

รูปแบบโพรงอากาศของกระดูกสันหลังไดโนเสาร์ซอโรพอดชนิดใหม่ หมวดหินเสาขัว จากแหล่ง ไดโนเสาร์ภูกุ่มข้าว จังหวัดกาฬสินธุ์

สิริภัทร กายแก้ว^{1*} สุรวุฒ สุธีธร^{1,2} และรัฐ สอนสุภาพ³

¹ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม 44150

²ศูนย์วิจัยและการศึกษาระบบนิเวศวิทยา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม 44150

³คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม 44000

*E-mail: ksiripat@gmail.com

รับบทความ: 6 กรกฎาคม 2556 ยอมรับตีพิมพ์: 11 ธันวาคม 2556

บทคัดย่อ

ไดโนเสาร์ซอโรพอดเป็นไดโนเสาร์กินพืชขนาดใหญ่ คอยาว หางยาว และยังเป็นสัตว์บกที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในโลก มีการประมาณการว่าซอโรพอดที่ใหญ่ที่สุดอาจมีความยาวถึง 35 เมตร และมีน้ำหนักถึง 100 ตัน ร่องรอยจากฟอสซิลแสดงให้เห็นการออกแบบภายในโครงสร้างของกระดูกไดโนเสาร์เหล่านี้ที่แสนมหัศจรรย์ เพื่อแบกรับภาระน้ำหนักมหาศาลของตัวไดโนเสาร์ และลดน้ำหนักโครงสร้างตัวเอง โดยการพัฒนาระบบกระดูกสันหลังที่เป็นโพรงภายใน ดังนั้นจึงเป็นที่มาของวัตถุประสงค์งานวิจัยในครั้งนี้ ในการศึกษาแบบโพรงอากาศภายในกระดูกสันหลังของไดโนเสาร์ซอโรพอดชนิดใหม่ที่ค้นพบในประเทศไทย ด้วยการฉายรังสีเอกซ์เรย์ (CT scan) แปลผลเป็นภาพ 3 มิติ และนำมาเปรียบเทียบกับไก่ในปัจจุบัน (*Gallus gallus*) ได้แก่ ไก่บ้านและไก่ชน พบว่า รูปแบบโพรงอากาศภายในของไดโนเสาร์ชนิดใหม่นี้เป็นแบบโพรงขนาดใหญ่ (large chamber) โดยแกนกระดูกสันหลังส่วนคอ และท้อง ประกอบด้วยโพรงอากาศขนาดใหญ่ ซึ่งต่างจากรูปแบบในกระดูกสันหลังของไก่ที่นำมาเปรียบเทียบกับที่ประกอบด้วยโพรงอากาศขนาดเล็ก (small chamber) กระจายอยู่ทั่วชั้นกระดูก นอกจากนี้ยังพบว่า ปัจจัยที่แตกต่างในด้านต่าง ๆ เช่น ชนิดพันธุ์ อายุ เพศ และการเจริญเติบโต ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของรูปแบบโพรงอากาศภายในกระดูกสันหลังของไก่

คำสำคัญ: เทคนิคเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ โพรงอากาศภายในกระดูกสันหลัง ซอโรพอด *Gallus gallus*

Characteristics of Vertebral Pneumaticity in a New Sauropod Dinosaur from the Sao Khua Formation of Phu Kum Khao Locality, Kalasin Province

Siripat Kaikaew^{1*} Suravech Suteethorn^{1,2} and Rut Sonsupap³

¹Department of Biology, Faculty of Science, Mahasarakham University 44150

² Palaeontological Research and Education Centre Mahasarakham University 44150

³Faculty of Medicine, Mahasarakham University 44000

*Email address: ksiripat@gmail.com

Abstract

Sauropods were giant, long-necked and long-tailed quadrupedal plant-eating dinosaurs. They were the largest terrestrial animals. It was estimated that the largest sauropod may have reached up to 35 meters long and weighed 100 tonnes. Fossils of these sauropods evidently revealed distinctive structures within their skeletons. These structures included development of air chambers in their vertebrae in order to support their huge body trunks. Therefore, this research aimed to study characteristics of vertebral pneumaticity in a new sauropod dinosaur from the Sao Khua Formation of Thailand. The Sauropod vertebrae were scanned using the computer tomography (CT) technique to examine the internal structures in 3D and compared with those of the extant chickens (*Gallus gallus*). The vertebrae of the sauropod and chickens were pneumatized. In the sauropod vertebrae the air chambers observed were simple and very large but in the chicken vertebrae they were complex and small. In addition, this study showed that different factors, including varieties, age, gender and growth conditions of the chickens did not have any effects on the structures of the air chambers within their vertebrae.

