義歯の力学的研究 (第4報)

口蓋杆の動力学的考察

関 根 弘* 田 島 篤 治 柳 川 浩
高 梨 恒 一 宮 下 恒 太 竹 井 正 章

Dynamical Studies on the Prosthetic Restoration (4th Report) Dynamic Investigation on the Palatal Bar

Hiromu Sekine, Tokuji Tajima, Hiroshi Yanagawa,
Kohichi Takanashi, Tsuneta Miyashita, Masaaki Takei

I. 緒 言

義歯の力学的な要素を客観的に検討する有力な手段として、近年、光弾性実験を応用して応力の解析を行う方法が用いられ、数多くの基礎的な研究^{24), 25), 26), 27), 13), 20), 10), 17), 18), 14), 15)}によつて過去の経験的な説明の段階からの著しい進歩がみられた。しかし、これらの光弾性実験においては、被験体を光弾性物質によつて模型化することが要求され、さらに加圧の条件も口腔外の模型的な範囲に制約され、しかも、応力塗料を用いた実験¹⁹⁾におけると同様に、観察が静力学的な範囲に限定される。ところが、実際の口腔内に装着された義歯の場合は、顎骨、歯槽、粘膜、歯根膜その他口腔諸構造の有する要素が複雑であり、さらに義歯を構成する材料も種々であり、加圧条件にも、衝撃や繰返しの現象が加わるので、義歯の力学的研究の次の段階としては、従来の基礎的研究を足場として、口腔内での実物義歯による実際の条件下の観察を行う必要があるように考える。

このような意味において、抵抗線歪計を利用する実験は、口腔内における義歯の応力を観察し得るのできわめて価値の高いものであり、Regli¹⁰⁾、Anderson¹¹⁾、村松¹⁹⁾、Frechette^{17), 18)}、Stromberg¹³⁾、Kaires^{14), 15), 17), 18)}、平田¹²⁾および Pettrow¹⁾ らによつて利用されている。

著者らも、義歯の力学的研究の有力な手段として抵抗線歪計を用いた実験を行つているが、研究の緒として局部床義歯の連結装置として用いられる口蓋杆 Palatal Bar について力学的な検討を試みている。口腔内の義歯についての実験に先立つて行つた口腔外の模型による基礎実験については、すでに本題目による第1²¹⁾、2²²⁾ および3報²³⁾としてその結果を報告した。今回はこれらの基礎実験をもとにして、口腔内の義歯に用いられた実物の口蓋杆について実験的研究を試みたところ、一応成功を収め若干の知見を得たので、ここに第4報として報告する。

II. 実験方法

1. 応力測定装置

(1) 抵抗線歪計

応力測定には、本題目の第1～第3報に報告した実験におけると同様に、抵抗線歪計を用いた。使用した増幅器は三栄測器製 CA-105 型万能歪記録増幅器である。またゲージは単軸、巻線型 (Wrap around Type)、標点距離 3mm の同一ロットのポリエステルゲージ (共和電業製 Kp-18) を用いた。

(2) 記録器

本測定法の原理、増幅器およびゲージの特性、ゲージの貼付および温度補償、防湿、絶縁および較正等の方法に関しては第1報に詳述したので記載を省略する。

本実験においては、口腔内に装着された実物義歯につ

* Dept. of Prosthetic Dentistry, Tokyo Dental College (Director: Prof. K. Kitamura)
東京歯科大学補綴学教室 (指導 北村勝衛教授)

図 1 インク書きオシログラフの直流感度特性

図 2 インク書きオシログラフの周波数特性

いて動的歪の発現状態を観察しようとするものであるから、第1～3報の静力学的実験の場合と異り、歪量の時間的变化を記録する必要がある。

この目的のために著者らが使用した記録器は三栄レコーダー製造株式会社製1R-201型インク書きオシログラフである。その特性は図1,2に示すとおりであるが、周

図 3 第1例の義歯

図 4 第1例における第1大臼歯部前額断面図で上下顎の位置的関係を示す

図 5 第1例におけるゲージ貼付部位

波数特性からみて、50c/sまでの変化現象に対して有効に記録し得る。口腔内の軟組織および硬組織に接触し装着された状態の義歯自体がどの程度の固有振動数を有するかが明かでないで、厳密な意味での本器の適性の限界を知ることができないが、本研究の意図する範囲内では一応その目的は果し得るものとする。

