原著論文

印象採得法の基礎的検討

第6報 上顎無歯顎シミュレーションモデル

黒崎 俊一 清水 政利 森谷 良彦 吉岡 真弘
村松 正規 伊藤 智加 桐山 佳子 塚越 直行
織井 康互 和泉 憲一 井上 恵司

Fundamental Studies of Impression Method

Part 6. Maxillary Edentulous Simulation Model

Shunichi Kurosaki, Masatoshi Shimizu, Yoshihiko Moriya, Masahiro Yoshioka,
Masanori Muramatsu, Tomoka Ito, Keiko Kiriya, Naoyuki Tsukakoshi,
Yasunobu Orii, Kenichi Izumi and Keiji Inoue

Abstract : A considerable amount of research on construction of the complete denture has been reported, used the simulation model as the edentulous alveolar ridge.

The simulation model is required the approximation to the edentulous alveolar ridge on its morphology and characteristic. Especially, the soft tissue as an impression objectives can be displaced under pressure so that the impression method has influenced on contour variations of the master cast. Therefore, pressure-displaceability is an important property.

In this study, the authors attempted to development the simulation model as the maxillary edentulous alveolar ridge and examined its efficiency.

The simulation model approximates to the maxillary edentulous alveolar ridge on its morphology. The model is presented, approximates to the pressure-displacement at the masticatory mucosa (alveolar ridge, palate) and lining mucosa. In the process of making impression, the model and any impression material is perfectly separated without the damage of the fine surfaces of the contacting parts and it never cause the electric leak during the study on bearing-stress of basal seat under the denture.

From the above results, the reliability of the model could be utilized as the maxillary edentulous alveolar ridge in order to study the impression method and the bearing-stress on basal seat under the denture.

Key words : simulation model, edentulous alveolar ridge, morphology, pressure-displaceability, impression method

日本大学歯学部歯科補綴学教室総義歯補綴学講座 (主任 : 森谷良彦教授)
Department of Complete Denture Prosthodontics, Nihon

University School of Dentistry (Chief : Prof. Yoshihiko Moriya)
平成3年6月5日受付

I. 緒 言

総義歯補綴に関する各種研究において無歯顎顎堤を被験対象とすると、性、年齢、抜歯後の年数および装着されている義歯形態等の条件による無歯顎顎堤の形態および性状に個体差が大きいため、実験条件を統一することは、困難である。また、総義歯補綴の対象となる無歯顎者には、高齢者が比較的多いために、無歯顎者を直接被験者として各種検討を行うことは、その負担を考慮すると大きな制約を受けることになる。そのために、シミュレーションモデルを用いた模型実験による印象採得法¹⁻⁵⁾、義歯重合時の変形^{6,7)}および義歯機能時の負担圧⁸⁻¹²⁾等の各種検討が行われてきた。

シミュレーションモデルでは、形態および性状が無歯顎顎堤に近似していることが、必要とされる。無歯顎補綴では、検討の対象が、クラウンブリッジ補綴のように硬組織ではなく、軟組織の顎粘膜である。顎粘膜には被圧変位性を有するという大きな特徴があるため、シミュレーションモデルの性状と無歯顎顎堤のそれとの近似が、重要である。特に、印象採得による作業模型への再現性や咀嚼機能時における床下組織の負担圧等の検討を行う際には、顎粘膜の被圧変位性を考慮に入れた検討を行う必要性が高い。当教室では、印象採得法の再現性や義歯床下組織の負担圧の研究において、被圧変位性を有するシミュレーションモデルを用い検討を行ってきた^{2-5,10,12)}。しかし、当教室の研究も含めて従来の研究^{1,4,5,9-12)}では、被圧変位性の付与に用いられた擬似粘膜が均一な厚さのため、シミュレーションモデル全域の被圧変位性もほぼ均等であった。また、被圧変位性の相違

を考慮し、模型内で擬似粘膜の厚みを変えたシミュレーションモデルも作製された^{2,3,8)}。しかし、擬似粘膜に1種類の硬度の材料を用いているだけであり、顎粘膜の被圧変位性の相違をシミュレーションモデルの顎粘膜の厚みだけで再現しようとする点で限界があり、シミュレーションモデルは、無歯顎顎堤の性状を十分に再現しているとはいえない。

