

사람 치열의 진화

이 광 희

원광대학교 치과대학 소아치과학교실

국문초록

연구 목적은 부정교합과 부분무치증 등의 치과 문제의 배경으로서 사람 진화에 따른 치열의 변화 양상을 고찰하는 것이었다. 사람은 분류학적으로 동물계, 척추문, 포유강, 영장목, 고등영장아목, Hominoid(상위인과), Hominid(인과), Homo(인속), sapiens(종)이다. 최초의 Hominid는 약 400만년 전에 출현한 Australopithecus로서 직립보행과 치열의 변화가 특징이었고, Homo속은 약 250만년 전에 출현한 최초의 석기 제작자 H. habilis를 시작으로, H. erectus, H. neanderthalensis 등이 나타났다가 사라지면서 현생 인류인 H. sapiens에 이르렀다. 원시포유류의 I3 C1 P4 M3의 치열은 원시영장류의 I2 C1 P4 M3, 고등영장류의 I2 C1 P3 M3, Hominoid의 I2 C1 P2 M3로 변화하였고 H. sapiens는 I2 C1 P2 M2의 치열로 변화하고 있다. Hominoid의 상자형 치열은 Australopithecus의 오메가형 치열을 거쳐 Homo의 포물선형 치열로 변화하였다. 치아의 크기가 계속 감소하였고 특히 견치의 크기와 성적 이형성이 감소하였다. 뇌 크기가 증가하고 악골의 크기가 감소함에 따라 치열은 두개관에 대해 후하방으로 이동하였다. 녹말이 풍부한 주식으로의 변화, 식품 가공, 요리 기술의 발달이 저작의 필요성을 감소시켜 치열 변화를 촉진하였다는 가설이 제기되었다. 지구 역사에서 극히 최근에 나타난 신종으로서 지구 전역에 퍼져 대량 멸종을 일으키고 있는 H. sapiens의 미래는 불투명하다. 부분무치증과 부정교합은 사람 진화에 따른 치열 변화와 관계가 있는 것으로 보이며 앞으로 증가할 가능성이 있다고 사료된다.

주요어 : 진화, 치열, 부분무치증, 부정교합

I. 서 론

치과의사가 치료하는 사람의 치열은 끊임없이 변화하고 있다. 사람의 일생에서 가장 극적인 치열 변화는 유치열에서 영구 치열로 이행하는 교합의 재편성일 것이다. 상악 영구 절치들의 초기 이개는 견치가 맹출하면서 사라지며, 유구치 탈락과 더불어 제1 대구치의 근심 이동이 일어난다. 나이가 들면서 법랑질 우식증에 대한 감수성이 감소하고 치주질환에 대한 감수성이

증가하며, 노인에서는 치은퇴축으로 말미암은 치근의 백악질 우식증이 증가한다.

시야를 더 넓혀 보면, 지구 생물은 지난 수십억년 동안 단세포생물을 거쳐 어류, 양서류, 파충류, 포유류, 사람에 이르기까지 진화해 왔다. 진화가 왜, 어떻게 일어났는가 하는, 진화의 원동력과 기전(mechanism)에 대한 문제는 분명히 밝혀지지 않았다. 외부의 초월적 지성에 의한 설계나 생명 자체에 내재된 지성을 언급하는 것은 과학의 한계를 벗어나는 일이다. 다만 지구 역사에서 간단한 구조에서 복잡한 구조로 생물 종의 점진적 진화가 일어났다는 것 자체는 현대 과학에 의해 밝혀진 부인할 수 없는 사실이다. 따라서 사람의 치열은 진화의 유산이며 지금도 변화하고 있다고 할 수 있다.

치아 크기와 악골 크기의 부조화로 말미암은 부정교합과 선

교신저자 : 이 광 희

전북 익산시 신용동 344-2

원광대학교 치과대학 소아치과학교실

Tel: 063-859-2955

E-mail: kwhlee@wonkwang.ac.kr

※ 이 논문은 2007년도 원광대학교의 교비 지원에 의해서 수행됨.

가 약 3만년 전에 갑자기 사라졌으며, 최근 연구에 따르면 H. sapiens는 H. neanderthalensis의 유전자를 가지고 있지 않은 것으로 밝혀졌다. 현생 인류는 H. sapiens sapiens라는 아종으로 분류하기도 한다³⁾.

과거에는 진화를 직선적인 진보로 생각하여 나무형의 계통발생으로 설명하였으나, 실제로 진화는 수많은 종이 나타나고 사라지는 일이 반복되는 수풀형 또는 그물형의 계통발생이다. 생명이 지구에서 시작된 후로 끊임없이 멸종이 있어 왔으며 전 지구의 생물 종이 대폭 감소한 대량 멸종이 수 차례 있었다. 지금까지 살았던 생물의 90% 이상이 멸종했으며 지난 5억5천만년 동안 다섯 차례의 주된 멸종이 있었고 동물 종의 50% 이상이 멸종하였다고 추산된다⁴⁾. 사람의 진화도 직선상으로 일어난 것이 아니라 많은 Hominid 계통 중에서 하나가 현생 인류에 이르렀으며, 그 중에서 어떤 종들이 현생 인류의 직계 조상인가는 단언하기 어렵다. Hominid과에 속한 종들 중에서 현재 살아 있는 종은 현생 인류밖에 없으며 나머지 종들은 모두 멸종하였다⁵⁾.

화석 기록의 증거 외에도 최근에는 분자생물학의 발달에 따라 사람 유전자에 축적된 변이의 분석을 통해서 진화의 역사를 추적할 수 있다. 유전학적 증거에 의하면 사람과 침팬지는 약 500만년 전에 공통 조상으로부터 분리되었음이 밝혀졌다⁶⁾. 또한 모계로 유전되는 미토콘드리아 DNA를 연구한 결과로, 현생 인류는 모두 아프리카에서 살았던 한 여자에서 기원하였다는 사실이 밝혀졌다⁷⁾.

2. 사람 진화에 따른 치열의 변화

가. 영장류의 치열 변화

치아의 수는 포유동물의 진화 역사에서 일부 이빨고래와 같은 아주 적은 경우를 제외하고 감소하였다. 동물의 구강에 있는 각 유형별 치아의 수는 진화적 유산으로서 중요한 단서를 제공한다. 포유류의 치열은 다양한 유형의 치아(heterodont)가 있다는 것이 특징이다. 대부분의 다른 동물들은 치아들이 거의 동일하다. 포유류의 치아는 절치, 견치, 소구치, 대구치의 네 가지

유형이 있으며, 이들 치아는 형태적으로뿐 아니라 기능적으로 다르다⁸⁾.