Keywords: Computed tomography scan, Pneumatic vertebrae, Sauropod dinosaur, *Gallus gallus*

บทนำ

ซอโรพอด (sauropod) ไดโนเสาร์กินพืชเป็นอาหารเดินสี่ขา มีลักษณะคอยาว หางยาว หัวเล็ก และมีลำตัวขนาดใหญ่ ซึ่งจัดว่าเป็นสิ่งมีชีวิตบนบกที่มีขนาดใหญ่ที่สุดเท่าที่เคยปรากฏขึ้นบนโลก โดยเริ่มปรากฏครั้งแรกในยุคไทรแอสสิก และมีการแพร่กระจายไปทั่วภาคพื้นทวีป รวมทั้งเพิ่มจำนวนและความหลากหลายเป็นอย่างมากในช่วงตอนปลายของยุคจูแรสสิก กระทั่งสูญพันธุ์ไปหมดเมื่อปลายยุคครีเตเชียส (Wedel et al., 2000b)

จากร่างกายอันใหญ่โตมหึมาของซอโรพอดนี้ ทำให้เป็นที่สนใจของนักบรรพชีวินว่า ซอโรพอดมีกลไกหรือการปรับตัวอย่างไรจึงสามารถดำรงชีพด้วยร่างกายที่มีคอและหางที่ยาวได้ โดยไม่ได้รับผลกระทบจากน้ำหนักที่มากหรือแรงโน้มถ่วง ซึ่งจากร่องรอยฟอสซิลแสดงให้เห็นการออกแบบภายในโครงสร้างของกระดูกไดโนเสาร์เหล่านี้ที่แสนมหัศจรรย์ เพื่อแบกรับภาระ

น้ำหนักมหาศาลของตัวไดโนเสาร์ ด้วยการลดน้ำหนักโครงสร้างตัวเองโดยการพัฒนากระดูกสันหลังที่เป็นโพรงภายใน และรูปแบบโพรงอากาศยังช่วยในการจัดจำแนกและจัดสายวิวัฒนาการของซอโรพอดได้อีกด้วย (Wedel, 2007)

ผู้วิจัยมีความสนใจในการศึกษารูปแบบโพรงอากาศของกระดูกสันหลังไดโนเสาร์ซอโรพอดชนิดใหม่ จากแหล่งขุดค้นภูกุ่มข้าว และเปรียบเทียบกับสัตว์ในยุคปัจจุบันคือ ไก่บ้านและไก่ชน (*Gallus gallus*) โดยใช้เทคนิคของการตรวจเอกซเรย์ด้วยคอมพิวเตอร์ (computed tomography หรือ CT scan) ซึ่งเทคนิคนี้จะไม่ทำให้ชิ้นตัวอย่างเกิดความเสียหาย เนื่องจากเป็นการใช้รังสีเอกซ์ฉายรอบตัวอย่างได้เป็นภาพตัดขวาง 2 มิติ เมื่อนำเอาภาพตัดขวางนี้มาวางซ้อนกันแล้วทำการแปลผลเป็นรูปภาพ 3 มิติ ผ่านทางคอมพิวเตอร์ (Wedel et al., 2000a; Wedel, 2003a; Wedel, 2007; Schwarz and Fritsch, 2006) โดยข้อมูลที่ได้จากการศึกษา

อาจเป็นข้อมูลพื้นฐานในการจำแนกชนิด และเพื่อพิสูจน์ว่าอายุและเพศจะมีผลต่อรูปแบบลักษณะโพรงอากาศของกระดูกสันหลังหรือไม่

รูปแบบโพรงอากาศภายในกระดูกสันหลัง

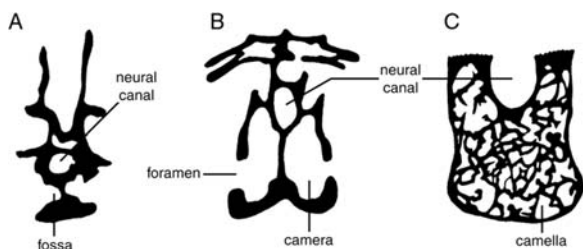
Wedel et al. (2000b) รายงานว่า จากการศึกษา รูปแบบโพรงอากาศของไดโนเสาร์ซอโรพอด โดยสังเกตจาก ลักษณะของโพรงอากาศ ขนาดของโพรง และความหนาของผนังกัน (septa) สามารถจำแนกได้ 7 รูปแบบ ได้แก่ acamerate, procamerate, camerate, polycamerate, semi-camellate, camellate และ somphospodylous

