

## 一般集団における歯列弓形態と不正咬合の関連性

竹内 秀一, 柴口 竜也\*, 菊池 一晃\*\*  
高尾 祝文\*\*\*, 田中 栄二\*\*\*\*, 丹根 一夫\*\*\*\*

### The Association Between Dental Arch Form and Malocclusion in General Population

Suichi Takeuchi, Tatsuya Shibaguchi\*, Kazuaki Kikuchi\*\*, Norihumi Takao\*\*\*,  
Eiji Tanaka\*\*\*\* and Kazuo Tanne\*\*\*\*

(平成12年7月11日受付)

#### 緒 言

歯列弓形態は舌や口腔周囲組織<sup>1,2)</sup>、顎顔面形態<sup>3,4)</sup>などの影響を強く受けていることが知られている。また、上下顎歯列弓形態は相互に密接な関連性を有し、これが咬合の安定性および歯列に加わる力の均衡を保持する上で重要であると考えられる。

正常咬合者の歯列弓形態に関しては従来、数学的解析をはじめとした多くの定量的分析が試みられてきた。すなわち、放物線<sup>5)</sup>、懸垂曲線<sup>6)</sup>、スプライン曲線<sup>7)</sup>などによって、歯列弓形態は適切に表現されるようになった。また、歯槽骨、顎骨は、全身を構成する他の骨とは異なり、筋力のみならず、歯を介して発揮される咬合力が直接骨の内部にまで伝達されるという特徴を有している<sup>8-10)</sup>ことから、上下顎歯列弓の形態形成が相互に関連しながら進むことは容易に理解される。さらに、正常咬合者の場合、上下顎歯列弓はほぼ類似した形態を呈しやすく、とりわけ、日本人の場合、いずれも4次多項式に最も適合することが示されている<sup>11)</sup>。

一方、不正咬合においては、両者の関連は明確ではなく、様々な形態変異が存在すると考えられる。実際、臨床においては上顎歯列の狭窄のために下顎が遠心位や側方偏位を呈したり、臼歯部交叉咬合となる症例が

多く見られる。また、下顎歯列の狭窄により、前歯部叢生や鋏状咬合を呈する症例にしばしば遭遇する。さらに、種々の形態計測学的研究により、顎顔面形態と不正咬合との関連性<sup>12,13)</sup>や、歯軸傾斜および歯槽基底弓形態と歯列弓形態との関連性<sup>14,15)</sup>については多くの報告がなされてきた。しかしながら、歯列弓形態と不正咬合との関連性についてはほとんど検討されていない。

本研究では、過去に矯正歯科治療を受けていない高校生894名(男子375名, 女子519名)を対象として、口腔内診査により咬合分類と歯列弓形態の評価を行い、両者の関連性について検討した。

#### 資料と方法

##### 1. 調査対象

1996年4月に大阪府下の某高校に在籍した生徒のうち、矯正歯科治療を受けた経験のない894名(男子375名, 女子519名)を対象として、以下の診査を行った。なお、これらの被検者の中に口唇裂口蓋裂者は含まれていなかった。

##### 2. 検 者

矯正歯科臨床経験5年以上の日本矯正歯科学会認定医が検診にあたり、高校教諭が記録を行った。

##### 3. 診査方法

検診時の口腔内診査により、以下の項目について評価を行った。

##### 1) 歯列弓形態

上下顎歯列弓形態を以下の5型に分類することによ

竹内歯科医院(大阪府)

\* 大阪大学大学院歯学研究科口腔分化発育情報学講座 第1口腔解剖学教室

\*\* きくち矯正歯科(三重県)

\*\*\* タカオ矯正歯科(京都府)

\*\*\*\* 広島大学歯学部歯科矯正学講座(主任:丹根一夫教授)

