原著論文

上顎全部床義歯床下組織の負担圧に関する基礎的研究

多田 望

A Basic Study on Pressure of Supporting Tissues Under Upper Complete Denture

Nozomu Tada

Abstract : Through simulation method, the influences of occlusal force loading point, posterior pontics arrangement, palate thickness and denture base material on pressure distribution over supporting tissues under maxillary complete denture were studied.

The results were the following :

1. Pressure distribution over supporting tissues showed remarkable variation according to the position of the occlusal force loading point.
2. Pressure on the buccal side of the alveolar ridge was greater in the buccally shifted arrangement of posterior pontics than in the standard and lingually shifted arrangements.
3. Reduced palate resin thickness below normal value increased pressure on the palate midline region.
4. For the standard and lingually shifted arrangements of posterior pontics, pressure on the incisor and palate midline regions is decreased in metal base compared to acrylic resin base. In the buccally shifted arrangement, pressure on buccal side of the alveolar ridge is lesser in metal base than in acrylic resin base.

Key words : pressure distribution, supporting tissues, occlusal force loading point, posterior pontics arrangement, denture base material

I. 緒 言

粘膜負担義歯においては、咀嚼機能を回復させることは勿論のこと、床下組織の保護にも十分な配慮が必要であり、そのためには、局所的な負担圧過重を生じさせないような義歯形態の在り方の検討が必要である。しかしながら、これまでの研究は主として機能性の向上という

立場から人工歯の排列位置^{1,2)}、咬合様式³⁾、人工歯の咬合面形態^{4~6)}、義歯床形態⁷⁾などの義歯構成要素について検索がなされてきたものであり、床下組織の保護という立場から実際に咬合圧が粘膜を介して、支持骨にどのように分散され伝達されているか検索したものはない。つまり、支持骨上での負担圧を直接測定した研究は見当たらず、また、負担圧分布に影響を与える因子についてもまだまだ不明な点が多い。

そこで、本研究では、支持骨骨面上での測定が生体では困難なことから、生体の床下組織を模倣したモデルを用いてシミュレーション実験を行い、支持骨骨面上での負担圧分布に影響を及ぼす諸因子のうち、①咬合力の作

徳島大学大学院歯学研究科（指導：松本直之教授）
The University of Tokushima, Graduate School of Dentistry (Director : Prof. Naoyuki Matsumoto)
昭和 63 年 12 月 29 日受付

図1 改良型圧力センサの構成

- 前歯部顎堤：③
 臼歯部顎堤：①，②，④，⑤
 大白歯部頬側：⑬，⑭
 口蓋斜面部：⑥，⑦，⑧，⑩，⑪，⑫
 口蓋正中部：⑨，⑬，⑭

図2 センサ設置部位

用点の位置，② 臼歯人工歯の頬舌的排列位置，③ 義歯床口蓋部の厚さおよび材質の影響について，検討を加えたので報告する。

II. 実験方法

1. 上顎無歯顎シミュレーター

本実験は，上顎全部床義歯を対象として床下組織の負担圧を測定するものであり，上顎無歯顎模型として，顎骨模型と擬似粘膜から構成されるシミュレーターを作製した。顎骨模型はニッシン社製無歯顎模型 G 1-402 U を使用し，擬似粘膜は厚さ 2 mm のポリサルファイドラバー印象材（而至社製シュールフレックス F）を用いて作製した。

負担圧測定装置は，ダイヤフラム型圧力センサ（共和電業社製 PS-5 KA）を用い，曲面部においても測定可能のように改良⁹⁾を加えた。すなわち，図1に示すように顎骨模型の内部にダイヤフラム型圧力センサを埋入固定後，受圧面に厚さ 1.0 mm のシリコンシートを介させ，測定部の形状に合わせて作製した歯科用金銀パラジ

表1 実験用義歯の構成

実験用義歯	口蓋部の厚さ	口蓋部の材質
レジン床義歯	1.5 mm	アクリリックレジン
レジン床義歯	0.5 mm	アクリリックレジン
金属床義歯	0.5 mm	Co-Cr 合金

ウム合金製のレセプターを設置し，曲面部での垂直分力が測定可能のように改良を加えた。なお，センサは顎骨模型上の顎堤部に 5 か所，口蓋部に 9 か所，左右の大白歯部頬側にそれぞれ 1 か所ずつ，合計 16 か所に設置した（図2）。

2. 実験用義歯

実験用義歯は上顎全部床義歯とし，前歯部は標準的な人工歯排列を行い，臼歯部は咬合堤状とし，義歯床部は加熱重合型アクリリックレジン（而至社製アクロン）を用いて通法通り製作した。実験に使用した3種類の上顎全部床義歯の構成は表1に示す通りである。なお，義歯床口蓋部の厚さは，歯槽頂線の内側 6 mm に境界線を定め，その内側の部分を標準的なレジン床の場合は 1.5 mm，薄いレジン床の場合は 0.5 mm，金属床の場合は 0.5 mm の厚さになるように調製した。

3. 加圧条件および荷重方法

加圧条件は，実験用義歯の小白歯部から大白歯部咬合堤上を両側で加圧する両側性加圧とし，加圧部位は，歯槽頂相当部と，それより 3 mm 舌側寄りと，3 mm 頬側寄り（以後，中央加圧，舌側加圧，頬側加圧と略す）の3種類とした（図3）。加圧にあたっては3種類の金属加圧板を作製し，その上を荷重することとした。

荷重方法は，加圧板上の正中線上で，臼歯部咬合堤の前後中央部に荷重点 A を設定したのち，その点から左側に 6 mm 間隔で荷重点 B, C, D を設け，それぞれの部位で 15 kg の点荷重を垂直に加えた（図4）。

4. 測定方法

負担圧の測定は，5 個ずつ作製した3種類の実験用義歯合計 15 個について行い，ダイヤフラム型圧力センサからの出力を静ひずみ測定器（共和電業社製 UCAM-5 BT）で計測し，GP-IB インターフェースを介してパーソナルコンピュータ（TEAC 社製 PS 9000 モデル 216）に取り込んだ。

