原 著 論 文

局所機能圧・負担圧に関する基礎的研究

V-3. 弾性裏装した上顎総義歯の中心咬合位および側方咬合位での緩衝効果

佐藤 仁

Fundamental Studies on Functional Pressure and Stress-Bearing

V-3. Buffer Effect on Maxillary Basal Seat under Centric and Lateral Occlusal Position by Resilient Relining Maxillary Complete Denture

Jin Sato

Abstract: This study was conducted to investigate the load pressure below the basal seat of complete dentures with resilient relining and to elucidate the buffer effect of the functional pressure. A model, simulating the alveolar mucosa and pressure-displacement was prepared to investigate the use of complete dentures with two kinds of resilient relining of different HDA (type A durometer hardness). Comparisons were made with the basal seat load pressure of acrylic resin base denture without relining.

The load pressure had a noticeable buffer effect, and reduction of the basal seat was obtained in maxillary complete dentures at a functional pressure in resilient relining material when using a simulation model which had the approximate form, alveolar mucosa thickness, and pressure displacement of those of edentulous subjects. Resilient relining material became noticeable in load pressure distribution for support functions. The effect increased when using resilient relining material with a small HDA. In addition, the need for a thick relief chamber was suggested in the case of complete dentures with resilient relining compared with acrylic resin base dentures, as well as the need for setting the same post dam degree as that for acrylic resin base dentures.

Key words: resilient relining material, PVDF, HDA, alveolar mucosa, alveolar bone

I. 緒 言

高齢者社会を迎えたわが国では、その高齢化の割合は諸外国に類をみないほどの速度で増加しており、2015年には老年人口の比率は25%を越え、世界一の高齢化国となる可能性がある^{1,2)}といわれている。高齢者の増加は、義歯装着者の増加および義歯の使用年数の延長が考えられる。高齢者の顎口腔領域は、加齢に伴う生理的形態・機能変化および全身疾患の影響によって、口腔粘膜の萎縮・菲

薄化、張度・弾性の減少、治癒能力の低下、歯槽骨の萎縮・吸収、唾液分泌量の減少および咀嚼・発音機能の低下などを生じる³⁾。これらの所見から義歯の使用に際し、疼痛、義歯適合不良および咀嚼機能低下などを招きやすくなり、この対応の1つとして、義歯の裏装法がある。

義歯の裏装法の材料には、義歯の適合性を改善する目的で用いられる硬質裏装材⁴⁾と顎機能時に咬合力の分散、顎粘膜の疼痛緩和、局所的な骨吸収の抑制、着脱時におけるアンダーカットのある顎堤の保護および顎粘膜調整などの義歯床下組織を保全する目的^{5,6)}で使用される弾性裏装材とがある。顎口腔の形態変化および機能の低下した高齢者への弾性裏装材の利用は、咬合力の分散および顎粘膜の疼痛緩和の緩衝材料として注目を集め、今後、その使用頻度は増加し、積極的に利用されると考えられる。

日本大学大学院歯学研究科歯科臨床系専攻（指導：森谷良彦教授）
Major in Complete Denture Prosthodontics, Nihon University
Graduate School of Dentistry (Director: Prof. Yoshihiko Moriya)

平成10年11月16日受付

咀嚼機能時における義歯に対する機能圧は義歯床下組織へ負担圧として荷重され、その負担圧が過大となると義歯床下組織に障害を与える恐れがある^{7,8)}。弾性裏装材に関する研究は、弾性裏装材自体の物理的・機械的性質⁹⁻¹⁴⁾、症例検討¹⁵⁻²²⁾および咀嚼能力^{23,24)}などの臨床的評価の報告がみられる。

当教室では、咀嚼機能時における弾性裏装材の義歯床下組織での負担圧の緩衝効果について一連の報告^{25,26)}を行ってきた。弾性裏装した被験材料を用い、義歯床下組織における PVDF 応用のセンサの出力特性を検討した佐藤²⁵⁾は、荷重量と床下組織に設置したセンサの出力電圧とは有意な正の相関性を認め、PVDF 応用のセンサは、弾性裏装材使用時における負担圧センサとして有効であったと報告した。次の段階として、上顎無歯顎臼歯部顎堤を想定したシミュレーションモデルを用い、弾性裏装材使用時における義歯床下組織の負担圧測定を行った齊藤²⁶⁾は、弾性裏装しないレジン床義歯のそれに比較し、義歯床下組織の負担圧が有意に小となったと報告した。さらに、臨床形態の被験義歯を想定し、義歯床下組織の負担圧の緩衝効果について検討するため、臨床と同様に弾性裏装した被験義歯を用い、無歯顎患者に近似した形態、顎粘膜厚径および被圧変位性を考慮したシミュレーションモデルでの検討が必要である。

そこで本研究では、弾性裏装材で裏装した義歯の床下組織における顎機能時の負担圧様相について検討し、義歯に加わる局所機能圧の緩衝効果を解明する目的で、無歯顎患者に近似した形態、顎粘膜厚径および被圧変位性を有するシミュレーションモデル²⁷⁾を用いて、タイプ A デュロメータ硬さの異なる 2 種類の弾性裏装材を裏装した義歯に対応する顎粘膜面および顎骨面における咀嚼機能圧時の負担圧様相について検討を行い、さらに弾性裏装材で裏装しないレジン床義歯^{27,28)}の床下組織の負担圧との比較検討を行った。

II. 材料および方法

咀嚼機能時における弾性裏装した上顎被験義歯の顎粘膜面および顎骨面の負担圧分布は、上下顎負担圧測定シミュレーションモデル^{27,29)}を使用する負担圧測定システムで行った。そして中心咬合位は織井²⁷⁾の方法、ならびに側方咬合位(右)は椎原²⁸⁾の方法でそれぞれ測定した。

1. 材料

1) 負担圧測定シミュレーションモデル

負担圧測定システムには、標準的な無歯顎患者に近似した形態、顎粘膜厚径および被圧変位性を有する上顎無歯顎シミュレーションモデル²⁹⁾を使用した。上顎無歯顎シミュレーションモデルの顎粘膜厚径と局所被圧変位量は、顎堤

部で 2.64~3.71 mm と 0.71~0.98 mm、口蓋部で 1.81~5.81 mm と 0.96~1.41 mm、保護粘膜部の局所被圧変位量は 1.72~1.99 mm とした。

2) 被験義歯

被験義歯は、前歯部に Bioblend 人工前歯(上顎 62 D, 下顎 F, 陶材, Dentsply), 臼歯部に Pilkington-Turner 30° posterior teeth (230 M, 陶材, Dentsply) を用い、両側性平衡咬合を付与し、義歯床用レジン(アクロン®, ジーシー, Batch No. 190132)を用いて本学実習要旨³⁰⁾に従い埋没、重合を行い調製した。レジン床義歯の床粘膜面にジグ(Tedem, 高宮歯科工業)を使用した間接法で弾性裏装材を 1.0 mm の厚さで裏装し、被験義歯を調製した。

