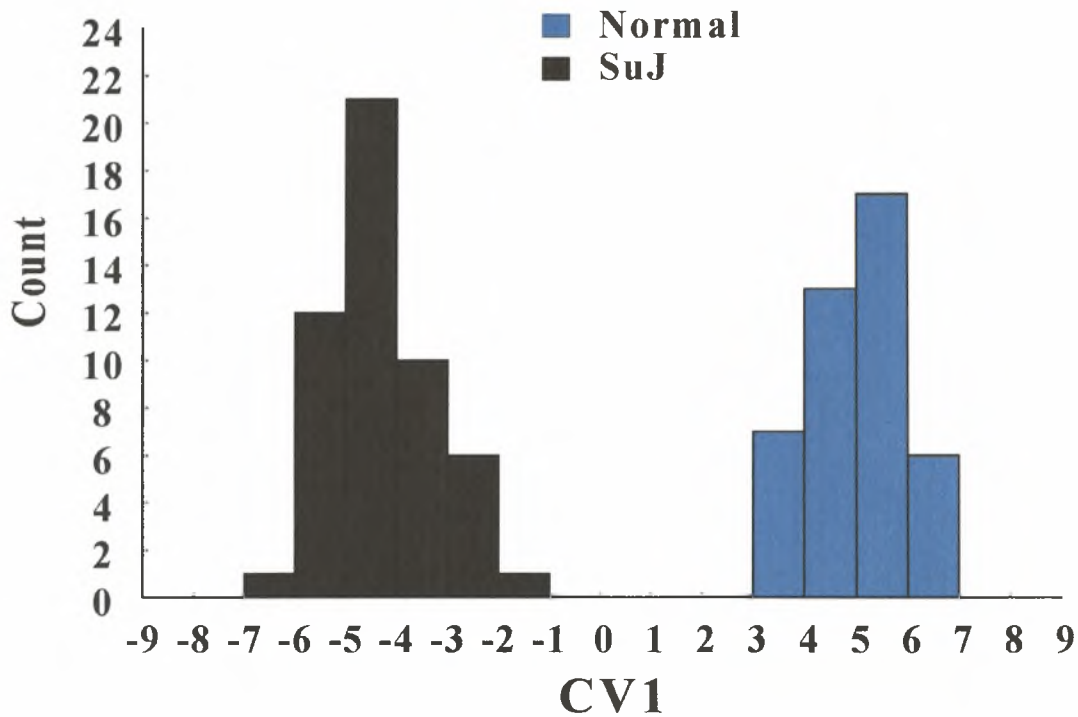
Ζεύγη	Wilks' λ	p
N-SloJ	0,108	<0,001
N-SuJ	0,430	<0,001
N-UpJV	0,831	<0,001
N-UpJP	0,081	<0,001
N-DoC	0,985	<0,001

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της γεωμετρικής μορφομετρίας, τα άτομα με κοντή κάτω γνάθο (SloJ) διέφεραν σημαντικά από τα φυσιολογικά (Wilks' $\lambda=0,108$, $P<0,001$) (Εικόνα 3.2). Τα πλέγματα συνιστωσών δυνάμεων έδειξαν ότι οι κύριες μεταβολές σχήματος από την SloJ δυσπλασία εστιάζονται στην οπίσθια μετατόπιση του πρόσθιου τμήματος του οδοντικού οστού (σημεία 5 και 6), στην πρόσθια μετατόπιση του πρόσθιου ορίου του ρώθωνα (σημείο 7), στη ραχιαία μετατόπιση του άνω ορίου του προεπικαλυμματικού οστού (σημείο 19) και στην πρόσθια μετατόπιση της πρόσθιας βάσης του ραχιαίου πτερυγίου (σημείο 24) (Εικόνα 3.2).



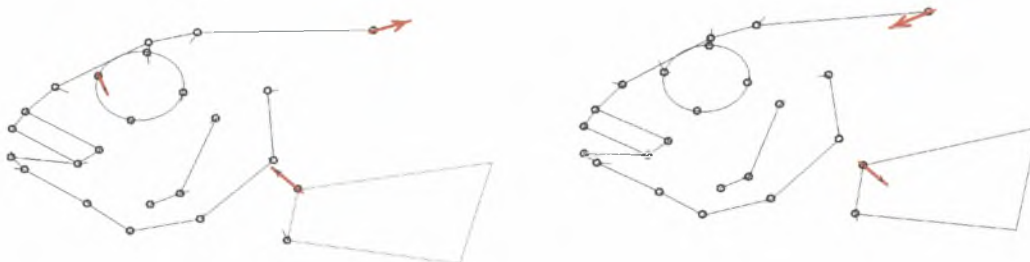
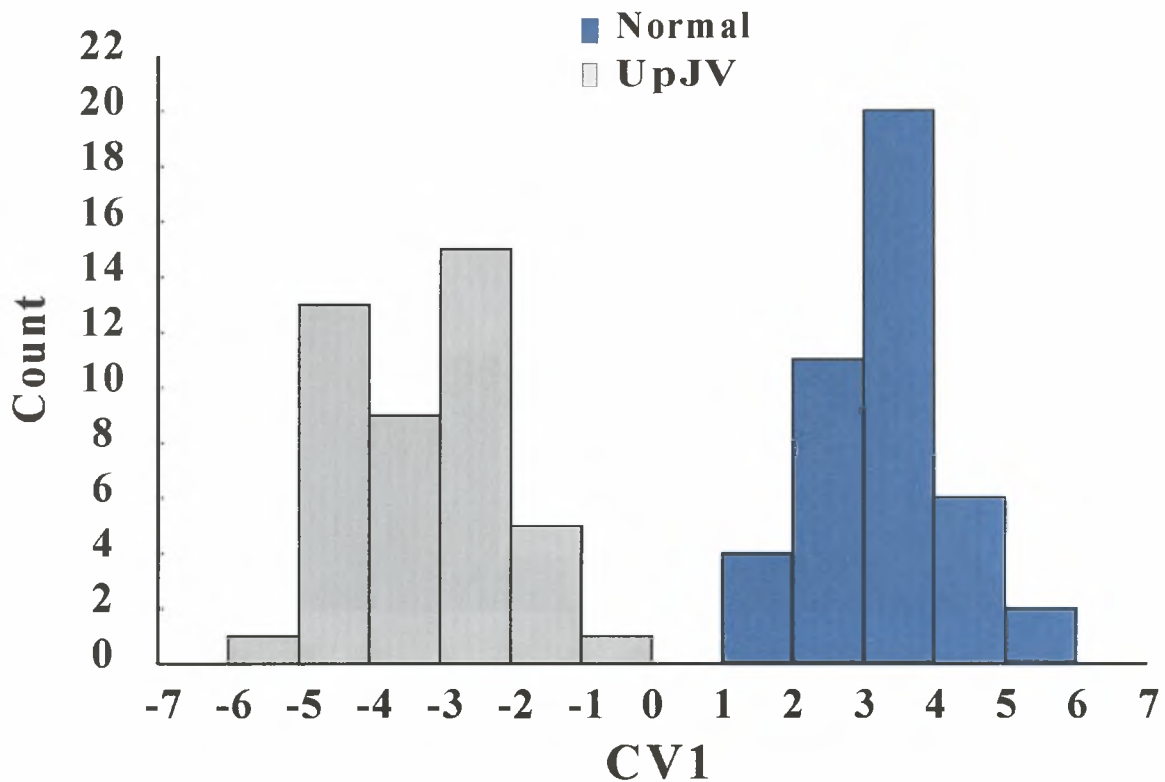
Εικόνα 3.2 Κατανομή συχνοτήτων των φυσιολογικών (N) ατόμων και των ατόμων με κοντή κάτω γνάθο (SloJ) κατά μήκος της 1^{ης} κανονικής μεταβλητής (CV1). Τα πλέγματα συνιστωσών δυνάμεων δίνουν τη μεταβολή σχήματος κατά μήκος της CV1.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της γεωμετρικής μορφομετρίας τα άτομα με κοντή άνω γνάθο (SuJ), διέφεραν σημαντικά από τα φυσιολογικά (Wilks' $\lambda=0,430$, $P<0,001$) (Εικόνα. 3.3). Τα πλέγματα συνιστωσών δυνάμεων έδειξαν ότι οι κύριες μεταβολές σχήματος από την SuJ δυσπλασία εστιάζονται στην οπίσθια μετατόπιση του πρόσθιου τμήματος του προγναθικού οστού (σημεία 1 και 2), στην οπίσθια μετατόπιση του νωτιαίου ορίου της βάσης του θωρακικού πτερυγίου (σημείο 23) και στην πρόσθια μετατόπιση της πρόσθιας βάσης του ραχιαίου πτερυγίου (σημείο 24) (Εικόνα 3.3).