り、各被検者の歯列弓形態を評価した。

- ①U字型歯列弓 (A)
- ②放物線型歯列弓 (B)
- ③狭窄歯列弓 (C)：臼歯部の舌側転位あるいは舌側傾斜によって歯列弓幅径が減少した歯列弓
- ④V字型歯列弓 (D)：前歯が唇側に傾斜し、犬歯、小白歯間幅径が減少して、V字型を呈している歯列弓
- ⑤鞍状歯列弓 (E)：小白歯群の舌側転位または傾斜により、鞍のような歯列弓形態を呈しているもの  
また、各被験者の上下顎歯列弓形態を、上記の5型の歯列弓形態の組み合わせより、AA, AB, …… , ED, EE の25通りに分類した。

2) 咬合状態

咬合状態を以下のように定義、分類し、複数の不正咬合を有している場合には重複可とした。

- ①上顎前突  
+5 mm 以上のオーバージェットを有するもの
- ②切端咬合  
前歯部が切端で咬合しているもの
- ③下顎前突  
3 前歯以上にわたり反対咬合を有するもの
- ④臼歯部交叉咬合  
片側性あるいは両側性に、臼歯部に交叉咬合を有するもの
- ⑤過蓋咬合  
+5 mm 以上のオーバーバイトを有するもの
- ⑥前歯部開咬  
負のオーバーバイトを有するもの
- ⑦前歯部叢生  
歯の萌出余地不足により、犬歯を含む6前歯中3歯以上が位置異常を呈するもの
- ⑧空隙歯列  
前歯、小白歯部に2ヶ所以上歯間空隙があるもの
- ⑨顎偏位  
上下顎正中線が5 mm 以上ずれているもの
- ⑩正常咬合  
上記不正咬合が全く認められないもの

4. 統計処理

上記分類に基づいて、各歯列弓形態と咬合状態の発現頻度を算出した上で、 $s \times k$  表の度数に基づく検定により上下顎歯列弓形態、上顎歯列弓形態と咬合状態、下顎歯列弓形態と咬合状態、上下顎歯列弓の組み合わせと咬合状態について2属性の独立性検定を行った。すなわち、“属性Aと属性Bとは独立である”という帰無仮説の下ですべての組み合わせに対して期待値を算出し、求められた $\chi^2$  値との比較により、その独立性を評価した。

結 果

1. 各歯列弓形態の発現頻度および上下顎歯列弓形態の関連性

上顎では放物線型歯列弓が最も多く、620名 (69.4%) に認められ、次いでU字型歯列弓が164名 (18.3%) に見られた (表1)。異常な歯列弓形態である狭窄歯列弓、V字型歯列弓および鞍状歯列弓については、それぞれ73名 (8.2%)、17名 (1.9%)、20名 (2.2%) に見られ、その割合は比較的少なかった。下顎についても放物線型歯列弓が759名 (84.9%) と最も多く見られた (表2)。他の歯列弓形態の発現は少ないものの、鞍状歯列弓は58名 (6.5%) に見られ、上顎と比較して多く認められた。

表1 全被検者の上顎および下顎歯列弓形態

|         |   | 上顎歯列弓形態 |     |    |    |    |     |
|---------|---|---------|-----|----|----|----|-----|
|         |   | A       | B   | C  | D  | E  | 計   |
| 下顎歯列弓形態 | A | 36      | 14  | 3  | 1  | 0  | 54  |
|         | B | 112     | 578 | 44 | 12 | 13 | 759 |
|         | C | 3       | 4   | 12 | 3  | 0  | 22  |
|         | D | 0       | 0   | 1  | 0  | 0  | 1   |
|         | E | 13      | 24  | 13 | 1  | 7  | 58  |
| 計       |   | 164     | 620 | 73 | 17 | 20 | 894 |

単位：人

- A：U字型歯列弓
- B：放物線型歯列弓
- C：狭窄歯列弓
- D：V字型歯列弓
- E：鞍状歯列弓

表2 全被検者の咬合分類

|    | 前歯部叢生 | 上顎前突 | 過蓋咬合 | 下顎前突 | 切端咬合 | 臼歯部交叉咬合 | 開咬 | 空隙歯列 | 顎偏位 | 正常咬合 |
|----|-------|------|------|------|------|---------|----|------|-----|------|
| 男子 | 248   | 67   | 78   | 9    | 37   | 7       | 19 | 47   | 2   | 52   |
| 女子 | 266   | 95   | 77   | 13   | 35   | 10      | 25 | 31   | 9   | 132  |
| 計  | 514   | 162  | 155  | 22   | 72   | 17      | 44 | 78   | 11  | 184  |