จากการศึกษาเปรียบเทียบร่วมกับนกในปัจจุบัน เกี่ยวกับการเจริญของเซลล์กระดูก (osteology) พบว่า การแบ่งรูปแบบของโพรงอากาศแบบ camerate และ polycamerate ยังมีข้อสงสัยอยู่มาก เนื่องจากเซลล์กระดูกของสิ่งมีชีวิตมีการสร้างและแทนที่ขึ้นมาใหม่ตลอดเวลา ดังนั้นอาจทำให้เข้าใจผิดว่ารูปแบบโพรงอากาศแบบ camerate เป็นแบบ camellate เพราะข้อมูลเกี่ยวกับการเจริญและช่วงอายุของซอโรพอดในแต่ละกลุ่มยังมีไม่มาก เนื่องจากมีตัวอย่างให้ศึกษาน้อย และรูปแบบโพรงอากาศในนกปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นแบบ camellate ด้วย

ดังนั้น ค.ศ. 2007 Wedel ได้จัดรูปแบบโพรงอากาศกระดูกสันหลังไดโนเสาร์ซอโรพอด (ภาพที่ 1) ดังนี้

Apneumatic bone คือ กระดูกสันหลังที่ภายในไม่มีช่องอากาศแทรกอยู่ เพราะภายในจะอัดแน่นด้วยเซลล์กระดูก (spongiosa) ทำให้กระดูกมีลักษณะตัน

Large chamber คือ กระดูกสันหลังที่ภายในมีโพรงอากาศขนาดใหญ่ จำนวนโพรงน้อย และกระดูกที่กั้นระหว่างห้องมีความหนามาก



ภาพที่ 1 รูปแบบโพรงอากาศภายในกระดูกสันหลังของซอโรพอด (Wedel et al., 2000b) A คือ apneumatic bone B คือ large chamber C คือ small chamber

Small chamber คือ กระดูกสันหลังที่ภายในมีโพรงอากาศขนาดเล็ก จำนวนโพรงมาก และกระดูกที่กั้นระหว่างห้องมีความหนาน้อยกว่าแบบ large chamber ทำให้กระดูกมีลักษณะคล้ายฟองน้ำ

วิธีการวิจัย

ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กระดูกสันหลังซอโรพอด (Taxon B) ส่วนคอ (K4-557) และส่วนท้อง (K4-559) หมวดหินเสาชั่ว จากแหล่งขุดค้นภูกุ่มข้าว จังหวัดกาฬสินธุ์ และกระดูกสันหลังไก่บ้านและไก่ชน (2,18, 24 และ 36 เดือน)

การศึกษาลักษณะโพรงอากาศของกระดูกสันหลังซอโรพอด

นำซากดึกดำบรรพ์กระดูกสันหลังซอโรพอดไปสแกนผ่านเครื่อง CT scan ยี่ห้อ TOSHIBA รุ่น Aquillion 64 ที่ศูนย์รังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม แล้วนำภาพจากการสแกนมาแปลผลเป็นภาพ 3 มิติ โดยอาศัยโปรแกรม eFilm Workstation 3.4

การศึกษาลักษณะโพรงอากาศของกระดูกสันหลังไก่บ้านและไก่ชน

นำกระดูกสันหลังไก่บ้านและไก่ชน ทั้งเพศผู้และเพศเมียตามช่วงอายุต่าง ๆ มาทำการตัดตามขวาง และดูลักษณะโพรงภายในได้กล้องสเตอริโอ วิเคราะห์ผลและเปรียบเทียบความเหมือนและความต่างของลักษณะโพรงอากาศภายในกระดูกสันหลัง พร้อมทั้งเปรียบเทียบลักษณะโพรงอากาศของกระดูกสันหลังของตัวอย่างไก่เหล่านี้กับของซอโรพอด

เทคนิคเอ็กซเรย์คอมพิวเตอร์

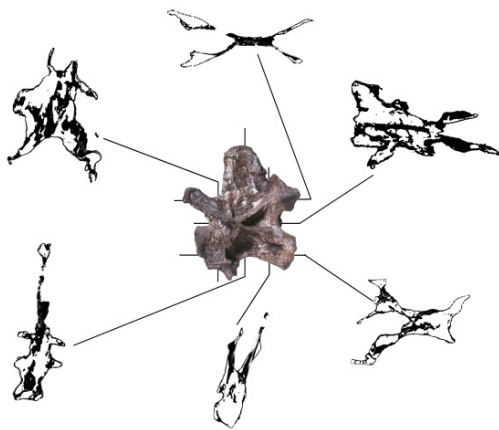
Tomography คือ การสร้างภาพโดยการตัดเป็นส่วน ๆ ต้นกำเนิดของรังสีที่ใช้ในการทำ CT scan คือ รังสีเอกซ์ โดยเครื่อง CT จะสแกนรอบตัววัตถุเมื่อการหมุนแต่ละรอบเสร็จสิ้น ภาพตัดขวางหนึ่งภาพก็จะถูกสร้างขึ้น ซึ่งในการสแกนด้วยเครื่อง CT จะไม่มีการบันทึกภาพที่ได้แต่ละภาพลงบนแผ่นฟิล์ม แต่จะนำภาพเหล่านี้มาสร้างเป็นภาพตัดขวาง 2 มิติ โดยใช้คอมพิวเตอร์ ภาพที่ได้เรียกว่า tomogram และเมื่อนำภาพตัดขวางเหล่านี้หลาย ๆ ชั้นมาวางซ้อนกันก็จะสามารถสร้างภาพ 3 มิติ ของโครงสร้างกายหรืออวัยวะภายในได้ ดังนั้น CT scan จึงหมายถึง การบันทึกภาพตัดขวาง