図 3 加圧条件

図 4 荷重点の位置

III. 結 果

1. 荷重点の位置の違いによる負担圧分布の変化

荷重点の位置の違いによる負担圧分布について、中央加圧時の分布状態を図 5 に示した。荷重点が A と D の 2 点における各測定点での負担圧値については表 2、表 3 に示した。

正中線上の点 A を荷重したときの負担圧分布は、中央加圧の場合、口蓋部の厚さが 1.5 mm のレジン床義歯と金属床義歯ではほぼ共通した傾向を示した。すなわち、最も大きな負担圧値を示した部位は、両義歯とも小白歯部顎堤（レジン床 641~707 g/cm²、金属床 686~772 g/cm²）であり、ついで、前歯部顎堤（レジン床 581 g/cm²、

図 5 荷重点の位置の違いによる負担圧分布の変化 (加圧条件：中央加圧)

金属床 475 g/cm²、小白歯部口蓋斜面（レジン床 192~314 g/cm²、金属床 144~422 g/cm²）の順となった。大白歯部顎堤については、金属床の場合、91~96 g/cm²、レジン床の場合、145~399 g/cm² となり両者に差が認められたが、小白歯部顎堤の負担圧に比べれば小さい値を示した。そのほか、大白歯部頬側に比較的大きい負担圧（レジン床 168~246 g/cm²、金属床 152~154 g/cm²）が発現したこと、逆に、最も小さな負担圧を示した部位は口蓋後縁部（0~17 g/cm²）であったことが特徴的であった。口蓋部の厚さが 0.5 mm のレジン床義歯の場合は、最も大きな値を示した部位は前歯部顎堤（678 g/cm²）であり、ついで、小白歯部顎堤（433~614 g/cm²）、口蓋斜面部（141~471 g/cm²）の順となり、大白歯部頬側の負担圧（35~116 g/cm²）は減少した。

荷重点が A から D まで移動したときの負担圧分布は、中央加圧の場合、口蓋部の厚さならびに材質の違いに関係なくほぼ共通した傾向を示した。すなわち、荷重点が

表 2 各義歯の負担圧 (荷重点: A)

測定部位 NO.	舌側加圧			中央加圧			頬側加圧		
	レジン床 (0.5 mm)	レジン床 (1.5 mm) *	金属床	レジン床 (0.5 mm)	レジン床 (1.5 mm)	金属床	レジン床 (0.5 mm)	レジン床 (1.5 mm)	金属床
1	176(72)	134(34)	114(25)	169(84)	145(22)	96(14)	282(131)	226(18)	185(40)
2	437(73)	569(84)	506(46)	433(52)	641(101)	772(100)	421(28)	795(116)	717(64)
3	588(81)	514(96)	430(112)	678(63)	581(63)	475(50)	596(95)	433(48)	494(69)
4	544(194)	594(222)	668(62)	614(182)	707(52)	686(130)	698(93)	607(190)	734(50)
5	75(28)	210(176)	84(19)	86(11)	399(38)	91(44)	204(55)	587(170)	406(107)
6	53(14)	43(37)	140(46)	4(5)	4(4)	10(34)	9(4)	1(3)	16(11)
7	213(56)	167(66)	234(11)	141(85)	87(35)	87(37)	163(58)	82(49)	139(20)
8	567(73)	459(183)	617(61)	471(160)	314(100)	422(51)	480(99)	378(131)	567(78)
9	350(42)	280(60)	218(28)	362(89)	189(61)	176(27)	295(30)	221(39)	245(38)
10	501(77)	483(40)	293(113)	365(163)	192(84)	144(76)	386(30)	362(26)	398(85)
11	608(142)	506(86)	515(78)	313(148)	112(66)	191(72)	502(116)	365(129)	328(109)
12	68(42)	43(13)	109(79)	1(5)	1(2)	17(12)	21(16)	11(2)	9(8)
13	5(5)	0(1)	3(2)	1(2)	0(0)	1(1)	0(0)	0(0)	0(0)
14	102(12)	52(27)	52(40)	58(27)	21(17)	8(7)	41(12)	16(11)	13(9)
15	0(0)	35(59)	79(70)	35(52)	246(109)	152(107)	227(23)	673(41)	415(232)
16	0(0)	85(64)	23(18)	116(48)	168(30)	154(115)	670(44)	765(103)	318(41)

unit : g/cm² ( ) : S.D.

表 3 各義歯の負担圧 (荷重点: D)

測定部位 NO.	舌側加圧			中央加圧			頬側加圧		
	レジン床 (0.5 mm)	レジン床 (1.5 mm)	金属床	レジン床 (0.5 mm)	レジン床 (1.5 mm)	金属床	レジン床 (0.5 mm)	レジン床 (1.5 mm)	金属床
1	0(1)	0(0)	0(0)	2(2)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)
2	4(8)	0(0)	1(1)	8(16)	18(17)	5(7)	3(6)	17(25)	7(13)
3	663(211)	757(136)	672(143)	526(128)	627(115)	585(36)	518(111)	721(184)	586(113)
4	2225(342)	1943(123)	1887(45)	1977(364)	1830(95)	1847(106)	2240(279)	1996(291)	1786(87)
5	1641(156)	1457(219)	1524(19)	1527(219)	1592(305)	1408(33)	1643(194)	1582(272)	1578(77)
6	0(1)	0(1)	0(0)	2(2)	0(1)	0(0)	4(4)	0(0)	0(1)
7	9(11)	5(9)	1(4)	29(14)	9(16)	4(2)	15(16)	4(8)	14(2)
8	131(55)	61(47)	107(17)	120(56)	53(19)	100(35)	75(52)	57(81)	149(33)
9	325(95)	277(40)	347(104)	232(59)	226(51)	173(53)	245(99)	217(48)	315(133)
10	378(96)	462(42)	460(130)	326(78)	431(95)	268(162)	541(19)	577(70)	573(196)
11	150(101)	398(93)	311(77)	97(73)	224(112)	176(47)	217(125)	391(106)	322(125)
12	1(10)	36(27)	56(31)	0(0)	5(7)	22(15)	0(0)	9(10)	16(21)
13	0(1)	0(1)	0(0)	1(2)	0(1)	0(2)	0(0)	0(1)	0(0)
14	1(3)	13(20)	10(9)	11(9)	11(20)	0(2)	0(0)	0(1)	3(2)
15	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	3(1)	1(1)	0(1)
16	344(150)	916(109)	636(96)	468(178)	797(173)	582(158)	1156(383)	1292(173)	824(114)

unit : g/cm² ( ) : S.D.