単位：人

上下顎歯列弓形態の組み合わせとしてはBB群が578名(64.7%)と最も多く、次いでAB群の112名(12.5%)であった。また、上下顎歯列弓が同一形態であるものをhomo型、異なった形態を呈するものをhetero型とすると、homo型は633名(70.8%)であったのに対し、hetero型は261名(29.2%)と少なかった。

上下顎歯列弓形態の関連性については、“上顎歯列弓形態と下顎歯列弓形態に関連がない”という帰無仮説の独立性について $\chi^2$ 検定を行った結果、2属性の $\chi^2$ 値は242.8となり、この帰無仮説は1%の危険率( $\chi^2=32.0$ )で棄却されたことより、上顎歯列弓形態と下顎歯列弓形態には有意の関連があることが示された。

## 2. 各種不正咬合の発現頻度および、上下顎歯列弓形態と咬合状態との関連性

全被験者のうち、正常咬合は184名(20.6%)に認められた(表2)。不正咬合については、叢生が最も多く、514名(57.5%)に認められた。上下顎骨の水平的不調和に関連した不正咬合では上顎前突が162名(18.1%)と多く、切端咬合と下顎前突はそれぞれ72名(8.1%)、22名(2.5%)と少なかった。垂直的な異常に関連するものでは過蓋咬合が155名(17.3%)と多く、前歯部開咬は44名(4.9%)と少なかった(表2)。

正常咬合者の上下顎歯列弓形態はAA、BB、ABの組み合わせしか認められず、とりわけBBの占める割合が80.4%と高かった。不正咬合者についてもすべての不正咬合に共通してBBの占める割合が最も高かった(表3)。

咬合状態と上顎歯列弓形態、咬合状態と下顎歯列弓形態、および咬合状態と上下顎歯列弓形態についても

同様に、“2属性に関連がない”という帰無仮説の独立性について $\chi^2$ 検定を行った結果、2属性の $\chi^2$ 値はそれぞれ133.9、74.7、330.2となり、いずれも1%の危険率で本仮説が棄却されたことより、いずれにおいても有意の関連性があることが示された。

## 考 察

### 1. 歯列弓形態について

正常咬合者を対象とした歯列弓形態の研究は本世紀初頭から行われている。Angle<sup>16)</sup>は1907年に正常咬合者の歯列弓形態を調査した結果、歯列弓に個人差は見られるもののほぼ放物線型であることを報告している。一方、Izard<sup>17)</sup>は正常咬合者の歯列弓の約75%が楕円型であり、25%が放物線型、5%はU字型で表されると報告している。また、Sicher<sup>18)</sup>は歯列弓形態が非常に多様であることを認めた上で、上顎歯列弓は一般に楕円型を、下顎歯列弓は放物線型を呈するとしている。その後、数学的な解析手法により、歯列弓を曲線に近似する研究が盛んとなり、Brader<sup>1)</sup>は歯列弓上の点を最も適切に描くものとしてPR=Cという単純な式への近似が可能であることを報告している。ここで、Pとは歯列弓上の各点における安静時の舌圧であり、Rはその点における合成曲線の半径を示し、これらの積が定数Cに一致するというものである。また、本邦では宇塚ら<sup>11)</sup>が正常咬合者の歯列弓形態を2次、4次および6次の多項式曲線で近似させた結果、歯列弓形態は4次多項式により最も近似されることを報告している。

今回の調査においても正常咬合者の歯列弓形態の80%以上が放物線型を示しており、これらの結果はAngle<sup>16)</sup>やCurrier<sup>5)</sup>によってすでに提唱されている正常咬合者

