原 著 論 文

上顎総義歯の床下における気圧の動態に関する研究

—第3報 前庭部と後縁部での辺縁封鎖—

竹迫 清 布井 隆行* 小島 博文**

迫田 敏文*** 川畑 直嗣 長岡 英一

Dynamics of Atmospheric Pressure under the Maxillary Complete Denture —Part 3. The Effects of Denture Border Seal in the Regions of Vestibular Sulcus and Posterior Palatal Borders—

Kiyoshi Takesako, Takayuki Nunoi*, Hirofumi Kojima**,
Toshifumi Sakoda***, Naotsugu Kawahata and Eiichi Nagaoka

Abstract : In the present study, we examined the conditions of denture construction to prevent the upper complete denture from the ingress of air during mastication.

These conditions were designed by simulating the denture border seal in the region of posterior palatal border and vestibular sulcus (the former : postdam, the later : peripheral seal) and furthermore three different positions of the posterior teeth in buccopalatal direction.

In addition, The loads, which induce during chewing three kinds of foods in the incisor and molar region, were simulated.

The following results were obtained.

1. The postdam and the peripheral border seal were usefull for preventing the upper denture from the ingress of air.
2. Having both the postdam and peripheral seal have more effect on the denture border seal than having either of them.
3. The postdam could work more effectively for the denture border seal than the peripheral seal.
4. Negative pressure generated under the denture base could act as one of retention factors of complete dentere and contribute to increase in stability of complete denture, as long as the border

鹿児島大学歯学部歯科補綴学第2講座（主任：長岡英一教授）

*熊本県本渡市開業

**熊本市開業

***鹿児島市勤務

The 2nd Department of Prosthetic Dentistry, Kagoshima University Dental School (Chief : Prof. Eiichi Nagaoka)

*Dentist in Hondo

**Dentist in Kumamoto

***Dentist in Kagoshima

平成4年8月10日受付

seal keeps.

Key words : atmospheric pressure, postdam, peripheral seal, denture border seal, retention and stability of complete denture

I. 緒 言

著者らは、上顎総義歯の床下の気圧の動態ならびにそれと義歯の構成条件との関係について、シミュレーションモデルによる研究を進めている。

まず、気圧の計測システムならびにこのシステムを利用して唾液粘度や圧接力との関連で計測した気圧の動態について報告した¹⁾。すなわち、上顎総義歯を想定した義歯床下の気圧は、義歯装着により陽圧を示し、圧接力の増加とともにその大きさを増し、義歯の離脱過程ではじめて陰圧に転じ、唾液層の破壊によって大気圧となることが判明した。

また、義歯床下の気圧の動態は義歯床と粘膜との間の気密性を反映する現象であり、気圧は義歯を圧接しただけの静的な状態においては維持には直接関係しないというよりむしろ離脱力として作用すると考えられた。

しかし、一方では義歯を顎堤から引き離すような力が作用している動的な条件下において発現する陰圧は維持力として作用する可能性があり、その作用時間を長く保つためには義歯床下の気密性を向上させることが重要であると考えられた。

そこで、次に臼歯部における咀嚼力が義歯の離脱力として作用する動的な状況を想定した条件下において、義歯床下の気密性と義歯構成条件との関係を知るための実験を行った。すなわち、食品の咀嚼時に発現する力を想定した加重条件ならびに頬舌的な人工歯の排列位置および後縁封鎖の状態を想定した義歯構成条件を各種設定し、離脱力としての咀嚼力が作用したときの義歯床下の気圧の動態を計測した。

その結果、人工歯の頬舌的な排列位置の適正化に伴う義歯の安定化ならびにポストダムの設置による義歯床下の気密性の向上によって、義歯の維持の向上を図り得ることが示唆された²⁾。さらに、気密性の指標として、陰圧の大きさよりも気密性を保持する時間の長さの方が適していること、ならびに気密性が保たれている間は陰圧が維持力として作用し得ることも示唆された。

そこで、今回、上顎義歯床下の気密性を保つための前庭部および後縁部における辺縁封鎖の方法とその効果に着目し、離脱力としての前歯部における切断力と臼歯部における咀嚼力を想定した条件下において、これらの関連性について義歯床下の気圧の動態を指標としてシミュレーションモデルによる実験を行った。

II. 実験方法

1. 実験装置と計測システムの概要

シミュレーションモデル上に、人工唾液を介して咬合堤状の実験義歯を装着し、この義歯の前歯部と臼歯部に所定の荷重を加え、義歯床下に生じた気圧の動態を計測した。

義歯床下の気圧の計測は、各実験条件において同一の疑似粘膜で5回以上行い、疑似粘膜を3回張り替えて同じ計測をくり返した。

実験装置と計測システムは第2報²⁾と同じであるのでそのブロックダイアグラムのみを図1に示す。

2. 食品の切断ならびに咀嚼を想定した荷重条件

荷重は第2報²⁾と同様に圧接荷重、初期荷重および追荷重とした。まずシミュレーションモデルに装着した義歯と粘膜との密着性を圧接荷重により可及的に一定にしたのち、圧接荷重を除去した。次に、初期荷重を負荷し、必要に応じて追荷重を加えた。今回の初期荷重については前歯部における食品切断時ならびに臼歯部における食品咀嚼時に生じる加重を想定し、前者