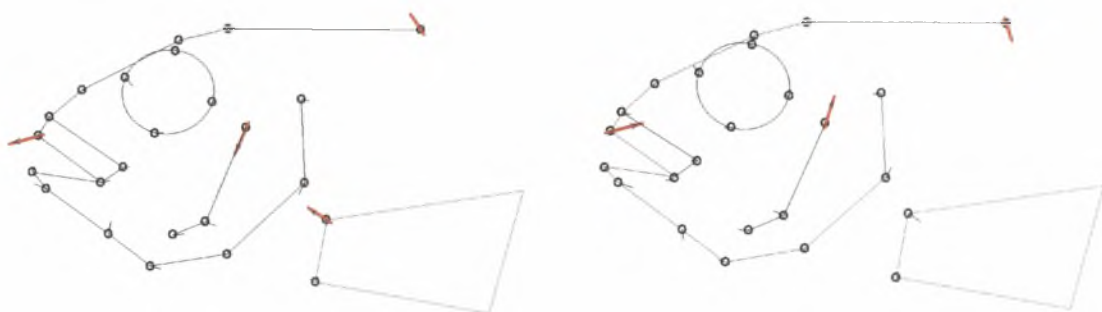
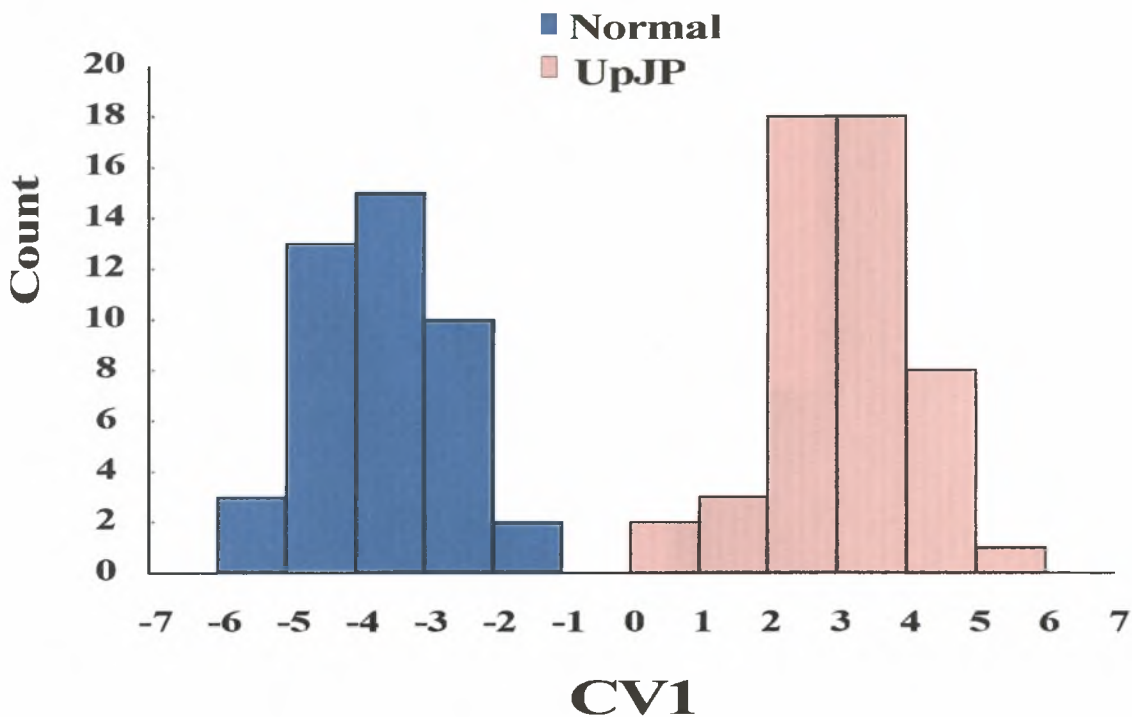
Εικόνα 3.3 Κατανομή συχνοτήτων φυσιολογικών (N) ατόμων και των ατόμων με κοντή άνω γνάθο (SuJ) κατά μήκος της 1^{ης} κανονικής μεταβλητής (CV1). Τα πλέγματα συνιστωσών δυνάμεων δίνουν τη μεταβολή σχήματος κατά μήκος της CV1.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της γεωμετρικής μορφομετρίας, τα άτομα της φαινοτυπικής κατηγορίας «παπαγαλάκι» (UpJV), διέφεραν σημαντικά από τα φυσιολογικά (Wilks' $\lambda=0,831$, $P<0,001$) (Εικόνα 3.4). Τα πλέγματα συνιστωσών δυνάμεων έδειξαν οι κύριες μεταβολές σχήματος από την UpJV δυσπλασία εστιάζονται στην κοιλιακή μετατόπιση του πρόσθιου ορίου του οφθαλμού (σημείο 8), στη οπίσθια μετατόπιση του νωπιαίου ορίου της βάσης του θωρακικού πτερυγίου (σημείο 23) και στην πρόσθια μετατόπιση της πρόσθιας βάσης του ραχιαίου πτερυγίου (σημείο 24) (Εικόνα 3.4).