원시 포유류의 치식은 I3 C1 P4 M3로서 절치 3개, 견치 1개, 소구치 4개, 대구치 4개가 있어 전체 치아 수는 44개이다. 영장류는 진화하면서 치아 수가 감소하였다. 원시 영장류는 제3 절치가 상실되어 I2 C1 P4 M3가 되어 치아 수가 40개로 감소하였고, 원원류(原猿類, Prosimian)와 신세계 원숭이는 제1 소구치가 상실되어 I2 C1 P3 M3가 되어 치아 수가 36개로 감소하였으며, 구세계 원숭이와 민꼬리원숭이는 제2 소구치가 상실되어 I2 C1 P2 M3가 되어 치아 수가 32개로 감소하였다. 따라서 영장류 진화에서 일어난 치식 변화는 4개의 소구치 중에서 제1, 제2 소구치가 상실되어 제3, 제4 소구치만 남은 것이다. H. sapiens는 제3대구치의 무발생이 증가하면서 28개의 치아를 가진 I2 C1 P2 M2의 치열로 변화하고 있다.(Table 1, Fig. 2).

나. Hominid 종들의 치열 변화^{11,12)}

치열의 변화는 hominid를 구분하는 중요한 특징 중 하나이다. 고릴라, 초기 hominid인 A. afarensis, 중국 저우커우텐(周口店)에서 발굴된 H. sapiens의 상악골을 비교해보면(Fig. 3), 고릴라는 협측 치아가 평행하게 배열되어 상자형을 하고 있으나 H. sapiens의 치궁은 포물선 형태를 하고 있고 A. afarensis의 치궁은 그 중간 형태인 오메가형을 하고 있다. 반대악의 견치를 수용하기 위하여 상악 견치 전방과 하악 견치 후방에 존재하는 영장류 공간(primate space)은 고릴라에서 뚜렷하나, A. afarensis에서는 조금 남아 있고, H. sapiens에서는 존재하지 않으며 유치열에서만 나타난다. 고릴라와 같은 유인원의 치아는 부수고 찢는 데 사용되어 평생 동안 예리하게 남아 있으나, hominid의 치아는 부수고 가는 데 사용되어 교합면이 편평하게 마모된다. 침팬지(Pan), 오랑우탄(Pongo), 고릴라는 견치가 다른 치아들에 비해 크며, 성적 이형성(sexual dimorphism)의 결과로 수컷에서 더욱 뚜렷하다(Fig. 4). 그러나 hominid의 치열은 견치가 작다는 점에서 유인원과 뚜렷이 구별된다(Fig. 5).

Table 1. Dental formula⁹⁾

	Dental Formula	Total Number of Teeth
Primitive mammalian	I3/3 C1/1 P4/4 M3/3	44
Primitive primate	I2/2 C1/1 P4/4 M3/3	40
Prosimians	I2/2 C1/1 P3/3 M3/3	36
New world monkeys	I2/2 C1/1 P3/3 M3/3	36
Old world monkeys	I2/2 C1/1 P2/2 M3/3	32
Apes	I2/2 C1/1 P2/2 M3/3	32
H. sapiens	I2/2 C1/1 P2/2 M3(2)/3(2)	32(28)

I : Incisors, C : Canines, P : Premolars, M : Molars

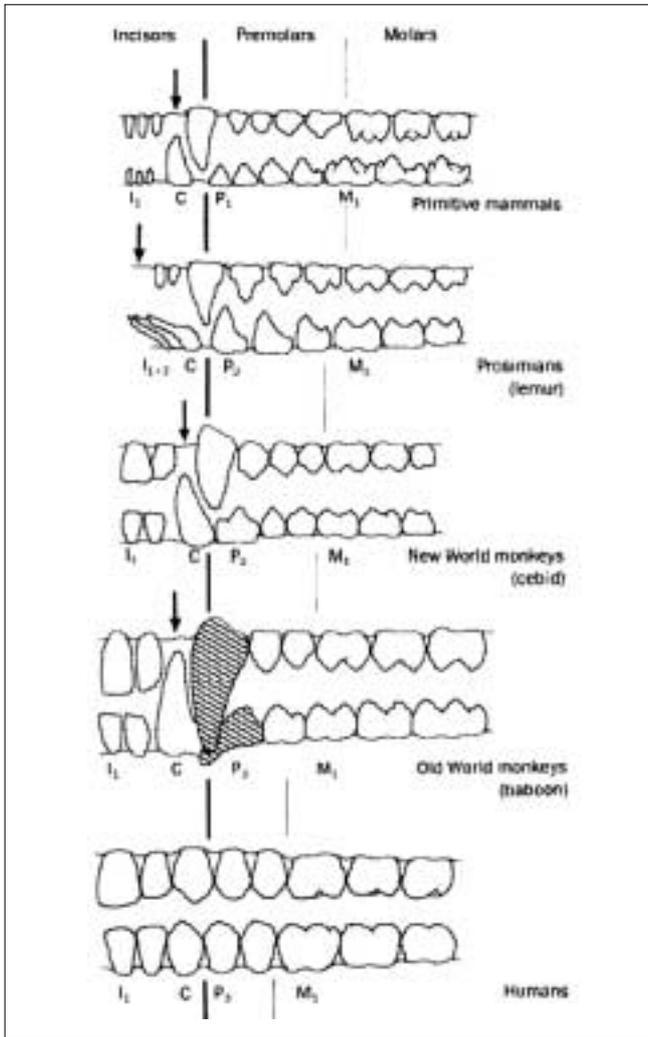


Fig. 2. General pattern of dentition change in primates^{10).}

A. afarensis 다음에 약 300만년 전에 나타난 A. africanus 는 치아의 형태가 현대적이며, 치궁은 아직 오메가형이지만 포 물선 형태에 접근하고 있고, 치열에 보다 효과적인 갈기(grinding)를 향한 추세가 나타난다. A. africanus 다음에 약 180만 년에 나타난 A./P. robustus는 치아 구조가 거대하고 튼튼하 다는 것이 특징이며, 절치와 견치에 비해 구치가 매우 커서, 극 단적인 경우에 현대인의 4배 크기에 달했다. 전체적인 치열 형 태는 뒷부분이 크게 벌어진 포물선형을 이루고 있다(Fig. 6). 치아의 마모 패턴은 씨앗이나 견과와 같은 매우 단단한 식품을 먹었음을 시사한다. 그러나 A./P. robustus는 H. sapiens로 직 접 연결되는 계통은 아닌 것으로 간주된다. 하악 제1 유구치 의 형태를 비교해 보면, A. africanus와 A./P. robustus의 치 아는 침팬지의 치아와 다르고 H. sapiens의 치아와 유사한 형 태를 가지고 있다(Fig. 7).