ของร่างกายในระดับที่ต่างกันนั่นเอง ซึ่งเทคนิคนี้จะไม่ทำให้ตัวอย่างเกิดความเสียหาย

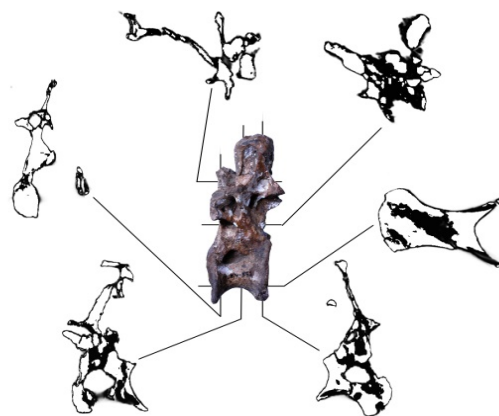
ผลการวิจัย

การศึกษาลักษณะโพรงอากาศของกระดูกสันหลังซอโรพอด

จากการใช้เทคนิค CT-scan เพื่อศึกษาโพรงอากาศภายในกระดูกสันหลังของซอโรพอดชนิดใหม่ (Taxon B) จากหมวดหินเสาขัว แหล่งขุดค้นภูกุ่มข้าว จังหวัดกาฬสินธุ์ พบว่ามีลักษณะรูปแบบโพรงอากาศภายในเป็นแบบ large chamber โดยมีจำนวนโพรงอากาศน้อยและมีผนังกัน เปรียบเสมือนเป็นโครงร่างค้ำจุนในแต่ละช่องของโพรงอากาศที่หนา ดังในภาพที่ 2 และ 3

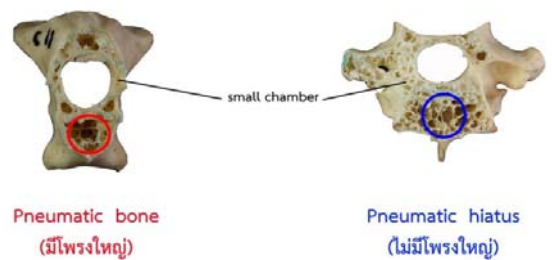


ภาพที่ 2 โพรงอากาศภายในกระดูกสันหลังส่วนคอชิ้นที่ 7 ของซอโรพอดชนิดใหม่ (Taxon B)



ภาพที่ 3 โพรงอากาศภายในกระดูกสันหลังส่วนท้องชิ้นที่ 7 ของซอโรพอดชนิดใหม่ (Taxon B)

สำหรับการศึกษารูปแบบโพรงอากาศภายในกระดูกสันหลังของไก่ พบว่า ไก่ทุกเพศ ทุกวัย มีโพรงอากาศภายในกระดูกสันหลังเป็นแบบ small chamber โดยสามารถแบ่งย่อยได้อีก 2 รูปแบบ คือ pneumatic bone มีโพรงอากาศขนาดใหญ่อยู่ตรงกลาง 1-2 ช่อง และโพรงอากาศขนาดเล็กล้อมรอบ ส่วน pneumatic hiatus มีโพรงขนาดเล็กกระจายอยู่ทั่วไปในตัวกระดูก (ภาพที่ 4) โดยโพรงอากาศทั้งสองแบบนี้จะพบอยู่ในตำแหน่งที่เฉพาะ ซึ่งเหมือนกันในกระดูกสันหลังของไก่ทุกตัว (ภาพที่ 5)