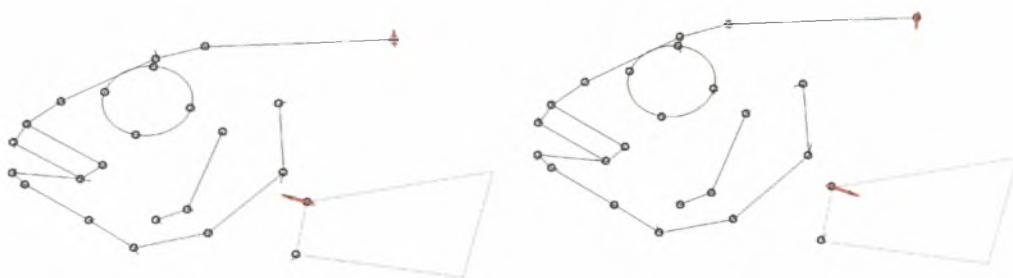
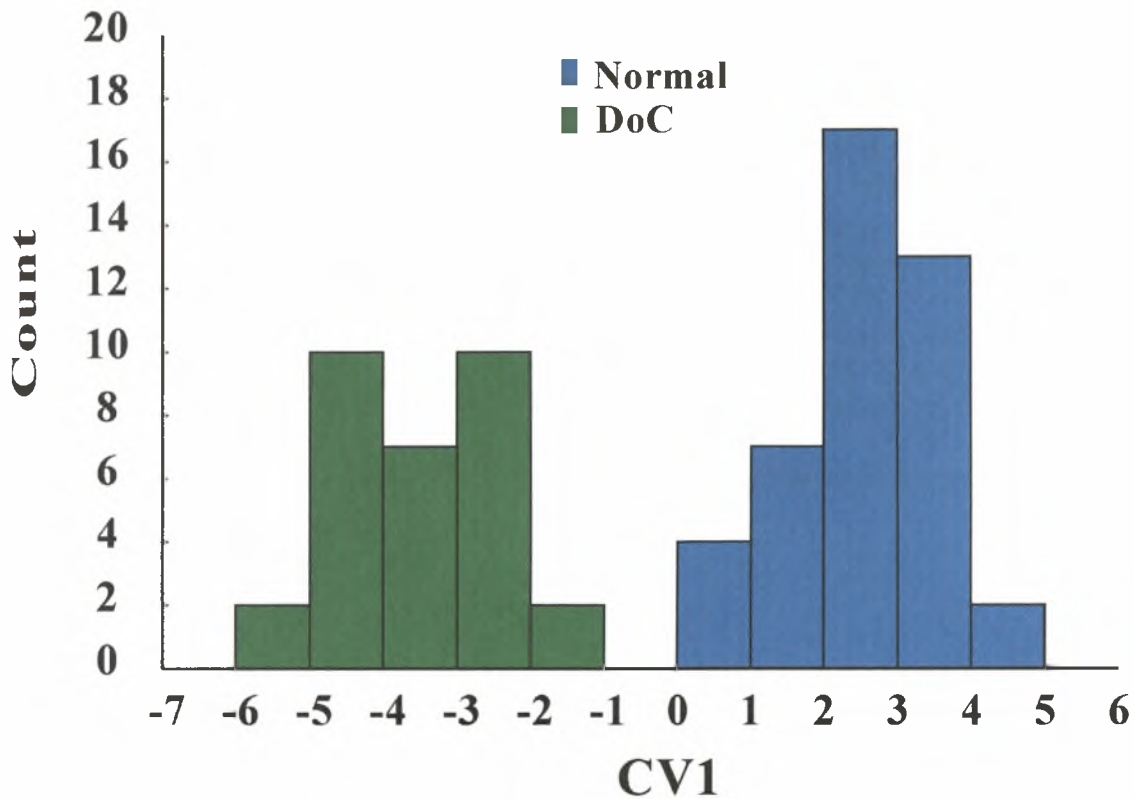
Εικόνα 3.4 Κατανομή συχνοτήτων των φυσιολογικών (N) ατόμων και των ατόμων με «παπαγαλάκι» (UpJV) κατά μήκος της 1^{ης} κανονικής μεταβλητής (CV1). Τα πλέγματα συνιστωσών δυνάμεων δίνουν τη μεταβολή σχήματος κατά μήκος της CV1.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της γεωμετρικής μορφομετρίας, τα άτομα της φαινοτυπικής κατηγορίας «κουμπί» (UpJP), διέφεραν σημαντικά από τα φυσιολογικά (Wilks' $\lambda=0,081$, $P<0,001$) (Εικόνα 3.5). Τα πλέγματα συνιστωσών δυνάμεων έδειξαν οι κύριες μεταβολές σχήματος από την UpJP δυσπλασία εστιάζονται στην οπίσθια μετατόπιση του πρόσθιου ορίου του προγναθικού οστού (σημείο 1), στη ραχιαία μετατόπιση του άνω ορίου του προ-επικαλυμματικού οστού (σημείο 19) και στην πρόσθια μετατόπιση της πρόσθιας βάσης του ραχιαίου περυγίου (σημείο 24) (Εικόνα 3.5).



Εικόνα 3.5 Κατανομή συχνοτήτων των φυσιολογικών (N) ατόμων και των ατόμων με «κουμπί» (UpJP) κατά μήκος της 1^{ης} κανονικής μεταβλητής (CV1). Τα πλέγματα συνιστωσών δυνάμεων δίνουν τη μεταβολή σχήματος κατά μήκος της CV1.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της γεωμετρικής μορφομετρίας, τα άτομα της φαινοτυπικής κατηγορίας «λακούβα» (DoC), διέφεραν σημαντικά από τα φυσιολογικά (Wilks' $\lambda=0,985$, $P<0,001$) (Εικόνα 3.6). Τα πλέγματα συνιστωσών δυνάμεων έδειξαν οι κύριες μεταβολές σχήματος από την DoC δυσπλασία εστιάζονται στη οπίσθια μετατόπιση του νωτιαίου ορίου της βάσης του θωρακικού πτερυγίου (σημείο 23) και στη πρόσθια μετατόπιση της πρόσθιας βάσης του ραχιαίου πτερυγίου (σημείο 24) (Εικόνα 3.6).



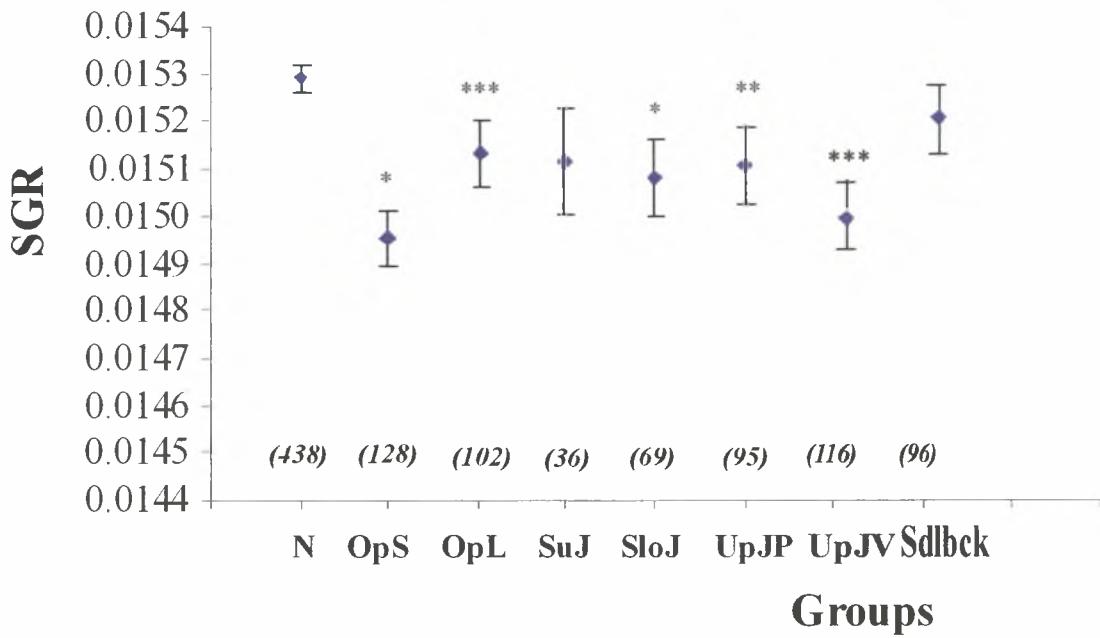
Εικόνα 3.6 Κατανομή συχνοτήτων των φυσιολογικών (N) ατόμων και των ατόμων με «λακούβα» (DoC) κατά μήκος της 1^{ης} κανονικής μεταβλητής (CV1). Τα πλέγματα συνιστωσών δυνάμεων δίνουν τη μεταβολή σχήματος κατά μήκος της CV1.