최초의 homo인 H. habilis는 약 250만년 전에 나타났으며, 직계 조상일 가능성이 높은 A. africanus와 비교할 때 전체 치 아, 특히 견치와 구치의 크기가 감소하였고, 구치의 범랑질 주 림(crenulation)을 일반적으로 상실하였다. 무딘 톱니 모양의 이 주름은 Australopithecus에서 특히 저작력이 약한 어린 개 체들에서 표면적을 증가시키는 역할을 하였을 것이며, 나이가 들면서 마모되어 편평하게 되었다. H. habilis에서 시작된 이 치아 감소의 추세는 H. erectus에서 계속되었는데, 화로를 사 용하여 음식을 불에 익혀 먹게 되면서 크고 튼튼한 치아에 대 한 진화상의 선택적 압력이 더욱 줄어들게 되었다(Fig. 8).

H. neanderthalensis는 대구치와 소구치에 비해 매우 큰 견 치와 절치를 가졌다. 많은 개체들이 전치에 심한 마모를 보이는 데, 전치를 도구로 사용하였기 때문일 것이다(Fig. 9). 또다른 혼한 특징은 우상치(牛狀齒, taurodontism)이다. 한편, H.

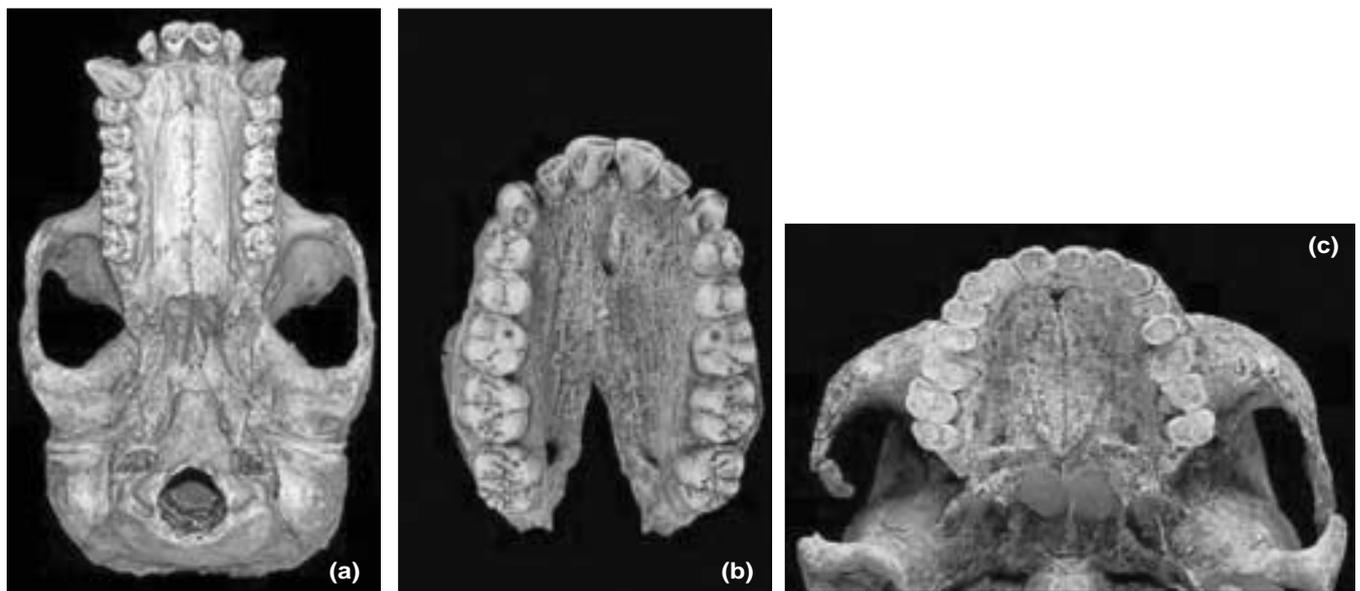


Fig. 3. Comparison of maxillae of gorilla(a), A. afarensis(b), and H. sapiens(c, Choukoutien, China)^{21).}

