義歯床下粘膜における局所負担圧分布 の動的測定について

大貫 昌理 岡島 努 作間 靖信
高橋 宏嘉 森戸 光彦 細井 紀雄

Dynamic Measurements of Pressure Distribution on the Denture Bearing Area

Masari Ohnuki, Tsutomu Okajima, Yasunobu Sakuma,
Hiroyoshi Takahashi, Mitsuhiro Morito and Toshio Hosoi

I. 緒 言

有床義歯の装着により、咀嚼機能の回復がなされることは勿論のことであるが、同時に残存歯、顎堤の保護も考慮されるべきである。そのためには義歯に適切な咬合接触を付与し、咬合力が適正に支持組織に伝達、配分されることが重要である。しかしながら、早期接触や咬合の不調和が義歯床の偏位や局所的な負担過重を生じさせることは、臨床においてたびたび経験するところである。ことに全部床義歯においては、咀嚼力、咬合力を負担するのは義歯床下の粘膜のみであり、それゆえ床下粘膜の負担圧分布は咬合接触の状態によってかなり影響を受けると考えられる。

従来、義歯床下粘膜における負担圧の適正化については、咬合力¹⁻⁴⁾、粘膜性状⁵⁻¹⁴⁾、印象採得法¹⁵⁻¹⁷⁾、人工歯形態¹⁸⁻²⁰⁾ および排列位置²¹⁻²⁴⁾ 等からのアプローチが数多くなされてきた。また、機能時に義歯床を介して加わる咬合圧を義歯床下粘膜がどのように負担しているか、について定量的な測定を行ったものは少なく²⁵⁻³³⁾、これら先人の研究も測定精度に問題を残している。また日常臨床においては、ホワイト・シリコーンによる適合試験結果からその被膜厚さ³⁴⁻³⁷⁾を測定することにより、適否を判定している。

鶴見大学歯学部歯科補綴学第三講座（主任：細井紀雄教授）
The Third Department of Prosthetic Dentistry, School
of Dental Medicine, Tsurumi University (Chief: Prof.
Toshio Hosoi)
昭和59年6月25日受付

当教室の高橋ら³⁹⁾は、義歯床に加わる咬合力と床下粘膜の局所的な負担圧を定量的に測定することを目的として、Diaphragm型の圧力変換器を応用した局所負担圧測定装置を考案し、顎粘膜模型上で較正試験を行い、生体の顎粘膜に対してこれが使用可能であることを示唆した。

そこで本研究ではこの装置を使用し、義歯床下粘膜における局所負担圧の定量化ならびに、咬合接触状態の相違による負担圧分布への影響を解明することを目的として、被験者1名について実験義歯を製作し、床下粘膜の動的な圧力測定を試みた。

実験に際しては、実験義歯咬合面上で荷重点を変え、これに伴う床下粘膜の負担分布の変化を測定し、さらに荷重法が異なる場合についても検討を加えた。

II. 実験方法

被験者は25歳男性、下顎右側第1、第2大臼歯に欠損を有し、抜歯後5年を経過している者1名である。被験者の欠損部顎堤にCo-Cr铸造床による下顎義歯を製作し、義歯床基底面に4個のDiaphragm pressure sensorを取り付け、これを実験義歯とした。実験義歯への荷重は被験者の咬合力によりLoad cellを介して行い、このときの咬合力と床下粘膜の負担圧とを同時計測した。なお実験義歯咬合面には9カ所の荷重点を設定し、荷重点の位置と局所負担圧分布の関係について検討した。

1. 実験義歯

実験義歯製作にあたり印象採得は個人トレーを用い、

図1 実験義歯

ポリサルファイドラバー印象材 (GC 社製, SURFLEX-F) にて加圧印象を行った。採得した印象には超硬石膏 (KERR 社製, VER-MIX ストーン) をメーカー指定の混水比で練和し, これを注いで作業用模型とした。

実験義歯は Co-Cr の鋳造床であり, 43に双歯鉤, 5に Akers 鉤を設計した。床基底面部は取りはずし埋没法にて重合し, さらに適合を向上させるためホワイト・シリコーン (GC 社製, FIT-CHECKER) を用い, 間接リベースの手法で再度印象採得を行い, これを直接埋没し重合した (図1)。なお, 実験義歯咬合面は NEY 社製サバーヤーにより 5遠心辺縁隆線の高さと一致させ, 咬合平面と平行になるよう設定した。

