

## 生後スunksにおける歯列の成長発育

深澤 翔子<sup>1)</sup>・森田 航<sup>2)</sup>・目加田 和之<sup>1)</sup>\*

1) 岡山理科大学理学部動物学科

2) 国立科学博物館人類研究部

(2024年10月29日受付、2024年11月28日受理)

### 1. 諸論

歯学領域における実験動物として、齧歯類、イヌ、フェレット、ブタ、霊長類などが多く用いられている (Struillou et al., 2010)。とりわけ、マウスやラットなどの齧歯類は、基礎研究の重要なモデル動物であり、歯の形成の分子メカニズムの推論や、歯科疾患の発症の理解に貢献してきた (Kantarci et al., 2015; Li et al., 2017)。しかしながら、マウスやラットは、犬歯と小白歯がなく広い歯隙があり、有胎盤哺乳類の基本歯式 切歯 I3/3 犬歯 C1/1 小白歯 P4/4 大臼歯 M3/3=44 (上顎歯/下顎歯の本数を表す) から特殊化した歯をもつ動物種である (Weinberg et al., 1999)。歯科医療がヒトを対象としていることを考慮すると、ヒトの歯式 (I2/2 C1/1 P2/2 M3/3) により近い動物種を実験動物として選択することが理想的である。

ジャコウネズミ (*Suncus murinus*) は、無盲腸目トガリネズミ科に属し、実験動物名スunksとして知られる実験動物化された数少ない食虫類である (織田 2011)。スunksの歯列には、歯隙がなく、ヒトの歯種に相当する歯種をほぼ完全に保持している (花村, 1985; 花村ら, 1979; Yamanaka, 2007)。また、胎仔期に、一時的に乳歯胚が形成され、その後、代生歯が萌出する (Kindahl, 1959; Sasaki et al., 2001; Shigehara, 1980)。このように、スunksの歯列は、哺乳類の基本的な特徴である異形歯性や二生歯性といった特徴を有しており、特殊化した歯をもつマウスやラットのような一般的な実験動物種より、歯学領域の研究を行う上で好適なモデル動物と言える (Yamanaka & Uemura, 2010)。しかしながら、スunksの歯の発生や形態形成を対象とした研究は少なく、研究を遂行する上で基盤となる基礎データが不足している。中でも、生後スunksの歯列における成長発育の様相を観察したものは少ない。そこで、本研究では、X線マイクロCT撮影による歯質石灰化の様相や歯の萌出など、生後スunksの歯列の変化の過程を経時的に観察し、その特徴について、記述・考察した。

### 2. 材料と方法

#### 2-1 動物

対象動物は、岡山理科大学動物学科・動物資源学研究室で維持しているスunks KAT 系統 (ネパール・カトマンズ産野生由来系統) (織田ら, 1992) とした。性成熟に達した雌雄を 1 晩~2 晩同居・交配させ、その後、雌を単独飼育した。出生当日の産仔を 0 日齢とし、0 日から 28 日齢までの計 61 個体の雌の産仔を採材した。産仔は採材した日まで雌親と同居した状態で飼育した。動物は炭酸ガス吸入により安楽死処置し、頭部を分離するとともに、胃の摘出を行った。頭部は歯列観察用として、表皮を剥離し、上顎と下顎に分離し、10%中性緩衝ホルマリンによる浸漬固定ののち、70%アルコールで保存した。摘出した胃は、胃内容物の観察用とした。

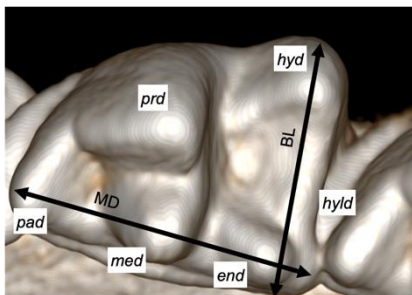
使用した動物の飼育環境の条件は、室温 25°C、明暗周期は 12L12D 設定とした。餌は、養鱒育成用固形飼料 d2.5 (フィード・ワン) を使用し、飼料・飲水ともに自由摂取とした。本研究の全ての動物実験は、岡山理科大学の動物実験委員会によって承認され (承認番号 第実 2021-004 号)、かつ実験動物の飼養及び保管並びに苦痛に関する基準およびその他の実験動物などに関する法令などの規定を踏まえ策定された学内取扱規程などに準じて行った。