3.2 Επίδραση των σκελετικών δυσπλασιών στο ρυθμό αύξησης του σωματικού βάρους.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι σκελετικές δυσπλασίες επιδρούν σημαντικά στο ρυθμό αύξησης. Συγκεκριμένα από τις επτά κατηγορίες που εξετάστηκαν οι πέντε (OpS, OpL, SloJ, UpJP, UpJV) μείωσαν σημαντικά το SGR ($p < 0,05$) ενώ οι δύο (SuJ, Sdlbck) δεν είχαν καμία επίδραση (Πίνακας 3.3, Εικόνα 3.7).

Πίνακας 3.3 Μέσο βάρος των διαφόρων φαινοτυπικών κατηγοριών τσιπούρας στην ηλικία των 342 (W_1) και 578 (W_2) ημερών μετά την εκκόλαψη. Σε παρένθεση δίνεται η τυπική απόκλιση (SD). N, φυσιολογικά άτομα. SloJ, κοντή κάτω γνάθος. SuJ, κοντή άνω γνάθος. UpJV, «κουμπί». UpJP, «παπαγαλάκι». OpL, έντονη δυσπλασία του βραγχιακού επικαλύμματος. OpS, ελαφριά δυσπλασία του βραγχιακού επικαλύμματος. Sdlbck, μερική έλλειψη του ραχιαίου πτερυγίου. n, ο αριθμός των ατόμων κάθε φαινότυπου. SGR_{2-1} , ο ειδικός ρυθμός αύξησης του σωματικού βάρους στο ηλικιακό εύρος 342-578 ημερών μετά την εκκόλαψη. Οι αστερίσκοι υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές του μέσου από αυτόν των φυσιολογικών ατόμων. *, $p < 0,05$. **, $p < 0,01$. ***, $p < 0,001$. Αναλυτική παρουσίαση των υπόλοιπων σκελετικών δυσπλασιών δίνεται στο κεφάλαιο 2.

Φαινότυπος	W_1 (g)	W_2 (g)	n	SGR_{2-1}
N	17,6 (8,5)	363,6 (79,7)	438	0,0153 (0,0006)
SloJ	16,5 (7,9)	343,6 (98,7) **	69	0,0151 (0,0008) *
SuJ	18,4 (9,3)	365,5 (82,8)	36	0,0153 (0,0006)
UpJV	13,9 (6,3) ***	320,6 (78,6) ***	116	0,0149 (0,0007) ***
UpJP	15,8 (7,5) *	356,7 (254,2) ***	95	0,0151 (0,0009) **
OpL	13,9 (7,4) ***	314,7 (94,5) ***	102	0,0153 (0,0008) ***
OpS	16,4 (7,1)	326,7 (80,1) **	128	0,0151 (0,0007) *
Sdlbck	14,9 (6,6) **	357,6 (65,5) *	96	0,0152 (0,0006)



Εικόνα 3.7 Γραφική παράσταση της επίδρασης των επτά φαινοτυπικών κατηγοριών που εξετάστηκαν στο ρυθμό αύξησης (SGR).

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1 Σκελετικές παραμορφώσεις

Η πλειονότητα των μορφολογικών αποκλίσεων των εκτρεφόμενων ιχθύων από το φυσιολογικό πρότυπο οφείλεται σε σκελετικές παραμορφώσεις. Στη Μεσογειακή θαλάσσια ιχθυοκαλλιέργεια, οι τελευταίες αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα ποιότητας του προϊόντος, με σημαντικές συνέπειες για την παραγωγικότητα των ιχθυογεννητικών σταθμών (Boglione *et al.* 2001, Koumoundouros *et al.* 1995, Koumoundouros *et al.* 1997a, Koumoundouros *et al.* 1997b, Koumoundouros *et al.* 2001b, Loy *et al.* 2000, Koumoundouros *et al.* 2004). Αν και οι σκελετικές παραμορφώσεις προσβάλλουν κατά μέσο όρο το 7-20% των εκτρεφόμενων ιχθυδίων, φθάνοντας περιστασιακά μέχρι και το 100%, (Koumoundouros and Georgakopoulou, submitted for publication), η μέχρι σήμερα μελέτη τους περιορίζεται στην οντογένεσή τους ή/και σε ελάχιστους και μεμονωμένους γενεσιουργούς παράγοντες. Χαρακτηριστικό είναι ότι από το σύνολο των σκελετικών δυσπλασιών, μόνο η προ-αιματική λόρδωση θεωρείται πλήρως μελετημένη, τόσο ως προς τους γενεσιουργούς παράγοντες (απουσία λειτουργικής νηκτική κύστης στα ιχθύδια), όσο και ως προς τη μέθοδο για την πρόωμη διάγνωση της, αλλά και για τη μαζική/αυτοματοποιημένη απομάκρυνση των παραμορφωμένων ατόμων από τους πληθυσμούς (μέθοδος υψηλής αλατότητας, Chatain 1986, 1987, 1994a, Chatain & Qunais-Guschmann 1990). Ως προς τις υπόλοιπες δυσπλασίες, η αιματική λόρδωση θεωρείται επαρκώς μελετημένη σε επίπεδο γενεσιουργών παραγόντων (κολυμβητική δραστηριότητα και ανισόρροπη ανάπτυξη του μυϊκού και σκελετικού συστήματος, Divanach *et al.* 1997, Kihara *et al.* 2002, Sfakianakis *et al.* 2004b) και επίδρασης της στο σχήμα του σώματος (Sfakianakis *et al.* 2006a), αλλά όχι και ως προς τη μέθοδο για τη μαζική διαλογή των παραμορφωμένων ατόμων. Αντίθετα, οι γνώσεις μας για τις υπόλοιπες δυσπλασίες θεωρούνται συγκριτικά περιορισμένες.

Η περίπτωση της λόρδωσης υποδεικνύει ότι η επίλυση του προβλήματος των σκελετικών δυσπλασιών απαιτεί τόσο τον προσδιορισμό των γενεσιουργών παραγόντων (προϋποθέτει τον προσδιορισμό των εμπλεκόμενων ανατομικών δομών και των σχετικών αναπτυξιακών σταδίων), όσο και την ανάπτυξη μεθόδων μαζικής διαλογής των παραμορφωμένων ατόμων με βάση κατάλληλα μορφολογικά κριτήρια διάκρισης των ελαφριών εσωτερικών αλλοιώσεων από εκείνες με σημαντικές

επιπτώσεις στον εξωτερικό φαινότυπο του ψαριού (Koumoundouros *et al.* 1997a, Koumoundouros *et al.* 2001a, Boglione *et al.* 2003, Sfakianakis *et al.* 2003, Sfakianakis *et al.* 2006a). Στο πλαίσιο αυτών των ερευνητικών προτεραιοτήτων, η παρούσα εργασία μελέτησε την επίδραση των κρανιακών παραμορφώσεων στο σχήμα του σώματος της τσιπούρας, με στόχο αφενός τη δημιουργία μιας κλίμακας ποιότητας και αφετέρου τον προσδιορισμό των ανατομικών περιοχών που επηρεάζονται από κάθε δυσπλασία. Εφαρμόστηκε η μέθοδος της γεωμετρικής μορφομετρίας, η οποία έχει μέχρι σήμερα αποδειχθεί αποτελεσματική για την ποσοτικοποίηση των επιδράσεων της λórdωσης (*Dicentrarchus labrax*, Sfakianakis *et al.* 2006a), της μερικής έλλειψης του ραχιαίου πτερυγίου (*Epinephelus akaara*, Setiadi *et al.* 2006) και του «κοντού» βραγχιακού επικαλύμματος (τσιπούρα, Verhaegen *et al.* 2007) στο σχήμα του σώματος των ιχθυδίων.

