

사람과 비교한 개 씹기계통의 기능해부학적 분석

박종태[†], 양현무[†], 김다혜, 허경석, 김흥중¹, 김희진
연세대학교 치과대학 구강생물학교실 해부 및 발생생물학 연구실,
개인식별연구소, 두뇌한국21 연세치의과학사업단
¹조선대학교 치과대학 구강해부·발생생물학교실, 2단계 BK21

간추림 : 본 연구에서는 사람과 비교하여 개의 씹기과정에서 종별 특성을 확인하고자 비글개 머리 7쪽을 이용하여 8개 항목의 표지점을 분석하였다.

개의 아래턱과 턱관절, 치아활, 씹기근과 관자근 등의 씹기 기능부위는 머리뼈 전체를 기준으로 사람보다 뒤쪽에 위치하였다. 사람의 관자근에 비해 개의 관자근은 수평적으로 발달되어 있으며, 뚜렷이 2층으로 분리되는 것이 관찰하였다. 개는 사람과 달리 관절돌기가 근육돌기보다 낮게 위치하였고, 어금니의 교두가 볼쪽혀쪽으로 납작하며 수직적으로 높게 솟아 있었다.

개는 관자근의 수평적 배열과 높게 위치한 근육돌기로 미루어, 관자근이 사람처럼 근육돌기를 위로 올리는 것이 아니라 뒤로 당기는 것으로 생각되며, 보다 수평적으로 작용한다고 생각된다. 또한 개의 치아활이 사람보다 상대적으로 앞뒤로 길고, 턱관절에서부터 앞쪽으로 멀리 떨어져 있다는 사실로 미루어, 개는 가쪽운동(lateral movement)이 불리하며, 이는 치아의 높은 교두와 같은 비계측적 관찰에 의해 뒷받침될 수 있었다. 본 연구의 결과는 손을 사용하지 않는 먹이습관(feeding style), 뇌용량의 변화 등 진화의 일반적인 경향과 대체로 일치하게 진행되고 있음을 보여준다.

(2008년 9월 8일 접수, 2008년 11월 26일 게재승인)

찾아보기 낱말 : 개물근, 관자근, 계측, 관절돌기, 근육돌기

서 론

특정 종의 해부학적 구조는 환경에 대한 종의 기능적 적응을 반영한다. 특히 섭식(feeding)과 밀접히 관련된 씹기운동(mastication)은 생존에 매우 중요한 행위이며, 이와 관련된 근육 및 뼈대구조의 형태는 주위 환경에 대한 종의 적응의 결과이다(Kent 2000, Hilderbrand와 Goslow 2001, Kardong 2005).

*이 논문은 2007년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2007-314-E00003).

[†]공동 제1저자로서 동등한 역할을 수행하였다.

교신저자: 김희진(연세대학교 치과대학 구강생물학교실)

전자우편: hjk776@yuhs.ac

같은 종에 있어서도 주로 먹는 음식의 물성에 따라 머리뼈의 형태가 다르다는 보고가 있는데, 이를 미루어 볼 때 식습관과 머리뼈의 형태는 밀접한 연관이 있을 것으로 생각된다(Kiliaridis 1995).

포유류의 씹기운동은 개물근(masseter)과 관자근(temporalis), 안쪽 및 가쪽날개근(medial and lateral pterygoid)로 이루어지는 씹기근육(masticatory muscles)과 치아를 포함한 뼈대구조(skeletal elements)에 의해 이루어진다. 사람과 같은 영장류목(order primate)은 개, 고양이를 포함한 육식동물목(order carnivore)과 같은 포유류이므로 씹기근육의 분류나 신경분포는 유사하나, 섭식 시 손을 사용한다는 점에서 이들과 차이가 있다(Kent 2000, Hilderbrand와

Goslow 2001, Kardong 2005). 섭식 시 손의 사용 유무, 주로 먹는 음식의 차이 등은 씹기 환경을 결정하며, 이러한 씹기 환경에 적응하기 위한 씹기근육의 활성화와 협동은 교합의 양상과 턱관절 운동의 역학을 구체화시켜, 머리뼈 형태에 영향을 주었을 것으로 생각된다. 따라서 여러 종 간의 씹기근육구조의 배열과 머리뼈의 형태학적 차이는 계통발생을 추적하기 위한 중요한 단서로 여겨져 왔다(Watt와 Williams 1951, Moore 1965, Wood 1971, Beecher와 Corruccini 1981, Corruccini와 Lee 1984).

