上顎前突者における垂直的な咬合パターンを 識別するアルゴリズムの開発と臨床応用

村 田 悟 木 村 鉄 生
宮 島 邦 彰 永 原 邦 茂

Development and Clinical Application of Algorithm for Discriminating Vertical Patterns of Class II Malocclusions

SATORU MURATA, TETSUO KIMURA,
KUNIAKI MIYAJIMA and KUNISHIGE NAGAHARA

Abstract : The purpose of the present cephalometric investigation was to establish a link in the series of morphological researches discriminating vertical patterns by the following means.

1. Developing an algorithm to discriminate vertical patterns of Class II malocclusions.
2. Clearly defining disparity of algorithms to discriminate vertical patterns between Class II and Class III.
3. Clinically applying the algorithm and examining its validity.

The subjects for this investigation were 117 female patients aged 15 years and over with the chief complaint of maxillary protrusion. The maxillary protrusions of 61 patients were accompanied by open bite, and those of 56 patients by deep bite. All the data were derived from initial lateral cephalometric radiographs.

The results of this investigation were as follows :

1. The value indicated by vertical indicator (VI) for Class II was $y = -0.41 * (\text{Lower facial height}) + 0.35 * (\text{Wits appraisal}) + 19.78$.
2. The primary factor, when applied to vertical patterns, is less complicated in Class II than Class III.
3. Diagnosis of vertical patterns with VI for orthognathic surgery was accomplished, the degree of treatment effect accompanying it was understood, and an index of stability for post treatment was obtained.

Key words : vertical skeletal pattern (垂直的咬合パターン), algorithm (アルゴリズム), numerical analysis (計量診断)

[Received Jun. 23, 1995]

緒 言

垂直的な咬合パターンの異常には過蓋咬合と開咬があり、矯正治療においてこれら不正咬合の改

善は、重要な課題の一つである。そのために、従来より形態の特徴や治療方法について数多くの研究報告がなされてきた¹⁻¹¹⁾。

しかし、これらの多くの報告は一変量解析法で

あった。Dung ら¹¹⁾は一変量解析法の限界と多変量解析法の必要性を指摘している。Kim¹²⁾は垂直的な咬合パターンを鑑別するために KIM'S INDICATOR (ODI: Angle of A-B plane to Mandibular plane と Angle of Palatal plane to F. H. plane との総和, 以後 ODI と呼ぶ) を考案し, この分野での大きな前進を果たした。さらに, Wardlaw ら¹³⁾はこの指標の有効性は高いと報告している。

武内¹⁴⁾は垂直的な咬合異常と骨格的要因との関連は混合歯列期にすでに現れているために, 早期に垂直的な orthopedic force を応用する必要性のあることを報告している。

しかしながら, 骨格的要因が強く, 矯正治療による咬合の改善が得られにくい成人患者の場合には, 外科的処置の併用を考慮する必要がある。

今回は垂直的な咬合パターンに関する形態学的研究の一環として, 外科矯正症例の診断に役立つ Indicator を開発するために, 以下の検討を行うこととした。

1. 上顎前突者における垂直的な咬合パターンを識別するアルゴリズム (判別式) を開発する。
2. 開発された上顎前突者と既に報告した反対咬合者におけるアルゴリズムの結果¹⁵⁾から, 説明変数の違い, 内部的中率の違いについて検討する。
3. 開発したアルゴリズムを臨床応用し, その有効性について検討を行う。

資 料

愛知学院大学歯学部附属病院矯正歯科および名古屋地区の歯科矯正専門医に上顎前歯の突出 (overjet が 6.0mm 以上) を主訴に来院した女性患者 (15歳以上の Semi-Adult) を対象とし, 開咬者 (以後, Open 群と呼ぶ) 61名, 過蓋咬合者 (以後, Deep 群と呼ぶ) 56名の合計117名を選定した。資料は上記の対象者の初診時における側面セファログラムを用いた。なお, 側面セファログラム上で overbite が 0 mm 未満の症例を開咬, 4.0mm 以上のものを過蓋咬合とした。