移動するにつれて荷重側の小白歯部顎堤, 大白歯部顎堤, 大白歯部頬側, 口蓋斜面部では負担圧は増加し, 荷重点 D に達したときの負担圧は, 荷重点 A に比べて小白歯部顎堤では 2.6~3.2 倍, 大白歯部顎堤では 4.0~17.8 倍, 大白歯部頬側では 3.8~4.7 倍となった。しかし, 前

歯部顎堤の負担圧は荷重点 A と同程度であり, 変化は認められなかった。

2. 加圧条件の違いによる負担圧分布の変化

口蓋部の厚さが 1.5 mm のレジン床義歯について, そ

図 6 加圧条件の違いによる負担圧分布の変化
(1.5 mm のレジン床, L: 舌側加圧, C: 中央加圧, B: 頬側加圧)

の分布状態を図 6 に示した。そのほかの条件下における各測定点での負担圧値については表 2, 表 3 に示した。

1) 荷重点 A の場合 (表 2)

加圧条件として頬側加圧と中央加圧の負担圧分布を比較した場合、口蓋部の厚さおよび材質が異なる 3 種類の義歯すべてにおいて共通した傾向が認められた。すなわち、頬側加圧時、中央加圧に比べ、負担圧の増加傾向を示した部位は左右の大白歯部顎堤と大白歯部頬側であった。前者の顎堤部については、0.5 mm のレジン床で 1.7~2.4 倍、1.5 mm のレジン床で 1.5~1.6 倍、金属床で 1.9~4.5 倍の負担圧の増加を示した。後者の頬側部の場合は、0.5 mm のレジン床で 5.8~6.5 倍、1.5 mm のレジン床で 2.7~4.6 倍、金属床で 2.1~2.7 倍の負担圧の増加を示した。なお、口蓋斜面部と口蓋正中部については負担圧に多少の増減は認められるが、総体的にはほとんど変化はなかった。

舌側加圧と中央加圧の負担圧を比較した場合は、頬側加圧時同様、口蓋部の厚さおよび材質が異なる 3 種類の義歯すべてにおいてほぼ共通した傾向が認められた。すなわち、舌側加圧時、中央加圧に比べ、負担圧の増加傾向を示した部位は口蓋斜面部全域であり、1.2~4.5 倍の

負担圧の増加を示した。逆に、負担圧が減少した部位は大白歯部頬側で、特に、0.5 mm のレジン床の場合に、負担圧はゼロとなった。また、顎堤上の負担圧については多少の増減は認められたが、総体的にはほとんど変化はなかった。

2) 荷重点 D の場合 (表 3)

荷重点 D を荷重した場合の負担圧分布は、加圧条件ならびに義歯条件のすべてにおいてほぼ共通した傾向が認められた。すなわち、顎堤部付近を荷重したときの主な圧負担域は、荷重側の小白歯部顎堤と大白歯部顎堤であり、前歯部顎堤と大白歯部頬側、口蓋斜面部は条件によって順位に差はあるものの比較的大きな負担圧を示した。なかでも、頬側加圧時の負担圧は、中央加圧に比べて、荷重側の大白歯部頬側と口蓋斜面部において増加傾向を示した。大白歯部頬側では、0.5 mm のレジン床で 2.5 倍、1.5 mm のレジン床で 1.6 倍、金属床で 1.4 倍の負担圧の増加を示した。口蓋斜面部では、0.5 mm のレジン床で 1.7~2.2 倍、1.5 mm のレジン床で 1.3~1.7 倍、金属床で 1.8~2.1 倍の負担圧の増加を示した。なお、前歯部顎堤および荷重側の小白歯部顎堤と大白歯部顎堤については、多少の増減は認められたが、総体的にはほとんど変化はなかった。

舌側加圧と中央加圧の負担圧を比較した場合は、3 種類の義歯すべてにおいて多少の増減は認められたが、全体的にはほとんど差はなかった。

3. レジン床義歯の口蓋部の厚さの違いによる負担圧分布の変化

口蓋部の厚さが 0.5 mm と 1.5 mm のレジン床義歯の負担圧分布については、中央加圧について、その分布状態を図 7 に示した。そのほかの条件下における負担圧値については表 2, 表 3 に示した。

1) 荷重点 A の場合 (表 2)

レジン床義歯の口蓋部の厚さの違いによる負担圧分布は、3 加圧条件ともほぼ共通した傾向が認められた。すなわち、0.5 mm のレジン床の負担圧が、1.5 mm のレジン床よりも増加傾向を示した部位は、前歯部顎堤、口蓋斜面部、口蓋正中部であり、前歯部顎堤では 1.2~1.4 倍、口蓋斜面部では 1.1~2.8 倍、口蓋正中部では 1.3~1.9 倍の負担圧の増加を示した。逆に、小白歯部顎堤、大白歯部顎堤、大白歯部頬側の負担圧は減少した。

2) 荷重点 D の場合 (表 3)

3 加圧条件ともほぼ共通した傾向が認められた。すなわち、0.5 mm のレジン床の負担圧は、1.5 mm のレジン

図7 義歯床口蓋部の厚さおよび材質の違いによる負担圧分布の変化（加圧条件：中央加圧）

床と比較して荷重側の小臼歯部顎堤でわずかに増加し、前歯部顎堤、荷重側の大臼歯部頰側では逆に減少した。

4. 口蓋部の材質の違いによる負担圧分布の変化

レジン床と金属床の違いによる負担圧分布については、中央加圧の場合の分布状態を図7に示した。そのほかの条件下における負担圧値については表2、表3に示した。

1) 荷重点 A の場合（表2）

中央加圧時の1.5mmのレジン床と金属床の負担圧を比較した場合、大臼歯部顎堤と前歯部顎堤および大臼歯部頰側で、金属床の場合に減少傾向を示した。

頰側加圧した場合は、顎堤上の負担圧分布は、金属床の場合、0.5mmのレジン床義歯よりむしろ1.5mmのレジン床の負担圧分布に近く、口蓋斜面部と大臼歯部頰側では1.5mmのレジン床よりむしろ0.5mmのレジン床に近い負担圧分布を示した。舌側加圧の場合は、金属床の負担圧は1.5mmのレジン床に比べ、顎堤上では減少傾向が、口蓋斜面部では増加傾向が認められた。しかし、大臼歯部頰側については両者の間に差は認められなかった。