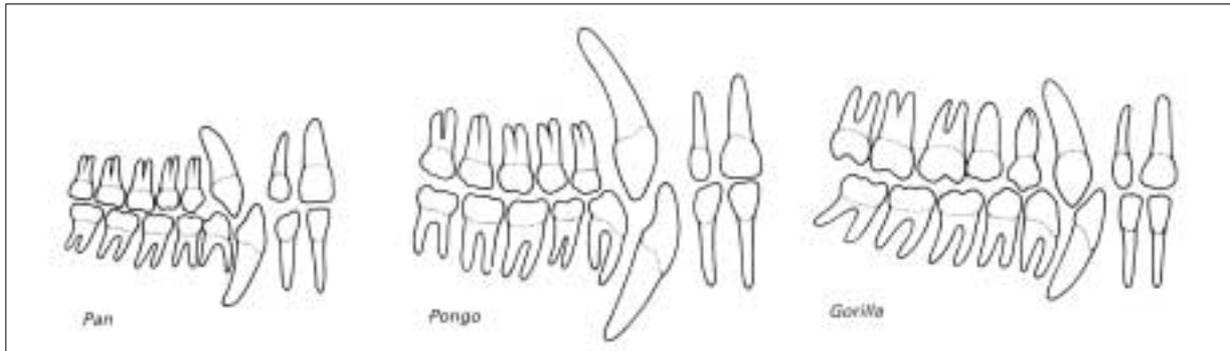


Fig. 4. Teeth of Pan(female), Pongo(male) and Gorilla(female)^{12).}

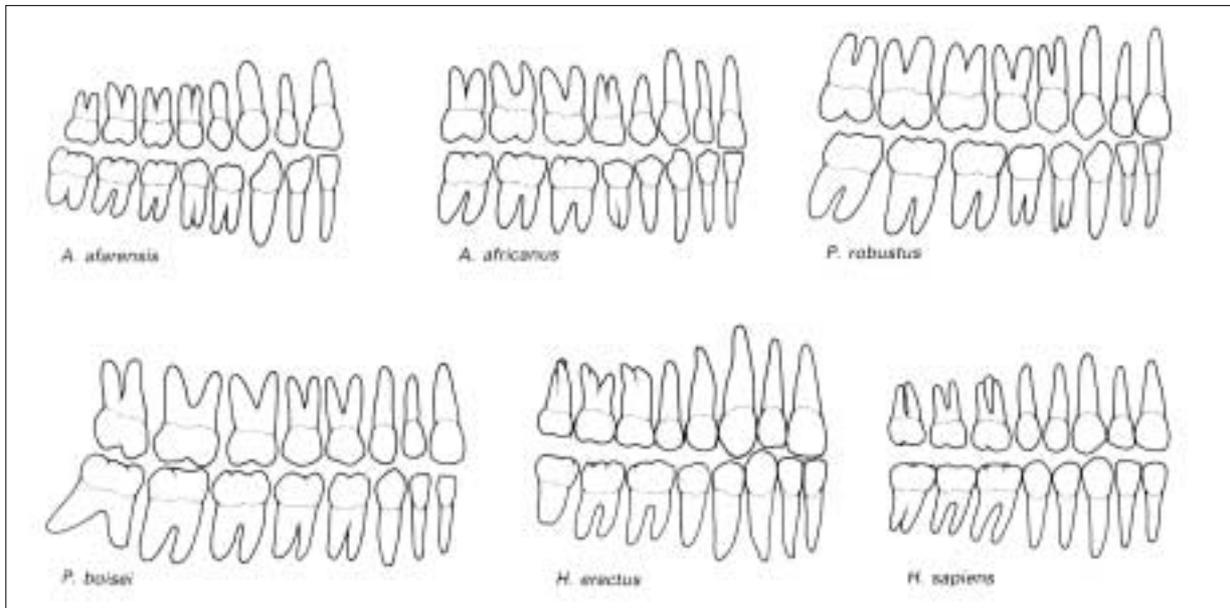


Fig. 5. Teeth of modern H. sapiens compared with the teeth from five early hominids^{12).}

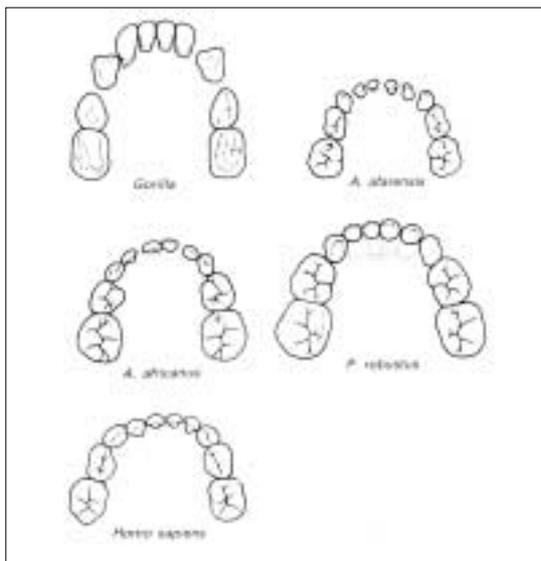


Fig. 6. Occlusal view of the deciduous dentition of an infant gorilla compared with those of three early hominids and a modern human infant^{12).}

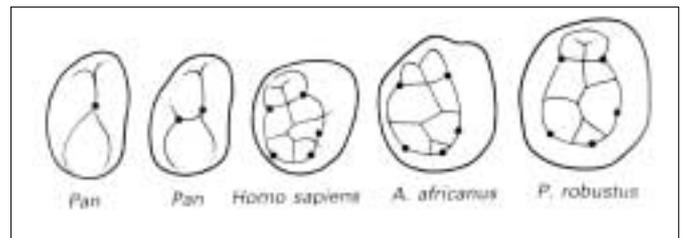


Fig. 7. Occlusal view of the deciduous lower first molars of two chimpanzees compared with a modern human deciduous lower first molar and those of two early hominids^{12).}



Fig. 8. *H. erectus*²⁾.



Fig. 9. *H. neanderthalensis*²⁾.

*neanderthalensis*는 치아 성장 기간이 매우 짧았던 것이 특징이다¹⁴⁾.

Hominid의 진화과정에서 *H. sapiens*의 치열에 최초로 나타난 변화는 치아의 성장 속도가 느려진 것이다. 화석 치아의 내부 성장선을 분석하여 치아의 성장 속도를 분석한 결과에 따르면¹⁵⁾, *Australopithecus*나 초기 *homo*들은 모두 현생 유인원들 처럼 치아 성장 기간이 짧았다. 느린 치아 성장은 *H. sapiens*에게 전형적인 것으로서 hominid 진화에서 아주 최근에 나타난 현상이다^{16,17)}. *H. sapiens*에서 치아의 크기는 더 작아졌으며 특히 절치와 견치의 크기가 감소하였다. 이것은 치아를 도구로서 사용하는 일과 저작이 감소하였음과 성적 이형성이 적어졌음을 시사한다.

다. 치아 크기의 감소

홍적세(Pleistocene Epoch, 약 250만년 전부터 약 1만년 전까지) 이후로 지구 전역에서 치아 크기가 감소하였다^{18,19)}. 신석기시대 이후에도 *H. sapiens*의 치아는 계속 감소하였다. 북미 오하이오강 계곡 유적지 21개 장소에서 282명의 자료를 조사한 결과에 따르면, 기원전 5000년경부터 기원 1400년경 사이에 여성과 상악 대구치에서 치아 감소가 더 현저하였고, 치아 크기의 감소는 식품 마모도의 감소를 반영하였다²⁰⁾. 아프리카 누비아 유적 연구에 따르면, 초기 농경시대(기원전 3300-1100년)와 집중적 농경시대(기원 1-1400년) 사이에 대구치에 국한된 지속적인 감소 추세가 있었다²¹⁾. 치아 크기는 여자보다 남자에서 더 많이 감소하여 결과적으로 남녀간의 치아 크기 차이가 감소하였다.

3. 주식 변화와 요리 기술 발달이 사람 진화와 치열 변화를 촉진하였다는 가설²²⁾

*H. sapiens*와 다른 생물을 구별하는 특징으로서 전통적으로 도구 사용이 지적되어 왔으나, 모든 유인원에서 도구의 제작과 사용이 관찰되었고 일부 원숭이종에서도 원시적 도구 사용의

증거가 있으며, 석기가 발견된 가장 초기의 고고학적 유적지에서 수집된 뼈는 현생 인류의 전형적 형태를 갖지 않았다. 또한 *Homo*(인속)의 정의는 최소 뇌 크기(>600 cm³)이나, 침팬지의 뇌 크기와 비슷한 작은 뇌를 가진 왜소한 *Homo*종이 12,000년 전까지 인도네시아에 살았다는 사실이 밝혀졌다²³⁾. 두 발로 걷는 직립보행은 멸종한 hominid들도 다 한 것이다. 최근에는 *H. sapiens*의 특징이 걷는 것이 아니라 뛰는 것임을 시사하나, 아직 확증되지 않았다²⁴⁾. 따라서 인류학자들은 인간성의 새로운 정의를 찾고 있다.