方 法

I. 計測点の設定および計測項目 (Fig. 1,

Fig. 1 Cephalometric landmarks

Table 1)

側面セファログラムの計測点の設定は飯塚ら¹⁶⁾, Ricketts ら¹⁷⁾に従った。計測項目は前報¹⁵⁾と同様に矯正臨床において広く一般に用いられている 1) Wylie 法¹⁸⁾の 8 項目, 2) Coben 法¹⁹⁾の 14 項目, 3) Northwestern 法²⁰⁾の 10 項目, 4) Ricketts¹⁷⁾の 14 項目, 5) Bjork²¹⁾の N-S-Ar, 6) Kim^{12,22)}の 3 項目, 7) 神山ら²³⁾の 2 項目, 8) McNamara²⁴⁾の 3 項目, 9) Jacobson²⁵⁾の Wits appraisal の合計 56 項目の骨格系に関するものである。

II. 分析方法 (Fig. 2)

分析方法は 3 段階における項目の絞り込みを行った。第 1 段階は Open 群と Deep 群との分散比の検定および母平均値の差の検定を行い, 各項目における t 値を求めた。

第 2 段階は前述の t 検定から $P < 0.05$ を示す項目を対象にして, マハラノビス汎距離を用いた群平均法によるクラスター分析²⁶⁾を行った。クラスター数の決定は各クラスターに属する項目がセファログラム計測学的に類似した性質をもつと判定できるクラスター数とした。そして, 各クラスターに含まれている項目の内から, t 値が最も高

Table 1 Comparison of group means between Open and Deep groups

Variable	Open	(N=61)	Deep	(N=56)	t-value	Sig.
	Mean	S.D.	Mean	S.D.		
Wylie						
N-S	68.7	2.8	69.9	2.9	2.2*	
N-Me	134.6	5.7	129.0	5.7	5.3***	
N-Ans	58.8	3.0	59.6	2.7	1.5	
Ans-Me	80.0	4.9	73.4	5.5	6.8***	
A'-Ptm'	48.7	3.0	50.7	2.9	3.7***	
Gn-Cd	116.1	6.1	115.6	5.2	0.5	
Pog'-Go	75.9	4.5	77.2	4.6	1.5	
Cd-Go	56.9	5.8	60.1	4.5	3.3**	
Cohen						
Ba-N	108.6	3.8	110.0	3.9	1.9	
Ba-S	49.0	2.8	48.7	2.6	0.4	
Ar-Po	108.7	6.4	108.8	5.4	0.1	
Ar-Go	45.5	5.9	48.7	5.0	3.2**	
Go-Po	77.0	4.6	78.7	4.7	2.0	
Ptm-A	49.1	2.9	50.9	3.1	3.3**	
N-M	132.9	5.4	127.9	5.4	5.0***	
N-Ans	58.3	3.1	58.9	2.6	1.1	
Ans-M	74.6	4.5	69.0	5.0	6.4***	
S-Ar	32.9	3.0	32.9	2.8	0.1	
S-Go	78.1	7.1	81.3	5.3	2.7**	
S-Gn	128.9	5.8	126.3	5.3	2.5*	
Ar-Me	106.2	6.5	106.4	5.3	0.1	
Northwestern						
SNA	78.7	3.9	79.9	3.2	1.9	
SNB	72.9	3.9	74.0	3.3	1.6	
SNP	72.2	4.3	74.0	3.5	2.5*	
ANB	5.7	2.5	5.9	2.3	0.5	
FH to SN	12.2	3.1	12.3	2.8	0.2	
NF to SN	10.8	3.2	11.5	3.4	1.2	
Y-axis to SN	79.4	4.6	75.8	4.0	4.5***	
Mp to SN	46.5	7.2	38.2	6.3	6.6***	
Gonial angle	127.8	6.4	120.2	6.3	6.4***	
Ramus to SN	98.7	6.3	98.0	5.4	0.6	
Ricketts						
Facial axis	78.1	5.0	82.6	4.0	5.3***	
Facial depth	84.9	3.3	86.7	3.3	3.0**	
Mandibular plane angle	34.2	6.1	25.9	5.8	7.6***	
Lower facial height	55.2	4.9	47.6	4.2	8.9***	
Mandibular arc	27.5	4.9	34.0	4.8	7.3***	
Total facial height	70.2	6.0	62.4	5.4	7.4***	
Convexity	6.8	3.6	6.2	3.4	0.9	
Cranial deflection	31.0	2.2	30.4	2.3	1.4	
Cranial length anterior	58.4	2.4	59.0	2.3	1.4	
Cranial length posterior	50.3	3.1	51.0	3.0	1.3	