2) 荷重点 D の場合（表3）

中央加圧、舌側加圧、頰側加圧とも口蓋部の材質の違いによる負担圧分布は、大臼歯部頰側を除いて、すなわ

ち、金属床の負担圧が、0.5mmと1.5mmのレジン床のほぼ中間の値を示していた以外は、部位的に多少の増減はあるものの、大きな差は認められなかった。

IV. 考 察

1. 実験方法について

1) シミュレーターについて

義歯に加わる咬合力は、義歯床を介して床下粘膜および支持骨に分散され伝達されるため、その分散状態が不均等な場合は義歯床による疼痛や潰瘍の原因となる⁹⁾。また、長期間にわたる不均等な圧は粘膜の変性や支持骨の吸収などを起こす原因となる¹⁰⁾ため、義歯床下での負担圧分布を把握することは重要な課題とされてきた。しかしながら、負担圧を実際に測定する場合、これまでは小型の負担圧測定装置を義歯床粘膜面に埋設し、床下粘膜が受ける咀嚼圧を直接測定する方法が主として行われてきた。しかし、全部床義歯の場合、床の薄い口蓋部や床翼部に負担圧測定装置を埋設することは技術的にも困難であり、また、数にも制限が加えられ、詳細な床下組織の負担圧分布を解明することはほとんど不可能に近かった。加えて、粘膜の厚さや硬さ、義歯床と粘膜の適合性など多くの生体側の因子が負担圧分布に関与するため、明確な条件設定が非常に困難である。

以上のことを考慮して本研究では、上顎無歯顎症例を想定し、その顎骨模型に負担圧測定装置を埋入固定したシミュレーターを作製し、骨モデル上での負担圧分布を測定するシミュレーション実験を行い、支持骨表面に加わる圧力分布を明らかにすることにした。その結果、顎堤部5カ所、口蓋部9カ所、左右大臼歯部頰側にそれぞれ1カ所ずつ、合計16カ所の測定点を設置することができ、支持骨骨面上での詳細な負担圧分布の測定が可能となった。

2) 加圧条件および荷重方法について

全部床義歯における臼歯人工歯の頬舌的な排列位置は力学的な安定を優先するか、発音等の生理的機能を優先するかの考え方の違いによって異なってくる。このような点を考慮して本研究では、臼歯部の加圧部位に関して3種類の加圧板、すなわち、歯槽頂より頰側寄りを加圧するもの（頰側加圧）、歯槽頂付近を加圧するもの（中央加圧）、歯槽頂より舌側寄りを加圧するもの（舌側加圧）を金属で作製し、その加圧板上を点荷重することとした。

加圧板上の荷重点の位置については、各荷重点を咬合

表 4 各義歯の負担率 (荷重点: A)

区域	舌側加圧			中央加圧			頬側加圧		
	レジン床 (0.5 mm)	レジン床 (1.5 mm)	金属床	レジン床 (0.5 mm)	レジン床 (1.5 mm)	金属床	レジン床 (0.5 mm)	レジン床 (1.5 mm)	金属床
前歯部顎堤	42.5	38.2	34.9	47.2	40.1	38.2	32.8	21.8	29.0
臼歯部顎堤	22.3	28.0	27.8	22.7	32.6	33.0	22.1	28.0	30.0
大臼歯部頬側	0	4.5	4.0	5.3	14.3	12.3	24.7	36.2	21.6
口蓋斜面部	24.2	21.1	25.8	15.0	8.1	11.6	14.3	10.1	14.3
口蓋正中部	11.0	8.2	7.4	9.7	4.8	4.9	6.2	4.0	5.1

unit: %

力の作用点と考え、まず、中心咬合時の咬合状態から上顎歯列の中央点として、正中線上の前後の中央部に荷重点 A を設定した。ついで、咀嚼前期のいわゆる片側性咀嚼を想定した荷重点として、荷重点 A から正中線に直交する歯槽頂上の点、荷重点 D を設定した。また、中間の移行期に相当する点として 6 mm 間隔で荷重点 B, C を設定した。これにより、咀嚼運動時の荷重変化はある程度再現できるものと考えられる。

荷重量については、今回の研究では、義歯装着者の最大咬合力¹¹⁾を想定して 15 kg の点荷重を咬合平面に対して垂直に加えることとした。

3) 測定方法について

床下粘膜の負担圧を直接測定する試みは 1955 年の Stromberg¹²⁾ にはじまり、以後、種々の装置の開発が行われてきたが、近年、ダイヤフラム型圧力センサの有効性が報告^{13,14)}されて以来、このセンサが広く応用されるようになった。しかし、この圧力センサの受圧面は平坦であるため、本実験に使用する顎骨模型のような曲面部の接触圧を測定する場合にはこのままでは使用できない。そこで、矢代の報告⁸⁾を参考に本研究でも受圧面の改良を加えることとし、顎骨模型内にダイヤフラム型圧力センサを埋入固定後、受圧面にはシリコンシートを介在させ、その上に測定部の顎骨模型の形状に合わせて作った金属製のレセプターを設置した。その結果、曲面部での垂直分力が測定可能となり、圧力センサの較正実験においても直線性が高く (非直線性 2% RO)、シリコンシートおよびレセプターの影響はほとんど認められなかった。

2. 実験結果について

粘膜負担義歯の場合、支持骨の保護の立場から負担圧は床下組織全体に広く分散させ、局所的な負担圧過重が生じないように配慮する必要がある¹⁵⁾。

しかし、上顎における床下組織の圧負担能は部位によ

って、また、解剖学的構造によって条件が異なる。例えば、前歯部顎堤には血管と神経の開口部である切歯孔があり、同様に、硬口蓋後方の正中線の両側には唾液腺があって大口蓋孔から口蓋前方に走る血管と神経を覆っている。また、顎堤の唇側および頬側斜面部には血液の供給が少なく、加圧によって循環障害を起こしやすいこと^{16,17)}、また、口蓋正中部には口蓋隆起があり、粘膜も菲薄なため、義歯の沈下による圧痛ならびに義歯回転の支点となりやすいことなどから、これらの区域は圧負担能は低く、大きな負担圧は加えるべきではないとされている。そのため補綴学上、主要な圧負担域は、一般に、線維性の結合組織層で覆われ、かつ、硬さと位置が義歯の支持にとって好都合な残存歯槽堤が第一であり、その他の部位は二次的な圧負担域として区分することができる。