以上のように今日まで、形態と性状の両面において、無歯顎者の上顎無歯顎顎堤に近似しているシミュレーションモデルは、製作されていない。

そこで著者らは、形態および性状、特に被圧変位性を健全な無歯顎者の上顎顎堤に近似させた上顎無歯顎シミュレーションモデルを製作し、その印象採得による再現性および咀嚼機能時の負担圧等の検討への使用の有用性について検討を行った。

II. 材料および方法

1. 上顎無歯顎シミュレーションモデル

上顎無歯顎シミュレーションモデル(以下、シミュレーションモデルと略す)の形態には、上顎無歯顎の形態的検討^{13,14)}の計測値に近似した上顎無歯顎模型(ニッシン社, 402 U)を用いた(図1)。

上顎無歯顎の性状を再現するために、シミュレーションモデルは、材質として硬質ポリウレタンを用いた顎骨部と、被圧変位性を有する軟質ポリウレタンを用いた顎粘膜部とで構成されている。

顎骨部は、既製の上顎無歯顎模型(ニッシン社, 402 U)の表面から各部位における顎粘膜の厚径¹⁵⁾を削除後、その削除された模型の陰型を作製し、その陰型に硬質レジンを注入することにより調製した。削除には、EMパラレロメーターS(ローヤル社)を用いた。22部位の顎粘膜の厚径¹⁵⁾を参考に、顎堤部で1.7~3.7 mm、口蓋部で1.8~5.8 mmの深さのガイドグループを付与し、ガイドグループ間を上脰¹⁶⁾の報告および無歯顎者の骨標本を参考に削除した。

顎粘膜部は、組織学的な構造上の差異について述べた上脰¹⁶⁾の報告を参考に、顎堤部咀嚼粘膜部(以下、顎堤部と略す)、口蓋部咀嚼粘膜部(以下、口蓋部と略す)および保護粘膜部の3部位に分けた(図2)。

顎骨部と、上顎無歯顎模型(ニッシン社, 402 U)顎粘膜面の陰型との間隙のこれら3部位に、硬度の異なる軟質ポリウレタンをそれぞれ流し込み、シミュレーションモデルを調製した。各部位の軟質ポリウレタンの硬度

図1 シミュレーションモデル

① 顎堤部 ② 口蓋部 ③ 保護粘膜部

図2 顎粘膜の区分

は、寺倉¹⁵⁾の無歯顎顎粘膜厚径に関する研究、宮下¹⁷⁾や坂下¹⁸⁾の顎粘膜の局所被圧変位量の報告を参考に決定した。顎堤部には SHORE A (ASTM D 2240) によるゴム硬度 (0~100) 18, 口蓋部には 14 および保護粘膜部には 0 の軟質ポリウレタンを用いた。

2. 局所被圧変位量

シミュレーションモデルの局所被圧変位量の測定部位は、宮下¹⁷⁾および坂下¹⁸⁾の報告に準じて設定した(図3)。顎堤部には正中部(a), 左右側犬歯部(b, c), 左右側第2小臼歯部(d, e)および左右側第2大臼歯部(f, g)の7点を、口蓋部には切歯乳頭の後方5mm(h), 口蓋小窩の前方5mm(j), hとjの中間点(i), 正中線と顎堤頂との中間で左右側第2小臼歯部および、第2大臼歯部を結ぶ線との交点(k, l, m, n)の7点を、保護粘膜部には口蓋小窩後方2mmの正中部(o), 正中と両側の翼突下顎ヒダの間を3分割し、正中から左側に向かい(p, q)および右側に向かい(r, s)の5点をそれぞれ設定した。

局所被圧変位量の測定には、アルジネート印象材圧縮試験機(協和精器社)を改良した荷重装置¹⁰⁾を使用した。その荷重部の直径は1.5mm^{17), 18)}, 荷重量は顎堤部および口蓋部で120g¹⁷⁾, 保護粘膜部で20g¹⁸⁾とし、荷重方向は顎粘膜に対して可及的に垂直となるように行った¹⁸⁾。なお、測定は各測定部位につき5回行い、その平均値を局所被圧変位量とした。また、対照として、既製上顎無歯顎模型(ニッシン社, G 10-402 U, 以下、既製模型と略す)の測定も行った。