また、本文および図表中では、便宜上、歯の記号を使用した。切歯 : I、犬歯 : C、小白歯 : P、大臼歯 : M で表し、その右上また右下付きに数字を附して、その順位および上・下顎の別を示した (例 : P<sub>4</sub> は下顎第四小白歯を、M<sup>1</sup> は上顎第一大臼歯を表す)。なお、本研究で用いたスunksの歯式は、Koyasu (1999) に従い、I3/2 C1/0 P2/1 M3/3 = 30 とした。

#### 2-2 歯の石灰化の観察

X線マイクロCT撮影装置 Latheta LCT200 (富士フイルムヘルスケアマニュファクチャリング) を用いて左右の下顎歯列の DICOM 画像を取得した。歯の石灰化の評価は、マウス大臼歯の X線マイクロCT画像

(Chavez et al., 2021) を参考に、下顎歯列 ( $I_{1-3} \cdot P_4 \cdot M_{1-3}$ ) に石灰化組織像 (硬化が進んだ組織像) が観察されなかったもの、歯冠部だけに石灰化組織像が観察されたもの、歯冠部のエナメル質 (明瞭な X 線不透過層として観察される高度に石灰化した組織) と歯根部の石灰化組織像が観察されたもの、完成した歯根像が観察されたもの (歯根先端に根尖孔が観察されたもの) とした。下顎大臼歯 ( $M_{1-3}$ ) に関しては、咬頭のうち、比較的よく発達しているプロトコニッド、メタコニッドおよびハイポコニッドの石灰化組織像が観察される時期も評価した。また、DICOM 画像表示ソフト (RadiAnt DICOM Viewer) により、歯冠の立体画像を構築し、楽 (2000) を参考に、 $M_1$  と  $M_2$  の歯冠高、舌側部歯冠近遠心径 (MD: mesiodistal diameter) およびタロニッドの歯冠頬舌径 (BL: buccolingual diameter) を、各歯の歯軸を水平または垂直に沿うように計測した (Fig. 1)。そして、それらの数値から歯冠面積指数 ( $MD \cdot BL$ ) および歯冠幅厚指数 ( $BL/DM \cdot 100$ ) を算出した。



**Fig. 1.** Occlusal surface of the lower first molar ( $M_1$ ) in a 28-day-old suncus. The upward direction indicates the buccal side, and the right indicates the distal side. Abbreviations: *prd*, protoconid; *med*, metaconid; *pad*, paraconid; *hyd*, hypoconid; *end*, entoconid; *hyld*, hyoconulid; MD, mesiodistal diameter; BL, buccolingual diameter.

### 2-3 歯の萌出と胃内容物の観察

スunksの上顎および下顎歯列の歯の萌出の状態を実体顕微鏡下で観察した。歯の萌出の評価は、歯冠が歯槽骨から出していない状態、歯冠の先端が歯槽骨の縁から出ている状態 (歯槽骨萌出)、歯冠の先端が歯肉縁を貫通した状態 (歯肉萌出) とした。歯槽骨萌出は光透過させた歯肉縁を通して観察した。さらに、各日齢での動物の飼料の摂餌状況を判断するために、胃の内容物の観察を行った。摘出した胃を生理食塩水の入ったシャーレ中で切り開き、内容物を取り出し、ミルクまたは固形飼料の有無を肉眼ないしで実体顕微鏡下で観察した。

### 3. 結果

X 線マイクロ CT 撮影による生後スunksの下顎歯列の各日齢における石灰化領域の様相を Table 1 に示した。0 日齢の時点で、 $I_3$  の一部と  $M_3$  を除く歯種で石灰化組織像が観察された。石灰化組織像は歯冠の咬頭部から観察され始め、その後、歯冠部のエナメル質層の明瞭化と歯根部の石灰化が進んだ。歯根部で最初に石灰化組織像が観察されたのは 7 日齢の  $I_1$  であった。さらに、歯根部の石灰化に伴い歯髓腔が狭くなり、根尖孔の形成が観察された。13 日齢の  $I_3$ 、 $M_1$  および  $M_2$  から完成した歯根像が観察されるようになり、すべての歯種の形成が完了したのは、15 日齢であった (Fig. 4.)。

複数の咬頭をもつ下顎大臼歯 ( $M_{1-3}$ ) のプロトコニッド、メタコニッドおよびハイポコニッドの各日齢における石灰化領域の X 線マイクロ CT 画像の様相を Table 2 に示した。 $M_1$  では、プロトコニッドとメタコニッドの石灰化組織像が 0 日齢で、ハイポコニッドの石灰化組織像が 1 日齢で観察された。 $M_2$  と  $M_3$  の咬頭部の石灰化組織像は、 $M_1$  のものよりも数日遅く、さらに  $M_2$  よりも  $M_3$  の方より遅れて観察されたが、石灰化が観察された咬頭の順序は、すべての大臼歯で共通していた。