弾性裏装材の種類は、弾性裏装材使用時の義歯床下組織での圧力センサの出力特性を検討した佐藤²⁵⁾の方法を参考に、押込み硬さ^{31,32)}のタイプ A デュロメータ硬さ(以下, HDA とする)の大きい Evatouch® hard type (ネオ製薬工業, silicone type, Batch No. LE 01 (powder, liquid), 以下, EH とする)および HDA の小さい Coe soft® (GC America, acrylate type, Batch No. P 103095 A (powder), Batch No. L 011296 A (liquid), 以下, CS とする)の 2 種類を使用した。弾性裏装材の厚さは、佐藤²⁵⁾および齊藤²⁶⁾の報告を参考に、1.0 mm とした。

弾性裏装材の裏装は、メーカーの指示に従って練和もしくは混和(EH (base/catalyst): 20 cm/10 cm, CS (powder/liquid): 11 g/8 ml) し、室温 23±1 °C および湿度 50±5 % の環境下で行った。

なお、織井²⁷⁾および椎原²⁸⁾の弾性裏装材を使用しないレジン床義歯をコントロール(以下, CT とする)とした。

3) 圧力センサ

センサには、織井²⁷⁾の方法と同一の PVDF (厚さ 28 μm, 直径 2.0 mm) をシリコン接着シール材(東レダウコーニングシリコン, Batch No. SE 9155)にて調製した 2 枚のシリコン板(厚さ 200 μm, 直径 2.0 mm)間に介在させたものを使用した。このセンサを被験義歯と顎粘膜との間の弾性裏装面、ならびに顎粘膜と顎骨との間の顎骨面に設置し、それぞれ顎粘膜面センサおよび顎骨面センサとした(図 1)。

センサ設置部位では、被験義歯の床粘膜面は、切歯乳頭部(M-1)、左右側犬歯相当部顎堤頂間を結んだ直線上に

図 1 Sensor installation parts
センサ設置部位

図 2 Measuring points
測定部位

おける床縁部 (M-2, 9), 顎堤頬側部上下的中央 (M-3, 8), 顎堤頂部 (M-4, 7), および口蓋部上下的中央 (M-5, 6) とした。左右側第一大臼歯相当部顎堤頂間を結んだ直線上には, その線上の床縁部 (M-19, 26), 顎堤頬側部上下的中央 (M-20, 25), 上顎結節頂部 (M-21, 24) および左右側ポストダム部 (M-22, 23) に設置し, 総計 26 カ所とした (図 2)。なお, これらの床粘膜面に設置したセンサから検出された測定値を顎粘膜面における負担圧とした。

測定モデルの顎骨面のセンサ設置部位は, 床縁部 (M-2, 9, 10, 18, 19 および 26) およびポストダム部 (M-22, 23) を除く床粘膜面のセンサ設置部位に対応した 18 カ所 (B-1, 3~8, 11~17, 20, 21, 24 および 25) とし (図 2), これらのセンサから検出された測定値を顎骨面の負担圧とした。

2. 方法

1) 咬合位

(1) 中心咬合位

被験義歯の中心咬合位 (以下, CO とする) の保持は, スロットタイプの半調節性咬合器 (Hanau, 183-4, 矢状顎路角 40° , 側方顎路角 15°) コンダイラーガイダンス内のコンダイラーエレメントをセントリックストップで固定し, 規定した。

(2) 側方咬合位 (右)

被験義歯の側方咬合位 (以下, RL とする) の保持は, 平衡側コンダイラーエレメントを中心咬合位より 4.0 mm 前下方に P-R スクリューで設定し, セントリックロックで固定した。その後に, 作業側コンダイラーエレメントをセントリックストップにて接触, 固定した。

2) 荷重部位および荷重方法

荷重部位は, 咬合器上弓サムスクリュー中央部とし, 上方から荷重した。荷重方法は, センサを設置した被験義歯および測定モデルを矢状切歯路角 20° およびラテラルウイングを上方 2 mm にそれぞれ調節した咬合器に付着し, 荷重装置 (デジタルフォースゲージ, DFG-50 T, シンボ工業) を用い, 加圧子にて上方から垂直動荷重 (クロスヘッ

図 3 Cross-section for the measurement
測定結果の表示断面

ドスピード 10 mm/s) を加え行った。

3) 負担圧の測定

センサから検出した出力電圧は, 改良型アンプにて入力電圧を増幅し, A/D コンバータによってサンプリング周期 1 kHz でデジタルデータに変換し, パーソナルコンピュータ (NEC, PC-9801 RA) に取り込んで求めた。荷重量は, 98.0 N (10.0 kgf) とし, 所定の荷重量に到達した後, その荷重量を 1 秒間維持し, これを局所機能圧とした。これを 5 回繰り返す, 1 サイクルとした。そして, 1 サイクルごとにモデルの顎粘膜面および弾性裏装材を交換した。なお, 1 サイクルで得られた出力電圧から平均値を求め測定値とし, 6 サイクルの測定を行ってその測定値の平均値および標準偏差 (SD) を求めた。

負担圧 (pressure) の大きさは, PVDF の特性上から, 出力電圧 (mV) として記録されるため, $\text{mV} \cdot \text{pressure}$ で表すこととした。そして出力電圧の絶対値が大であるほど, 測定点の負担圧が大であるとした。

なお, 測定結果において測定部位の番号表示のみの場合は, 顎粘膜面と顎骨面の両測定部位を示す。測定結果の表示断面は, 図 3 に示すとおり, I: 正中断面, II: 犬歯断面, III: 第一大臼歯断面, および IV: 上顎結節部・ポストダム断面の 4 表示断面とした。

3. 分析項目

1) 弾性裏装材が義歯床下組織の負担圧および負担圧分布に及ぼす影響

EH, CS の負担圧と CT のそれとの t-検定 ($p < 0.05$) を行い, 弾性裏装材の有無による義歯床下組織への緩衝効果について検討した。

2) 顎粘膜面と顎骨面の負担圧の相違

EH, CS それぞれにおける顎粘膜面と顎骨面との負担圧間の t-検定 ($p < 0.05$) を行い, 弾性裏装した義歯における顎粘膜面と顎骨面との負担圧の差異を検討し, 弾性裏装材の義歯床下組織での緩衝効果について検討した。

3) 弾性裏装材の HDA の相違が負担圧に及ぼす影響
EH と CS との負担圧の t-検定 ($p < 0.05$) を行い、弾性裏装材の HDA の大小による負担圧の差異を検討し、HDA の相違が義歯床下組織へ及ぼす緩衝効果について検討した。

III. 成 績

CO および RL における弾性裏装した被験義歯の床下組織（顎粘膜面および顎骨面）の負担圧および t-検定結果は、表 1、2 および図 4~7 に示す。

1. 弾性裏装材が義歯床下組織の負担圧および負担圧分布に及ぼす影響

1) CO (表 1, 図 4 および 5)