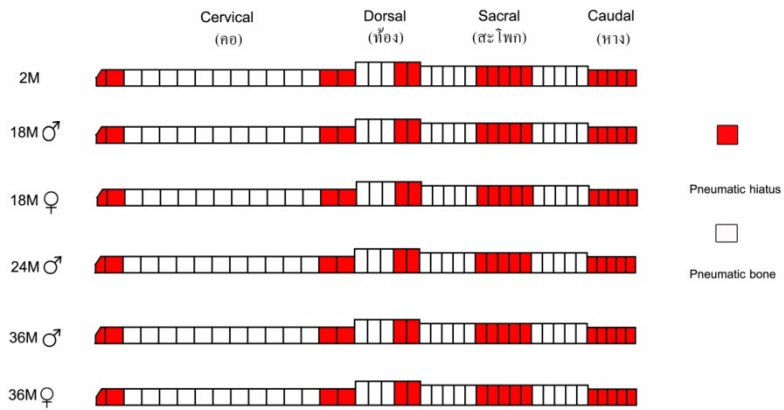
ภาพที่ 4 โพรงอากาศแบบ small chamber มี 2 แบบย่อย คือ pneumatic bone และ pneumatic hiatus

การเปลี่ยนแปลงรูปแบบโพรงอากาศตามการเจริญเติบโต

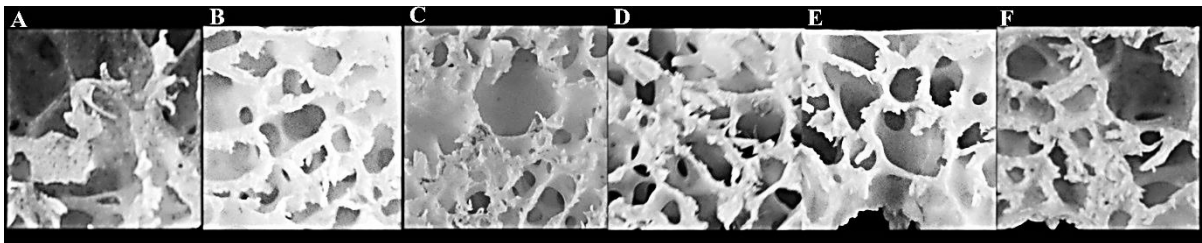
การเจริญเติบโต (ontogeny) ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปแบบโพรงอากาศภายในกระดูกสันหลังของไก่ตามช่วงอายุ เนื่องจากเป็นการขยายขนาดของร่างกายจึงทำให้มีการเพิ่มหรือพอกของมวลกระดูก มีผลให้ขนาดของโพรงลดลง เพราะผนังกันมีความหนาเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 6) แต่ไม่ได้เปลี่ยนแปลงรูปแบบของโพรงอากาศให้กลายเป็นรูปแบบอื่น

อภิปรายผล

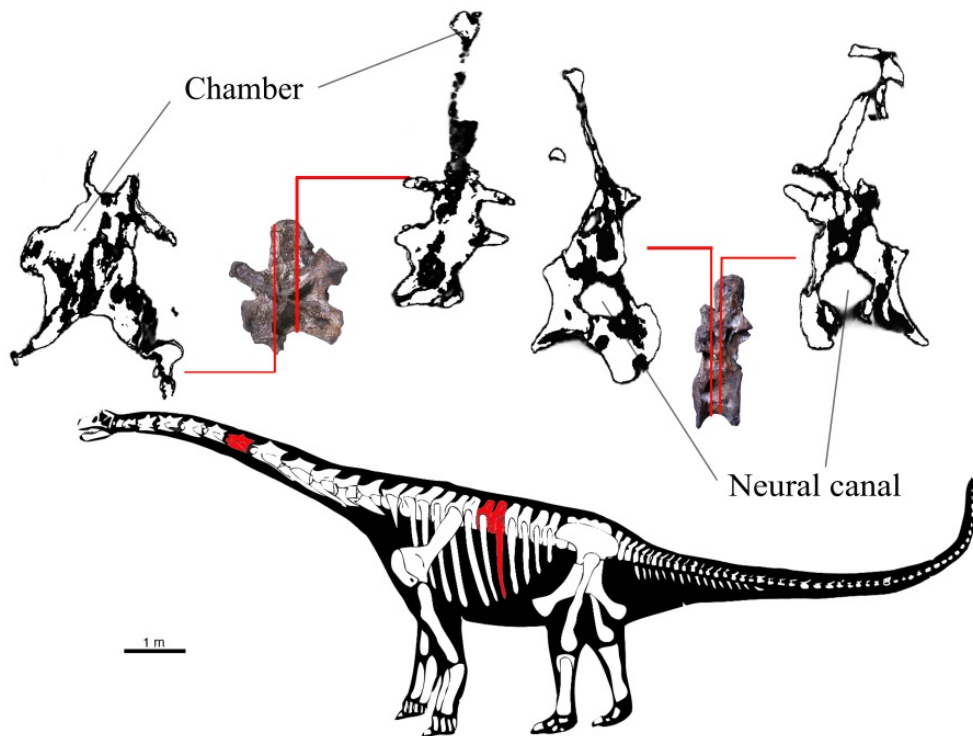
โพรงอากาศภายในกระดูกสันหลังของไดโนเสาร์ซอโรพอดชนิดใหม่ มีขนาดโพรงที่ค่อนข้างใหญ่และจำนวนของช่องอากาศน้อย ผนังกันแต่ละช่องหนา เป็นลักษณะโพรงอากาศแบบ large chamber (Wedel, 2007) (ภาพที่ 7) ซึ่งเหมือนกับรูปแบบของไดโนเสาร์ซอโรพอด *Phuwiangosaurus sirindhomae* แต่ลักษณะของโพรงจะต่างกัน และจากรูปแบบโพรงอากาศที่เป็นแบบเดียวกันนี้ ทำให้ไดโนเสาร์ซอโรพอดที่เป็นตัวอย่างในการศึกษา (Taxon B) น่าจะมีระดับวิวัฒนาการอยู่ในระดับใกล้เคียงกับ *P. sirindhomae* (Neosauropoda) เนื่องจากสายวิวัฒนาการของไดโนเสาร์ซอโรพอดที่โบราณจะมีกระดูกสันหลังแบบ apneumatic ขณะที่กลุ่มที่มีวิวัฒนาการ