表3-1 全被験者の咬合状態と上下顎歯列弓形態

|                                 |   | 前歯部<br>叢生 | 上顎<br>前突 | 過蓋<br>咬合 | 下顎<br>前突 | 切端<br>咬合 | 臼歯部<br>交叉咬合 | 開咬 | 空隙<br>歯列 | 顎偏位 | 正常<br>咬合 |
|---------------------------------|---|-----------|----------|----------|----------|----------|-------------|----|----------|-----|----------|
| 上<br>顎<br>歯<br>列<br>弓<br>形<br>態 | A | 83        | 29       | 48       | 2        | 8        | 1           | 6  | 14       | 1   | 36       |
|                                 | B | 343       | 90       | 100      | 17       | 60       | 9           | 29 | 61       | 7   | 148      |
|                                 | C | 57        | 34       | 5        | 3        | 4        | 5           | 5  | 2        | 3   | 0        |
|                                 | D | 15        | 6        | 1        | 0        | 0        | 2           | 2  | 0        | 0   | 0        |
|                                 | E | 16        | 3        | 1        | 0        | 0        | 0           | 2  | 1        | 0   | 0        |
| 下<br>顎<br>歯<br>列<br>弓<br>形<br>態 | A | 28        | 6        | 5        | 4        | 4        | 0           | 6  | 2        | 2   | 15       |
|                                 | B | 413       | 131      | 136      | 16       | 66       | 14          | 34 | 71       | 6   | 169      |
|                                 | C | 22        | 6        | 1        | 0        | 0        | 1           | 0  | 0        | 1   | 0        |
|                                 | D | 1         | 0        | 0        | 0        | 0        | 0           | 0  | 0        | 0   | 0        |
|                                 | E | 50        | 9        | 13       | 2        | 2        | 2           | 4  | 5        | 2   | 0        |

単位：人

A：U字型歯列弓 B：放物線型歯列弓 C：狭窄歯列弓  
D：V字型歯列弓 E：鞍状歯列弓

表 3-2 全被検者の咬合状態と上下顎歯列弓形態

|    | 前歯部<br>叢生 | 上顎<br>前突 | 過蓋<br>咬合 | 下顎<br>前突 | 切端<br>咬合 | 臼歯部交<br>叉咬合 | 開咬 | 空隙<br>歯列 | 顎偏位 | 正常<br>咬合 |
|----|-----------|----------|----------|----------|----------|-------------|----|----------|-----|----------|
| AA | 13        | 4        | 5        | 0        | 1        | 0           | 1  | 2        | 0   | 15       |
| AB | 57        | 22       | 40       | 1        | 6        | 0           | 3  | 11       | 0   | 21       |
| AC | 3         | 0        | 0        | 0        | 0        | 0           | 0  | 0        | 0   | 0        |
| AE | 10        | 3        | 3        | 1        | 1        | 1           | 2  | 1        | 1   | 0        |
| BA | 12        | 1        | 0        | 3        | 3        | 0           | 4  | 0        | 1   | 0        |
| BB | 306       | 83       | 92       | 13       | 56       | 8           | 24 | 57       | 4   | 148      |
| BC | 4         | 1        | 1        | 0        | 0        | 0           | 0  | 0        | 1   | 0        |
| BE | 21        | 5        | 7        | 1        | 1        | 1           | 1  | 4        | 1   | 0        |
| CA | 2         | 1        | 0        | 1        | 0        | 0           | 0  | 0        | 1   | 0        |
| CB | 30        | 21       | 3        | 2        | 4        | 5           | 5  | 2        | 2   | 0        |
| CC | 12        | 3        | 0        | 0        | 0        | 0           | 0  | 0        | 0   | 0        |
| CD | 1         | 0        | 0        | 0        | 0        | 0           | 0  | 0        | 0   | 0        |
| CE | 12        | 9        | 2        | 0        | 0        | 0           | 0  | 0        | 0   | 0        |
| DA | 1         | 0        | 0        | 0        | 0        | 0           | 1  | 0        | 0   | 0        |
| DB | 10        | 4        | 1        | 0        | 0        | 1           | 1  | 0        | 0   | 0        |
| DC | 3         | 2        | 0        | 0        | 0        | 1           | 0  | 0        | 0   | 0        |
| DE | 1         | 0        | 0        | 0        | 0        | 0           | 0  | 0        | 0   | 0        |
| EB | 10        | 1        | 0        | 0        | 0        | 0           | 1  | 1        | 0   | 0        |
| EE | 6         | 2        | 1        | 0        | 0        | 0           | 1  | 0        | 0   | 0        |

