

XXX

เชียงใหม่สัตวแพทยสาร 2558; 13(3): Article in press

บทความต้นฉบับ

## อัตราปริมาตรโพรงกะโหลกต่อปริมาตรกะโหลกของ สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม 25 ชนิด

พิชญา ชาญพานิชกิจโชติ<sup>1</sup> วสันต์ ตั้งโกคานนท์<sup>2</sup> รัชศิริ น้อมศิริ<sup>3</sup> พัชราภรณ์ แก้วไม่ง<sup>4</sup>  
ปิยะมาศ คงถึง<sup>5</sup> กรกฎ งานวงศ์พานิชย์<sup>6</sup>

<sup>1</sup> ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

<sup>2</sup> ภาควิชาชีวศาสตร์ทางสัตวแพทย์และสัตวแพทย์สาธารณสุข คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

<sup>3</sup> กลุ่มงานสัตวแพทย์ อนุรักษ์ และวิจัย สำนักงานเชียงใหม่ไนท์ซาฟารี

<sup>4</sup> ศูนย์วิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งทะเลอันดามันภูเก็ต

<sup>5</sup> ห้องปฏิบัติการกลาง คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

<sup>6</sup> ห้องปฏิบัติการวิจัยโรคกระดูกและข้อในสัตว์ ภาควิชาชีวศาสตร์ทางสัตวแพทย์และสัตวแพทย์สาธารณสุข คณะสัตวแพทยศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

**บทคัดย่อ** จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อเปรียบเทียบสัดส่วน ปริมาตรโพรงกะโหลก (cranial volume; CV) ต่อปริมาตรกะโหลก (skull volume; SV) ของกะโหลกสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมจำนวน 25 ชนิด รวมทั้งหมด 48 กะโหลก (จากเชียงใหม่ไนท์ซาฟารี และห้องปฏิบัติการกายวิภาค คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่) โดยใช้วิธีการบรรจุด้วยมือ (manual packing) โดยการกรอกเมล็ดข้าวฟ่างลงในกะโหลกและหาปริมาตรโพรงกะโหลกจากการวัดปริมาตรของเมล็ดข้าวฟ่างที่ใช้ไป โดยเทียบกับค่าปริมาตรของกะโหลกที่ใช้หลักการเรื่องแรงลอยตัว (buoyancy force) ของวัตถุในน้ำตามทฤษฎีแรงลอยตัวของ Archimedes เพื่อเก็บข้อมูลค่า CV/SV ไว้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการศึกษารายละเอียดทางด้านสัตววิทยาและสัตวแพทย์ต่อไป ผลการศึกษาพบว่า กะโหลกของโลมา (Spinner dolphin) จะมีสัดส่วนดังกล่าวเมื่อเทียบในหน่วยเปอร์เซ็นต์มากที่สุดคือ 184.682 % และสัดส่วนดังกล่าวพบน้อยที่สุดใน Barbary sheep (6.160%) ทั้งนี้ ค่าสัดส่วนปริมาตรโพรงกะโหลกต่อปริมาตรกะโหลกของสัตว์แต่ละชนิดนั้น ขึ้นอยู่กับ ลักษณะรูปร่างของกะโหลก น้ำหนักของกะโหลก และความหนาแน่นของกะโหลก และปริมาตรของช่องว่างภายในกะโหลกของสัตว์แต่ละชนิด และสัดส่วนดังกล่าวแม้จะเป็นสัตว์ในวงศ์เดียวกัน ก็สามารถมีค่าสัดส่วนดังกล่าวที่แตกต่างกันได้ เช่นในการศึกษาครั้งนี้ได้แก่กลุ่มกวาง (วงศ์ Cervidae) และกลุ่ม Antelope (วงศ์ Bovidae)

**คำสำคัญ** ปริมาตรโพรงกะโหลก ปริมาตรกะโหลก กะโหลกสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม

\* ผู้รับผิดชอบบทความ วสันต์ ตั้งโกคานนท์ ภาควิชาชีวศาสตร์ทางสัตวแพทย์และสัตวแพทย์สาธารณสุข คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ต.แม่เหิยะ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50100 อีเมลล์: wasan.tangphokhanon@cmu.ac.th

ข้อมูลบทความ วันที่ได้รับบทความ 29 ตุลาคม พ.ศ.2558, วันที่ได้รับการตีพิมพ์ 20 พฤศจิกายน พ.ศ. 2558



XXX

Chiang Mai Vet J 2015; 13(3): *Article in press*

Original article

## Ratio of cranial and skull volumes in 25 mammalian species

Pichaya Chanpanitkitchote<sup>1</sup>, Wasan Tangphokhanon<sup>2</sup>, Raksiri Nomsiri<sup>3</sup>, Patcharaporn Kaewmong<sup>4</sup>,  
Piyamart Kongteung<sup>5</sup>, Korakot Nganvongpanit<sup>6</sup>

<sup>1</sup> *Department of Biology, Faculty of Science, Chiang Mai University*

<sup>2</sup> *Department of Veterinary Biosciences and Public Health, Faculty of Veterinary Medicine, Chiang Mai University*

<sup>3</sup> *Veterinary Conservation and Research Section, Chiang Mai Night Safari*

<sup>4</sup> *Phuket Marine Biological Center*

<sup>5</sup> *Central Laboratory, Faculty of Veterinary Medicine, Chiang Mai University, Chiang Mai*

<sup>6</sup> *Animal Bone and Joint Research Laboratory, Department of Veterinary Biosciences and Public Health, Faculty of Veterinary Medicine, Chiang Mai University*

---

**Abstract** The aim of this project is to compare the ratio of (cranial volume; CV) to (skull volume; SV) in 25 mammalian species, 48 skulls (obtained from Chiang Mai Night Safari and Anatomy Laboratory, Faculty of Veterinary Medicine, Chiang Mai University, Chiang Mai). The cranial volume was measured by using filled sorghum seed volume which manually packing and filling through the cranial cavity. The SV was measured by use of Buoyancy force of Archimedes's principle. The data of CV/SV (%) were collected for basic and advance study of zoology and veterinary medicine. The results found that skull of Spinner dolphin showed the highest ratio of CV and SV about 184.682%. Nevertheless, the ratio of CV and SV of each species seem to be depended on morphology, weight and density of skull and also cranial volume and the different ratio of CV and SV from the similar taxon have been recorded in family Cervidae and Antelope from family Bovidae.