歯冠の石灰化が早くから観察された  $M_1$  と  $M_2$  の各日齢における歯冠高のグラフを Fig. 2 に示した。 $M_1$  と  $M_2$  の歯冠高は、共に 11 日齢をピークに高くなり、その高さは、それぞれ平均 2.18 mm (左側) と 2.27 mm (右側)、1.95 mm (左側) と 1.98 mm (右側) であった。今回のサンプリングの最長日齢である 28 日齢の  $M_1$  と  $M_2$  の歯冠高は、それぞれ平均 2.03 mm (左側) と 2.06 mm (右側)、1.73 mm (左側) と 1.76 mm (右側) であり、高さはやや低くなるものの安定していた。

$M_1$  と  $M_2$  の各日齢における舌側部歯冠近遠心径 (DM) とタロニッドの歯冠頬舌径 (BL) を計測し、歯の大きさ (太さ) を表す指数である歯冠面積指数 ( $MD \cdot BL$ ) と歯のプロポーション (形) を表す指数である歯冠幅厚指数 ( $BL/DM \cdot 100$ ) を求めた (Fig. 3)。DM と BL の計測は、エナメル質石灰化像により歯冠形状が観察可能となったそれぞれ 5 日齢と 6 日齢から行った。 $M_1$  と  $M_2$  の歯冠面積指数は 5 日ないし 6 日齢から 12 日齢前後にかけて数値が増加していた。 $M_1$  では、その指数のピークは 11 日齢で平均 4.76 (右側) と 4.72 (左側) であり、 $M_2$  では 13 日齢で平均 3.82 (右側) と 3.63 (左側) であり、その後の数値は共に緩やかに減少していた。一方、歯冠幅厚指数は、5 日ないし 6 日齢以降、 $M_1$  と  $M_2$  の共に、その数値に大きな変化は認められなかった。

**Table 1.** Mineralization sequence of the lower teeth in postnatal suncus observed via X-ray micro-computed tomography

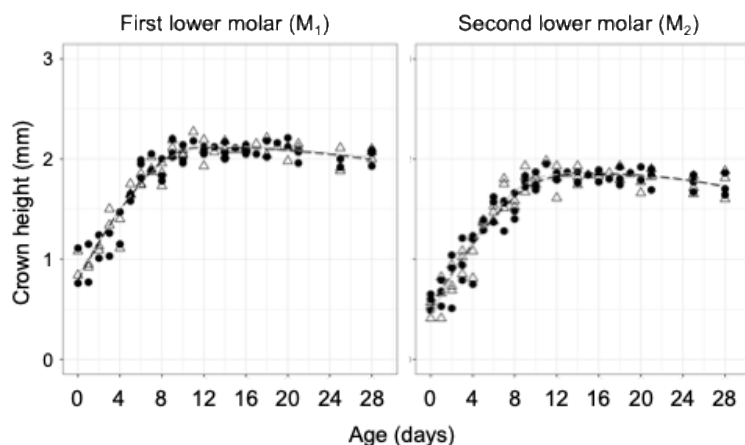
Age (days)	I <sub>1</sub>		I <sub>3</sub>		P <sub>4</sub>		M <sub>1</sub>		M <sub>2</sub>		M <sub>3</sub>		N <sup>†</sup>
	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	
0	1	1	0	0-1	1	1	1	1	1	1	0	0	3
1	1	1	0-1	0-1	1	1	1	1	1	1	0	0	3
2	1	1	0-1	0-1	1	1	1	1	1	1	0	0	3
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0-1	0-1	3
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0-1	0-1	3
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3
7	1-2	1-2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3
8	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3
9	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	3
10	2	2	1-2	1-2	1-2	1-2	2	2	2	2	1	1	3
11	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
12	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
13	3	3	2	2	2	2	3	3	3	3	2	2	1
14	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	3
15	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1
16	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
17	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1
18	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
19	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1
20	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2
21	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
25	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
28	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

0: No mineralized tissue observed, 1: Mineralized tissue observed only in the crown, 2: Crown mineralization complete and mineralized tissue observed in the root, 3: Root mineralization complete. <sup>†</sup>Number of individuals sampled.