4.2 Επίδραση των κρανιακών παραμορφώσεων στο σχήμα του σώματος

Στις κρανιακές παραμορφώσεις περιλαμβάνονται οι δυσπλασίες του βραγχιακού επικαλύμματος και των γνάθων, οι οποίες και αναπτύσσονται στην πρόιμη νυμφική φάση (Koumoundouros *et al.* 1997b, Gavaia *et al.* 2002). Οι παραμορφώσεις του βραγχιακού επικαλύμματος οφείλονται σε αλλοιώσεις των οστών της επικαλυμματικής σειράς και των βραγχιοστεγών ακτίνων (Koumoundouros *et al.* 1997b), και μπορούν εύκολα να κατηγοριοποιηθούν ανάλογα με την επίδρασή τους στον εξωτερικό φαινότυπο των ιχθυδίων (Verhaegen *et al.* 2007). Η γεωμετρική ανάλυση της δυσπλασίας του βραγχιακού επικαλύμματος στην τσιπούρα έδειξε ότι εκτός από τα άμεσα εμπλεκόμενα οστά, η δυσπλασία επηρεάζει σημαντικά και τα οστά του γναθικού τόξου (Verhaegen *et al.* 2007). Σχετικά με τους αιτιολογικούς παράγοντες που προκαλούν τις κρανιακές παραμορφώσεις, στο λαβράκι έχει δειχθεί ότι σημαντικός είναι ο ρόλος της διατροφικής περίσσειας βιταμίνης Α, και της διατροφικής περίσσειας ή απουσίας των n-3 PUFA (EPA,DHA) (Villeneuve *et al.* 2005a, Villeneuve *et al.* 2005b, Villeneuve *et al.* 2006).

Για πρώτη φορά στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η επίδραση των δυσπλασιών των γνάθων στο σχήμα της κεφαλής των ιχθυδίων τσιπούρας. Τα

αποτελέσματα έδειξαν ότι σε όλες τις διαφορετικές περιπτώσεις που εξετάστηκαν (SloJ, SuJ, UpJP, UpJV, DoC, Εικόνα 2.1), η επίδραση των δυσπλασιών στο σχήμα του σώματος είναι σημαντική και παρουσιάζει συνεχή διαβάθμιση, επιτρέποντας τη δημιουργία μιας κλίμακας ποιότητας με βάση την απόσταση των παραμορφωμένων από τα φυσιολογικά άτομα κατά μήκος των μεταβλητών της γεωμετρικής ανάλυσης. Τα αποτελέσματα αυτά θα μπορούσαν να αποτελέσουν τη βάση για την ανάπτυξη αυτοματοποιημένων μεθόδων διαλογής των παραμορφωμένων ατόμων, με χρήση συστημάτων ψηφιακής αναγνώρισης αντικειμένων. Σε μια τέτοια προσέγγιση, σημαντική θα ήταν η μελέτη της εξέλιξης του σχήματος μεταξύ του σταδίου των ιχθυδίων (αντικείμενο παρούσας εργασίας) και των ατόμων εμπορεύσιμου μεγέθους.

Προηγούμενες εργασίες για την επίδραση των παραμορφώσεων στο σχήμα του σώματος αποδεικνύουν ότι δεν επηρεάζονται μόνο τα οστά που εμπλέκονται άμεσα σε κάθε δυσπλασία, αλλά αλλοιώνεται και η θέση και των γειτονικών οστών. Στην περίπτωση της δυσπλασίας του βραγχιακού επικαλύμματος στην τσιπούρα για παράδειγμα, εκτός των οστών της επικαλυμματικής σειράς, επηρεάζονται σημαντικά και η θέση ή/και το σχήμα των οστών του γναθικού τόξου (Verhaegen *et al.* 2007). Παρόμοια, στην παρούσα εργασία δείχθηκε ότι εκτός των άμεσα εμπλεκόμενων οστών (προγναθικό, γναθικό, οδοντικό), στις SloJ, SuJ και UpJP συμμετέχουν και οστά όπως το προ-επικαλυμματικό, το πρώτο πτερυγιοφόρο του ραχιαίου πτερυγίου ή/και η άνω βάση του θωρακικού. Γεγονός που θα μπορούσε να αποδοθεί είτε στο κοινό στάδιο ανάπτυξης αυτών των οστών, είτε στην ανατομία του κρανίου των ψαριών.

Πράγματι, το κρανίο των ψαριών είναι ένα σύνθετο σύνολο 135 περίπου στοιχείων τα οποία οργανώνονται σε δύο κύριες ανατομικές περιοχές, το νευροκρανίο και το σπλαγνοκρανίο (αποτελούμενη από τα 7 σπλαγνικά τόξα και το βραγχιακό επικάλυμμα) (Harder 1975). Εκτός των λειτουργιών στήριξης και προστασίας του εγκεφάλου και των αισθητηρίων, το νευροκρανίο αποτελεί τη βάση για την στήριξη του σπλαγνοκρανίου και των θωρακικών πτερυγίων. Πάνω στα υογναθικά οστά, για παράδειγμα, αρθρώνονται όχι μόνο τα οστά του γναθικού τόξου, αλλά και εκείνα του βραγχιακού επικαλύμματος (το επικαλυμματικό και προ-επικαλυμματικό άμεσα, ενώ το μεσο- και υπο-επικαλυμματικό έμμεσα) (Κουμουνδούρος 1998, Faustino and Power 2001).

Η συσχέτιση των διαφόρων οστών με τις δυσπλασίες των γνάθων στην τσιπούρα (παρούσα εργασία) με τη μέθοδο της γεωμετρικής μορφομετρίας, δεν

δείχνει και την πραγματική ανατομική δομή των αλλοιώσεων. Υποδεικνύει όμως τα οστά των οποίων η θέση, το μέγεθος ή και το σχήμα έχει τροποποιηθεί, προκειμένου να εξετασθεί μελλοντικά η οντογενετική, αιτιολογική και ανατομική βάση της κάθε παραμόρφωσης.

Η ερμηνεία της εμπλοκής των οστών στις παραμορφώσεις UpJV και DoC (παρούσα εργασία) παραμένει δύσκολη. Και στις δύο αυτές περιπτώσεις, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η αλλοίωση των πραγματικά εμπλεκόμενων οστών είναι μικρότερη από ότι των άλλων (βάση ραχιαίου και θωρακικού), υποδεικνύοντας την ανάγκη περαιτέρω ανατομικής εξέτασης των δυσπλασιών αυτών. Στην περίπτωση της DoC δυσπλασίας, η οποία και αναφέρεται για πρώτη φορά, θα μπορούσε κάποιος να αποδώσει την ύπαρξή της σε οπτική αλλοίωση κατά τη φωτογράφιση. Το γεγονός ωστόσο ότι η αλλοίωση της νωτιαίας περιοχής της κεφαλής διατηρείται κατά την αύξηση των ατόμων (αδημοσίευτα αποτελέσματα), απορρίπτει αυτήν την υπόθεση.