2. 荷重点の設定

実験義歯に荷重を加える場合, 荷重点と顎堤の位置関係を規定する必要がある。そこで荷重点設定の基準線を歯槽頂を通り義歯咬合平面との交点を連ねた線とした。また基準線上で, 右側第2小臼歯遠心辺縁隆線と臼後隆起間の中央に E 点を設定し, さらに D 点, F 点は E 点から近遠心方向へ 5mm の位置とした。A, B, C 点, G, H, I 点については人工歯の頬舌歯冠幅径を考慮し, D, E, F 点から頬舌側に各々 3mm の位置とした (図2)。

3. 局所負担圧測定装置

局所負担圧測定装置のブロック・ダイアグラムを図3に示す。本装置は, 上顎に固定された Load cell (共和電業社製, LM-5KA) と下顎実験義歯床基底面に設置された4個の Diaphragm pressure sensor (共和電業社製, PS-10KA) からなる。Load cell および Sensor からの出力電圧は Dynamic strain amplifier (共和電業社製, DPM-210 A) で増幅され, Datarecorder (共和電業社製, RTP-501A) に同時記録される。記録されたデー

図2 荷重点 (A~I) の設定位置

タはさらに Electromagnetic oscillograph (共和電業社製, RMS-11) に描記し, ノギスを用いて計測した。また被験者が咬合力を調整できるように, デジタル電圧計を咬合力の指標として使用した。

4. Sensor および Load cell

今回使用した Diaphragm pressure sensor は義歯床基底面に埋め込んで使用するため, 形態的に小さい PS-10KA を選択した。PS-10KA は高橋ら^{39,41)}の使用した PS-10KB とリード線の取り付け位置が異なるだけで, 受圧部の構造は同じである。Load cell については点荷重が可能で, しかも荷重を受けるロッドが短い LM-5KA を使用した (図4)。

Sensor は実験義歯床基底面の頬側および舌側におおの2個ずつ計4個を取り付けた (図5)。取り付け位置は顎堤斜面の比較的平坦な部位を選んだ。また Sensor 受圧面が義歯床基底面と同一平面となるよう, 床基底面の石膏コアを採得し, 石膏面に従って注意深く取り付け

図 3 局所負担圧測定装置のブロック・ダイアグラム

図 4 Diaphragm pressure sensor (PS-10 KA) と Load cell (LM-5 KA)

た。

図 6 に Sensor 取り付け位置, 番号, および荷重点を示す。近心頬側に設置した Sensor を No. 1, 遠心頬側を No. 2, 近心舌側を No. 3, 遠心舌側を No. 4 とした。

上顎にはレジン製のシーネを製作し, これに Load cell を取り付け, 実験義歯咬合面に対して垂直に荷重できるようにした (図 7)。

Sensor および Load cell は温度変化により 0 点がドリフトし出力電圧に差を生じるため, 計測中は常に口腔内温度を維持し, また防湿にも十分留意した。

5. 実験方法

1) 断続荷重による局所負担圧の経時的測定

顎粘膜はいわゆる粘弾性体としての性質を有しているので, 義歯床を介してこれに断続的な咬合圧が加わった場合, 粘膜は経時的に変位していくものと考えられる。

図 5 義歯床基底面に設置された Diaphragm pressure sensor

そこでこのような粘膜の経時的変位が床下粘膜の負担圧分布にどのように影響を及ぼすか検討するため, 局所負担圧の経時的測定を試みた。

測定は実験義歯装着後 10 秒に 1 回の割合で咬合させ, 90 分間行った。計測は 5 分ごとに 5 回行い, その平均値を測定値とした。咬合は 3 秒間のいわゆる“咬みしめ”を行い, 実験義歯に加える咬合力は約 3 kg とした。またこの時の荷重点は中央の E 点とした。

2) 各荷重点 (A~I) における局所負担圧分布の測定
実験義歯咬合面上の荷重点 A~I の 9 点について荷重

図 6 Sensor 取り付け位置と荷重点の位置関係

図 7 実験義歯と上顎に取り付けられた Load cell

を加え、各荷重点における床下粘膜の局所負担圧分布を測定した。被験者には各荷重点について3秒間の咬みしめ5回ずつを行わせ、この時の咬合力が5 kg 以上になるよう指示した。

また同実験において咬合を0.5秒間隔のタッピングに変え、各荷重点 A~I の9点について10回ずつ測定を行った。

III. 結 果

1. 断続荷重による局所負担圧の経時的測定

義歯咬合面上の荷重点 E に3 kg を繰り返し荷重した場合、床基底面に設置した4個の Sensor における局所負担圧の経時変化は図8に示すとおりであった。

義歯装着時3 kg の荷重に対し No. 1 Sensor では 0.7 kg/cm^2 、No. 2 Sensor では 1.4 kg/cm^2 、No. 3 Sensor では 1.0 kg/cm^2 、No. 4 Sensor では 1.2 kg/cm^2 の圧を負担している。ところが義歯床近心に設置した No. 1, No. 3 Sensor では義歯装着時から経時的に負担