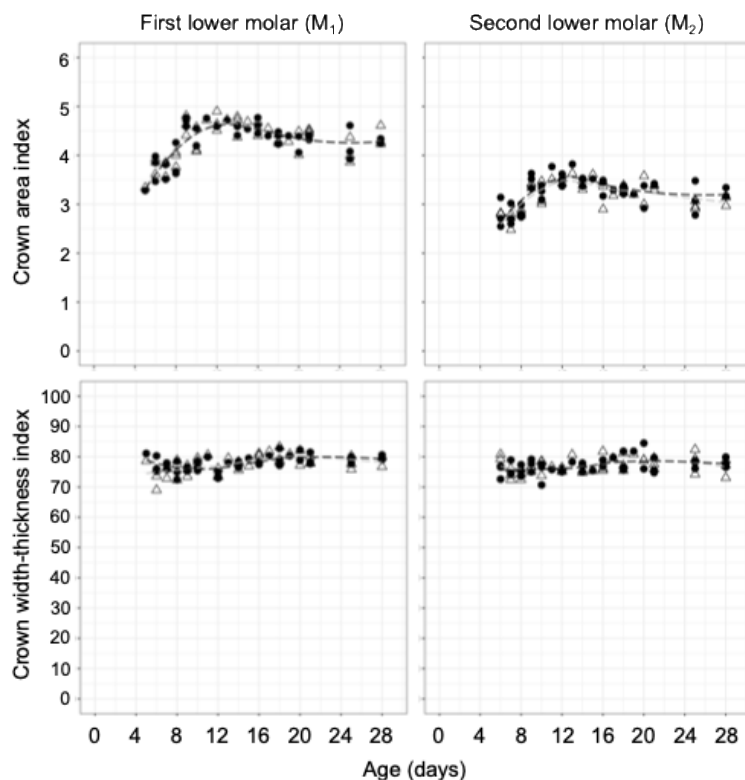
**Table 2.** Mineralization sequence of the cusps in lower molars (M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub> and M<sub>3</sub>) of postnatal suncus observed via X-ray micro-computed tomography

Age (Days)	M <sub>1</sub>						M <sub>2</sub>						M <sub>3</sub>						N <sup>†</sup>	
	<i>prd</i>		<i>med</i>		<i>hyd</i>		<i>prd</i>		<i>med</i>		<i>hyd</i>		<i>prd</i>		<i>med</i>		<i>hyd</i>			
	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L		
0	1	1	1	0-1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
1	1	1	1	1	0-1	0-1	1	1	0-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
2	1	1	1	1	1	0-1	1	1	0-1	1	0	0-1	1	0-1	0	0	0	0	0	3
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0-1	0-1	0	0	0	0	3
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0-1	0	0	0	0	3
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0-1	0	0	0	0	3
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0-1	1	1	3
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0-1	1	1	3
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3
17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3*
19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3
25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3*
28	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3

0: No mineralized tissue observed, 1: Mineralized tissue observed. Abbreviations: *prd*, protoconid; *med*, metaconid; *hyd*, hypoconid. <sup>†</sup>Number of individuals sampled. \*Molars with unclear images were excluded from the assessment.



**Fig. 2.** Daily changes in the crown height of lower molars ( $M_1$  and  $M_2$ ) in postnatal suncus. Plots show the crown heights of the right (circle) and left (triangle) molars at each age, along with their approximate curves (black and gray lines, respectively).



**Fig. 3.** Daily changes in the crown area index ( $MD \times BL$ ) and crown width-thickness index ( $MD/BL \times 100$ ) of lower molars ( $M_1$  and  $M_2$ ) in postnatal suncus. Plots show the crown measurements of the right (circle) and left (triangle) molars at each age, along with their approximate curves (black and gray lines, respectively).

生後スunksの上下顎歯列の各日齢における歯冠の萌出の様相を Table 3 に示した。歯槽骨萌出は、0日齢の時点で、上顎の  $I^{2-3} \cdot C^1 \cdot P^3 \cdot M^3$  を除いた歯種で観察された。その後、4日から5日齢にかけて  $I^2$  と  $M^3$  が、4日から7日齢にかけて  $C^1$  が、4日から10日齢に

かけて  $I^2$  が萌出した。 $P^3$  の萌出は15日齢を過ぎてから観察された。歯肉萌出は10日齢の  $I_1$  から始まり、続いて  $I^1$  が萌出した。そして、 $I^{2-3} \cdot C^1 \cdot P^4 \cdot M^{1-3}$  と  $I_3 \cdot P_4 \cdot M_{1-3}$  が12日から17日齢にかけて萌出した (Fig. 4)。  $P^3$  の萌出は18日齢以降であり、20日齢を超えて