Table 1 つづき

Posterior facial height	67.1	5.7	70.9	5.2	3.8***
Ramus position	74.1	3.1	73.9	3.1	0.3
Porion location	42.4	3.4	42.6	3.1	0.3
Corpus length	67.4	4.2	67.5	3.5	0.1
Bjork					
N-S-Ar	127.4	5.3	129.1	4.8	1.7
Kim					
A-B to Mp	68.3	4.8	76.8	4.8	9.5***
ODI	66.9	5.9	75.9	6.5	7.9***
APDI	76.0	4.9	76.5	4.6	0.6
Kamiyama					
SN, Ar-Gn	65.0	5.5	60.0	4.8	5.1***
FH to NF	- 1.4	2.4	- 0.8	3.4	1.1
McNamara					
Nasion perp. point A	1.0	3.1	2.5	3.5	2.5*
Co-point A	84.9	4.8	87.8	4.2	3.5***
Pog to Nasion perp.	-11.4	7.6	- 7.0	7.0	3.2**
Jacobson					
Wits appraisal	3.2	3.4	5.9	3.4	4.3***

Sig.: significance between Open and Deep groups

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

Fig. 2 Statistical selective method by 3 steps mode

い項目を抽出した。

第3段階はクラスター分析によって抽出された項目から stepwise mode による判別分析²⁶⁾を行った。説明変数の選定基準は前報¹⁵⁾と同様に partial F 値を10以上とした。

さらに上顎前突者と反対咬合者における判別分析の結果から、1. 説明変数の違い、2. 内部的中率の違いについて検討した。

結 果

I. クラスター分析 (Table 1, 2)

t 検定の結果、 $P < 0.05$ で有意の項目は29項目

であった。これらの項目を対象にしてクラスター分析（群平均法）を行ったところ、10クラスターに分類できた。その結果は以下に示す通りである。

G1 に属する項目は Facial depth, Pog to Nasion perp., SNP, Facial axis であった。このことから、G1 のセファロ計測学的な意味は下顎骨の前後的位置に関するものであると解釈された。

G2 に属する項目は A-B to Mp, ODI, Mandibular arc であった。このことから、G2 は主に A-B plane に対する Mandibular plane の成す角度および下顎頭軸に対する下顎骨体軸の成す角度に関するものであると解釈された。

G3 に属する項目は Cd-Go, Posterior facial height, S-Go, Ar-Go であった。このことから、G3 は後顔面高に関するものであると解釈された。

G4 に属する項目は A'-Ptm', Ptm-A, Co-point A であった。このことから、G4 は上顎骨の前後径に関するものであると解釈された。

G5 に属する項目は Nasion perp. Point A であった。このことから、G5 は上顎骨の前後的位置に関するものであると解釈された。

G6 に属する項目は N-S であった。このことから、G6 は前頭蓋基底長に関するものである

Table 2 Cluster analysis (group average method)

*: Measurements within each cluster with the highest t-value

と解釈された。

G7 に属する項目は Wits appraisal であった。このことから、G7 は咬合平面を基準とした上下顎骨の前後的位置関係に関するものであると解釈された。

G8 に属する項目は N-Me, N-M (Coben 法¹⁹⁾), Ans-Me, Ans-M, S-Gn であった。このことから、G8 は主に前顔面高に関するものであると解釈された。