図 8 局所負担圧の経時変化

圧が減少する傾向を示し、90分経過後では No. 1 で 0.5 kg/cm^2 、No. 3 で 0.8 kg/cm^2 であった。また No. 2, No. 4 Sensor ではこれとは逆に若干の増加傾向を示し、90分経過後では No. 2 で 1.5 kg/cm^2 、No. 4 で 1.3 kg/cm^2 であった。

以上のように90分間の測定においておのおのの Sensor は $100 \text{ g} \sim 200 \text{ g/cm}^2$ の負担圧の変動を示したが、測定開始後60分を経過した時点から4個の Sensor とも経時的な変化が減少し、安定する傾向がみられた。

この結果を参考とし、各荷重点における局所負担圧分布の測定は実験義歯装着60分後に行った。

2. 各荷重点 A~I における局所負担圧分布の測定

各荷重点 A~I に咬みしめおよびタッピングにより荷重を加え、このときの局所負担圧分布を測定した。

1) 咬みしめ時

(1) No. 1 Sensor における局所負担圧 (図9)

Sensor 直上の荷重点 A に荷重を加えた場合、荷重量の増加に伴って局所負担圧は急激に高くなり、5 kg 荷重時では 2.1 kg/cm^2 であった。また荷重点 G においては荷重量の増加に対する局所負担圧の増加は少なく、5 kg 荷重時で 0.2 kg/cm^2 であった。

このように近心頬側に設置された No. 1 Sensor においては、頬側および歯槽頂上の荷重点において高い負担圧を示し、舌側、特に近心舌側の荷重点 G での荷重に対してはほとんど圧を負担していなかった。

(2) No. 2 Sensor における局所負担圧 (図10)

遠心頬側の床基底面に設置された No. 2 Sensor においても No. 1 Sensor と同様、Sensor 直上の荷重点 C で最も高い負担圧を示し、5 kg 荷重時の局所負担圧は 3.3 kg/cm^2 であった。また局所負担圧を荷重点の部位別に

図 9 No. 1 Sensor における局所負担圧 (咬みしめ時)

みると、頬側の A, B, C 点と歯槽頂上の D, E, F 点については荷重量に対する負担圧の増加率は高く、5 kg 荷重時では $2.4 \sim 3.3 \text{ kg/cm}^2$ の圧を負担している。逆に舌側の荷重点 G, H, I では、荷重時に対する負担圧の増加はあまりなく、5 kg 荷重時で $0.9 \sim 1.3 \text{ kg/cm}^2$ となった。

(3) No. 3 Sensor における局所負担圧 (図 11)

近心舌側に設置した No. 3 Sensor では、No. 1, No. 2 Sensor と同様、Sensor 直上の荷重点 G で最も高い負担圧を示し、荷重を Sensor 設置部位から遠ざけるに従って負担圧は低くなった。また部位別にみると、舌側の荷重点 G, H, I において負担圧は高く、ついで歯槽頂、頬側の順になっており、図 9 に示す No. 1 Sensor の負担圧分布とは、ほぼ対称的な様相を示した。特に Sensor 直上の荷重点 G では、5 kg 荷重時 3.7 kg/cm^2 の圧を負担しており、測定値のなかで最も高い値を示した。逆に Sensor から最も遠い荷重点 C では 5 kg 荷重時 0.3 kg/cm^2 であり、その差は 3.4 kg/cm^2 であった。

(4) No. 4 Sensor における局所負担圧 (図 12)

図 10 No. 2 Sensor における局所負担圧 (咬みしめ時)

遠心舌側に設置した No. 4 Sensor では荷重点 I での負担圧が最も高く、5 kg 荷重時 3.6 kg/cm^2 であり、最も遠い荷重点 A では 5 kg 荷重時 0.7 kg/cm^2 であった。局所負担圧を荷重点の部位別にみると中央の荷重点 B, E, H と遠心側の荷重点 C, F, I に荷重した場合、No. 4 Sensor 取り付け部位において高い負担圧を示した。

以上のように、No. 1~No. 4 の各 Sensor は Sensor 直上の荷重点において最も高い局所負担圧を示し、荷重点が Sensor 設置部位から遠ざかるに従ってその負担圧は減じて行くという共通の傾向を示した。また図 9~12 においてみられるように荷重量の増加に対する局所負担圧の増加はいずれの場合もほぼ直線的であり、回帰分析の結果、荷重量と局所負担圧との相関は $0.949 \sim 0.999$ の範囲内であった。