図1 気圧計測システムのブロックダイアグラム

表 1 荷重条件

圧接荷重 (義歯全体)		1 kgf で 10 秒間
初期荷重	臼歯加重	1 kgf
		3 kgf
		5 kgf
	前歯加重	1 kgf
		3 kgf
追荷重		500 gf/秒

図 2 気圧計測部位ならびに加重点

を前歯加重 (2 種), 後者を臼歯加重 (3 種) とした (表 1)。

加重点は, 前歯加重では 1 点, 臼歯加重では 3 点とした (図 2)。

3. 辺縁封鎖の条件

辺縁封鎖性に関与する義歯床構成条件として, 後縁部におけるポストダムならびに前庭部におけるコルペン形態の存在を想定した。

ポストダムについては既報^{1,2)}と同一条件で可撤式とし, ポストダムがある場合 (以下 P(+)) ならびにポストダムがない場合 (以下 P(-)) を設定した。

コルペン形態についてはシミュレーションモデルの臼歯部辺縁部と義歯床辺縁形態との関係で規定し, 義歯床が臼歯部辺縁部を完全に満たすものをコルペン形態あり (以下 K(+)), 満たさないものをコルペン形態なし (以下 K(-)) とした (図 3)。

したがって, 辺縁封鎖の条件は, P(+)K(+), P(+)K(-), P(-)K(+), P(-)K(-) の 4 種類となったが, K(-) の状態は K(+)の状態から義歯床

図 3 辺縁封鎖の条件

図 4 実測データの 1 例 P(+)K(-) (頬側 4 mm, 初期荷重 3 kgf)

辺縁を削除することによって得たため, 実験は P(+)K(+), P(-)K(+), P(+)K(-), P(-)K(-) の順に行った。

ただし, 臼歯加重における加重側では, K(-) の条件は義歯の不安定要因となり, これが実験結果に影響することが考えられたため, 加重側では常に K(+)とした。これに対し, 前歯加重時には臼歯加重のような影響は考えられないため K(-) の条件は両側に付与した。

III. 実験結果

義歯床下の気圧は, 圧接荷重による義歯の圧接に伴い大気圧より大きく (以下陽圧) なり, その気圧は圧接荷重の除去により低下するが陽圧の状態に保たれた。次いで初期荷重 (場合によっては, さらに追荷重) を加重することにより陽圧からいったん大気圧より低く (以下陰圧) になったのち, 大気圧になった (以下転覆) (図 4)。

加重開始直後から義歯が転覆するまでの時間を転覆時間とし, この転覆時間および陰圧の大きさを気圧の動態のパラメータとした。さらに, 初期荷重のみでは転覆せず, 追荷重を加えてはじめて転覆した場合の最終荷重を転覆荷重として評価した。

しかし, 臼歯加重のうち歯槽頂部への加重では義歯は転覆しなかったため, 義歯が転覆した臼歯加重のうちの頬側 2 mm (以下頬 2 加重) および頬側 4 mm

(以下頬 4 加重) ならびに前歯加重についての計測値を評価の対象とした。

以下、義歯転覆時に床下の気圧が陰圧を示した場合の転覆時間、陰圧の大きさならびに転覆荷重の結果をもとに、加重条件ならびに義歯床辺縁形態の条件が気密性あるいは辺縁封鎖性に与える影響について検討を

加えた。(図 5, 6)。

統計学的には t 検定を行った。

1. 転覆時間 (図 5)

グラフの縦軸は転覆時間を対数表示で示している。同じ臼歯加重であれば初期荷重 1 kgf > 初期荷重 3

kgf>初期荷重 5 kgf の順に転覆時間が長かった。

初期荷重 1 kgf (以下初期 1 荷重) ならびに初期荷重 3 kgf (以下初期 3 荷重) において、転覆時間は頬 2 加重>頬 4 加重>前歯加重の順に長く、また、辺縁封鎖の条件が転覆時間に与える影響は頬 4 加重と前歯加重ではほぼ同じ傾向を示した。