사람과 원숭이를 포함한 영장류목은 섭식 시 머리뼈 축과 몸축 및 목근육의 배열이 수직적이나 개를 비롯한 육식동물목은 몸축, 머리뼈축, 목근육의 배열이 평행하다(Enlow와 Hands 1996, Kent 2001). 또한 영장류목과 육식동물목의 씹기근육과 머리뼈의 형태는 다소 다른 형태를 보인다. 이러한 형태학적 차이점은 씹기근육의 힘의 방향과 배열의 차이를 의미한다. 힘의 요소가 변하기 위해서는 이러한 힘을 제공하기 위한 뼈대구조의 형태가 변해야 하며, 역으로 뼈대구조의 형태를 통해 힘의 작용을 파악할 수 있다. 그러나 포유동물의 씹기과정은 턱복합체(턱, 치아, 씹기근육)와 입인두복합체(대부분 물렁조직)로 다양한 행위(씹기, 뺨기, 삼키기)를 포함하는 매우 복잡한 과정이므로 머리뼈 전체를 대상으로 구조(뼈대)와 힘(근육)의 분석을 행하기는 쉽지 않다(Hiimeae 2000).

일부 연구자들은 특정 종 머리뼈의 모델구축(modelling)과 유한요소분석을 통해 씹기구조의 일부 부위에 한정해서 힘의 요소와 힘을 받는 부위의 역학적 특징을 분석하여 해당 종의 씹기운동을 밝혀려 했다(Preuschhof와 Witzel 2004, Dumont 등 2005). 하지만 국소적인 힘의 현상을 살펴보는 것 외에, 단순하게 거시적으로 머리뼈의 전반적인 형태와 씹기와의 관계를 살펴볼 필요가 있다.

따라서 이 연구는 개의 씹기근육과 뼈대에 중요한 표지점을 설정하고 계측하여 개 씹기구조의 국소해부학적 자료를 수치화하고, 치아의 형태와 같은 비계측적 특징을 조사하여 기존의 사람의 씹기 관련자료와 비교하였다. 이러한 비교 분석을 통해 사

람과 개의 씹기운동의 차이를 밝히고, 손의 사용을 비롯한 식습관의 차이가 어떻게 반영되었는지를 유추해 보기 위해 이 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

재료로는 비글개머리 7쪽을 사용하였다. 모든 표본의 좌우는 구별하지 않았다. 비글개머리의 뼈대와 근육에 중요한 표지점을 표시한 후 9개의 계측항목을 정하여 이를 계측하고 객관적인 수치의 분석을 통해 힘의 관계를 명확하게 비교해 보았다.

해부된 모든 표본은 디지털카메라(S2Pro, Fujifilm Co., Japan)를 이용하여 600 DPI 해상도로 이미지를 얻었고, 9개의 계측항목은 디지털틸림자(CD-15C, Mitutoyo Co., Japan)를 이용하여 실제 계측을 하였다. 그리고 사진상의 변형을 최대한 방지하기 위해 100 마이크로 렌즈(Canon micro lens, Canon Co., Japan)를 사용하여 촬영한 후 실측값과 사진값을 비교하여 각각의 보정값을 설정하였다.

계측점과 계측항목은 다음과 같다(Fig. 1).

1. 계측점

- 1) T (Center of temporomandibular joint) : 관절돌기와 턱관절오목이 만나는 면의 중심
- 2) TA (Anterior point of temporal fossa) : 관자우목의 가장 앞점
- 3) TP (Posterior point of temporal fossa) : 관자우목의 가장 뒷점
- 4) M (Masstic SA point) : 깨물근의 긴 축 방향에서 앞위쪽으로 연장한 지점
- 5) N (Masstic IP point) : 깨물근의 긴 축 방향에서 아래뒷쪽으로 연장한 지점
- 6) D (Posterior point of dentition) : 아래턱 맨뒤어금니의 가장 먼쪽점
- 7) A (Upperpoint of chin) : 아래턱 앞가장자리의 위점
- 8) LA (Lower point of chin) : 아래턱 앞가장자리의 아래점