図3 局所被圧変位量の測定部位

3. 印象材との分離性、電流のリーク

シミュレーションモデルを印象採得による作業模型の再現性の検討に用いるためには、印象材との良好な分離性が必要¹⁹⁾とされる。分離性の検討は、シミュレーションモデルをアルジネート、ポリサルファイドラバーおよびシリコンラバー印象材で印象採得し、印象材の硬化後にシミュレーションモデルから印象を撤去し、その印象面の表面性状を肉眼で観察することにより行った。

咀嚼機能時における床下組織への負担圧の検討では、圧力センサ^{9), 10)}, 導電ゴム¹¹⁾, 圧電フィルム¹²⁾等を応用したさまざまな装置が考案され、測定に使用されている。これらの装置では、直接負担圧が算出されるのではなく、測定部位に加わる力をいったん、電気的な信号として出力し、その出力値をあらかじめ求めた校正曲線を使って圧力値に換算して算出している。そのため、シミュレーションモデルの電気的性質、特に導電性についての検討が必要である。すなわち、シミュレーションモデルが、導電性を有すると電気のリークが起り、測定が不正確となる。電流のリークの検討にあたっては、特に発生電荷のリークによる誤差を生じやすい圧電フィルム¹²⁾をシミュレーションモデル上に貼付し、定荷重を加えたときの出力電圧を測定し、リークによる電圧低下の有無を測定した。

III. 結果および検討

1. 形態

シミュレーションモデルの形態は、上顎無歯顎者の顎堤形態を1,019例の石膏模型について検討した近藤

ら¹³⁾, 120 例について検討した三宅ら¹⁴⁾の計測結果と比較すると, 幅径は上顎結節の頂点間でそれぞれ 47.5 mm¹³⁾ と 48.1±3.9 mm¹⁴⁾ であり, シミュレーションモデルの 48.0 mm とほぼ一致する. 長径は, 切歯乳頭から左右の上顎結節を結ぶ線までで 39.7 mm¹³⁾, 切歯乳頭から左右の翼突上顎切痕を結ぶ線までで 49.9±3.9 mm¹⁴⁾ であり, シミュレーションモデルではそれぞれ 39.0 mm, 49.0 mm とほぼ一致する. 口蓋の高さについて, 近藤ら¹³⁾は上顎結節で 12.0~8.1 mm が最多であったと, 三宅ら¹⁴⁾は第1大臼歯部で 9.1±2.8 mm と報告し, シミュレーションモデルではそれぞれ 11.0 mm, 10.5 mm とほぼ近似する. 以上のように, シミュレーションモデルの形態は, 上顎無歯顎の計測値^{13,14)}にきわめて近似した値を有していることが明らかとなった.

この結果, この無歯顎模型 (ニッシン社, 402 U) をシミュレーションモデルの形態として用いることは適当であるといえる.

2. 局所被圧変位量

顎粘膜の局所被圧変位量の相違^{17,18)}をシミュレーションモデルに再現するために, 顎粘膜の組織構造の相違¹⁶⁾に従って, 硬度の異なる軟質ポリウレタンを用いることとした.

上顎無歯顎の口腔粘膜は, 上條¹⁶⁾によって構造上の差異から, 咀嚼粘膜部と保護粘膜部に分けられ, さらに, 咀嚼粘膜部は粘膜下組織のない顎堤部と粘膜下組織を有する口蓋部に分けられ, 計3区分された. この顎堤部と保護粘膜部の境界, いわゆる歯肉歯槽粘膜境 (M.G.J.) については, 金川²⁰⁾の無歯顎の解剖学的観察において, 左右の M.G.J. を結んだ線と左右の顎堤頂を結んだ線との距離を各歯相当部の顎堤頂の高さとし, 計測した報告を参考にした. シミュレーションモデルの各歯相当部で顎堤頂からこの値を減じた位置を印記し, 滑らかな線で結び, 境界とした. 顎堤部と口蓋部については, 境界部にランドマークとなる解剖学的構造を有さない. 抜歯後の顎堤変化²¹⁾では, 顎堤の頰側が大きく吸収し, その顎堤頂は口蓋側方向に移動する. その結果, 抜歯前の口蓋側部分が顎堤頂部に位置することになる. そのため, 有歯時の口蓋側歯肉縁部が, 無歯顎時には顎堤頂付近に位置するようになると考えられ, 顎堤部粘膜の範囲は, 顎堤頂から有歯時の口蓋側の歯肉の幅の分だけとなる. 有歯時の口蓋側の歯肉の幅については, 上條¹⁶⁾の報告においても概略的な模式図が示されているのみで, 数値は示されていない. そこでシミュレーションモデルでは, 負

