



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Comptes Rendus Palevol

www.sciencedirect.com



General Palaeontology, Systematics and Evolution (Palaeohistology)

Mineralized tissues in dinosaurs interpreted as having formed through metaplasia: A preliminary evaluation

La métaplasie interprétée comme un processus de formation de certains tissus minéralisés de dinosaures : une évaluation préliminaire

John R. Horner^{a,b,*}, Holly N. Woodward^{a,c}, Alida M. Bailleul^{a,b}

^a Museum of the Rockies, Montana State University, Bozeman, MT 59717, USA

^b Department of Earth Sciences, Montana State University, Bozeman MT 59715, USA

^c Department of Anatomy and Cell Biology, Oklahoma State University Center for Health Sciences, Tulsa, OK 74107, USA

ARTICLE INFO

Article history:

Received 1st December 2014

Accepted after revision 22 January 2015

Available online xxx

Handled by Michel Laurin

Keywords:

Metaplasia

“Ossified” tendons

Dinosauria

Ornithischia

Saurischia

Aves

Alternative mode of “ossification”

ABSTRACT

Evolutionary biologists define “metaplasia” as the permanent transformation of a cell identity, and there are many examples of such transformations in living vertebrates (e.g., chondrocytes transforming directly into osteoblasts). These metaplasias have been observed during the mineralization of “ossified” tendons of living birds. In the present study, we examined “ossified” tendons in *Bubo* and *Meleagris* and used the characteristics of these metaplastic tissues to recognize them in several non-avian dinosaur taxa. The fossilized skeletal elements that form our sample are varied and include hadrosaurian tendons and a nasal bone, an ankylosaur tail club “handle”, sauropod neural spines, and some dromaeosaur tail rods. The extant avian mineralized tendons were formed of a primary tissue (analogous to primary bone) and secondary reconstructions (SRs; analogous to secondary osteons). Both were composed of fiber bundles (or fascicles) that were closely packed together and separated by arc-shaped spaces in cross-section. When viewed longitudinally, they were arranged in a herringbone pattern. There is no evidence of osteocytes within the primary tendon matrix; what was previously interpreted as osteocyte lacunae are instead arc-shaped spaces between fiber fascicles, and tissue immediately surrounding vascular spaces is dense, avascular and apparently hypermineralized. Mineralization of fibers began centrally and moved in a centrifugal direction. In the non-avian dinosaurs examined, primary and secondary tissue structures were virtually identical to those found within the avian mineralized tendons. Indeed, (1) they were densely fibrous; (2) they showed fiber fascicles separated by arcuate-shaped spaces when viewed transversally, and (3) they were arranged in a herringbone pattern longitudinally. SRs differ from typical Haversian systems in possessing highly irregular borders, suggesting destruction of the fibrous matrix and formation of initial vascular spaces was accomplished perhaps by phagocytosis or enzymatic lysis with subsequent remodeling by fibrocytes, fibroblasts, or an as of yet unknown cell type. Osteocytes with canaliculi were only observed in “mature” SRs, found deep within the elements (and never close to their external borders). Because fossilized primary and secondary tissue structures were identical to those found within the avian mineralized tendons examined, it is likely that identical processes are responsible for their formation. Biomechanical properties were also likely similar, potentially affording carbon fiber-like, trauma-resistant properties to the “ossified” tendons and nasal bones of hadrosaurs, the tail “handles” of ankylosaurs, and the tail rods of dromaeosaurs. In contrast, the primary

* Corresponding author.

E-mail address: jhorner@montana.edu (J.R. Horner).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.crpv.2015.01.006>

1631-0683/© 2015 Académie des sciences. Published by Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

tissue from a sauropod mineralized nuchal ligament appears to be made of hypermineralized fibrocartilage, but the SRs interdigitating with the hypermineralized fibrocartilage resemble the reconstructions observed in the other fossil skeletal elements and likely formed by the same processes. Since no osteocyte lacunae were observed in any of these dinosaurian primary tissues, we hypothesize that the fossilized cranial and skeletal elements examined here formed through metaplastic transformation (perhaps from fibroblasts) rather than by periosteal and intramembranous ossification. This study suggests that alternative modes of mineralization might be more abundant in non-avian dinosaurs than previously reported.