2) タッピング時

タッピング時の各 Sensor における局所負担圧を図 13~16 に示す。

咬合力と局所負担圧の関係を各 Sensor ごとに咬みし

図 11 No. 3 Sensor における局所負担圧 (咬みしめ時)

図 12 No. 4 Sensor における局所負担圧 (咬みしめ時)

めの場合と比較すると、回帰係数Aは、どの荷重点においてもほぼ近似した結果となった。

IV. 考 察

1. 被験者

義歯床下粘膜の局所負担圧に影響をおよぼす因子、特に生体側の因子としては、顎堤形態、顎粘膜の性状などが考えられる。たとえば顎堤に存在するアンダーカット、骨隆起、Flabby tissue など、いわゆる義歯床下の粘膜の被圧縮度が部位により著しく異なっている場合などは、義歯床下粘膜の局所負担圧分布の均一性が著しく乱れ、局所的な負担過重が生じると考えられる。

そこで本実験において対象となった被験者の顎堤の形態を把握し、さらに形態的な異常の有無を調べるため、被験顎堤の形態計測を行った。実験義歯を口腔内に装着した状態で顎堤の陰型を採得し、図 17 に示すような石膏の切断模型を作製した。模型の切断は咬合平面および

歯槽頂線に垂直で下顎右側第 2 小臼歯遠心辺縁隆線から 2 mm 間隔で行った。

計測は、三輪ら⁴⁰⁾の方法に従い行った。表 1 にその結果を示す。咬合平面に対する顎堤斜面の傾斜角、およびこれらのなす角について、無歯顎堤を対象とした三輪らの計測値と比較すると、数値の上で若干差が出るが、被験者の年齢および抜歯後の年数を考慮すると、平均的であり、今回の実験の対象としては問題はないと考えられた。また形態的にも骨隆起等の異常な部位は認められなかった。

顎粘膜の物理的性状については、被圧縮度⁵⁾を測定することにより検索した。被圧縮度の計測点は欠損部顎堤を頰側、歯槽頂、舌側の 3 つに分け、さらに第 1 大臼歯相当部、第 1、第 2 大臼歯中央相当部、第 2 大臼歯相当部のおおの 3 点に分け、合計で 9 点とした (表 2)。表に示すように計測部位中粘膜の最も軟らかい部分は舌側中央部の h 点であり、被圧縮度は 70.6 を示した。また最も硬い部分は歯槽中央部の e 点であり、被圧縮度は

図 13 No. 1 Sensor における局所負担圧 (タッピング時)

図 14 No. 2 Sensor における局所負担圧 (タッピング時)

79.2 を示した。佐藤⁵⁾によると顎粘膜の示す被圧縮度はおよそ 60.0~90.0 の範囲であると報告されているが、本実験においては測定部位によって極端な差は認められず、しかもその平均値 73.2 はほぼ中等度の硬さを有する顎堤であるといえる。以上の結果から被圧縮度の差が局所負担圧におよぼす影響はきわめて小さいと考えた。

2. 実験装置について

実験義歯については、下顎片側第 1, 第 2 大臼歯の欠損に対し本学で最も多く行われている設計を選んだ。

Kaires^{27,28)}, Körber^{29,30)}, Windecker³¹⁾, らは義歯の設計を変え、局所負担圧への影響について検討を行ったが、それによると同じ被験顎堤に対しても設計を変えることにより、床下粘膜の圧力分布はかなり変化すると報告している。本実験においても使用した義歯の設計を変えることによって負担圧分布に差異が認められるものと考えられるが、本実験は咬合力と局所負担圧の動的測定を目的としており、設計の違いによる局所負担圧の変化

を測定したものではない。

荷重点の設定位置については、人工歯の排列位置、歯冠幅径を考慮した上で決定した。9 カ所の荷重点は義歯床に加わる咬合力の合力の作用点とみなし、歯槽頂上の 3 点 D, E, F を 9 点中義歯床が頬舌的に最も安定する位置とした。また頬側の 3 点 A, B, C と、舌側の 3 点 G, H, I については床下粘膜の圧力分布に偏在を生じさせる点と考え、D, E, F 点から頬舌方向に 3 mm の位置とした。

従来、義歯の維持、安定と人工歯の排列位置との関係については、排列位置を変化させることにより論じられてきたが、Gysi³⁸⁾ によって唱えられた歯槽頂間線は臼歯部人工歯排列の一応の基準とされており、咬合力の作用点をここから頬舌側に変位させれば義歯の維持力にとっては負として働くことが実験的にも明らかとされている^{21~24)}。