担圧測定時のセンサ設置を考慮し, 顎堤頂から臼歯部で 5 mm, 前歯部で 2.5 mm 口蓋側寄りのラインをその境界とした. 口蓋部と保護粘膜の境界すなわち, 硬口蓋と軟口蓋の境界については, 長嶋²²⁾が Ah-line として非動性の硬口蓋と可動性の軟口蓋との運動境界部を検討した報告を参考に, 左右歯槽突起後端結合線から前方 5 mm, 口蓋小窩から前方 2 mm の位置とした. また, その境界を直線状とせず, 上條¹⁶⁾の報告を参考に後鼻棘部分を真中に前方に凸な2つの彎曲を描く曲線とした.

顎粘膜の被圧変位性を表現する際に, 従来では, 手指による触診²³⁾や研究者の独自に開発した装置^{17,24~26)}を用いたものが多い. そのために, それらによる測定値は, 装置独自の単位によって表現^{25,26)}され, 規格に準拠した定量的な報告^{17,24)}は少なく, 研究間の比較も困難である.

今回, 著者らは, 有歯顎者の歯肉の硬度を検討した報告²⁴⁾を参考に, ゴム硬度計測用のスプリング式硬さ試験機 (SHORE A, ASTM D 2240) によって, 口腔粘膜の被圧変位性を表現した.

予備研究として顎粘膜部に用いる軟質ポリウレタンの厚さとゴム硬度と被圧変位量の関係を検索するために, 厚さとゴム硬度の異なる25個の軟質ポリウレタン試験片 (30×50 mm) を用い, それぞれの被圧変位量を測定した. 厚さは 2, 3, 4, 5, 6 mm の5種類, 硬さは SHORE A (ASTM D 2240) によるゴム硬度 (0~100) 30, 18, 8, 0 ならびに SHORE A の 0 以下を示す JIS S 6050 によるゴム硬度 (0~100) 9 の5段階である. 荷重装置¹⁰⁾の荷重部直径は 1.5 mm¹⁷⁾, 荷重量は 120 g¹⁷⁾ とし, 測定回数は5回とした (図4).

そこで, シミュレーションモデルの顎粘膜部の顎堤部の a~g の7部位と口蓋部の h~n の7部位のゴム硬度は, 無歯顎者の顎粘膜厚径¹⁵⁾と局所被圧変位量¹⁷⁾を資料として, 予備研究の測定結果を検討し求めた. その結果, 顎堤部のゴム硬度は7部位で 17~20 および平均値で 17.7, 口蓋部は7部位で 12~16 および平均値で 13.6 となった. 以上から, 顎粘膜部の顎堤部にはゴム硬度 18, 口蓋部には 14 の軟質ポリウレタンを用いることとした.

保護粘膜部は, 深部組織として骨組織が存在していない¹⁶⁾. そこで, シミュレーションモデルにおいても, 軟質ポリウレタンの下に深さ 5 mm, 幅は軟口蓋部で 10 mm, 顎堤頰側の前庭円蓋部で 5 mm の空洞部分を設けた. 保護粘膜部のゴム硬度の決定には, Ah-line 付近の軟口蓋粘膜の局所被圧変位量¹⁸⁾を参考に, 予備研究とし

図 4 ゴム硬度和被圧変位量の関係

て空洞 (長さ 45 mm×幅 10 mm×深さ 5 mm) 上に試験片を貼付し、荷重装置¹⁰⁾ (荷重部直径 1.5 mm) を用い、荷重量 20 g¹⁸⁾ で局所被圧変位量を測定した。その結果、厚さ 2 mm のゴム硬度 (SHORE A, ASTM D 2240) O の試験片が、軟口蓋粘膜の計測値¹⁸⁾ に近似した。

