臼歯欠損後の歯槽部の形態変化に関する実験的研究

—特に挺出した顎堤について—

石 幡 伸 雄

An Experimental Study of Changes in the Form of the Pars Alveolaris after Loss of Teeth in Monkeys

— Focusing on the Elongated Residual Ridge —

Nobuo Ishihata

I. 緒 言

歯を抜去すると、抜歯創の治癒とともに歯槽部の形態や残存歯の位置に変化が生じることは周知の事実である。そのため、歯牙抜去後の歯槽部の形態変化や残存歯の位置変化に関する法則性を知ることは、歯科補綴学上きわめて重要な問題となつている。すなわち、有床義歯の分野においては人工歯の排列位置や義歯の製作・改床の時期および維持装置などを決定するにあたり、また固定性橋義歯の分野においてはその製作・装着の時期および橋体部の粘膜面形態などを決定するにあたり、これらの形態変化や位置変化が大きな要素となつていることは否めない事実である。以上のような理由により、補綴学的見地から多くの先人達によつて多数の研究がなされて来ており、ある程度の法則性が確立され臨床面でも大いに活用されてきている。

これまでの顎堤の形態変化や歯槽骨の吸収に関する報告を研究方法により分類してみると、Euler¹⁾、Amler²⁾、池田³⁾、茂木⁴⁾らは組織学的見地から抜歯創の治癒機転に伴う歯槽骨の形態変化を観察しており、Atwood⁵⁾、秋吉⁶⁾は病理学的見地から歯槽骨の吸収について言及している。また、Tallgren⁷⁻⁹⁾、Carlsson^{10,11)}、Hedegard¹²⁾、Wical¹³⁾、Winter¹⁴⁾らはX線を利用して歯槽骨の吸収状態を観察し、Johnson, K.¹⁵⁻¹⁸⁾、Pietrokovski¹⁹⁾、

Watt^{20,21)}、黒須²²⁾、Michael²³⁾らは、模型を規格測定することにより顎堤の形態変化を観察している。さらに上条²⁴⁾はヒトの乾燥頭蓋骨を用いて増令に伴う歯槽骨の形態変化を報告している。

一方、歯牙抜去後に起こる残存歯の挺出・捻転・傾斜などの位置変化に関する研究としては、光井²⁵⁾、下総^{26,27)}、富士川²⁸⁾などの報告がある。また Godon²⁹⁾はその位置変化について作図により理論づけを行つている。

当教室においても、これらの命題に対して従来より多数の研究がなされてきている。松元³⁰⁻³³⁾、佐藤(俊)³⁴⁾、嘉村³⁵⁾、佐藤(裕)³⁶⁾らはヒトを対象として歯槽骨や顎堤の形態変化を、雨森³⁷⁻³⁹⁾、岡⁴⁰⁾はイヌの乾燥頭蓋骨を用いて、歯牙抜去の影響が頭蓋骨のどの部分にまで及ぶかを観察し、奥野⁴¹⁾、石渡⁴²⁾はイヌの模型を規格して顎堤の形態変化や残存歯の位置変化を計測している。また最近では水谷⁴³⁾がサルを使用し、欠損歯数や欠損様式の違いによる顎堤の形態や残存歯の位置変化について報告している。

以上のように種々の研究方法により、抜歯後の歯槽部の形態変化や残存歯の位置変化についての法則性は徐々に解明されつつあるといえよう。

しかしながら、臨床上しばしば遭遇し有床義歯や冠橋義歯の製作を困難にするばかりでなく、さまざまな咬合障害⁴⁴⁻⁴⁷⁾を惹起する挺出した歯や歯槽突起および挺出した顎堤に関しては、現在までのところ十分な検討が加えられているとはいえない。この種の研究としては、形態学的見地からイヌの乾燥頭蓋骨により対合歯喪失後の歯槽骨縁の挺出を計測した雨森³⁷⁾、岡⁴⁰⁾の研究や、サルの模型を規格して歯の挺出状態を測定した水谷⁴³⁾の研究、それと組織学的見地から対合歯喪失後に起こる歯周

東京医科歯科大学歯学部第1歯科補綴学教室(主任・指導：中沢 勇教授)

Department of Prosthetic Dentistry, School of Dentistry, Tokyo Medical and Dental University
(Chief and Director: Prof. Dr. Isamu Nakazawa)

昭和51年5月24日受付

組織の廃用性萎縮について観察した秋吉⁴⁸⁾, Weinmann⁴⁹⁾, 佐伯⁵⁰⁾, Anneroth ら⁵¹⁾の研究が僅かに挙げられるだけである。そのため対合歯抜去後の歯を含めた歯槽突起の三次元的な形態変化や、挺出した歯牙抜去後の顎堤の形態変化などに関しては正確な知識がほとんど得られていない。

一方、抜歯後に起こる歯槽部の形態変化や残存歯の位置変化に影響を及ぼす因子としては、性・年齢・義歯の構造や使用状態・抜歯数・抜歯後の経過時間、さらにホルモン、全身の栄養や代謝の状態など多数⁵²⁻⁵⁵⁾挙げられる。このためヒトを対象とした研究では、ある特定の因子の影響を観察しようとする場合、その他の種々の因子を規定することが困難であるため、変化そのものが小さいと真の変化が見失われる恐れがある。また対象がヒトの場合には、歯科領域における興味ある現象の経時的変化を追求することは、予防歯科学上はなほだ困難なことが多々ある。以上のような点で動物実験がヒトを対象とした研究に比べて有利であることは明白である。

そこで本研究では、歯の咬合状態・歯式・咀嚼筋や下顎運動など⁵⁶⁻⁵⁹⁾さまざまな点でヒトと類似したサルを使用して、上下顎それぞれにおける臼歯抜去後の対合臼歯部歯槽突起の挺出状態を観察し検討を加えた。さらに、挺出した歯牙抜去後の顎堤における形態学的な性状を明らかにするために、挺出した顎堤と正常な顎堤の経時的な形態変化の相違について比較検討した。その結果、興味ある知見を得たのでここに報告する。

II. 研究資料

研究資料として、カニクイザル (Macaca irrus) 12 匹 (♂ 6 ♀ 6) を使用した。サルの選択にあたっては、永久歯 (I^{2/2}, C^{1/1}, P^{2/2}, M^{3/3}) 32 本が全て萌出した成猿で、全身状態が良好であり、咬合関係、口腔内諸組織などにも特記すべき疾患の無いことを条件とした。これを研究目的と歯の抜去部位により、下記のような 3 群に分類した (表 1)。

1. A 群

下顎右側臼歯 5 歯を抜去した群である。オス 1 匹、メス 4 匹の計 5 匹よりなる。

目的：対合歯喪失後の上顎臼歯歯槽部の挺出状態を観察するため。

2. B 群

A 群におけるように下顎右側臼歯 5 歯抜去後 2 年経過した後の挺出した上顎右側臼歯 5 歯を抜去した群であ

表 1 資料の分類

Group	Extracted Teeth	Number
A	$\overline{M_3M_2M_1P_2P_1}$	♂ 1
		♀ 4
B	$\overline{M_3M_2M_1P_2P_1}$ and 2 years later $\overline{M_3M_2M_1P_2P_1}$	♂ 3
		♀ 2
C	$\overline{M_3M_2M_1P_2P_1}$ $\overline{M_1}$	♂ 2
		♀ 3

る。オス 3 匹、メス 2 匹の計 5 匹よりなる。

目的：挺出した上顎臼歯抜去後の顎堤の形態変化を観察するため。

3. C 群

上顎右側臼歯 5 歯および下顎右側第 1 大臼歯を抜去した群である。オス 3 匹、メス 2 匹の計 5 匹よりなる。

目的：上顎臼歯抜去後の正常な顎堤の形態変化 (B 群と比較するため) と、対合歯喪失状態下での $\overline{M_1}$ 抜去後の下顎臼歯歯槽部の形態変化を観察するため。

III. 研究方法

本研究の目的である歯牙抜去後の歯槽部の形態変化とその経時的推移を検索するため、以下に述べる方法に従って歯を抜去し、上下顎の印象を採得して模型を製作した。得られた石膏模型には基準点と計測点を設定した。次に Kubuskraniophor⁶⁰⁾ を使用して模型を規格し、欠損部顎堤の断面や残存歯について投影して一定規格のもとに数値化した。

1. 抜歯の方法

歯牙抜去は塩酸ケタミン注射液 (動物用ケタラール 50) 10 mg/kg の筋注による全身麻酔下で、キシロカインの浸潤麻酔を併用し、歯槽縁を傷つけないように慎重に行った。術後は感染防止のため油性ペニシリン G を 3 万単位/kg 筋注した。

2. 印象採得ならびに模型製作

塩酸ケタミン注射液の筋注による全身麻酔下で、即時重合レジン製の Individual Tray にモデリング・コンパウンドを併用して、上下顎それぞれの概形印象を行なった。次にこのトレーを用いチオコール・ラバーで印象を採得し、これに超硬石膏 (Vel-Mix Stone) を注入して

A 上顎

B 下顎

図1 上下顎の計測点

模型を製作した。

なお印象採得の時期はA・B・C3群とも、拔牙前、拔牙後3週、6週、3ヵ月、6ヵ月、1年、2年の7回とし、それぞれの時期に上下顎の印象を採得して模型を製作した。

3. 基準点と計測点

印象採得により得られた各群の模型について、下記の定義のような基準点ならびに計測点を片顎につきそれぞれ11点ずつ設定した(図1)。

1) 基準点

Kubuskraniophor⁶⁰⁾を用いて模型を規格するための基準点として、上下顎それぞれについて左右の gI_2 と左側の gM_2 の3点を選択した。

i) gI_2 ……上下顎とも左右の側切歯の歯肉縁で最も遠心にある点。

ii) gM_2 ……上下顎とも左側の第2大臼歯の歯肉縁で最も遠心にある点。

2) 計測点

歯牙抜去後の歯槽部の形態変化と残存歯の位置変化を計測するための点として、上下顎それぞれについて左右の cP_1 , cP_2 , cM_1 , cM_2 の計8点を定めた。

i) cP_1 , cP_2 ……上下顎とも左右の第1小臼歯、第2小臼歯それぞれにおける頬側咬頭の歯牙稜線と中心咬合面隆線とが交わる点。

ii) cM_1 , cM_2 ……上顎では左右の第1大臼歯、第2大臼歯それぞれにおける頬側咬頭の歯牙稜線と頬側面溝とが交わる点。

下顎では左右の第1、第2大臼歯それぞれにおける舌側咬頭の歯牙稜線と舌側面溝とが交わる点。

4. 模型の規格と投影方法

印象採得によって得られた模型を同一条件下で投影できるように、Kubuskraniophor と Diagraph⁶⁰⁾ を使用して模型を規格した。

まず、上下顎とも左右の gI_2 と左側の gM_2 の3点でできる平面を基準面とし、この基準面が Kubuskraniophor の基底面と平行になるように、Diagraph を用いて調節する(図2A)。

次に Kubuskraniophor を 90° 回転させて模型の前歯部が基底面を向くようにし、この状態で左右の gI_2 が基底面から同じ高さになるように Diagraph を用いて調節する(図2B)。

以上のように模型を規格し、Diagraph を用いて Kubuskraniophor の基底面上に置いた方眼紙上に歯槽突起部の断面、欠損部顎堤の断面や各計測点ならびに左右の gI_2 を投影した。

5. 計測方法

前述したような方法により投影して得られた断面図や各歯の点を数値化するために座標軸を設定した。すなわち左右の gI_2 を結んだ直線をX軸とし、線分 gI_2 - gI_2 の垂直二等分線をY軸とした。このX-Y座標上でX座標、Y座標により各歯の位置を表わした(図3)。

次に歯槽高径に関しては、図4のごとく拔牙前の断面図上で口蓋最深点を通りX軸に平行な直線 l_1 を引き、ここから歯の頬側と口蓋側の歯肉縁最下点 P_1 , Q_1 , P_2 , Q_2 を結ぶ線分のそれぞれの中点 C_1 , C_2 までの距離として表わした。また拔牙後は、直線 l_1 から歯槽頂までの距離を歯槽高径とした。さらに歯槽頂の頬口蓋方向へ

A

B

図 2 Kubuskraniophor と Diagraph

X-Y 座標上での各歯牙の位置

図 3

の移動は、抜歯前の断面図上ではY軸から C_1 , C_2 までの距離、抜歯後は歯槽頂までの距離で表わした。

一方幅径に関しては、上顎第1大臼歯部についてのみ計測を行った。計測方法としては頬舌的な幅を直接求めずにY軸から頬側までの距離、口蓋側までの距離としてそれぞれ別個に求めた。すなわち図4のように上顎左側第1大臼歯部歯槽高径の8割にあたる点を通りX軸に平行な直線 l_2 を引き、Y軸からこの直線上の E_1 , F_1 , E_2 , F_2 までの距離を求めた。さらに上顎左側第1大臼歯部歯槽高径の2割、4割、6割にあたる3点においても上と同様な作図を行った。

なお、歯槽突起部や顎堤部の断面積に関しては、図5、図6に見られるごとく斜線部分の面積 S_L , S_R を、以前水谷⁴³⁾が報告した方法に従って求めた。

6. 計測項目

規格した各群の模型を以下の項目について計測し、下記のような符号で表わした。

図 4 幅径と歯槽頂に関する計測点の作図

1) 歯槽突起および顎堤の形態変化について

① 断面積

i), ii) A群, B群

a) UD^{P1} , UD^{P2} , UD^{M1} , UD^{M2} : 上顎第1小白歯, 第2小白歯, 第1大臼歯, 第2大臼歯のそれぞれの部位における断面積

iii) C群

a) UD^{P1} , UD^{P2} , UD^{M1} , UD^{M2}

b) LD^{P1} , LD^{P2} , LD^{M1} , LD^{M2} : 下顎第1小白歯, 第2小白歯, 第1大臼歯, 第2大臼歯のそれぞれの部位における断面積

② 歯槽頂

i) A群

a) UH^{P1} , UH^{P2} , UH^{M1} , UH^{M2} : 上顎第1小白歯, 第2小白歯, 第1大臼歯, 第2大臼歯部におけるそれぞれの直線 l_1 から歯槽頂までの距離(歯槽高径)

b) UL^{P1} , UL^{P2} , UL^{M1} , UL^{M2} : 上顎第1小白歯, 第2小白歯, 第1大臼歯, 第2大臼歯部

図5 上顎第1大臼歯部の断面投影図

l_0 は断面積算出の際に必要な上限で、X軸より左右の g_{l_2} 間の長さの3割の距離を有するX軸と平行な直線である。

図6 下顎第1大臼歯部の断面投影図

断面積算出の際に必要な上限として l_0 はX軸より左右の g_{l_2} 間の長さの3割の距離を有する、また l'_0 は左右の g_{l_2} 間の長さの6割の距離を有する、それぞれX軸と平行な直線である。

