

機能的にすぐれた総義歯の構成方法

川 畑 直 嗣

鹿児島大学歯学部歯科補綴学第2講座

Abstract

The recognition and understanding of mechanical, biologic, and physical factors are necessary to ensure optimal complete denture treatment. These factors are the determinants that promote the properties of retention, stability, and support in the finished prosthesis through their influence on the relationship between the dentures and the edentulous ridges and surrounding tissues.

Retention of complete denture is the resistance to displacement of the denture base away from the edentulous ridge. The most commonly listed factors of retention include adhesion, cohesion, interfacial surface tension, gravity, intimate tissue contact, peripheral (border) seal, atmospheric pressure, and neuromuscular control.

Key words

complete denture, retention, adhesion, atmospheric pressure, mechanical force

I. はじめに

一生自分の歯で食べようという運動が進められているが、高齢者には総義歯装着者が多いのが実状である。また、老年総義歯装着者の多くが、不適切な義歯の装着により、不満足な食生活を送っている¹⁾。これらの患者には、歯槽骨の吸収による顎堤の萎縮が著明な症例が多い。したがって、総義歯の作製にあたっては、顎堤の保全と咀嚼などの機能回復の両方の観点が必要である。

適切な義歯は、維持、支持、安定の基本的な3要素を満たしている。義歯の維持とは、義歯の挿入方向とは逆方向の離脱に対して働く義歯の抵抗であり、義歯の安定とは、義歯床が水平方向の力に対して抵抗することであり、義歯の支持とは、咀嚼力の垂直分力や床下組織の方向に働く咬合力などの力に対応して働く抵抗である^{2~5)}。これらの3要素はおのおの別々に考え

られるべきではなく、有機的に結び付け、お互いの効果を高めあうような義歯構成法を考えるべきである。本稿では、紙面の都合上、維持に重点を置いて考えてみたい。

II. 総義歯の維持、安定

義歯を離脱させるように作用する力としては、上顎義歯の重さ、食物の粘着性、義歯床縁にかかる筋圧、食物介在時に生じる片側的な咬合力などがある^{3~5)}。一方、総義歯の維持力に関連する因子は、主として解剖学的因子と物理的因子の2つに大別され、さらに、心理的維持因子、神経筋機構などがある^{3~5)}。

解剖学的な維持因子としては、生体との関連では顎堤の形態、粘膜の性状、筋の付着と作用など、義歯との関連では義歯床(粘膜面、辺縁、研磨面)の適合性や形態が考えられる。また、物理的な維持因子として

は、唾液（接着力など）や大気圧と関連した物理現象の因子と、人工歯およびその排列位置や咬合関係などに関連した力学的な因子が考えられる。特に、力学的因子は義歯の安定性の問題であり、結果的に維持に関係する因子と考えられる。

ところで、総義歯の維持力については、ある一定の条件下で測定されたいくつかの報告があり、Kraft⁶⁾によれば平均700~1000 g、竹井⁷⁾によれば、0.45~1.86kgであった。また、Skinner et al.⁸⁾の報告では、条件によっては5.5kgの荷重をかけても離脱しないものがあった。さらに、Avant⁹⁾によれば、維持力は、ポストダムの形態により異なり、Boucherの推奨する形態²⁾では平均2.3kg、Swenson型では平均3.2kgであった。また、今井¹⁰⁾の報告では、個人差が大きく、1~7 kgであった。

このように、維持力の大きさは、実験条件やポストダムなど辺縁封鎖の状態、口腔内の状態により異なるが、これらの結果は、それぞれの条件を改善することによって、より維持の良好な総義歯を得ることができることを示している。

以下に、解剖学的な因子と物理学的な因子との関連で、維持、安定が良く機能的にすぐれた義歯の構成条件について考察する。

Ⅲ. 解剖学的因子

解剖学的因子は印象採得との関係が大きい。なぜなら、義歯の作製にあたって印象採得が必要であり、無歯顎の印象採得では、義歯床下ならびに関連組織を構成している口腔組織を記録することになるためである。すなわち、咬合力の支持ならびに維持力発現にとって重要な領域と、筋が付着して可動性のある辺縁封鎖にとって重要な領域が、義歯の機能時の状態に再現されることが必要である。前者の領域では粘膜ならびにその下の骨の状態を、筋付着域では筋の動きを、それぞれ正確に把握することが重要である。

そのため、機能的にすぐれた総義歯の作製にあたっては、これら2つの領域の性状を熟知しておく必要がある。

A. 咬合力支持あるいは維持力発現域の特徴

この部分は義歯床粘膜面に相当し、咬合力を支持するとともに唾液の存在や気圧の変化の作用によって義歯を維持する領域である。

1. 顎堤ならびに口蓋の形態

顎堤は骨によって形づくられている。一般に、歯槽骨の吸収が軽度で、丘陵状に高く突出している顎堤では、これに密着した義歯の維持は良いが、顎堤の吸収が著しく、義歯床粘膜面全体が平坦な場合、義歯の維持は不良になるといわれている³⁾。高い顎堤は、その斜面部の存在によって、全部床義歯に水平方向から加わる力に対しては有利であるが、垂直方向に加わる離脱力に対する抵抗は小さいと考えられる。

これに対し、萎縮が進み顎堤が低く平坦な場合、水平方向の力に対する抵抗は小さくなるが、垂直方向への義歯の離脱に抵抗する顎堤の水平面は広く、それだけ唾液による物理的維持力が大きくなるものと考えられる。したがって、通常困難な全部床義歯症例とみなされている歯槽骨の吸収が著しいものでも、義歯床の外形線や床縁形態などと人工歯ならびにその排列法を適正にすれば、顎堤の形態が有利な場合に劣らないくらいの維持力が得られるとする意見もある⁴⁾。

また、口蓋隆起や下顎隆起などの存在は、義歯の安定を損ったり、疼痛の原因となるため、一般的には義歯のこれらに相当する部位はリリースされている。

2. 顎粘膜の性状

顎粘膜は唾液を介して義歯床と接する部分である。義歯床下粘膜の支持能力は、上皮が十分に角化し、適度の厚さの粘膜下組織があって、基底骨にしっかり付着している粘膜では大きい⁴⁾。また、粘膜の粘弾性的性状により、総義歯は咬合力や咀嚼力を受けることにより沈下し、粘膜は義歯床と歯槽骨との間で変形する。床沈下量に影響を及ぼす因子としては、顎粘膜の厚さや被圧縮性（被圧変位性）があげられ、それらには個人差や部位差のあることが指摘されている^{11,12)} (Fig 1, 2)。宮下¹²⁾によれば、咬合力による義歯床の沈下量と床下粘膜の局所被圧変位量との間にはほぼ比例関係が認められた。また、岸¹³⁾によれば、単位面積あたりの荷重量を一定にした場合には、面積が約60m²以上になると面積が変化しても変位量はほとんど変化せず、加圧面の面積が約60m²以上でその荷重量が1.5kg/cm²のときの変位量は0.20mm前後になる。また、骨上の軟組織が加圧によって変形させられると、床下組織と義歯床粘膜面との適合性が変化する。また、顎粘膜の変位は、経時的変化としてとらえるべきことも指摘されている^{11,14)}。Fig 3は、粘膜に荷重を加えてから、その荷重を除いたあとの粘膜の時間的変化を示したものである¹¹⁾。咬合力や咀嚼力が開放され

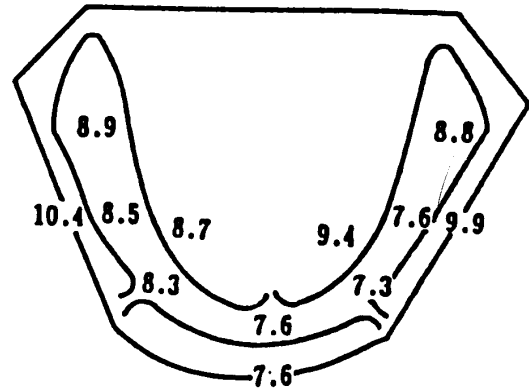
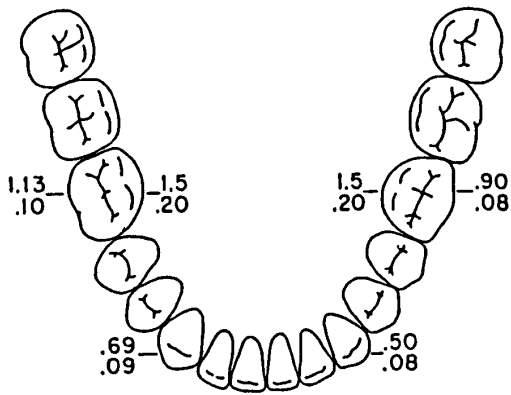
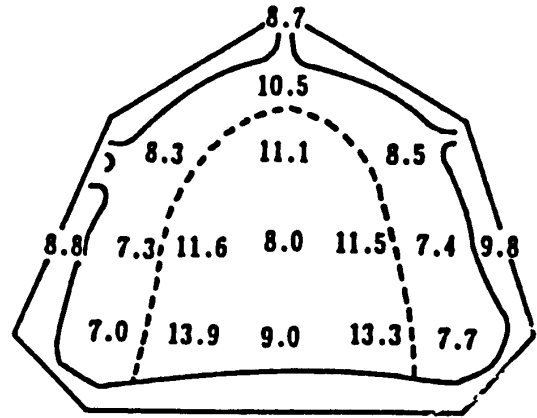
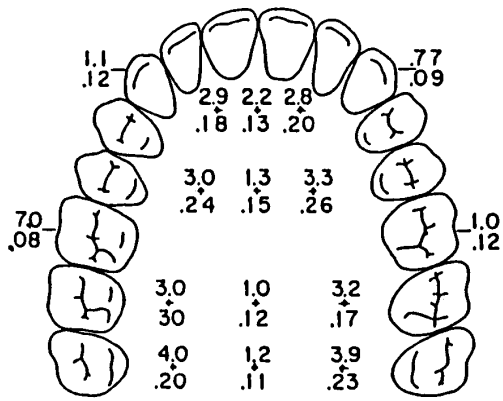