そこで、それぞれの義歯条件における負担圧分布を比較検討するために、図 2 に示したように各測定点を、前歯部顎堤、臼歯部顎堤、大臼歯部頬側、口蓋斜面部、口蓋正中部の 5 つの区域に分け、それぞれの区域での測定点 1 か所当たりの負担圧を算出し、その値をその区域での代表値とした。また、全区域の代表値の総和に対する各区域の代表値の比率を求め負担率とした (表 4, 5)。

1) 咬合力の作用点の位置の影響について

床下組織の負担圧に影響を及ぼす因子として、まず最初に、咬合力の作用点の位置があげられる。しかしながら、咬合接触によって生じる咬合力の作用点の位置の影響について検討したものは少ない。高橋¹⁴⁾は平板状の顎粘膜模型上で荷重点を移動させたときの負担圧変化を、大貫ら¹⁸⁾は下顎片側遊離端義歯を用いて、作間¹⁹⁾は下顎全部床義歯を用いて同様の実験を行い、床下組織の負担圧分布は荷重点の位置によって著しい変化を受け、局所的な負担圧過重が生じやすいと報告した。しかし、上顎全部床義歯における咬合力の作用点の位置の影響について検討したものは全く見当たらない。

表 5 各義歯の負担率 (荷重点: D)

区域	舌側加圧			中央加圧			頬側加圧		
	レジン床 (0.5 mm)	レジン床 (1.5 mm)	金属床	レジン床 (0.5 mm)	レジン床 (1.5 mm)	金属床	レジン床 (0.5 mm)	レジン床 (1.5 mm)	金属床
前歯部顎堤	20.3	20.0	19.5	17.4	18.1	19.2	13.0	17.0	16.5
荷重側臼歯部顎堤	59.2	44.8	49.5	58.0	49.4	53.4	48.7	42.3	47.2
荷重側大臼歯部頬側	10.5	24.2	18.5	15.5	23.0	19.1	29.0	30.5	23.1
荷重側口蓋斜面部	5.4	7.9	8.0	4.7	6.4	5.1	6.3	7.7	8.5
口蓋正中部	3.3	2.6	3.5	2.7	2.3	1.9	2.1	1.7	3.0
反対側臼歯部顎堤	0	0	0	0	0	0	0	0	0
反対側大臼歯部頬側	0	0	0	0	0	0	0	0	0
反対側口蓋斜面部	1.4	0.6	1.0	1.7	0.6	1.1	0.7	0.5	1.5

unit: %

表 6 荷重点の位置の変化に伴う負担圧の変化率

測定部位 NO.	舌側加圧			中央加圧			頬側加圧		
	レジン床 (0.5 mm)	レジン床 (1.5 mm)	金属床	レジン床 (0.5 mm)	レジン床 (1.5 mm)	金属床	レジン床 (0.5 mm)	レジン床 (1.5 mm)	金属床
1	- 9.7	- 7.5	- 6.4	- 9.1	- 8.3	- 5.4	-15.6	-12.7	-10.3
2	-24.1	-32.0	-28.5	-24.2	-34.5	-42.2	-22.8	-42.3	-39.4
3	9.1	12.9	13.8	- 3.8	2.5	5.9	0.6	8.3	4.2
4	86.9	72.6	68.5	65.5	58.7	63.7	79.9	63.8	56.1
5	86.1	75.3	77.9	77.9	75.3	73.2	81.0	65.3	64.4
6	- 3.2	- 2.7	- 8.6	- 0.1	- 0.3	- 0.7	- 0.2	- 0.1	- 1.0
7	-11.6	- 9.0	-13.0	- 5.9	- 3.9	- 4.4	- 8.2	- 4.2	- 6.5
8	-24.4	-20.5	-26.8	-19.7	-13.8	-16.5	-22.6	-15.7	-21.6
9	2.0	- 0.6	7.0	- 5.2	0.9	- 0.4	- 1.3	1.2	3.6
10	- 4.1	- 1.4	8.5	1.1	11.8	6.8	9.5	10.2	8.7
11	-22.1	- 8.9	-11.4	-10.2	2.0	0.1	-10.3	1.8	- 0.3
12	- 3.6	- 1.3	- 3.3	- 0.5	0.2	0.8	- 1.6	0	0.6
13	- 0.3	- 0.1	- 0.2	0.1	- 0.1	0.2	0	0	- 0.2
14	- 5.7	- 2.8	- 2.2	- 2.5	- 1.1	- 0.4	- 2.3	- 0.9	- 0.4
15	2.4	- 2.2	- 4.5	- 4.0	-14.2	- 8.7	-15.3	-36.8	-23.6
16	25.6	42.9	33.9	23.8	27.7	23.1	42.5	35.0	27.0

そこで、本研究では、口蓋部の厚さおよび材質の異なる3種類の全部床義歯を用い、荷重点を正中線上のA点から歯槽頂部のD点まで移動させたときの各負担圧を測定し(図5)、その変化を比較検討した。その結果、荷重点が正中線上のA点から側方に移動するにつれて、荷重側の小白歯部顎堤、大臼歯部顎堤、大臼歯部頬側、および口蓋斜面部では負担圧が増加し、非荷重側の各測定点では負担圧は減少した。したがって、咀嚼前期の片側性咀嚼時には、一時的に咀嚼側の床下組織に著しい圧負担を強いことになる。

これらの負担圧の変化を各測定点ごとに、X軸を荷重点の正中線からの距離(mm)、Y軸を負担圧値(g/cm²)として一次回帰式を求め、その傾きを負担圧の変化率(表6)として比較検討したところ、変化率が最も大きか