최근 수년간 관심의 대상이 된 것은 식생활이다. 다른 대형 영장류들과 비교할 때 현대인의 식생활은 특이하다. 아직도 사냥과 채집에 의존하는 집단조차 정해진 끼니 때에 요리된 고기, 곡물, 뿌리 채소로 식사를 하는데 반해, 대형 영장류들은 날 과일과 잎사귀들의 가벼운 식사를 종일 계속한다. 이들은 발효시키는 장을 가지고 있지 않기 때문에 충분한 영양을 섭취하기 위해서는 먹을 것을 찾아 오랜 시간 돌아다녀야 한다. 이와는 대조적으로 현대인의 행동은 육식동물의 행동과 더 비슷하여, 열량이 높은 음식으로 식사를 짧게 하고 상당한 시간을 다른 일에 바칠 수 있다. 육류 섭취가 이러한 식생활 패턴에 기여한 것은 분명하나, *homo*의 주식은 식물성이었던 것으로 보인다.

Hominid의 진화는 아프리카의 기후 변화와 밀접한 관계가 있었다. 기후가 건조해지면서 숲이 감소한 환경 변화에 적응하여, 수상생활로부터 직립보행으로 사바나를 이동하며 먹이를 찾는 생활로 전환하기 시작한 것이 *Australopithecus*이다. 약 200만년 전에 초기 *homo*가 에너지원을 과일의 당으로부터 건조한 기후에서 식물이 지하에 형성하는 녹말저장기관(알뿌리, 덩이줄기 등)으로 바꾸었고, 그러한 전분식품의 소화성을 개선하기 위한 방법으로 요리가 동시에 발달하였다는 가설이 설정되었다²⁵⁾.

저작근의 myosin 유전자에 돌연변이가 일어나서 사람의 교합력이 크게 감소한 것이 약 200만년 전이라는 연구 결과가 있다²⁶⁾. 150만년 전의 화석 기록에서 소구치와 대구치의 크기가 감소하였다²⁷⁾. 이 두 추세는 음식물을 먹기 쉽게 만든 요리의 효

과와 연관되어 있을 가능성이 있다. 또한 사람 진화에서 타액 amylase 유전자의 3배화가 있었던 것도 높은 녹말 섭취를 시사한다²⁸⁾.

현생 인류의 소화기관은 날 음식에 맞지 않으며 요리된 음식을 먹도록 진화되었다는 연구 결과가 제시되었다²⁹⁾. 식물성 음식을 날 것으로 먹을 경우에는 익힌 것보다 두 배를 먹어야 동일한 에너지를 얻을 수 있다.

한편, 액체가 풍부한 장에 비하면 구강은 다소 건조하며 저작으로 생성된 작은 입자들은 삼키기가 어렵다. 잎사귀 같은 날 식물조직은 표면이 소수성(疏水性)이어서 잘 응집되지 않는다. 녹말을 익히면 정반대의 현상이 나타나서 응집력이 극도로 높아지며 한 덩어리로 삼키기가 쉬워진다.

인체에서 에너지를 많이 소비하는 두 조직인 소화기관과 뇌 사이에 경쟁이 있으며, 식품의 영양가가 높아지면 장의 길이가 줄어서 뇌 크기의 증가가 가능해진다는 것이 밝혀졌다³⁰⁾. 따라서, 요리 기술의 발달에 의해 식물성 녹말의 섭취와 소화가 촉진됨으로써 결과적으로 사람의 뇌 크기가 증가할 수 있었다는 추리가 가능하다.

우리는 또한 사회적 행동에 영향을 끼쳤을 것이다. 각자가 홀여져 음식을 찾아 먹는 대신에 화덕이 있는 근거지에 음식을 가지고 모여서 함께 식사를 하게 됨으로써 사회성이 발달했을 가능성이 있다.

또한 도기(pottery)의 발명은 국(soup)을 만들어 먹을 수 있게 함으로써 치아가 약한 개체들의 생존을 돕고 결과적으로 크고 강한 치열에 대한 진화적 요구를 감소시켜 더 작고 더 약한 치열로의 변화를 촉진하였을 것이다³¹⁾.

4. 부분무치증

치아무발생은 사람에서 가장 흔한 발육장애 중 하나이며 치열의 가장 흔한 변형 중 하나이다³²⁾. 제3 대구치를 제외한 1-6개의 치아무발생을 hypodontia, 6개보다 많은 경우를 oligodontia, 전체 치아의 무발생을 anodontia로 구분하기도 한다. 가족성(염색체 우성, 열성, 반성) 또는 격리된 산발성으로 나타나며, 전신적 발육 결함을 동반하는가 여부에 따라 증후군성 및 비증후군성으로 구분된다. 분자유전학의 발전에 따라 특정 질환의 직접적 원인 요소로서 일부 유전자의 돌연변이가 확인되었다. PAX9과 MSX1는 전신 증후군이 없는 가족성 치아무발생과 관련된 유전자로 밝혀졌다³³⁾.

영장류의 치열 변화에서 원시 포유류의 3개 절치와 4개 소구치가 원시 영장류에서는 2개 절치와 4개 소구치로 감소하고, 신세계원숭이에서는 2개 절치와 3개 소구치로, 보다 진화한 형태인 구세계원숭이부터는 2개 절치와 2개 소구치로 감소한 것은 영장류의 진화와 더불어 치아무발생이 증가하였음을 보여준다(Table 1). H. sapiens의 제3 대구치는 다른 영장류들에 비해 가장 작으며, 이러한 제3 대구치 크기 감소와 무발생은 부드러운 가공 식품의 섭취로 인해 저작의 필요성이 감소하고 악골

이 작아진 결과라고 해석된다³⁴⁾.

현재 어린이와 청소년에서 흔히 볼 수 있는 부분무치증이 개인과 가족에 국한된 돌연변이성 유전자 변화인지, 아니면 제3 대구치의 무발생과 연관되어 나타나는 H. sapiens의 치아 수 감소의 진화적 추세인지는 확실하지 않다. 그러나 기능적으로 덜 중요한 상악 측절치, 제2 소구치 등의 무발생율이 높고 기능적으로 가장 중요한 제1 대구치와 상악 중절치에서 무발생율이 가장 낮은 것으로 볼 때, 현재 발생하고 있는 부분무치증이 H. sapiens의 진화적 추세와 관련이 있을 가능성이 있다.