**Keywords** cranial volume, skull volume, mammalian skull

---

\* **Corresponding author:** Wasan Tangphokhanon Department of Veterinary Biosciences and Public Health, Faculty of Veterinary Medicine, Chiang Mai University, Chiang Mai; E-mail; wasan.tangphokhanon@cmu.ac.th

---

*Article history* received manuscript 29 October 2015, accepted manuscript 20 November 2015



## บทนำ

ในสัตว์มีกระดูกสันหลัง (vertebrate) พบว่า โครงสร้างกายวิภาคของกะโหลกศีรษะ (skull) จะมี ส่วนประกอบสำคัญ คือโครงกระดูกส่วนหัวและใบหน้า (face; F) รวมถึงกระดูกขากรรไกรล่าง (mandible) กระดูกของกะโหลกศีรษะห่อหุ้มช่องว่างขนาดใหญ่ (cranial cavity; CC) ซึ่งบรรจุสมอง เยื่อหุ้มสมอง และ หลอดเลือดชนิดต่าง ๆ โดยช่องว่างดังกล่าวจะอยู่ บริเวณด้านหลังของช่องว่างขนาดเล็กเช่น โพรงจมูก (nasal cavity), เบ้าตา (orbital cavity) อีกทั้งกระดูกใน ส่วนฐานของกะโหลกยังเป็นหลังคาให้กับช่องปาก (oral cavity) อีกด้วย ที่สำคัญกะโหลกศีรษะได้ถูกสร้างขึ้นมา เพื่อปกป้องและค้ำจุน สมอง และโครงสร้างประสาท สัมผัสที่เกี่ยวข้องกับการได้ยิน (audition) การรับรส (gustation) การดมกลิ่น (olfaction) การมองเห็น (vision) การเคลื่อนที่และทรงตัว (movement and balance) และยังประกอบไปด้วยช่องทางที่เป็นทางผ่าน ให้อากาศ และอาหาร (Hildebrand and Goslow 2001 ) จากหลักฐานการศึกษาเชิงกายวิภาควิทยา และ สันฐานวิทยาของกะโหลกสัตว์ พบว่าการศึกษา ทั้งหลายมีประโยชน์ต่อการนำไปประยุกต์ใช้เพื่ออธิบาย และศึกษาสิ่งมีชีวิตในเชิงธรรมชาติวิทยา สัตวศาสตร์ และการแพทย์ เช่น วิวัฒนาการ (evolution), การปรับตัว ของสัตว์กับ สิ่งแวดล้อม (eco- morphological adaptation), ดัชนีชีวภาพสำหรับการเปลี่ยนแปลงของ สภาพภูมิอากาศและความเป็นพิษของสิ่งแวดล้อม ( bio- indicator for climate change and toxic environment), การระบุยุคและช่วงเวลา (time and period identification), การจัดจำแนกชนิดของสัตว์ (Species identification), การประมาณระยะเวลา เจริญเติบโต หรืออายุของสัตว์ (Stage and age determination) การประเมินขนาด และน้ำหนักตัวของ สัตว์ (body size and weight estimation) ลักษณะเพศ ภาพของสัตว์ (sexual dimorphism) พฤติกรรมและ

ความเฉลียวฉลาด (Behavior and intelligent) การ อพยพ และกระจายพันธุ์ (immigration and distribution) การจัดจำแนกชนิดกะโหลกสัตว์ใน พิพิธภัณฑ์ (museum skull identification) การใช้ ประโยชน์ในเชิงจริยธรรมทางการแพทย์ (medical ethics) การพยากรณ์และวินิจฉัยโรคในสัตว์ (disease prediction and diagnostic) (Athanasios et al., 2015; Franco-Moreno et al., 2015; Guskov, 2014; Kruska and Steffen, 2013; Laure et al., 2012; Ludwig et al., 1997; Meloro et al., 2014; Rightmire et al., 2006; Rodrigues et al., 2010; Sonne et al., 2005; Suraprasit et al., 2015; Whitwell et al., 2001) การศึกษาช่องว่างของกะโหลกได้รับการสนับสนุนข้อมูล เพิ่มขึ้นเมื่อปี ค.ศ.2001 เมื่อ Whitwell และคณะ ได้ ทำการศึกษาปริมาตรของสมองในสัตว์ (cerebral volume) ที่ได้ทำขึ้นและอ้างอิงจากปริมาตรของช่องว่าง ขนาดใหญ่ในกะโหลก (cranial volume; CV) และ ในช่วงเวลาใกล้เคียงกันนั้นได้มีรายงานสรุปวิธีการ เปรียบเทียบปัจจัยค่า CV กับปริมาตรของกะโหลกส่วน หัว (skull volume; SV) และเสนอวิธีการคำนวณหา สัดส่วนของ CV และ SV (Manjunath, 2002) ยิ่งไปกว่า นั้นพบรายงานที่น่าสนใจเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของ ปริมาตรสมอง (brain volume; BV) ต่อค่า CV (Nooranipour and Farahani, 2008; Wolf et al., 2003) และมีการวัดขนาดและปริมาตร ของกะโหลกส่วน F, CC, CV และ SV อย่างจริงจัง (Manjunath, 2002; Rodrigues et al., 2010) และรวมไปถึงรายงาน การศึกษาที่เกี่ยวข้องกับวิวัฒนาการของขนาดสมองของ สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ในกลุ่มสัตว์ Order Carnivora, Rodentia, Primates และ Artiodactyla รวมจำนวน ทั้งสิ้น 445 ชนิด (Isler and van Schaik, 2012)