Table 3. Eruptive sequence of upper and lower teeth in the postnatal suncus

Age (Days)	Upper															Lower									N*						
	I <sup>1</sup>		I <sup>2</sup>		I <sup>3</sup>		C <sup>1</sup>		P <sup>3</sup>		P <sup>4</sup>		M <sup>1</sup>		M <sup>2</sup>		M <sup>3</sup>		I <sub>1</sub>		I <sub>3</sub>		P <sub>4</sub>			M <sub>1</sub>		M <sub>2</sub>		M <sub>3</sub>	
	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L		R	L	R	L	R	L
0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3
2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3
3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3
4	1	1	1	1	0	0-1	0-1	0-1	0	0	1	1	1	1	1	1	0-1	0-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3
5	1	1	0-1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3
6	1	1	1	1	0	0	0-1	0-1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3
7	1	1	1	1	0	0	0-1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3
8	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3
9	1	1	1	1	0-1	0-1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3
10	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1-2	1-2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3
11	2	2	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	1-2	1-2	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1-2	1-2	1-2	1-2	1	1	1	3
13	2	2	1-2	1	1	1	2	2	0	0	1	1	2	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1
14	2	2	1-2	1-2	1	1	1	1-2	0	0	2	1-2	2	2	1	1-2	1	1	2	2	1	1	1-2	1-2	1-2	2	1-2	2	1-2	1	3
15	2	2	2	2	2	1	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
16	1-2	1-2	1-2	1-2	1-2	1-2	1	0-1	0-1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1-2	2	2	2	2	2	3
17	2	2	2	2	2	2	2	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
18	2	2	2	2	2	2	2	0-2	0-1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
19	2	2	2	2	2	2	2	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
20	2	2	2	2	2	2	2	0-2	0-2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
21	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
25	2	2	2	2	2	2	2	0-2	0-2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
28	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3

0: No tooth eruption observed, 1: Tip of the crown emerged from the alveolar bone margin (alveolar eruption), 2: Tip of the crown pierced the gingival margin (gingival eruption). \*Number of individuals sampled.

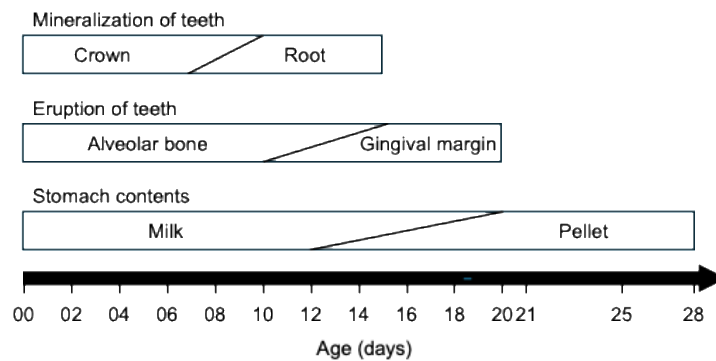


Fig. 4. Growth and development of the dentition and changes in stomach contents in postnatal suncus.

も萌出しなかったものもあった。

各日齢のスunksの胃から回収した内容物を確認したところ、15日齢までは、ミルクにわずかな餌が混在していた1例(12日齢)を除き、全例でミルクのみであった。16日齢以降の胃内容物にはミルクとともに固形飼料が混在し、離乳期を迎える20日齢以降、固形飼料が観察された(Fig. 4)。

#### 4. 考察

スunksの出生直後から生後28日齢までの下顎列の成長発育をX線マイクロCT画像により検索した。X線マイクロCTにより検出される硬化が進んだ石灰化組織像は0日齢の歯冠で複数の歯種で観察された。

その後、歯冠のエナメル質層の形成と歯根の石灰化が進行し、15日齢で完成した歯根像が観察されたことから、スunksの歯列は生後15日齢ごろに石灰化が完了する成熟期を迎えると予想される。

スunksの下顎大白歯(M<sub>1-3</sub>)には複数の咬頭があるが、最初に硬化が進んだ石灰化組織像が観察された咬頭は各大臼歯に共通してプロトコニッドとメタコニッドであり、続いてハイポコニッドであった。また、M<sub>1</sub>の咬頭の石灰化が早く、M<sub>2</sub>とM<sub>3</sub>と続いた。哺乳類の臼歯咬頭の個体発生順序については、Woodward(1896)の行った多くの食虫類をはじめ有袋類およびヒトを含む霊長類など広く調査されている。下顎大白歯において最も早く石灰化が開始する咬頭はプロトコ