G9 に属する項目は Y-axis to SN, SN. Ar-Gn, Mp to SN, Mandibular plane angle, Total facial height, Lower facial height であった。このことから、G9 は下顎骨の回転に関するも

のであると解釈された。

G10 に属する項目は Gonial angle であった。このことから、G10 は顎角の傾斜角に関するものであると解釈された。

次に、各クラスターに含まれている項目の内から、t 値が最も高い項目を抽出した。その結果、G1 : Facial axis, G2 : A-B to Mp, G3 : Posterior facial height, G4 : A'-Ptm', G5 : Nasion perp. Point A, G6 : N-S, G7 : Wits appraisal, G8 : Ans-Me, G9 : Lower facial height, G10 : Gonial angle の10項目であった。

II. 判別分析 (Fig. 3, Table 3)

上記のクラスター分析によって抽出された10項

Fig. 3 Standardized Discriminant Scores

Table 3 Discriminant analysis between open and deep group at Class II malocclusion

Variable	F-value	Discriminant coefficient			
Lower facial height	85.47	-0.41			
Wits appraisal	23.09	0.35			
Constant		19.78			
Maharanobis' generalized distances	4.05	out in	Deep	Open	total
Estimated discriminant error rate	15.70%	Deep	49	7	56
Apparent error rate	88.03%	Open	7	54	61

Table 4 Discriminant analysis between open and deep groups at Class III malocclusion

Variable	F-value	Discriminant coefficient			
ANB	19.84	-1.67			
Facial depth	15.64	-1.38			
Mandibular plane angle	59.98	-0.35			
Nasion perp. point A	11.64	1.01			
Constant		133.48			
Maharanobis' generalized distances	3.08	out in	Deep	Open	total
Estimated discriminant error rate	19.02%	Deep	37	9	46
Apparent error rate	80.90%	Open	25	107	132

Table 5 Comparison of apparent error rate between Class II and Class III groups

	true	error	Sig.
Class II	103 (88.0%)	14 (12.0%)	n.s.
Class III	144 (80.9%)	34 (19.1%)	

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; n.s.: not significant

目を対象にして、判別分析を行った結果、判別式 $y = -0.41^* (\text{Lower facial height}) + 0.35^* (\text{Wits appraisal}) + 19.78$ を得、これを Vertical indicator (VI) と名付けた。

Ⅲ. 開発された上顎前突者と既に報告した反対咬合者における判別分析の結果との相違 (Table 4, 5)

成人の反対咬合者における判別式¹⁵⁾は $y = -1.67^* (\text{ANB}) - 1.38^* (\text{Facial depth}) - 0.35^* (\text{Mandibular plane angle}) + 1.01^* (\text{Nasion per. Point A}) + 133.48$ であった。

上顎前突者と反対咬合者における説明変数の数は前者が2項目、後者は4項目であり、両群には共通項目はなかった。

上顎前突者と反対咬合者における内部的中率は前者が117例中103例 (88.03%)、後者が178例中144例 (80.90%) であり、上顎前突者における内部的中率は7.13%と反対咬合者のそれより高いが、 χ^2 検定より両群間には有意差はなかった。

症 例

Vertical indicator (VI) を以下の症例に臨床応用し、その有効性について検討を行った (Fig. 4, 5, Table 6)。

患者は開咬を伴う出っ歯を主訴に来院した12歳1か月の女兒である。

習癖としては弄舌癖がある。顔面正貌は左右対称で、オトガイ筋の緊張および長顔貌を呈していた。側貌ではオトガイ部の後退と上下口唇の突出感を認めた (Fig. 4 A)。口腔内所見は、上下顎歯列に叢生およびスペース不足を呈していた。Overjet は7.2mm, overbite は-3.7mm であり、臼歯部咬合関係は左右側ともに Angle Class I を呈していた (Fig. 5 A)。セファログラム所見では Lower facial height が56.0, Wits appra-

isal が2.9であり、Vertical indicator (VI) は-2.2を示した (Table 6)。

この値は正常咬合者の値²⁷⁾と比較して -1 S.D. 以下であったことから、診断は骨格性の開咬を伴う上顎前突である。

治療方針は overjet・overbite および上下歯列のスペース不足の改善を目的に $\frac{7}{8} \frac{4}{4} \frac{4}{4} \frac{7}{8}$ の抜歯後、head gear による上顎骨の成長発育の抑制および multi bracket 装置による歯列矯正を行うこととした。