図 6 第 2 例の義歯

図 7 第 2 例におけるゲージ貼付部位

2. 実験装置

(1) 被験体

第 1 例は、上顎両側および第 2 大臼歯の欠如に対して装着した典型的な両側性遊離端義歯である(図 3)。下顎は両側第 3 大臼歯を欠くのみで正常な有歯顎であり、臼歯部の上下顎対向関係も正常である。図 4 は第 1 大臼歯部の上下顎の位置的関係を示す前額断面図である。人工歯および義歯床にはアクリリック・レジンを用い、両側義歯床を結ぶ連結装置として臨床に実際に用いられる白金加金合金 (Au 70%, Pt 6%, Cu 13%, Ni 5%, Ag 6%) を幅 5mm, 厚さ 1mm の等幅等厚の板とし口蓋面にそって円弧状に彎曲をつけて作製し、板の弾性の均一化をはかるために一度軟化熱処理後、さらに硬化熱処理を行って口蓋杆とした。

この口蓋杆の計測部位は口蓋杆の中央および右側床近接部の 2 点で、各部の表面に動作ゲージ、裏面に補償ゲ

図 8 第 2 例において下顎に装着した義歯

図 9 第 2 例における第 1 大臼歯部前額断面図で、上下顎の歯槽形態および対向関係を示す

図 10 実験装置の配置を示す

ージをいずれも口蓋杆の長軸方向に貼付した(図 5)。

第 2 例は、上顎右側第 1 小臼歯のみが残存する典型的な粘膜負担義歯で、左右両床間を第 1 例に用いたものと同じ条件で調製した口蓋杆で連結した(図 6)。この口蓋杆の両側床近接部および中央部の 3 点を測定部位とし、表面および裏面に各々動作ゲージおよび補償ゲージを貼付した(図 7)。下顎には右側第 2 小臼歯、第 1 および第

図 11 第 1 例，クラスプにレストのある場合の歪量を記録したオシログラム

2 大臼歯ならびに左側第 1 および第 2 大臼歯の欠如に対して図 8 のようなパー義歯を装着した。上下顎歯槽の対向関係はほぼ正常である。図 9 は第 1 大臼歯部の歯槽形態と対向関係を示す。

(2) 実験装置の配置

上述の第 1 および第 2 例ともにゲージに貼付部位で接続されたリード線は、口腔前庭を通り口腔外に導かれ、測定装置 (Wheatstone Bridge, 増幅器, インク書きオシログラム) (図 10) に接続される。第 1 例においては 2 個所に、第 2 例においては 3 個所にゲージを貼付したので、前者は 2 個所の歪量を、後者は 3 個所の歪量をそれぞれ同時に測定、記録できる。

(3) 測定方法 (加圧方法)

次の a) から g) にわたる 7 種の咬合状態によつて加圧を行つた。ただし、咀嚼に用いた食物はピーナツ、および、するめである。

- 上下の開閉運動によつて圧縮咬合させた場合
- 左側を動側として咬合させた場合
- 右側を動側として咬合させた場合
- 下顎を左右へ側方運動させた場合
- 食物を左側で咀嚼させた場合

- 食物を右側で咀嚼させた場合
- 食物を両側で咀嚼させた場合

III. 実験結果

実験方法で述べた条件によつて、咬合および咀嚼を行い、口蓋杆の中央部および床近接部に現われた歪量を、一定時間連続的に測定し、記録したところ、図 11, 12 および 13 のような結果を得た。

各オシログラムの左に記した A, B および C の記号は、第 1 例および第 2 例を通じてそれぞれ口蓋杆の右側床近接部、中央部および左側床近接部の測定部位を示すもので、各記号で示される曲線がその部位の歪量曲線である。また振幅の 1 目盛は $4000 \mu \text{ strain}$ を示し、口腔側を基準として、基線より上方は引張り歪を、下方は圧縮歪を示す。

1. 第 1 例

1) 5 | 5 のクラスプに Occlusal rest の有る場合

- 上下の開閉運動によつて圧縮咬合させた場合—図 11-a,
- 左側を動側として咬合させた場合—図 11-b,
- 右側を動側として咬合させた場合—図 11-c,

図 12 第 1 例, クラスプにレストのない場合の歪量を記録したオシログラム

- d) 下顎を左右へ側方運動させた場合—図 11—d,
 e) ピーナツを左側で咀嚼させた場合—図 11—e,
 f) ピーナツを右側で咀嚼させた場合—図 11—f,
 2) $5/5$ のクラスプに Occlusal rest のない場合
 図 12 の a—f はそれぞれ $5/5$ に Occlusal rest のある場合の咬合状態と同じ咬合状態における実験結果を示す。