EH の負担圧は、口蓋正中部 (14)、ポストダム部 (M-22) および顎堤頂部 (B-24) を除いた測定部位において、CT に比較し有意に小となった。CS の負担圧は、ポストダム部 (M-22) を除き、全測定部位において CT に比較し有意に小となった。

測定部位別では、顎粘膜面および顎骨部のいずれにおいても CO の負担圧は、EH および CS とともに顎堤頂部 (1, 4, 7, 12, 16, 21 および 24) および口蓋正中部 (14) で、他の測定部位と比較して大となった。床縁部 (M-2, 9, 10, 18, 19 および 26)、口蓋部 (5, 6, 13 および 15) および頬側部 (3, 8, 11, 17, 20 および 25) の負担圧は、顎堤頂部に比較して小さく、ポストダム部 (M-22, 23) の負担圧は最も小となった。

2) RL (表 2, 図 6 および 7)

EH の負担圧は、顎堤頂部 (M-7)、頬側部 (M-8, B-25)、口蓋正中部 (14)、口蓋部 (M-15)、ポストダム部 (M-22) および上顎結節部 (B-21, 24) を除いた測定部位において、CT に比較し有意に小となった。CS の負担圧は、ポストダム部 (M-22) を除き、全測定部位において CT に比較し有意に小となった。

測定部位別では、顎粘膜面および顎骨面のいずれにおいても RL の負担圧は、EH および CS とともに顎堤頂部 (1, 4, 7, 12, 16, 21 および 24) で、他の測定部位と比較して大となった。床縁部 (M-2, 9, 10, 18, 19 および 26)、口蓋部 (5, 6, 13 および 15) および頬側部 (3, 8, 11,

表 1 Bearing stress on alveolar mucosa and alveolar bone at CO, and their results of t-test
CO における顎粘膜面と顎骨面の負担圧および t-検定結果

弾性裏装材 計測部位	EH			CS		
	顎粘膜面	顎骨面	t-検定結果	顎粘膜面	顎骨面	t-検定結果
1	589.9 (2.4)	477.0 (3.2)	*	550.2 (2.5)	449.3 (3.4)	*
2	270.6 (3.1)	—	—	224.7 (3.1)	—	—
3	114.9 (3.2)	104.1 (3.5)	*	103.8 (2.4)	90.9 (3.3)	*
4	482.4 (3.4)	326.7 (2.5)	*	431.0 (3.2)	274.8 (2.9)	*
5	229.5 (2.2)	170.2 (2.0)	*	141.9 (2.2)	92.9 (2.6)	*
6	135.8 (2.4)	112.2 (2.4)	*	120.0 (2.0)	103.4 (2.4)	*
7	405.3 (3.1)	334.0 (2.3)	*	303.1 (2.3)	236.9 (2.3)	*
8	200.4 (3.2)	183.0 (2.6)	*	158.0 (3.3)	123.9 (2.7)	*
9	260.7 (3.4)	—	—	137.3 (2.6)	—	—
10	192.0 (3.4)	—	—	98.3 (3.6)	—	—
11	65.8 (2.2)	52.5 (2.6)	*	53.2 (2.4)	38.0 (2.4)	*
12	429.5 (3.4)	392.8 (2.6)	*	366.6 (3.3)	226.0 (2.5)	*
13	85.6 (2.0)	69.0 (2.4)	*	65.3 (2.0)	43.9 (2.7)	*
14	259.0 (3.6)	126.7 (3.3)	*	69.8 (2.5)	62.9 (2.3)	*
15	86.3 (2.4)	50.3 (2.3)	*	63.8 (2.5)	30.8 (2.0)	*
16	320.1 (2.6)	221.0 (1.9)	*	281.8 (2.9)	153.6 (2.3)	*
17	124.9 (2.0)	116.3 (2.4)	*	103.1 (2.7)	74.5 (2.7)	*
18	182.7 (2.4)	—	—	165.9 (2.8)	—	—
19	69.1 (2.8)	—	—	61.2 (2.8)	—	—
20	69.5 (2.6)	58.1 (2.2)	*	61.7 (2.6)	48.2 (2.8)	*
21	29.5 (3.0)	20.2 (2.2)	*	27.4 (3.0)	19.5 (2.5)	*
22	27.8 (1.8)	—	—	28.3 (2.9)	—	—
23	29.8 (2.4)	—	—	35.6 (3.0)	—	—
24	63.0 (2.6)	44.1 (2.8)	*	58.7 (2.6)	42.0 (2.4)	*
25	73.0 (2.6)	67.1 (2.3)	*	66.1 (2.5)	43.9 (3.0)	*
26	87.9 (1.8)	—	—	76.3 (2.2)	—	—

注) unit: mV・pressure, (): SD, *: 顎粘膜面の負担圧が顎骨面より有意 ($p < 0.05$) に大きい, —: センサ設置なし

図 4 Distribution of the bearing stress on alveolar mucosa at CO
COにおける顎粘膜面での負担圧分布

図 5 Distribution of the bearing stress on alveolar bone at CO
COにおける顎骨面での負担圧分布

17, 20 および 25) の負担圧は、顎堤頂部に比較して小さく、ポストダム部 (M-22, 23) の負担圧は最も小となった。

EH における RL の負担圧は、顎堤頂部 (M-4, M-12, 21 および 24), 頬側部 (3, 11, 20 および 25) および口蓋部 (M-13, M-14 および M-15) で、CO のそれらに比較して小となった。また、CS における RL の負担圧は、顎堤頂部 (21, 24), 頬側部 (3, M-11, 20 および 25) およ

び口蓋部 (B-5, 13) で、CO のそれらに比較して小となった。

2. 顎粘膜面と顎骨面の負担圧の相違 (表 1 および 2, 図 4~7)

EH および CS の顎骨面の負担圧は、CO, RL のいずれにおいても顎粘膜面のそれと比較して有意に小となった。

表 2 Bearing stress on alveolar mucosa and alveolar bone at RL, and their results of t-test
RL における顎粘膜面と顎骨面の負担圧および t-検定結果