製作したシミュレーションモデルの局所被圧変位量と口腔粘膜のそれとの近似性について、既製模型と比較検討を行った。その結果、顎堤部(表 1)では、シミュレーションモデルの局所被圧変位量は 0.72~1.00 mm を示し、a~g のすべての測定部で無歯顎者の顎粘膜の値¹⁷⁾ とほぼ一致した。既製模型の局所被圧変位量は、0.36~0.48 mm で各測定部位でほとんど差がなく、シミュレーションモデルや無歯顎者の顎粘膜の値¹⁷⁾ の約 1/2 であった。顎堤部の前歯部と臼歯部を比較すると、シミュレーションモデルは、前歯部の局所被圧変位量が大きくなり、宮下¹⁷⁾ の成績と一致した。抵抗線歪ゲージを応用した装置によって、無歯顎粘膜の局所被圧変位量を計測した平田²⁵⁾ の報告も前歯部の被圧変位性が高く、本研究と一致した。

口蓋部(表 1)では、シミュレーションモデルの局所被圧変位量は 0.66~1.38 mm を示し、h~n のすべての測定部位で、無歯顎者の顎粘膜の値¹⁷⁾ とほぼ一致した成績を示した。特に、両者は正中部 (h~j) に比べ、側方部 (k~n) で一致する傾向が強かった。既製模型の局所被圧変位量は、0.35~0.45 mm で各測定部位でほとんど差がなかった。そのため、無歯顎者の顎粘膜¹⁷⁾ で大きな

表 1 シミュレーションモデルの局所変位量

シミュレーションモデル		既製模型	口腔粘膜
			宮下の報告 ¹⁷⁾
顎堤部	a 0.94 (0.02)	0.48 (0.03)	1.05 0.321*
	b 1.00 (0.04)	0.45 (0.04)	0.85 0.264*
	c 0.98 (0.01)	0.48 (0.02)	0.83 0.203*
	d 0.77 (0.04)	0.46 (0.01)	0.74 0.178*
	e 0.82 (0.01)	0.43 (0.01)	0.73 0.227*
	f 0.82 (0.03)	0.36 (0.02)	0.77 0.207*
	g 0.72 (0.02)	0.36 (0.01)	0.70 0.172*
			宮下の報告 ¹⁷⁾
口蓋部	h 1.07 (0.08)	0.45 (0.06)	1.11 0.366*
	i 0.66 (0.04)	0.42 (0.04)	0.80 0.287*
	j 0.95 (0.03)	0.45 (0.02)	0.90 0.293*
	k 1.12 (0.08)	0.42 (0.03)	1.15 0.267*
	l 1.36 (0.04)	0.36 (0.05)	1.33 0.263*
	m 1.16 (0.05)	0.42 (0.05)	1.16 0.241*
	n 1.38 (0.08)	0.35 (0.04)	1.39 0.273*
			坂下の報告 ¹⁸⁾
保護粘膜部	o 1.71 (0.05)	0.63 (0.03)	1.80 (0.14)
	p 1.87 (0.05)	0.54 (0.02)	1.91 (0.31)
	q 1.99 (0.01)	0.52 (0.02)	1.90 (0.43)
	r 1.98 (0.03)	0.48 (0.04)	1.98 (0.32)
	s 1.99 (0.03)	0.46 (0.03)	2.02 (0.65)

注) (): S.D. * : 平均誤差

unit : mm

局所被圧変位量を示す側方部で、その差は著しく大きくなった。

保護粘膜部(表 1)では、シミュレーションモデルの局所被圧変位量は 1.71~1.99 mm を示し、坂下¹⁸⁾ の軟口蓋部の粘膜の成績とほぼ一致した。坂下¹⁸⁾ の報告で、正中部において小さな値を示すのは、後鼻棘が後方に突出しているためと考えられ、シミュレーションモデルにおいても同様の傾向であった。既製模型の局所被圧変位量は、0.46~0.63 mm であり、有歯顎者の軟口蓋粘膜の値¹⁸⁾ の 1/4~1/3 と著しく小さな成績であった。