4.3 Δυσπλασίες και ρυθμός σωματικής αύξησης

Αν και η επίδραση των σκελετικών δυσπλασιών στο ρυθμό αύξησης των ιχθυδίων αποτελεί σημαντική συνιστώσα ποιότητας των εκτρεφόμενων ατόμων, η μελέτη της είναι περιορισμένη σε δύο μόλις εργασίες. Συγκεκριμένα οι Setiadi *et al.* (2006) έδειξαν ότι η μερική έλλειψη του ραχιαίου πτερυγίου δεν επηρεάζει το ρυθμό αύξησης του *E. akaara*, ενώ οι Koumoundouros *et al.* (1997) έδειξαν ότι μέχρι το τέλος της μεταμόρφωσης οι δυσπλασίες του βραγχιακού επικαλύμματος συσχετίζονται αρνητικά με το ρυθμό αύξησης.

Η επίδραση των σκελετικών δυσπλασιών στο ρυθμό αύξησης της τσιπούρας μέχρι το εμπορεύσιμο μέγεθος μελετήθηκε για πρώτη φορά στην παρούσα εργασία. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι με την εξαίρεση της κοντής άνω γνάθου και της μερικής έλλειψης του ραχιαίου πτερυγίου, οι δυσπλασίες των γνάθων και του επικαλύμματος επέδρασαν αρνητικά στο ρυθμό αύξησης (Εικόνα 3.7). Αποτελέσματα που θα μπορούσαν να ερμηνευθούν από την συνεισφορά του βραγχιακού επικαλύμματος στη λειτουργία ανταλλαγής αερίων και πρόσληψης οξυγόνου (Verhaegen *et al.* 2007), αλλά και των γνάθων στη σύλληψη της τροφής.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Οι κεφαλικές παραμορφώσεις επηρεάζουν σημαντικά την εξωτερική μορφολογία της τσιπούρας.
- Σε όλες τις διαφορετικές περιπτώσεις που εξετάστηκαν (SloJ, SuJ, UpJP, UpJV, DoC (Εικόνα 2.1), η επίδραση των δυσπλασιών στο σχήμα του σώματος είναι σημαντική και παρουσιάζει συνεχή διαβάθμιση, επιτρέποντας τη δημιουργία μιας κλίμακας ποιότητας με βάση την απόσταση των παραμορφωμένων από τα φυσιολογικά άτομα κατά μήκος των μεταβλητών της γεωμετρικής ανάλυσης.
- Ως προς την ένταση της επίδρασης, οι παραμορφώσεις με τη μεγαλύτερη ένταση ήταν αυτές με κοντή άνω γνάθο (SuJ), κοντή κάτω γνάθο (SloJ) και «παπαγαλάκι» (UpJV, κάθετο προφίλ προκογχικής περιοχής).
- Εκτός των άμεσα εμπλεκόμενων οστών (προγναθικό, γναθικό, οδοντικό), στις SloJ, SuJ και UpJP συμμετέχουν και οστά όπως το προ-επικαλυμματικό, το πρώτο πτερυγιοφόρο του ραχιαίου πτερυγίου ή/και η άνω βάση του θωρακικού.
- Για τις δύο φανοτυπικές κατηγορίες UpJV, DoC τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η αλλοίωση των πραγματικά εμπλεκόμενων οστών είναι μικρότερη από ότι των άλλων (βάση ραχιαίου και θωρακικού), υποδεικνύοντας την ανάγκη περαιτέρω ανατομικής εξέτασης των δυσπλασιών αυτών.
- Με την εξαίρεση της κοντής άνω γνάθου και της μερικής έλλειψης του ραχιαίου πτερυγίου, οι δυσπλασίες των γνάθων και του επικαλύμματος επέδρασαν αρνητικά στο ρυθμό σωματικής αύξησης.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abdel, I., Abellán, E., López-Albors, O., Valdés, P., Nortes, M. J. & García-Alcázar, A. (2005). Abnormalities in the juvenile stage of sea bass *Dicentrarchus labrax* L.) reared at different temperatures: types, prevalence and affect on growth. *Aquaculture International* **12**, 523-538.
- Beraldo, P., Pinoso, M., Tibaldi, E. & Canavese, B. (2003). Abnormalities of the operculum in gilthead sea bream (*Sparus aurata*): Morphological description. *Aquaculture* **220**, 89-99.
- Boglione C., Marino G., Bertolini B., Rossi A., Ferreri F., & Cataudella S. (1993). Larval and postlarval monitoring in sea bass: morphological approach to evaluate finfish seed quality. In: Production, Environment and Quality. Bordeaux Aquaculture '92. Barnabe G. & Kestemont. P. (Eds.). European Aquaculture Society. Special Publication no. **18**, Ghent, Belgium, pp. 189-204.
- Boglione, C., Marino, G., Fusari, A., Ferreri, A., Finioia M.G. & Cataudella, S. (1995) Skeletal anomalies in *Dicentrarchus labrax* juveniles selected for functional swimbladder. *ICES marine Science Symposium* **201**, 163-169.
- Boglione, C., Gagliardi, F., Scardi, M. & Cataudella, S. (2001). Skeletal descriptors and quality assessment in larvae and post-larvae of wild-caught and hatchery-reared gilthead sea bream (*Sparus aurata* L. 1758). *Aquaculture* **192**, 1-22.
- Boglione, C., Costa, C., Di Dato, P., Ferzini, G., Scardi, M. & Cataudella, S. (2003). Skeletal quality assessment of reared and wild sharpsnout sea bream and Pandora juveniles. *Aquaculture* **227**, 373-394.
- Bolker, J. A. & Hill, C. R. (2000). Pigmentation development in hatchery-reared flatfishes. *Journal of Fish Biology* **56**, 1029-1052.
- Bookstein, F.L., 1991. Morphometric tool for landmark data. Cambridge University Press, Cambridge, p. 435.
- Bookstein, F.L., 1996a. Combining the tools of geometric morphometrics. In: Marcus, L.F., Corti, M., Loy, A., Naylor, G.J.P., Slice, D.E. (Eds.), Advances in Morphometrics. NATO ASI Series. Plenum Press, New York, pp. 131-152.
- Bookstein, F.L., 1996b. Biometrics, biomathematics, and the morphometrics synthesis. *Bulletin of Mathematical Biology* **58**, 313-365.
- Bookstein, F.L., 1997. Shape and the information in medical images: a decade of the morphometrics synthesis. Comput. Vis. Image Underst. In press.
- Cahu, C., Infante, J. Z. & Takeuchi, T. (2003a). Nutritional components affecting skeletal development in fish larvae. *Aquaculture* **227**, 245-258.
- Carrillo, J., Koumoundouros, G., Divanach, P. & Martinez, J. (2001). Morphological malformations of the lateral line in reared gilthead sea bream (*Sparus aurata* L. 1758). *Aquaculture* **192**, 281-290.
- Cejas, J. R., Almansa, E., Tejera, N., Jerez, S., Bolanos, A. & Lorenzo, A. (2003). Effect of dietary supplementation with shrimp on skin pigmentation and lipid composition of red porgy (*Pagrus pagrus*) alevins. *Aquaculture* **218**, 457-469.
- Chatain, B. (1986). La vessie natatoire chez *Dicentrarchus labrax* et *Sparus auratus*: 1. Aspects morphologiques du développement. *Aquaculture* **53**, 303-311.
- Chatain, B. (1987). La vessie natatoire chez *Dicentrarchus labrax* et *Sparus auratus*: 2. Influence des anomalies de développement sur la croissance de la larve. *Aquaculture* **65**, 175-181.
- Chatain B., 1994a. Abnormal swimbladder development and lordosis in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and sea bream (*Sparus auratus*). *Aquaculture* **119**, 371-379.
- Chatain, B. & Ounais-Guschemann, N. (1990). Improved rate of initial swimbladder inflation in intensively reared *Sparus aurata*. *Aquaculture* **84**, 345-353.