弾性裏装材		EH			CS		
計測部位	顎粘膜面	顎骨面	t-検定結果	顎粘膜面	顎骨面	t-検定結果	
1	527.7 (2.8)	417.3 (2.6)	*	509.8 (2.1)	403.5 (2.1)	*	
2	210.0 (2.0)	—	—	136.6 (1.6)	—	—	
3	385.8 (3.3)	196.5 (2.5)	*	182.7 (3.3)	151.8 (2.6)	*	
4	503.4 (2.9)	131.8 (3.4)	*	223.1 (2.2)	36.6 (3.0)	*	
5	227.0 (3.5)	136.3 (3.2)	*	133.1 (2.6)	97.7 (3.3)	*	
6	74.9 (2.5)	71.9 (3.0)	*	66.8 (1.9)	47.3 (2.6)	*	
7	203.2 (3.1)	141.5 (3.0)	*	146.5 (2.4)	117.1 (2.6)	*	
8	108.0 (3.2)	93.6 (2.8)	*	61.1 (2.5)	48.3 (3.0)	*	
9	133.1 (2.7)	—	—	107.4 (2.3)	—	—	
10	175.5 (2.6)	—	—	92.8 (2.0)	—	—	
11	152.0 (3.0)	93.7 (2.4)	*	151.4 (2.1)	60.1 (1.8)	*	
12	433.6 (2.3)	95.5 (1.9)	*	156.3 (2.3)	107.4 (1.9)	*	
13	137.6 (2.3)	63.1 (2.4)	*	85.2 (2.3)	51.1 (2.7)	*	
14	311.3 (2.3)	35.7 (3.0)	*	64.3 (2.7)	19.2 (3.1)	*	
15	117.5 (3.8)	33.0 (3.3)	*	54.9 (3.0)	7.9 (2.4)	*	
16	98.3 (2.3)	51.5 (2.8)	*	91.7 (1.8)	43.7 (2.4)	*	
17	55.8 (2.0)	50.7 (2.4)	*	66.0 (2.0)	59.0 (2.5)	*	
18	65.0 (2.4)	—	—	81.1 (2.3)	—	—	
19	32.0 (3.3)	—	—	32.8 (2.0)	—	—	
20	106.2 (2.8)	98.0 (2.4)	*	103.0 (1.7)	95.2 (2.2)	*	
21	102.8 (2.6)	92.5 (2.1)	*	95.3 (2.6)	76.5 (2.8)	*	
22	29.2 (2.9)	—	—	29.7 (1.9)	—	—	
23	36.7 (2.8)	—	—	24.9 (2.1)	—	—	
24	176.0 (2.4)	62.6 (3.0)	*	110.2 (2.9)	59.1 (3.0)	*	
25	125.8 (2.1)	81.5 (2.2)	*	121.1 (2.8)	53.7 (3.1)	*	
26	12.2 (1.6)	—	—	11.9 (1.8)	—	—	

注) unit: mV・pressure, (): SD, *: 顎粘膜面の負担圧が顎骨面より有意 ($p < 0.05$) に大きい, —: センサ設置なし

図 6 Distribution of the bearing stress on alveolar mucosa at RL
RL における顎粘膜面での負担圧分布

図 7 Distribution of the bearing stress on alveolar bone at RL
RL における顎骨面での負担圧分布

3. 弾性裏装材の HDA の相違が負担圧に及ぼす影響 (表 1 および 2, 図 4~7)

CO では、全測定部位において CS の負担圧は顎粘膜面および顎骨面ともに EH のそれと比較して有意に小となった。

RL では、CS の負担圧は、頬側部 (17, 18 および M-19), ポストダム部 (22), 顎堤頂部 (M-12) を除き、全測定部位において CT に比較し有意に小となった。

IV. 考 察

咀嚼機能時における義歯に対する機能圧は、義歯床下組織へ負担圧として荷重され、その負担圧が過大となると義歯床下組織に障害を与える恐れがある^{7,8)}。そのため、咀嚼機能時における義歯床下組織の負担圧様相を把握することは、床下組織の保全にとって重要である。義歯床下組織の保全を目的に用いられる歯科材料の 1 つが、義歯に用いる弾性裏装材である。

加齢に伴う口腔諸組織の変化に対応した歯科診療を行うにあたり、義歯調製時における弾性裏装材を使用する機会は増加し、その有用性は重要視されていくと考えられる。

これまで弾性裏装材については、臨床応用の研究^{17,18)}や物理学的の性質に関する研究^{9,12~14,33~35)}は報告されている。主な研究は、圧縮弾性率¹²⁾、引張試験¹³⁾、寸法変化率¹⁰⁾、耐水性・耐摩耗性⁹⁾、義歯洗浄剤の影響³⁴⁾、接着性³⁶⁾、クロマトグラフィによる分析³⁷⁾、変色¹⁴⁾および表面荒さ¹¹⁾による弾性裏装材自体の理工学的性質に関する報告、症例検討^{15,16,18~22)}および咀嚼能力^{23,24)}による臨床的評価に関する

報告であった。

また、弾性裏装材を板状^{33,38)}および円柱状³⁹⁾に調製した被験体の報告はみられるが、それらは弾性裏装材自体の物性についての研究であり、無歯顎患者に近似した形態、顎粘膜厚径および被圧変位性を有するシミュレーションモデルおよび臨床形態の被験義歯を想定した研究とはいえない。さらに、弾性裏装した義歯に対する二次元有限要素解析の研究^{38,40,41)}は、顎粘膜、顎骨、義歯および弾性裏装材の各材料定数を入力した解析計算で義歯および床下組織の応力分布の検討を行ったが、計算上重要となる粘膜の粘弾性的物理定数を求めるのは困難であり⁴²⁾、義歯床下組織の負担圧についての十分な検討が行われているとはいいいにくい。

当教室では、咀嚼機能時における弾性裏装材の義歯床下組織での負担圧の緩衝効果について一連の報告^{25,26)}を行ってきた。弾性裏装した被験材料を用い、義歯床下組織における PVDF 応用のセンサの出力特性を検討した佐藤ら²⁵⁾は、荷重量と床下組織に設置したセンサの出力電圧とは有意な正の相関性を認め、PVDF 応用のセンサは、弾性裏装材使用時における負担圧センサとして有効であったと報告した。次の段階として、上顎無歯顎臼歯部顎堤を想定したシミュレーションモデルを用い、弾性裏装材使用時における義歯床下組織の負担圧測定を行った齊藤²⁶⁾は、弾性裏装しないレジン床義歯のそれに比較し、負担圧が有意に小となったと報告した。さらに、臨床形態の被験義歯を想定し、義歯床下組織の負担圧の緩衝効果について検討するため、臨床と同様に弾性裏装した被験義歯を用い、無歯顎患者に近似した形態、顎粘膜厚径および被圧変位性を考慮し

たシミュレーションモデルでの検討が必要である。

そこで本研究では、弾性裏装材で裏装した義歯の床下組織における顎機能時の負担圧様相について検討し、中心咬合位および側方咬合位（右）での義歯に加わる局所機能圧の緩衝効果を解明する目的で、無歯顎患者に近似した形態、顎粘膜厚径および被圧変位性を有する上顎負担圧測定シミュレーションモデル²⁹⁾を用いて、HDA の異なる 2 種類の弾性裏装材を裏装した義歯の床下組織（顎粘膜面および顎骨面）における局所機能圧時の負担圧様相について検討を行った。さらに、弾性裏装材で裏装しないレジン床義歯を用いて局所機能圧を加えた義歯の床下組織の負担圧様相を検討した織井²⁷⁾の報告および椎原²⁸⁾の報告との比較検討を行うこととした。