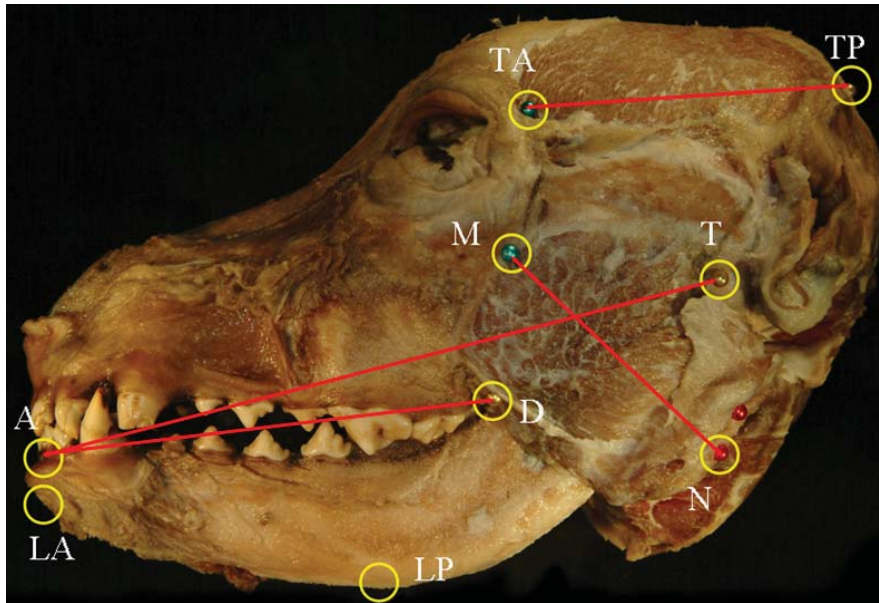


Fig. 1. Items of measurement. T : Center of temporomandibular joint, TA : Anterior point of temporal fossa, TP : Posterior point of temporal fossa, M : Masstic superioanteior point, N : Masstic inferioposterior point, D : Posterior point of dentition, A : Upper point of chin, LA : Lowest point of chin, LP : lowest point of mandible.

Table 1. Measurement values according to photography coordinates (unit : cm)

		Photography coordinates							Mean	S.D.
AP length		22.0	21.0	21.1	24.2	23.8	20.2	25.0	22.47	1.85
T	X	17.7	16.0	17.9	16.7	17.7	15.2	19.8	17.28	1.51
	Y	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0.00	0.00
TA	X	12.8	10.4	12.7	13.5	13.4	11.2	14.2	12.59	1.34
	Y	4.3	5.1	6.3	4.8	4.7	4.9	5.3	5.05	0.63
TP	X	21.2	20.3	23.3	23.0	22.6	19.6	25.0	22.15	1.86
	Y	4.7	3.4	4.0	3.0	4.7	3.3	4.7	3.97	0.73
M	X	12.3	10.7	11.8	11.5	11.8	10.2	13.5	11.68	1.07
	Y	0.7	1.4	2.1	2.0	1.6	1.3	1.9	1.57	0.48
N	X	17.7	15.8	16.8	14.2	15.0	13.8	18.5	15.98	1.78
	Y	-4.3	-4.2	-4.9	-3.8	-4.4	-3.3	-5.5	-4.35	0.71
D	X	11.8	10.5	10.3	10.6	11.2	8.9	13.3	10.94	1.36
	Y	-2.9	-2.0	-1.1	-1.3	-0.5	-1.8	-1.3	-1.56	0.77
LP	X	8.8	9.2	10.3	11.6	13.4	10.6	10.6	10.64	1.53
	Y	-7.4	-6.4	-5.9	-5.5	-4.9	-6.0	-6.2	-6.05	0.78
A	X	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
	Y	-4.1	-3.5	-1.1	-1.2	0.0	-0.7	-3.6	-2.03	1.65
Height		13.9	12.3	13.4	11.5	11.5	10.2	15.5	12.60	1.77
Width		13.4	13.5	12.6	11.5	12.8	11.4	14.7	12.84	1.16

2. 사진상 좌표

이 연구에서는 관절돌기와 턱관절 오목이 만나는 중심점 T를 X축으로 선정하고 머리뼈의 가장 앞부분 A를 Y축으로 선정하여 각각의 표지점을 좌표로 표시하였다(Table 1).

3. 실측좌표

개 치아활의 앞뒤길이(A에서 D까지의 길이)를 직접 측정하고, 이를 사진상의 치아활앞뒤길이를 나누어 보정값을 구하였다(Table 2). 이 보정값을 각 항목에 곱하여 실측좌표를 얻었다.

Table 2. Compensation value (unit: cm)

No. of specimen	1	2	3	4	5	6	7
Dental actual values	11.2	10.3	10.9	10.7	11.7	11.4	10.9
Dental photography values	11.6	10.0	10.4	10.8	11.0	10.9	11.1
Compensation values	0.97	1.03	1.05	0.99	1.06	1.06	0.98

4. 백분위 좌표

사람과 비교하여 각 지표들 간의 거리와 위치를 측정하기 위해서는 무엇보다 각 지표들 간의 비율이 중요하다. 이런 이유로 계측된 결과를 바탕으로 근육을 포함한 머리뼈의 가장 앞부분(A)에서 가장 뒷부분(P)까지의 수직거리(AP length)를 기준(100)으로 각각의 백분위 좌표를 구하였다(Table 4).

5. 계측항목

계측한 각 항목의 위치를 X-Y 좌표에 나타내고, 아래와 같은 길이 및 위치를 얻기 위해, 해당 항목 간의 거리를 계산하였다. 위치는 A점에서부터 최단 거리로 정의하였다(Table 5).