ในปี ค.ศ. 2002 พบว่า Manjunath ได้รายงาน การประมาณค่า CV ของกะโหลกสัตว์ที่แห้งและของ กะโหลกสัตว์ยังมีชีวิตอยู่ โดยปริมาตรของโพรงกะโหลก แห่ง สามารถคำนวณได้จาก 1. การวัดขนาดกะโหลก



ในเชิงสามมิติโดยตรง (linear measurement of three principal dimension of the cranium) 2. การบรรจุ (packing and filling method) แบ่งย่อยเป็นการบรรจุด้วยมือ (manual packing) และบรรจุด้วยเครื่อง (cranial capacity machine) และด้วยลูกโป่งยางพารา (rubber balloon method) 3. การประเมินด้วย cephalometric roentgenograms วิธีง่ายและได้รับการยอมรับว่ามีความถูกต้องแม่นยำคือการกรอกวัตถุขนาดเล็กลงในกะโหลกและประมาณ ปริมาตรโพรงกะโหลกจากการวัดปริมาตรของวัตถุนั้น (Manjunath, 2002; Sahin et al., 2007) นอกจากนี้มีการใช้วิทยาการสมัยใหม่มาประมาณค่าปริมาตรโพรงกะโหลกหรือปริมาตรสมองเช่น การถ่ายภาพรังสี (radiography) การถ่ายภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์ (computed tomography scan, CT-scan) และการตรวจเอกซเรย์ด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (magnetic resonance imaging; MRI) (Mazonakis et al., 2004; Sahin et al., 2007) ดังนั้นการศึกษากะโหลกของสัตว์ส่วนใหญ่จึงมุ่งเน้นศึกษาโครงสร้าง รูปร่างและขนาด (skull morphometry) และดูความสัมพันธ์กับขนาดตัวหรือน้ำหนักตัว และขนาดสมองของสัตว์เหล่านั้น ซึ่งกะโหลกของสัตว์แต่ละชนิด หรือแม้แต่ว่าของสัตว์ในชนิดเดียวกันมีความแปรผันแตกต่างกัน (Athanassiou et al., 2015; Kruska and Steffen, 2013; Meloro et al., 2014) เช่น แกะ (sheep) ช้างไซปรัส (Cyprus's elephant) ม้า (horse) แพะ (goat) สมเสร็จ (tapir) สิงโต (lion) สุนัข (dog) หนูตะเภาบ้าน (domesticated guinea pig) และหนูตะเภาป่า (wild cavy) หนูขาว (mouse) หมีขั้วโลก (polar bear) อูฐ (camel) ไฮยีน่าลายจุด (spotted

hyena), Antelope, California sea lions, brown bear และ Howler monkeys (Athanassiou et al., 2015; Choudhary and Singh, 2015; Franco-Moreno et al., 2015; Georgevsky et al., 2014; Guskov, 2014; Kruska and Steffen, 2013; Laure et al., 2012; Ludwig et al., 1997; Meloro et al., 2014; Saragusty et al., 2014a; Shoghy and Saber, 2015; Sonne et al., 2005; Suraprasit et al., 2015; Witmer et al., 1999)

สำหรับการศึกษาปริมาตรโพรงกะโหลกต่อปริมาตรกะโหลกในสัตว์ป่ายังไม่พบมากนัก ดังนั้นในการศึกษานี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบสัดส่วน ปริมาตรโพรงกะโหลกต่อปริมาตรกะโหลก (CV/SV) ของกะโหลกสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมจำนวน 25 ชนิด โดยใช้วิธีการบรรจุด้วยมือ โดยเทียบกับค่าปริมาตรของกะโหลกที่ใช้หลักการเรื่องแรงลอยตัว (buoyancy force) ของวัตถุน้ำ เพื่อเก็บเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการศึกษารายละเอียดทางด้านสัตววิทยา และสัตวแพทย์ต่อไป

## วัสดุและวิธีการ

### กะโหลกสัตว์

กะโหลกสัตว์จำนวน 25 ชนิด รวมทั้งหมด 48 กะโหลก ได้รับการสนับสนุนเพื่อการวิจัยจากห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์ คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ เชียงใหม่ไนท์ซาฟารี และศูนย์วิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งทะเลอันดามัน ภูเก็ต รายละเอียดดังแสดงใน ตารางที่ 1



Table 1 Number of skull in each Species of this study

	Common name	Scientific name	Number of skull
1	Malayan tapir	<i>Tapirus indicus</i>	1
2	Camel	<i>Camelus dromedarius</i>	1
3	Sunda sambar	<i>Rusa timorensis</i>	2
4	Nilgai	<i>Boselaphus tragocamelus</i>	1
5	Giraffe	<i>Giraffa camelopardalis</i>	1
6	Spotted deer	<i>Axis axis</i>	1
7	Red lechwe	<i>Kobus leche</i>	1
8	Nyala	<i>Tragelaphus angasii</i>	1
9	Eland	<i>Tragelaphus oryx</i>	1
10	Sitatunga	<i>Tragelaphus spekii</i>	1
11	Greater kudu	<i>Tragelaphus strepsiceros</i>	1
12	Gemsbuck	<i>Oryx gazella</i>	1
13	Common barking deer	<i>Muntiacus muntjak</i>	1
14	Grant's gazelle	<i>Nanger granti</i>	2
15	Barbary sheep	<i>Ammotragus lervia</i>	1
16	Sheep	<i>Ovis aries</i>	3
17	Goat	<i>Capra aegagrus hircus</i>	3
18	Cattle	<i>Bos taurus</i>	3
19	Horse	<i>Equus ferus caballus</i>	4
20	Mule	<i>Equus mule caballus</i>	2
21	Pig	<i>Sus scrofa</i>	5
22	Dog (Golden retriever)	<i>Canis familiaris</i>	5
23	Lion	<i>Panthera leo</i>	1
24	Hyena	<i>Hyaena hyaena</i>	2
25	Spinner dolphin	<i>Stenella longirostris</i>	2