5. 부정교합

미국 청소년의 약 절반이 부정교합을 가지고 있으나 비산업 사회에서는 대부분의 개인들이 거의 완벽한 교합을 가지고 있으며, 유인원을 포함한 대부분의 포유동물은 부정교합의 빈도가 매우 낮다³⁵⁾. 따라서 현대인의 부정교합은 매우 이례적인 현상으로, 최근에 일어난 어떤 변화에 원인이 있음을 시사한다. 부정교합에서 주된 문제는 치궁의 공간 부족으로 인한 총생이며, 공간 부족으로 인해 매복되는 비율이 가장 높은 치아는 제3 대구치이다.

현대인의 부정교합에 대한 설명은 (1) 마모력이 낮은 식품을 섭취하게 됨에 따라 교모로 인한 치아 크기의 감소가 발생하지 않아 총생이 발생하였다는 것^{36,37)}과, (2) 저작의 필요성이 적은 부드러운 음식을 섭취하게 됨에 따라 악골의 크기가 감소하게 되어 총생이 발생하였다^{38,39)}는 것이 있다. 둘 다 과학적 근거를 가지고 있으며 식품의 변화를 근본 원인으로 지적하고 있다는 점에서는 같다. 다만 치아가 교모되지 않은 것보다는 악골의 크기가 감소한 것이 현대인의 부정교합에 더 큰 영향을 끼쳤다고 보는 것이 최근의 견해이다.

선사시대 인류의 치열은 교모로 인해 편평해진 교합면과 전치부 절단교합이 일반적이었다. 교모성 교합의 개념은 1) 마모력이 강한 식품을 섭취하는 고대인의 치열은 평생 동안 교모성 치아 감소와 보상성 치아 이동으로 계속 변한다, 2) 현대인은 이 보상 기전을 유전받았으나, 최근의 식품 마모력 감소는 교모성 교합의 진행에 실패하는 결과를 낳았다, 3) 이 실패는 현대인에서 다양한 치과 문제의 증가를 초래하였다는 것으로 설명된다⁴⁰⁾.

선사시대 수렵채집인, 선사시대 농경인, 중세, 근대, 현대 인구집단에서 치아 마모 패턴을 연구한 결과에 따르면, 전치부 절단면 마모는 선사시대 수렵채집인에서보다 선사시대 농경인과 현대 인구집단에서 현저히 감소하였고, 구치부 교합면 마모는 중세 이후로 명백히 감소하였다⁴¹⁾.

사람은 치아 마모가 심한 환경에서 진화하였기 때문에 유전적으로 치아가 빨리 마모되는 프로그램 또는 설계를 가지고 있으며, 고대의 치아 마모 패턴을 재창조함으로써 부정교합뿐 아니라 우식증, 외상성 교합, 측두하악질환 등의 현대 치과 질환을 줄일 수 있다는 주장이 있다⁴²⁾. 실제로 대부분의 포유동물에

서 치아 마모는 생리적으로 일어나는 현상으로, 많은 초식성 종들의 치아는 부드러운 범랑질로 덮힌 교두가 교모에 의해 제거된 후에야 비로소 저작을 잘 할 수 있다⁴³⁾.

반면에, 사람의 진화 기간 동안에 악골의 크기가 지속적으로 감소하였다는 것도 잘 알려진 사실이다. H. neanderthalensis의 치열은 두개관에 비해 전방에 위치해 있었고 어금니뒤공간(retromolar space)이 넓었다(Fig. 9). 이 특징이 인접면 마모 및 생리적 근심 이동과 합쳐져서 제3대구치의 매복 문제가 없었던 것으로 보인다.

수렵채집시대로부터 수렵채집농경시대를 거쳐 완전한 농경시대에 이르기까지 약 1만년에 걸쳐 일어난 두개안면 변화에 대한 연구 결과는 두개안면 변화를 가장 잘 설명할 수 있는 요인이 저작기능을 시사한다. 저작기능의 감소가 2차적으로 악골 성장에 변화를 초래하여 안면이 작아졌고 두개관에 비해 하후방에 위치하게 되었으며, 두개관의 높이가 길이에 비해 증가하여 공 모양이 된 것과 치아 크기가 감소한 것은 안면 크기와 위치 변화에 대한 보상 반응으로 3차적이었다는 것이다³⁸⁾.

21세기 현대 집단과 50년전 집단을 비교한 연구에 따르면, 현대 집단에서 유치열의 상악 및 하악 치궁 길이가 유의하게 짧았고, 치아 크기는 현대 집단에서 약간 더 컸으며, 총생은 현대 집단에서 훨씬 더 흔하고 심했다⁴⁴⁾. 치아 크기의 증가는 영양의 개선에 따른 전반적 신체 크기의 증가와 관련이 있는 것으로 보인다.

6. 미래 전망

가. 사람 진화의 미래

진화 이론에 따르면 소수 집단이 특정 지역에 장기간 고립될 때 모집단과 다른 유전형이 발달할 가능성이 높아진다^{45,46)}. H. sapiens는 아프리카에서 기원한 단일종이나, 여러 지역에서 상호 교류 없이 살아오면서 유전자의 표현형이 매우 다양하게 되었다. 그러나, 교통의 발달로 세계가 하나로 통합되고 사람들의 이동이 증가함에 따라 유전적으로 고립된 소수 집단은 점점 희소해지고 있다. 이러한 현상은 H. sapiens에서 새로운 종이 탄생할 가능성이 매우 낮음을 의미한다.

만일 지구에 광범위한 재난이 발생하여 H. sapiens의 수가 격감하고 극심한 기후 변화가 와서 환경으로부터 강한 압력이 온다면 H. sapiens가 새로운 종으로 진화할 가능성이 크게 높아질 것이다. 그러나 지금까지 지구상에 있었던 대부분의 종들은 멸종하였으며, 약 400만년부터 나타난 hominid들은 우리 H. sapiens 한 종을 제외하고는 Australopithecus로부터 H. neanderthalensis에 이르기까지 모두 멸종하였고, 그들보다 먼저 친척이었던 민꼬리원숭이들이 우리의 가장 가까운 친척으로 남았다. H. sapiens가 생존한 기간은 진화의 역사에서 볼 때 극히 짧은 기간에 지나지 않으며, 우리가 열등한 종으로 간주하는 Australopithecus나 H. erectus 등은 지구상에서 백만년 이상 생존한 성공한 종들로서 H. sapiens가 과연 그들처럼 오

래 생존할 수 있을지는 미지수이다.