ภาพที่ 5 ตำแหน่งกระดูกสันหลังของไก่ที่พบ pneumatic bone และ pneumatic hiatus



ภาพที่ 6 ความหนาของผนังกันโพรงอากาศของไก่ตามช่วงอายุ A คือ ไก่บ้าน 2 เดือน B คือ ไก่บ้านเพศผู้ 18 เดือน C คือ ไก่บ้านเพศเมีย 18 เดือน D คือ ไก่ชนพม่าเพศผู้ 24 เดือน E คือ ไก่บ้านเพศผู้ 36 เดือน และ F คือ ไก่บ้านเพศเมีย 36 เดือน



ภาพที่ 7 โพรงอากาศภายในกระดูกสันหลังซอโรพอดชนิดใหม่ (Taxon B)

ชั้นสูงจะมีรูปแบบ small chamber เช่น กลุ่ม Titanosauria แต่อย่างไรก็ตาม ถึงรูปแบบโพรงอากาศภายในจะเป็นรูปแบบเดียวกัน ก็มีลักษณะโพรงอากาศและสัณฐานวิทยาภายนอกที่แตกต่างกันหลายประการ กล่าวคือ pneumatic foramen มุมของ spine ที่วางตัวบน centrum ตำแหน่งของโพรงภายนอกหรือการคอดเว้าต่างๆ (อยู่ในระหว่างการศึกษาค้นคว้าโดย ดร. สุรเวท สุธีธร) ทำให้อนุมานได้ว่า Taxon B น่าจะเป็นไดโนเสาร์ซอโรพอดชนิดเดียวกับ *P. sirindhornae* ซึ่งตรงกับการศึกษาของ Suteethorn et al. (2009) ที่กล่าวว่า ในแหล่งพื้นที่ขุดค้นภูมิกุ่มข้าว พบไดโนเสาร์ซอโรพอด 3 ชนิด โดยหนึ่งในนั้นคือ *P. sirindhornae* และอีกสองชนิดนั้นคาดว่า จะเป็นชนิดใหม่สกุลใหม่

สรุปผลการวิจัย

รูปแบบโพรงอากาศภายในกระดูกสันหลังของไก่บ้าน (*G. gallus*) ในช่วงอายุ 2, 18 และ 36 เดือน ทั้งสองเพศ และไก่ชนพม่าเพศผู้ อายุ 24 เดือน มีรูปร่างค่อนข้างเหลี่ยมขนาดเล็กและจำนวนมาก โดยผนังกันของช่องว่างแต่ละช่องจะบาง ซึ่งเป็นลักษณะของโพรงอากาศรูปแบบ small chamber (Wedel, 2007) ซึ่งตรงกับรูปแบบโพรงอากาศภายในของสัตว์ปีกปัจจุบันที่พบเฉพาะแบบ camellate เท่านั้น (Wedel et al., 2003a,b)