- 1) 아래턱의 길이(AT 길이): 아래턱 앞 가장자리의 위점과 관절돌기와 턱관절오목이 만나는 면의 중심 사이의 길이
- 2) 아래턱의 위치(AT 중점의 위치): 아래턱 앞 가장자리의 위점과 관절돌기와 턱관절오목이 만나는 면의 중심 사이의 수직상 중간점의 위치

Table 3. Measurement values according to actual coordinates (unit: cm)

		Actual coordinates (cm)							Mean	S.D.
AP length		21.2	21.6	22.1	24.0	25.3	21.2	24.5	22.85	1.70
T	X	17.1	16.5	18.8	16.5	18.8	15.9	19.4	17.58	1.39
	Y	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
TA	X	12.4	10.7	13.3	13.4	14.3	11.7	13.9	12.80	1.26
	Y	4.2	5.3	6.6	4.8	5.0	5.1	5.2	5.15	0.74
TP	X	20.5	20.9	24.4	22.8	24.0	20.6	24.5	22.53	1.83
	Y	4.5	3.5	4.2	3.0	5.0	3.5	4.6	4.04	0.73
M	X	11.9	11.0	12.4	11.4	12.6	10.7	13.2	11.87	0.89
	Y	0.7	1.4	2.2	2.0	1.7	1.4	1.8	1.60	0.50
N	X	17.1	16.3	17.6	14.1	16.0	14.5	18.2	16.24	1.53
	Y	-4.2	-4.3	-5.1	-3.8	-4.7	-3.5	-5.4	-4.42	0.70
D	X	11.4	10.8	10.8	10.5	11.9	9.4	13.0	11.11	1.15
	Y	-2.8	-2.1	-1.2	-1.3	-0.5	-1.9	-1.3	-1.58	0.74
LP	X	8.5	9.5	10.8	11.5	14.3	11.1	10.4	10.86	1.81
	Y	-7.1	-6.6	-6.2	-5.4	-5.2	-6.3	-6.1	-6.14	0.66
A	X	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
	Y	-4.0	-3.6	-1.2	-1.2	0.0	-0.7	-3.6	-2.03	1.62
Height		13.4	12.7	14.0	11.4	12.2	10.7	15.1	12.80	1.54
Width		12.2	13.2	12.5	13.3	14.5	12.0	14.4	13.16	1.02

Table 4. Measurement values according to percentage coordinates (unit : %)

		Relative coordinates							Mean	S.D.
AP length		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.00	0.00
T	X	80.5	76.2	84.8	69.0	74.4	75.1	79.3	77.04	5.06
	Y	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
TA	X	58.2	49.5	60.2	55.8	56.3	55.4	56.6	56.00	3.29
	Y	19.5	24.3	29.9	19.8	19.7	24.2	21.1	22.65	3.77
TP	X	96.4	96.7	110.4	95.0	95.0	97.3	99.9	98.67	5.44
	Y	21.4	16.2	19.0	12.4	19.7	16.5	18.7	17.69	2.95
M	X	55.9	51.0	55.9	47.5	49.6	50.5	53.9	52.04	3.25
	Y	3.2	6.7	10.0	8.3	6.7	6.5	7.4	6.96	2.06
N	X	80.5	75.2	79.6	58.7	63.0	68.4	74.1	71.36	8.29
	Y	-19.5	-20.0	-23.2	-15.7	-18.5	-16.5	-22.1	-19.37	2.74
D	X	53.6	50.0	48.8	43.8	47.1	44.2	53.1	48.66	3.92
	Y	-13.2	-9.5	-5.2	-5.4	-2.1	-9.1	-5.2	-7.10	3.70
LP	X	40.0	43.8	48.8	47.9	56.3	52.4	42.5	47.39	5.75
	Y	-33.6	-30.5	-28.0	-22.7	-20.6	-29.8	-24.8	-27.14	4.64
A	X	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
	Y	-18.6	-16.7	-5.2	-5.0	0.0	-3.5	-14.5	-9.07	7.35
Height		63.2	58.6	63.5	47.5	48.3	50.4	61.8	56.19	7.19
Width		57.5	60.8	56.5	55.6	57.4	56.5	58.8	57.58	1.75

Table 5. Measurement values of Items (Unit : %)

Items of measurement	Relative length
Anteroposterior length of skull (distance from A to T)	100
Mandible length (distance from A to T)	77.2
Mandible location (location of middle point of the AT from A)	38.5
Temporomandibular joint location (location of T from A)	77.0
Masseter length (distance from M to N)	32.7
Masseter location (location of midpoint of MN from A)	61.7
Temporalis length (distance from TA to TP)	43.0
Temporalis location (location of midpoint of TATP from A)	77.3
Dentition location (location of D from A)	48.7
Dentition length (distance from A to D)	48.7

- 3) 턱관절의 위치(T의 위치): 관절돌기와 턱관절 오목이 만나는 면의 중심점의 위치
- 4) 깨물근의 길이(MN 길이): 깨물근의 긴 축 방향