H. sapiens는 지구 역사상 처음으로 다른 종들의 대량 멸종을 일으키고 있는 종으로, 지금 진행되고 있는 멸종은 여섯 번째 대량 멸종이다. H. sapiens가 가지게 된 놀라운 인지능력을 자신과 다른 생명체들을 위해 슬기롭게 사용하는가 여부에 따라 H. sapiens뿐 아니라 지구 전체 종들의 미래가 달라질 것이다.

나. 사람 치열의 미래

지금까지 치아가 점진적으로 상실되어 온 진화 추세에 근거하여 사람 치열의 미래를 극단적으로 전망한다면 4분악당 1개 절치, 1개 견치, 1개 소구치, 2개 대구치가 있게 될 수 있다. 실제로, 특수한 환경에 맞게 극도로 분화되어 치열이 극도로 감소한 마다가스카르의 다람쥐원숭이(Aye-Aye)의 치식은 I1/1 C0/0 P1/0 M3/3으로, 절치가 1개이고 견치와 하악 소구치가 없다¹¹⁾. 그러나 사람은 매우 다양한 음식을 섭취하고 있고 다양한 요리법을 가지고 있기 때문에, 고도로 분화된 음식에 맞게 치아 수가 크게 감소할 가능성은 낮다. 다만 사람이 섭취하는 음식이 더 질기고 단단해져서 더 큰 저작력을 필요로 하게 될 가능성이 적다고 볼 때, 부분무치증과 부정교합은 더 증가할 가능성이 높다. 사람 치열의 진화 역사와 향후 추세에 대한 인식은 치의학 연구와 치과 진료의 올바른 방향 설정에 도움이 될 수 있을 것이다.

Ⅲ. 결 론

연구 목적은 부정교합과 부분무치증 등의 치과 문제의 배경으로서 사람 진화에 따른 치열의 변화 양상을 고찰하는 것이었다. 사람은 분류학적으로 동물계, 척추문, 포유강, 영장목, 고등영장아목, Hominoid(상위인과), Hominid(인과), Homo(인속), sapiens(종)이다. 최초의 Hominid는 약 400만년 전에 출현한 Australopithecus로서 직립보행과 치열의 변화가 특징이었고, Homo속은 약 250만년 전에 출현한 최초의 석기 제작자 H. habilis를 시작으로, H. erectus, H. neanderthalensis 등이 나타났다가 사라지면서 H. sapiens에 이르렀다.

원시포유류의 I3 C1 P4 M3의 치열은 원시영장류의 I2 C1 P4 M3, 고등영장류의 I2 C1 P3 M3, Hominoid의 I2 C1 P2 M3로 변화하였고 H. sapiens는 I2 C1 P2 M2의 치열로 변화하고 있다. Hominoid의 상자형 치열은 Australopithecus의 오메가형 치열을 거쳐 Homo의 포물선형 치열로 변화하였다. 치아의 크기가 계속 감소하였고 특히 견치의 크기와 성적 이형성이 감소하였다. 뇌 크기가 증가하고 악골의 크기가 감소함에 따라 치열은 두개관에 대해 후하방으로 이동하였다. 녹말이 풍부한 주식으로의 변화, 식품 가공, 요리 기술의 발달이 저작의 필요성을 감소시켜 치열 변화를 촉진하였다는 가설이 제기되었다.

지구 역사에서 극히 최근에 나타난 신종으로서 지구 전역에

퍼져 다른 종의 대량 멸종을 일으키고 있는 *H. sapiens*의 미래는 불투명하다. 부분무치증과 부정교합은 사람 진화에 따른 치열 변화와 관계가 있는 것으로 보이며 앞으로 증가할 가능성이 있다고 사료된다.

참고문헌

1. 김용환 : 인류 진화의 오디세이. 가람기획, 서울, 65, 2003.
2. The Smithsonian Institution : Early human phylogeny. The Smithsonian Institution Human Origins Program. http://www.mnh.si.edu/anthro/humanorigins/ha/a_tree.html.
3. 프란츠 부케티츠 저, 이은희 역 : 진화는 진화한다, 도솔, 서울, 155-162, 2007.
4. Bambach RK, Knoll AH, Wang SC : Origination, extinction, and mass depletions of marine diversity. *Paleobiology*, 30:522-542, 2004.
5. 로빈 매키 저, 이충호 역 : 인류진화의 역사. 다림, 8-35, 2005.
6. 마틴 존스 저, 신지영 역 : 고고학자, DNA 사냥을 떠나다. 바다출판사, 서울, 81-126, 2007.
7. 리처드 엘리스 저, 안소연 역 : 멸종의 역사. 도서출판 아고라, 서울, 1-76, 2006.
8. Mayhall JT : Dental morphology: techniques and strategies. In: *Biological Anthropology of the Human Skeleton*, eds : Katzenburg MA, Saunders SR, John Wiley & Sons, New York, pp103-134, 2000.
9. The Jane Goodall Institute : ChimpanZoo. http://www.chimpanzoo.org/dental_analysis.html.
10. Dean C : Jaws and teeth. In: *The Cambridge Encyclopedia of Human Evolution*, eds : Jones S, Martin R, Pilbeam D, Cambridge University Press, Cambridge, pp56-59, 1992.
11. Johnson C : Hominid Evolution, Dental Anthropology, and Human Variation. UIC College of Dentistry. <http://www.uic.edu/classes/osci/osci590/index.html>.
12. Aiello L, Dean C : *An Introduction to Human Evolutionary Anatomy*. Elsevier, London, pp143-159, 2002.
13. Robinson JT : The dentition of the Australopithecinae. *Transvaal Museum Memoirs No. 9*, Pretoria, South Africa, pp1-179, 1956.
14. Ramirez Rozzi FV, Bermudez De Castro JM : Surprisingly rapid growth in Neanderthals. *Nature*, 428:936-939, 2004.
15. Christopher Dean M : Tooth microstructure tracks the pace of human life-history evolution. *Proc Biol Sci*, 273:2799-808, 2006.
16. Dean C : Progress in understanding hominoid dental development. *J Anat*, 197(Pt 1):77-101, 2000.
17. Dean C, Leakey MG, Reid D, et al. : Growth processes in teeth distinguish modern humans from *Homo erectus* and earlier hominins. *Nature*, 414:628-631, 2001.
18. Smith P : Regional variation in tooth size and pathology in fossil hominids. *Am J Phys Anthropol*, 47:459-466, 1977.
19. Frayer DW : Metric dental change in the European upper paleolithic and mesolithic. *Am J Phys Anthropol*, 46:109-120, 1977.
20. Calcagno JM : Dental reduction in post-pleistocene Nubia. *Am J Phys Anthropol*, 70:349-363, 1986.
21. Hill MK : Dental reduction and diet in the prehistoric Ohio river valley. *Dental Anthropology*, 17:34-44, 2004.
22. Lucas PW, Ang KY, Sui Z, et al. : A brief review of the recent evolution of the human mouth in physiological and nutritional contexts. *Physiol Behav*, 89:36-38, 2006.
23. Brown P, Sutikna T, Morwood MJ, et al. : A new small-bodied hominin from the Late Pleistocene of Flores, Indonesia. *Nature*, 431:1055-1061, 2004.
24. Bramble DM, Lieberman DE : Endurance running and the evolution of *Homo*. *Nature*, 432:345-352, 2004.
25. Wrangham RW, Jones JH, Laden G, et al. : The raw and the stolen: cooking and the ecology of human origins. *Curr Anthropol*, 40:567-594, 1999.
26. Stedman HH, Kozyak BW, Nelson, et al. : Myosin gene mutation correlates with anatomical changes in the human lineage. *Nature*, 428:415-418, 2004.
27. Wood BA : Origin and evolution of the genus *Homo*. *Nature*, 355:783-790, 1992.
28. Samuelson LC, Wiebauer K, Snow CM, et al. : Retroviral and pseudogene insertion sites reveal the lineage of human salivary and pancreatic amylase genes from a single gene during primate evolution. *Mol Cell Biol*, 10:2513-2520, 1990.
29. Wrangham R, Conklin-Brittain N : 'Cooking as a biological trait'. *Comp Biochem Physiol Part A Mol Integr Physiol*, 136:35-46, 2003.
30. Fish JL, Lockwood CA : Dietary constraints on en-