สมมติฐาน Ontology

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของโพรงอากาศภายในกระดูกสันหลังของไก่ในช่วงอายุต่าง ๆ พบว่า จำนวนช่องอากาศหรือความพรุนของโพรงภายในใกล้เคียงกัน เพียงแต่ขนาดโพรงอากาศในไก่ที่อายุมากมีขนาดเล็กกว่าในไก่ที่อายุน้อยกว่าเพียงเล็กน้อย ซึ่งจากการศึกษาพบว่า ความหนาของผนังกันภายในไก่ที่มีอายุมากจะหนากว่าผนังกันของไก่ที่มีอายุน้อย เนื่องจากกระบวนการสร้างกระดูกของสิ่งมีชีวิต จึงเป็นข้อมูลในการตอบเกี่ยวกับสมมติฐานของ Wedel (2003a,b) ในเรื่อง การเจริญของสิ่งมีชีวิตมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปแบบโพรงอากาศภายในจาก camerate เป็น camellate หรือไม่ ซึ่งการเจริญเติบโตของไก่ตามช่วงอายุต่าง ๆ นั้นไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปแบบโพรงอากาศภายในกระดูกสันหลัง เพราะเป็นการเพิ่มมวลกระดูกจากการสะสมตัวของแคลเซียม จึงทำให้ผนังหนาขึ้นตามอายุของไก่ แต่สำหรับไดโนเสาร์ซอโรพอดยังไม่ควรตั้งสมมติฐานนี้ เพราะสิ่งมีชีวิตที่มีโพรงอากาศภายในกระดูกสันหลังมีเฉพาะในสัตว์ปีกเท่านั้น

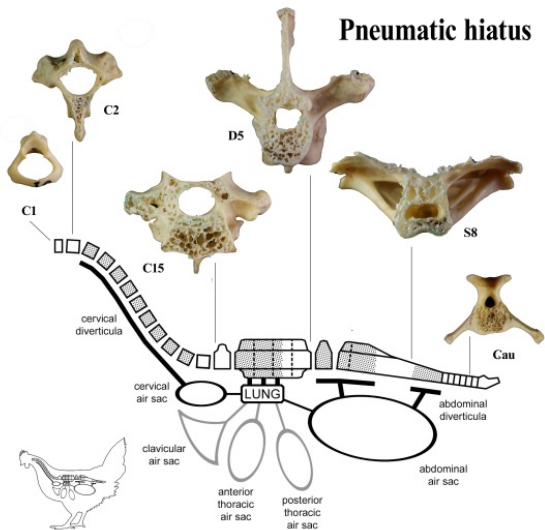
อีกทั้งรูปแบบของโพรงอากาศยังเป็นแบบ small chamber (camellate) ทั้งหมด จึงยังไม่สามารถระบุแน่ชัดว่า การเจริญมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปแบบจาก camerate เป็น camellate ในไดโนเสาร์ซอโรพอดได้นั่นเอง

การมีโพรงอากาศภายในกระดูกสันหลังช่วยลดน้ำหนักให้แก่สิ่งมีชีวิตได้ เช่น ในสัตว์ปีกที่กระดูกจะพรุนเพื่อลดน้ำหนักในการเอื้อประโยชน์เวลาบินนั่นเอง และสิ่งมีชีวิตทั้งสองมีบรรพบุรุษร่วมกัน เพราะมีความเหมือนของการมีลักษณะโพรงอากาศภายในกระดูกสันหลัง ที่ช่วยลดน้ำหนักตัว ซึ่งเป็นลักษณะที่ได้รับการถ่ายทอดจากบรรพบุรุษร่วมกัน

อีกทั้งเมื่อพิจารณาช่องอากาศบริเวณ centrum ของกระดูกสันหลังไก่ พบว่า มีขนาดของโพรงอากาศอยู่สองลักษณะด้วยกัน คือ มีโพรงขนาดใหญ่ 1-2 โพรง และโพรงขนาดเล็กที่ล้อมรอบอยู่ ซึ่งเป็นเช่นนี้ในกระดูกสันหลังเกือบทุกชิ้น ยกเว้นกระดูกสันหลังส่วนคอชิ้นที่ 1, 2, 14 และ 15 กระดูกสันหลังส่วนอกชิ้นที่ 1, 4 (ครึ่งหลัง) และ 5 กระดูกสันหลังส่วนสะโพกตั้งแต่ชิ้นที่ 4-12 และกระดูกสันหลังส่วนหางทั้งหมด ที่จะไม่พบโพรงอากาศขนาดใหญ่ตรงกลางของ centrum แต่เป็นโพรงขนาดเล็กแทรกอยู่แทนหรือเป็นโพรงขนาดกลางแทรกสลับกับขนาดเล็กแทน ซึ่งการที่กระดูกสันหลังแสดงลักษณะเช่นนี้ น่าจะเป็นการระบุตำแหน่งของระบบหายใจของไก่ (ภาพที่ 8) ดังเช่น การศึกษาของ Wedel (2009) ที่ว่า กระดูกสันหลังไก่บางชิ้นจะแสดงลักษณะ pneumatic hiatus ซึ่งไม่มีการเชื่อมต่อกับระบบหายใจ (diverticula) ของไก่ แสดงว่า pneumatic hiatus นี้เองช่วยระบุตำแหน่งของระบบหายใจในไก่ได้ อีกทั้งในกระดูกสันหลังของไดโนเสาร์ซอโรพอดยังพบลักษณะแบบนี้ด้วย จึงสันนิษฐานได้ว่า ระบบหายใจของไดโนเสาร์ซอโรพอด น่าจะเป็นดังเช่นของไก่