2. 第 2 例

- a) 上下の開閉運動によって圧縮咬合させた場合—図 13—a,
 b) 左側を動側として咬合させた場合—図 13—b,
 c) 右側を動側として咬合させた場合—図 13—c,
 d) ピーナツを左側で咀嚼させた場合—図 13—d,
 e) ピーナツを右側で咀嚼させた場合—図 13—e,
 f) ピーナツを両側で咀嚼させた場合—図 13—f,
 g) すりめを左側で咀嚼させた場合—図 13—g,
 h) すりめを右側で咀嚼させた場合—図 13—h,
 i) すりめを両側で咀嚼させた場合—図 13—i,

IV. 考 察

1. 後口蓋杆に起る変形の種類について

第 1 例および第 2 例のいずれにおいても、後口蓋杆は第 1 大臼歯と第 2 大臼歯との中間の部位に設置されたもので、その部位における前額断面に現われる口蓋の形態に沿って円弧状に作られているが、このような形態を有する口蓋杆に起る変形の種類としては二、三のものが考えられる。その第 1 のものは、第 1 報において検討したような前額断面方向の曲げであり、咬合圧によって義歯床が歯槽を軸として廻転または移動することによって起るもので、諸種の変形の中で最も著名なものである。

第 2 に考えられるものは、水平面方向の曲げであり、咬合圧の側方成分によって義歯床遊離端が側方移動する場合に起るものであるが、口蓋杆の幅径と厚径との割合からみて、断面の二次モーメントがきわめて大であるから、この種の曲げの絶対量は一般に少い。第 3 に考えられるものは矢状断面方向の振りであり、咬合圧または粘着性食品の索引力の矢状断面方向の成分による義歯床遊離端の移動に起因するものであるが、本実験の症例はいずれも両側性の遊離端義歯であるから、その絶対量はきわめて少いものと考えられる。

要するに、口蓋杆に起る変形は種々考えられるが、本実験の症例の場合にその主体をなすものは、前額断面方

図 13 第 2 例の歪量を記録したオシログラム

向の曲げであると考え。このような観点から、本実験においては、観察の対象を前額断面方向の曲げに起因口蓋杆各部の歪の発現状態に限定した。したがって、ゲージの貼付に際して、その位置を口蓋杆の前後的な幅の中央部に定め、かつその方向は口蓋杆の長軸方向を選んだ。このようなゲージの貼付状態においては、水平面方向の曲げまたは矢状断面方向の振りに伴う歪がゲージの抵抗値におよぼす影響はきわめて僅かであると考え。

2. 応力分布状態について

1) 第 1 例

下顎を側方へ移動させないような圧縮咬合時にあって、右側床近接部の口腔側表面に圧縮歪を現わしていることから、右側人工歯部に加わる咬合圧の合力が歯槽堤または鉤のレストの位置に対して内側に偏していることを推察することができる。このことはまた、下顎を左側または右側に移動して咬合させた場合に咬合の偏在の程度が、それぞれ強められまたは弱められることから裏付けられている。次にピーナツを咀嚼した場合をみると、ゲージ側(右側)で咀嚼した場合に、同側床近接部に前述したものと同様の傾向がみられるが、右側が均衡側として働いた場合にも歪が現われ、均衡側の咬合接触を意味するものと考えられる。いずれの場合においても、口蓋杆の中央部に現われる応力は、床近接部に比べてきわめて小さいことが明かである。

次いで、同じ義歯について、鉤のレストを削去した後、同様の観察を行ったところ、実験結果にみられるように、レストの有る場合とほぼ同様の傾向が現われているが、細部においては相違があり、義歯床の沈下による咬合接触状態の緩和あるいは支点の移動による口蓋杆の応力分布状態の変動がみられる。

2) 第 2 例

下顎を側方へ移動させない状態での圧縮咬合時にあって、口蓋杆左右側床近接部の口腔側表面に引張歪が現われていることから、左側人工歯の咬合面に加わる咬合圧の合力が、それぞれ歯槽堤の位置に対して、やや頬側に偏していることが考えられる。

左側を動側にして咬合させた場合、すなわち下顎を左側に移動して咬合させた場合に、中心位の場合と比較して、左側においては引張歪がさらに増大し、右側においては引張歪が減少している。また、右側を動側にした場合はこれらの関係が全く逆にな