ニッドであり、多くの動物種で共通している。プロトコニッドに続いて出現する咬頭は、多くの種でメタコニッドであり、下顎大臼歯咬頭の発生順序は、哺乳類全体を通じて比較的一定であることが知られる (Berkovitz, 1968; 花村・植松, 1981; Röse, 1892; Sicher, 1916; Swindler & McCoy, 1964; Tarrant, 1971; Tarrant & Swindler, 1972, 1973; Woodward, 1896)。この順序は、スunksの下顎大臼歯咬頭においても同様である。スunksの胎仔から新生仔期にかけて臼歯の石灰化領域を観察した研究によると、 $M_1$ では、胎齢 25 日にプロトコニッドの石灰化が開始し、胎齢 27 日にメタコニッド、そして、出生直前の胎齢 29 日齢にハイポコニッドの石灰化が観察されている。 $M_2$ と $M_3$ では、 $M_1$ より遅れて石灰化が観察されており、 $M_2$ では胎齢 27 日にプロトコニッド、出生 0 日齢でプロトコニッドとメタコニッドが、 $M_3$ では出生 0 日齢にプロトコニッド、生後 2 日齢でプロトコニッドとメタコニッドの石灰化が開始するという (花村ら, 1983; 近藤, 1985)。これらの先行研究は石灰化開始点が観察できるアリザリンレッド S 染色ないし復構模型によるものであるが、生後のより硬化が進んだ石灰化組織像を観察した本研究での順序と同様であり、スunksの臼歯咬頭のエナメル質の成熟化は石灰化開始期に相関して進行すると考えられる。

スunksの $M_1$ と $M_2$ の歯冠高が最大となるのは 11 日齢であり、歯冠の大きさ (太さ) の指数のピークも同じであった。その後、歯冠の大きさの指数は減少傾向にあったが、歯冠のプロポーション (形) を表す指数に変化がなかったことから、この期間の歯冠はプロポーションには変化はないものの、太って痩せていった可能性がある。言い換えると、歯冠のサイズが最大となった時点では、完全には石灰化組織の硬質化が完全ではなく、硬化が進むに連れて、組織が硬く、引き締まった状態へと変化していくことを示しているのかもしれない。この現象は、他の動物を含め、これまでに報告がなく、新たな事例である。歯のエナメル質と象牙質の硬組織化の過程において、歯質が引き締まるという現象を明確なものとするためには、歯を形成するエナメル質や象牙質の密度、水含量など歯の成分についても調査する必要がある。

生後スunksの歯冠の萌出順序については X線ラジオグラフィによる観察が行われており、レントゲン写真上、約 14 日齢の標本で歯槽骨縁から萌出状態にあることが報告されているが、歯槽骨縁の順序や歯肉萌出の状態は不明であった (Shigehara, 1980)。今回、実体顕微鏡観察により、歯槽骨縁からの萌出および歯肉縁からの歯の萌出の様子を明らかにした。萌出の時期の変動が大きい歯種も認められたが概ね以下のように

ある。上顎の一部の歯種 ( $I^{2-3} \cdot C^1 \cdot P^3 \cdot M^3$ ) を除き、出生時には歯槽骨萌出が観察された。その後、 $I^{2-3} \cdot C^1 \cdot M^3$ の萌出が起こったが、 $P^3$ の萌出は 15 日齢と他の歯種よりも遅かった。歯肉萌出は 10 日齢ごろの  $I_1 \cdot I^1$  から始まり、歯槽骨萌出が遅かった  $P^3$ を除く歯種で、17 日齢にかけて完全に萌出した。 $P^3$ の歯肉萌出は最も遅く、20 日齢を超えても萌出しなかったものもあった。スunksの $P^3$ は他の歯種よりも極端に小型で、歯冠形成は他の歯種よりもかなり遅いことが報告されており (花村ら, 1983; Shigehara, 1980)、歯冠形成の遅れが歯槽骨萌出の時期の遅れにつながったものと考えられる。さらに、野生下や飼育下の集団には $P^3$ の先天的な欠如が知られており (城ヶ原, 2011; Koyasu et al., 2005)、今回、 $P^3$ の萌出が認められなかったものは先天的に欠如していた可能性がある。