**การวัด**

วัดปริมาตรของช่องว่างกะโหลก ปริมาตรของกะโหลกและน้ำหนักกะโหลก คำนวณหาสัดส่วนระหว่างปริมาตรของช่องว่างกะโหลกต่อปริมาตรของกะโหลก คำนวณปริมาตรของช่องว่างกะโหลกใช้วิธี Manual Packing/Filling method (Manjunath, 2002) (รูปที่ 1) ใช้สำลีและดินน้ำมันอุดช่องโพรงกะโหลกแต่ละช่อง

กรอกเมล็ดข้าวฟ่างผ่านทาง foramen magnum ให้เต็มกะโหลก เขย่ากะโหลกและใช้คีมคีบเมล็ดข้าวฟ่างเพื่อให้เมล็ดข้าวฟ่างบรรจุเต็มกะโหลก จากนั้นเทเมล็ดข้าวฟ่างในกระบอกตวง และวัดปริมาตรหน่วยเป็นมิลลิลิตร (ml) การประมาณค่าปริมาตรของกะโหลกใช้หลักการเรื่องแรงลอยตัวของวัตถุในน้ำ ตามทฤษฎีแรงลอยตัวของยูเรกา (รูปที่ 2) จากสมมูลของวัตถุ จะได้



แรงขึ้น = แรงลง

$$T + F_B = mg \quad (1)$$

โดย  $F_B = \rho Vg$

$$T + \rho Vg = mg \quad (2)$$

$$V = \frac{mg - T}{\rho g} \quad (3)$$

$F_B$	=	แรงลอยตัว = น้ำหนักของของเหลวที่ถูกแทนที่ด้วยวัตถุ (N)
$V_L$	=	ปริมาตรวัตถุส่วนที่จมในของเหลว (L)
$g$	=	ค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลก ( $m/s^2$ ) = $9.78 m/s^2$ ที่มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
$T$	=	แรงดึงเชือก = ค่าน้ำหนักที่อ่านได้จากตาชั่งสปริง (N)
$mg$	=	น้ำหนักของวัตถุในอากาศ (N)
$\rho$	=	ความหนาแน่นของของเหลว ( $kg/m^3$ )

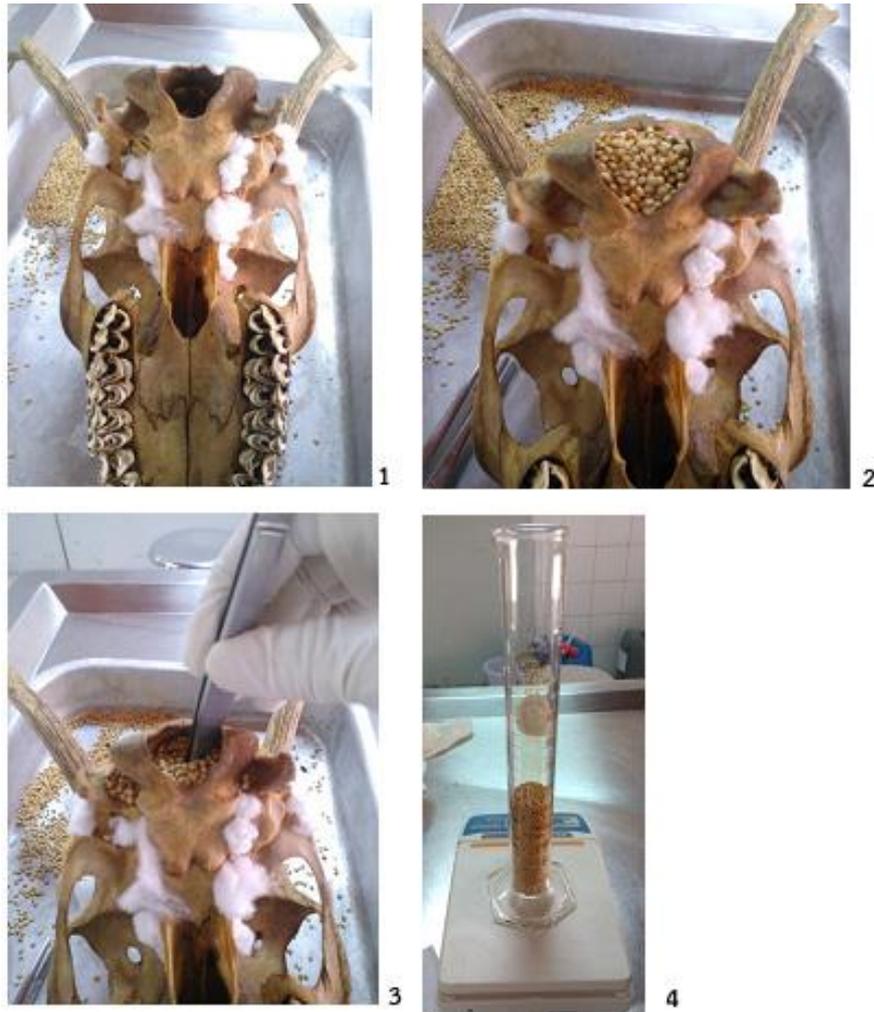
วิธีการหาปริมาตรกะโหลกทั้งหมด (รูปที่ 3) เริ่มจากวัดอุณหภูมิน้ำและคำนวณหาค่าความหนาแน่นของน้ำ ( $\rho$ ) ซึ่งมวลของกะโหลก (m) ด้วยตาชั่ง ในหน่วยกิโลกรัม (kg) มัดกะโหลกกับเอ็น และแขวนกับตาชั่งสปริง ซึ่งกะโหลก โดยให้กะโหลกจมน้ำโดยสมบูรณ์ไม่มีส่วนใดอยู่เหนือน้ำ อ่านค่าจากตาชั่งสปริงเป็นค่า T (N) คำนวณหาปริมาตรกะโหลก โดยใช้สมการ (3) หน่วยเป็นลิตร (L) การวัดค่าที่ใช้ในการคำนวณปริมาตรกะโหลกคือ น้ำหนักกะโหลก (กิโลกรัม) อุณหภูมิน้ำขณะชั่ง ( $^{\circ}C$ ) และค่าที่ชั่งได้จากเครื่องชั่งสปริง (นิวตัน) โดยค่าความหนาแน่นของน้ำจากการคำนวณ น้ำอุณหภูมิ  $29.2^{\circ}C$  จะมีความหนาแน่น  $0.99588898528 kg/m^3$  และน้ำอุณหภูมิ  $29.2^{\circ}C$  จะมีความหนาแน่น