測定装置については、まずこれらの装置が内蔵している誤差を知る必要がある。高橋³⁹⁾は Sensor および

図 15 No. 3 Sensor における局所負担圧 (タッピング時)

図 16 No. 4 Sensor における局所負担圧 (タッピング時)

Load cell からの出力電圧に誤差として働く因子を詳細に検討しており、これをもとに本測定で考えられる総誤差を算出した。考えられる誤差としては Sensor, アンプなどの計測機器からの出力誤差と電磁オシログラフからの読み取り誤差があり、総誤差としては $\pm 2\%$ と考えた。つまり最大負担圧 4 kg/cm^2 の場合では $\pm 0.08 \text{ kg/cm}^2$ の誤差が現われるものとし、測定値は 0.1 kg/cm^2 の単位までを記載した。

3. 断続荷重による局所負担圧の経時的変化について

田中¹²⁾、中島¹³⁾、三輪¹⁴⁾の報告によると、咬合圧負担領域である顎粘膜は、いわゆる粘弾性体としての性質を有しており、その物理的、力学的挙動は Maxwell あるいは Voigt の要素としてとらえることができると述べている。つまり顎粘膜上の義歯に断続的な荷重を加えた場合、義歯床下の粘膜はきわめて複雑にしかも不均一な状態で弾性変形と粘性流動を生じ、その結果として義歯床の沈下が生ずると考えられている。

したがって、定荷重で繰り返し咬合を行った場合、顎粘膜が経時的にどのように変位し、義歯床下粘膜の局所負担圧がこの変位にどの程度影響を受けるかについて検討を加える必要がある。また本実験における第2の検討項目である異なる荷重点における局所負担圧の変化を測定する上でこれら粘膜の粘弾性による変形が測定時の誤差として働かないよう、粘膜の変位が安定するまでに要する時間を知る必要がある。

局所負担圧の経時的変化は図8に示したように、義歯床遠心に設置した No. 2, No. 4 Sensor で増加する傾向があり、逆に近心に設置した No. 1, No. 3 Sensor では減少する傾向が認められた。この負担圧の経時的変化については種々の原因が考えられるが、第2小臼歯遠心に設置したレストによる影響がきわめて大きいと考えられる。実験義歯のようないわゆる遊離端義歯では、人工歯部に咬合力が加わるとレストを支点とした回転運動が起こり、その結果として床後縁の沈下が生じる⁸⁾。このように粘膜の変位量が大きく、しかも負担荷重が大となる

床後縁部では、荷重に対する粘膜の粘性流動がほかの弱圧部分に向かって生じ、さらに荷重が繰り返されることによって粘性流動はしだいに限界に近づき、被圧縮性は

低下し、みかけ上硬くなる。一方、義歯床前縁部付近の粘膜では加えられた荷重がレストによって支えられるため、被圧縮性は比較的高く、軟らかい状態となるので義歯床前縁部の負担圧は減少し、後縁部で増加が認められたものと推察される。

また、測定開始から約 60 分経過後に 4 個の Sensor の負担圧の経時的変化が減少し、安定した。これは義歯床下の粘膜の粘性流動が上記の経過を経て限界に近づき、その結果粘膜の変位量が一定になったためと思われる。

以上のことから、本実験の被験者においては、粘膜の粘性流動による局所負担圧分布の変動を、義歯装着 60 分以後に測定を行うことにより避けることができると考える。

図 17 被験顎堤の切断模型

表 1 被験顎堤の形態計測結果

切 片	a. 頬側	b. 舌側	c. 歯槽頂
No 1	46.15	80.88	52.96
No 2	50.47	72.46	57.06
No 3	42.94	68.74	68.32
No 4	38.96	63.80	77.25
No 5	35.86	58.66	85.48
No 6	31.26	62.15	86.59
No 7	25.30	60.21	94.49
No 8	21.78	61.14	97.08
No 9	26.25	73.18	80.57
No 10	33.18	76.82	70.01
平 均	35.22	67.80	76.98

(単位：度)

表 2 欠損部顎堤粘膜の被圧縮度

部 位	被圧縮度	S D
a	77.2	7.0
b	71.2	5.2
c	71.8	3.8
d	71.0	5.3
e	79.2	4.7
f	71.0	2.8
g	74.6	3.8
h	70.6	5.3
i	72.4	8.0
平 均	73.2	3.1