- 에서 앞-위쪽으로 연장한 지점과 깨물근의 긴 축 방향에서 아래뒤쪽으로 연장한 지점에 이르는 수직거리
- 5) 깨물근의 위치(MN 중점의 위치): 깨물근의 긴 축 방향에서 앞-위쪽으로 연장한 지점과 깨물근의 긴 축 방향에서 아래뒤쪽으로 연장한 지점에 이르는 수직상 중간점의 위치
- 6) 관자근의 길이(TATP 길이): 관자우목의 가장 앞점과 관자우목의 가장 뒷점에 이르는 수직거리
- 7) 관자근의 위치(TATP 중점의 위치): 관자우목의 가장 앞점과 관자우목의 가장 뒷점에 이르는 수직상 중간점의 위치
- 8) 치아열의 위치(D의 위치): 아래턱 맨뒤어금니의 먼쪽면 중간점의 위치
- 9) 치아열의 길이(AD 길이): 아래턱 앞가장자리의 위점과 아래턱 맨뒤어금니의 먼쪽면 중간점에 이르는 수직거리

6. 비계측 항목

다음과 같은 비계측 항목을 사진을 촬영하여, 형태학적인 특징을 관찰하였다.

- 1) 관자근의 근육다발의 층 구분
- 2) 근육돌기의 높이 차이
- 3) 치아 교두의 경사도

결 과

계측항목의 거리 및 위치는 다음과 같았다. 머리

뼈 앞뒤길이에 대한 상대적인 거리 및 위치를 얻기 위하여, 머리뼈의 가장 앞부분에서 가장 뒷부분까지의 수직거리(AP 길이)를 100으로 하여 각 거리 및 위치 항목을 얻었다(Table 5). 개의 아래턱뼈의 길이는 77.2, 위치는 38.6이었고, 턱관절의 위치는 77.0에 위치하였다. 개물근의 길이는 32.7로 경사지에 배열되어 있었으며, 61.7에 위치하였다. 관자근은 43이었고, 77.3에 위치하였다. 치아활의 앞뒤길이 및 위치는 48.7이었다.

비계측항목의 결과는 다음과 같았다. 관자근의 경우 사람에 비해 관자근의 편평부분은 뚜렷이 2층으



Fig. 2. The morphology of temporalis muscle. The temporalis muscle of dog was observed in distinct two-layer.

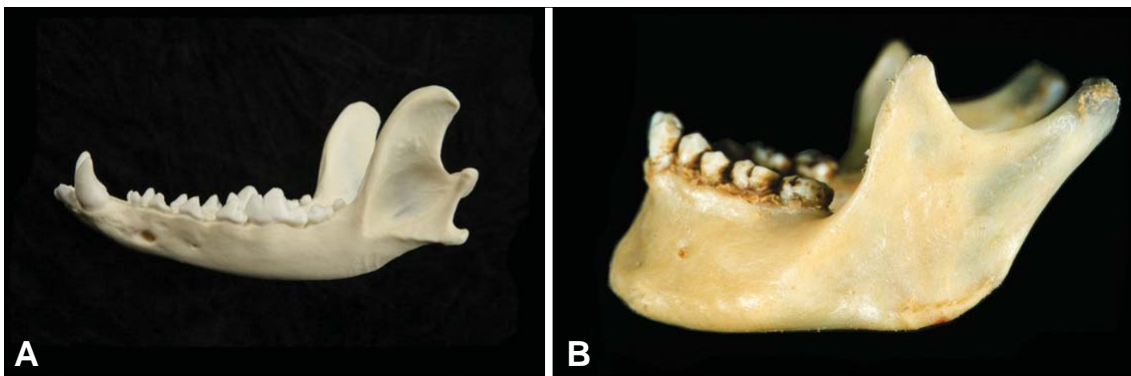


Fig. 3. The length of coronoid and condyle process. In the dogs (A), the higher coronoid process compared to the condyle was observed: the vertical difference of them was larger than the human (B).

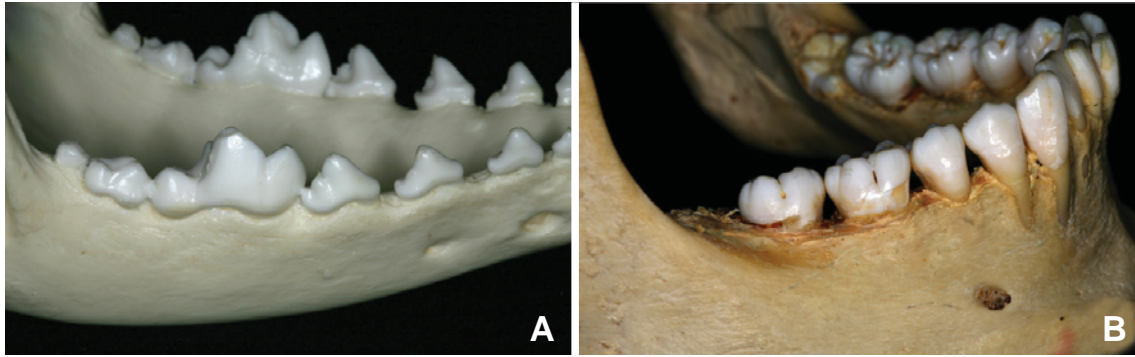


Fig. 4. The morphology of tooth cusp. In the dogs (A), the higher cusp of tooth compared to the human (B).