1. 弾性裏装材および被験義歯

義歯床粘膜面に裏装される弾性裏装材は、その組成、物性および裏装方法によって分類され^{9,10,12,13,39,43)}、その 1 つにゴム硬さによる分類⁹⁾がある。弾性裏装材の物理的性質を比較検討した山本⁹⁾は、咬合圧の負担軽減の目安となる弾性裏装材のクッション作用を検討するには、ゴム硬さを検討することが有効であったと報告している。ゴム硬さで弾性裏装材の性質を分類した有川¹⁰⁾および寺尾³⁹⁾は、JIS 加硫ゴム物理試験方法 K 6253 に準拠した試験項目³²⁾のタイプ A デュロメータ硬さ（HDA）を用い、HDA の数値が大きいほど流動性が小さく、硬い弾性裏装材であったと報告している。本研究ではこれらの報告を参考に、平坦な板状の試験体を用いて弾性裏装材使用時の義歯床下組織の負担圧測定を行い、顎粘膜面および顎骨面において負担圧は緩衝されるのではないかと推察した佐藤²⁵⁾の報告、ならびに上顎無歯顎臼歯部顎堤を想定したシミュレーションモデルを用い、弾性裏装材使用時における義歯床下組織の負担圧測定を行い、弾性裏装しない場合のそれに比較し、義歯床下組織の負担圧が有意に小となったという齊藤²⁶⁾の報告と比較検討することとした。そこで、弾性裏装材の物理的性質を検討した井上¹²⁾の報告を参考に、市販の弾性裏装材から、HDA の大きい弾性裏装材として EH（HDA 39.5）、HDA の小さい弾性裏装材として CS（HDA 2.0）の 2 種類を選択した。

被験義歯は、織井²⁷⁾の方法に準拠して調製した上顎レジン床義歯の床粘膜面に弾性裏装材を裏装し、調製した。弾性裏装材使用時における義歯床下組織の負担圧は、弾性裏装材の厚さに影響を受ける¹⁵⁾といわれており、臨床的な研究では弾性裏装材の厚さは、1~2 mm が最も効果的であると述べた報告⁴⁴⁾もある。しかし、近年、二次元有限要素解析による弾性裏装材の応力集中の基礎的研究を行った佐藤⁴⁵⁾は、弾性裏装材は 1 mm の厚さでも 2 mm と同程度の応力緩和を示したと報告している。これらのことを考慮し、さらに弾性裏装材の効果を十分に得るためには、ある

程度の弾性裏装材の厚さが必要であるが、弾性裏装材の厚さを厚くするには義歯床を薄くしなければならないので、義歯床の破折をまねく可能性がある²⁴⁾。そこで、弾性裏装しないレジン床義歯²⁷⁾と比較検討するため、弾性裏装材を裏装した被験義歯床の厚さを 2.0 mm とし、弾性裏装材の厚さを 1.0 mm として被験義歯を調製した。

2. 弾性裏装材が義歯床下組織の負担圧および負担圧分布に及ぼす影響

1) 中心咬合位 (CO)

弾性裏装した義歯の床下組織の負担圧は、口蓋正中部、ポストダム部および顎堤頂部を除いた測定部位において、CT に比較し有意に小となった（図 4 および 5）。弾性裏装材使用時の PVDF の出力特性を検討した佐藤²⁵⁾は、顎粘膜面および顎骨面の出力電圧は弾性裏装材の緩衝作用のため、弾性裏装しないレジン板のみのそれと比較し、有意に小となったと報告している。上顎無歯顎臼歯部シミュレーションモデルを用い、弾性裏装材使用時における義歯床下組織の負担圧測定を行った齊藤²⁶⁾は、弾性裏装しないレジン床義歯のそれと比較し、弾性裏装した義歯の床下組織の負担圧が有意に小となったと報告している。弾性裏装材を裏装した平行板を用いて咬合圧の緩衝を検討した河野⁴⁶⁾は、弾性裏装材の使用によって床下組織に緩圧効果が認められたと報告している。本研究において弾性裏装した義歯の床下組織の負担圧が CT に比較し小となったのは、佐藤²⁵⁾、齊藤²⁶⁾および河野⁴⁶⁾の報告と同様、局所機能圧時の応力が弾性裏装材の弾性変形と粘性変形によって緩衝されたため⁴⁶⁾、負担圧の減少を認めたものと推察される。以上のことから、弾性裏装材を裏装することによって、顎粘膜および顎骨などの義歯床下組織への咬合圧の負担が減少することが明らかとなった。

測定部位別では、顎粘膜面および顎骨面のいずれにおいても弾性裏装した EH および CS の負担圧は、顎堤頂部および口蓋正中部で他の測定部位と比較して大となった（図 4 および 5）。床縁部、口蓋部および頬側部の負担圧は、顎堤頂部に比較して小さく、ポストダム部の負担圧は最も小となった。弾性裏装した義歯では、弾性裏装しない CT の中心咬合位²⁷⁾と同様に義歯床下組織の負担圧の大部分は、優れた支持域⁴⁷⁾である顎堤頂部と口蓋正中部を除く口蓋部に分布し、支持能に適する負担圧分布を認めた。これらの結果は、顎堤頂部については義歯の沈下量と顎粘膜の被圧変位量の影響⁴⁸⁾、床縁部については義歯の沈下量と顎粘膜の被圧変位量による影響²⁷⁾、口蓋部については顎堤に比べ平坦な形態および床研磨面方向への引張りずみの影響²⁷⁾、頬側部については斜面のある顎堤形態による影響²⁷⁾、ポストダム部については床後縁の浮き上がる影響²⁷⁾と推察される。

顎堤頂部の負担圧が大となったのは、CT と同様に、義

歯の沈下量と粘膜の圧縮量が歯槽頂部で一致しても、口蓋部や頬側部のような斜面では一致せず、歯槽頂部で先に粘膜の圧縮の限界に達して歯槽頂部に負担圧が集中する⁴⁸⁾ためと考えられるが、弾性裏装した義歯の床下組織においては、顎粘膜だけでなく弾性裏装材の粘弾性的性質に基づく内圧および局所変位性によると推察される。

口蓋正中部（14）の負担圧は、弾性裏装しないCTに比較し、EHにおいて有意に大となった（図4および5）。口蓋正中部のCTの負担圧が小さくなったのは、口蓋の形態が顎堤部と比較して平坦であることおよび口蓋部での引張りずみが大であることから、義歯床粘膜面が顎粘膜面から浮き上がるため²⁷⁾と推察される。同部位のEHの負担圧が大きくなった理由として、弾性裏装材の粘弾性によってこの浮き上がりが減少し、その結果としてCTに比較し負担圧の増加が認められたため、ならびに弾性裏装したレジン床部分の薄さによって、口蓋正中部への圧縮応力が集中⁸⁾したためと推察される。荷重時における口蓋正中部の義歯床沈下率が大きいとの報告⁴⁹⁾を参考にすると、弾性裏装した義歯の口蓋正中部の負担圧は、弾性裏装しないCTに比較し、より大となったので、弾性裏装しないレジン床義歯に比較し、より厚い緩衝腔を設定する必要性が明らかとなった。