った部位は、義歯条件、加圧条件ともいずれの場合においても荷重側の大臼歯部顎堤(中央加圧時73.2~77.9)が最大であり、ついで、小白歯部顎堤(中央加圧時58.7~65.5)、大臼歯部頬側(中央加圧時23.1~27.7)、小白歯部口蓋斜面部(中央加圧時1.1~11.8)の順であり、正中線上の前歯部顎堤、口蓋前方部はほとんど変化は認められなかった。しかし、前歯部顎堤上の負担圧はどの時点でも大きく、機能運動時、常に大きな圧負担を強いられているものとみなされるため、切歯乳頭部は必ずリリースするよう心掛けねばならない。また、荷重点の移動に伴って増加する大臼歯部頬側の負担圧は、臨床でもしばしば義歯装着後の褥創性潰瘍として発現するところであり、なんらかの対策を講じる必要がある。

2) 臼歯人工歯の排列位置の影響について

全部床義歯における臼歯人工歯の排列位置については、義歯の力学的均衡ならびに安定性を優先する考え方と、発音等の生理的機能を優先する考え方の2通りがあり、両者間には頬舌的な排列位置に多少とも差が認められるため、その是非について多くの議論がなされてきた。

しかし、無歯顎者を対象に排列位置と負担圧の関係を解明した研究報告は少なく、上顎義歯において、交叉咬合排列と標準排列時の負担圧を比較検討した Frechette²⁰⁾ の報告と、下顎義歯において、排列位置を頬舌的に変化させたときの負担圧から排列位置を考察した河野²¹⁾ の報告があるのみである。また、前田¹⁰⁾ は、有限要素法を用いて人工歯の頬舌的排列位置を検討し、排列位置が義歯床の移動量および義歯と顎堤の応力分布に深く関わっていることを報告している。しかし、生体または生体に近い状態での多数点で直接義歯からの負担圧を測定した報告は見当たらない。

そこで、本研究では、3種類の全部床義歯を用い、加圧条件を変えたときの各測定点での負担圧分布ならびに各区域ごとの負担率から臼歯人工歯の排列位置の影響を検討した。

その結果、荷重点 A の場合、頬側加圧時の負担率は中央加圧に比べ、レジン床、金属床とも前歯部顎堤では 9.2~18.3% の減少、逆に、大臼歯部頬側では 9.3~21.9% の増加が認められた。このことは、臼歯人工歯を歯槽頂よりも頬側寄りに排列し荷重した場合は、上顎義歯の口蓋前方部研磨面に大きな引張応力が集中し、その結果、義歯は歯槽頂部を支点として頬側粘膜面方向にたわむようになり、頬側フレンジ部は内側に、正中線上の前歯部顎堤上は多少とも浮き上がり気味に沈下するものと考えられる。

一方、舌側加圧時の負担率は、中央加圧時に比べて大臼歯部頬側では 5.3~9.8% の減少、前歯部顎堤ならびに臼歯部顎堤ではごくわずかに減少する程度であったが、逆に、口蓋斜面部では 9.2~14.2%、口蓋正中部では 1.3~3.4% の負担率の増加が認められ、頬側加圧時とは異なる負担圧分布を示した。このことは、臼歯人工歯を舌側寄りに排列した場合、咬合力は歯槽頂の内側を通過するようになるため、頬側排列時とは逆の部位、つまり口蓋斜面部、口蓋正中部に応力が集中し、大臼歯部頬側の負担圧は減少したのと考えられる。そのため、臼歯人工歯を力学的な義歯の安定を優先させて歯槽頂よりも舌側寄りに排列する場合は、切歯乳頭部のみならず、口蓋正中部についてもリリーフの必要性が示唆された。

ついで、荷重点 D における舌側加圧、中央加圧、頬側加圧時の負担率を比較検討したところ、頬側加圧時の負担率は、中央加圧時に比べてレジン床、金属床とも荷重側臼歯部顎堤では 6.2~9.3% の減少、逆に、大臼歯部頬側では 4.0~13.5% の増加が認められ、その他の部位についてはほとんど差は認められなかった。このことから、臼歯人工歯を歯槽頂よりも頬側寄りに排列した場合、片側荷重時、人工歯が頬側に排列されていればいるほど、荷重側の義歯は歯槽頂を支点としたモーメントによって内方への回転と沈下を起こし、大臼歯部頬側の負担率が増加するものと考えられる。しかし、舌側加圧時の負担率は、中央加圧時に比べ、レジン床、金属床とも、いずれの区域においてもほとんど変化は認められなかった。

以上のことから、臼歯人工歯を歯槽頂よりも頬側寄りに排列した場合、中心咬合時および咀嚼前期の片側性咀嚼時には、大臼歯部頬側の負担圧は過重となりやすく、これに対して、人工歯を歯槽頂よりも舌側寄りに排列した場合は、大臼歯部頬側での負担圧は非常に小さくなるが、二次負担域である口蓋正中部ならびに口蓋斜面部での圧負担は増加する。このため、床下組織の保護の立場からは、排列位置は頬側寄りにしも舌側寄りにしも片寄らない歯槽頂上が、負担圧の面から最も好ましい排列であると考えられる。

3) レジン床義歯口蓋部の厚さの影響について

口蓋部の骨吸収は、抜歯あるいは加齢によって影響を受けることのない領域である²²⁾。したがって、義歯床口蓋部の床の厚さは、装着時の異和感から可及的に薄くしたいという要求が以前から強く、現在までに強化繊維など種々の方法により薄床化の試みが行われてきた²³⁻²⁶⁾。しかし、義歯床口蓋部の厚さや材質の違いによって床下組織の負担圧分布に与える影響は小さくなく、単に口蓋床を薄くすればよいというものではない。そこで、口蓋部の厚さが 0.5 mm のレジン床と 1.5 mm のレジン床の負担圧分布を比較検討し、口蓋部の厚さと負担圧分布の関係ならびにその対策について考察を加えた。

その結果、荷重点 A の場合、0.5 mm と 1.5 mm のレジン床の負担率の差は、舌側加圧、中央加圧、頬側加圧とも同様の増減傾向を示し、1.5 mm を基準とした場合、減少を示したのは臼歯部顎堤 (5.7~9.9%) と大臼歯部頬側 (4.5~11.5%) で、増加を示したのは前歯部顎堤 (4.3~11.0%) と口蓋斜面部 (3.1~6.9%) と口蓋正中部 (2.2~4.9%) であった。しかし、その差は舌側加圧時では少なく、中央加圧、頬側加圧時には大きくなる傾向が認められた。