로 분리되는 것을 관찰할 수 있었다(Fig. 2). 개는 사람보다 관절돌기가 근육돌기보다 낮게 위치하고 관자근의 섬유방향이 수평적으로 발달하였음을 볼 수 있었다(Fig. 3A). 개는 사람에 비해 치아의 교두가 높고 경사가 심함을 관찰할 수 있었다(Fig. 4A).

고 찰

이 연구는 씹기근육과 뼈대에 중요한 표지점을 설정하고, 계측된 객관적인 수치들을 수학적으로 정리하여 근육과 뼈대를 힘의 벡터로 나타내었다. 그리고 이미 알고 있는 개와 사람의 섭식 자세를 참고하여 섭식행위가 씹기 구조에 어떠한 영향을 주었는지 유추하였다.

한국인의 머리뼈와 아래턱뼈의 계측 연구에서 머리뼈 앞뒤길이는 약 173 mm, 아래턱뼈의 길이는 약 107 mm, 턱뼈까지의 길이는 약 57 mm였다(Hu 등 2000, Park 등 2000). 이 연구결과에서 아래턱뼈의 길이는 턱관절 중심에서부터 턱끝점까지에 해당된다. 이는 앞서 사람의 자료에서 턱뼈길이를 밑변으로 하고 턱뼈까지의 길이를 높이로 한 삼각형의 빗변의 길이와 비교할 수 있으며, 남자의 경우 약 120 mm이다. 이는 머리뼈 전체(앞뒤길이)를 100으로 보았을 때 약 70이다. 따라서 개의 머리뼈 앞뒤 길이에 대한 상대적인 값은 77.2이므로, 머리뼈 전체로

보았을 때 개의 아래턱뼈의 길이가 사람보다 상대적으로 더 길다. 또한 개의 머리뼈 앞뒤길이는 약 220 mm로 한국인 173 mm에 비해 더 길었으나, 육안상으로 머리 폭은 더 짧았다. 따라서 상대적으로 머리 폭에 대하여 앞뒤 머리길이는 개가 사람보다 더 길다. 사람의 치아활 앞뒤길이는 약 50 mm로 머리뼈 앞뒤길이를 100으로 놓았을 때 약 30에 해당한다. 개의 치아활은 머리뼈 앞뒤길이를 100으로 놓았을 때 약 49이다. 육안상 아래턱뼈 앞뒤길이에 대한 치아활의 앞뒤길이도 개가 사람보다 월등히 길게 관찰되었다(Fig. 5). 개의 턱관절과 치아활까지의 상대적인 거리는 사람보다 앞 부분에 위치하였고, 턱관절과 머리뼈 앞끝까지의 상대적인 길이는 남자 한국인의 경우 약 60이며, 개는 73이었다. 이는 개의 씹기 운동이 머리뼈바닥과 아래턱의 경첩운동(hinge movement)에 보다 가깝다는 것을 의미한다. 또한 사람은 머리뼈바닥 중간 부근에 턱관절 회전중심이 있지만, 개의 턱관절 회전중심은 머리뼈 뒤쪽 끝 부분에 있다. 따라서 개의 씹기근육은 사람에서보다 상대적으로 앞쪽에 위치하는 것이 더 효율적으로 작용할 수 있다. 하지만 이 연구에서 살펴본 결과, 근육의 상대적인 위치는 깨물근과 관자근 모두 사람보다는 개가 더 뒤쪽에 위치하였다. 이는 사람의 씹기구조보다 개의 씹기구조가 역학적으로 불리하다는 것을 의미한다. 기능적으로 두껍게 발달한 깨물근과 관자근은 이를 보상하기 위한 것으로 생각