スunksの固形飼料の摂餌は歯の石灰化完了 (15 日齢) という咀嚼機能の完成に伴って 16 日齢ごろから観察された。このタイミングは歯肉萌出の時期と重なっていたが、スunksの歯肉萌出は摂餌に伴う咬合面の摩擦により生じた可能性がある。歯肉萌出の時期が遅かった  $I^3 \cdot C^1 \cdot P^3$ のような歯種は上顎と下顎間で咬合が認められない歯種であり、固形飼料の摂餌による歯肉上皮への物理的刺激を受けにくく、歯肉萌出は遅くなったものと考えられる。

## 謝辞

本研究を遂行するにあたり、実験に協力いただいた奥田ゆう 博士ならびに大越 司 氏 (岡山理科大学)、ご討論いただいた子安和弘 博士 (愛知学院大学) に感謝する。本研究の一部は JSPS 科学研究費補助金 (22K06416、代表: 森田 航) の支援を受けたものである。

## 参考文献

- 1) Berkovitz BKB. 1968. Some stages in the early development of the post-incisor dentition of *Trichosurus vulpecula* (Phalangerioidea: Marsupialia). *Journal of Zoology*, 154, 403-414.
- 2) Chavez MB, Chu EY, Kram V, de Castro LF, Somerman MJ, Foster BL. 2021. Guidelines for micro-computed tomography analysis of rodent dentoalveolar tissues. *JBMR Plus*, 5, e10474.
- 3) 花村 肇. 1985. II-3 現生食虫類の歯. スunks *Suncus murinus*: 実験度物としての食虫目トガリネズミ科動物の生物学 (近藤恭司 監修/織田純一・鬼頭純三・太田克明・磯村源蔵 編), pp. 38-50, 学会出版センター, 東京.
- 4) 花村 肇, 酒井琢朗, 戸田喜之, 鈴木成司. 1979. リュウキュウジャコウネズミの歯の形態学的研究. *成長*, 18, 28-37.

- 5) 花村 肇, 茂原信生, 織田銑一. 1983. ジャコウネズミ (食虫類) の臼歯の石灰化について. *成長*, 22, 28-43.
- 6) 花村 肇, 植松 康. 1981. 食虫類 2 種の若齢個体の歯. *成長*, 20, 15-29.
- 7) 城ヶ原貴通. 2011. VI-12 スunksの歯数変異に関する骨形態学的再考. 第 IV 編 スunksの諸特性 (磯村源蔵 監修/織田銑一・東家一雄・宮木孝昌 編), pp. 353-358, 学会出版センター, 東京.
- 8) Kantarci A, Hasturk H, Van Dyke TE. 2015. Animal models for periodontal regeneration and peri-implant responses. *Periodontology 2000*, 68, 66-82.
- 9) Kindahl M. 1959. Some aspects of the tooth development in Soricidae. *Acta Odontologica Scandinavica*, 17, 203-237.
- 10) 近藤信太郎. 1985. 胎生期スunks臼歯歯胚発育の形態学的研究. *愛知学院大学歯学会誌*, 23, 697-730.
- 11) Koyasu K. 1999. Some morphological characters of the Japanese water shrew, *Chimarrogale platycephala*. In: Yokohata, Y. & Nakamura, S. (eds.) Recent advances in the biology of Japanese Insectivora, Proceedings of the symposium on the biology of insectivores in Japan and on the wildlife conservation, pp. 29-31, Hiba Society of Natural History, Shobara.
- 12) Koyasu K, Kawahito K, Hanamura H, Oda S. 2005. Dental anomalies in *Suncus murinus*. In: Merritt JF, Churchfield S, Hutterer R, Sheffel BI, (eds) Advances in the Biology of Shrews II, pp. 405-411, International Society of Shrew Biologist, New York.
- 13) 楽 琳. 2000. 食虫目スunksとヒメヒミズの大臼歯各部位の大きさに関する研究. *愛知学院大学歯学会誌*, 38, 611-637.
- 14) Li J, Parada C, Chai Y. 2017. Cellular and molecular mechanisms of tooth root development. *Development*, 144, 374-384.
- 15) 織田銑一. 2011. I-1 野生動物の実験動物化とスunks. 第 I 編 野生動物の実験動物化 (磯村源蔵 監修/織田銑一・東家一雄・宮木孝昌 編), pp. 3-8, 学会出版センター, 東京.
- 16) 織田銑一, 子安和弘, Shrestha KC. 1992. ネパール/カトマンズ産野生スunksを起源とする *Nem:KAT* カトマンズの育成. *名古屋大学環境医学研究所年報*, 43, 239-240.
- 17) Röse C. 1892. On the formation and shape changes of human molars. *Anatomischer Anzeiger*, 7, 392-421. [in German]
- 18) Sasaki C, Sato T, Kozawa Y. 2001. Apoptosis in regressive deciduous tooth germs of *Suncus murinus* evaluated by the TUNEL method and electron microscopy. *Archives of Oral Biology*, 46, 649-660.
- 19) Shigehara N. 1980. Epiphyseal union and tooth eruption of the Ryukyu house shrew, *Suncus murinus*, in captivity. *The Journal of the Mammalogical Society of Japan*, 8, 151-159.
- 20) Sicher H. 1916. The development of the dentition of *Talpa europaea*. *Arbeiten aus dem ersten anatomischen Institut der Wiener Univesitat*, 54, 31-112. [in German]
- 21) Struillou X, Boutigny H, Soueidan A, Layrolle P. 2010. Experimental animal models in periodontology: a review. *The Open Dentistry Journal*, 4, 37-47.
- 22) Swindler DR, McCoy HA. 1964. Calcification of deciduous teeth in Rhesus monkey. *Science*, 144, 1243-1244.
- 23) Tarrant LH. 1971. Calcification sequence of the permanent first molars in the pig-tail monkey (*Macaca nemestrina*). *American Journal of Physical Anthropology*, 35, 297.
- 24) Tarrant LH, Swindler DR. 1972. The state of the deciduous dentition of a chimpanzee fetus (*Pan troglodytes*). *Journal of Dental Research*, 51, 677.
- 25) Tarrant LH, Swindler DR. 1973. Prenatal dental development in the black howler monkey (*Alouatta caraya*). *American Journal of Physical Anthropology*, 38, 255-260.
- 26) Weinberg MA, Bral M. 1999. Laboratory animal models in periodontology. *Journal of Clinical Periodontology*, 26, 335-340.
- 27) Woodward MF. 1896. Contributions to the study of mammalian dentition. Part II. On the teeth of certain Insectivora. *Proceedings of the Zoological Society of London*, 557-594.
- 28) Yamanaka A. 2007. Development of heterodont dentition in house shrew (*Suncus murinus*). *European Journal of Oral Sciences*, 115, 433-440.
- 29) Yamanaka A, Uemura M. 2010. The house shrew, *Suncus murinus*, as a model organism to investigate mammalian basal condition of tooth development. *Journal of Oral Bioscience*, 52, 215-224.