Fig. 1. Thickness of oral mucoperiosteum. Maxillary and mandibular soft tissue measurement in millimeters. (Mean and S.D.) (Modified from Kydd, W.L. and Daly, C.H., Int Dent J, 21: 430-441, 1971.)

Fig. 2. Mean displacement of soft tissue loading in 70 patients (upper: 50, lower: 50). Load was 68g/mm². Unit: 1/10 mm (From Miyashita, T., Shikwa Gakuho, 70: 38-68, 1970.)

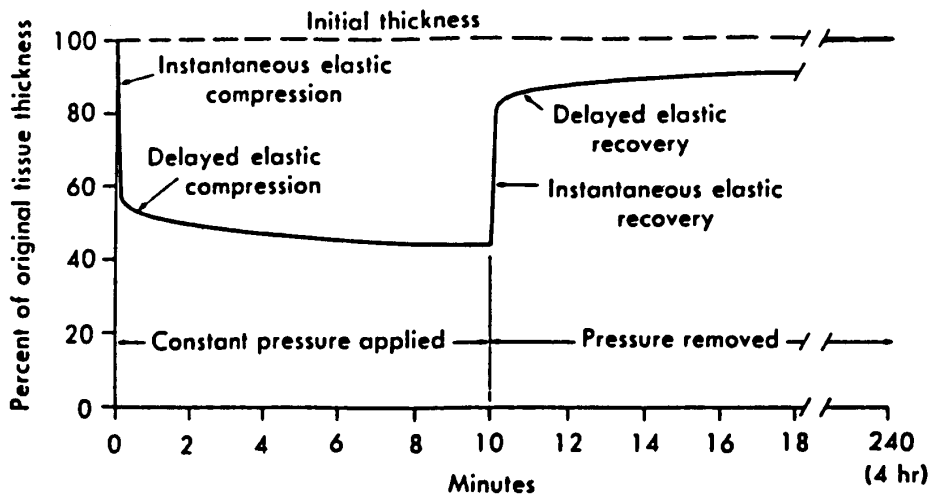


Fig. 3. Typical behavior of tissue under constant pressure loading up to 10 minutes. Typical behavior of pressure removal showing 90% recovery in 8 minutes. Total recovery requires 4 hours. (From Kydd, W.L. and Daly, C.H., Int Dent J, 21: 430-441, 1971.)

ると、床下粘膜はその粘弾性的性質によりもとの状態に復元しようとする。したがって、印象採得にあたって、印象材が硬化するまでの間に、印象材の流動性あるいは印象圧の変動にともなって、粘膜の変位が変動することにも注意すべきである^{15,16)}。

以上に示したような粘膜の性状の結果、粘膜と義歯床との間では、床下に介在する唾液層ならびに空気層に変化を生じる。このため、唾液層の厚さや閉じ込められた空気の容積（ひいては気圧の大きさ）が変動する。これらは義歯の物理的因子として義歯の維持に関係する。

B. 筋あるいは小帯付着域の特徴

この部は義歯床辺縁部に相当し、筋の付着状態や筋の動きにあった義歯床辺縁形態を付与することによって辺縁封鎖をはかり、義歯の維持を向上させる領域である。義歯床粘膜面における接着や気圧などの物理現象に関わる維持因子を有効に利用するためには、床下への唾液や外気の侵入を防止する必要がある。たとえば、義歯床が傾斜して周辺部から唾液が流入しやすい条件になったり^{8,17)}、義歯床を穿孔させ、義歯床下へ空気が入りやすくなると義歯床の維持は悪くなる¹⁸⁾。また、維持の悪い義歯においては床下介在唾液の移動量が大きいとの報告¹⁹⁾もある。

このように総義歯の維持を確実にするためには、床辺縁部が顎粘膜に為害作用を与えないで密着していることが必要である。通常、唇（頬）側ならびに舌側の床辺縁部の大きさや形態については、機能的な辺縁形成によって決定される。上顎総義歯では、歯肉唇（頬）移行部をコルベン状にし、口蓋後縁はポストダムで閉

鎖する。下顎総義歯では、歯肉唇（頬）移行部をコルベン状にして閉鎖し、両側の床後縁部を臼後隆起の柔軟な組織に軽く圧入し、さらに舌側では歯肉と口腔底の移行部を閉鎖するように義歯床辺縁を形成する³⁾。しかし、床辺縁を延長しすぎると、周辺の軟組織が離脱力として作用する。尾形²⁰⁾や中澤²¹⁾は、それぞれ下顎義歯の頬側ならびに舌側の床辺縁に加わる力の大きさを計測し、その大きさには辺縁の設定位置や曲率半径が影響するが、嚥下運動や開口運動時には、床辺縁部に対して義歯を離脱させる方向に力が作用すると報告している。したがって、義歯の維持を損なわないように、辺縁の位置や形態を設定しなければならない。

一方、床辺縁部に加わる離脱方向の力を避けるため床翼部を短くしすぎると、維持はかえって悪くなる。この原因としては、床面積が減少することと、辺縁の形態が変化して周囲軟組織との間で十分な辺縁封鎖を行えないためと考えられる。Skinner et al.⁸⁾によれば、唇頬側のフレンジを削除することにより、見かけの面積の減少以上に維持力が減少し、また、佐々木²²⁾の報告でも、唇頬側のフレンジを段階的に削除すると、維持力の減少傾向がみられた。

また、義歯床後縁部では、辺縁封鎖を行うことを目的として、粘膜との接触状態を緊密にするためのポストダムが設けられる。上顎義歯床に対するものが一般的であり、この場合、口蓋後縁封鎖とも呼ばれる。Watt et al.²³⁾は、下顎義歯のポストダムについても言及している。

上顎のポストダムの設定にはいくつかの方法があり^{2~4,24)}、作業模型に溝を掘る方法、印象面の後縁にワッ

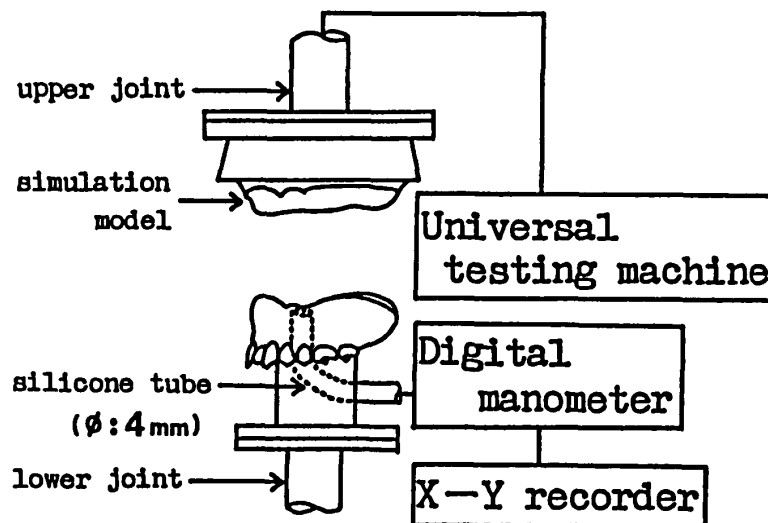


Fig. 4. Measuring methods of the atmospheric pressure under the denture base and the retentive force.