治療経過は上記の治療方針に基づき、12歳6か月時に $\frac{7}{8} \frac{4}{4} \frac{4}{4} \frac{7}{8}$ の抜歯を行い、head gear および multi bracket 装置を装着し、15歳時に個性正常咬合の獲得が得られたので動的治療を終了した (Fig. 4 B, 5 B)。治療期間は2年10か月である。動的治療終了時の Vertical indicator (VI) は-3.5と1.4減少した。

その後、咬合の安定をはかる目的で保定治療を

Fig. 4 Facial photographs at the initial (A) and after the treatment (B)

Fig. 5 Oral photographs at the initial (A), after the treatment (B) and the retention (C)

Table 6 The change of Vertical indicator

Stage Age	A		B		C	
	12y	1m	15y	0m	18y	8m
Lower facial height (°)	56.0		56.6		57.2	
Wits appraisal (mm)	2.9		- 0.3		0.4	
Vertical indicator	- 2.2		- 3.5		- 3.5	

A : Initial B : After treatment C : Retention

開始したが、3年8か月後における overjet は 5.7mm と後戻りがみられた (Fig. 5 C)。また、その時点における Vertical indicator (VI) は動的治療終了時の値と同じく -3.5 であった (Table 6)。

考 察

I. 研究資料について

Sassouni ら²⁹⁾は開咬と過蓋咬合との形態的 要因の相違は成人よりも若年者の方が少ないと報告している。

そこで、著者ら¹⁵⁾は咬合発育段階別に反対咬合者における垂直的な咬合パターンを識別する判別式を開発し、さらに成長発育に伴う判別式の相違について検討した。その結果、混合歯列期におけ

る骨格的要因は永久歯列期における要因に包含されており、永久歯列期ではより複雑となっていることを報告した。

以上の理由から本研究では成人資料を対象とした。また、垂直的な咬合パターンに関する形態的研究の一環として、上顎前突者を対象として検討を行った。

II. 分析方法について

本研究では前報告¹⁵⁾と同様に統計的な客観的立場にたって、骨格的要因に関わる数多くの項目の中から3段階の項目の絞り込みを行った。また、各分析法には以下に述べるような形態学的な意義を持つ。

第1段階では t-test により、Open 群と Deep 群との有意差を示した29項目が抽出できた。これにより、両群間における骨格的要因の相違について小括を行うと以下になる。

Open 群は Deep 群と比較して、(1) 下顎骨の後方回転による下顎骨の後退および前顔面高の過大・後顔面高の短小、(2) 上顎骨の後退位および短小、(3) 顎角の開大、(4) 前頭蓋基底長の短小が認められた。

ここで、t-test により抽出された29項目にはセ

Table 7 Discriminant analysis between open and deep groups at Class II malocclusion using 10 variables selected by cluster analysis

Variable	F-value	Discriminant coefficient
N-S	2.63	0.24
Ans-Me	1.22	-0.18
A'-Ptm'	1.40	-0.21
Gonial angle	0.03	-0.01
Fucial axis	1.63	-0.16
Lower facial height	3.87	-0.32
Posterior facial height	1.66	0.14
A-B to Mp	0.12	0.05
Nasion perp. point A	1.06	0.13
Wits appraisal	5.63	0.31
Constant		23.48
Maharanobis' generalized distances		4.74
Estimated discriminant error rate		13.82%
Apparent error rate		89.74%

ファロプログラム計測学的に類似した意味合いを持つ項目の組み合わせが多数含まれている。そこで、第2段階ではクラスター分析によって得られた dendrogram から、セファロプログラム計測学的に類似した意味を有すると判断される項目を一つのグループとした。そして、各グループ毎に t-値が最も高い項目をその代表項目とした。クラスター分析²⁶⁾には最近隣法・最遠隣法・重心法・メジアン法・ウォード法・群平均法がある。これらのクラスター分析を行って見たところ、群平均法が最もセファロプログラム計測学的に類似した意味を有すると判断される項目毎に分類できたので、本研究では群平均法を利用した。