っている。

これらの現象は、人工歯に加わる咬合圧の方向が、対合歯の移動すなわち咬合状態の変化によつて変ることを示すものであろう。

次にピーナツを咀嚼させた場合をみるに、左側で咀嚼させた場合に口蓋杆の左側床近接部に大きな歪が現われ、右側に現われる歪はきわめて小さい。また、右側で咀嚼させた場合においても、同じく左側の床近接部に前者の場合よりやや減少はしているが、右側に現われるものより大きな歪がみられる。これらの現象は、ピーナツのような破碎される性質をもつた食品の咀嚼に当つて、均衡側の上下顎歯牙咬合面間にも接触が起ることを意味すると同時に、咬合圧の方向を考える場合に歯槽の形態がこれに関連性をもつてくることにも注意すべきであることを示唆するに思われる。すなわち、図9に示されるように、上顎右側臼歯部歯槽形態は、左側のそれに比較してきわめて頬舌径が大であるために、咬合圧の方向の歯槽頂に対する頬舌の変動に対して許容度が大であり、このことが、口蓋杆の曲げに働く能率に大きく影響をおよぼしているものと考えられる。

次に、するめを咀嚼させた場合を検討してみると、左側で咀嚼させた場合に、口蓋杆の左側の床近接部に大きな歪が現われることと、右側で咀嚼の場合に、右側床近接部に、左側咀嚼時の左側床近接部におけるような大きな歪が現われないうことなどは、ピーナツの場合と同じ傾向を有し、その原因も同様に主として歯槽形態の相違によるものと考えられる。ところが均衡側における歪発現状態はピーナツの場合と異つた現象がみられる。すなわち咀嚼開始当初には均衡側の床近接部にほとんど歪の発現がなく、咀嚼の経過にしたがつて漸次、歪の発生と増大が起つてくる。このことは、するめが比較的咀嚼の困難な食品に属し、これが切断破碎されて厚径を失うには咀嚼の時間を要し、時間経過の浅い間は均衡側における上下顎咬合面間に接触の起り難いことを示すものと考えられる。

3) 総括

第1例および第2例を通して、咬合状態の如何を問わず、口蓋杆の中央に現われる歪の大きさは、その最大のものといえども、左右両側床近接部に現われる最大歪量に比べて、はるかに小さいことが明かとなつたが、このような歪量の分布状態は応力の分布状態を現わすものと考えられ、第1報の口腔外模型上の実験結果とほぼ同様の傾向を示すものである。

したがつて、口蓋杆の設計に当つては、このような応

力分布状態を考慮して各部分に与える強さの割合を決める必要がある。

また、口蓋杆に起る応力の大きさは、顎や粘膜などの状態および義歯の設計その他の諸条件によつて、支配されるものと推察されるが、特に歯槽堤に対する人工歯の位置および歯槽堤の大きさや形態によつて、著しく影響されるように考えられる。したがつて、口蓋杆に必要とされる強さの絶対値もこれらの諸条件によつて支配されるもので、これらの関連性の細部については、口蓋杆の設計基準の追求としては勿論、人工歯の排列および削合法の基準を明かにする意味においても、さらに検討を要するものと思う。

V. 結 論

著者らは、義歯の力学的研究のいとぐちとして、口蓋杆の力学的な検討を行つてゐるが、今回は、前報までに報告した静力学的基礎実験を足場として、口腔内に装着した義歯の後口蓋杆について、実際の生体条件下における動力学的検索を行い、若干の興味ある知見を得た。実験結果を要約すると次の通りである。

1. 種々の咬合状態を通じて後口蓋杆の床近接部に現われる最大応力は、中央部に現われる最大応力よりもはるかに大であり、口蓋杆の設計に当つては、これらの応力分布状態を考慮に入れる必要がある。

2. 後口蓋杆に起る応力の大きさは、顎の状態および義歯の設計その他の因子によつて異なるが、特に歯槽堤上に対する人工歯の位置および歯槽堤の大きさや形態によつて、著しく影響されるように考えられる。

本研究に際し、御熱心なる御指導および御校閲をたまつた北村教授に対し、謝意を表する。

(本論文の要旨は、昭和36年5月、第42回日本補綴歯科学会(総会)および昭和37年2月、第156回東京歯科大学学会(例会)において発表した。)