$0.9958594447175 kg/m^3$  นำค่าทั้งหมดคำนวณในสมการ (3) (Orthopedic Research Laboratory, University of Nijmegen, The Netherlands)

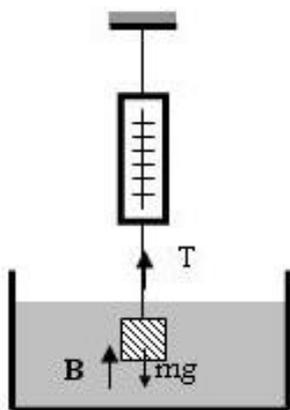
#### การวิเคราะห์ทางสถิติ

ในการวัดทำซ้ำกะโหลกแต่ละชิ้นทำซ้ำ 5 ครั้ง ห่างกัน 3-5 วันเพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ย สำหรับกะโหลกสัตว์ที่มีมากกว่า 1 ชิ้นต่อชนิดสัตว์จะเสนอเป็นค่าเฉลี่ย± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน นำเสนอเป็นลักษณะบรรยาย เนื่องจากมีสัตว์ถึง 14 สายพันธุ์ที่มีตัวอย่างกะโหลกเพียง 1 ตัวอย่างต่อชนิดสัตว์ ทำให้ไม่สามารถนำมาใช้คำนวณทางสถิติได้





**Figure 1** Cranial volume morphometry. Use cotton or clay plug into all foramina of the skull (1) then manually pack and fill the skull with sorghum seeds until full. (2) Use forceps poke sorghum seeds to ensure fully packed and minimized space. (3) Finally pour the sorghum seeds into measuring cylinder and measure the volume.



**Figure 2** The principle of buoyancy force. When the object was suspended on the scales and immersed in water, the weight of the object is supported by buoyancy force (B) then the weight that can be read from scales results from string tension (T)



Figure 3 The skull volume morphometry. Measure water temperature (1) for density calculation. Weigh the skull (2). Next, suspend the skull on the scales then immerse the skull into water (3). Read the scales when the whole skull is fully immersed (4).

### ผลการศึกษา

จากตารางที่ 2 พบว่ากะโหลกสัตว์ตัวอย่างทั้ง 25 ชนิด กะโหลกทุกชนิดมีปริมาตรช่องว่างกะโหลกต่ำกว่า 1.00 ลิตร โดยม้า (horse) จะมีปริมาตรช่องว่างกะโหลกสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ อูฐ (camel) โลมา (Spinner dolphin) ล่อ (mule) และโค (cattle) ตามลำดับ ส่วนสัตว์ที่มีปริมาตรช่องว่างกะโหลกน้อยที่สุดคือสุนัข (dog) และกะโหลกของสุนัขยังมีค่าน้ำหนักกะโหลก และค่าปริมาตรกะโหลกที่ต่ำที่สุด เมื่อเทียบกับ

กะโหลกของสัตว์ชนิดอื่น ๆ ที่ได้ทำการศึกษา อย่างไรก็ตาม พบว่าน้ำหนักกะโหลกและปริมาตรกะโหลกของ Barbary sheep นั้นมีค่าสูงที่สุด และรองลงมาได้แก่ของ Greater kudu และ Sitatunga และเมื่อจัดเรียงลำดับจากกะโหลกสัตว์ที่มีปริมาตรช่องว่างกะโหลก และน้ำหนักกะโหลก เรียงจากมากไปหาน้อย พบว่าค่าปริมาตร และน้ำหนักในกะโหลกของ ล่อ, Eland และสุนัข จะถูกจัดให้อยู่ในลำดับที่คล้ายกันคือ ลำดับที่ 4, 10 และ 25 ตามลำดับ โดยลักษณะการจัดเรียงลำดับจากค่ามากไปหาน้อยดังกล่าวยังแสดงให้เห็นในส่วน