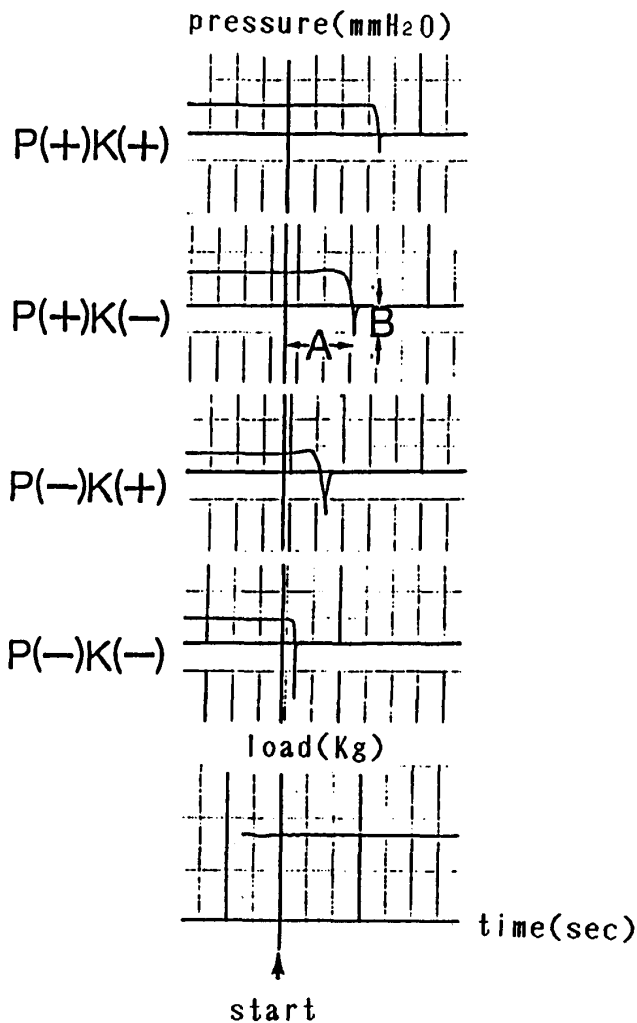


Fig. 5. Scale deflections recorded during in vitro test procedures with application of a seating force followed by a dislodging force (3kg) at buccal site (4mm away from the crest of the residual ridge) on complete maxillary denture. P (+): with posterior palatal seal, P (-): without posterior palatal seal, K (+); with peripheral seal, K (-); without peripheral seal, A: dislodging time, B: reduced atmospheric pressure.

クスを盛る方法、印象時に加圧することにより調整する方法、完成義歯に即時重合レジンを追加する方法などである。模型に溝を掘る場合、その深さは粘膜の厚さ^{11,25)} (Fig 1) や被圧変位性¹²⁾ (Fig 2) を参考にし、掘る量が決定されている。また、各種ポストダムの形態による効果について実験的な比較検討が行われている^{9,26,27)}。これらの結果から判断すると、上顎総義歯の中央部や後方部にかけての離脱力にたいしては Swenson 型のポストダムの効果が大きい。筆者らの

上顎総義歯の義歯床下の気圧の動態とポストダムならびにコルベン形態との関係についての研究²⁸⁾において、Fig 4, Fig 5 に示すように、これらの形態を義歯床辺縁に付与することによって、唾液層が破壊され義歯床下の気密性が破られるまでの時間 (転覆時間) が延長したことから、ポストダムやコルベン形態が辺縁封鎖に有効であることが示された。

また、ポストダムの他に、粘膜との適合性や辺縁封鎖性をよくする目的で用いられるものとしてピーディングがあげられる。これは、主として上顎部分床義歯の口蓋側においてパラタルバー、パラタルストラップ、プレートなどの外形線に沿って、粘膜面に0.3~0.5mmの高まりを設定することである²⁹⁾。Boucher²⁾は、上唇小帯のまわりの辺縁封鎖を完全にするために、浅いピーディングを義歯床内面に形成することもあると述べている。また、上顎顎堤の状態が良好な症例では、無口蓋義歯を作製することがあるが、辺縁封鎖のためにピーディングを行うことがある。この溝の深さは、通常1/2~1mmである。³⁰⁾

一方、Watt et al.²³⁾によると、下顎の臼後隆起、またはそれに相当する部分を横切るようにポストダムを設定することは、下顎総義歯の維持にかなり有効であるという。また、坪根ら³⁾は、ポストダムという言葉は使っていないが、下顎総義歯の両側の床後縁部を臼後隆起の柔軟な組織に軽く圧入することによって辺縁封鎖を行い、義歯の維持を増強することができると述べている。

C. 筋平衡域の特徴

この部は床研磨面に相当し、頬側と舌側の筋力を平衡させることによって、義歯の維持をはかる領域である。佐藤³¹⁾は、頬および舌の運動時に下顎義歯の臼歯部の研磨面に発現する側方圧について検討し、研磨面の位置が特定の範囲から頬舌側にはずれる場合には、側方圧が増大すると報告している。このことは、筋圧形成時の筋圧の大きさならびにその方向について考慮しなければならないことを示している。

このような意味で、辺縁形成を術者が行わず、患者の機能時の筋圧を利用して床翼の形態を決定する方法がある。この方法では、辺縁形成材料の軟化温度ならびに軟化時間を一定にして辺縁形成が行われている。これらの操作を一定にすることにより、上顎では左右頬側の、下顎では頬舌側の筋圧のバランスを保ち、義歯の安定を得ることができる。その臨床術式がフレンジテクニク^{3~5,32~35)}である。

D. 印象採得

1. 義歯床粘膜面

機能時における粘膜の性状を再現することを目的とした動的印象法から作製された義歯では、機能時における義歯床の適合性はきわめて良好であり、義歯の維持も良好と考えられる。しかし、印象の条件や顎粘膜の被圧縮性によっては、機能時の粘膜の状態を再現することはかならずしも容易ではなく、このような場合、義歯床の適合性も悪くなり、したがって維持も悪くなると考えられる。

田中³⁶⁾によると、遊離端欠損症例について、印象採得法の違いによる顎粘膜形態の比較を行った結果、被圧変位量の小さい硬い粘膜では印象圧の相違による顎粘膜の変位量の差が発現しにくく、逆に、被圧変位量の大きい顎粘膜では印象圧の相違による顎粘膜の変位量の差が発現しやすい。また、顎粘膜を想定してシミュレーション実験を行った潤米³⁷⁾によると、トレーの圧接速度、保持圧およびストッパーの付与が顎粘膜面形態に影響を及ぼす。被圧縮性の高い顎粘膜としては、骨支持のないフラビティッシュがあげられるが、これは加圧により容易に変位し、このような部分についてはできるだけ圧をかけずに印象採得を行い、形態的变化を生じさせない方法が推奨されている⁴⁾。印象時におけるフラビティッシュの挙動に着目した筆者らのシミュレーション実験^{38,39)}により、トレーの圧接方向、遁路の付与、スペーサー量、印象材の種類が、印象によって得られた顎模型の形状に影響を与えることがわかった。

一方、切歯乳頭や、粘膜の薄い口蓋隆起や下顎隆起部などに対しては、過大な圧負担が生じないようにリリースが行われる。これは、機能時に粘膜の厚さの違いに由来する疼痛が生じないように、機能時の床沈下量を考慮して設定されるものである。

ところが、Skinner et al.⁸⁾, Skinner et al.²⁷⁾の実験結果によると、リリースを行うことにより義歯の維持力が減少する。この原因は、この領域に空気が閉じ込められることやリリース域の液膜の厚さが増すためと考えられている。また、密閉容器のなかに義歯床と模型を置き、義歯床下に空気が閉じ込められた場合の維持に対する影響を調べた報告⁴⁰⁾によると、容器内の気圧を減じると床下の空気は膨張して辺縁封鎖を破る。これは床下の空気の膨張により床と唾液との接着面積が減少するためと考えられる。また、筆者らの一連の研究でも^{28,41~43)}、義歯を装着した安静時あるいは咬頭嵌合時には、床下の気圧が陽圧であることがわ

かっており、筆者らは、この陽圧は維持にとっては不利であると考えた。

2. 義歯床辺縁部

義歯床辺縁部の形態も印象採得の方法に左右される。その変動幅については、Woelfel⁴⁴⁾や Watt et al.²³⁾の実験的研究がある。Woelfel⁴⁴⁾によれば、同一のトレーを用い、5種類の印象材で上下無歯顎の印象採得を行い、それから得た石膏模型の形態を比較した結果、辺縁部で石膏模型の形態の変動が大きく、最大1.3mmであった。Wattらによると、アルジネート印象材ならびに石膏印象材を使用して上顎無歯顎の印象を行い、この際、頬側辺縁部の辺縁形成を行ったトレーを使用すると、口腔前庭側の辺縁部の形態は一致した。

小帯部については、その機能時の運動域を印象面に再現し、小帯による離脱力が起こらないようにするが、術者が過剰に運動を行わせた場合や技工時のリリースなどの操作によっては、この部の辺縁封鎖が破れることがある。