- Chatain, B. & Corrao, D. (1992). A sorting method for eliminating fish larvae without functional swimbladders. *Aquaculture* **107**, 81-88.
- Daoulas, C., Economou, A. N. & Bantavas, I. (1991). Osteological abnormalities in laboratory reared sea-bass (*Dicentrarchus labrax*) fingerlings. *Aquaculture* **97**, 169-180.
- Day, T., McPhail, J.D., 1996. The effect of behavioural and morphological plasticity on foraging efficiency in the three-spine stickleback (*Gasterosteus* sp.). *Oecologia* **108**, 380-388.
- Dethlefsen, V., Von Westernhagen, H. & Cameron, P. (1996). Malformations in North Sea pelagic fish embryos during the period 1984-1995. *ICES Journal of Marine Science* **53**, 1024-1035.
- Divanach, P. (1985). Contribution de la Biologie et de l'Élevage de 6 Sparidés Méditerranéens: *Sparus aurata*, *Diplodus sargus*, *Diplodus vulgaris*, *Diplodus annularis*, *Lithognathus mormyrus*, *Puntazzo puntazzo* (Poissons Téléostéens). p. 479. Montpellier: Université des Sciences et Techniques de Languedoc.
- Divanach P., Boglione C., Menu B., Koumoundouros G., Kentouri M., & Cataudella S. (1996). Abnormalities in finfish mariculture: an overview of the problem, causes and solutions. *In: Seabass and Seabream culture: Problems and Prospects* (Chatain, B., Saroglia, M., Sweetman, J., Lavens, P., eds.), pp. 45-66. Oostende, Belgium: European Aquaculture, Society.
- Divanach, P., Papandroulakis, N., Anastasiadis, P., Koumoundouros, G. & Kentouri, M. (1997). Effect of water currents on the development of skeletal deformities in sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) with functional swimbladder during postlarval and nursery phase. *Aquaculture* **156**, 145-155.
- Faustino, M. & Power, D. M. (2001). Osteologic development of the viscerocranial skeleton in sea bream: Alternative ossification strategies in teleost fish. *Journal of Fish Biology* **58**, 537-572.
- Fischer, W., M. – L. Bauchot et M. Schneider (rédacteurs), 1987. Fishes F.A.O. d'identification des espèces pour les besoins de la peche. Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37, Volume II. Vertébrés. Publication prepare par la FAO, résultat d'un accord entre la FAO et la Commission des Communautés Européennes (Projet GCP/INT/422/EEC) financée conjointement par ces deux organization. Rome, FAO, Vol. 2, 1374-1375
- Gavaia, P. J., Dinis, M. T. & Cancela, M. L. (2002). Osteological development and abnormalities of the vertebral column and caudal skeleton in larval and juvenile stages of hatchery-reared Senegal sole (*Solea senegalensis*). *Aquaculture* **211**, 305-323.
- Georgakopoulou, E., Angelopoulou, A., Kaspiris, P., Divanach, P. & Koumoundouros, G. (2007a). Temperature effects on cranial deformities in European sea bass, *Dicentrarchus labrax* (L.). *Journal of Applied Ichthyology* **23**, 99-103.
- Harder W., (1975). Anatomy of fishes Schweizerbart'sche Stuttgart W. Germany.
- Kihara, M., Ogata, S., Kawano, N., Kubota I. & Yamaguchi, R. (2002) Lordosis induction in juvenile red sea bream, *Pagrus major*, by high swimming activity. *Aquaculture*, **212**, 149-158.
- Koumoundouros G., Kiriakos Z., Divanach P., & Kentouri M., 1995. Morphometric relationships as criteria for the evaluation of larval quality of gilthead sea bream. *Aquaculture International* **3**, 143-149.

- Koumoundouros G., Gagliardi F., Divanach P., Boglione C., Cataudella S., & Kentouri M. (1997a). Normal and abnormal osteological development of caudal fin in *Sparus aurata* L. fry. *Aquaculture* **149**, 215-226.
- Koumoundouros, G., Oran, G., Divanach, P., Stefanakis, S. & Kentouri, M. (1997b). The opercular complex deformity in intensive gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) larviculture. Moment of apparition and description. *Aquaculture* **156**, 165-177.
- Koumoundouros G, Divanach P, Kentouri M. (1999) Ontogeny and allometric plasticity of *Dentex dentex* (Osteichthyes: Sparidae) in rearing conditions. *Marine Biology* **135**, 561-572
- Koumoundouros G., Divanach P., Anezaki L., & Kentouri M., (2001a). Temperature-induced ontogenetic plasticity in sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Marine Biology* **139**, 817-830.
- Koumoundouros G., Divanach P. and Kentouri M. (2001b). The effect of rearing conditions on development of saddleback syndrome and caudal fin deformities in *Dentex dentex* (L.). *Aquaculture* **200**, 285-304.
- Koumoundouros, G., Maingot, E., Divanach, P. & Kentouri, M. (2002a). Kyphosis in reared sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.): Ontogeny and effects on mortality. *Aquaculture* **209**, 49-58.
- Koumoundouros, G., Pavlidis, M., Anezaki, L., Kokkari, C., Sterioti, A., Divanach, P. & Kentouri, M. (2002b). Temperature sex determination in the European sea bass, *Dicentrarchus labrax* (L., 1758) (Teleostei, Perciformes, Moronidae): Critical sensitive ontogenetic phase. *Journal of Experimental Zoology* **292**, 573-579.
- Koumoundouros, G., Carrillo, J., Divanach, P. & Kentouri, M. (2004). The rearing of common dentex *Dentex dentex* (L.) during the hatchery and on-growing phases. *Aquaculture* **240**, 165-173.
- Koumoundouros, G. (2008). First record of saddleback syndrome in wild parrotfish *Sparisoma cretense* (L., 1758) (Perciformes, Scaridae) *Journal of Biology* **72**, 1-5
- Lindsey C.C., 1988. Factors controlling meristic variation. In: Hoar, W.S., Randall, D.J. (eds.), *Fish Physiology XIA*. Academic Press, London, pp. 197-274.
- Lopez-Albors O., Gil F., Ramirez-Zarzosa G., Latorre R., Garcia-Alcazar A., Abellan E., Blanco A., Vazquez J.M., & Moreno F., 1995. Early muscle injuries in a standard reared stock of sea bass *Dicentrarchus labrax*, (L.). *Aquaculture* **138**, 69-76.
- Loy, A., Cataudella S., Corti M. (1996b). Changes in shape during the growth of sea bass, *Dicentrarchus labrax* (Teleostea: Perciformes), in relation to different rearing conditions: an application of the Thin-Plate Splines regression analysis. In: Marcus, L.F, Corti, M., Loy, A., Naylor, g.J.P., Slice, D.E. (Eds.), *Advances in Morphometrics*, NATO ASI series A, No. **284**. Plenum Press, New York, pp. 399-406.
- Loy, A., Mariani L., Bertelletti M. (1998). Visualizing allometry: Geometric morphometrics in the study of shape changes in the early stages of the two-banded sea bream, *Diplodus vulgaris* (Perciformes, Sparidae). *Journal of Morphology* **237**, 137-146.
- Loy, A., Boglione, C., Gagliardi, F., Ferrucci, L. & Cataudella, S. (2000). Geometric morphometrics and internal anatomy in sea bass shape analysis (*Dicentrarchus labrax* L., Moronidae). *Aquaculture* **186**, 33-44.