におけるそれぞれのY軸から歯槽頂までの距離

ii), iii) B群, C群

- a) UH^{P1} , UH^{P2} , UH^{M1} , UH^{M2}
- b) UL^{P1} , UL^{P2} , UL^{M1} , UL^{M2}

② 幅径

i) A群

- a) UB_8^{M1} : 上顎左側第1大臼歯部歯槽高径の8割の高さにおけるY軸から頬側までの距離
- b) UP_8^{M1} : 上顎左側第1大臼歯部歯槽高径の8割の高さにおけるY軸から口蓋側までの距離

ii), iii) B群, C群

- a) UB_2^{M1}
- b) UP_2^{M1}

なお、2割、4割、6割の高さの場合、 UB_2^{M1} ,

UB_4^{M1} , UB_6^{M1} , UP_2^{M1} , UP_4^{M1} , UP_6^{M1} のように表わした。

2) 残存歯の位置変化について

i) C群

- a) TX^{P1} , TX^{P2} , TX^{M2} : 下顎第1小臼歯, 第2小臼歯, 第2大臼歯の頬舌的位置変化
- b) TY^{P1} , TY^{P2} , TY^{M2} : 下顎第1小臼歯, 第2小臼歯, 第2大臼歯の近遠心的位置変化
- c) TZ^{P1} , TZ^{P2} , TZ^{M2} : 下顎第1小臼歯, 第2小臼歯, 第2大臼歯の垂直的位置変化

7. 左右の対称性について

一般に、サルの同一印象模型の左側部と右側部は形態的に類似性が高いことが、水谷の研究⁴³⁾によつて証明されている。そこで計測値を処理するにあたっては、個体差を消去しばらつきの大きい実測値を正しく評価する方法として、左右の類似性を示す次のような式を用いた。

$$\frac{R - (R+L)/2}{(R+L)/2} \times 100 = \frac{R-L}{R+L} \times 100$$

ここで、R, L はそれぞれ同一個体における右側、左側の計測値である。この式は右側と左側の計測値の平均値を基準として、右側すなわち実験側の計測値がこの基準から何パーセントずれているかを表わしている。この値が正なら右側の計測値が左側の計測値より大きいことを示し、0なら完全に対称であることを、負なら左側の方が大きいことを示す。いずれにせよ、その絶対値が大きければ大きい程左右の対称性のくずれが大きくなることを表わしている。

ところで上述の式を使用する前提条件として、Controlグループにおける右側と左側の実測値がほぼ等しい必要がある。Controlグループにおける各計測項目について $(R-L)/(R+L) \times 100$ 値を求め、その値の危険率5%での信頼区間を示すと表2の通りである。これによると、すべての計測項目で信頼区間内に0%を含み、上限、下限の値も絶対値は6%台である。このことから、計測の対象となったすべての項目について左右の類似性がきわめて高いといえる。一方、実験結果を検討するにあたっては、左右全く対称なものとして各時期の結果を検討しているわけではなく、歯の欠損のない状態における左右の類似性を基準として歯の欠損による形態変化を評価しているのである。

以上のような理由により本実験では、 $(R-L)/(R+L) \times 100$ という式を使用できると判断し、A・B・C群のすべてのグループについてこの式を使用して計測値を処理した。このようにして求めた値を比較検討することによつて実験結果を評価した。

表 2 抜歯前 (Control 群) における左右の類似性

Measure- ment	Confidence Interval (%)	Measure- ment	Confidence Interval (%)
UD ^{P1}	$-4.86 \leq \mu \leq 2.08$	UB ^{P2}	$-4.38 \leq \mu \leq 2.26$
UD ^{P2}	$-4.85 \leq \mu \leq 2.89$	UB ^{M1}	$-2.72 \leq \mu \leq 1.70$
UD ^{M1}	$-3.27 \leq \mu \leq 1.98$	UB ^{M2}	$-3.93 \leq \mu \leq 1.31$
UD ^{M2}	$-4.08 \leq \mu \leq 6.14$	UP ^{P1}	$-1.56 \leq \mu \leq 3.16$
LD ^{P1}	$-2.25 \leq \mu \leq 3.73$	UP ^{P2}	$-3.32 \leq \mu \leq 0.84$
LD ^{P2}	$-1.22 \leq \mu \leq 5.22$	UP ^{M1}	$-2.33 \leq \mu \leq 1.59$
LD ^{M1}	$-2.07 \leq \mu \leq 6.93$	UP ^{M2}	$-3.07 \leq \mu \leq 0.85$
LD ^{M2}	$-3.52 \leq \mu \leq 6.26$	TX ^{P1}	$-3.83 \leq \mu \leq 2.19$
UH ^{P1}	$-1.81 \leq \mu \leq 3.07$	TX ^{P2}	$-1.89 \leq \mu \leq 2.41$
UH ^{P2}	$-2.33 \leq \mu \leq 2.73$	TX ^{M2}	$-3.55 \leq \mu \leq 3.13$
UH ^{M1}	$-3.36 \leq \mu \leq 3.44$	TY ^{P1}	$-2.54 \leq \mu \leq 1.34$
UH ^{M2}	$-3.51 \leq \mu \leq 2.59$	TY ^{P2}	$-2.54 \leq \mu \leq 1.04$
UL ^{P1}	$-2.58 \leq \mu \leq 1.18$	TY ^{M2}	$-2.46 \leq \mu \leq 1.60$
UL ^{P2}	$-3.60 \leq \mu \leq 2.28$	TZ ^{P1}	$-1.35 \leq \mu \leq 3.59$
UL ^{M1}	$-4.11 \leq \mu \leq 3.45$	TZ ^{P2}	$-0.89 \leq \mu \leq 4.49$
UL ^{M2}	$-2.47 \leq \mu \leq 0.39$	TZ ^{M2}	$-2.78 \leq \mu \leq 6.18$
UB ^{P1}	$-5.18 \leq \mu \leq 1.14$		

8. 計測誤差

印象採得, 模型製作, 模型の規格, 投影操作など, 各計測項目を数値化し比較検討するまでに誤差が生じていると考えられる。そこで本研究では種々の段階における誤差を求めてみた。

1) 計測機器による誤差……E₁

同一の投影図を 20 回計測して求めた。

2) 模型の規格投影の際に生ずる誤差……E₂

同一の模型について 20 回規格投影して求めた。

3) 模型製作までの条件による誤差……E₃

5 匹のサルから同一時期の模型を 2 個製作し, これを規格投影した後に得られた投影図を比較検討して求めた。

上述の 1)~3) のすべてについて, 上下顎とも第 1 大臼歯における (R-L)/(R+L)×100 値の百分率誤差*を求めた (表 3)。

まず, E₁, E₂ に関しては大部分は 1~2% 台であり, 本実験で使用した Kubuskraniophor や Diagraph などは十分に信用に足るものと考えられる。また E₃ についても, 現在臨床面で使用されている印象採得, 模型製作のうちで, 最も精度の高い⁶¹⁾と考えられている各個トレ・チオコールラバーによる印象, 超硬石膏の注入によ

* 百分率誤差は次式で与えられる。

$$\text{百分率誤差(\%)} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\bar{X} - X_i)^2 / n\bar{X}} \times 100$$

ただし $\bar{X} = \frac{1}{n} (X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n)$ である。

表 3 計測誤差

Measurement	Error (%)		
	E ₁	E ₂	E ₃
UD ^{M1}	2.80	3.70	4.51
LD ^{M1}	1.65	3.56	6.25
UB ^{M1}	0.47	3.34	5.37
UP ^{M1}	0.21	2.28	5.97
TX ^{M1}	1.53	2.24	4.35
TY ^{M1}	0.31	1.30	3.95
TZ ^{M1}	0.67	1.73	4.93
UH ^{M1}	0.18	1.58	5.03
UL ^{M1}	0.79	2.10	6.21

る模型製作という方法を取ったので, 誤差の値も最大で 6.25% と比較的小さく, 実験結果にもそれ程影響を及ぼさないと判断した。

IV. 研究結果*

1. 上顎歯槽部の形態変化について

1) 歯槽頂の位置変化 (表 4 参照)

a) 垂直的位置変化

i) 抜歯前との比較

A 群

UH^{P1}, UH^{P2}, UH^{M1}, UH^{M2}: 各部位とも抜歯後 3 週以後は, 正方向へ大きく増加している。これは対合する $\overline{M_3M_2M_1P_2P_1}$ を抜去した後, 上顎の歯槽頂が挺出したことを示している。抜歯前と比較すると UH^{P1} では 3 ヶ月以後, UH^{P2} では 3 週以後, UH^{M1}, UH^{M2} では 6 週以後の時期において明らかな有意差が認められた。

B 群

UH^{P1}, UH^{P2}, UH^{M1}, UH^{M2}: いずれの部位でも抜歯前と比較すると 3 週以後は小さい値を示したが, 抜歯後 2 年経過しても値がプラスのままであり, しかも 15% という大きい値を示した。これは挺出した歯を抜去した後の歯槽頂が, 正常な対合関係のある上顎左側の歯槽頂よりも低くならなかつたばかりでなく, はるかに高い位置に留つていることを示している。

一方, (R-L)/(R+L)×100 の値をみると, 抜歯後 3 週までいずれの部位も 3% ほど急激に減少しており, 実測値を測定しても 3 週まで明らかに 0.5~1.0 mm 程度低下しているのが認められた (表 5)。しかしながら, 抜歯前と比較検定すると僅かに UH^{P1} の 2 年で有意差が

* 有意差の検定にはいずれも t 検定を利用した。本文で有意差ありと認めた項目についての危険率は 10% である。

表 4 歯槽頂の垂直的位置変化

Measurement	Group	A (n=5)			B (n=5)			C (n=5)		
		M. (%)	S. D.	t	M. (%)	S. D.	t	M. (%)	S. D.	t
UH ^{P1}	Control	0.63	1.97		21.73	4.20		2.09	1.62	
	3 W	2.21	2.49	1.11	18.68	3.53	1.24	-2.16	2.84	2.91**
	6 W	3.43	3.71	1.49	18.05	3.66	1.48	-2.68	1.94	4.22***
	3 M	5.47	3.37	2.77**	17.48	4.47	1.55	-2.39	1.96	3.94***
	6 M	7.39	3.51	3.76**	17.63	4.82	1.43	-2.48	2.27	3.66***
	1 Y	10.83	5.14	4.14**	17.27	4.66	1.59	-2.46	1.98	3.98***
	2 Y	15.97	5.12	6.25***	16.60	4.15	1.94*	-2.59	1.74	4.40***
UH ^{P2}	Control	0.20	2.04		19.68	5.21		-0.37	2.26	
	3 W	3.43	2.58	2.20*	15.96	5.71	1.08	-4.47	1.73	3.32**
	6 W	6.43	2.24	4.60**	15.60	5.78	1.17	-4.22	1.54	3.15**
	3 M	7.12	3.67	3.69**	15.81	5.82	1.11	-3.99	1.17	3.18**
	6 M	10.71	3.98	5.26***	15.15	5.70	1.31	-4.16	1.19	3.31**
	1 Y	13.40	4.75	5.71***	14.96	5.61	1.38	-4.72	0.97	3.96***
	2 Y	17.17	5.16	6.84***	14.77	5.64	1.43	-4.87	1.10	4.00***
UH ^{M1}	Control	0.64	2.74		18.52	5.09		1.20	1.62	
	3 W	1.97	2.73	1.12	15.35	5.40	0.96	-3.98	1.95	4.57***
	6 W	4.87	3.02	2.65*	14.74	4.11	1.29	-4.31	1.90	4.93***
	3 M	7.41	2.96	4.07**	15.05	4.24	1.17	-4.18	1.79	4.98***
	6 M	9.23	3.48	4.64***	15.19	4.95	1.05	-4.42	1.71	5.34***
	1 Y	11.55	5.15	4.41**	15.03	4.86	1.11	-4.49	1.81	5.24***
	2 Y	16.02	5.78	5.59***	14.69	4.90	1.21	-4.76	1.27	6.47***
UH ^{M2}	Control	-0.46	2.46		15.70	6.32		1.39	1.78	
	3 W	1.31	2.33	1.17	12.49	6.23	0.81	-3.90	1.67	4.85***
	6 W	3.54	1.26	3.24**	12.86	6.07	0.72	-3.89	2.23	4.14***
	3 M	4.87	1.90	3.84**	12.91	6.08	0.71	-3.48	1.85	4.24***
	6 M	7.00	1.58	5.70***	13.15	6.28	0.64	-3.82	1.89	4.49***
	1 Y	9.65	3.48	5.31***	12.75	6.39	0.73	-3.92	2.43	3.94***
	2 Y	14.61	4.74	6.31***	12.62	6.49	0.76	-4.13	2.31	4.23***

表 5 B group における抜歯後 3 週 までの歯槽頂の垂直的位置変化の実測値平均

Measurement	Group	B	
		M. (mm)	S. D.
UH ^{P1}	Control	0	0
	3 W	-0.46	0.32
UH ^{P2}	Control	0	0
	3 W	-0.66	0.36
UH ^{M1}	Control	0	0
	3 W	-0.80	0.36
UH ^{M2}	Control	0	0
	3 W	-0.94	0.43

認められるだけで、それ以外はまったく有意差が認められなかった。このような事実から挺出した歯を抜去した後の歯槽頂は確かに低下を示すが、後述する正常な吸収を示した上顎歯槽頂 (C 群) と比較すると低下が起きにくいと推測される。

C 群

UH^{P1}, UH^{P2}, UH^{M1}, UH^{M2}: いずれも抜歯前と比較すると、抜歯後 3 週以後はマイナスの値をとり、抜歯後歯槽頂が左側の歯槽頂より低下したことを示している。また抜歯後はいずれの時期においても有意差が認められた。

ii) 経時的傾向 (図 7, 8, 9)

A 群

UH^{P1}, UH^{P2}, UH^{M1}, UH^{M2}: いずれも抜歯後 6 週までやや急激に増加し、2 年間での全増加量の 30~40% に達した。それ以後もほぼ一定の割合で増加し、2 年経過後もまだ増加傾向を示した。各隣接した時期間での有意差は UH^{P2} の 3 週と 6 週, UH^{M2} の 3 週と 6 週, 3 ヶ月と 6 ヶ月, 1 年と 2 年の間に認められた。

B 群

UH^{P1}, UH^{P2}, UH^{M1}, UH^{M2}: いずれも抜歯後 3 週までに急激に減少し、2 年間での全減少量の 80~90% に達した。

図 7 歯槽頂の垂直的位置変化の経時的推移

図 8 歯槽頂の垂直的位置変化の経時的推移

図 9 歯槽頂の垂直的位置変化の経時的推移

表 6 B group における歯槽頂の挺出前の値
(-2Y) との比較

Measurement	Group	B		
		M. (%)	S. D.	t
UH ^{P1}	-2 Y	0.38	2.59	
	Control	21.73	4.20	9.68***
	2 Y	16.60	4.15	7.41***
UH ^{P2}	-2 Y	-0.06	2.24	
	Control	19.68	5.21	7.78***
	2 Y	14.77	5.64	5.46***
UH ^{M1}	-2 Y	0.18	2.70	
	Control	18.52	5.09	7.12***
	2 Y	14.69	4.90	5.80***
UH ^{M2}	-2 Y	-0.29	2.20	
	Control	15.70	6.32	5.34***
	2 Y	12.62	6.49	4.21***