ของน้ำหนักกะโหลก และปริมาตรกะโหลกใน Barbary sheep ( ลำดับที่ 1), Greater kudu ( ลำดับที่ 2), Sitatunga ( ลำดับที่ 3), Nyala ( ลำดับที่ 14), lion ( สิงโต , ลำดับที่ 15), Spotted deer ( กวางดาว, ลำดับที่ 16), Sunda sambar ( กวางรูชาชวา, ลำดับที่ 17), Spinner dolphin ( โลมา, ลำดับที่ 18), Striped hyena ( ไฮยีน่าลายแถบ, ลำดับที่ 19), แคะ ( ลำดับที่ 23) และสุนัข ( ลำดับที่ 25) สำหรับการจัดเรียงลำดับค่าปริมาตรโพรงกะโหลก และค่าปริมาตรกะโหลกจากมากไปหาน้อยนั้น พบเพียงกะโหลกของ Malayan tapir ( สมเสร็จมลายู, ลำดับที่ 8) และสุนัข ( ลำดับที่ 25) เพียงเท่านั้นที่มีลำดับคล้ายคลึงกัน เมื่อพิจารณาสัดส่วนระหว่างปริมาตรช่องว่างกะโหลกต่อปริมาตรกะโหลก (CV/SV) พบว่ากะโหลกของโลมาจะมีสัดส่วนมากที่สุด รองลงมาได้แก่นิลกาย ( Nilgai), ยีราฟ ( giraffe), สุนัข, ม้า, อูฐและกวางรูชาชวา, เก้งธรรมดา ( Common barking deer), แคะ, ไฮยีน่าลายแถบ ( Striped hyena), ล่อ, วัว, สิงโต, หมู, กวางดาว, สมเสร็จมลายู, Gemsbuck, Nyala, Eland, Grant' s gazelle, Red lechwe, แ พ ะ , Sitatunga, Greater kudu ตามลำดับ และสัดส่วนดังกล่าวที่น้อยที่สุด พบได้ใน Barbary sheep

### วิจารณ์และสรุปผล

จากรายงานทางวิชาการที่กล่าวถึงสายวิวัฒนาการของกวางชนิดต่าง ๆ ในวงศ์ Cervidae (Pitra et al., 2004) พบว่าปริมาตรโพรงกะโหลกของกวางแดง มีค่า 0.362 ลิตร (Logan and Clutton-Brock, 2013) เมื่อทำการเปรียบเทียบกับกะโหลกของสัตว์ในวงศ์เดียวกันจากการศึกษาครั้งนี้ พบว่าปริมาตรโพรงกะโหลกของกวางแดงจะมีขนาดใหญ่กว่า กวางดาว และเก้งธรรมดา ถึง 2 เท่า และมีปริมาตรใกล้เคียงกับกวางรูชาชวา อีกทั้งพบว่าใกล้เคียงกับปริมาตรโพรง

กะโหลกของ Gemsbuck ซึ่งเป็นสัตว์ในกลุ่ม Antelope วงศ์ Bovidae ซึ่งพบในประเทศแถบทวีปแอฟริกาตอนใต้ นอกจากนี้พบว่าปริมาตรโพรงกะโหลกของกวางแดงมีค่ามากกว่าปริมาตรโพรงกะโหลกของอูฐ และสุนัข ถึง 2 และ 4.76 เท่า ตามลำดับ แต่ยังมีขนาดน้อยกว่า วัว ล่อ โลมา และม้า ถึง 1.50, 1.77, 1.78 และ 2.34 เท่า ตามลำดับ เมื่อทำการเปรียบเทียบกับการศึกษาปริมาตรในช่องว่างกะโหลกของแพะพบว่าแพะมีช่องว่างของกะโหลก 0.109 ลิตร (Rodrigues et al., 2010) ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าช่องว่างของกะโหลกของสัตว์ในกลุ่ม Antelope ( Red lechwe, Nyala, Eland, Greater kudu) ถึงสองเท่า อีกทั้งยังเล็กกว่าสมเสร็จมลายู และสิงโต ถึง 3 เท่า เล็กกว่าโลมา และล่อ ถึง 6 เท่า และเล็กกว่ากะโหลกม้า ถึง 8 เท่า ปริมาตรโพรงกะโหลกของสุกรมีค่าที่สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่รายงานว่าปริมาตรโพรงกะโหลกของสุกรบ้าน (domestic pig) อยู่ที่ 0.091- 0.136 ลิตร ซึ่งการที่มีช่วงค่อนข้างกว้าง เนื่องมาจากปัจจัยด้านเพศและอายุของสุกร (Brudnicki, 2005) ซึ่งค่าดังกล่าวสูงกว่าที่พบในกะโหลกของสุนัข ปริมาตรโพรงกะโหลกของสิงโตมีค่าค่อนข้างมากเนื่องจากกะโหลกมีขนาดใหญ่โดยมีค่าใกล้เคียงกับรายงานก่อนหน้านี้ว่าสิงโตเพศผู้มีช่องว่างกะโหลกประมาณ 0.263 ลิตร (Saragusty et al., 2014b) ซึ่งใกล้เคียงกับที่พบใน นิลกาย และ Eland แต่จะมีขนาดเล็กกว่า 2 เท่า เมื่อเทียบกับโพรงกะโหลกของวัว ในสุนัขพบว่าปริมาตรโพรงกะโหลก และค่าน้ำหนักกะโหลกของสุนัขมีค่าต่ำที่สุด เนื่องจากสุนัขมีขนาดและน้ำหนักตัวเฉลี่ยน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับขนาดและน้ำหนักตัวของสัตว์ชนิดอื่น ๆ ที่ทำการศึกษา และมีรายงานว่าในสัตว์ species เดียวกันแต่ต่างสายพันธุ์ น้ำหนักตัวเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความแตกต่างของปริมาตรโพรงกะโหลกรวมถึงปริมาตรของสมอง ดังนั้นการวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาตรโพรงกะโหลกต้องคำนึงถึงน้ำหนักตัวสัตว์ด้วย (Schmidt et al., 2014)



**Table 2** Cranial Volume (CV), Skull Weight (SW), Skull Volume (SV) and Ratio of Cranial and Skull Volumes (CV/SV) in 25 mammalian species