単位：人

の歯列弓は個人差はあるものの放物線を描くという見解を支持するものである。相馬ら<sup>19)</sup>は咬合時に歯に加わる応力および応力勾配から最適な歯列弓形態について検討を行った結果、最も力学的に均衡のとれた歯列弓の形状は放物線型であったと報告している。このことから、放物線型の歯列弓は正常咬合を獲得し、これを保持するための必要不可欠な条件であると考えられる。したがって、放物線型の歯列弓は形態的にも機能的にも安定した状態であり、矯正歯科治療における理想的な歯列弓形態を決定するうえできわめて重要な情報を与えると考えられた。

一方、不正咬合者における歯列弓形態については、狭窄歯列、鞍状歯列、V字歯列、空隙歯列などの存在が報告されているのみで、その発現率についての報告はきわめて少ない。そこで、本研究では正常咬合者ばかりでなく不正咬合者を対象として、その上下顎歯列弓形態について発現率と上下顎歯列弓の組み合わせを調査した。その結果、正常咬合者だけでなく、不正咬合者においても放物線型が多くを占めることが明らかとなった。このことは不正咬合患者についても咬合の安定および口腔周囲組織との均衡状態という観点から放物線型の歯列弓形態を呈しているものと考えられた。

2. 上下顎歯列弓形態と咬合状態との関連性について  
従来の一般集団を対象とした不正咬合の発現に関する調査においては、不正咬合の頻度は小学生で30～40%、中学生で約50%、高校生で約60%であった<sup>20-23)</sup>。また、不正咬合の内訳として玉川ら<sup>23)</sup>は叢生が約24%と最も多く、ついで上顎前突が約14%であり、反対咬合、開咬および切端咬合はいずれも約3%と発現頻度が低かった。本調査においては正常咬合の占める割合は20.6%と低く、不正咬合の中では叢生が57.5%と最も高かった。この違いとして、今田ら<sup>20)</sup>、玉川ら<sup>23)</sup>の調査においては学校歯科検診の判定基準に基づいた不正咬合の判定を行っており、不正咬合の程度の中で中等度以上のもの、すなわち2前歯以上に3mm以上の萌出余地不足が生じているもののみを検出したのに対し、本調査においては3前歯以上の位置異常を呈するものを叢生とし、萌出余地の程度については検討対象としなかったことが挙げられる。また、本調査においては各種不正咬合について重複して選択した結果であることから叢生の発現率が高くなったと考えられた。一方、上顎前突については18.1%、下顎前突、開咬、切端咬合については2～8%と、従来の値とはほぼ一致していた。これらの不正咬合については程度の差はあるものの、オーバージェットおよびオーバークロウによる明確な判定基準が存在するため、判定が容易であり、

検者間の差が生じにくい不正咬合と考えられる。したがって、本研究における被検者群は従来の報告とほぼ一致した不正咬合の発現様相を示したことより、一般母集団とみなすことが可能と考えられた。