3週以後6週まではUH^{M2}を除いてきわめて緩慢な減少が続く、6週以後はさらに変化が緩やかになった。また各隣接した時期間で有意差は認められなかった。

一方、正常な上下顎の全歯列が残存していた挺出2年前の歯槽頂と、挺出した歯を抜去した2年後の顎堤の歯槽頂とを比較検定したものが表6である。これによるとUH^{P1}、UH^{P2}、UH^{M1}、UH^{M2}、のいずれにおいても明らかな有意差が認められた。すなわち、挺出した歯を抜去してもその歯槽頂は挺出前の全歯列が残存していたときの歯槽頂よりも低くはならず、はるかに高い位置に留まっていることを示している。

C群

UH^{P1}、UH^{P2}、UH^{M1}、UH^{M2}：いずれも抜歯後3週まで急激に減少し、2年間での全減少量の90%に達した。その後6週までは緩慢な減少が続く、6週以後は変化がきわめて緩やかになった。また各隣接した時期間では有意差は認められなかった。

iii) B群とC群の比較

両群とも抜歯後3週から6週にかけて、急激な減少が起き、その後は緩慢な減少が続くというほぼ同様な経時的傾向を示した。さらに歯槽頂の低下量もほぼ同程度であった。しかし正常な対合関係のある上顎左側の歯槽頂と比較した場合、C群ではマイナスの値をとり左側歯槽頂より低くなった。B群でも確かにC群同様に低下を示しているが、左側よりはるかに高い位置となった。両群の同時期を互いに比較検定すると、3週から2年のいずれの時期においても1%の危険率で有意差が認められた。この両群の差違は、挺出という現象によるものと考えられる。

表 7 歯槽頂の頬口蓋方向への位置変化

Measurement	Group	A (n=5)			B (n=5)			C (n=5)		
		M. (%)	S. D.	t	M. (%)	S. D.	t	M. (%)	S. D.	t
UL ^{P1}	Control	-0.70	1.52		0.05	0.75		-0.27	1.49	
	3 W	-0.42	1.76	0.27	-2.07	2.74	1.67	-2.59	2.07	2.03*
	6 W	-0.49	1.47	0.22	-1.89	1.71	2.32*	-2.68	2.19	2.03*
	3 M	-0.09	2.03	0.54	-2.08	1.82	2.42**	-2.42	1.92	1.98*
	6 M	0.18	2.48	0.68	-2.31	2.00	2.47**	-2.65	1.82	2.26*
	1 Y	0.38	1.30	1.21	-2.31	1.97	2.50**	-2.90	1.71	2.59**
	2 Y	0.85	1.05	1.88*	-2.49	2.07	2.58**	-2.91	1.75	2.57**
UL ^{P2}	Control	-0.66	2.37		0.44	1.61		-0.15	1.13	
	3 W	-0.18	2.00	0.44	-1.84	2.02	2.25*	-2.68	1.29	3.30**
	6 W	-0.22	2.09	0.39	-1.43	1.61	2.20*	-2.42	0.68	3.85***
	3 M	-0.02	1.76	0.64	-1.36	1.08	2.72**	-2.39	1.07	3.22**
	6 M	0.41	2.08	0.96	-1.73	1.62	2.54**	-2.56	0.94	3.67***
	1 Y	-0.02	1.50	0.70	-2.18	1.57	2.61**	-2.64	0.96	3.76***
	2 Y	0.63	1.97	1.20	-2.32	1.49	2.81**	-2.61	1.00	3.65***
UL ^{M1}	Control	-0.33	3.05		0.58	1.29		-0.81	1.74	
	3 W	-0.03	3.20	0.15	-1.92	1.85	2.26*	-2.76	1.07	3.35**
	6 W	-0.10	3.22	0.12	-3.04	2.16	1.99*	-3.74	2.46	2.55**
	3 M	-0.18	2.98	0.08	-3.55	2.74	2.64**	-3.57	1.59	3.52***
	6 M	-0.08	2.72	0.14	-3.35	2.84	2.90**	-3.44	1.53	3.46***
	1 Y	0.25	2.42	0.33	-3.95	2.57	3.39***	-3.88	1.39	4.36***
	2 Y	0.22	2.21	0.33	-3.87	2.56	3.30***	-3.90	1.37	3.65***
UL ^{M2}	Control	-1.04	1.15		-1.23	1.46		0.20	1.49	
	3 W	-1.06	2.15	0.15	-3.63	1.88	2.26*	-2.44	1.07	3.22**
	6 W	-0.56	1.83	0.12	-3.82	2.52	1.99*	-2.81	1.13	3.60***
	3 M	-0.61	1.67	0.08	-3.59	1.37	2.64**	-3.32	0.96	4.44***
	6 M	-0.39	1.75	0.14	-3.85	1.40	2.90**	-3.06	1.08	3.96***
	2 Y	-0.62	1.83	0.33	-4.39	1.19	3.39***	-3.26	1.02	4.28***
	1 Y	-0.43	1.65	0.33	-4.48	1.65	3.30**	-3.27	0.89	4.47***

b) 頬口蓋方向への位置変化 (表 7 参照)

i) 抜歯前との比較

A群

UL^{P1}, UL^{P2}, UL^{M1}, UL^{M2}: 抜歯前と比較して僅かに UL^{P1} の 2 年で有意差が認められたが、それ以外はいずれの部位、いずれの時期においても有意差は認められなかった。これは歯の挺出に伴い、歯槽頂が頬口蓋方向へ変位することなく挺出したことを示している。

B群

UL^{P1}, UL^{P2}, UL^{M1}, UL^{M2}: 抜歯前と比較するといずれも抜歯後 3 週以後はマイナスの値をとり、抜歯後歯槽頂が口蓋側に移動したことを示している。有意差は UL^{P1} では 6 週以後、その他は 3 週以後に認められた。

C群

UL^{P1}, UL^{P2}, UL^{M1}, UL^{M2}: いずれの部位も抜歯後 3 週以後はマイナスの値をとり、抜歯後歯槽頂が口蓋側へ移動したことを示している。有意差はいずれの部位、いずれの時期においても認められた。

ii) 経時的傾向 (図 10, 11, 12)

A群

UL^{P1}, UL^{P2}, UL^{M1}, UL^{M2}: 抜歯後経時的に極めて緩慢に増加して、歯槽頂が頬側に移動する傾向を示したが、前述のごとく抜歯前との間に有意差が認められなかった。

B群, C群

UL^{P1}, UL^{P2}, UL^{M1}, UL^{M2}: いずれも抜歯後 3 週までに急激に減少し、2 年間で全減少量の 90~100% を示した。その後は UL^{M1} と UL^{M2} で 6 週まで緩慢な減少を示した以外はほとんど変化がなかった。各隣接した時期間では有意差は認められなかった。

iii) B群とC群の比較

B群, C群の両群は、その経時的傾向と減少量においてきわめて類似しており、両群の同時期を比較検定しても、有意差は全く認められなかった。挺出という現象は歯槽頂の頬口蓋方向への変化という面に対しては全く影響を及ぼさないと考えるべきであろう。

図 10 歯槽頂の頰口蓋方向への位置変化の経時的推移

図 11 歯槽頂の頰口蓋方向への位置変化の経時的推移

図 12 歯槽頂の頰口蓋方向への位置変化の経時的推移

2) 断面積の変化(表 8 参照)

i) 抜歯前との比較

A 群

UD^{P1}, UD^{P2}, UD^{M1}, UD^{M2}: 抜歯後 3 週から 2 年のいずれの時期も正方向に大きく増加しているが、これは対合する M₃M₂M₁P₂P₁ を抜歯したために上顎右側臼歯が

挺出し、これとともに上顎右側歯槽突起の断面積も増加したものと考えられる。抜歯前と比較すると UD^{P1} では 3 ヶ月以後、UD^{P2} では 6 週以後、UD^{M1}, UD^{M2} では 3 週以後の時期において明らかな有意差が認められた。

B 群

UD^{P1}, UD^{P2}, UD^{M1}, UD^{M2}: いずれも抜歯後 3 週より 2 年にかけて大きく値が減少しているが、これは抜歯により顎堤が吸収して、その断面積が減少したためである。抜歯前と比較して 3 週より 2 年のいずれの時期においても明らかな有意差が認められた。しかしながら 2 年経過しても値が 0 付近に留つたままでありマイナスの値にはならなかった。これは挺出した歯牙抜去後の右側顎堤の断面積が正常な対合関係のある左側の歯槽突起の断面積よりも小さくはなっていないことを示している。

C 群

UD^{P1}, UD^{P2}, UD^{M1}, UD^{M2}: いずれも抜歯後 3 週より 2 年にかけて値が負方向へ大きく減少しており、抜歯後顎堤が吸収してその断面積が減少したことを示している。抜歯前と比較すると 3 週より 2 年のいずれの時期においても明らかな有意差が認められた。

ii) 経時的傾向(図 13, 14, 15)

A 群

UD^{P1}, UD^{P2}, UD^{M1}, UD^{M2}: UD^{P1} は対合歯抜去後 3 週まで、UD^{P2}, UD^{M1}, UD^{M2} は 3 ヶ月までやや急激に、その後もほぼ一定の割合で増加を続け、2 年経過後も歯槽頂と同様に増加傾向を示した。各隣接した時期間の有意差は UD^{M1} の 3 週と 6 週の間で認められたが、その他は認められなかった。

B 群

UD^{P1}, UD^{P2}, UD^{M1}, UD^{M2}: いずれも抜歯後急激に減少し、3 週までに 2 年間の全減少量の 50%, 3 ヶ月までに 70% という値を示した。それ以後は緩慢な減少が続き『急激な減少のあとの緩慢な減少』という顎堤の吸収の典型的な様相を呈した。抜歯後の各隣接した時期間の有意差はいずれの部位でも認められなかった。

さて、正常な上下顎の全歯列が残存していた挺出 2 年前の値と抜歯後の各時期の値とを比較検討したものが表 9 である。これによるといずれの部位も 6 週までは有意差が認められたが、それ以後は僅かに UD^{M2} の 3 ヶ月で認められただけで、それ以外は全く認められなくなった。つまり顎堤が吸収された結果、挺出前の歯槽突起の断面積と同程度の大きさになったことを示している。また B 群、C 群の同時期を互いに比較検討すると、3 週から 2 年のいずれの部位、いずれの時期においても明ら

表 8 上顎歯槽突起および顎堤の断面積の変化

Measurement	Group	A (n=5)			B (n=5)			C (n=5)		
		M. (%)	S. D.	t	M. (%)	S. D.	t	M. (%)	S. D.	t
UD ^{P1}	Control	-1.35	3.14		21.19	5.52		-1.02	3.10	
	3 W	1.41	2.89	1.44	10.26	6.17	2.28*	-8.01	5.17	2.59**
	6 W	1.66	2.23	1.75	9.58	6.06	3.17**	-14.89	8.68	3.37***
	3 M	4.15	3.54	2.60**	6.58	7.89	3.39***	-17.99	9.38	3.84***
	6 M	8.04	5.83	3.17**	1.67	4.29	6.24***	-20.27	5.70	6.63***
	1 Y	10.83	5.79	4.13***	2.72	4.76	5.67***	-21.75	5.66	7.18***
	2 Y	17.72	6.63	5.81***	1.44	6.11	5.36***	-22.24	5.16	7.88***
UD ^{P2}	Control	-0.56	3.89		21.93	7.26		-0.98	3.12	
	3 W	4.94	5.47	1.77	12.76	7.09	2.02*	-9.25	3.50	3.94***
	6 W	6.04	5.11	2.30**	8.28	8.53	2.75**	-20.44	8.39	4.86***
	3 M	9.74	6.79	2.94**	4.30	5.56	4.31***	-22.31	6.84	6.34***
	6 M	13.22	9.51	3.00**	3.88	4.40	4.82***	-25.48	9.11	5.68***
	1 Y	15.96	8.40	3.99***	1.12	4.57	5.42***	-27.01	9.52	5.81***
	2 Y	23.73	7.49	6.44***	0.03	4.16	5.85***	-28.64	8.92	6.54***
UD ^{M1}	Control	-1.59	3.49		21.2	7.04		-0.67	2.10	
	3 W	3.10	4.18	1.92*	11.88	7.27	2.06*	-12.67	5.31	4.70***
	6 W	11.42	4.93	4.81***	8.85	7.48	2.69**	-18.16	7.48	5.03***
	3 M	13.07	6.50	4.44***	5.79	8.12	3.21**	-23.63	10.54	4.78***
	6 M	15.99	5.03	4.06***	5.76	6.73	3.54***	-26.82	8.70	6.53***
	1 Y	20.89	7.05	6.39***	2.50	8.54	3.77***	-31.29	10.10	6.64***
	2 Y	26.42	8.91	6.54***	1.98	8.51	3.89***	-32.56	9.90	7.05***
UD ^{M2}	Control	-1.65	3.14		23.64	8.15		1.03	4.12	
	3 W	4.40	3.99	2.66**	13.09	7.45	2.13*	-8.99	4.96	3.48***
	6 W	7.12	3.69	4.05***	11.93	6.86	2.45**	-18.16	11.10	3.62***
	3 M	10.76	6.51	3.84***	7.87	8.82	2.94**	-21.37	13.38	3.57***
	6 M	15.68	4.53	4.75***	5.28	8.68	3.44***	-24.27	14.54	3.74***
	1 Y	21.33	5.84	7.75***	2.55	9.58	3.75***	-27.88	14.76	4.22***
	2 Y	27.28	10.47	5.92***	1.75	9.58	3.89***	-28.97	15.89	4.09***

図 13 上顎歯槽突起の断面積の経時的推移

図 14 上顎顎堤の断面積の経時的推移

な有意差が認められた (表 9)。

C 群

UD^{P1}, UD^{P2}, UD^{M1}, UD^{M2}: いずれも抜歯後急激に減少し, 2 年間の全減少量と比較すると 3 週までにほぼ

40%, 3 ヶ月までに 70% の減少を示した。それ以後は緩やかな減少が続く, 典型的な吸収の様相を呈した。各隣接した時期での有意差は, UD^{P2} の 3 週と 6 週の間にだけ認められた。

図 15 上顎顎堤の断面面積の経時的推移

表 9 B group における断面面積の挺出前の値 (-2Y) および C group との比較

Measurement	Group	B (-2Y)	C
		t	t
UD ^{P1}	Control	7.00***	7.85***
	3 W	2.92**	5.08***
	6 W	2.74**	5.17***
	3 M	1.42	3.92***
	6 M	0.21	6.88***
	1 Y	0.61	7.40***
	2 Y	0.09	6.62***
UD ^{P2}	Control	6.08***	6.77***
	3 W	3.46***	6.22***
	6 W	1.86*	5.37***
	3 M	1.15	6.75***
	6 M	1.46	6.76***
	1 Y	0.03	5.96***
	2 Y	0.54	6.51***
UD ^{M1}	Control	6.29***	6.66***
	3 W	3.39***	6.10***
	6 W	2.45**	5.71***
	3 M	1.46	4.94***
	6 M	1.72	6.62***
	1 Y	0.57	5.71***
	2 Y	0.44	5.91***
UD ^{M2}	Control	6.52***	5.54***
	3 W	4.05***	5.52***
	6 W	4.00***	5.16***
	3 M	2.16*	4.08***
	6 M	1.55	3.90***
	1 Y	0.79	3.67***
	2 Y	0.61	3.70***

iii) 歯槽高径と断面積との関連性について

A・B・C群それぞれにおける歯槽高径と断面積間の関連性を検討するために P_1 , P_2 , M_1 , M_2 部それぞれについて相関係数を求め比較検討した (表 10)。