参 考 文 献

- 1) Anderson, D. J.: A method of recording masticatory loads, J. Dent. Res., 32: 785-789, 1953.
- 2) Frechette, A. R.: Masticatory forces associated with the use of various types of artificial teeth, J. Pros. Den., 5: 252-267, 1955.
- 3) Frechette, A. R.: Comparison of balanced and nonbalanced occlusion of artificial dentures based upon distribution of masticatory force, J. Pros. Den., 5: 801-810, 1955.
- 4) Kaires, K. K.: Partial denture design and its relation to force distribution and masticatory

- performance, J. Pros. Den., 6 : 672-683, 1956,
- 5) Kaires, K. K. : Palatal pressures of the tongue in phonetics and deglutition, J. Pros. Den., 7 : 305-317, 1957.
 - 6) Kaires, K. K. : A study of occlusal surface contacts in artificial dentures, J. Pros. Den., 7 : 553-564, 1957.
 - 7) Kaires, K. K. : A study of partial denture design and masticatory pressures in a mandibular bilateral distal extension case, J. Pros. Den., 8 : 340-350, 1958.
 - 8) Kaires, K. K. : Occlusal surface contacts during mastication, J. Pros. Den., 9 : 952-961, 1959.
 - 9) Pettrow, J. N. : Practical factors in building and firing characteristics of dental porcelain, J. Pros. Den., 11 : 334-344, 1961.
 - 10) Regli, C. P. : A preliminary study of the lateral deformation of metal base dentures in relation to plastic base dentures, J. Pros. Den., 3 : 326-330, 1953.
 - 11) Stromberg, W. R. : A method of measuring forces of denture bases against supporting tissues, J. Pros. Den., 5 : 268-288, 1955.
 - 12) 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, 1959 (昭34).
 - 13) 出井義教 : 歯冠補綴物支台歯の力学的考察, 第1報, 歯冠補綴物支台歯の光弾性実験, 歯科学報, 54 : 411-420, 1954 (昭29).
 - 14) 久保田英雄 : 有床義歯における人工歯と歯槽頂との位置的関係について, 歯科学報, 59 : 377-390, 1959 (昭34).
 - 15) 久保田・宮内 : パラタルパーの静力学的考察, 歯科学報, 57 : 125-129, 1957 (昭32).
 - 16) 宮内孝雄 : 歯牙の三次元光弾性実験, 第1報, 前歯の静力学的考察, 歯科学報, 59 : 81-94, 1959 (昭34).
 - 17) 宮内孝雄 : 歯牙の三次元光弾性実験, 第2報, 歯冠補綴物支台歯の静力学的考察, 59 : 306-313, 1959 (昭34).
 - 18) 宮内・久保田 : 歯牙の三次元光弾性実験方法について, 歯科学報, 57 : 55-59, 1957 (昭32).
 - 19) 村松他 : 全部床義歯の応力分布について, 歯科材料研究所報告, 2 : 33-41, 1954 (昭29).
 - 20) 長田昇 : 歯科補綴学的考察に基づく義歯床用陶歯の光弾性実験, (その1) ; 56 : 415-423, 完 ; 56 : 475-484, 1956 (昭31).
 - 21) 関根弘他 : 義歯の力学的研究, 第1報, 口蓋杆の静力学的考察 (その1). 61 : 402-408, 歯科学報, 1961 (昭36).
 - 22) 関根弘他 : 義歯の力学的研究, 第2報, 口蓋杆の静力学的考察 (その2), 歯科学報, 62 : 265-272, 1962 (昭37).
 - 23) 関根弘他 : 義歯の力学的研究, 第3報, 口蓋杆の静力学的考察 (その3), 歯科学報, 62 : 265-272, 1962 (昭37).
 - 24) 矢島忠夫他 : 歯牙の光弾性実験, 歯科学報, 53 : 537-540, 1953 (昭28).
 - 25) 矢島忠夫 : 歯牙の光弾性実験, 第2報, 前歯部断面について, 歯科学報, 54 : 121-130, 1954 (昭29).
 - 26) 矢島忠夫 : 歯牙の光弾性実験, 第3報, 臼歯部断面について, 歯科学報, 54 : 323-332, 1954 (昭29).
 - 27) 矢島忠夫 : 歯牙の光弾性実験, 第4報, 歯槽骨上縁の下降による歯牙の応力変化について, 歯科学報, 54 : 365-368, 1954 (昭29).