© 2015 Académie des sciences. Published by Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

R É S U M É

Mots clés :

Métaplasie

Tendons « ossifiés »

Dinosauria

Ornithischia

Saurischia

Aves

Mode d'ossification alternatif

Les biologistes évolutionnistes définissent la « métaplasie » comme la transformation permanente de l'identité d'une cellule, et il existe beaucoup d'exemples de ce type de transformation chez les vertébrés actuels (par exemple, des chondrocytes qui se transforment en ostéoblastes). Ces métaplasies ont été observées pendant la minéralisation des tendons « ossifiés » d'oiseaux actuels. Dans cette étude, nous avons examiné des tendons ossifiés de *Bubo* et *Meleagris*, et utilisé les caractéristiques de leurs tissus métaplastiques pour reconnaître ces derniers chez plusieurs dinosaures non aviens. Les éléments fossilisés qui composent notre échantillon sont variés et incluent des tendons et un os nasal d'hadrosaure, la base de la massue de la queue d'un ankylosaure, des épines neurales de sauropodes et des apophyses allongées de vertèbres caudales de dromaeosaures. Les tendons minéralisés aviens montrent un tissu primaire (analogue à celui de l'os primaire) et des reconstructions secondaires (RSs ; analogues aux ostéones secondaires). Ces deux tissus sont composés de faisceaux fibreux qui sont très compactés et séparés par des espaces en forme d'arcs en section transversale. Lorsqu'ils sont observés longitudinalement, ces faisceaux forment des stratifications en arêtes de poissons (*herringbone*). Il n'y a aucune évidence d'ostéocytes au niveau de ce tissu primaire, et les espaces précédemment interprétés comme des lacunes ostéocytaires sont en fait simplement des espaces vides entre les faisceaux fibreux. Le tissu qui entoure les espaces vasculaires est dense, non vascularisé et apparemment hyperminéralisé. La minéralisation des fibres se fait de façon centrifuge. Chez les dinosaures non aviens, les structures primaires et secondaires sont identiques à celles trouvées dans les tendons minéralisés aviens. En effet, (1) ils sont très fibreux ; (2) ils ont des faisceaux fibreux séparés par des espaces en forme d'arc en section transversale, et (3) ils sont disposés en arêtes de poisson (*herringbone*) en vue longitudinale. Les RSs sont différentes des systèmes haversiens typiques, car elles possèdent des bords irréguliers, ce qui suggère une destruction de la matrice fibreuse et la formation d'espaces vasculaires initiaux (peut-être due à une lyse enzymatique ou une phagocytose). Par la suite, des fibroblastes, fibrocytes ou autres cellules auraient pris part au remodelage. Des ostéocytes avec des canalicules ont été observés uniquement dans des RSs matures, localisées profondément dans les éléments (et non au niveau de leurs bordures extérieures). Comme les tissus primaires et secondaires des fossiles sont identiques à ceux trouvés dans les tendons minéralisés d'oiseaux actuels, il est probable que des processus similaires sont responsables de la formation de ces éléments fossiles. Leurs propriétés biomécaniques étaient aussi vraisemblablement similaires, présentant peut-être une résistance aux traumatismes, comme la fibre de carbone. Même si le tissu primaire de l'épine neurale du sauropode est différent des autres tissus et semble être formé de fibrocartilage hyperminéralisé, ces RSs sont similaires à celles observées chez les autres dinosaures. Puisqu'aucune lacune ostéocytaire n'a été observée dans ces tissus primaires de dinosaures, nous formons l'hypothèse que ces tissus fossilisés ont été formés par transformations métaplastiques (peut-être à partir de fibroblastes), plutôt que par ossification périostique et intramembranaire. Cette étude suggère que des modes de minéralisation alternatifs auraient pu être plus abondants chez les dinosaures non aviens que ce qui est généralement accepté.

© 2015 Académie des sciences. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

1. Introduction

“Metaplastic bone”, as described by Haines and Mohuiddin (1968), is a hard skeletal tissue formed in the absence of osteoblasts through a direct transformation of

one tissue type to another. Unfortunately, the meaning behind terms “metaplasia” and “metaplastic bone” can be ambiguous because medical biologists and evolutionary biologists (including paleohistologists) use the terms differently.

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/6448108>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/6448108>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)