その結果, A群では抜歯後3週以後のいずれの部位のいずれの時期においても高い正の相関が認められた。すなわち下顎臼歯を抜去すると, 対合する上顎臼歯歯槽突起ではその高径が増すにつれて断面積も増加するものと考えられる。またB群とC群ではいずれの部位においても抜歯後6ヵ月までは正の相関が認められたが, それ以後は相関性がやや低下する傾向を示した。これは挺出した顎堤であれ, 正常な顎堤であれ, 抜歯後6ヵ月までは歯槽高径の減少と顎堤断面積の減少との関連性が高いが, その後は低下することを意味している。

iv) B群とC群の比較

両群の断面積とも抜歯後3ヵ月まで急激に減少し, その後は緩慢な減少を示した。つまり両群とも『急激な減少の後の緩慢な減少』という顎堤の吸収の典型的な様相を呈したわけである。しかしながら正常な対合関係のある上顎左側の歯槽突起の断面積と比較すると, C群の顎堤はマイナスの値をとり明らかに左側より小さくなった。B群の顎堤は確かに抜歯後吸収して小さくなったが, 2年経過後も左側とほぼ同程度の大きさであった。両群の同時期を互いに比較検討しても, 3週から2年のいずれの時期においても1%の危険率で有意差が認められた。以上のようなB群とC群の間にみられる相違は, B群の標本抽出によるものではなく明らかに挺出という現象に起因するものと考えられる。

3) 幅径の変化

上顎右側第1大臼歯部における幅径の変化は, 前述のごとくY軸から頬側, 舌側までの距離の変化としてそれぞれ別個に求めた。経時的変化は上顎右側第1大臼歯における8割部, すなわち UB_8^M , UP_8^M の変化で代表させ, 残りの2, 4, 6割部の変化は抜歯前と抜歯後2年とを比較検討するだけにとどめた。なお UB_8^M は印象の辺縁に当り, 不正確になるため今回の比較検討からは除外した。

a) 8割部における幅径の変化

i) 抜歯前との比較 (表 11 参照)

A群

UB_8^M : 抜歯前と比較して, いずれの時期においても有意差が認められなかった。これは歯槽突起が挺出して8割部におけるY軸から頬側までの距離の変化がほとんどないことを示している。

表 10 歯槽頂の垂直的位置変化と歯槽突起および顎堤の断面積の相関関係

Measurement		Group	A		B		C	
			r	t	r	t	r	t
UH — UD	P ₁	3 W	0.831	2.58*	0.829	2.58*	0.931	4.47**
		6 W	0.842	2.71*	0.815	2.42*	0.959	5.89***
		3 M	0.915	3.96**	0.813	2.41*	0.981	8.49***
		6 M	0.965	6.82***	0.801	2.31	0.871	3.08*
		1 Y	0.888	3.36**	0.812	2.41*	0.796	2.26
		2 Y	0.916	3.97**	0.795	2.26	0.807	2.36*
	P ₂	3 W	0.945	4.94**	0.875	3.16*	0.875	3.80**
		6 W	0.888	3.35**	0.933	4.48**	0.921	4.12**
		3 M	0.905	3.69**	0.806	2.36*	0.947	5.17**
		6 M	0.892	3.41**	0.819	2.46*	0.896	3.47**
		1 Y	0.905	3.67**	0.715	1.77	0.776	2.13
		2 Y	0.935	4.76**	0.721	1.81	0.790	2.22
	M ₁	3 W	0.840	2.75*	0.832	2.59*	0.966	6.32***
		6 W	0.913	5.37**	0.816	2.46*	0.928	4.30**
		3 M	0.876	3.15**	0.892	2.45*	0.959	5.87**
		6 M	0.945	5.03**	0.820	2.47*	0.925	4.28**
		1 Y	0.899	3.57**	0.835	2.64*	0.812	2.41*
		2 Y	0.973	7.54***	0.775	2.12	0.823	2.52*
	M ₂	3 W	0.831	2.59*	0.843	2.91*	0.949	5.18**
		6 W	0.940	4.70**	0.857	3.10*	0.912	3.83**
		3 M	0.973	7.53***	0.841	2.90*	0.956	5.51**
		6 M	0.861	2.92*	0.809	2.36*	0.906	3.70**
		1 Y	0.879	3.82*	0.795	2.26	0.793	2.25
		2 Y	0.971	6.87***	0.784	1.48	0.806	2.36*

表 11 左側歯槽高径の8割部における M₁ 部幅径の変化

Measurement	Group	A (n=5)			B (n=5)			C (n=5)		
		M. (%)	S. D.	t	M. (%)	S. D.	t	M. (%)	S. D.	t
UB ₈ ^{M1}	Control	0.27	1.73		0.32	2.07		-0.59	2.03	
	3 W	0.08	1.65	0.18	-0.52	2.22	0.62	-2.50	1.72	1.11
	6 W	-0.08	1.78	0.32	-1.52	2.47	1.28	-3.30	3.13	1.62
	3 M	0.09	1.73	0.16	-2.18	2.17	2.01*	-5.83	3.12	3.15**
	6 M	-0.22	1.64	0.46	-3.31	3.43	2.37**	-6.35	3.02	3.45***
	1 Y	-0.18	1.56	0.43	-4.00	3.12	3.13**	-7.48	2.96	4.29***
	2 Y	-0.04	1.57	0.30	-4.25	2.73	3.55***	-7.58	2.76	4.76***
UP ₈ ^{M1}	Control	0.77	1.72		-8.28	2.69		-0.37	1.58	
	3 W	-0.33	1.63	1.51	-7.28	2.76	0.58	2.44	2.15	2.36**
	6 W	-2.03	2.09	2.31**	-6.56	2.80	0.99	2.80	1.41	4.40***
	3 M	-3.09	1.74	3.53***	-5.88	2.54	2.06*	5.34	2.36	4.50***
	6 M	-4.07	1.97	4.14***	-3.76	2.27	2.87**	6.53	2.56	4.83***
	1 Y	-4.80	2.80	4.39***	-3.38	1.82	3.37***	6.58	2.63	5.07***
	2 Y	-7.38	3.18	5.04***	-2.79	1.43	4.03***	6.60	2.72	4.96***

UP₈^{M1}: 抜歯後3週以後はいずれの時期も値が負方向へ変化しており、歯槽突起が挺出するのに伴い8割部におけるY軸から口蓋側までの距離が減少することを示している。抜歯前と比較すると6週以後は明らかな有意差が認められた。

B群, C群

UB₈^{M1}: 抜歯後、値が負方向に変化しており、8割部におけるY軸から頬側までの距離が減少していることを示している。抜歯前と比較すると両群とも3ヵ月以後に明らかな有意差が認められた。

UP₈^{M1}: 抜歯後、値が正方向へ増加しており、8 割部における Y 軸から口蓋側までの距離が増大したことを示している。抜歯前と比較すると B 群では 3 ヶ月以後に、C 群では 3 週以後に有意差が認められた。

ii) 経時的傾向 (図 16, 17)

A 群

UB₈^{M1}: 抜歯後、著明な変化はほとんどみられなかった。もちろん各時期間にも有意差は認められなかった。

UP₈^{M1}: 抜歯後 6 週までやや急激に減少した後は緩慢な減少を示した。しかし、各隣接した時期間では有意差は認められなかった。

B 群

UB₈^{M1}: 抜歯後 6 ヶ月まではやや急激に、その後は緩慢

図 16 左側歯槽高径の 8 割部における M₁ 部幅径の経時的推移

図 17 左側歯槽高径の 8 割部における M₁ 部幅径の経時的推移

に減少する傾向を示した。各隣接した時期間での変化では有意差は認められなかった。

UP₈^{M1}: 抜歯後 6 ヶ月まではやや急激に、その後は緩慢な減少を示した。しかし 2 年経過した後もまだ値はプラスを示さなかった。このことは、挺出した顎堤では Y 軸から口蓋側までの距離が挺出前と比べて小さくなつていないことを示している。

C 群

UB₈^{M1}, UP₈^{M1} の両者とも抜歯後 3 ヶ月まではやや急激な変化を、その後は緩慢な変化を示した。なお、いずれも各隣接した時期間では有意差は認められなかった。

iii) B 群と C 群の比較 (表 12 参照)

UB₈^{M1}: B 群は抜歯後 6 ヶ月まで、C 群は抜歯後 3 ヶ月まではやや急激な減少を示し、それ以後は緩慢な減少を示した。また両群の同時期を比較すると僅かに 3 ヶ月と 2 年で認められただけで、それ以外は認められなかった。しかし、両群の同時期の値をみると B 群の方が小さな値を示した。挺出現象が UB₈^{M1} には大きな影響を与えないということから、8 割部においては B 群の方が C 群より減少しにくいと推測される。

UP₈^{M1}: 両群とも類似した経時的傾向を示したが、減少量は B 群の方がやや小さく UB₈^{M1} 同様に B 群は C 群より減少しにくいと考えられる。また抜歯後 2 年経過時の値をみると C 群ではプラスになったにもかかわらず、B 群ではマイナスのままであった。また両群の同時期を比較した場合、3 週以後のいずれの時期においても明らかな有意差が認められた。これは歯槽突起が挺出したために起きた差違であろうと思われる。

表 12 左側歯槽高径の 8 割部における M₁ 部幅径の比較

Measurement	Group	B against C
UB ₈ ^{M1}	Control	0.70
	3 W	1.57
	6 W	1.00
	3 M	2.03*
	6 M	1.19
	1 Y	1.33
	2 Y	1.91*
UP ₈ ^{M1}	Control	5.67***
	3 W	6.21***
	6 W	7.39***
	3 M	6.59***
	6 M	6.46***
	1 Y	6.96***
	2 Y	6.83***

表 13 較左側歯槽高径の2, 4, 6, 8割部における M_1 部幅径の変化

Measurement	Group		A (n=5)			B (n=5)			C (n=5)		
			M. (%)	S. D.	t	M. (%)	S. D.	t	M. (%)	S. D.	t
UB^{M_1}	2 (割)	Control									
		2 Y									
	4	Control	0.06	1.33		-1.73	1.24		-0.76	1.37	
		2 Y	-1.85	2.19	1.67	-4.36	1.11	3.53***	-4.86	2.26	3.45***
UP^{M_1}	6	Control	0.53	1.63		-0.79	1.77		-0.53	1.28	
		2 Y	-0.62	2.62	0.83	-4.25	1.09	3.72***	-5.61	2.79	3.70***
	8	Control	0.27	1.72		0.32	2.07		-0.51	1.78	
		2 Y	-0.04	1.57	0.30	-3.93	2.73	3.45***	-7.58	2.76	4.58***
UP^{M_1}	2 (割)	Control	1.09	2.56		0.15	3.00		0.91	1.85	
		2 Y	1.11	2.63	0.01	0.69	3.26	0.27	2.17	1.50	1.18
	4	Control	0.10	2.30		-0.97	3.71		-0.45	1.44	
		2 Y	-1.73	3.59	0.96	1.93	2.81	1.39	3.55	2.34	3.16**
UP^{M_1}	6	Control	0.56	1.75		-4.02	2.15		-0.26	1.99	
		2 Y	-4.88	2.86	3.63***	0.37	0.92	4.20***	4.51	2.01	3.77***
	8	Control	0.77	1.72		-8.28	2.69		-0.37	1.58	
		2 Y	-7.38	3.18	6.26***	-1.79	1.43	4.76***	6.60	2.72	5.08***

図 18 左側歯槽高径の2, 4, 6, 8割部における幅径の変化量

図 19 左側歯槽高径の2, 4, 6, 8割部における幅径の変化量

b) 2, 4, 6, 8 割部における幅径の変化(表13参照).
 抜歯後2年の値から、抜歯前の値を差し引いた値、すなわち2年間での変化量を図示したものが図18, 19, 20である。

i) 抜歯前との比較

A群

$UB_4^{M_1}$, $UB_6^{M_1}$, $UB_8^{M_1}$: 抜歯前と比較して4, 6, 8割のいずれの部位においてもやや減少しており、Y軸から頬側までの距離が減少する傾向を示した。しかし抜歯前との有意差は認められなかった。歯槽突起が挺出しても、Y軸から頬側までの距離はそれほど変化しないものと考えられる。

$UP_2^{M_1}$, $UP_4^{M_1}$, $UP_6^{M_1}$, $UP_8^{M_1}$: UBとは異なりUPの場合は著明な変化が認められた。すなわち $UP_4^{M_1}$ 以上の部位はいずれも値が負方向へ変化して、Y軸から口蓋側までの距離が減少する傾向を示しており、 $UP_6^{M_1}$, $UP_8^{M_1}$ は抜歯前と比較すると明らかな有意差が認められた。また図18のごとく、4, 6, 8割と歯槽突起の上方の部位ほど変化量が大きかった。つまり、口蓋部においては歯槽突起の挺出の影響が著しく現われ、しかも歯槽突起の上部ほど大きいことを示している。

B群

$UB_4^{M_1}$, $UB_6^{M_1}$, $UB_8^{M_1}$: いずれの部位でも値が減少しており、Y軸から頬側までの距離が減少したことを示して

図 20 左側歯槽高径の2, 4, 6, 8割部における幅径の変化量

いる。抜歯前と比較するといずれの部位においても明らかな有意差が認められた。変化量は顎堤の上部ほどやや大きい値を示した。

UP^{M2}, UP^{M4}, UP^{M6}, UP^{M8}: いずれの部位でも値が正方向へ変化しており、Y軸から口蓋側までの距離が増加する傾向を示した。抜歯前と比較すると、UP^{M4}, UP^{M6}において明らかな有意差が認められた。変化量は顎堤の上部ほど大きな値を示したが、UP^{M8}では2年経過しても値はプラスにならなかった。すなわち UP^{M8}では挺出前のY軸から口蓋側までの距離と比較して、抜歯後もその距離が小さいままであった。

C群

UB^{M4}, UB^{M6}, UB^{M8}: いずれの部位でも値が減少しており、抜歯前と比較すると明らかな有意差が認められた。その変化量はやはり顎堤の上部ほど大きかった。

UP^{M2}, UP^{M4}, UP^{M6}, UP^{M8}: いずれの部位でも値が正方向へ変化しており、抜歯前と比較すると、UP^{M4}, UP^{M6}, UP^{M8}で明らかな有意差が認められた。変化量はやはり顎堤の上部ほど大きかった。

ii) B群とC群の比較

UBについて

抜歯後、両群とも同様に値が負方向へ変化する傾向を示した。また4割, 6割, 8割の変化傾向をみても、両群ともほぼ同様に顎堤の上方へいくほど大きい値を示した。しかし、B群とC群の変化量を比べると、B群のほうが全体としてC群より小さい値を示した。このことから挺出したB群の頬側は、8割部はもちろん顎堤の下部のほうまでC群よりも変化しにくいものと推測される。