## Dental growth and development in postnatal suncus

Shoko Fukazawa<sup>1)</sup>, Wataru Morita<sup>2)</sup>, and Kazuyuki Mekada<sup>1)\*</sup>

1) Department of Zoology, Faculty of Science, Okayama University of Science,  
1-1 Ridai-cho Kita-ku, Okayama 700-0005, Japan

2) Department of Anthropology, National Museum of Nature and Science,  
4-1-1 Amakubo, Tsukuba, Ibaraki 305-0005, Japan

(Received October 29, 2024; accepted November 28, 2024)

This study was performed to investigate the detailed morphological growth and development of dentition in postnatal suncus (house musk shrew, *Suncus murinus*).

X-ray micro-computed tomography was used to observe the mineralization pattern of the lower dentition at various postnatal ages. At birth, mineralized tissues were detected in the crowns of several tooth types, followed by the formation of enamel layers and root mineralization. Mineralization of all tooth types was completed by 15 days of age. Additionally, the mineralization pattern of the three major cusps of the lower molars—protoconid, metaconid, and hypoconid—progressed in that order, consistent with previous studies regarding the onset calcification during the embryonic period in suncus.

The crown height and crown area index (indicating crown thickness) of lower molars M<sub>1</sub> and M<sub>2</sub> peaked at 11 days of age, after which the index decline. However, no change was observed in the crown width-thickness index (representing crown shape), suggesting that although the crowns thickened and then thinned, their shape remained consistent.

Alveolar eruption was noted at birth for most tooth types, except I<sup>2-3</sup>, C<sup>1</sup>, P<sup>3</sup>, and M<sup>3</sup>. Subsequently, I<sup>2-3</sup>, C<sup>1</sup>, and M<sup>3</sup> erupted, but P<sup>3</sup> eruption was delayed until 15 days of age. Gingival eruption began with I<sup>1</sup> and I<sub>1</sub> at approximately 10 days of age and was completed by 17 days of age for all tooth types except P<sup>3</sup>. Tooth types that did not show occlusion between the upper and lower jaws tended to erupt later, suggesting that gingival eruption is likely influenced by feeding-induced friction on occlusal surfaces.

**Keywords:** *Suncus murinus*; tooth growth; tooth development; tooth eruption