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ทนเรียนดีวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย ที่ให้ทุนสนับสนุนในการวิจัย และคณะวิทยาศาสตร์ ศูนย์วิจัยสัตววิทยา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม และศูนย์วิจัยและการศึกษาระบบชีววิทยา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือ และสถานที่เพื่อการศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้



ภาพที่ 8 โครงสร้างภายในของกระดูกสันหลังไก่
Pneumatic hiatus

เอกสารอ้างอิง

Buffetaut, E., Suteethorn, V., Cuny, G., Tong, H., Le Loeuff, J., Khansubha, S., and Jongautchariyakul, S. (2000). The earliest known sauropod dinosaur. *Nature* 407: 72–74.

Butler R. J., Barrett P. M., and Gower D. J. (2012). Reassessment of the evidence for postcranial skeletal pneumaticity in triassic archosaurs, and the early evolution of the avian respiratory system. *PLoS ONE* 7(3): e34094.

Butler, R. J., Barrett, P. M., and Gower, D. J. (2009). Postcranial skeletal pneumaticity and air-sacs in the earliest pterosaurs. *Biology Letters* 5: 557–560.

Hogg, D. A. (1984a). The development of pneumaticisation in the postcranial skeleton of the domestic fowl. *Journal of Anatomy* 139: 105–113.

Hogg, D. A. (1984b). The distribution of pneumatisation in the skeleton of the adult domestic fowl. *Journal of Anatomy* 138: 617–629.

O'Connor, P. M. (2006). Postcranial pneumaticity: an evaluation of soft-tissue influences on the postcranial skeleton and the reconstruction of

pulmonary anatomy in archosaurs. *Journal of Morphology* 267: 1199–1226.

O'Connor, P. M. (2009) Evolution of archosaurian body plans: skeletal adaptations of an air-sac-based breathing apparatus in birds and other archosaurs. *Journal of Experimental Zoology* 311: 629–646.

Schwarz, D., and Fritsch, G. (2006). Pneumatic structures in the cervical vertebrae of the Late Jurassic Tendaguru sauropods *Brachiosaurus brancai* and *Dicraeosaurus*. *Eclogae Geologicae Helveticae* 99: 65–78.

Sereno, P. C., Wilson, J. A., Witmer, L. M., Whitlock, J. A., Maga, A., Ide, O., and Rowe, T. (2007). Structural extremes in a cretaceous dinosaur. *PLoS ONE* 2: e1230.

Suteethorn, S., Le Loeuff, J., Buffetaut, E., Suteethorn, V., Taubmook, C. and Chonglakmani, C. (2009). A new skeleton of *Phuwiangosaurus sirindhornae* (Dinosauria, Sauropoda) from NE Thailand. *Geological Society of London Special Publication* 315: 189–215.

Wedel, M. J. (2003b) Vertebral pneumaticity, air sacs, and the physiology of sauropod dinosaurs. *Paleobiology* 29: 243–255.

Wedel, M. J. (2006). Origin of postcranial skeletal pneumaticity in dinosaurs. *Integrative Zoology* 2: 80–85.

Wedel, M. J. (2003a). The evolution of vertebral pneumaticity in sauropod dinosaurs. *Journal of Vertebrate Paleontology* 23, 344–357.

Wedel, M. J., and Cifelli, R. I. (2005). Sauroposeidon: Oklahoma's native giant. *Oklahoma Geology Notes* 65: 40–57.

Wedel, M. J., Cifelli, R. I., and Sander, R. K. (2000a). Sauroposeidon proteles, a new sauropod from the early Cretaceous of Oklahoma. *Journal of Vertebrate Paleontology* 20: 109–114.

- Wedel, M. J., Cifelli, R. I., and Sander, R. K. (2000b) Osteology, paleobiology, and relationships of the sauropod dinosaur *Sauroposeidon*. **Acta Palaeontologica Polonica** 45: 343–388.
- Wedel, M.J. (2007). What pneumaticity tells us about “prosauropods,” and vice versa. **Special Paper in Palaeontology** 77: 207–222.
- Wedel, M.J. (2009). Evidence for bird-like air Sacs in Saurischian dinosaurs. **Journal of Experimental Zoology** 311A: 611–628.