UPについて

抜歯後、両群とも値が正方向へ変化する傾向を示し

た。しかし、2年経過時の値を比較するとC群では2～6%というプラスの値を示したが、B群ではいずれの部位もほぼ0付近であり、UP^{M8}はプラスの値にさえならなかった。また変化量を見ると、B群では2から8割部にかけてほぼ一定の割合で減少しているのに対し、C群では4割部でやや大きな変化を示すという違い以外は、ほぼ同程度であった。これは歯牙の挺出により減少したY軸から口蓋側までの距離だが、抜歯をしてもほぼ挺出前の距離にもとつただけで、それ以下にはならなかったことを示している。つまり、挺出の影響が抜歯後の顎堤にまで及んでいると考えられる。

2. 下顎歯槽部の形態変化について

1) 残存歯の位置変化について

a) 頬舌的位置変化

i) 抜歯前との比較 (表 14 参照)

TX^{P1}, TX^{P2}, TX^{M2}: 値が正なら規格された位置で右側の歯は左側の同名歯より頬側にあり、負ならば舌側にあることを意味する。抜歯前と比較すると、TX^{P1}は僅かに抜歯後2年目ではじめて有意差が認められたにすぎなかったが、TX^{P2}では6ヵ月以後、TX^{M2}では3ヵ月以後の時期において有意差が認められた。

ii) 経時的傾向 (図 21)

TX^{P1}, TX^{P2}, TX^{M2}: 抜歯後 TX^{P1}はきわめて緩慢に増加し、頬側へ移動する傾向を示した。TX^{P2}とTX^{M2}は3ヵ月まではやや急激に、その後は緩慢に頬側へ移動した。しかし各隣接した時期間では有意差は認められなかった。またその変化量を歯種別にみると後方歯ほど大きい傾向が認められた。

b) 近遠心的位置変化

i) 抜歯前との比較 (表 14 参照)

TY^{P1}, TY^{P2}, TY^{M2}: 値が正なら規格された位置で右側の歯は左側の同名歯より遠心にあり、負ならば近心にあることを意味する。TY^{P1}, TY^{P2}, TY^{M2}のいずれも抜歯前と比較すると6ヵ月以後は有意差が認められ、TY^{P1}とTY^{P2}は遠心へ移動し、TY^{M2}は近心へ移動する傾向を示した。

ii) 経時的傾向 (図 22)

TY^{P1}, TY^{P2}, TY^{M2}: TY^{P1}とTY^{P2}は抜歯後3ヵ月まではやや急激な、それ以後は緩慢な増加が続いた。TY^{M2}は3ヵ月まではやや急激な、その後は緩慢な減少を示した。しかし、TY^{P1}, TY^{P2}, TY^{M2}のいずれにおいても各隣接した時期間では有意差は認められなかった。

c) 垂直的位置変化

表 14 下顎残存歯の位置変化

Measurment	Group	C-T X			C-T Y			C-T Z		
		M. (%)	S. D.	t	M. (%)	S. D.	t	M. (%)	S. D.	t
P ₁	Control	-0.82	2.43		-0.50	1.48		1.12	1.99	
	3 W	-0.60	2.07	0.15	0.11	1.07	0.75	2.80	1.97	1.34
	6 W	-0.41	2.09	0.29	0.03	0.87	0.69	3.37	1.94	1.81
	3 M	0.14	2.17	0.66	1.20	1.76	1.65	4.83	2.95	2.33*
	6 M	1.20	2.24	1.37	1.37	1.65	1.89*	5.15	3.51	2.23*
	1 Y	2.02	2.57	1.80	1.75	1.53	2.36**	5.92	2.78	3.13**
	2 Y	2.88	2.49	2.37*	1.98	2.16	2.11*	6.04	2.35	3.57***
P ₂	Control	0.26	1.73		-0.75	1.44		1.80	2.17	
	3 W	0.57	2.01	0.26	-0.05	1.20	0.84	2.39	1.45	0.51
	6 W	1.57	2.13	1.07	0.49	1.94	1.15	4.62	2.84	1.76
	3 M	2.90	2.75	1.82	1.37	2.32	1.74	6.07	3.17	2.48*
	6 M	3.71	3.10	2.17*	1.92	2.35	2.17*	6.96	3.24	2.96**
	1 Y	4.54	3.56	2.42*	2.20	2.26	2.46**	8.28	3.84	3.28**
	2 Y	5.58	4.47	2.48**	2.49	2.98	2.19*	9.31	4.16	3.58***
M ₂	Control	-0.21	2.69		-0.43	1.64		1.70	3.61	
	3 W	0.74	2.87	0.54	-0.96	1.59	0.52	5.03	4.98	1.21
	6 W	1.57	2.25	1.14	-1.38	2.23	0.77	6.48	4.02	1.98*
	3 M	3.32	2.32	2.22*	-2.39	2.12	1.68	8.92	3.85	3.19**
	6 M	4.72	2.37	3.08**	-3.03	2.03	2.23**	9.53	3.54	3.46***
	1 Y	6.10	3.39	3.26**	-3.60	1.82	2.89**	10.44	3.56	3.86***
	2 Y	6.91	4.60	2.99**	-4.12	2.03	3.16**	11.55	4.34	3.90***

図 21 経時的にみた下顎残存歯の水平的位置変化

図 22 経時的にみた下顎残存歯の位置変化

TY: 近遠心的位置変化

TZ: 垂直的位置変化

i) 抜歯前との比較(表 14 参照)

TZ^{P1}, TZ^{P2}, TZ^{M2}: いずれも抜歯後は値が正方向へ増加しているが、これは M₂M₂M₁P₂P₁ を抜去したために対合歯を失った下顎右側の残存臼歯が挺出したことを示している。抜歯前と比較すると TZ^{P1} と TZ^{P2} では3ヵ月以後、TZ^{M2} では6週以後の時期に有意差が認められた。

ii) 経時的傾向(図 22)

TZ^{P1}, TZ^{P2}, TZ^{M2}: いずれも抜歯後3ヵ月までは急激に増加し、その後は緩慢な増加が続いた。その変化量を歯種別にみると後方歯ほど大きい傾向が認められたが、各隣接した時期における有意差はいずれも認められなかった。

表 15 下顎歯槽突起および顎堤の断面積の変化 (C group)

Measurement	Group	C (n=5)		
		M. (%)	S. D.	t
LD ^{P1}	Control	0.74	2.41	
	3 W	2.90	2.21	1.48
	6 W	3.18	1.56	1.90*
	3 M	4.58	2.17	2.65**
	6 M	5.03	2.56	2.64**
	1 Y	5.64	3.29	2.69**
	2 Y	6.01	4.00	2.52**
LD ^{P2}	Control	2.00	2.60	
	3 W	3.66	4.17	0.88
	6 W	6.86	3.70	2.86**
	3 M	8.44	4.58	2.73**
	6 M	9.06	5.01	2.80**
	1 Y	11.07	6.62	3.27**
	2 Y	13.53	5.25	4.40***
LD ^{M1}	Control	2.43	3.63	
	3 W	-12.50	6.31	4.59***
	6 W	-12.61	6.02	4.78***
	3 M	-9.12	8.35	2.83**
	6 M	-7.44	9.79	2.11*
	1 Y	-4.79	8.78	1.70
	2 Y	-1.75	13.68	0.66
LD ^{M2}	Control	1.37	3.94	
	3 W	4.14	5.20	0.95
	6 W	9.09	7.86	1.96*
	3 M	11.15	5.17	3.36***
	6 M	12.21	7.10	2.99**
	1 Y	14.83	7.30	3.63***
	2 Y	17.33	8.34	3.87***

2) 断面積の変化 (表 15 参照)

i) 抜歯前との比較

LD^{P1}, LD^{P2}, LD^{M2}: いずれも抜歯後正方向へ増加しているが, これは対合する M₂M₂M₂P₂P₁ を喪失したために下顎右側残存臼歯が挺出し, これとともに下顎右側歯槽突起の断面積も増加したと思われる. 抜歯前と比較するといずれも抜歯後 6 週以後の時期において有意差が認められた.

LD^{M1}: 抜歯後の値が負にかたより $\overline{M_1}$ 部顎堤は一応吸収することを示した. しかし抜歯前と比較すると, 3 週, 6 週では明らかに認められた有意の差が, 3 ヶ月, 6 ヶ月と進むにつれて小さくなり 1 年以後は認められなくなった. さらに 2 年経過時には -1.75% という値をとり, 下顎左側の歯槽突起の断面積とほぼ同程度の大きさになるというきわめて興味ある結果を示した. また水谷の研究¹³⁾において正常な下顎顎堤の吸収過程を示した 1^u5^L 群の $\overline{M_1}$ 部と C 群の $\overline{M_1}$ 部を比較検討した (表 16). これによると 3 週, 6 週と小さかった差が経時的

表 16 C group LD^{M1} と 1^u5^L 群の比較

Measurement	Group	1 ^u 5 ^L
		t
LD ^{M1}	Control	0.23
	3 W	1.89*
	6 W	2.94**
	3 M	4.31***
	6 M	6.19***
	1 Y	5.49***
	2 Y	5.49***

図 23 下顎歯槽突起および顎堤の断面積の経時的推移

に増大する傾向を示した. つまり, この両者の吸収過程の相違は標本抽出によるものではなく, 挺出という質的な差によるものと考えられる.

ii) 経時的傾向 (図 23)

LD^{P1}, LD^{P2}, LD^{M2}: 対合歯抜去後 LD^{P1} は 3 週まで, LD^{P2}, LD^{M2} は 6 週まで急激な増加を示し, その後も緩慢な増加を続け, LD^{P2} や LD^{M2} では 2 年経過後もまだ増加傾向を示した. なお, 各隣接する時期間では有意差が認められなかった.

LD^{M1}: 抜歯後 $\overline{M_1}$ 部顎堤は, 抜歯後 3 週まで一応急激な吸収傾向を示したが, 6 週目で -12.61% という最小値を示した後は増加傾向をたどるという正常な吸収像とはまったく異つた様相を呈した. これにもまた歯槽突起の挺出という現象が役かっているということ是否めない. なお, 各隣接した時期間での有意差は認められなかった.

V. 考 察

1. 研究資料について

本研究においては、研究資料としてカニクイザル12匹を使用した。動物実験ではその結果がヒトとは異なるという危険性が多分にある。しかし、本実験のごとく臨床上ではそのまま放置しておくで将来種々の咬合障害⁴⁴⁻⁴⁷⁾を惹起したり、補綴物の製作を困難にするような現象を観察するような場合は、動物実験に頼らざるをえない。また動物を使用する場合は種々の因子や条件を規定しやすく、さらに骨の状態を観察する場合、ヒトではX線により平面的にしかみることができないのに対し、動物の場合は実験終了後ただちに屠殺⁶²⁾して乾燥頭蓋骨をつくり、立体的に細部に至るまで観察できるという利点がある。

一方、使用する動物は、できる限りヒトと類似しているほうが都合が良いことはいふまでもない。そこで本研究ではヒトと歯式や咬合状態が同じであり、咀嚼筋や下顎運動も⁵⁶⁻⁵⁹⁾ヒトと類似したサルを資料として選択した。

また、歯牙抜去部位により $M_3M_2M_1P_2P_1$ 抜去のA群、挺出した $M_3M_2M_1P_2P_1$ 抜去のB群、 $\frac{M_3M_2M_1P_2P_1}{M_1}$ 抜去のC群と、資料を3群に分類した。これはA群においては上顎の挺出状態を観察し、B群とC群により挺出した顎堤と正常な顎堤の吸収の相違を比較検討するうえで都合が良いからである。しかもC群においては下顎の挺出状態や、挺出状態下での M_1 部顎堤の吸収状態をも観察でき、上顎と比較検討するうえで有利であると考えたからである。

2. 実験方法について

本研究では、抜歯前と抜歯後の定められた各時期に印象を採得して模型を作製し、同一個体における左右の類似度の変化を計測した。模型を規格するにあたって、軟組織上の左右の gI_2 と左側の gM_2 3点を規準点として求めた。軟組織上の点は硬組織上の点より不安定であり、これまでに行なわれたこの種の研究でも僅かに Krou-Poulsen⁶³⁾, Watt²⁰⁾ が基準点として使用しているにすぎない。しかし、

(1) すべての模型について共通して等しく取れる点であること。すなわち、犬歯のようにオスとメスでは形態が著しく異なる歯の上の点は基準点として不適である。

(2) 基準点は互いに離れている方が誤差が少ない。すなわち、前歯部と臼歯部にまたがる方がよい。

(3) 実験期間中に位置的变化を起こしにくい。前歯は咬耗が著しく、犬歯や第3大臼歯は萌出が遅いので不適当である。

(4) 左右の対称度を比較するので、基準点のうちの2

点は左右対称的な位置にあること。などの理由により、軟組織上に基準点を求めたしだいである。

また、以前水谷がサルの模型を使用して歯牙欠損様式の違いによる顎堤の形態変化や残存歯の位置変化について報告したが、本研究もその研究と大いに関連があり、さらに実験結果を比較検討する上からも、基準点、計測点は水谷の研究⁴³⁾と同一にした方が有利と考えたからである。

その際に生じる誤差も、奥野ら⁴¹⁻⁴³⁾の計測誤差と比較して大きな差違は認められず、実験結果に影響を及ぼさないと判断した。

次に実測値の処理法であるが、前述した $(R-L)/(R+L) \times 100(\%)$ という非対称度を表わす式を用いた。この式は各個体によつてバラツキの大きい実測値を正しく評価するのにきわめて有効である。ただしこの式は岡⁴⁰⁾が指摘しているような欠点を合わせ持つことを十分に考慮しなければならない。しかし、計測項目間の値が大きく異なり、危険率10%の検定で有意差が認められた項目に関しては、左側(L)がほぼ一定であることから少なくとも抜歯側(R)に明らかな形態変化が生じたと考えるのが当然であり、実測値をみても明らかである。したがって、本研究では $(R-L)/(R+L) \times 100(\%)$ という式を用いて実験結果を評価した。

3. 実験結果について

1) 上顎歯槽部の形態変化について

本実験では、前述したような動物実験の有利な点を最大限に生かすために、実験終了後ただちにA群とB群の資料を3匹ずつ屠殺して dry skull を作製³⁹⁾した。これを用いて特に興味を持たれる上顎歯槽部の骨の状態を観察し、比較検討を加えたので、その一部を考察する際の一助とした。

なお、dry skull の計測方法は模型の場合と全く同一にして互いに比較しやすいようにした。すなわち、基準点を左右の gI_2 と左側の gM_2 に相当する dry skull の歯槽骨上の点とし、計測点は模型上の点と同一に行つた。また実測値処理法も模型の場合と同一にした。

① 対合下顎臼歯喪失後の上顎歯槽突起部の形態変化(A群の結果)