ポストダム部の負担圧は、CTのそれらに比較して有意差は認められなかった（図4および5）。弾性裏装してもポストダム部の負担圧は減少しなかったが、CTと同じ負担圧を示したため、弾性裏装しない義歯と同様、弾性裏装した義歯においてもポストダム部の設定により、咀嚼機能時に上顎総義歯床後縁が顎粘膜から浮き上がることなく気密性が向上するとの報告⁵⁰⁾を裏づけることとなり、床後縁封鎖による上顎総義歯の維持、安定にポストダム設定の必要性が明らかとなった。

以上のCOの結果から、弾性裏装した義歯の床下組織の負担圧は、弾性裏装しないレジン床義歯に比較して有意に小となった。CTと同様に義歯床下組織の負担圧の大部分が、優れた支持域である顎堤頂部と口蓋正中部を除く口蓋部に分布し、支持能に適した負担圧分布を示した結果に基づくと、弾性裏装材の裏装は、義歯床下組織における咬合圧の負担を減少し、局所機能圧時における床下組織の特定な部位への負担圧の集中を防ぐとともに、支持能に適した負担圧配分が行われるのではないかと推察される。しかし、顎堤頂部および口蓋部に負担圧の大部分が集中し、特に、切歯乳頭部顎堤頂および口蓋正中部の負担圧は大きいので、レジン床義歯に比較してより厚い緩衝腔の設定の必要性があることが明らかとなった。さらに、弾性裏装してもポストダム部の負担圧はCTと同じ負担圧を示したため、上顎総義歯の維持・安定には、弾性裏装しないレジン床義歯と同程度のポストダム設定の必要性が明らかになった。

2) 側方咬合位 (RL)

RLの負担圧は、EHにおいて顎堤頂部（M-7）、頬側部（M-8、B-25）、口蓋正中部（14）、口蓋部（M-15）、ポストダム部（M-22）および上顎結節部（B-21、24）を除いた測定部位において、CTに比較し有意に小となった。CSの負担圧は、ポストダム部（M-22）を除き、全測定部位においてCTに比較し有意に小となった（図6および7）。

弾性裏装しないCTの側方咬合位²⁸⁾における作業側の負担圧について椎原²⁸⁾は、CTの中心咬合位²⁷⁾に比較して、顎堤頂部、床縁部、頬側部および口蓋部で有意に増加した結果を作業側の人工歯対合接触面積が平衡側より大きいため作業側へ負担圧が集中し、特に頬側部（11および20）で顎骨面の負担圧は顎粘膜面のそれらより大きくなったと推察し、菲薄で疼痛を惹起しやすく、頬側部の義歯床下組織への負担圧軽減のために床粘膜面を削除調整するなどの慎重な配慮が必要と述べている。しかし、本研究の結果は、CTの側方咬合位²⁸⁾の所見と異なり、作業側の床縁部（M-2、10および19）および頬側部（B-12および20）の負担圧は、COより小となった（図4～7）。その理由として、局所機能圧時の応力が弾性裏装材の弾性変形と粘性変形によって緩衝されたため⁴⁶⁾、作業側への負担圧の集中が減少し、CTの側方咬合位²⁸⁾の作業側で認められた、過大な負担圧が生じなかったためと推察される。

測定部位別では、顎粘膜面および顎骨面のいずれにおいてもEHおよびCSの負担圧は、顎堤頂部および口蓋正中部で他の計測部位と比較して大となった（図6および7）。床縁部、口蓋部および頬側部の負担圧は、顎堤頂部に比較して小さく、ポストダム部の負担圧は最も小となった。

作業側・平衡側別では、RLの作業側の負担圧は、CTに比較し顕著に減少した（図4～7）。RLの作業側の負担圧がCOのそれらに比較し小となったのは、前述のごとくに弾性裏装材によって緩衝効果を生じたため⁴⁶⁾、作業側への負担圧の集中が減少したと考えられる。

平衡側の負担圧はCOより小となったが、上顎結節部（24および25）では弾性裏装しないCTより大となった。平衡側の負担圧がCTより大となったのは、弾性裏装材の粘弾性的性質による被験義歯の作業側方向への変位が生じ、CTの側方咬合位²⁸⁾における平衡側での被験義歯離脱現象が抑制されなかったためと推察される。したがって、作業側の義歯床下組織に著しい負担圧が加わった弾性裏装しないCTに比して、弾性裏装したEHおよびCSの負担圧は、作業側で過大とならずに義歯床下組織の支持能に配慮した負担圧配分が行われていると考えられる。

ポストダム部の負担圧は、COと同様にCTのそれらに比較して有意差は認められずCTと同じ負担圧を示した（図6および7）。これらの結果から、弾性裏装しない義歯と同様、側方咬合位における床後縁封鎖による上顎総義歯

の維持、安定のための弾性裏装した義歯へのポストダム設定の必要性が明らかとなった。

以上の RL の結果から、側方咬合位 (右) の作業側および平衡側において、弾性裏装した義歯の床下組織の負担圧は、弾性裏装しない CT に比較して有意に小となった。さらに、作業側の義歯床下組織に著しい負担圧が加わった CT に比して、弾性裏装した EH および CS の負担圧は、作業側で過大とならずに義歯床下組織の支持能に配慮した負担圧配分を示した結果に基づく、弾性裏装材の裏装は、義歯床下組織における側方咬合時の負担圧を減少し、局所機能圧時における床下組織の作業側への負担圧の集中を防ぐとともに、支持能に適した負担圧配分となることが明らかとなった。さらに、側方咬合位において弾性裏装してもポストダム部の負担圧は CT と同じ負担圧を示したことから、中心咬合位と同じく側方咬合位における上顎総義歯の維持・安定には、弾性裏装しないレジン床義歯と同程度のポストダム設定の必要性が明らかとなった。

3. 顎粘膜面と顎骨面の負担圧の相違

CO および RL とともに顎骨面の負担圧は、EH および CS のいずれにおいても、顎粘膜面のそれらと比較して、有意に小となった (図 4~7, 表 1 および 2)。弾性裏装しない CT において顎骨面の負担圧が顎粘膜面に比較して小となったのは、義歯への荷重が上顎無歯顎シミュレーションモデルの顎粘膜で緩衝され、顎骨面上に到達する荷重量が減少し、その負担圧が小となったため²⁷⁾である。EH および CS の顎骨面の負担圧が顎粘膜面のそれらと比較して有意に小となったのは、上述の CT の所見に加え、顎粘膜の緩衝だけでなく弾性裏装材の緩衝によって顎骨面上に到達する荷重量が減少し、その負担圧が小となったためであると考えられる。