今回、局所被圧変位量測定時の荷重量とした常用荷重量 120 g¹⁷⁾ は、負担限界圧¹⁷⁾ を参考に決定された値である。印象採得法の検討では、トレー圧接圧および保持圧による顎粘膜の被圧変位性が問題となる。そのため、120 g 以下の荷重量に対する無歯顎顎堤の局所被圧変位量とシミュレーションモデルのそれとの関係を把握する必要がある。宮下¹⁷⁾ の無歯顎者顎粘膜への荷重量 120 g 以下による局所被圧変位量の測定結果と比較検索するために、シミュレーションモデルの局所被圧変位量を測定した。測定は、シミュレーションモデルの顎堤部と口蓋部で宮下¹⁷⁾ の報告に相当する部位について行い、既製模型を対照として検討を行った。その結果、図 5 に示すよ

無歯顎者の顎粘膜(宮下の報告¹⁷⁾)

A: 顎堤部

B: 口蓋部

シミュレーションモデル

C: 顎堤部

D: 口蓋部

既製模型

E: 顎堤部

F: 口蓋部

*: 平均誤差

図5 局所被圧変位量の比較

うに、顎堤部と口蓋部とで、シミュレーションモデルは、既製模型に比較して無歯顎者の顎粘膜の値¹⁷⁾に近似していた。特に、顎堤部では、著明に近似した値を示した。

以上のように、既製模型は、粘膜部に軟質ポリウレタンを用いて被圧変位性を付与されているが、特に咀嚼粘膜部の厚径は各部位の差(約1~2mm)がなかった。そのため被圧変位性はほぼ均等で、その上に著しく小さな値であり、無歯顎者の局所被圧変位量はほとんど再現されていなかった。

シミュレーションモデルの局所被圧変位量は、無歯顎者や有歯顎者の口腔粘膜の計測値^{17,18)}にきわめて近似した値を示すことが明らかとなった。

3. 印象材との分離性、電流のリーク

シミュレーションモデルを印象採得法の検討に用いるには、シミュレーションモデルと印象材との分離性が、良好でなければならない。分離性の不良は、印象面の荒れ、ひいては作業模型の表面荒れを起し、作業模型の計測時に誤差を生じやすい¹⁹⁾。

印象材との分離性について、アルジネート、ポリサルファイドラバー、シリコーンラバー印象材を用い検討し

た。その結果、これら各種印象材は、シミュレーションモデルから撤去後、軟質ポリウレタンとの付着は肉眼的に全く観察されず、また印象後にシミュレーションモデルの表面荒れ、剝離、亀裂等の変化を認めなかった。

義歯床下組織の負担圧に関する検討では、測定に用いる装置が、測定部位の圧力を電気信号に置き換えることが多いため、シミュレーションモデルの導電性の有無の検討は必須である。導電性の検討に当たり、特に、その影響を受けやすい装置として圧電効果を有するポリフッ化ビニリデンフィルムを応用した装置¹²⁾を用い、検討した。その結果、出力電圧の低下は全く認められず、電流のリークは起こっていないことが確認された。

以上、シミュレーションモデルは、上顎無歯顎者の顎堤形態および性状に近似し、印象材との良好な分離性を示し、電流のリークを示さない結果、印象採得法の検討および床下組織の負担圧の検討に適切なシミュレーションモデルであることが判明した。

IV. 結 論

上顎無歯顎者の顎堤形態、および性状に近似させたシミュレーションモデルを製作し、その有用性について検討し、以下の結論を得た。

1. 形態は、上顎無歯顎者の顎堤形態に近似していた。
2. 局所被圧変位量は、顎堤部咀嚼粘膜部、口蓋部咀嚼粘膜部および保護粘膜部のいずれにおいても上顎無歯顎者の顎粘膜に近似していた。
3. シミュレーションモデルは、各種印象材と良好な分離性を示し、また電流のリークを起こさなかった。
4. 以上から、シミュレーションモデルは、無歯顎者の上顎シミュレーションモデルとして、高い有用性を示すことが判明した。

文 献

- 1) 関根 弘, 田島篤治, 溝上隆男ほか: 有床義歯のための印象方法に関する基礎的ならびに臨床的研究 第3報 粘弾性を有する被印象体の印象時における変位状態について, 歯科学報, 71: 2167~2172, 1971.
- 2) 星野 亨, 潤米宏仁, 久保田幸生ほか: 印象採得法の基礎的検討 第1報 シミュレーションモデルと三次元位置再現装置について, 補綴誌, 27: 759~766, 1983.
- 3) 星野 亨: 印象採得法の基礎的検討 第2報 トレーのスパーサーとベントについて, 補綴誌, 28: 322~340, 1984.