Species	CV (L)	SW (Kg)	SV (L)	CV/SV (%)
Malayan tapir	0.314	2.04	1.117	28.139
Camel	0.708	1.27	0.895	79.053
Sunda sambar	0.303±0.070	0.733±0.438	0.457±0.259	73.546±26.232
Nilgai	0.260	0.388	0.265	98.152
Giraffe	0.234	0.420	0.244	95.980
Spotted deer	0.171	0.870	0.528	32.361
Red lechwe	0.221	1.612	1.184	18.670
Nyala	0.205	1.112	0.815	25.150
Eland	0.267	1.480	1.071	24.914
Sitatunga	0.172	2.900	1.741	9.867
Greater kudu	0.203	3.500	2.758	7.369
Gemsbuck	0.344	1.760	1.247	27.559
Common barking deer	0.162	0.350	0.256	63.302
Grant's gazelle	0.197±0.013	1.328±0.066	1.016±0.011	19.374±1.068
Barbary sheep	0.242	4.700	3.935	6.160
Sheep	0.145±0.009	0.377±0.021	0.255±0.028	57.108±2.807
Goat	0.141±0.010	1.290±0.050	0.876±0.023	16.145±1.478
Cattle	0.535±0.032	1.813±0.614	1.131±0.320	50.004±14.003
Horse	0.849±0.010	1.791±0.133	1.015±0.109	84.378±8.955
Mule	0.642±0.015	2.330±0.014	1.225±0.037	52.488±2.822
Pig	0.120±0.018	0.394±0.055	0.293±0.073	43.068±13.703
Dog	0.076±0.002	0.115±0.009	0.080±0.002	94.650±1.782
Lion	0.309	0.94	0.643	48.110
Striped hyena	0.150±0.060	0.462±0.217	0.298±0.157	52.498±7.545
Spinner dolphin	0.645±0.006	0.564±0.030	0.349±0.007	184.682±5.320

Note Data represent mean±standard deviation in species that have more than one sample.

ในการศึกษานี้มีข้อจำกัดบางประการ ได้แก่ ตัวอย่างกะโหลกของกุ่มสัตว์ที่มีเขา เช่น วงศ์ Cervidae ไม่สามารถตัดแยกเขาออกจากกะโหลกได้ ดังนั้นปริมาตรของกะโหลกและการชั่งน้ำหนักจึงรวมน้ำหนักของเขาด้วย และไม่สามารถระบุเพศของ

ตัวอย่างกะโหลกสัตว์ชนิดที่ไม่เขาได้ อีกทั้งไม่ทราบน้ำหนักตัวสัตว์ขณะมีชีวิต จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า สัดส่วนปริมาตรโพรงกะโหลกต่อปริมาตรกะโหลกของสัตว์แต่ละชนิดมีค่าแตกต่างกัน สัตว์ที่อยู่ในกุ่มเดียวกัน จะมีค่าสัดส่วนปริมาตรโพรงกะโหลกต่อ



ปริมาตรกะโหลกที่ใกล้เคียงกัน แต่สัตว์ต่างชนิดกันก็สามารถมีค่าสัดส่วนปริมาตรโพรงกะโหลกต่อปริมาตรกะโหลกที่ใกล้เคียงกันได้ เนื่องจากเป็นค่าที่เทียบเป็นสัดส่วนจากทั้งหมดโดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ แต่ทั้งนี้ค่าสัดส่วนปริมาตรโพรงกะโหลกต่อปริมาตรกะโหลกของสัตว์แต่ละชนิดนั้น ขึ้นอยู่หลายปัจจัยที่เกี่ยวข้องด้วย เช่น ลักษณะรูปร่างของกะโหลก น้ำหนักของกะโหลก และความหนาแน่นของกะโหลกของสัตว์แต่ละตัวซึ่งก็ขึ้นอยู่กับ อายุ เพศ น้ำหนักตัวรวมถึงสภาพแวดล้อมที่สัตว์อาศัยอยู่ด้วยเช่นกัน ดังนั้นการศึกษาลักษณะเช่นนี้ต้องมีตัวอย่างกะโหลกที่หลากหลาย และอาศัยวิธีการศึกษา การวิเคราะห์ทางสถิติที่แม่นยำเพิ่มเติมต่อไป

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนการทำวิจัยจากโครงการพัฒนากำลังคนทางด้านวิทยาศาสตร์ (ทุนเรียนดีวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย)

## References

Athanassiou, A., Herridge, V., Reese, D.S., Iliopoulos, G., Roussiakis, S., Mitsopoulou, V., Tsiolakis, E., Theodorou, G., 2015. Cranial evidence for the presence of a second endemic elephant species on Cyprus. *Quaternary International* 379, 47-57.

Brudnicki, W., 2005. Comparison of craniometric features and cranial cavity volume in domestic pig (*Sus scrofa forma domestica*) and wild boar (*Sus scrofa*) in view of development. *Folia biologica* (Krakow) 53, 25-35.

Choudhary, O.P., Singh, I., 2015. Morphometrical Studies on the Skull of Indian Blackbuck (*Antelope cervicapra*) *Estudios Morfológicos en el Cráneo del Antílope Indio (Antelope cervicapra)*. *Int.J.Morphol* 33, 868-876.

Franco-Moreno, R.-A., Cruz-Escalona, V.-H., Auriolles-Gamboa, D., Vera-Alfaro, P., Salas, J., Ravela, S.,

2015. Variability and sexual dimorphism in skull morphometry of California Sea Lions (*Zalophus californianus*) in Mexico. *Mammalian Biology - Zeitschrift für Säugetierkunde* 80, 316-327.

Georgevsky, D., Carrasco, J.J., Valenzuela, M., McGreevy, P.D., 2014. Domestic dog skull diversity across breeds, breed groupings, and genetic clusters. *Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research* 9, 228-234.

Guskov, V.Y., 2014. Skull-Based Method of Age Determination for the Brown Bear *Ursus arctos* Linnaeus, 1758. *Achievements in the Life Sciences* 8, 137-141.

Hildebrand, M., Goslow, G.E., 2001. *Analysis of vertebrate structure*. John Wiley.

Isler, K., van Schaik, C.P., 2012. Allomaternal care, life history and brain size evolution in mammals. *Journal of human evolution* 63, 52-63.