まず歯槽頂であるが P_1 , P_2 , M_1 , M_2 のいずれの部位でも、下顎臼歯抜去後6週まではやや急激に、その後は緩慢であるが一定の割合で挺出した。2年経過後もまだ挺出傾向を示し、これ以後も更に挺出を続けるものと思われる。対合歯喪失後歯槽頂の示すこのような経時的傾向が、以前水谷の報告⁴³⁾したサルの歯の挺出状態とき

わめて類似している点を考慮すると、歯の挺出と歯槽頂の挺出、すなわち歯槽高径の増加はきわめて関連性が高いものと推測される。

一方、歯槽頂の頬口蓋方向への変化は、いずれの部位も対合歯喪失後僅かに頬側方向へ移動する傾向を示したが、抜歯前との有意差は認められなかった。水谷も対合下顎臼歯喪失後に上顎臼歯の頬口蓋方向への位置変化は認められなかったと報告している。つまり対合歯喪失後の歯槽頂は、歯の挺出に伴い標準水平面にほぼ垂直に挺出するものと考えられる。

次に、対合歯喪失後の歯槽突起の断面積であるが、歯槽頂の垂直的位置変化とほぼ同様な経時的变化を示した。すなわち P_1 , P_2 , M_1 , M_2 のいずれの部位も6週から3ヵ月までやや急激に、その後も一定の割合で増加し、2年経過後もやはり増加傾向を示した。歯槽頂と断面積間の相関係数からも、この両者間には密接な関連性があることがわかる。つまり、対合歯を喪失すると歯が挺出し、これに伴い歯槽高径・断面積も増加するといえる。また断面積の増加量を歯種別にみると、小臼歯に比べ大臼歯の方が大きな値を示した。

幅径についてみると、いずれの部位でも歯の挺出の影響は頬側にはほとんど現われず、口蓋側に著しく現われ、結果として幅径の増大を示した。口蓋側 UP_1^M の経時的变化は、歯槽頂や断面積の場合と同様に6週まではやや急激に、その後も緩慢に増加する傾向を示した。しかしこのような変化も口蓋部付近ではほとんど認めら

れず、歯槽高径の1/2以上の部位で著明であつた。また頬側では抜歯前との有意差は認められないものの歯肉頬移行部付近の距離がやや減少し、陥凹する傾向を示した。これは歯槽骨の廃用性萎縮により頬側歯槽骨壁が薄くなったことと、歯の挺出に伴い根尖部が下顎方向へ移動したために歯肉頬移行部付近が陥凹傾向を示したものと思われる。

以上のような結果をまとめて、挺出という現象を模式化したものが図24である。上顎臼歯は対合下顎臼歯を喪失すると直ちに挺出を開始し、これに伴い歯槽頂も挺出し歯槽高径が増加する。この結果、図24のごとく必然的にY軸から口蓋側までの距離が短縮し、面積が増大するものと考えられる。そして、歯の挺出に伴うこのような変化は初期にやや急激に、その後は緩慢になるがなお一定の割合で変化が続くものと思われる。その結果、挺出の著しい場合は歯が対合顎堤と咬合するまでになる。このような状態は臨床上しばしば見受けられる現象であるが、本実験でも上顎臼歯が下顎顎堤と咬合するようになった資料が1例であつた。

ところで、上述したような変化はいずれも模型、すなわち粘膜上の変化であつて、歯槽骨もこのような変化を示すかどうかはきわめて興味のある問題である。雨森³⁷⁾のイヌの骨標本を対象とした研究によれば、対合歯喪失後の上顎大臼歯とその歯槽骨縁の挺出は6ヵ月までその高さを増すが、その後はほぼ一定に保たれると報告している。また下顎ではあるが、イヌでは歯や歯槽骨縁の挺

図 24 挺出の模式図

図 25-A dry skull における歯槽頂の変化

図 25-B dry skull における断面積の変化

出は対合歯抜去後 12 ヶ月で終了してしまい、歯槽骨縁は 24 ヶ月を経過すると廃用性萎縮により逆に減少するという報告⁴⁰⁾もある。いずれにせよ、歯の挺出に伴い歯槽骨縁が一応挺出してくるものと思われる。

本実験においても歯と歯槽骨との関係を観察するために、前述した方法により dry skull を作製して計測し、その結果を図に示した(図 25 A, B)。この図で 2y. の数値にみられるごとく、歯槽高径・断面積が歯槽骨のうえでも明らかに増加している事実が認められた。つまり、挺出という歯の変化に歯槽骨も付随して変化することが確認されたわけである。しかしながら肉眼的に歯槽骨頂部を観察すると、挺出した群では正常な咬合関係を持つ群よりも、歯頸線と歯槽骨縁の距離が多少増大する傾向が認められた。また挺出の大きい M_1 , M_2 では歯槽骨の頬側壁から歯根の一部が露出する傾向もみられた。これは廃用性萎縮によるものと推測される。

一方、対合歯喪失後の歯槽突起部の変化に対しては組織学的見地からも検索がなされている。一般に対合歯を

喪失した歯の歯周組織には、歯根膜の狭窄、シャーピー線維の機能的排列の乱れ、セメント質の肥厚、歯槽骨の多孔性化などの廃用性の変化⁴⁸⁻⁵⁰⁾が起こることが指摘されている。これに対し、サルを用いて対合歯喪失後の歯周組織の変化を観察した Anneroth ら⁵¹⁾は、一応シャーピー線維の歯の挺出方向への延長やセメント質の肥厚などの廃用性の変化は生じたが、その他の変化はほとんど認められず、歯周組織が挺出してとることになった歯の新しい位置に順応したと述べている。しかし彼の研究では M_1 を抜歯した場合の M_1 部歯周組織を観察しており、周囲の残存歯は十分な機能を営んでいることを考慮すると M_1 部にも弱いながら機能が加わっているものと考えられる。そのために完全な廃用性の萎縮が生じなかったともいえる。

ところで、対合歯を喪失した歯の歯槽突起に増殖機転が認められることも、これまでの研究において指摘されているところである。このような増殖機転が著明に現われると、本実験のごとく歯および歯槽突起が挺出という形をとるものと推測される。以上のような増殖機転の発生過程であるが、ネズミを用いて実験を行った佐伯⁵⁰⁾は次のように述べている。対合歯を喪失して咬合機能を中絶した歯根膜腔内では組織圧が減少する。その結果、歯槽骨の骨芽細胞が増殖しやすくなり、増殖性の変化が生じるのではないかとしているが、まだ推測の段階を出ていない。

また、増殖と萎縮という一見相反するようにみえる現象がどのように関連しているのか、さらにはこのような現象を規定する要素としては、骨改造機転という面から骨に加わる機能力や年齢などが挙げられるが、それらがどのような役割を果たしているのかなど、はなはだ不明な点が多くこの方面でのより一層の研究が望まれる次第である。

② 正常な対合関係にある上顎臼歯抜去後の顎堤の形態変化(C群の結果)

歯槽頂の垂直的位置変化をみると、 P_1 , P_2 , M_1 , M_2 のいずれの部位も抜歯後 3 週までは急激な低下を示した。3 週以後 6 週までは変化が緩慢になり、それ以後はさらに緩やかになった。また頬口蓋方向への変化であるが、歯槽頂は抜歯後 3 週までに急激に口蓋方向へ移動し、6 週まで僅かに変動した後は 2 年経過時までほとんど変化を示さなかった。以上のことから歯牙抜去後の歯槽頂の変化は、頬口蓋方向では抜歯後 6 週でほぼ終了してしまうが、垂直方向は抜歯後 2 年後も緩やかに減少するものと考えられる。

Watt²⁰⁾, 黒須²²⁾, 嘉村³⁵⁾はヒトの模型を対象とした研究により, 歯槽頂の垂直方向の変化は抜歯後0.5~1ヵ月までは急激に減少し, その後は緩慢になると述べている。また頬口蓋方向への変化について嘉村は, 0.5ヵ月まで急激に歯槽頂は口蓋側方向へ移動し, それ以後の変化は僅かであつたと報告しており本実験の結果とほぼ一致している。一方イヌを用いた実験では奥野⁴¹⁾が, 歯槽頂の垂直方向への変化はほぼ6週で終了すると報告している。これに対し, イヌの乾燥頭蓋骨を計測した岡⁴⁰⁾は歯槽高径の変化は抜歯後6ヵ月まで続くとして述べており, この相違を研究資料と計測方法の違いによるのではないかとしている。いずれにせよ歯槽頂は抜歯後急激に低下した後は, きわめて緩慢に変化するものと思われる。

次に顎堤の断面積であるが, 歯牙抜去後『急激な減少の後の緩慢な減少』という顎堤の吸収の典型的な様相を呈した。すなわち, いずれの部位も抜歯後6週から3ヵ月までに急激な減少を示し, 2年間での全減少量の40%は3週まで, 70%は3ヵ月までに現われて, それ以後は緩慢な減少が2年経過時まで続いた。この減少傾向をみると, その後はさらに変化が緩慢になるものの減少が続くと考えらるべきであろう。

しかし, 奥野⁴¹⁾, 石渡⁴²⁾のイヌを対象とした研究によれば, 抜歯後に起こる断面積の変化は3ヵ月までにほぼ終了してしまい, その後はほとんど変化しないと報告している。このような相違は水谷⁴³⁾も述べているように, ヒトやサルとイヌとの組織反応性の違い^{65, 66)}や解剖学的形態の違いに帰されるものと考えられる。

一方, ヒトを対象とした研究でも抜歯後に起こる急激な顎堤の吸収は, その終了時期について1~6ヵ月という差があるものの明らかに認められており, その後に続く緩慢な減少も存在することが確認されている。Carlsson¹¹⁾, Tallgren⁹⁾, Watt²¹⁾らは5年~25年という長期にわたって吸収量を観察しており, それほどの期間が経過してもなお緩慢な吸収が続くと述べている。

次に歯槽高径の8割部における幅径, すなわち $UB_{\frac{8}{10}}^{\frac{8}{10}}$, $UP_{\frac{8}{10}}^{\frac{8}{10}}$ の変化を経時的にみると, いずれも抜歯後3ヵ月まではやや急激な減少を示し, その後は緩慢な減少を示した。これに対して, サルを用いて同じような実験を行った水谷⁴³⁾は頬側からの吸収は認められたが, 口蓋側からの吸収はほとんど認められなかつたと述べている。この差違は計測した部位の違いによって生じたものと考えられる。すなわち, 水谷は本実験における歯槽高径の3割部付近を計測しており, 本実験では8割部を計測したためである。事実, 頬側は歯槽頂から歯肉頬移行部付近

(歯槽高径の1割部付近に当たる)まで抜歯後の吸収が起きたが, 口蓋側の2割部ではほとんど変化せず, 4割部付近から吸収傾向を示すようになり, それ以上の部位では明らかな吸収を示した。つまり, 顎堤上部においては抜歯後頬側からも口蓋側からも著しい吸収が起き, その経時変化は一応『急激な減少の後の緩慢な減少』という傾向を示した。これに対し, 顎堤下部ではやや吸収量は減少するものの頬側では明らかな吸収がみられたが, 口蓋側ではほとんど吸収は起きないか, 起きても微小であつた。しかも水谷は, その経時変化は急激・緩慢という傾向を示さず, 漸減する様相を呈したと報告している。

このような顎堤の頬側と口蓋側, および上部と下部における吸収傾向の差違は, 抜歯前の歯槽骨の解剖学的形態に基づくものと思われる。すなわち, 顎堤の上部は抜歯窩が大きく歯槽骨壁が薄いために幅径の変化が大きく, 骨壁の厚い下部では変化が小さいと推測される。またサルの上顎臼歯は全て3根を持ち, そのうち2根が頬側にあるために頬側の歯槽骨壁が薄く多孔性になっていることによるものと思われる。同じくサルを資料として計測した Petrokovski⁶⁵⁾ も本実験と同様に頬側からの吸収が大であると報告している。

一方, 上述したような顎堤の頬側・口蓋側および上部・下部における吸収傾向の相違はヒトにおいても認められている。Watt²⁰⁾ はヒトの模型を使用して顎堤の頬側と口蓋側における吸収の違いを述べており, 口蓋部にはほとんど抜歯の影響が及ばないと報告している。Atkinson⁶⁷⁾, Tallgren⁷⁾ らもX線により口蓋部は変化しにくいと報告している。また黒須²²⁾, 嘉村³⁵⁾らは, 幅径は抜歯後3週から6週にかけて急激に減少し, その後は12ヵ月まで緩慢に減少するとしている。さらに顎堤の上部は大きく急激に, 下部は小さく緩慢に変化すると述べている。

次にこの三者間の関連性について述べてみよう。ここで注目されるのは, 断面積と幅径が抜歯後2年経過した時点でも変化傾向を示したが, 歯槽頂は抜歯後3週から6週まで急激に低下した後は変化の仕方がきわめて緩慢になるという点である。歯槽頂と断面積の相関係数をみると, 抜歯後初期の時点では高い相関性がみられたが, 時間の経過とともに低下していくのが認められる。一方, 幅径の抜歯後の経時変化をみると, 抜歯後3ヵ月まではやや急激に, その後は緩慢に減少するのは前述した通りである。つまり, 抜歯後早期に起こる断面積の急激な減少は, 歯槽頂の急激な低下に幅径の急激な減少が

加わる結果生じるものと推測される。また抜歯後3ヵ月以後は断面積の減少がやや緩慢になるが、これは歯槽頂の低下が僅かになり、幅径の緩慢な減少だけが断面積の変化に影響を及ぼすようになるために起こるものと考えられる。

③ 挺出した歯牙抜去後の上顎顎堤の形態変化(B群の結果)

①では、対合関係にある下顎臼歯を抜去した後の上顎歯槽突起の形態変化を詳述したが、ここではこのようにして挺出した歯を抜去した場合、その顎堤がどのような形態変化を起こすかを観察し、②において述べた上顎臼歯抜去後の正常な顎堤の形態変化と比較検討した。

まず歯槽頂の形態変化を経時的にみると、 P_1 , P_2 , M_1 , M_2 のいずれの部位も抜歯後3週まではその高さが急激に低下した。3週以後6週までは変化が緩慢になり、その後はさらに変化の程度が緩やかになった。この経時的変化だけをみると、挺出した顎堤の歯槽頂の低下は正常な顎堤の場合とほとんど変わらないといえる。しかしながら、抜歯前と比較すると正常な場合はいずれの部位も明らかに歯槽頂の低下をきたし、有意の差が認められたのに対し、挺出した顎堤では僅かに UH^{P1} の2年において有意差が認められたにすぎなかった。これはB群とC群の比較のところでも述べたように、挺出した顎堤の歯槽頂は正常な顎堤と比べて低下しにくいことを示していると考えられる。

一方、抜歯後2年経過して変化の緩やかになった挺出した顎堤の高径をみると、 $(R-L)/(R+L) \times 100(\%)$ の値がプラスのままであり、しかも +15% という大きな値を示した。さらに挺出前の値と比較検定しても明らかな有意差が認められたことは、挺出した顎堤の歯槽頂が正常な対合関係のある上顎左側の歯槽頂や挺出以前の歯槽頂よりもはるかに高くなっていることを示している。