3. 義歯床研磨面

頬(唇)側と舌側の筋力の平衡を得るにあたって、筋力の大きさすなわち機能運動の程度が問題となる。この点に関する藤原³⁴⁾の下顎総義歯についての臨床的研究によれば、フレンジテクニックを利用し、大、中、小の3段階の機能運動を行わせた結果、中程度の運動によるフレンジ形成を行った場合に、もっとも義歯が安定していた。さらに、藤原ら³⁵⁾によると、下顎総義歯のフレンジテクニックにより、患者自身の機能運動によって床研磨面を決定したとしても、義歯の維持、安定のうえでその斜面の形態と筋との関係とが義歯を離脱させるように作用するものであれば、維持、安定の方向に作用するような形態となるよう斜面を修正するべきである。

E. その他

印象に石膏を注入して作製された模型の形態や、レジン重合収縮が義歯床の適合性に影響を与える。コの字型金型模型を印象することにより得られた石膏模型の寸法精度について検討した報告⁴⁵⁾によれば、模型は中心部に向かって凹形に変形し、模型材としては超硬石膏がすぐれている。また、義歯はレジンの重合収縮により変形するため、義歯床の歯槽頂部や口蓋部での浮き上がりが大きいとされている。このことは、義歯床の適合性が悪くなることにより床下の唾液の被膜

厚さが大きくなり、義歯の維持の観点からは不利であると考えられる。そのため、重合方法や材質についてもより良好な適合性の得られるものが開発、検討されてきた。

内田ら⁴⁶⁾によると、加熱重合レジンを用いる場合、高温法よりは低温法による重合の方が口蓋中央部における浮き上がり量は少なく、さらにマイクロ波重合型のレジンでは一層少なくなる。羽生ら⁴⁷⁾の報告によれば、油圧注入式レジンや流し込みレジン of 床粘膜面上における寸法精度がほぼ等しく、加熱重合型レジンと比較して良好である。また、上新ら⁴⁸⁾、迫田ら⁴⁹⁾は、印象方法、模型材、重合方法を規格することによりきわめて適合の良い義歯床が得られると報告している。Polyzois⁵⁰⁾は、上顎総義歯の重合時に、模型の口蓋後縁部にアンカー（レジンが入り込むための穴）を設けると、後縁部の浮き上がりが小さくなると報告している。

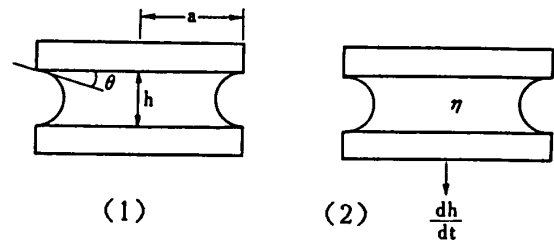
IV. 物理的因子

A. 物理現象

1. 唾液の影響

義歯床と粘膜との間には常に唾液が介在し、維持力の発現に役立っている。その維持力の発現機構として、従来、接着力（Adhesion）、凝集力（Cohesion）、表面張力（Interfacial surface tension, Surface tension）、毛細管現象（Capillary attraction, Capillarity）などの物理現象が考えられている^{2-5, 51)}。接着力とは、異種分子間で互いに物理的に引き合う力であり、唾液と粘膜および唾液と義歯床の間に生じる。凝集力とは、同種分子間で互いに物理的に引き合う力であり、唾液層中に生じる。表面張力とは、よく適合した2面間に介在する液体の薄層によって生じる張力とされている。毛細管現象とは、液体が固体に接している時に、固体に接する液面が凸湾したり凹湾したりする現象である。

IIDA⁵¹⁾は、義歯床と床下粘膜とを2枚の円板に想定し、唾液による維持力を static adhesive force と separating force (dynamic adhesive force) に分けて Fig 6 の式を導いている。この式から Static adhesive force には、床面積、唾液層の厚さ、唾液の表面張力、後退接触角が関与し、また、Separating force には、さらに唾液の粘度ならびに引っ張り速度が関与することがわかる。ただし、Separating force については、次の条件をみたすときに成り立つと述べている。1)



$$(1) \quad F_1 = \frac{2\pi a^2 \gamma \cos\theta}{h} \times 10^{-3} (\text{gw})$$

$$(2) \quad F_2 = \left(\frac{2\pi a^2 \gamma \cos\theta}{h} + \frac{3\eta \pi a^4}{2h^3} \cdot \frac{dh}{dt} \right) \times 10^{-3} (\text{gw})$$

Fig. 6. Retentive force.

(1) Static adhesive force, (2) Separating force
a: radius of disk, h: thickness of liquid layer,
 θ : receding contact angle, γ : surface tension
 η : viscosity of a liquid, dh/dt : rate of separation

(Modified from Iida, Y., Bull Tokyo Med Dent Univ, 22: 113-125, 1975.)

2) ニュートン流体である 3) 粘度が液層全体で一定である 4) 円板の表面あらかは無視できるほど小さい。接触角とは、静止液体の自由表面が固体壁に接する場所で液面と固体面のなす角をいい、通常、液の内部にある角をとる。液体が固体をぬらす（付着力が大きい）場合には鋭角である⁵²⁾。林⁴⁾は、static adhesive force を静的付着力、dynamic adhesive force を動的付着力と呼んでいる。

これらの式から全部床義歯の維持力を大きくするための方策として、①両界面の接触面積を大きくするため義歯床粘膜面の拡大をはかる、②両界面間の距離の近接をはかるため粘膜面の形を精密に印象する、③早期接触や粘着性食品などによる離脱力の発生を防止する、ことがあげられる²⁻⁵⁾。

筆者らの行ったシミュレーション実験⁴¹⁾においても、義歯に対する圧接力が大きいほど、また唾液の粘度が大きいほど維持力は大きい結果を得た (Fig 7)。圧接力を大きくすると、人工唾液の被膜厚さが小さくなって接着力が増加し、その結果、維持力が増加したと考えられる。

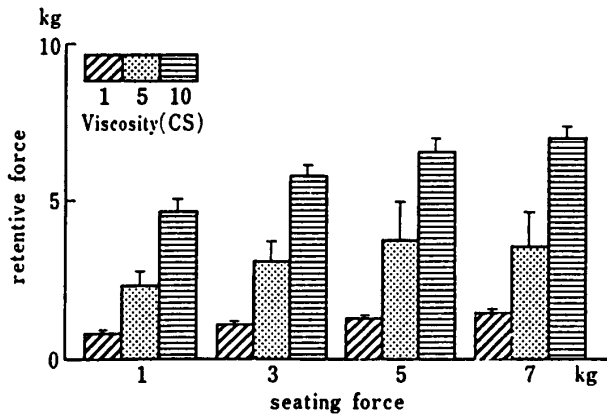


Fig. 7. Retentive forces of the dentures with post-dam under the different conditions of seating forces and saliva viscosities.

a. 唾液の粘度について

唾液の粘度は、凝集力として義歯の維持に反映されると考えられるが、粘度と義歯床の維持に関していくつかの報告がある。Östlund⁵³⁾は、投薬により口蓋腺からのムチン分泌を増減し、上顎総義歯の維持力が平均で約3倍に増加したと報告している。Bláhová et al.⁵⁴⁾は、義歯の変位が起こる初期段階においては、周辺の唾液腺から唾液が補充され床下の量が増加することにより義歯床の変位が生じ、唾液の粘度は直接の維持の源ではないが、その変位の初期段階において重要な因子となると述べている。山田ら⁵⁵⁾は、50~70歳代の総義歯装着者の混合唾液について、ずり速度 150.45sec^{-1} における見かけ粘度は $1.8\sim 9.2\text{CP}$ であり、 1CP 、 5CP および 10CP の3種の粘度の人工唾液を使用した模型実験では、粘度は維持力に影響を与えたと述べている。また、長尾ら⁵⁶⁾によると、ヒト混合唾液を使った模型実験の結果、粘度が高くなるほど維持力は大きくなった。

佐々木²³⁾は、義歯接着剤の使用により義歯の維持力が増強するが、これは介在唾液の粘度が上昇し、Cohesionが強まったためと考えている。

b. 唾液の介在量

川添ら⁵⁷⁾の口蓋腺唾液誘発実験によれば、唾液量が多すぎても維持力は低下し、ある一定量(至適介在唾液量)のときに最大の維持力を示した。少なすぎる場合には、唾液が義歯床全面にいきわたらず、唾液の介在による維持が少ないと考えられる。逆に多すぎる場合、口蓋腺から分泌される粘稠性唾液が蓄積され、その自重により生じた水圧のほうが接着力により大き