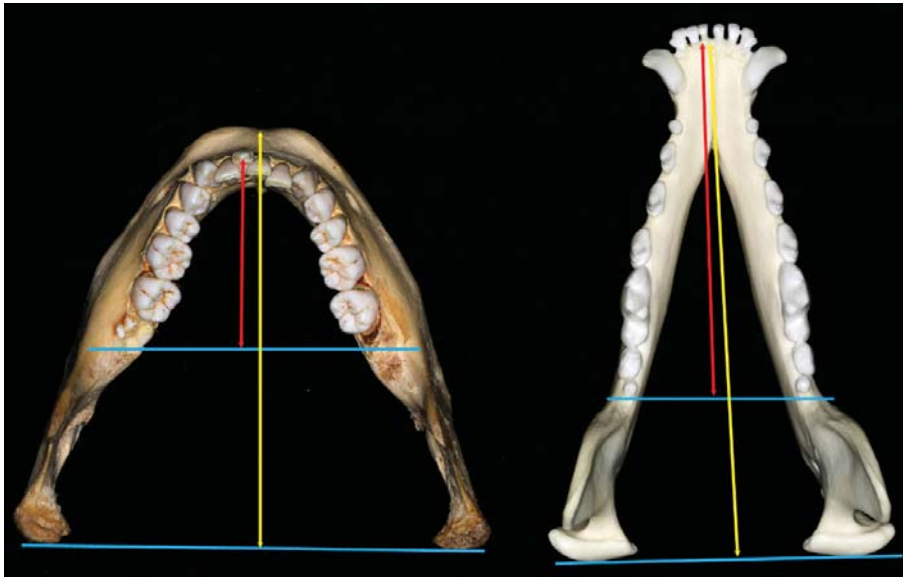


Fig. 5. The mandibles of human (left) and dog (right). The dog had a longer dentition and mandible than the human.

할 수 있다.

사람과 비교해 볼 때, 개의 씹기구조는 어금니부위에서 보다 앞니부위에서 더 비효율적으로 힘을 가할 것이다. Enlow와 Hands (1996)는 영장류목과 육식동물목의 머리뼈 비교에서, 육식동물목의 앞-뒤 축으로 긴 머리뼈는 아래턱 이빨뼈부위의 돌출때문으로 생각하였는데, 이는 육식동물목의 턱뼈 앞부분을 새의 부리처럼 이해한 것이다. 즉, 개 앞니부분의 씹기구조와 힘의 역학은 사람에서와 같은 자르기 (incising)보다는 잡기 (grasping)에 적합하다고 해석할 수 있다.

턱관절에서 치아활까지의 거리는 머리뼈 전체 앞-뒤 길이에 비해 작고, 가쪽운동 시 작용하는 근육이 턱관절에서 멀수록 정교한 가쪽운동이 가능하다. 가쪽운동 시 작용하는 주된 근육은 움직이는 방향쪽 (작업측, working side)의 안쪽날개근과 반대쪽의 가쪽날개근이며, 같은쪽의 관자근과 깨물근도 가쪽운동을 보조하는 역할을 한다. Ström 등(1988)은 개의 가쪽날개근의 빈약한 발달과 수평으로 발달한 관자우목을 보고하였다. 이 연구에서는 개의 머리뼈가

사람보다 머리뼈 전체 앞-뒤 턱관절에서 치아활 중심 및 치아활 앞쪽 끝까지의 상대적인 길이가 크게 관찰되었다. 또한 개에서 수직적으로 높은 치아교두는 가쪽운동이 불리함을 의미한다 (Fig. 4). 뇌의 용량이 커지면서 머리뼈가 가쪽으로 확대되고, 머리뼈는 앞-뒤 길이보다는 머리뼈폭이 상대적으로 더 증가한다. 따라서 관자근이 붙는 위치가 좀 더 가쪽으로 이동하기 때문에 가쪽운동이 유리하다. 하지만 이는 단순한 형태학적인 비교해부만으로는 증거가 불충분하며, 발생학적인 고찰을 포함한 계통해부학적 연구가 필요하다.

Hilderbrand와 Goslow (2001)는 근육돌기 (coronoid process)가 관절돌기 (condylar process)보다 낮게 위치하는 경우 깨물근보다 관자근에 좀 더 큰 힘이 가해진다고 서술하였다. 이는 육식동물에서 잘 볼 수 있으며, 이 연구에서는 개의 아래턱뼈에서 관찰되었다 (Fig. 3). 근육돌기가 낮게 위치하면 관자근이 작용할 수 있는 길이가 더 길며, 반대로 높게 위치하면 그 길이가 더 짧다. 이 연구에서는 관자근이 근육돌기 뒤쪽에 붙어 뒤로 주행하여 관자우목에

도달하였다. 이러한 배열은 관자근이 작용할 수 있는 길이를 충분히 보상해 줄 수 있다. 사람에서는 관자근이 근육돌기에 붙어 위로 올리는 작용을 하는데, 개에서는 관자근이 근육돌기를 뒤로 당기는 역할을 한다. 앞-뒤로 긴 개의 머리뼈는 수평으로 작용하는 관자근의 안정성을 제공할 수 있으며, 섭식 시 몸의 축과 머리의 앞-뒤축이 평행하다는 사실과 관련이 있을 수 있다.

요약하면 개와 사람 머리뼈의 형태학적 차이는 손을 사용하거나 사용하지 않는 섭식행태(feeding style)와 뇌용량의 변화 등 진화의 일반적인 경향과 대체로 일치하며, 특히 사람의 머리뼈는 가쪽운동에 매우 유리하게 적응되었다고 사료된다. 사람과 개 머리뼈의 모양은 매우 복잡하며, 이에 작용하는 여러 씹기근육의 힘도 복잡하여 선형적(linear)으로 분석하기에는 무리가 있다. 그러나 개와 사람의 머리뼈 요소들에 대한 상대적 수치는 확연히 차이가 나므로 본 연구결과의 가설은 유의하다고 생각된다. 또한 개와 사람에 국한한 비교이므로 일반화하기는 어렵지만, 영장류목과 육식동물목의 대체적인 차이점을 시사하는 데는 큰 어려움이 없을 것으로 생각한다.