本研究において全被検者の上下顎歯列弓形態を調査した結果、上顎と下顎の歯列弓形態の間には有意の関連が存在することが明らかとなった。上下顎骨の成長については Proffit<sup>24)</sup> による臓器発育曲線からも明らかのように、神経系の成長発育に属する脳頭蓋の近くに位置する上顎骨の成長発育がこれに近い成長パターンをとるのに対し、脳頭蓋からより遠くに位置する下顎骨は、乳幼児期と思春期とに著明な成長発育を示す一般型に近い成長パターンをとると推測されている。すなわち、出生後の成長量は上顎骨よりも下顎骨のほうが大きく、相対的に発育の小さい下顎骨が次第に上顎骨に追いつくという成長パターンが考えられ、このことは、上顎歯列弓が下顎歯列弓のテンプレートとなりうることを示唆している。しかし、本研究における上下歯列弓形態の調査結果を上顎歯列弓に基づいて分類した場合、すべての上顎歯列弓形態について放物線型を示す下顎歯列弓が最も多かった。すなわち、上顎歯列弓の形態がどのような場合においても下顎歯列弓は放物線型を示す結果となった。反対に、下顎の歯列弓形態に基づいて上顎歯列弓形態を分類すると、下顎歯列弓がU字型を示す場合、上顎歯列弓はU字型が最も多く、下顎歯列弓が放物線型を示す場合には上顎歯列弓は放物線型が最も多かった。さらに、下顎歯列弓が鞍状歯列弓を示す場合には上顎歯列弓も鞍状歯列弓である割合が最も高かった。このことより下顎歯列弓形態は上顎歯列弓形態に及ぼす影響が強く、上顎歯列弓形態の決定は下顎歯列弓形態に依存しやすいことが示唆された。

また、本研究結果より上下顎歯列弓形態と咬合状態との間にも有意の関連性が認められた。このことは不正咬合状態に特徴的な上下顎歯列弓形態の存在を示唆するものである。従来の報告において、岩瀬ら<sup>25)</sup> は前歯部叢生の発現には前歯部における歯列弓長径が関係すると述べている。また、進来ら<sup>26)</sup> は軽度の叢生を呈する患者を対象としてその歯列弓形態について検討を行った結果、大坪の標準値と比較して叢生症例における上顎歯列弓長径は有意に大きく、下顎歯列弓についても有意差は認められないものの、大きい傾向を示すのに対し、歯列弓幅径は上下顎ともに小さいことから、叢生症例では歯列弓の狭窄が認められやすいことを報告している。また、松本ら<sup>27)</sup> は歯冠幅径総和に対する歯列弓の幅径および長径の比について検討した結果、歯列弓の前後的あるいは内外側的な大きさと叢生度と

の間に負の相関が認められることを明らかにした。これらの結果は歯列弓の狭窄と叢生の発現との間に関連があることを示唆している。

本研究結果においても、叢生症例における狭窄歯列弓および鞍状歯列弓の割合が他の不正咬合と比較して高いことより、叢生症例においては歯列弓の狭窄を随伴しやすいことを示唆している。他の不正咬合については症例数は少ないものの、上顎前突あるいは臼歯部交叉咬合を呈する場合、上顎歯列弓は狭窄歯列弓を呈する割合が高く、上顎歯列弓が狭窄歯列弓である上顎前突の症例では80%以上の下顎歯列弓が放物線型を呈していた。このような所見は臨床によく認められるものであり、たとえば上顎歯列の狭窄が下顎遠心咬合を引き起こして生じる上顎前突や、上顎歯列の狭窄に起因した咬頭干渉により生じた臼歯部交叉咬合や顎偏位症例を意味するものと考えられた。以上の所見より、上下歯列弓形態の特徴は各種不正咬合の発現機序を説明しうるものであり、早期の歯列弓形態の改善が不正咬合の発現を防止するうえで必要不可欠であることが強く示唆された。

## 文 献

- 1) Brader, A.: Dental arch form related with intraoral forces: PR=C. *Am. J. Orthod.* **61**, 541-561, 1972.
- 2) Proffit, W.R.: Muscle pressures and tooth position: North American whites and Australian aborigines. *Angle Orthod.* **45**, 1-11, 1975.
- 3) 恩田稔彦: 人の顔の形と、歯列弓の形及び歯冠の形との相互類似性に関する研究. *歯科学報* **62**, 194-208, 1962.
- 4) 青木美穂, 相馬邦道, 三浦不二夫: 矯正治療後の歯列弓形状. *日矯歯誌* **47**, 780-795, 1988.
- 5) Currier, J.H.: A computerized geometric analysis of human dental arch form. *Am. J. Orthod.* **56**, 164-179, 1969.
- 6) Scott, J.H.: The shape of the dental arches. *J. Dent. Res.* **36**, 996-1003, 1957.
- 7) BeGole, E.A.: A computer program for the analysis of dental arch form using the cubic spline function. *Comput. Program. Biomed.* **10**, 136-142, 1979.
- 8) Hart, R.T., Hennbell, V.V., Thongpreda, N., van Buskirk, W.C., Anderson, R.C.: Modeling the biomechanics of the mandible: A three-dimensional finite element study. *J. Biomech.* **25**, 261-286, 1992.
- 9) Ralph, J.P., Caputo, A.A.: Analysis of stress patterns in the human mandible. *J. Dent. Res.* **54**, 814-821, 1975.
- 10) Mongini, F., Calderale, P.M., Barberi, G.: Rela-