図 18 荷重点と人工歯の位置関係を示す模式図

4. 荷重量と局所負担圧の関係について

測定結果(図10~17)に示すように、被験者の咬合力5kgの範囲内では、4つのSensorの局所負担圧と咬合力の相関は0.949~0.999であり、ほぼ直線的な比例関係であることが認められた。すなわち、臨床において義歯に働く咬合力の合成ベクトルが3次元的位置と方向において一定であれば、咬合力に対する負担圧の大小の差はあっても、床下粘膜各部位における負担圧の割合は一定である。つまり負担圧の分布状況に変化はないと考えられる。しかしながら、本実験の被験者では、床下粘膜各部位の被圧縮度において差が少なかったということを考慮すべきであり、被圧縮度の分布状態が一様でなく、著しく異なっているような場合では、荷重量と局所負担圧の関係は比例関係にならない可能性も考えられる。

5. 荷重点の位置と局所負担圧分布の関係について

Frechette²⁶⁾, Roedema³³⁾は顎粘膜に対して実験義歯を製作し人工歯の咬頭傾斜あるいは歯冠幅径を変え、床下粘膜の負担圧との関係について検討し、その結果これらの因子が床下粘膜の局所負担圧に及ぼす影響はきわめて大きいと報告した。ところが、従来の研究においては、圧力測定の較正法が確立されておらず測定値の信頼性で問題を残した。高橋⁴¹⁾は顎粘膜模型上で荷重点を移動し、圧力分布の変化を測定して、荷重点の移動に伴う局所負担圧分布の変化が著しいことを報告した。

そこで本実験は実験義歯咬合面に9カ所の荷重点を設定し、荷重点の位置と床下粘膜における局所負担圧分布の関係について検討を行った。なお、図18に示すように人工歯の排列位置を想定すると荷重点A, B, Cは頬側咬頭頂, D, E, F点は中心溝, G, H, I点は舌側咬頭頂

図 19 No. 1~No. 4 Sensor における局所負担圧 (咬みしめ時)

におおの相当する。

実験結果(図9~16)に示すように、各SensorにおいてはSensor取り付け位置直上の荷重点で最も高い負担圧を示し、荷重をSensor取り付け位置から遠ざけるに従って床下粘膜の局所負担圧分布は低くなる傾向が認められた。

宮下⁸⁾は咬合力、咀嚼力の合力の作用点が義歯床の負担の重心に一致しない限り、義歯床は回転、あるいは移動を含んだ沈下を起こすと述べており、また田島²¹⁾も人工歯の頬舌の排列位置が咀嚼圧の頬舌の分布状態に与える影響はきわめて大きいと指摘している。今回われわれの得た実験結果を臨床の見地から考察すると、図18に示すC点に荷重を加えた場合では、7) 近心頬側咬頭に早期接触が生じた状態とみなすことができる。この場合No. 2 Sensor 取り付け部位の粘膜に3.3 kg/cm² (咬合力5kg時)の局所的な高い圧が加わり、近心舌側の粘

図 20 荷重点Eにおける咬みしめ時, タッピング時の局所負担圧

膜ではほとんど圧を負担していないということになる(図 10, 14). また, このような局所的な負担過重が生じる部位では義歯の長時間の使用により, 疼痛の発現, 潰瘍の出現が十分に予想される. 糸田⁴²⁾は顎粘膜の疼痛閾値について, 直径 3 mm の触針により粘膜に荷重を加え, 下顎大臼歯部頰側において 37.4 g で疼痛を訴えたと報告している. 本実験においては粘膜に対する荷重が面荷重であるため糸田の閾値と直接比較することはできないが, C 点荷重時, No. 2 Sensor において 1.8 kg/cm² 以上の圧を負担した時点で, 被験者は同部位に疼痛を訴えた.

このように, 臨床において義歯床下の粘膜に局所的な負担過重部位が生じ, しかも疼痛を訴えるような場合は, 人工歯の排列位置の不正や咬合調整の不備がその一因として十分考えられ, 術者が任意に設定できるこれらの因子の重要性が示唆されたものと考ええる. さらに本実験において, 床下粘膜の均一化を考えた場合, Sensor 取り付け条件等が異なるためおのおのの Sensor の局所負担圧を同一基準のもとで比較することはできないが, 図 19 に示すように荷重点 D, E では, ほかの荷重点に比べ各 Sensor の局所負担圧の増加率においてその差が最も小さく, 負担圧の均一化が得られているものと考えられる.

6. 咬みしめ, タッピングの差が局所負担圧分布に及ぼす影響

咬合の違いが局所負担圧分布に与える影響を知るため, 咬みしめ時とタッピング時の負担圧分布の差について比較検討を行った.