참 고 문 헌

Beecher RM, Corruccini RS : Effects of dietary consistency on craniofacial and occlusal development in the rat. *Angle Orthod* 51: 61-69, 1981.

Corruccini RS, Lee GT : Occlusal variation in Chinese immigrants to the United Kingdom and their offspring. *Arch Oral Biol* 29: 779-782, 1984.

Dumont ER, Piccirillo J, Grosse IR : Finite-element analysis of biting behavior and bone stress in the facial skeletons of

bats. *Anat Rec A Discov Mol Cell Evol Biol* 283A: 319-330, 2005.

Enlow DH, Hands MG : *Essentials of Facial Growth*, Philadelphia. W.B. Saunders Company, pp 146-154, 1996.

Hiiemae KM : Feeding in mammals. In: Schwenk K, ed. *Feeding form, function, and evolution in tetrapod vertebrates*. San Diego, New York, London: Academic Press, pp 411-444, 2000.

Hildebrand M, Goslow G : *Analysis of vertebrate structure*, 5th ed., New York. John Wiley & Sons, Inc., pp 555, 569-571, 577, 2001.

Hu KS, Koh KS, Jung HS : Physical anthropological characteristics and sex determinative analysis by the metric traits of Korean mandibles. *Korean J Phys Anthropol* 13: 369-382, 2000. (in Korean)

Kardong KV : *Vertebrates : Comparative anatomy, function, evolution*, 4th ed., New York. Mc Graw Hill, p 247, 2005.

Kent C : *Comparative anatomy of the vertebrates*, 9th ed., New York. Mc Graw Hill, pp 73, 176-192, 2000.

Kiliaridis S : Masticatory muscle influence on craniofacial growth. *Acta Odontol Scand* 53: 196-202, 1995.

Moore WJ : Masticatory function and skull growth. *J Zool* 146: 123-131, 1965.

Park SP, Kim HJ, Hu KS : Sex differences in the mandibular rami of Korean adults : radiographic study. *Korean J Phys Anthropol* 13: 1-10, 2000. (in Korean)

Preuschoft H, Witzel U : Functional structure of the skull in hominoidea. *Folia Primatol* 75: 219-252, 2004.

Ström D, Holm S, Clemensson E, Haraldson T, Carlsson GE : Gross anatomy of the craniomandibular joint and masticatory muscles of the dog. *Arch Oral Biol* 33: 597-604, 1988.

Watt DG, Williams CHM : The effects of the physical consistency of food on the growth and development of the mandible and the maxilla of the rat. *Am J Orthod* 37: 895-928, 1951.

Wood BF : Malocclusion in the modern Alaskan Eskimo. *Am J Orthod* 60: 344-354, 1971.

Abstract

Functional Analysis of the Masticatory System of the Dog with Relation to the Human

Jong-Tae Park[†], Hun-Mu Yang[†], Da-Hye Kim,
Kyung-Seok Hu, Heung-Joong Kim¹, Hee-Jin Kim

*Division of Anatomy & Developmental Biology, Department of Oral Biology,
Human Identification Research Center, BK 21 Project, Yonsei University,
College of Dentistry, Seoul, Korea*

¹*Department of Oral Anatomy and Developmental Biology, Second Stage of BK21,
College of Dentistry, Chosun University, Gwangju, Korea*

The aim of this study is to identify the species characteristics of the dog mastication compared to the human by analyzing 8 landmarks on the heads from seven beagle dogs. The masticatory unit of the dog was relatively located posterior than the human. The predominance of horizontally-oriented fibers of the temporalis of the dog was shown in spite of vertical mandibular movement. The biomechanics of the coronoid process and the temporalis of the dog revealed but not superiorly-elevating like the human backward rotating the coronoid process. The masseter was also obliquely -oriented and the temporalis was observed in distinct two-layers. In the dogs, the higher coronoid process compared to the condyle was observed; the vertical difference of them was larger than human.

The temporalis performs stronger action than masseter and related with marked horizontal action of the temporalis. These morphologies indicated that the mastication of the dog needs strengthened horizontal stability and it was taken by the cervical muscles attached backwardly to the skull. Thickened temporalis is adapted in feeding. The dentition of dog was longer and farther from the condyle and the pterygoid muscles were not well-developed than human, indicated unfavourable lateral movement. These findings were consistent with evolutionary tendency, feeding without hands and narrow skull.

Key words : Masseter, Temporalis, Metric study, Coronoid process, Condylar process

[†]These authors contributed equally to this work.

Correspondence to : Hee-Jin Kim (Division in Anatomy and Developmental Biology, Department of Oral Biology, Yonsei University College of Dentistry, Seoul, Korea)

E-mail : hjk776@yuhs.ac