

Skeletal development and ossification sequence of the characiform *Salminus brasiliensis* (Ostariophysii: Characidae)

George M. T. Mattox^{*,***}, Ralf Britz^{**} and Mônica Toledo-Piza^{***}

Ontogenetic data for Neotropical Characiformes, Siluriformes and Gymnotiformes is still poorly explored and information on their skeletal development is lacking entirely. We herein studied the skeletal development of the basal characid *Salminus brasiliensis* to provide an ontogenetic approach that can be used in further comparative investigations. Our study was based on 153 specimens (3.2 mm NL to 27.5 mm SL) covering approximately 30 days post-hatching and included 147 bones. Specimens were cleared and double stained and the presence of a bone was scored whenever mineralization was detected. First ossifications start at 5.0 mm (cleithrum, and tooth plates of pharyngobranchial 4 and ceratobranchial 5). Ossification continues with the opercle (5.1 mm) and remaining tooth bearing bones (premaxilla and dentary at 5.1 mm, maxilla at 5.6 mm). The first bones to ossify in the neurocranium are the parasphenoid and basioccipital (7.4 mm), exoccipital (8.7 mm) and frontal (11.9 mm). The hyopalatine arch begins ossification with the quadrate (7.8 mm) and hyomandibular (8.1 mm). Branchial arches commence their ossification with ceratobranchials (8.5 mm), followed by epibranchials (10.4 mm) and pharyngobranchials (11.8 mm). The infraorbital series is the last skeletal complex to ossify starting with the antorbital (16.8 mm). The first ossifications of the axial skeleton are the vertebral centra (9.9 mm) followed by neural (11.1 mm) and haemal arches (12.0 mm). Weberian apparatus ossification starts with the vertebral centra (9.9 mm), neural arches (11.1 mm), intercalarium and scaphium (12.4 mm). Fin rays form first in the caudal fin (8.6 mm), followed by dorsal-, anal-, pectoral- and pelvic-fin rays (9.9, 10.4, 15.7, 16.8 mm, respectively). The endoskeletal fin supports begin to ossify with the proximal-middle radials of the anal and dorsal fins (12.5 and 12.7 mm, respectively), pelvic bone and scapula (17.5 mm). Diagrams of the sequences of ossification are provided.

Introduction

Comparative anatomists have often relied on knowledge about development of the structure to better understand questions regarding homology and the nature of characters (Gaupp, 1912;

Britz & Johnson, 2002, 2005; Fraser et al., 2012). In fishes, the skeleton is one of the most studied anatomical systems, and many morphologically based hypotheses rely mainly on information from osteology. Although the development of specific regions of the skeleton has been studied

* Departamento de Biologia, Universidade Federal de São Carlos – campus Sorocaba, 18052-780, Brazil.
 E-mail: gmattox@ufscar.br (corresponding author)

** Department of Life Sciences, Natural History Museum, London, SW7 5BD, UK. E-mail: r.britz@nhm.ac.uk

*** Departamento de Zoologia, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, 05422-970, Brazil.
 E-mail: mtpiza@usp.br

The whole contribution can be purchased as PDF file.

Availability

Generally all our publications are available as PDF files; full publications as a general rule after the printed version is out of print. If you have questions concerning particular contributions please contact us by e-mail:

pdf@pfeil-verlag.de.

The PDF files are protected by copyright.

The PDF file may be printed for personal use.

The reproduction and dissemination of the content or part of it is permitted.

It is not allowed to transfer the digital personal certificate or the password to other persons.

Prices

Books: Prices are to be found in the catalog.

Articles in journals and single contributions or chapters in books:

10 EURO basic price per order (including the first 10 pages),
and

0.50 EURO per page, beginning with the 11th page.

Page numbers are found in the contents of the publications.

Orders

Use our order form for PDF files or send your order informal per e-mail (pdf@pfeil-verlag.de). The only accepted payment is by credit card. While using the order form for PDF files, your data will be transmitted by secure link (ssl). You also may send the informations informally by e-mail, fax, phone or mail.

Handling

As soon as possible, depending on our business hours and your order, you will receive your PDF file together with the certificate and password by e-mail.

Larger PDF files can be downloaded from our webpage, if necessary.

Your invoice will be sent out by e-mail after we charged your credit card.

To open the encrypted PDF files you have to install your personal certificate after your first order. All PDF files with the same certificate can be opened from that time on.

Dieser Beitrag kann als PDF-Datei erworben werden.

Verfügbarkeit von PDF-Dateien

Prinzipiell sind von allen unseren Publikationen PDF-Dateien erhältlich. Komplette Publikationen in der Regel erst nachdem die gedruckte Version vergriffen ist. Anfragen bezüglich bestimmter Beiträge richten Sie bitte per E-Mail an pdf@pfeil-verlag.de.

Die PDF-Dateien sind urheberrechtlich geschützt.

Ein Ausdruck der PDF-Dateien ist nur für den persönlichen Gebrauch erlaubt.

Die Vervielfältigung von Ausdrucken, erneutes Digitalisieren sowie die Weitergabe von Texten und Abbildungen sind nicht gestattet.

Das persönliche Zertifikat und das Passwort dürfen nicht an Dritte weitergegeben werden.

Preise

Bücher: Die Preise sind dem Katalog zu entnehmen. Zeitschriftenbeiträge und einzelne Kapitel aus Sammelbänden bzw. Büchern:

10 EURO Grundbetrag pro Bestellung (einschließlich der ersten 10 Seiten),
und

0,50 EURO pro Seite ab der 11. Seite.

Den Umfang der Beiträge entnehmen Sie bitte den Inhaltsverzeichnissen.

Bestellungen

Bestellungen sind mit dem PDF-Bestellformular oder formlos per E-Mail (pdf@pfeil-verlag.de) an uns zu richten. Die Bezahlung ist ausschließlich per Kreditkarte möglich. Bei Verwendung unseres Bestellformulars werden die Kreditkartendaten über eine gesicherte Verbindung (ssl) übermittelt. Sie können die Daten aber auch formlos per E-Mail, Fax, Post oder telefonisch übermitteln.

Abwicklung

So bald wie möglich, aber abhängig von unseren Bürozeiten und der gewünschten Bestellung, schicken wir Ihnen die PDF-Datei(en) zusammen mit Ihrem persönlichen Zertifikat und dem zugehörigem Passwort per E-Mail. Größere Dateien bieten wir Ihnen gegebenenfalls zum Herunterladen an.

Der fällige Betrag wird von Ihrer Kreditkarte abgebucht und Sie erhalten die Rechnung ebenfalls per E-Mail.

Um die verschlüsselten PDF-Dateien öffnen zu können, muss bei der ersten Bestellung das passwortgeschützte persönliches Zertifikat installiert werden, welches anschließend auf dem Rechner verbleibt. Alle mit diesem Zertifikat verschlüsselten Dateien können anschließend auf diesem Rechner geöffnet werden.