くなり、義歯床を定位置から離脱させるように働くことも考えられる²⁾。

また川添ら¹⁹⁾は、7名の総義歯装着被験者において、通常の床翼で維持が良好な状態と、床縁を小さくした維持の不良な状態の2種類の義歯の維持について、床下介在唾液の移動量で評価した。その結果によれば、義歯の維持力は床下介在唾液の移動がもっとも少ないときに最大の値を示し、介在唾液量は、維持の良い義歯において少なく、維持の悪い義歯において多かった。

2. 大気圧について

総義歯の維持と大気圧との関係については、関係があるとするもの、ないとするもの、および総義歯を離脱させるような力が作用したときのみ陰圧が生じ、維持に役立つとするものがある。

関係があるとするものは、義歯が粘膜に圧接されることにより、義歯床下の空気が追い出されて義歯床下に陰圧を生じるとする説である。我が国では、総義歯の維持力は唾液の粘着力ならびに大気圧によるものと考え^{3,58,59)}が代表的である。これに対し、陰圧が総義歯の維持に対する第一義的な要素ではないという考え⁶⁰⁾もある。これらは、いずれもある大きさの圧接力によって義歯を装着しただけの静的な状態におけるものと考えられる。

一方、総義歯を離脱させるような力が作用したときのみ陰圧が生じ、維持に役立つとする意見としては、Boucherら²⁾、Watt et al.²³⁾、Körber⁶¹⁾の考えがある。Boucherら²⁾やWatt et al.²³⁾は、義歯の離脱時に陰圧が生じて離脱力に抵抗すると考えている。これは義歯を離脱させる何らかの作用が働いたときの動的な状態における関係と考えられる。しかし、気圧が義歯とどのように関わっているのかその関係が、唾液と維持力との関係ほど明確にされていない。これに対し、Körber⁶¹⁾は、完全に閉鎖された空間が拡張することにより陰圧が生じ、これによる吸着が維持の第一義的な要素であると考えており、唾液の粘着力を維持要素とは考えていない。

さて、大気圧と維持力との関係についての実験的研究としては、Tyson⁴⁰⁾、Snyder et al.⁶²⁾、Stamoulis⁶³⁾の報告がある。Snyder et al.⁶²⁾によれば、部屋の気圧を変化させて口腔内で維持力を測定した結果、気圧が70%減少すると維持力は50%減少した。これに対し、Stamoulis⁶³⁾によると、顎模型に装着した義歯では、大気圧は維持力にほとんど関係がなかった。Tyson⁴⁰⁾

は、床下に閉じ込められた空気は、それが膨張すると辺縁封鎖を破るので、義歯装着時には口蓋を水でぬらし、空気を閉じ込めないようにすべきであるとしている。また、竹井⁷⁾は、臨床例において片側に咬合力をかけることにより、反対側の臼歯部床下に陰圧の発生することを確認しているが、この陰圧の発生と義歯の維持との関わりについては言及していない。

このように、床下の気圧と維持との関係については見解が一致していない。これらの点を明かにするために、筆者らの教室では、上顎総義歯床下の気圧の動態についての一連の研究^{28,41-43)}において、各種条件下で義歯の装着から離脱に至るまでの義歯床下の気圧の動態をデジタルマンノメーターにより計測し、義歯の構成方法について検討している。

竹迫ら⁴¹⁾は、維持力すなわち唾液の粘着力や気圧に影響すると考えられる要素として、唾液の粘度、義歯の圧接力、ポストダムによる辺縁封鎖の3つを取り上げ、これらとの関係で気圧の動態を捉え、気圧と維持力との関係を知るためのシミュレーション実験を行った(Fig 4)。この結果、義歯を装着することによって義歯床下には陽圧が生じ、圧接力の増大とともに陽圧は増大し、所定の圧接力に達しても義歯床下の圧は陰圧を示すことなく、義歯を粘膜から引き離し始めると急激に義歯床下の圧は低下し、あるところで陰圧に転じ、陰圧が最大に達した直後に義歯が離脱して大気圧にもどることを見いだした。また、義歯床下に発生する気圧は、圧接時には陽圧を示すため静的な維持力

にはかえってマイナスの因子となるが、義歯を離脱させるような力が作用した場合には陰圧が生じ、これは唾液層が破壊されないかぎり、義歯を引き戻そうとする力として役立つと考えている。また唾液の粘度は、高い方が維持力は増し、気密性もよくなる結果を得たことから、圧接力は維持力の点からは大きい方がいいが、逆に、大きな圧接力が作用したのち離脱力が作用すると、人工唾液の層が薄くなりすぎまた周囲から唾液の流入もないため床下の気密性を保つことのできる時間は短くなる、すなわち気密性は破壊されやすいと考えている。

さらに布井ら²⁸⁾は、ポストダムやコルベン形態が辺縁封鎖性の向上に役立つことも実証した。すなわち、Fig 5に示すように、これらを付与することにより、前歯部荷重や臼歯部片側荷重をかけたときの転覆時間は延長した。

小島ら⁴³⁾は、上顎総義歯装着者について、同様の装置を使って義歯床下の気圧の動態を計測した。その結果、装着直後の安静時においては、床下の気圧が陽圧であるが、少し開口することによって床下の陽圧は小さくなり、さらに大きく開口することによりさらに気圧は小さくなり、引続き義歯を離脱させるべく力を加えた場合、大きな陰圧が発現したのち、義歯床の離脱により大気圧となった(Fig 8)。これは、シミュレーション実験と同様の結果であったが、発現した陰圧はシミュレーション実験より大きかった。これは、人工粘膜と顎粘膜の粘弾性的性質のちがいが、義歯圧接時

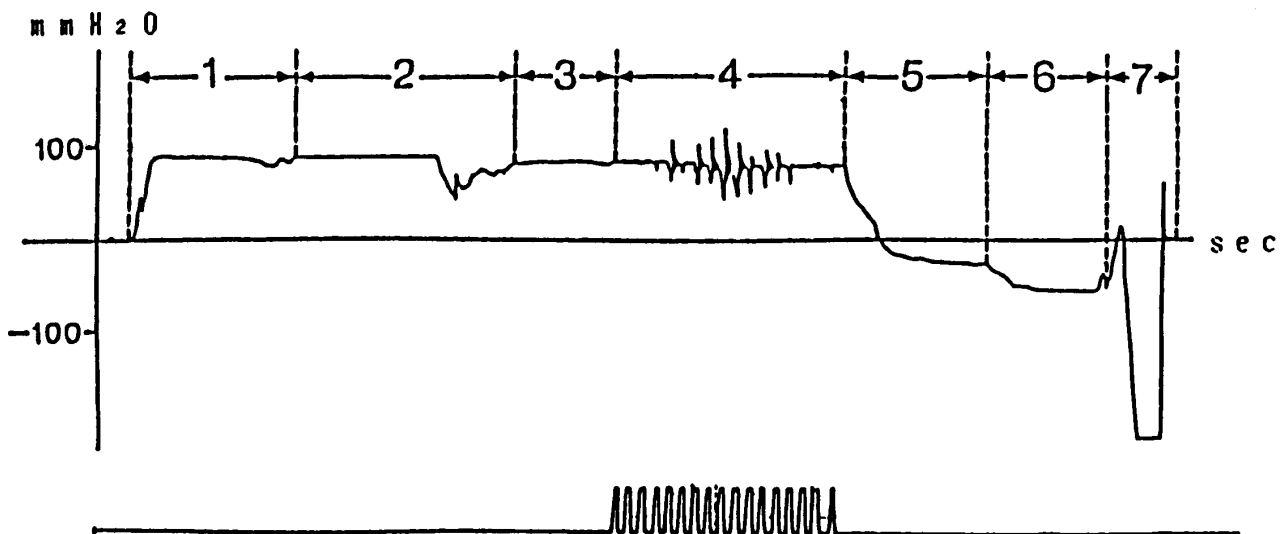


Fig. 8. Scale deflections recorded during in vivo test procedures with application of several forces. 1: seating force, 2: biting force (strong), 3: biting force (weak), 4: tapping, 5: opening mouth (narrow), 6: opening mouth (wide), 7: dislodging force. Atmospheric pressure operates as a retentive force when dislodging force is applied to denture (see 7).