- cephalization in primates. *Am J Phys Anthropol*, 120:171-181, 2003.
31. Brace CL, Smith SL, Hunt KD : What big teeth you had Grandma! Human tooth size, past and present. In: *Advances in Dental Anthropology*, eds. Kelley MA, Larsen CS, Wiley-Liss, New York, pp33-57, 1991.
 32. Vastardis H : The genetics of human tooth agenesis: new discoveries for understanding dental anomalies. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 117:650-656, 2000.
 33. Feng HL, Zhang XX, Wu H : Research advances in tooth agenesis. *Beijing Da Xue Xue Bao*, 39:13-17, 2007.
 34. Macho GA, Moggi-Cecchi J : Reduction of maxillary molars in *Homo sapiens sapiens*: a different perspective. *American Journal of Physical Anthropology*, 87:151-159, 1992.
 35. Corruccini R : Anthropological aspects of orofacial and occlusal variations and anomalies. In: *Advances in Dental Anthropology*, eds: Kelley MA, Larson CS, Wiley-Liss, New York, p295, 1991.
 36. Begg PR : Stone Age man's dentition. *American J Orthod*, 40:298-312, 1954.
 37. Lombardi V : The adaptive valve of dental crowding. A consideration of the biological basis of malocclusion. *American J Orthod*, 81:38-42, 1992.
 38. Carlson DS, Van Gerven DP : Masticatory function and post-Pleistocene evolution in Nubia. *Am J Phys Anthropol*, 46:495-506, 1977.
 39. Corruccini RS : Australian aboriginal tooth succession, interproximal attrition, and Begg's theory. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 97:349-357, 1990.
 40. Kaifu Y, Kasai K, Townsend GC, et al. : Tooth wear and the "design" of the human dentition: A perspective from evolutionary medicine. *Am J Phys Anthropol*, 37(Suppl):47-61, 2003.
 41. Kaifu Y : Changes in the pattern of tooth wear from prehistoric to recent periods in Japan. *Am J Phys Anthropol*, 109:485-499, 1999.
 42. Neiburger EJ : The evolution of human occlusion—ancient clinical tips for modern dentists. *Gen Dent*, 50:44-49, 2002.
 43. Dubrul EL : Sicher and Dubrul's Oral Anatomy, 8th ed, Ishiyaku Euroamerica, St Louis, pp107-131, 1988.
 44. Warren JJ, Bishara SE, Yonezu T : Tooth size-arch length relationships in the deciduous dentition: a comparison between contemporary and historical samples. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 123:614-619, 2003.
 45. 이언 태터솔 저, 전성수 역 : 인간되기, 해나무, 서울, 311-316, 2007.
 46. 이언 태터솔 저, 정은영 역 : 거울 속의 원숭이, 해나무, 서울, 53-56, 61-64, 2006.

Abstract

EVOLUTION OF HUMAN DENTITION

Kwang-Hee Lee

Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Wonkwang University

The purpose of study was to review the transition of dentition according to the evolution of man to know the background of the dental problems like hypodontia and malocclusion. Man is Kingdom Animalia, Phylum Chordata, Class Mammalia, Order Primates, Suborder Haplorrhini, Superfamily Hominoidea, Family Hominidae, Genus Homo, Species Sapiens by taxonomy. The first hominid was Australopithecus which appeared c. 4 millions of years ago and showed bipedalism and distinct dentition. Homos began with H. habilis who appeared c. 2.5 millions of years ago and made stone tools, and then H. erectus and H. neanderthalensis appeared and disappeared until H. sapiens came. The dental formula of primitive mammals which was I3 C1 P4 M3 changed to I2 C1 P4 M3 of primitive primates, to I2 C1 P3 M3 of Haplorrhini, and to I2 C1 P2 M3 of hominoids. That of H. sapiens is changing to I2 C1 P2 M2. The box type dentition of hominoids changed to the omega type dentition of Australopithecus, and to the parabolic type of H. sapiens. The size of teeth decreased continually, especially the canine and sexual dimorphism. The dentition moved backward and downward to the cranial crown according to the increase of the brain and decrease of the jaws. It was suggested that the change of diet to the starchy foods, food processing, and the development of cooking reduced the necessity of mastication and caused the change of dentition. The future of H. sapiens who is quite a new species in the earth history and is now causing the mass extinction of other species is hard to see. It seems that hypodontia and malocclusion are related to the dentition change according to the evolution of man and is likely to increase.

Key words : Evolution, Dentition, Hypodontia, Malocclusion