第3段階ではクラスター分析によって抽出された10項目から stepwise mode による判別分析²⁶⁾を行った。判別分析を行う場合、partial F 値には絶対的な基準がないので、各研究者により任意に決定されている。一般に説明変数が多いほど有意性の高い判別式が得られる反面、式が冗長となり実用性は低下してしまうという欠点がある。本研究ではまずクラスター分析によって抽出された10項目を用いて判別分析を行い (Table 7)、本結果における内部的中率とを比較した。その結果、前者では89.74%を示し、後者では88.03%と内部

的中率の低下が少ないことがわかった。以上の様な手順に基づいて partial F 値を10以上とした。今回開発したアルゴリズムを Vertical indicator (VI) と名付けることにした。

Ⅲ. 上顎前突者における判別式と反対咬合者との比較検討 (Table 4, 5)

上顎前突者における Vertical indicator (VI) を構成している説明変数 (項目) は Lower facial height, Wits appraisal であった。これら項目におけるセファロプログラム計測学的意味は (1) 下顎骨の回転, (2) 咬合平面を基準とした上下顎骨の前後的位置に関するものであった。

下顎前突者における説明変数は ANB, Facial depth, Mandibular plane angle, Nasion perp. Point A であった。これら項目におけるセファロプログラム計測学的意味は (1) 上下顎骨の前後的位置関係, (2) 下顎骨の前後的位置関係, (3) 上顎骨の前後的位置関係, (4) 下顎骨の回転に関するものであった。

以上のように上顎前突者の判別式に関わる説明変数は2項目、反対咬合者においては4項目であったことから、上顎前突者における判別式は反対咬合者より単純なものであった。また、両群を同一に扱って解析した KIM'S INDICATOR (O-DI)¹²⁾ の場合、判別効率の低下を起こす欠点がある。そのために、上顎前突者と反対咬合者とのそれぞれの判別式を使い分ける必要がある。

Ⅳ. 判別式の臨床応用

Vertical indicator (VI) の解釈は、Y 値がプラス側に大きいもの程、骨格的な要因を強く持つ過蓋咬合と診断され、逆にマイナス側に大きいもの程、骨格性開咬と診断される。

本治療例においては初診時 (12歳1か月) における Vertical indicator (VI) は-2.2を示したことから、骨格性開咬と診断される。そこで治療方針としては、Vertical indicator (VI) を改善するために head gear を使用することとした。しかしながら、動的治療終了時 (15歳) には-3.5を示し、本症例の改善は骨格系ではなく、歯系によってなされたことが確認できた (Table 6)。さらに、保定治療を開始後3年8か月時における overjet は5.7mm と後戻りがみられたことから、

Vertical indicator (VI) が動的治療後における咬合の安定に何等かの関連があるのではないかと推察された。

以上のことから, Vertical indicator (VI) の臨床的な意義には以下に示す事項が考えられる。

(1) 初診時における垂直的な咬合パターンの異常の程度が計量的に把握できる。(2) 外科矯正の診断や治療目標の設定および治療方針・方法の立案に役立つ。(3) 動的治療後における改善程度が数量的に評価できる。(4) 予後の安定のための指標となり得る。

ただ, 外科矯正症例は下顎前突が殆どであり, 統計処理を行うのに十分な上顎前突の外科矯正症例がない。今後は上顎前突における外科矯正の有無を判定するための指標として, Vertical indicator (VI) の臨床的な閾値を検索していく予定である。