図 8 義歯床口蓋正中線上のひずみ状態 (荷重点: A)

一方、荷重点 D、すなわち歯槽頂部を荷重したときの 0.5 mm と 1.5 mm のレジン床の負担率の差は、3 加圧条件とも同様の増減傾向を示した。しかし、荷重点 A の場合とは多少異なり、1.5 mm のレジン床を基準とした場合、荷重側の臼歯部頬側 (1.5~13.7%) で負担圧の減少が認められ、荷重側の臼歯部顎堤 (6.4~14.4%) で負担圧の増加が認められた。また、両者の差は舌側加圧時に最も大きく、ついで、中央加圧、頬側加圧の順に減少した。

以上のことから、0.5 mm のような薄いレジン床の場

合は片側咀嚼時にはさほど問題は起きず、むしろ、両側荷重のような咬みしめ時に問題が生じると考えられる。すなわち、圧の二次負担域である口蓋斜面部と、義歯の回転を起こしやすい口蓋正中部の負担圧が増加し、逆に、主負担域である臼歯部顎堤の負担率は減少するようであった。

4) 義歯床口蓋部の材質の影響について

レジン床の口蓋部の厚さが負担圧分布に及ぼす影響についての前述の検討結果から、床の厚さが薄い場合には、両側で咬みしめたときに、正中線上の負担圧すなわち前歯部顎堤と口蓋正中部の負担圧が増加し、逆に、主要な圧負担域である臼歯部顎堤の負担率は減少することが明らかとなった。これは、荷重時、義歯床正中部に応力が集中し、たわみが起こった結果、負担圧分布に変化が生じたためと考えられる。そこで、曲げに強い材料として Co-Cr 合金を使用し、口蓋部の厚さが 0.5 mm になるような金属床義歯を作製した。

金属床義歯と、0.5 mm と 1.5 mm のレジン床義歯の負担圧分布を比較検討したところ、荷重点 A の場合、舌側加圧、中央加圧は同様の傾向を、頬側加圧は多少両者に差が認められた。すなわち、舌側加圧と中央加圧時の前歯部顎堤と口蓋正中部の負担率は、0.5 mm のレジン床、1.5 mm のレジン床、金属床の順に減少し、臼歯部顎堤、大白歯部頬側、口蓋斜面部では 3 義歯ともほとんど同じ負担率を示した。

頬側加圧の場合には、金属床と 1.5 mm のレジン床との負担率を比較すると、大白歯部頬側の負担率は大幅に減少し (14.6%)、臼歯部顎堤の負担率はほぼ同じ値を、前歯部顎堤と口蓋斜面部の負担率は増加 (7.2%, 4.2%) 傾向を示した。しかし、金属床と 0.5 mm のレジン床を比較した場合、臼歯部顎堤上の負担率は金属床の方が約 8% 増加し、大白歯部頬側の負担率は約 3% 減少した。その他の部位については両者ともほぼ同程度の値を示し、差は認められなかった。

これらの結果は、前述したように、義歯床正中部に発生するたわみ現象と、それに対抗するために作られた金属床義歯の物理的曲げ強さが負担圧分布に多少とも影響を与えたのではないかと考えられる。そこで、3 種類の義歯の口蓋正中線上の研磨面に単軸ストレインゲージを貼り付け、ひずみ状態を測定した (図 8)。

各測定点上のひずみ値を比較すると、3 種類の義歯条件ならびに加圧条件ともほぼ同様の傾向を示した。すなわち、口蓋前方部 (1CH) と口蓋後縁部 (5, 6 CH) では、比較的大きな引張ひずみが、口蓋中央部 (2, 3, 4 CH) で

は引張ひずみは減少し、わずかに引張ひずみが認められるか、または、0.5 mm のレジン床のように逆に圧縮ひずみが現れた。また、義歯条件による差の中で最も大きな変化を示したのは頬側加圧時であり、特に、口蓋前部(1 CH)ではその差は著しく、0.5 mm のレジン床で最大の引張ひずみ $1,762 \mu \text{ strain}$ を、ついで、1.5 mm のレジン床が $1,315 \mu \text{ strain}$ を、金属床は 0.5 mm のレジン床の 1/4 の値、すなわち $444 \mu \text{ strain}$ を示し、引張ひずみに対する補強効果が現れているようであった。口蓋中央部(2, 3, 4 CH)では、1.5 mm のレジン床が $105 \sim 180 \mu \text{ strain}$ 、金属床が $19 \sim 102 \mu \text{ strain}$ とわずかに引張ひずみを示したのに対して、0.5 mm のレジン床では、逆に、 $-74 \sim -230 \mu \text{ strain}$ と圧縮ひずみを示した。口蓋後縁部(5, 6 CH)では、3種類の義歯とも引張ひずみを示し、その大きさは、1.5 mm のレジン床、0.5 mm のレジン床、金属床の順に減少した。

このことより、0.5 mm のレジン床義歯で舌側加圧ならびに頬側加圧を行った場合は、口蓋前部研磨面上に引張応力が集中し、逆に、口蓋中央部には圧縮応力が働くようになるため、1.5 mm のレジン床義歯に比べてたわみも大きくなり、その結果、負担圧は大臼歯部頬側で減少、口蓋部で増加したものと考えられる。一方、金属床義歯の場合は、義歯床全体としてのたわみ量も少なく、全体的に沈下を起こすようになるため、臼歯部顎堤上ならびに口蓋斜面部の負担圧は増加し、その結果、大臼歯部頬側の負担圧は 1.5 mm のレジン床よりは減少したと思われる。

なお、荷重点 D における負担圧分布からは口蓋部の材質の影響は認められなかった。

以上のことから、最も好ましい負担圧分布を示したのは、中央加圧時の 1.5 mm のレジン床または金属床であり、舌側加圧、頬側加圧時には二次負担域での負担圧が増加する傾向にあった。しかし、二次負担域への圧の集中化は、1.5 mm のレジン床よりは金属床の方が少なく、金属床の効果が多少とも現れているようであった。