また歯槽頂の頬口蓋方向への変化をみると、やはり正常な顎堤と同様に抜歯後3週までは急激に口蓋側へ移動し、6週まで僅かに変動した後は2年までほとんど変化を示さなかった。つまり、挺出した顎堤における歯槽頂の頬口蓋方向への変化は、正常な顎堤の場合と同様に抜歯後6週でほぼ終了すると推測される。

次に断面積であるが、いずれの部位も抜歯後急激に減少して3週までに2年間での全減少量の50%、3ヵ月までに70%という値を示した。それ以後は緩慢な減少が続く、正常な顎堤と同様に一応『急激な減少の後の緩慢な減少』という顎堤の吸収の典型的な様相を呈した。しかし、抜歯後2年経過時の値をみると、正常な顎堤では反

対側の歯槽突起の断面積よりもはるかに小さくなったのに対し、挺出した顎堤ではほぼ同程度の大きさであった。また挺出前の値と挺出した歯牙抜去後のそれぞれ時期の値を比較検定すると、抜歯後6週までは明らかに認められた有意差が3ヵ月以後は認められなくなった。これは挺出した顎堤の断面積が、挺出前の歯槽突起の断面積と同程度の大きさになったことを示している。

ここで dry skull を用いて歯槽骨の状態をみると、図25-AのExt. 2y. にみられるごとく、歯槽頂はやはり顎堤の場合と同様に左側の歯槽頂よりも高い位置に留まっていることを示している。また断面積をみてもExt. 2y. では、いずれの部位も-5%~+10%内に含まれている(図25-B)。ちなみに M_1 は水谷の研究⁴³⁾において、歯牙抜去後正常な吸収過程を示した M_1 部歯槽堤における断面積の抜歯後2年経過時の値を示しており、-30%以下になっているのがわかる。このことから挺出した顎堤が正常な顎堤よりもはるかに大きくなったのは、顎堤部粘膜の腫脹や肥厚によるものではなく、挺出した歯槽堤が正常な歯槽堤よりも大きくなったためであると推測される。つまり、挺出した顎堤の形態変化には明らかに歯槽骨の変化も付随していると考えられる。幅径についてみると、抜歯後頰側からも口蓋側からも吸収が起こり結果として幅径の減少を引き起こした。頰側における UB_2^{M1} の経時的変化は、6ヵ月までやや急激に、その後は緩慢な減少を示した。また口蓋側の UP_2^{M1} においても同様な経時的変化を示した。正常な顎堤に比べると、一応急激な減少を示すものの漸減する傾向がやや現われている。このような傾向は、上顎左側歯槽高径の8割部が挺出した歯槽突起における歯槽高径の4~5割部付近に相当するために起こるものと思われる。というのは正常な顎堤の吸収のところでも述べたように、顎堤の下部における幅径の減少傾向は漸減という性状で特徴づけられているからである。また挺出した顎堤でもやはり下部のほうが上部に比較して少ない吸収量を示した。そのために、口蓋側ではかなり吸収されたにもかかわらず挺出前の形態まで戻らずに、 UP_2^{M1} の2年経過時の値がマイナスを示したのであろう。さらに頰側でも正常な顎堤と比べて小さな減少量を示したと思われる。

以上のように、挺出した顎堤の形態変化をそれぞれ別々に述べてきたが、それらは正常な顎堤における形態変化とほとんど変わらないという結果を示した。しかし、挺出という現象の影響が抜歯後も残り、挺出前の歯槽突起と比較した場合、断面積や歯槽高径、および口蓋側の形態などが正常な顎堤では考えられないような結果を示し

た。すなわち、挺出前に比べて断面積は減少しておらず、歯槽高径ははるかに高く、口蓋側ではほとんど吸収が起きていないという結果になったわけである。つまり、挺出による増加量が抜歯後に起こる吸収量をうわまわつたために、結果として顎堤が小さくならなかつたのである。

ところで、上述のような挺出した顎堤は、機能を喪失した挺出歯を抜去した結果できたのである。このような顎堤に機能力を加えた場合、すなわち義歯を装着した場合、いかなる形態変化を起こすかはきわめて興味ある問題であり、これからの研究が待たれるしだいである。

2) 下顎歯槽部形態変化について (C群の結果)

① 残存歯の位置変化

$\frac{M_2 M_2 M_1 P_2 P_1}{M_1}$ 抜歯後の下顎残存臼歯の位置変化を、頬舌の方向、近遠心的方向、垂直的方向の3方向への変化としてそれぞれについて検討した。

まず、頬舌的位置変化をみると、 $\overline{P_1}$ はきわめて緩慢に、また $\overline{P_2}$ 、 $\overline{M_2}$ は3ヵ月までやや急激に、その後は緩慢に頬側へ移動する傾向を示した。しかし、サルの上顎において同様な実験を行った水谷の報告⁴³⁾によると、上顎臼歯はほとんど頬舌の変化は認められなかつたと述べている。このような上下顎にみられる相違は次のような理由によるものと思われる。まずサルには頬部に頬袋（食物を一時的に貯えるところ）がある。また頬部をつくる筋の発達に比し舌筋の発達が非常によい。そのため、嵌合関係を失つた歯は舌の影響を受けて頬側方向へ移動する傾向を示すと思われる。しかし、サルの臼歯部における歯軸の方向は標準水平面に対して内下方を向いている。つまり上顎臼歯は舌側方向へ傾斜しており、下顎臼歯は頬側方向に傾斜⁵⁶⁾しているのである。そのため上顎臼歯は舌の動きの影響を受けても頬側方向に移動しにくい傾向を示したのに対し、下顎臼歯はその影響をともに受けて頬側方向へ移動したものと推測される。

また、その変化量は $\overline{P_1}$ 、 $\overline{P_2}$ 、 $\overline{M_2}$ と後方へいくほど大きい傾向を示した。これは $\overline{P_1}$ 、 $\overline{P_2}$ が強固なサルの大歯の近くにあって、舌の動きから保護される形になっているが、 $\overline{M_2}$ は大歯から遠く離れておりその影響をともに受けてしまうためと考えられる。

一方、ヒトの場合は下顎第1大臼歯が欠損した場合は、第2大臼歯は舌側に傾斜すると下総^{26,27)}や富士川²⁸⁾らは報告している。これはサルとヒトにおける顎骨の形態、咬合状態、臼歯の植立方向、舌などの筋肉の発達の程度やそれらの付着位置等の違いによるものであろう。そのうちでも特にヒトでは歯軸が標準水平面に対して外

下方を向いていること、すなわち下顎臼歯が舌側方向へ傾斜していることが大きな要因となつていないかと推測される。

次に近遠心的位置変化であるが、 $\overline{P_1}$ 、 $\overline{P_2}$ は抜歯後やや急激に、3ヵ月以後は緩慢に遠心へ移動した。また $\overline{M_2}$ は同様な経時的变化をとりつつ近心に移動する傾向を示した。水谷はサルの上顎臼歯の近遠心的位置変化について同様な結果を得ている。またこのような $\overline{P_1}$ 、 $\overline{P_2}$ が遠心に移動し、 $\overline{M_2}$ が近心に移動する傾向は臨床上でもしばしばみられるところであり、下総^{26,27)}、富士川²⁸⁾らも報告している。

垂直的位置変化をみると、抜歯後やや急激に、3ヵ月以後は緩慢に挺出する傾向を示した。水谷の報告⁴³⁾した上顎臼歯の挺出傾向と比較すると、上顎臼歯は2年経過後もなお挺出する傾向がみられたが、下顎臼歯においては3ヵ月を過ぎると挺出する傾向は弱くなつた。この差違は上顎と下顎における筋や骨などの解剖学的構造の違い⁶⁸⁾に基づくことはもちろんだが、やはり上から重力の作用方向へ挺出するのと、下から重力に逆って挺出するのとの違いが一番大きな要因ではないかと推測される。

一方、挺出量を歯種別にみると上顎臼歯と同様に後方歯ほど大きい傾向が認められた。これは M_2 が P_1 や P_2 と比べて後から萌出てくることを考えると、萌出という要素が M_2 に一番残っているのではないかと考えられる。しかし、後方歯の方が挺出しやすいという現象に対する答は現在までのところ明確にされておらず、問題を将来に残している。

以上のように、残存歯の位置変化を3方向に分け、それぞれについて別々に述べてきたが、まとめてみると次のようになる。 $\frac{M_2 M_2 M_1 P_2 P_1}{M_1}$ 抜去後、 $\overline{P_1}$ はやや急激に遠心方向へ挺出しつつ、きわめて緩慢に頬側へ移動する傾向を示した。 $\overline{P_2}$ は $\overline{P_1}$ と同様な経時的傾向をとりながら遠心方向へ挺出したが、頬側への移動は $\overline{P_1}$ よりやや急激であつた。また $\overline{M_2}$ は前二者よりやや急激な経時的傾向をとりつつ、近心頬側方向への挺出を示した。

ところで、本研究は歯の位置変化を一点で代表させたため、歯全体がどのような動きをしたかは不明である。そのため歯の動きを移動という言葉で代表させた。実際には傾斜あるいは捻転が起こつているのかもしれないが、本研究ではそのような動きがとらえられないので、歯の動きを移動という言葉で代表させたのである。

② 下顎歯槽突起および顎堤の形態変化

$\frac{M_2 M_2 M_1 P_2 P_1}{M_1}$ 抜去後の下顎第1小臼歯、第2小臼歯および下顎第2大臼歯部歯槽突起の断面積、ならびに下顎

第1大臼歯部顎堤の断面積の変化についてそれぞれ検討した。

まず、残存歯部の断面積であるが、残存歯の挺出と同様な経時的变化をとりつつ増加する傾向を示した。すなわち、 LD^{P1} は抜歯後3週まで、 LD^{P2} 、 LD^{M2} は6週までやや急激に増加し、その後は緩慢な増加を示した。またその増加量をみると歯の挺出と同様やはり後方歯ほど大きな値を示した。このような歯の挺出と断面積の増加との関連性をみると、下顎においても上顎と同様に歯の出に伴い断面積も増加するものと考えられる。しかし抜歯後2年経過時の変化を比べると、上顎では2年経過後もまだ断面積は増加する傾向を強く示したのに対し、下顎では LD^{P2} と LD^{M2} で僅かに増加する傾向が認められたに過ぎなかった。ところで、上顎と下顎の断面積の増加量を比較する場合は、実測値を $(R-L)/(R+L) \times 100$ (%)という式によつて処理したことを考慮に入れなければならないのはもちろんである。このような点を十分に考慮に入れても、上顎と下顎の経時的变化が示すように下顎の方が上顎よりも小さい値を示した。つまり、対合歯抜去後の歯と歯槽突起の挺出は上顎の方が下顎より大きいことを示している。

一方、対合歯を喪失した $\overline{M1}$ 抜去後の顎堤、すなわち LD^{M1} の変化をみると、対合歯のある正常な顎堤の吸収(水谷の研究⁴³⁾による)とはまったく異つた様相を呈した。抜歯後3週までは一応急激な吸収を示したものの、6週で最小値を示した後はむしろ増加傾向をたどり、驚くべきことに抜歯後2年で、抜歯前の値とほぼ同程度の大きさになった。この両者の結果の違いは対合歯の有無に帰されるものと考えられる。すなわち、対合歯を喪失した歯槽突起が挺出し、また欠損部に向かって隣在歯が移動することは前述した通りである。そのために、対合歯を喪失した欠損部顎堤の断面積は、6週までは吸収を示すものの、それ以後は挺出量が吸収量に打ちかつて増加しはじめたものと推測される。水谷はこのような現象をサルの上顎において認めている。つまり $\frac{M1}{M2M2M1P2P1}$ を抜去した場合の上顎第1大臼歯部顎堤の断面積 UD^{M1} は、抜歯後僅かに減少傾向を示すものの6週以後は増加傾向を示したと述べている。この UD^{M1} と LD^{M1} の変化傾向を比較すると、 UD^{M1} では抜歯前との間に有意差が認められなかったのに対し、 LD^{M1} では抜歯後6ヵ月までは認められ、その後は認められなくなった。この両者の差は、上顎と下顎の歯槽突起における挺出の大きさ、換言すれば歯の挺出のしやすさに帰されるものと思われる。

VI. 総括ならびに結論

歯牙抜去後に起こる対合歯槽部の形態変化、ならびに挺出した歯牙抜去後の顎堤の形態変化を観察し検討を加えた。

研究資料として、歯の咬合状態、歯式、咀嚼筋や下顎運動などさまざまな点でヒトと類似したサルを使用した。これを研究目的により次のように分類した。すなわち、対合歯喪失後の上顎臼歯歯槽部の形態変化を観察するためのA群($M2M2M1P2P1$ 抜去)、挺出歯抜去後の上顎臼歯部顎堤の形態変化を観察するためのB群(挺出した $M2M2M1P2P1$ 抜去)、上顎臼歯歯槽部の抜歯後の正常な顎堤の形態変化と挺出状態下での $\overline{M1}$ 抜去後の下顎臼歯歯槽部の形態変化を観察するためのC群($\frac{M2M2M1P2P1}{M1}$ 抜去)、の3群に資料を分類した。形態変化の経時的推移を検索するために、抜歯前、抜歯後3週、6週、3ヵ月、6ヵ月、1年、2年にそれぞれ印象採得を行い、石膏模型を製作した。得られた模型を一定の規格のもとで計測し、上顎では歯槽突起および顎堤の断面積、歯槽頂、幅径の変化を観察した。また下顎では、歯槽突起および顎堤の断面積の変化、ならびに残存歯の位置変化について観察した。

結果の概要は下記のごとくである。

1. 上顎歯槽部の形態変化

1) 歯槽頂の位置変化

A群については、 $P1$ 、 $P2$ 、 $M1$ 、 $M2$ のいずれの部位でも歯槽頂は抜歯後6週までやや急激に、その後も一定の割合で挺出したが、頬口蓋方向への動きはほとんど認められなかった。

正常な吸収像を呈したC群では、歯槽頂は抜歯後3週まで急激に低下し、その後は緩慢に減少する傾向を示した。それとともに歯槽頂は抜歯後3週まで急激に口蓋側へ移動したが、その後は変化がほとんど認められなかった。

挺出歯を抜去した後のB群の歯槽頂は、その経時的傾向と変化量については正常な顎堤とほぼ同様であった。特に頬口蓋方向への変化については正常な顎堤とほとんど差違が認められなかった。しかし歯槽高径をみると、C群では抜歯前の高さより低い位置になったのに対し、B群では挺出前の高さよりはるかに高い位置になった。

2) 断面積の変化

挺出を示したA群では、 $P1$ 部で抜歯後3週まで、その他の部位では3ヵ月までやや急激に増加した。その後

は一定の割合で漸増し、2年経過後もなお増加傾向を示した。その増加量は後方歯部ほど大きな値を示した。

平常な吸収を示したC群では、抜歯後急激に減少し、3週までに2年間での全減少量の50%、3ヵ月までに70%という値を示し、それ以後は緩慢な減少が続いた。

挺出したB群の顎堤では、『急激な減少の後の緩慢な減少』という正常な顎堤とほぼ同様な吸収像を呈した。しかし、抜歯後2年経過後も挺出前の断面積とほぼ同程度の大きさにまでしか減少しなかった。つまり、挺出による断面積の増加量が抜歯後に起こる吸収量を上まわつたために、結果として顎堤が小さくならなかったのである。