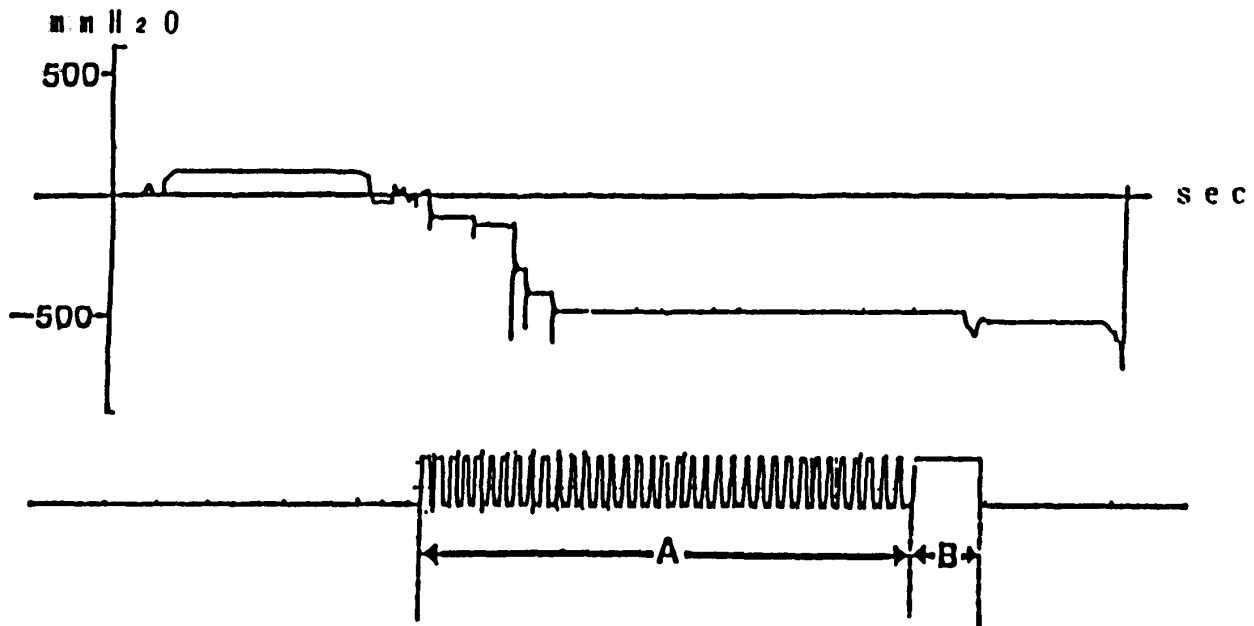


Fig. 9. Scale deflections recorded during in vivo test procedures with mastication. A: during mastication, B: during swallowing.

の両者の摩擦係数のちがいによる適合性の差異、さらに人工唾液と天然唾液の性状の違いや、離脱時に床周辺部から唾液が補充されるかどうかなどの影響が考えられる。また、彼らは、義歯の適合の良好な場合、タッピング時には気圧は陽圧の範囲で反復的な変動を示し、食物を咀嚼させた場合、咀嚼がすすむにつれて床下の気圧が咀嚼力による微小変化を伴いながら低くなる様子を観察している (Fig 9)。これらの実験から、床下の気圧は義歯装着直後の安静時においては陽圧を示すが、義歯を離脱させるような外力が加えられたときには陰圧を生じ、これが復元力として作用する可能性のあることが示唆された。

陰圧の発生を義歯の維持に応用する装置としては、suction cup^{3,64)}、吸着装置^{3,60)}、総義歯用アタッチメントの1種であるバキューム・マチック⁶⁵⁻⁶⁷⁾などがあるが、前記2者については粘膜の増殖や炎症が生じやすいとされている。また上顎に吸着盤を使用し、口蓋骨の欠損を生じた症例が報告されている⁶⁸⁾。バキューム・マチックについては、吸着効果があるとされている⁶⁵⁻⁶⁷⁾。

B. 力学的因子

咬合力は、人工歯排列が適切であれば義歯を粘膜に圧接し、維持力を向上させる因子として作用するが、人工歯排列が悪く、テコ・バランスがとれていない場合、平衡側から義歯を回転離脱させる因子として作用

する。

一般には、顎堤に対する臼歯部人工歯の排列位置を定める歯槽頂間線法則が重視されてきた。これは、片側的な咬合力が加わった場合、義歯を転覆させるような力が発生すると考えられ、それを防止するためである。しかし、上下の対向関係によっては、歯槽頂間線上に人工歯を排列したとしても転覆力が発生することがある⁶⁹⁾。また、義歯の維持、安定を得るためには、人工歯を、水平的には頬や舌の力の均衡がとれ(ニュートラルゾーン⁴⁰⁾)かつ力学的に義歯の転覆が生じないような咀嚼圧耐面上の位置に排列することであり、垂直的には舌背に対する人工歯咬合面の位置は咀嚼が円滑に行われるような位置にあり、空口時の偏心位咬合における両側性平衡咬合および食物介在時の片側性咬合平衡が得られていることが重要である⁷⁰⁾。

早期接触のある場合や、食片が左右いずれかの臼歯部人工歯の咬合面間に介在した場合、顎堤に対する人工歯の排列位置によっては咬合力が義歯を傾斜させる力、すなわち転覆力として作用する。Barbenel¹⁷⁾によると、2枚の円板を傾斜させて相対した場合、その間にはくさび型の被膜が生じ、この部分で被膜の接触を保つために介在する液の流入が大量に必要となる断面が生じ、この部分の被膜の破壊は小さな力で十分となる (Fig 10)。このことは、床を傾かせるような力を辺縁にかけて義歯床の維持を測定した場合、中央部で牽引するよりも義歯はずれやすいという実験結

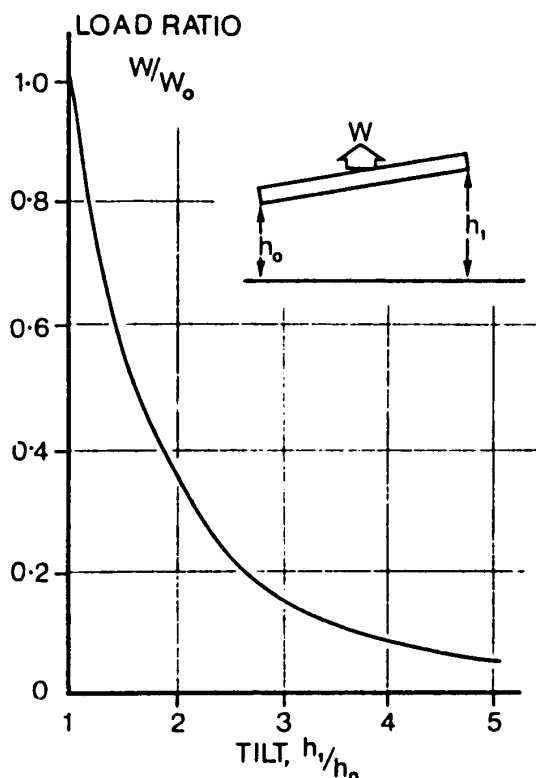


Fig. 10. Variation of supported load with tilting. The load ratio is the load supported by the tilted plate divided by the load supported by parallel plates with film thickness h_0 . (From Barbenel J.C.J Prosthet Dent, 26: 592-300, 1971.)

果と一致する。竹迫ら⁴²⁾の上顎総義歯床下の気圧の動態を指標とした研究によれば、歯槽頂に対する頬舌的人工歯の排列位置を想定した荷重点が、歯槽頂から頬側へはずれるほど義歯が転覆する（唾液層が破壊される）までの時間が短かった。

このような転覆力の発現を防ぐためには、臼歯部的人工歯排列を行う場合、まず上下顎堤の対向関係を調べることが必要である。上下顎堤の対向関係や人工歯排列位置を調べる方法としてはいくつかの報告^{69,71-76)}がある。通常、術者の視覚に頼る方法が多いが、キールを作製して判断する方法^{69,71,72)}、規格写真を利用する方法^{73,74)}や、姿取りゲージを利用する方法⁷⁵⁾、画像処理装置を利用する方法⁷⁶⁾などがある。Fig 11, Fig 12 は筆者らが臨床例に対して行った画像処理装置による確認方法であり、これらの関係を簡便かつ正確に判定することができる。

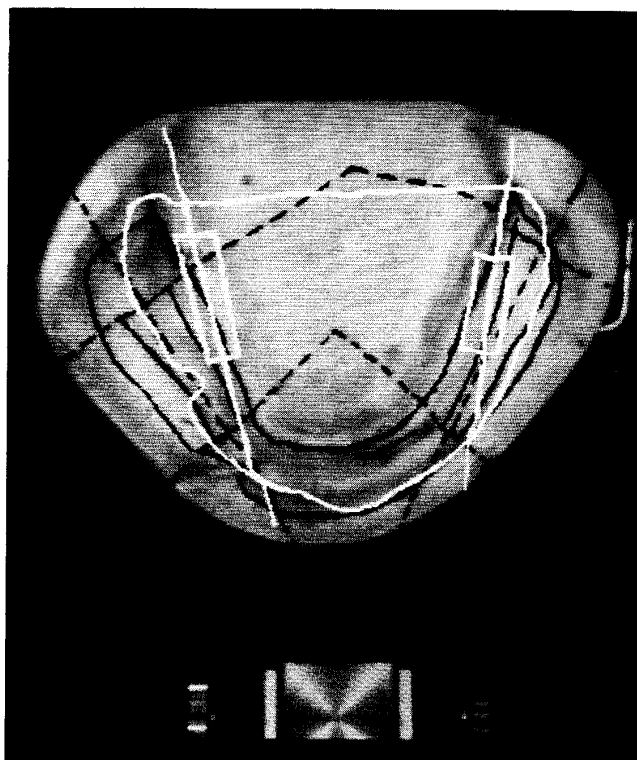


Fig. 11. The image of the lines drawn on upper cast is superimposed over the image of the lower cast.