- relationship between structure and the stress pattern in the human mandible. *J. Dent. Res.* **58**, 2334-2337, 1979.
- 11) 宇塚 聡, 新井一仁, 石川晴夫: 正常咬合者の歯列弓形態への多項式曲線の適合性. *日矯歯誌* **59**, 32-42, 2000.
  - 12) Sassouni, V.: A classification of skeletal facial types. *Am. J. Orthod.* **55**, 109-123, 1969.
  - 13) Subtelny, J.D., Sakuda, M.: Open-bite: Diagnosis and treatment. *Am. J. Orthod.* **50**, 337-358, 1964.
  - 14) Lundstrom, A.F.: Malocclusion of the teeth regarded as a problem in connection with the apical base. *Int. J. Orthod. Oral Surg.* **11**, 591-602, 724-731, 793-812, 933-941, 1022-1042, 1109-1133, 1925.
  - 15) 川村 全, 金澤英作, 葛西一貴: コンピュータ断層写真による下顎歯の植立状態と下顎骨形態との関連性について. *日矯歯誌* **57**, 299-306, 1998.
  - 16) Angle, E.H.: Treatment of malocclusion of the teeth. 7<sup>th</sup> ed., The S.S. White Dental Manufacturing Co., Philadelphia, 1907.
  - 17) Izard, G.: New method for the determination of the normal arch by the function of the face. *Int. J. Orthodontia* **13**, 582-595, 1927.
  - 18) Sicher, H.: Oral anatomy. C.V. Mosby, St. Louis, pp. 262-263, 1952.
  - 19) 相馬邦道, 石田哲也, 三浦不二夫: 各種形態の歯列弓上における咬合応力分布. *日矯歯誌* **50**, 224-240, 1991.
  - 20) 今田義孝, 小島敏嗣, 伊東美紀, 他: 不正咬合の疫学調査 第1編 小学生における不正咬合の総発現頻度. *広島歯誌* **19**, 38-41, 1991.
  - 21) 須佐美隆三, 浅井保彦, 広瀬浩三, 他: 不正咬合の発現に関する疫学的研究 1. 不正咬合の発現頻度. *日矯歯誌* **30**, 221-229, 1971.
  - 22) 須佐美隆三, 浅井保彦, 広瀬浩三, 他: 不正咬合の発現に関する疫学的研究 2. 不正咬合の発現頻度の年齢分布. *日矯歯誌* **30**, 230-236, 1971.
  - 23) 玉川幸二, 渡辺八十夫, 井藤一江, 他: 不正咬合の疫学調査—第4編 中学生・高校生における不正咬合の発現頻度—. *広島歯誌* **27**, 17-23, 1999.
  - 24) Proffit, W.R.: Contemporary orthodontics. C.V. Mosby, St. Louis, 1986.
  - 25) 岩瀬 泉, 三谷英夫: 下顎前歯叢生の下顎切歯歯冠および歯列弓形態の関連性. *日矯歯誌* **43**, 540-551, 1984.
  - 26) 進来亜希, 森本徳明, 天野有希, 竹本美保, 石塚泰男, 丹根一夫: 歯と顎の大きさの年代別差異. *日矯歯誌* **54**, 112-117, 1995.
  - 27) 松本光生, 黒田康子, 瀧 成和: 叢生歯列に関する研究. 第4編 叢生の程度と模型分析との関係. *日矯歯誌* **31**, 325-330, 1972.