Kruska, D.C.T., Steffen, K., 2013. Comparative allometric investigations on the skulls of wild cavies (*Cavia aperea*) versus domesticated guinea pigs (*C. aperea f. porcellus*) with comments on the domestication of this species. *Mammalian Biology - Zeitschrift für Säugetierkunde* 78, 178-186.

Laure, B., Petraud, A., Sury, F., Tranquart, F., Goga, D., 2012. Resistance of the sheep skull after a monocortical cranial graft harvest. *Journal of cranio-maxillo-facial surgery : official publication of the European Association for Cranio-Maxillo-Facial Surgery* 40, 261-265.

Logan, C.J., Clutton-Brock, T.H., 2013. Validating methods for estimating endocranial volume in individual red deer (*Cervus elaphus*). *Behavioural processes* 92, 143-146.

Ludwig, M., Busch, L.C., Winking, H., 1997. The embryonic development of sensory organs and the skull in the trisomy 16 mouse, an animal model for Down's syndrome. *Annals of anatomy = Anatomischer Anzeiger : official organ of the Anatomische Gesellschaft* 179, 525-533.



- Manjunath, K.Y., 2002. Estimation of cranial volume an overview of methodologies. *J Anat. Soc. India* 51, 85-91.
- Mazonakis, M., Karampekios, S., Damilakis, J., Voloudaki, A., Gourtsoyannis, N., 2004. Stereological estimation of total intracranial volume on CT images. *European radiology* 14, 1285-1290.
- Meloro, C., Cáceres, N., Carotenuto, F., Passaro, F., Sponchiado, J., Melo, G.L., Raia, P., 2014. Ecogeographical variation in skull morphometry of howler monkeys (Primates: Atelidae). *Zoologischer Anzeiger - A Journal of Comparative Zoology* 253, 345-359.
- Nooranipour, M., Farahani, R.M., 2008. Estimation of cranial capacity and brain weight in 18–22-year-old Iranian adults. *Clin Neurol Neurosurg* 110, 997–1002.
- Pitra, C., Fickel, J., Meijaard, E., Groves, C., 2004. Evolution and phylogeny of old world deer. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 33, 880-895.
- Rightmire, G.P., Lordkipanidze, D., Vekua, A., 2006. Anatomical descriptions, comparative studies and evolutionary significance of the hominin skulls from Dmanisi, Republic of Georgia. *Journal of human evolution* 50, 115-141.
- Rodrigues, R.T.S., Matos, W.C.G., Walker, F.M., Costa, F.S., Wanderley, C.W.S., Pereira Neto, J., Faria, M.D., 2010. Dimensions of the cranium and of the cranial cavity and intracranial volume in goats (*Capra hircus* LINNAEUS, 1758). *J Morphol Sci* 7, 6-10.
- Sahin, B., Acer, N., Sonmez, O.F., Emirzeoglu, M., Basaloglu, H., Uzun, A., Bilgic, S., 2007. Comparison of four methods for the estimation of intracranial volume: a gold standard study. *Clin Anat* 20, 766-773.
- Saragusty, J., Shavit-Meyrav, A., Yamaguchi, N., Nadler, R., Bdolah-Abram, T., Gibeon, L., Hildebrandt, T.B., Shamir, M.H., 2014a. Comparative skull analysis suggests species-specific captivity-related malformation in lions (*Panthera leo*). *PloS one* 9, e94527.
- Saragusty, J., Shavit-Meyrav, A., Yamaguchi, N., Nadler, R., Bdolah-Abram, T., Gibeon, L., Hildebrandt, T.B., Shamir, M.H., 2014b. Comparative skull analysis suggests species-specific captivity-related malformation in lions (*Panthera leo*). *PLoS One* 9, e94527.
- Schmidt, M., Amort, K., Failing, K., Klingler, M., Kramer, M., Ondreka, N., 2014. Comparison of the endocranial- and brain volumes in brachycephalic dogs, mesaticephalic dogs and Cavalier King Charles spaniels in relation to their body weight. *Acta Veterinaria Scandinavica* 56, 30.
- Shoghy, K.M., Saber, A.S., 2015. Development of Central Skull Base of the One Humped Camel (*Camelus dromedarius*): dissection, CT, MRI and Plain Radiography of Ossification Centers. *J. Vet. Anat* 8, 1-16.
- Sonne, C., Lefsson, P.S., Dietz, R., Born, E.W., Letcher, R.J., Kirkegaard, M., Muir, D.C., Andersen, L.W., Riget, F.F., Hyldstrup, L., 2005. Enlarged clitoris in wild polar bears (*Ursus maritimus*) can be misdiagnosed as pseudohermaphroditism. *The Science of the total environment* 337, 45-58.
- Suraprasit, K., Jaeger, J.-J., Chaimanee, Y., Benammi, M., Chavasseau, O., Yamee, C., Tian, P., Panha, S., 2015. A complete skull of *Crocota crocota ultima* indicates a late Middle Pleistocene age for the Khok Sung (northeastern Thailand) vertebrate fauna. *Quaternary International* 374, 34-45.
- Whitwell, J.L., Crum, W.R., Watt, H.C., Fox, N.C., 2001. Normalization of cerebral volumes by use of intracranial volume: Implications for longitudinal quantitative MR imaging. *Am J Neuroradiol* 22, 1483-1489.
- Witmer, L.M., Sampson, S.D., Solounias, N., 1999. The proboscis of tapirs (*Mammalia: Perissodactyla*): a case study in novel narial anatomy. *Journal of Zoology* 249, 249-267.



Wolf, H., Kruggel, F., Hensel, A., Wahlund, L.O., Arendt, T.,  
Gertz, H.J., 2003. The relationship between head  
size and intracranial volume in elderly subjects.  
Brain Res 973, 74-80.