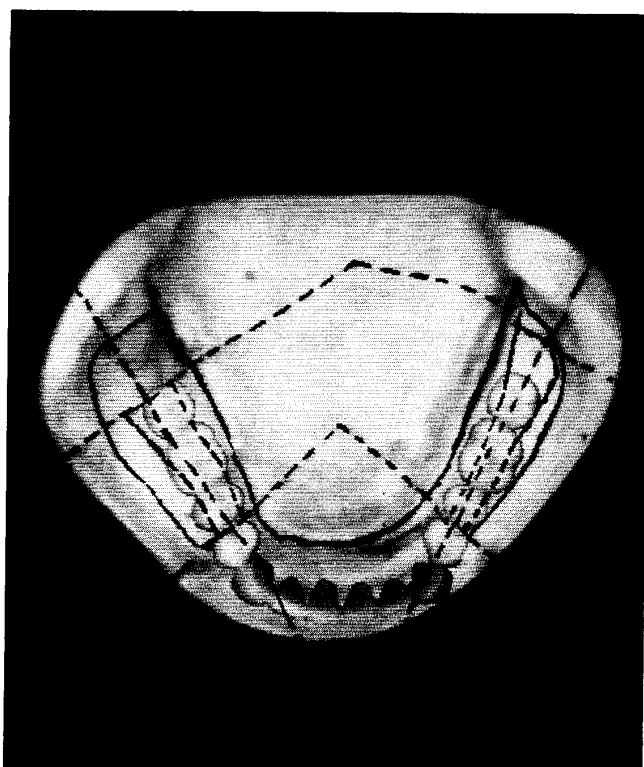


Fig. 12. The image of the lower artificial teeth is superimposed over the image of the lower cast.

V. おわりに

無歯顎患者における機能的にすぐれた総義歯について、先人たちの研究成果ならびに筆者らの教室で行ってきた実験結果にもとづき、主として義歯の維持、安定の観点から考えてみた。本文でも述べたように、義歯の維持、支持、安定の3要素は、それぞれ相互に関連しているため、これらに影響する諸因子を明確に分けてしまうことはできない。しかしながら、各要素に影響する諸因子の関わりかたについて整理し、それぞれの問題点を明かにすることによって、それらの位置づけを明確にすることができる。特に、大気圧と総義歯の維持のかかわりについて、教科書的にも相反した2つの考えを、筆者らの一連の研究により整理することができたものと考えている。

最後に、鹿児島大学歯学部歯科補綴学第2講座の長岡英一教授をはじめ、共同で研究をすすめてきました教室員諸氏の御助言ならびに御協力に感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 長岡英一, 斉藤福一郎, 西 恭宏, 河野 弘, 川畑直嗣, 福満和子: 老年無歯顎者の食生活と義歯のあり方, 老年歯科医学誌, 2:40-54, 1988.
- 2) Hickey, J. C. and Zarb, G. A. :BOUCHER'S Prosthodontics treatment for edentulous patients, 8th ed., 117-230,404-415, C. V. Mosby, London,1980.
- 3) 坪根政治, 豊田静夫: 総義歯臨床形態学, 第1版, 4-7, 11-13, 38-53, 68-71, 医歯薬出版, 東京, 1978.
- 4) 林 都志夫, 平沼謙二, 根本一男, 松本直之, 山縣健佑, 長尾正憲: 全部床義歯補綴学 第1版, 林 都志夫 編, 1章 序説, 1-54, 医歯薬出版, 東京, 1982.
- 5) 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, 1版, 68-86, 105-121, 181-189, 医学書院, 東京, 1989.
- 6) Kraft, E: Über eine experimentelle Prüfung der Lagestabilität totalen Unterkieferersatzes nach unterschiedlichen Abformverfahren, Dtsch. zahnärztl. Z. 20 (1965) 629; Kőrber, K. 著, 田端恒雄, 河野正司, 福島俊士共訳: ケルバーの補綴学 第2巻, 328, クインテッセンス出版, 東京, 1984.より引用
- 7) 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.
- 8) Skinner, E. W., Campbell, R. L. and Chung, P.: A clinical study of the forces required to dislodge maxillary denture bases of various designs, J Am Dent Assoc, 47: 671-680, 1953.
- 9) Avant, W. E.: A comparison of the retention of complete denture bases having different types of posterior palatal seal, J Prosthet Dent, 29:484-493, 1973.
- 10) 今井守夫: 上顎全部床義歯の動揺に関する研究 第2報 機能時の義歯の動揺と関連する因子の分析, 補綴誌, 32: 936-946, 1988.
- 11) Kydd, W. L. and Daly, C. H.: THE THICKNESS MEASUREMENT OF MASTICATORY MUCOSA IN VIVO, Int. Dent. J., 21: 430-441, 1971.
- 12) 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.
- 13) 岸 正孝: 歯槽堤粘膜の被圧変位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.
- 14) 田中資郎: 口蓋粘膜のクリープに関する研究, 補綴誌, 16: 358-379, 1973.
- 15) 今村眞悟: 印象採得時における弾性体の圧縮に関する基礎的研究, 阪大歯学誌, 12: 111-125, 1967.
- 16) 平井泰征: 有床義歯における印象時の粘膜の被圧状態が印象形態に及ぼす影響に関する研究, 歯科学報, 71: 1835-1869, 1971.
- 17) Barbenel, J. C.: Physical retention of complete denture, J Prosthet Dent, 26: 592-600, 1971.
- 18) Jacobson, T. E. and Krol, A.J.: A contemporary review of the factors involved in complete denture retention, stability, and support. Part I: Retention, J Prosthet Dent, 49: 5-15, 1983.
- 19) 川添和幸, 浜田泰三, 山田早苗: 義歯の維持に関する研究 第4報 Tapping Movement 時における床下介在唾液量の変化について, 補綴誌, 20: 286-290, 1976.
- 20) 尾形和彦: 筋圧形成時の条件が下顎義歯床頬側辺縁部に及ぼす影響について, 阪大歯学誌, 26: 1-21, 1981.
- 21) 中澤 潤: 下顎義歯舌側床縁における口腔底の