4. 弾性裏装材の HDA の相違が負担圧に及ぼす影響

CO および RL とともに HDA の小さい CS における顎粘膜面および顎骨面の負担圧は、EH のそれらと比較して有意に小となった (図 4~7)。

上顎無歯顎臼歯部シミュレーションモデルを用い、弾性裏装した義歯の床下組織の負担圧を検討した齊藤²⁶⁾は、HDA の小さい弾性裏装材を使用したほうが、床下組織において負担圧の減少に有効であったと報告している。弾性裏装した平坦な板状の試験体を用い、床下組織における PVDF 応用のセンサの出力特性を検討した佐藤²⁵⁾は、HDA の小さい弾性裏装材の使用によって義歯床下組織において負担圧は小となったと報告している。弾性裏装した板状の試料片を用いて弾性裏装材の緩圧効果について検討した河野⁴⁶⁾は、柔らかくて流れやすい性質の弾性裏装材のほうが、床下組織における圧力の均衡化に有効であったと報告している。弾性裏装材を裏装した被験義歯を用いた

本研究において、CS の負担圧が、EH のそれらに比較して有意に小となったのは、局所機能圧時の応力が弾性裏装材の弾性変形と流動変形によって緩衝されたため⁴⁶⁾であると考えられるが、特に CS のほうが EH に比較し、義歯床下組織に加わる負担圧をより緩衝および分散したためであると推察される。しかし、RL においては、EH と CS との負担圧の大きさの差は少なく、頬側部 (M-11) および上顎結節部 (M-19, 20 および 26) では、EH と CS との負担圧の大きさに有意差は認められなかった。さらに、頬側部 (M-17) および床縁部 (M-18) では、CS の負担圧が EH のそれらより有意に大となった。これらは側方咬合位での結果であり、前述のごとく弾性裏装した義歯の床下組織の負担圧は、作業側で過大とならずに義歯床下組織の支持能に配慮した負担圧配分が行われているためと推察される。

以上の EH および CS の結果から、義歯床下組織における局所負担圧のより効果的な減少および緩衝、ならびに支持能に適した負担圧配分は、HDA の小さい弾性裏装材の裏装によって得られることが明らかとなった。

V. 結 論

弾性裏装材で裏装した義歯の床下組織における顎機能時の負担圧様相について検討し、中心咬合位および側方咬合位 (右) での義歯に加わる局所機能圧の緩衝効果を解明する目的で、無歯顎患者に近似した形態、顎粘膜厚径および被圧変位性を有する上顎負担圧測定シミュレーションモデルを用いて、HDA の異なる 2 種類の弾性裏装材を裏装した義歯に対応する顎粘膜面および顎骨面における局所機能圧時の負担圧様相について検討し、以下の結論を得た。

1. 顎粘膜面および顎骨面の負担圧は、中心咬合位および側方咬合位ともに弾性裏装しない CT のそれに比較して有意に小となった。

2. EH および CS の顎堤頂部の負担圧は、顎粘膜面および顎骨面のいずれにおいても、中心咬合位および側方咬合位ともに他の計測部位と比較して大となった。床縁部、口蓋部および頬側部の負担圧は、顎堤頂部に比較して小さく、ポストダム部の負担圧は最も小となった。

3. EH および CS の顎骨面の負担圧は、中心咬合位および側方咬合位ともに顎粘膜面のそれに比較して有意に小となった。

4. HDA の小さい CS の顎粘膜面および顎骨面の負担圧は、EH のそれらに比較し、有意に小となった。

以上から、弾性裏装材は、局所機能圧時の上顎総義歯における床下組織への負担圧を軽減する緩衝効果を認め、支持機能に適した負担圧配分を行うことが明らかとなった。その効果は、HDA の小さい弾性裏装材の使用によって、より高くなることが判明した。さらに、弾性裏装した上顎

総義歯では、裏装しないレジン床義歯に比較して、より厚い緩衝腔の設定の必要性、ならびにレジン床義歯と同程度のポストダム設定の必要性が示唆された。

稿を終えるにあたり、本研究に、終始ご懇篤なるご指導およびご校閲を賜りました日本大学歯学部森谷良彦教授、また専攻の立場からご指導を賜りました日本大学歯学部西山 賢教授、大木一三教授、五十嵐孝義教授に深く感謝の意を表します。

あわせて、日頃、ご助言ご鞭撻を頂きました総義歯補綴学講座織井康互助手、吉岡真弘助手、医局員各位、大学院生各位、木村匡孝先生ならびに縄田博之先生に感謝の意を表します。