咬みしめ時(図 9~12)とタッピング時(図 13~16)とでは, ともに荷重量に対する負担圧の増加率は近似していた. つまり床下粘膜における圧力分布には両者の間に大きな差はなかったものと考えられる.

ところが各荷重点において咬みしめ時とタッピング時の測定値を比較すると, E 点(図 20)に示すように, 荷重量に対する負担圧の増加率はいずれの Sensor においても, タッピング時でわずかに低く, ほかの荷重点についても同様の傾向がみられた. この原因としては以下のことが考えられる.

まず始めに, 義歯床下粘膜における被圧変位性の動態が咬みしめとタッピングで異なることが考えられる. 先にも述べたように粘膜は粘弾性体としての性質を有しており, 田中¹²⁾らが示すところの粘膜の瞬間弾性変形, 遅延弾性変形, 純粘性流動変形の要素が荷重軸上, および時間軸上のどの点で発現するかにより, 負担圧にも影響を及ぼすものと考えられる.

つぎに, 咬みしめとタッピングでは, 荷重として働く咬合力の作用方向が異なったこと, また咬合力の作用点(荷重点)が咬みしめとタッピングでわずかにずれたことなども考えられる.

さらに電磁オシロを用いた測定方法が内蔵する測定誤差の問題もその原因として考えられる.

荷重量に対する負担圧の増加率が咬みしめとタッピングでわずかに異なった原因として以上のことが考察されるが, これらのうち, どの因子が最も強く影響しているかについては, 今後, 詳細な検討を加える必要がある.

V. 結 論

義歯床下粘膜における局所負担圧の定量化ならびに咬合接触状態の相違による局所負担圧分布への影響を検討するため、Diaphragm pressure sensor を取り付けた実験義歯により、機能時の圧力分布の測定を試みた。

実験にあたっては、繰り返し荷重時の局所負担圧の経時の変化、荷重点を変えた場合の局所負担圧分布、咬合の違いによる局所負担圧分布の変化を検討し、以下の結論を得た。

1. 局所負担圧の経時的变化は、測定開始 60 分後に安定した。
2. 義歯床近心に位置する No. 1, No. 3 Sensor では負担圧が経時的に減少し、遠心に位置する No. 2, No. 4 Sensor では負担圧の若干の増加が認められた。
3. 咬合力(荷重量) 5 kg の範囲内において、荷重量と局所負担圧の間には直線的な比例関係がみられた。
4. 荷重点の位置を変えることによって床下粘膜の負担圧分布は著しく変化した。
5. 咬みしめ時、タッピング時ともに荷重量に対する負担圧の増加率に近似した。
6. 臨床において、咬合接触状態の違いが床下粘膜の負担圧分布に与える影響はきわめて大きいことが定量的に明らかとなった。