- 庄, 補綴誌, 30: 135-154, 1986.
- 22) 佐々木 元: 総義歯の床形態が咀嚼機能に及ぼす影響に関する研究, 補綴誌, 22: 844-864, 1978.
- 23) Watt, D. M., MacGregar, A. 共著; 小林義典, 田中 武, 鳥居建吾 共訳: コンブリートデンチャーの設計, 4-43, 72-89, 医歯薬出版, 東京, 1979.
- 24) 林 都志夫編: 最新全部床義歯アトラス, 85-94, 医歯薬出版, 東京, 1975.
- 25) Turck, D.: A HISTOLOGIC COMPARISON OF THE EDENTULOUS DENTURE AND NON-DENTURE BEARING TISSUES, J Prosthet Dent, 15: 419-434, 1965.
- 26) 大場彬照: Post dam の形態について, 補綴誌, 4: 112-114, 1960.
- 27) Skinner, E. W. and Chung, P.: THE EFFECT OF SURFACE CONTACT IN THE RETENTION OF A DENTURE, J Prosthet Dent, 1: 229-235, 1951.
- 28) 布井隆行, 竹迫 清, 小島博文, 迫田敏文, 川畑直嗣, 長岡英一: 上顎総義歯の床下における気圧の動態に関する研究 — 辺縁封鎖の効果について —, 補綴誌, 80回日本補綴歯科学会学術大会論文集, 71, 1988.
- 29) 歯科医学編集委員会編: 歯科医学大事典, 5: 2099, 医歯薬出版, 東京, 1988.
- 30) Levin, B. 著 瀧健次郎, 稲葉俊介共訳: 総義歯の臨床 — Question & Answer —, 書林, 東京, 1978.
- 31) 佐藤健司: 下顎有床義歯における臼歯部の Polished surface の条件が筋圧による側方力の発現様相に及ぼす影響に関する実験的研究, 歯科学報, 75: 1746-1796, 1975.
- 32) Lott, F. and Levin, B.: FLANGE TECHNIQUE: AN ANATOMIC AND PHYSIOLOGIC APPROACH TO INCREASED RETENTION, FUNCTION, COMFORT, AND APPEARANCE OF DENTURES, J Prosthet Dent, 16: 394-413, 1966.
- 33) 豊田静夫: 総義歯臨床アトラス — Flange Technique を中心として —, GC 臨床シリーズ, No.61: 46-61, 1982.
- 34) 藤原 顕: 下顎総義歯の歯肉部形態とその安定性との相互関係に関する研究, 補綴誌, 14: 135-145, 1970.
- 35) 藤原 顕, 平川光彦, 河合庄治郎: Flange technique による下顎総義歯の経過観察およびその注意点, 歯界展望, 43: 569-573, 1974.
- 36) 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.
- 37) 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.
- 38) 廣安敬之, 竹迫 清, 浜野 徹, 浜田直光, 川畑直嗣, 長岡英一: Flabby tissue の性状に関する基礎的研究 — 印象採得について —, 補綴誌, 30: 474, 1986.
- 39) 西 恭宏, 迫田敏文, 是枝美行, 廣安敬之, 濱野徹, 川畑直嗣, 長岡英一: Flabby tissue の性状に関する基礎的研究 — チオコールラバーによる印象採得について —, 補綴誌, 32: 1424, 1988.
- 40) Tyson, K. W.: Physical factors in retention of complete upper dentures, J Prosthet Dent, 18: 90-97, 1967.
- 41) 竹迫 清, 布井隆行, 是枝美行, 廣安敬之, 濱野徹, 川畑直嗣, 長岡英一: 上顎総義歯の床下における気圧の動態 第1報 維持力との関係, 補綴誌, 33: 251-263, 1989.
- 42) 竹迫 清, 布井隆行, 是枝美行, 西 恭宏, 川畑直嗣, 長岡英一: 上顎総義歯の床下における気圧の動態に関する研究 — 臼歯部人工歯の頬舌的排列位置との関係 —, 補綴誌, 31: 1250-1251, 1987.
- 43) 小島博文, 竹迫 清, 布井隆行, 岩田浩志, 湯本光一郎, 是枝美行, 川畑直嗣, 長岡英一: 上顎総義歯の床下における気圧の動態に関する研究 上顎総義歯装着者での実測, 補綴誌, 34: 230, 1990.
- 44) Woelfel, J. B.: CONTOUR VARIATIONS IN IMPRESSIONS OF ONE EDENTULOUS PATIENT, J Prosthet Dent, 12: 229-254, 1962.
- 45) 藤城鉄英: 顎模型の寸法精度に関する研究, 18: 382-402, 1975.
- 46) 内田欣臣, 岡本史江, 尾形和彦, 佐藤隆志: マイクロ波重合型義歯床用レジンの寸法精度, 補綴誌, 33: 114-118, 1989.
- 47) 羽生哲也, 稲永昭彦, 武内哲二, 澤村直明, 川口稔, 宮崎光治, 堀部 隆: 床用レジン of 重合変形について 第1報 上顎総義歯粘膜面部の三次元

- 的検討, 補綴誌, 29: 310-318, 1985.
- 48) 上新和彦, 西 恭宏, 迫田敏文, 大嶋信太郎, 塚原敏彦: 適合性の良い床用レジンの重合方法, DE, 89: 34-39, 1989.
- 49) 迫田敏文, 西 恭宏, 浜野 徹, 廣安敬之, 上新和彦, 大嶋信太郎, 塚原敏彦: 適合性の良い床用レジンの重合方法, 第2報 作業用模型の寸法, 歯科材料・器械, 8: 167-168, 1989.
- 50) Polyzois, G. L.: Improving the adaptation of denture bases by anchorage to the casts: a comparative study, Quintessence Int, 21: 185-190, 1990.
- 51) IIDA. Y: PHYSICAL FACTORS IN DENTURE RETENTION, Bull. Tokyo Med. Dent. Univ., 22:113-125, 1975.
- 52) 玉虫文一, 富山小太郎, 小谷正雄, 安藤鋭郎, 高橋秀俊, 久保亮五, 長倉三郎, 井上 敏 編: 理化学辞典, 727, 第3版増補版, 岩波書店, 東京, 1981.
- 53) Östlund, S. G.: Saliva and denture retention, J Prosthet Dent. 10: 658-663, 1960.
- 54) Bláhová, Z. and Neuman, M.: Physical factors in retention of complete dentures, J Prosthet Dent, 25:230-235, 1971.
- 55) 山田博明, 和泉憲一, 谷津 悟, 湯浅 智, 向井隆朗, 田島玲子, 坪田健嗣, 山本克之, 森谷良彦: 唾液の粘性に関する基礎的検討 —維持との関連性について—, 補綴誌, 29: 1183-1193, 1985.
- 56) 長尾正憲, 飯田洋子, 川沼やす子, 辻 喜之, 林哲堂: 唾液と義歯床の維持に関する研究 —唾液の粘度と離脱力について—, 補綴誌, 26: 81-84, 1982.
- 57) 川添和幸, 浜田泰三, 山田早苗: 義歯の維持に関する研究 第3報 床下介在唾液量の変化と離脱力について, 補綴誌, 19: 289-293, 1975.
- 58) 矢崎正方: 総義歯学, 78-86, 而至化学工業, 東京, 1967.
- 59) 中沢 勇: 全部床義歯学, 222-227, 永末書店, 京都, 1968.
- 60) 沖野節三: 総義歯学 理論編, 129-146, 150-158, 医歯薬出版, 東京, 1972.
- 61) Körber, K. 著, 田端恒雄, 河野正司, 福島俊士 共訳: ケルバーの補綴学 第2巻, クインテッセンス出版, 東京, 1984.
- 62) Snyder, F. C., Kimball, H. D., Bunch, W. B., and Jacksonville, F.: Effect of reduced atmospheric pressure upon retention of dentures, J Am Dent Assoc, 32: 445-450, 1945.
- 63) Stamoulis, S.: Physical factors affecting the retention of complete dentures, J Prosthet Dent, 12: 857-864, 1962.
- 64) Jermyn, A. C.: Multiple suction cup dentures, J Prosthet Dent, 18: 316-325, 1967.
- 65) 三島 隆, 岩谷典生, 中村文美, 伊藤弘昭, 川添堯, 川野襄二: 総義歯用アタッチメント Vacuum Matic の臨床効果について, 補綴誌, 24: 123-124, 1980.
- 66) 芝 輝彦, 三浦頡剛, 中廣哲也, 鈴木博高, 吉田二良, 山縣健佑, 青島 仁, 目黒盛輝, 鈴木美津子: 全部床義歯のアタッチメント バキューム・マチックの構造および特徴とその臨床応用 (上), 日本歯科評論, 442: 101-110, 1979.
- 67) 芝 輝彦, 真山優子, 渋谷 忍, 吉田二良, 田中収, 山縣健佑, 青島 仁, 目黒盛輝, 鈴木美津子: 全部床義歯のアタッチメント バキューム・マチックの構造および特徴とその臨床応用 (下), 日本歯科評論 443: 45-54, 1979.
- 68) 平安亮造, 保田和雄, 能美昭夫, 岡田周造, 丸山剛郎, 明石貴雄, 青江耕二: 空室が施された義歯による口蓋穿孔の一症例, 補綴誌, 11: 221-226, 1967.
- 69) 加藤武彦, 佐藤隆志, 松本直之, 山本為之: 人工歯排列の常識を再考する, 歯界展望, 72: 1021-1059, 1988.
- 70) 長岡英一: 天然と人工歯, 鹿歯紀, 4: 12-26, 1984.
- 71) 山本為之: 総義歯臼歯部人工歯の配列について (その1), 補綴臨床, 5: 131-136, 1972.
- 72) 山本為之: 総義歯臼歯部人工歯の配列について (その2), 補綴臨床, 5: 395-400, 1972.
- 73) 平井敏博, 積田正和, 金田 冽, 園部やす子, 下山和弘, 小林賢一, 長尾正憲, 林 都志夫: 全部床義歯の上顎前歯と切歯乳頭との位置的関係について, 補綴誌, 25: 587-591, 1981.
- 74) 平井敏博, 積田正和, 金田 冽, 下山和弘, 小林賢一, 長尾正憲, 林 都志夫: 全部床義歯における下顎臼歯人工歯の頬舌の排列位置について, 補綴誌, 25: 227-230, 1981.
- 75) 山本孝文, 清水克悦, 濱田直光, 長岡英一: 無歯部顎堤に対する臼歯部人工歯の排列位置の確認方

法について，補綴誌，28: 599-607, 1984.

- 76) 川畑直嗣，綾部夏樹，鎌下祐次，斉藤福一郎，河野 弘，濱野 徹，長岡英一：画像処理装置による人工歯排列位置の確認方法について，補綴誌，投稿中.