本論文の要旨は第5回日本顎変形症学会総会(平成7年6月2日:浜松市)において発表した。

稿を終えるにあたり, 終始ご懇篤なるご指導とご校閲を賜った本学歯学部歯科矯正学講座飯塚哲夫教授に深く謝意を表します。

文 献

- Prakash, P. and Margolis, H. I.: Dentocraniofacial relations in varying degrees of overbite, Am J Orthod 38: 657-673, 1952.
- Hapak, F. M.: Cephalometric appraisal of the open-bite case, Angle Orthod 34: 65-72, 1964.
- Subtelny, J. D. and Sakuda, M.: Open bite: Diagnosis and treatment, Am J Orthod 50: 337-358, 1964.
- Schudy, F. F.: Vertical growth versus anteroposterior growth as related to function and treatment, Angle Orthod 34: 75-93, 1964.
- Creekmore, T. D.: Inhibition or stimulation of vertical growth of the facial complex, Angle Orthod 37: 285-297, 1967.
- Richardson, A.: Dento-alveolar factors in anterior open bite and deep over bite, Dent Pract Dent Rec 21: 53-57, 1970.
- Nahoum, H. I.: Vertical proportions and the palatal plane in anterior openbite, Am J Orthod 59: 273-282, 1971.
- Isaacson, J. R., et al.: Extreme variation in vertical facial growth and associated variation in skeletal and dental relation, Angle Orthod 41: 219-229, 1971.
- Nahoum, H. I., et al.: Varieties of anterior open bite, Am J Orthod 61: 486-492, 1972.
- Cangialosi, T. J.: Skeletal morphologic features of anterior open bite, Am J Orthod 85: 28-36, 1984.
- Dung, D. J., Smith, R. J.: Cephalometric and clinical diagnoses of open bite tendency, Am J Orthod Dentofac Orthop 94: 484-490, 1988.
- Kim, Y. H.: Overbite depth indicator with particular reference to anterior open bite, Am J Orthod 65: 586-611, 1974.
- Wardlaw, D. W., et al.: Cephalometrics of anterior open bite: A receiver operating characteristic (ROC) analysis, Am J Orthod Dentofac Orthop 101: 234-243, 1992.
- 武内健二郎: 開咬者ならびに過蓋咬合者における顎・顔面頭蓋の vertical growth—側貌頭部X線規格写真による研究一, 阪大歯学誌, 23: 17-41, 1978.
- 村田 悟, 他: 反対咬合者の垂直的咬合パターンを識別するアルゴリズムの開発, 愛院大歯 誌, 33: 335-346, 1995.
- 飯塚哲夫, 石川富士郎: 頭部X線規格写真における計測点の設定について, 日矯歯誌, 16: 66-75, 1957.
- Ricketts, R. M., et al.: An overview of computerized cephalometries, Am J Orthod 61: 1-28, 1972.
- Wylie, W. L.: The assessment of anteroposterior dysplasia, Angle Orthod 17: 97-109, 1947.
- Coben, S. H.: The integration of facial skeletal variants, Am J Orthod 41: 407-434, 1955.
- Graber, T. M.: New Horizons in Case Analysis-Clinical Cephalometries, Am J Orthod 38: 603-624, 1952.
- Bjork, A.: The nature of facial prognathism and its relation to normal occlusion of the teeth, Am J Orthod 37: 106-124, 1951.
- Kim, Y. H. and Vietas, J. J.: Anteroposterior dysplasia indicator, Am J Orthod 73: 619-633, 1978.
- 神山光男, 滝口弘毅: 頭部X線規格写真法による開咬の分析, 日矯歯誌, 17: 31-40, 1958.
- McNamara, J. A.: A method of cephalometric evaluation, Am J Orthod 86: 449-469, 1984.
- Jacobson, A.: The "Wits" appraisal of jaw disharmony, Am J Orthod 67: 125-138, 1975.
- 柳井晴夫, 他: 多変量解析ハンドブック, 京都, 1993, 現代数学社, p 18-69, p 126-159, p 224-242.
- 村田 悟: 多変量解析による上顎前突者および下顎前突者の形態的変異度に関する研究, 愛院大歯誌, 33: 301-313, 1995.
- Sassouni, V. and Nanda, S.: Analysis of dentofacial vertical proportions, Am J Orthod 50: 801-823, 1964.