- 4) 潤米宏仁：印象採得法の基礎的検討 第3報 トレーの圧接速度および保持圧について，補綴誌，30：370～386，1986.
- 5) 谷津 悟：印象採得法の基礎的検討 第4報 トレーの圧接速度および保持圧が無歯顎顎堤形態の再現性に及ぼす影響について，補綴誌，32：471～485，1988.
- 6) 潤米宏仁，久保田幸生，山田博明ほか：調製過程における総義歯の三次元的寸法変化 第1報 人工歯の変位量および義歯床の形状変化について，補綴誌，30：155～168，1986.
- 7) 高橋 裕：上下顎レジン床総義歯粘膜面部の重合に伴う経時的形態変化について，補綴誌，34：136～148，1990.
- 8) 黒田昌彦：義歯床下粘膜の負担圧の分布状態に関する実験的研究，歯科学報，71：1445～1474，1971.
- 9) 高橋宏嘉，榎木巖也，森戸光彦ほか：Diaphragm Pressure Sensor を応用した局所負担圧測定装置について，補綴誌，26：856～862，1982.
- 10) 清水政利：義歯床下組織の負担圧に関する基礎的研究 第2報 口蓋の深さと荷重量の相違による影響について，補綴誌，33：438～449，1989.
- 11) 河野文昭，永尾 寛，多田 望ほか：全部床義歯床下組織の負担圧分布に関する基礎的研究 第1報 微小静電容量型負担圧測定システムの開発，補綴誌，34：68～76，1990.
- 12) 織井康互，黒崎俊一，飯沼利光ほか：局所機能圧・負担圧測定システムの開発，補綴誌，34・83回特別号：32，1990.
- 13) 近藤興四郎，浅野義一郎：無歯顎の形態学的研究，口病誌，14：227～231，1940.
- 14) 三宅茂樹，鱒見進一，城戸寛史ほか：無歯顎顎堤の形態的特徴について，補綴誌，34：442～452，1990.
- 15) 寺倉 健：顎粘膜厚径に関する研究—無歯顎補綴における診断への可能性について—，補綴誌，32：546～560，1988.
- 16) 上條雍彦：口腔解剖学，384～388，1294～1300，アナトーム社，東京，1970.
- 17) 宮下恒太：顎粘膜の局所被圧変位度と咬合力による義歯床の沈下度とに関する研究，歯科学報，70：38～68，1970.
- 18) 坂下邦夫：印象による Ah-line 付近の粘膜の変位に関する研究—印象用各個トレー後縁の位置の影響について—，歯科学報，88：1069～1104，1988.
- 19) 土生博義，平口久子，小林孝誌ほか：三次元座標測定システムの歯科材料研究への応用 第1報 装置の概要と測定精度，日大歯学，56：914～920，1982.
- 20) 金川定子：無歯顎の解剖学的並びに臨床的観察 第1編 上下顎堤の対向関係について，阪大歯学誌，4：341～351，1959.
- 21) 嘉村 高：上顎歯抜去後におこる顎堤の形態的变化，補綴誌，12：1～36，1968.
- 22) 長嶋淳二：X線テレビ映画による「アーライン」の位置と運動の観察（上顎義歯床後縁の設定法），歯科学報，77：521～531，1977.
- 23) 大島健嗣：総義歯床座粘膜の被圧縮時における荷重量および圧縮量に関する研究，補綴誌，12：245～286，1968.
- 24) 石川信昭，柳沢勇治：歯肉の硬さを測定する1新法について，口病誌，26：24～25，1940.
- 25) 平田幹男：無歯顎粘膜の被圧縮度に関する臨床的研究，補綴誌，3：14～27，1959.
- 26) 佐藤 裕：改良を施した顎粘膜被圧縮度測定装置，補綴誌，8：60～66，1964.