V. 結 論

上顎全部床義歯床下組織の負担圧分布に影響を及ぼす要因のうち、咬合力の作用点の位置、臼歯人工歯の頬舌的排列位置、義歯床口蓋部の厚さおよび材質の影響について、シミュレーターを用いて検討を行ったところ、以下の結論が得られた。

1. 支持骨骨面上の負担圧分布は、荷重点の位置の変

化に伴って著しく変化した。

2. 臼歯人工歯を頬側寄りに排列した場合は、歯槽頂および舌側寄りに排列した場合よりも、大臼歯部頬側で負担圧過重となりやすいことが判明した。

3. レジン床の口蓋部の厚さを 0.5 mm と薄くした場合は、口蓋正中部や口蓋斜面部の圧負担が大きくなった。

4. 金属床義歯とレジン床義歯を比較した場合、加圧条件によって、すなわち、臼歯人工歯を歯槽頂および舌側寄りに排列したとき、金属床では、前歯部顎堤と口蓋正中部での圧負担が小さくなり、頬側寄りに排列したときは、大臼歯部頬側の圧負担が小さくなることが明らかとなった。このことより、義歯床のたわみが負担圧分布状態に影響することが示唆された。

5. 床下組織の保護の立場から、人工歯の排列位置は、頬側寄りにすることは好ましくなく、また、義歯床口蓋部の厚さはレジン床では 1.5 mm 程度のもの、薄くしたときは金属床に置きかえる必要があること、また、多少とも排列位置を頬舌的にずらさなければならないときは、レジン床よりも金属床の方が床下組織に対して悪影響の少ない負担圧分布となることが明らかとなった。

稿を終えるに臨み、終始ご懇篤なるご指導とご校閲を賜りました松本直之教授に深甚なる謝意を表します。

また、本研究に際し、ご指導とご援助をいただいた羽田 勝助教授に厚くお礼申し上げます。あわせて、ご援助下さいました河野文昭先生以下、歯科補綴学第一講座の教職員ならびに大学院生各位に深謝いたします。

本論文の要旨の一部は、昭和 63 年 5 月、第 73 回日本補綴歯科学会学術大会において発表した。

文 献

- 1) 田島篤治：有床義歯の均衡と人工歯の排列および削合との関係について、歯科学報，66：715～764，1966。
- 2) 竹井正章：有床義歯の設計および人工歯排列に関する維持力発現機構の研究，歯科学報，69：721～751，1969。
- 3) 小出 馨：総義歯の咬合接触様式に関する実験的研究，歯学，72：231～265，1984。
- 4) 細見洋泰：下顎両側性遊離端義歯の人工歯形態が咀嚼時の義歯動態に及ぼす影響，補綴誌，24：284～300，1980。
- 5) 甘利直和：総義歯における人工臼歯咬合面形態の相連による筋活動量について，補綴誌，25：74～79，1981。
- 6) 吉田耕一郎：臼歯部人工歯の咬頭傾斜角が総義歯装着者の咀嚼機能に及ぼす影響について，広歯誌，16：64～81，1984。

- 7) 岡根秀明, 橋田博文, 津島隆司ほか: 総義歯の床面積が咬合力の発現に及ぼす影響に関する実験的研究, 補綴誌, 23: 428~436, 1979.
- 8) 矢代譲治: 床下粘膜の負担圧に関する基礎的研究—下顎両側遊離端局部床義歯における直接維持装置およびレストの影響について—, 補綴誌, 29: 582~599, 1985.
- 9) 山本為之: 総義歯による褥瘡の原因と予防, 歯界展望, 65: 555~562, 1985.
- 10) 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法) 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, 阪大歯学誌, 31: 275~284, 1986.
- 11) 森谷良彦: 総義歯の咬合力に関する研究 補遺, 補綴誌, 11: 1~26, 1967.
- 12) Stromberg, W.R.: A method of measuring forces of denture base against supporting tissues, J Prosthet Dent, 5: 268~288, 1955.
- 13) Fitzgerald, J.E. and Hufferd, W.L.: Interaction of a Diaphragm Pressure Gage with a Viscoelastic Half-space, Exp Mech, 257~265, 1970.
- 14) 高橋宏嘉: 義歯床下粘膜の局所負担圧分布に関する実験的研究, 鶴見歯学, 9: 49~72, 1983.
- 15) 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.
- 16) 鈴木和夫: 歯ぎん並びに口蓋粘膜の微細血管分布構造に関する研究, 歯科学報, 64: 705~725, 1964.
- 17) 鳥居健吾: Impedance Plethysmography による上顎口腔粘膜血流量に関する研究, 歯学, 61: 788~799, 1973.
- 18) 大貫昌理: 下顎義歯床下粘膜の局所負担圧分布に関する研究, 鶴見歯学, 12: 35~67, 1986.
- 19) 作間靖信: 下顎全部床義歯床下粘膜の局所負担圧分布に関する実験的研究, 鶴見歯学, 14: 47~110, 1988.
- 20) Frechette, A.R.: Complete denture stability related to tooth position, J Prosthet Dent, 11: 1032~1037, 1961.
- 21) 河野文昭: 機能時における下顎全部床義歯の負担圧に関する研究—特に人工歯排列位置との関係について—, 補綴誌, 31: 726~739, 1987.
- 22) Watt, D.M. and Likeman, P.R.: Morphological changes in the denture bearing area following the extraction of maxillary teeth, Br Dent J, 136: 225~235, 1974.
- 23) 永井正洋, 宮入裕夫, 村松篤良: ホログラフィによる義歯床の変位測定, 医器材研報, 10: 77~82, 1976.
- 24) 三田幸史: 床用レジンの疲れ強さに及ぼす切欠き効果 (第3報) 複合化による切欠き部の補強効果, 歯理工誌, 17: 79~90, 1976.
- 25) 高山義明: 上顎レジン全部床義歯の薄床化に関する研究 (第1報) 標準形レジン床義歯の薄床化について, 歯理工歯, 20: 199~203, 1979.
- 26) 宮本雅司: 金属板によるはりつけ補強法に関する研究 第2報 上顎全部床義歯モデル実験, 補綴誌, 32: 853~859, 1988.