本研究の要旨は第 70 回日本補綴歯科学会学術大会において発表した。

本研究の一部は昭和 58 年度文部省科学研究費補助金 No. 58570820 によった。

文 献

- 1) Howell, A.H., Manly, R.S.: An electronic strain gauge for measuring oral forces, J. Dent. Res., 27: 705~712, 1948.
- 2) Brudevold, F.: A basic study of the chewing forces of a denture wearer, J. Dent. Res., 29: 133~136, 1950.
- 3) 佐々川明: 局部床義歯の設計と同義歯の咀嚼力との関係について, 補綴誌, 12: 53~75, 1968.
- 4) 岡根秀明, 橋田博文, 津島隆司, 佐々木元, 長沢 亨, 津留宏道: 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.
- 5) 佐藤 裕: 改良を施した顎粘膜被圧縮度測定装置, 補綴誌, 8: 14~27, 1959.
- 6) Kydd, W.L., Mandley, J.: The stiffness of paratal mucoperiosteum, J. Prosthet. Dent., 18: 116~121, 1967.
- 7) Tomlin, H.R.: The thickness and hardness of soft tissues, Brit. Dent. J., 124: 223~226, 1968.
- 8) 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.
- 9) Kydd, W.L., Daly, C.H., Wheeler, J.B.: The thickness measurement of masticatory mucosa in vivo, Int. Dent. J., 21: 430~441, 1971.
- 10) Daly, C.H., Wheeler, J.B.: The use of ultrasonic thickness measurement in the clinical evaluation of the oral soft tissues, Int. dent. J., 21: 418~429, 1971.
- 11) 岸 正孝: 歯槽堤粘膜の被圧変位性に関する加圧面の面積と変位量との関係についての実験的研究, 歯科学報, 72: 1043~1071, 1972.
- 12) 田中資郎: 口蓋粘膜のクリープに関する研究, 補綴誌, 14: 358~379, 1973.
- 13) 中島俊朗: 口蓋粘膜の応力緩和に関する研究, 補綴誌, 19: 391~410, 1975.
- 14) 三輪英則: 断続荷重による口蓋粘膜のクリープ, 補綴誌, 20: 399~422, 1976.
- 15) 平井泰征, 田島篤治, 関根 弘: 粘膜の印象における加圧状態が印象面形態に及ぼす影響に関する研究, 補綴誌, 14: 225~226, 1970.
- 16) 田中 淳: 印象圧の相違が顎粘膜形態および咬合力に及ぼす影響に関する研究, 下顎片側性遊離端義歯について, 補綴誌, 26: 455~471, 1982.
- 17) 浜田重光, 山元祥輝, 赤川安正, 玉川 博, 佐藤隆志, 津留宏道: 印象圧が義歯床下組織に及ぼす影響に関する実験的研究, 補綴誌, 26: 1135~1145, 1982.
- 18) 田嶋繁男: 咬合面の条件が咀嚼力の側方ベクトルの発現状態に及ぼす影響に関する研究, 歯科学報, 69: 440~469, 1969.
- 19) 久松正洋: 総義歯における人工臼歯の咬合面形態の相違による咀嚼力および咬合力に関する研究, 補綴誌, 22: 15~35, 1978.
- 20) 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およぼす影響, 補綴誌, 22: 148~284, 1980.
- 21) 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.
- 22) 柳川 浩: 有床義歯における臼歯部人工歯の排列基準に関する歯槽堤の状態について, 歯科学報, 68: 767~797, 1968.
- 23) 高梨恒一: 臨床例の分析による有床義歯の臼歯部人工歯排列基準に関する研究, 歯科学報, 68: 855~881, 1968.

- 24) 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.
- 25) Stromberg, W.R. : A method measuring forces of denture bases against supporting tissues, J. Prosthet. Dent., 5 : 268～288, 1955.
- 26) Frechette, A.R. : Masticatory forces associated with the use of various types of artificial teeth, J. Prosthet. Dent., 5 : 252～267, 1955.
- 27) Kaires, A.K. : Partial denture design and its relation to force distribution and masticatory performance, J. Prosthet. Dent., 6 : 672～683, 1956.
- 28) Kaires, A.K. : A study of partial denture design and masticatory pressures in a mandibular bilateral distal extension case, J. Prosthet. Dent., 8 : 340～350, 1958.
- 29) Körber, V.E. : Untersuchung über das Kauzentrum und den Belastungsausgleich bei Prothesen, Dtsch. zahnärztl. Z., 16 : 268～271, 1961.
- 30) Körber, V.E. : Untersuchungen zur Lagerung von Freiendprothesen, Dtsch. zahnärztl. Z., 22 : 1267～1273, 1967.
- 31) Windecker, D. : Vergleichende Untersuchungen über das Kaukraftaufnahmevermögen von Teilprothesen und die dabei ander Prothesenbasis wirksam werdenden Kraftkomponenten, Dtsch. zahnärztl. Z., 20 : 368～378, 1965.
- 32) 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.
- 33) Roedema, W.H. : Relationship between the width of the occlusal table and pressures under dentures during function, J. Prosthet. Dent., 36 : 24～34, 1976.
- 34) 細井紀雄：義歯床の適合試験法に関する研究，鶴見歯学，2 : 111～134, 1976.
- 35) 宮田孝義：遊離端義歯における義歯床の適合性に関する研究—経時的変化と咬合の高さによる影響について，補綴誌，20 : 694～710, 1976.
- 36) 森戸光彦：下顎全部床義歯における義歯床の適合試験法に関する研究—試験法の信頼性と義歯床の適合性について，補綴誌，24 : 59～78, 1980.
- 37) 古宇田昌：印象法が遊離端義歯の適合性に及ぼす影響について，補綴誌 25 : 142～153, 1981.
- 38) Gysi, A. : Handbuch der Zahnheilkunde IV, herausgegeben von Scheff, J., Urban & Schwarzenberg, Berlin u. Wien, 1～171, 1929.
- 39) 高橋宏嘉，棚木巖也，森戸光彦，細井紀雄，滝新典生，尾花甚一：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.
- 40) 三輪悦子，高橋宏嘉，椎名順朗，森戸光彦，細井紀雄，尾花甚一：下顎顎堤の大白歯部断面形態の計測について，補綴誌 : 25 : 605～610, 1981.
- 41) 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.
- 42) 桑田晋作：口腔粘膜，特に総義歯床下粘膜の痛覚閾に関する研究，補綴誌，18 : 1～11, 1974.