文 献

- 小川直宏. 人口から見た長期展望 わが国の21世紀社会像. 老年歯学 7: 97-101, 1993.
- 高橋重郷, 金子隆一, 石川 見ほか. 人口減少社会 日本の将来推計人口(平成9年1月推計). 厚生指標 44: 3-11, 1997.
- 平井敏博, 田中 収, 池田和博ほか. 高齢者におけるフル・デンチャーの意義. 歯科ジャーナル 30: 543-553, 1989.
- 重頭直文, 岩永博行, 亀田浩司ほか. 高齢者の総義歯 義歯裏装材の効果的な使用について. 老年歯学 7: 211-216, 1993.
- 早川 巖. 軟質裏装材の応用. 歯科ジャーナル 20: 702-706, 1984.
- 細井紀雄. デンチャー・リベースの意味と最新の材料・テクニックの状況から. QDT 12: 1465-1474, 1987.
- 前田芳信, 堤 定美, 岡田政俊ほか. 有限要素法による有床義歯の応力解析 第1報 上顎両側遊離端義歯における荷重条件ならびに材質の影響. 阪大歯誌 31: 275-284, 1986.
- 多田 望. 上顎全部床義歯床下組織の負担圧に関する基礎的研究. 補綴誌 33: 836-847, 1989.
- 山本幸雄. 歯科用軟性樹脂に関する研究 第1報 市販ならびに試作した歯科用軟性樹脂の耐水性, ショアー硬さ, 耐摩耗性について. 歯理工誌 8: 30-35, 1967.
- 有川裕介, 蟹江隆人, 藤井孝一ほか. 各種義歯床用軟性裏装材の比較検討. QDT 17: 1399-1406, 1992.
- 蟹江隆人, 寺尾隆治, 有川裕之ほか. 義歯洗浄剤による軟性裏装材の劣化. 補綴誌 36: 488-495, 1992.
- 井上勝一郎, 糸永昭仁, 鶴田浩範ほか. 改良型試作硬度計を用いて決定した義歯床用軟性裏装材の硬さと圧縮弾性率. 歯材器 12: 346-351, 1993.
- 落合公昭, 鷹股哲也. 市販軟質裏装材の物理・機械的性質に関する基礎的検討 初期物性について. 補綴誌 38: 383-390, 1994.
- 鷹股哲也, 野村寿男, 内田昌治ほか. 重縮合型シリコン系軟質裏装材の変色と物理的性質の変化について. 補綴誌 39: 388-395, 1995.
- 山本幸雄. 歯科用軟性樹脂に関する研究 第3報 試作したシリコンゴムの人工唾液浸漬試験ならびに臨床試験について. 歯理工誌 9: 111-122, 1968.
- Makila E, Honka O. Clinical study of a heat-cured silicone soft lining materials. J Oral Rehabil 6: 199-204, 1979.
- 平澤 忠, 平林 茂ほか. 市販各種リベース材の現況とその材料学的な整理として. QDT 12: 1475-1488, 1987.
- 草刈 玄, 登内敏夫, 小湊 元. 新しい歯科器材の使い勝手と信頼性 軟性裏装材. 歯界展望 72: 1267-1272, 1988.
- 早川 巖. 先進歯科技術と新臨床 軟質裏装材を用いる臨床 152-156, 東京: 医歯薬出版, 1995.
- 上村 浩. 新しい義歯床用軟質裏装材を用いた総義歯の製作. 歯科技工 23: 960-967, 1995.
- 榎本貞司, 堀 内章, 加藤武彦ほか. 軟性裏装材の未来を探る. デンタルダイア 2: 23-45, 1996.
- 雨森 洋. 軟質裏装材のフルデンチャーへの応用 下顎難症例を中心として. 日歯医師会誌 49: 39-48, 1997.
- 鱒見進一. 軟性裏装材のレオロジカルな性質と咀嚼能力に及ぼす影響. 九州歯会誌 38: 864-879, 1984.
- 高橋保樹, 早川 巖, 渡辺一騎ほか. 軟質裏装材が全部床義歯装着者の咀嚼機能に与える影響. 補綴誌 41: 97 回特別号: 93, 1997.
- 佐藤 仁, 織井康互, 森谷良彦ほか. 局所機能圧・負担圧に関する基礎的研究 V-1. 弾性裏装材使用時のポリフッ化ビニリデンフィルム出力特性について. 日大歯学 72: 519-526, 1998.
- 齊藤好文. 局所機能圧・負担圧に関する基礎的研究 V-2. 弾性裏装材使用時の上顎無歯顎臼歯部シミュレーションモデルの負担圧分布について. 日大歯学 73: 201-207, 1999.
- 織井康互. 局所機能圧・負担圧に関する基礎的研究 II-2. 上顎総義歯の中心咬合位について. 補綴誌 37: 327-336, 1992.
- 椎原克寛. 局所機能圧・負担圧に関する基礎的研究 II-3. 上顎総義歯の側方咬合位について. 補綴誌 38: 138-148, 1994.
- 黒崎俊一, 清水政利, 森谷良彦ほか. 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. 補綴誌 35: 1028-1034, 1991.
- Moriya Y. Full denture prosthodontics. A manual for pre-clinical procedures 428-474, Tokyo: Sintou Insatsu, 1994.
- JISハンドブック. プラスチック プラスチックのデュロメータ硬さ試験方法 280-284, 東京: 日本規格協会, 1994.
- JISハンドブック. ゴム 加硫ゴムの硬さ試験方法 140-146, 東京: 日本規格協会, 1994.
- 河野文昭, 永尾 寛, 野田正純ほか. 軟性裏装材の衝撃緩衝に関する研究 第1報 板状試料の衝撃緩衝能. 補綴誌 37: 1172-1179, 1993.
- 井上勝一郎, 中村勇三, 糸永昭仁ほか. 義歯床用軟性裏装材の理工学的性質と問題点. 歯科評論 614: 121-134, 1993.
- 河野文昭, 永尾 寛, 野田正純ほか. 軟性裏装材の衝撃緩衝に関する研究 第2報 裏装材の違いが衝撃緩衝能に与える影響. 補綴誌 40: 501-507, 1996.
- 都留宏道, 長沢 亨, 佐藤隆志ほか. 弾性裏装材の特性およびその臨床応用について. 歯科評論 417: 59-67, 1977.
- 日高里史. 軟性裏装材の物性に関する基礎的研究. 九州歯会誌 34: 678-695, 1981.
- 河野文昭, 永尾 寛, 岡 憲次ほか. 粘弾性解析による軟性裏装材の有用性に関する研究 第3報 軟質裏装材の粘性が床下組織の応力分布に及ぼす影響. 補綴誌 39: 1004-1009, 1995.
- 寺尾隆治. 義歯床用軟性裏装材の物理的ならびに機械的性質と耐久性に関する研究. 歯材器 12: 265-278, 1993.
- 河野文昭, 浅岡憲三, 永尾 寛ほか. 粘弾性解析による軟質裏装材の有用性に関する研究 第1報 軟質裏装材が床下組織の

- 応力分布に及ぼす影響. 補綴誌 36:1305-1311, 1992.
- 41) 河野文昭, 永尾 寛, 井上三四郎ほか. 粘弾性解析による軟質裏装材の有用性に関する研究 第2報 軟質裏装材の違いが床下組織の応力分布に与える影響. 補綴誌 38:1328-1335, 1994.
- 42) 河野文昭, 永尾 寛, 多田 望ほか. 粘弾性解析による義歯床下組織の応力分布 粘弾性解析の導入. 補綴誌 34:623-630, 1990.
- 43) 守谷直史, 赤川安正. 義歯床用軟質裏装材の現状と将来. 広大歯誌 26:360-368, 1994.
- 44) 浜崎献作, 大塚武文, 高山康男ほか. 弾性裏装材(ニュースナッカー)の緩圧効果に関する一考察. 補綴誌 14:214-215, 1970.
- 45) 佐藤裕二, 守谷直史, 湯浅良孝ほか. 義歯床用軟質裏装材の応力緩和機能に関する有限要素解析. 広大歯誌 26:134-137, 1994.
- 46) 河野文昭, 多田 望, 中畑哲也ほか. 軟性裏装材の緩圧効果に関する研究 第1報 平行板実験. 補綴誌 32:1241-1252, 1988.
- 47) 田中久敏, 熊谷啓二. 印象. 豊田静夫, 松本直之, 森谷良彦編, 標準補綴学総論 コンプリートデンチャー 105-111, 東京:医学書院, 1989.
- 48) 榎津徳弘. 床下粘膜の負担圧に関する研究 下顎片側性遊離端欠損症例における印象圧の相違による影響について. 補綴誌 33:757-770, 1989.
- 49) 石鍋 聡. 荷重時における義歯床下粘膜の厚さの変化に関する研究. 補綴誌 35:111-124, 1991.
- 50) 竹迫 清, 布井隆行, 小島博文ほか. 上顎総義歯の床下における気圧の動態に関する研究 第2報 人工歯排列と辺縁封鎖との関係. 補綴誌 35:944-957, 1991.

著者連絡先: 佐藤 仁

〒101-8310 東京都千代田区神田駿河台
1-8-13

TEL 03-3219-8143

FAX 03-3219-8323