- Marcus, L.F., Corti, M., Loy, A., Naylor, G.J.P., Slice, D.E., 1996. Advances in Morphometrics. NATO ASI Series. Plenum Press, New York, p. 587
- Marino, G., Boglione, C., Bertolini, B., Rossi, A., Ferreri, F. & Cataudella, S. (1993). Observations on development and anomalies in the appendicular skeleton of sea bass, *Dicentrarchus labrax* L. 1758, larvae and juveniles. *Aquaculture and Fisheries Management* **24**, 445-456.
- Matsuoka, M. (1987). Development of the skeletal tissues and skeletal muscles in red sea bream. *Bulletin of the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory* **65**, 1-114.
- Paperna, I. (1978). Swimbladder and skeletal deformations in hatchery bred *Sparus aurata*. *Journal of Fish Biology* **12**, 109-114.
- Rohlf, F.J., Slice, D.E., 1990b. Extensions of the Procrustes method for the optimal superimposition of landmarks. *Systematic Zoology* **39**, 40-59.
- Rohlf, F.J., Marcus, L.F., 1993a. A revolution in morphometrics. *TREE* **8**, 129-132.
- Rohlf, F.J., Loy, A., Corti, M., 1996. Morphometric analysis of Old World Talpidae Mammalia, Insectivora using partial-warp scores. *Systematic Zoology* **45**, 344-362.
- Setiadi, E., Tsumura, S., Kassam, D. & Yamaoka, K. (2006). Effect of saddleback syndrome and vertebral deformity on the body shape and size in hatchery-reared juvenile red spotted grouper, *Epinephelus akaara* (Perciformes: Serranidae): A geometric morphometric approach. *Journal of Applied Ichthyology* **22**, 49-53.
- Sfakianakis, D. G., Koumoundouros, G., Anezaki, L., Divanach, P. & Kentouri, M. (2003). Development of a saddleback-like syndrome in reared white seabream *Diplodus sargus* (Linnaeus, 1758). *Aquaculture* **217**, 673-676.
- Sfakianakis, D. G., Koumoundouros, G., Divanach, P. & Kentouri, M. (2004). Osteological development of the vertebral column and of the fins in *Pagellus erythrimus* (L. 1758). Temperature effect on the developmental plasticity and morpho-anatomical abnormalities. *Aquaculture* **232**, 407-424.
- Sfakianakis, D. G., Georgakopoulou, E., Kentouri, M. & Koumoundouros, G. (2006a). Geometric quantification of lordosis effects on body shape in European sea bass, *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758). *Aquaculture* **256**, 27-33.
- Sfakianakis, D. G., Georgakopoulou, E., Papadakis, I. E., Divanach, P., Kentouri, M. & Koumoundouros, G. (2006b). Environmental determinants of haemal lordosis in European sea bass, *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758). *Aquaculture* **254**, 54-64.
- Shin Y.J., Rochet M.J. (1998). A model for the phenotypic plasticity of North sea herring growth in relation to trophic conditions. *Aquat. Living. Resour.* **11**, 315-324.
- Tave, D., Bartels, J. E. & Smitherman, R. O. (1983). Saddleback: A dominant, lethal gene in *Sarotherodon aureus* (Steindachner) (= *Tilapia aurea*). *Journal of Fish Diseases* **6**, 59-73.
- Verhaegen, Y., Adriaens, D., Wolf, D. T., Dhert, P. & Sorgeloos, P. (2007). Deformities in larval gilthead sea bream (*Sparus aurata*): A qualitative and quantitative analysis using geometric morphometrics *Aquaculture* in press.
- Villeneuve, L., Gisbert, E., Le, D., H., Cahu, C. L. & Zambonino-Infante, J. L. (2005a). Dietary levels of all-trans retinol affect retinoid nuclear receptor expression and skeletal development in European sea bass larvae. *British Journal of Nutrition* **93**, 791-801.

- Villeneuve, L., Gisbert, E., Zambonino-Infante, J. L., Quazuguel, P. & Cahu, C. L. (2005b). Effect of nature of dietary lipids on European sea bass morphogenesis: Implication of retinoid receptors. *British Journal of Nutrition* **94**, 877-884.
- Villeneuve, L. A. N., Gisbert, E., Moriceau, J., Cahu, C. L. & Zambonino, I., J.L. (2006). Intake of high levels of vitamin A and polyunsaturated fatty acids during different developmental periods modifies the expression of morphogenesis genes in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *British Journal of Nutrition* **95**, 677-687
- Von Westernhagen, H. & Dethlefsen, V. (1997). The use of malformations in pelagic fish embryos for pollution assessment. *Hydrobiologia* **352**, 241-250.
- Wimberger, P.H., 1993. Effects of vitamin C on body shape and skull osteology in *Geophagus brasiliensis*: implications for interpretations of morphological plasticity. *Copeia* **4**, 890-898.
- Zar, J. H. (1999). *Biostatistical Analysis*, 4th edn. New Jersey: Prentice Hall.
- Κασπίρης Π., 2000. Τα ψάρια της Ελλάδος (κλείδες προσδιορισμού). Πάτρα.
- Κουμουνδούρος, Γ. (1993). Βιολογία ανάπτυξης της τσιπούρας, *Sparus aurata* (Linnaeus, 1758) (Percoidea, Sparidae), υπό εκτατικές συνθήκες καλλιέργειας. Μεταπτυχιακή διατριβή, Τμήμα Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Κρήτης, Ηράκλειο.
- Κουμουνδούρος, Γ. (1998). Οντογένεση της λειτουργικής μορφολογίας και κριτήρια ποιότητας των νυμφών και ιχθυδίων της συναγρίδας *Dentex dentex* (L. 1758), σε συνθήκες εκτροφής. Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Κρήτης, Ηράκλειο.
- Κουμουνδούρος Γ. (2003). Μέθοδοι εκτροφής νυμφών και ιχθυδίων στη Μεσογειακή θάλασσα ιχθυοκαλλιέργεια. Συμπληρωματικές σημειώσεις του μαθήματος «Υδατοκαλλιέργειες». Τμήμα Βιολογίας. Παν/μιο Πατρών.
- Σφακιανάκης Δ., 2003. Επίδραση της θερμοκρασίας και των ρευματικών συνθηκών του μέσου διαβίωσης στην ανάπτυξη λόρδωσης στο λαβράκι *Dicentrarchus labrax* (L. 1758). Διατριβή μεταπτυχιακού διπλώματος ειδίκευσης. Τμήμα Βιολογίας. Πανεπιστήμιο Κρήτης.

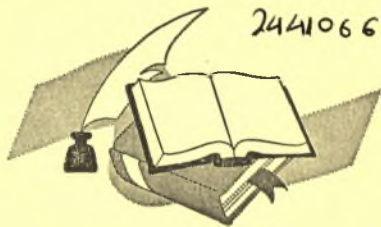


ΛΗΞΗ	ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΔΑΝΕΙΖΟΜΕΝΟΥ

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ**

Τηλ.: 74.760-61

2441066080



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



0040000924 14