3) 幅径の変化

まずA群の幅径についてみると、いずれの部位でも歯の挺出の影響は頰側にはほとんど現われず、口蓋側に著しく現われ、結果として幅径の増大を示した。しかしこのような変化も口蓋部付近ではほとんど認められず、歯槽高径の1/2以上で著明であつた。なおM₁部歯槽高径8割部における経時的变化は、歯槽頂や断面積の場合と同様に抜歯後6週まではやや急激に、その後は緩慢に増加する傾向を示した。

次にC群であるが、歯牙抜去後頰側からも舌側からも著しい吸収が起き、幅径の減少をもたらした。またその減少量は顎堤上部の方が下部より大きな値を示し、口蓋部にはほとんど抜歯の影響が及ばなかった。M₁部歯槽高径の8割部における経時的变化は、頰側・口蓋側のいずれも抜歯後3ヵ月まではやや急激な減少を示し、その後は緩慢な減少を示した。

挺出歯を抜去したB群の幅径は、頰側と口蓋側からの吸収の結果、正常なC群の幅径と同様に減少した。しかしその減少量は正常な場合に比べて小さな値を示した。またM₁部歯槽高径の8割部（挺出した顎堤高径の4~5割部にあたる）の経時的变化は、頰側・口蓋側のいずれも抜歯後やや急激な減少を示し、その後は緩慢な減少を示した。C群と比較すると漸減する傾向が強く認められた。

2. 下顎歯槽部の形態変化

1) 残存歯の位置変化

$\frac{M_3 M_2 M_1 P_2 P_1}{M_1}$ 抜去後、 $\overline{P_1}$ はやや急激に遠心方向へ挺出しつつきわめて緩慢に頰側へ移動する傾向を示した。 $\overline{P_2}$ は $\overline{P_1}$ と同様な経時的傾向を示しながら遠心方向へ挺出したが、頰側への移動は $\overline{P_1}$ よりやや急激であつた。また $\overline{M_2}$ は前二者よりやや急激な経時的傾向をとりつつ近心頰側方向への挺出を示した。変化の程度はいず

れの方向でも、後方歯の方が大きかつた。

2) 断面積の変化

$\frac{M_3 M_2 M_1 P_2 P_1}{M_1}$ 抜去後の下顎残存臼歯部の断面積は、 $\overline{P_1}$ 部では抜歯後3週まで、 $\overline{P_2}$ 、 $\overline{M_2}$ 部では6週までやや急激に増加し、その後はいずれも緩慢な増加を示した。またその増加量は歯の挺出と同様にやはり後方歯部ほど大きな値を示した。

一方、対合歯を喪失した $\overline{M_1}$ 部顎堤は、抜歯後3週までは一応急激な吸収を示したもののその後は次第に増加傾向をとるようになり、抜歯後2年で抜歯前の値とほぼ同程度の大きさになった。このように欠損様式によつては、顎堤の吸収の様相が正常な顎堤とは全く異つた様相を呈することも有り得ることが判明した。

稿を終るに当り、終始御懇篤な御指導と御校閲を賜つた恩師中沢勇教授に深甚なる謝意を捧げます。また懇切な御指導、御援助を戴きました松元誠助教授・水谷紘先生ならびに教室員各位に深く感謝いたします。

文 献

- 1) Euler, H.: Die Heilung von Extraktionswunden. Eine tierexperimentelle Studie, Dtsch. Mschr. f. Zahnheilk., 685~700, 1923.
- 2) Amler, M.H.: The time sequence of tissue regeneration in human extraction wounds, Oral Surg., 27: 309~318, 1969.
- 3) 池田恒彦: 最近における抜歯創の治癒機転に関する研究の総説, 歯科学報, 70: 1270~1281, 1970.
- 4) 茂木健司: 抜歯創の治癒に関するX線学的ならびに組織学的研究, 口病誌, 38: 33~57, 1971.
- 5) Atwood, D.A.: Reduction of residual ridges: A major oral disease entity, J. Prosthet. Dent., 26: 266~279, 1971.
- 6) 秋吉正豊: 歯槽骨の吸収の病理, 歯界展望, 46: 717~728, 1975.
- 7) Tallgren, A.: The effect of denture wearing on facial morphology, Acta. Odont. Scand., 25: 563~592, 1967.
- 8) Tallgren, A.: Alveolar bone loss in denture wearers as related to facial morphology, Acta Odont. Scand., 28: 251~270, 1970.
- 9) Tallgren, A.: The continuing reduction of the residual alveolar ridges in complete denture wearers: A mixed-longitudinal study covering 25 years, J. Prosthet. Dent., 27: 120~132, 1972.

- 10) Carlsson, G.E., Ragnarson, N. and Astrand, P.: Changes in height of the alveolar process in edentulous segments. A longitudinal clinical and radiographic study of full upper denture cases with residual lower anteriors, *Odont. Tidsk.*, 75: 193~208, 1967.
- 11) Carlsson, G.E. and Persson, G.: Morphologic changes of the mandible after extraction and wearing of dentures. A longitudinal, and X-ray cephalometric study covering 5 years, *Odont. Revy*, 18: 27~54, 1967.
- 12) Franks, A.S.T. and Hedegard, B.: Atrophy of alveolar and basal bone, Oxford, 1973, *Geriatric Dentistry*, p. 130~134.
- 13) Wical, K.E. and Swoop, C.C.: Studies of residual ridge resorption. Part I. Use of panoramic radiographs for evaluation and classification of mandibular resorption, *J. Prosthet. Dent.*, 32: 7~12, 1974.
- 14) Winter, C.M., Woelfel, J.B. and Igarashi, J.: Five-Year changes in the edentulous mandible as determined on oblique cephalometric radiographs, *J. Dent. Res.*, 53: 1455~1467, 1974.
- 15) Johnson, K.: A study of the dimensional changes occurring in the maxilla after tooth extraction. Part I. Normal healing, *Austral. dent. J.*, 8: 428~433, 1963.
- 16) Johnson, K.: A study of the dimensional changes occurring in the maxilla after tooth extraction. Part II. Closed face immediate denture treatment, *Austral. dent. J.*, 9: 6~13, 1964.
- 17) Johnson, K.: A study of the dimensional changes occurring in the maxilla after tooth extraction. Part III. Open face immediate denture treatment, *Austral. dent. J.*, 9: 127~134, 1964.
- 18) Johnson, K.: A study of the dimensional changes occurring in the maxilla after tooth extraction. Part IV. Interseptal alveolectomy and closed immediate denture treatment, *Austral. dent. J.*, 9: 312~322, 1964.
- 19) Pietrokovski, J. and Massler, M.: Alveolar ridge resorption following tooth extraction, *J. Prosthet. Dent.*, 17: 21~27, 1967.
- 20) Watt, D.M. and Likeman, P.R.: Morphological changes in the denture bearing area following the extraction of maxillary teeth, *Brit. Dent. J.*, 136: 225~235, 1974.
- 21) Likeman, P.R. and Watt, D.M.: Morphological changes in the maxillary denture bearing area. A follow up 14 to 17 years after tooth extraction, *Brit. Dent. J.*, 136: 500~503, 1974.
- 22) 黒須 誠: 前歯部抜歯後の歯槽部形態変化に関する研究, *歯科学報*, 75: 955~985, 1975.
- 23) Michael, C.G. and Barsoum, W.M.: Comparing ridge resorption with various surgical techniques in immediate dentures, *J. Prosthet. Dent.*, 35: 142~155, 1976.
- 24) 上条雅彦: 顎骨の老化, *日本歯科評論*, 387: 62~71, 1975.
- 25) 光井敏郎, 桜井襄二: 補綴学上から見た顔面ならびに顎の研究, 其三, 歯牙喪失における残存歯の移動について, *歯科医学*, 15: 52~56, 1952.
- 26) 下総高次: 歯牙欠損後における歯列弓の変化, 下顎第1大臼歯欠損による隣接歯の変化, 第1報, *口科誌*, 4: 256, 1955.
- 27) 下総高次: 歯牙欠損後における歯列弓の変化, 下顎第1大臼歯欠損による隣接歯の変化, 第2報, *口科誌*, 5: 311~312, 1956.
- 28) 富士川善彦: 天然歯列弓における歯冠傾斜角度および捻転角度の研究, *口病誌*, 25: 475~494, 1958.
- 29) Godon, C.: Parallelogram and polygin of forces showing the factors involved in the maintenance and overthrow of the articular equilibrium of the teeth in the dental arches, *The Dental Cosmos*, 48: 748~750, 1906.
- 30) 松元 誠: 下顎大臼歯および小臼歯欠損後の下顎骨の形態学的変化, 第1報, *口病誌*, 28: 271~290, 1961.
- 31) 松元 誠: 下顎大臼歯および小臼歯欠損後の下顎骨の形態学的変化, 第2報, *口病誌*, 29: 242~254, 1962.
- 32) 松元 誠: 下顎大臼歯および小臼歯欠損後の下顎骨の形態学的変化, 第3報, *口病誌*, 30: 30~53, 1963.
- 33) Matsumoto, M.: Changes in residual ridge of the mandible after extraction and wearing extraction saddle type of removable partial dentures, *Bull. Tokyo Med. Dent. Univ.*, 15: 67~89, 1968.
- 34) 佐藤俊之: 上顎義歯床適合性の経時的変化, *口病誌*, 32: 209~228, 1965.
- 35) 嘉村 高: 上顎歯牙抜去後における顎堤の形態的变化, *補綴誌*, 12: 1~36, 1968.
- 36) 佐藤 裕: 下顎部分床義歯装着患者の顎堤変化に関する研究, *口病誌*, 35: 34~57, 1968.
- 37) 雨森 洋: 歯の欠損による頭蓋骨の形態変化に関する実験的研究, *口病誌*, 32: 1~57, 1965.

- 38) Amemori, H. : An experimental study of changes in the form of the mandible after extraction of lower posterior teeth, Part I. The areal change of mandibular frontal sections, Bull. Tokyo Med. Dent. Univ., 13 : 59~74, 1966.
- 39) Amemori, H., Sato, Y. and Kawasaki, M. : An experimental study of changes in the weight of the mandible after loss of lower posterior teeth, Bull. Tokyo Med. Dent. Univ., 14 : 339~348, 1967.
- 40) 岡 宏 : 上顎白歯の欠損による頭蓋骨の形態変化に関する実験的研究, 口病誌, 37 : 89~154, 1970.
- 41) 奥野正孝 : 上顎歯抜去後の顎堤の形態変化および下顎歯の位置の変化に関する実験的研究, 補綴誌, 12 : 308~336, 1968.
- 42) 石渡禎弘 : 上顎前歯抜去後の顎堤の形態変化および隣在歯, 対合歯の位置的变化に関する実験的研究, 補綴誌, 16 : 293~320, 1973.
- 43) 水谷 紘 : 歯牙欠損後の顎堤の形態変化ならびに残存歯の位置変化—サルによる 実験的研究—補綴誌, 17 : 275~296, 1973.
- 44) 中沢 勇 : 部分床義歯学, 京都, 東京, 1962, 永末書店, p. 12~20.
- 45) Glickman, I. : Clinical Periodontology, fourth edition, Philadelphia, London, Toront, 1972, W.B. Saunders Company, p. 839~840.
- 46) Schwartz, L. : Disorders of the temporomandibular joint, Philadelphia, London, 1959, W.B. Saunders Company, p. 61~72.
- 47) Körber, K. : Zahnärztliche Prothetik, Band 1, Stuttgart, 1975, Georg Thieme Verlag, p. 195~205.
- 48) 秋吉正豊 : 歯周組織と機械的刺激の影響について, 歯科学誌, 6 : 442~452, 508~516, 1949.
- 49) Weinmann, J.P. and Sicher, H. : Bone and bones. 2nd ed., Saint Louis, 1955. The C.V. Mosby Co., p. 198~200.
- 50) 佐伯 誠 : ラットの大白歯の歯周組織における実験的廃用性萎縮の発生過程および修復過程について, 口病誌, 26 : 317~347, 1959.
- 51) Anneroth, G. and Ericsson, S.G. : An experimental histological study of monkey teeth without antagonist, Odont. Rev., 18 : 345~359, 1967.
- 52) 中沢 勇, 岡 宏 : 抜歯後の顎堤の形態変化, 歯界展望, 33 : 79~87, 1969.
- 53) Hobkirk, J.A. : The management of gross alveolar resorption, J. Prosthet. Dent., 29 : 397~404, 1973.
- 54) Wical, K.E. and Swoop, C.C. : Studies of residual ridge resorption. Part II. The relationship of dietary calcium and phosphorus to residual ridge resorption, J. Prosthet. Dent., 32 : 13~22, 1974.
- 55) 松元 誠, 水谷 紘, 石幡伸雄, 小野圭一 : 下顎欠損部顎堤に異常吸収の認められた症例に対する補綴処置とその予後, 日本歯科評論, 399 : 63~67, 1976.
- 56) Fujiwara, N. : Age changes in the skull of the crab-eating monkey, PRIMATES, 4 : 53~77, 1963.
- 57) Max Weber : Die Säugetiere II, Jena, 1928, Gustav Fisher Verlag, p. 797~806.
- 58) Schwarz, D.J., Huelke, D.F. : Morphology of the head and neck of the macaque monkey : The muscles of mastication and the mandibular division of the trigeminal nerve, J. dent. Res., 42 : 1222~1233, 1963.
- 59) Burch, J.G. and Lundeen, H.C. : Mandibular movements of the monkey, J. Prosthet. Dent., 25 : 183~188, 1971.
- 60) Martin, R. und Saller, K. : Lehrbuch der Anthropologie, Band 1, Stuttgart, 1957, Gustav Fischer Verlag, p. 172~174, p. 296~298.
- 61) 中尾勝彦, 田中伐平, 田中貴信 : 石膏模型の寸法精度, 補綴誌, 15 : 178~185, 1971.
- 62) 田嶋嘉雄編集 : 実験動物学(総論), 再版東京, 1972, 朝倉書店, p. 3~10.
- 63) Krough-Poulsen, W.G., Paffenbargar, G.C. and Schoonover, I.V. : Two methods of graphing the contour of the "mucosal" Surface of plaster models, J. Amer. dent. Ass., 36 : 379~385, 1948.
- 64) Ingber, J.S. : Forced Eruption. Part I. A method of treating isolated one and two wall infrabony osseous defects—rationale and case report, J. Periodont., 45 : 199~206, 1974.
- 65) Pietrovski, J. and Massler, M. : Residual ridge remodeling after tooth extraction in monkeys, J. Prosthet. Dent., 26 : 119~129, 1971.
- 66) Mangos, J.F. : The healing of extraction wounds. An experimental study based on microscopic and radiographic investigations, New Zealand D.J., 37 : 4~23, 1941.
- 67) Atkinson, H.F. and Johnson, K. : A cephalostat for investigating alveolar resorption, Austral. dent. J., 7 : 381~383, 1962.
- 68) Scott, J.H. and Dixon, A.D. : Students of Dentistry, Third Edition, Edinburgh and London, 1972, Churchill Livingstone, p. 279~280.