また、初期荷重 5 kgf (以下初期 5 荷重) における転覆時間も頬 2 加重では頬 4 加重よりも長かった。

以下、荷重条件ごとに辺縁封鎖の条件と転覆時間との関係を示す。

1) 初期 1 荷重

(1) 頬 2 加重

ポストダムならびにコルペン形態の条件が異なっても転覆時間に有意な差は認められなかった。

(2) 頬 4 加重と前歯加重

P(+) ならびに P(-) のいずれの場合も K(+) と K(-) の転覆時間に有意差は認められなかった。

一方、K(+) ならびに K(-) のいずれの場合も P(+) では P(-) におけるよりも転覆時間は有意に長かった。

また、P(+)K(+) では P(-)K(-) と P(-)K(+) におけるよりも転覆時間は有意に長かった。

2) 初期 3 荷重

(1) 頬 2 加重

P(+) ならびに P(-) のいずれの場合も K(+) では K(-) におけるよりも転覆時間は短い傾向を示したが、P(+) では有意差は認められなかった。

一方、K(+) ならびに K(-) のいずれの場合も P(+) と P(-) における転覆時間に有意差は認められなかった。

また、P(+)K(+) では P(-)K(-) におけるよりも転覆時間は有意に短く、P(-)K(+) では K(-) の 2 条件におけるよりも転覆時間は有意に短かった。

(2) 頬 4 加重と前歯加重

P(+) では K(+) と K(-) における転覆時間に有意差は認められず、P(-) では K(+) の方が K(-) におけるよりも転覆時間は有意に長かった。

一方、K(+) と K(-) のいずれにおいても P(+) では P(-) におけるよりも転覆時間は有意に長かった。また、P(-)K(-) では他の 3 条件におけるよりも転覆時間は有意に短く、P(+)K(-) では P(-)K(+) におけるよりも転覆時間は有意に長かった。

3) 初期 5 荷重

(1) 頬 2 加重

P(+)K(+) では P(+)K(-) と P(-)K(-) におけるよりも転覆時間は有意に長かったが、他の 3 条件における転覆時間に有意差は認められなかった。

(2) 頬 4 加重

転覆時間は、P(-)K(-) では他の 3 条件に比べ有意に短く、他の 3 条件においては P(+)K(+) では最も長い傾向を示したが有意差は認められなかった。

2. 義歯転覆時の陰圧の大きさ (図 6)

頬 2 加重では初期 1 荷重と初期 3 荷重においてどの条件でも陰圧はほぼ同じ大きさを示し、その大きさは P(+)K(+) ならびに P(+)K(-) の場合初期 5 荷重における陰圧より大きく、P(-)K(-) では初期 5 荷重における陰圧より小さかった。

頬 4 加重では、P(-)K(-) と P(-)K(+) の場合初期 1 荷重における陰圧より初期 3 荷重における陰圧の方が大きく、P(+)K(+) の場合初期 3 荷重における陰圧より初期 1 荷重における陰圧の方が大きく、P(+)K(-) 場合初期 1 荷重と初期 3 荷重において陰圧はほぼ同じ大きさを示した。

また、頬 4 加重ではすべての条件で初期 1 荷重と初期 3 荷重における陰圧は初期 5 荷重における陰圧より小さかった。

前歯加重では初期 1 荷重における陰圧は初期 3 荷重における陰圧よりすべての条件で小さかった。

初期 1 荷重ならびに初期 3 荷重における陰圧は頬 2 加重<頬 4 加重<前歯加重の順に小さく、初期 5 荷重における陰圧も頬 2 加重では頬 4 加重におけるよりも小さかった。

以下に荷重条件ごとに辺縁封鎖の条件と陰圧の大きさとの関係を示す。

1) 初期 1 荷重

(1) 頬 2 加重

P(+)K(+) では他の 3 条件に比べ陰圧は小さい傾向を示したが、P(-)K(-) における陰圧との間のみ有意差が認められた。

(2) 頬 4 加重

P(-)K(+) では他の 3 条件に比べ陰圧は小さい傾向を示したが、P(+)K(+) における陰圧との間のみ有意差を認めた。

(3) 前歯加重

P(+) ならびに P(-) のいずれにおいても K(+) におけるよりも転覆時間は有意に長かった。

図7 転覆荷重

とK(-)の陰圧の大きさに有意差はなかった。

一方、K(+)ならびにK(-)のいずれにおいてもP(+)の場合P(-)の場合よりも陰圧は有意に小さかった。

また、P(+)K(+)の場合はP(-)K(-)の場合よりも、P(+)K(-)の場合はP(-)K(+)の場合よりも、いずれも陰圧は有意に小さかった。

2) 初期3荷重

(1) 頬2加重

辺縁封鎖の条件と陰圧の大きさとの関係は初期1荷重とほぼ同様の傾向を示した。

(2) 頬4加重

陰圧は、ほぼ同じ大きさを示したP(+)K(-)とP(-)K(+)に対し、P(+)K(+)の場合は有意に小さく、P(-)K(-)の場合は有意に大きかった。したがってP(+)K(+)の場合はP(-)K(-)の場合よりも陰圧は有意に小さかった。

(3) 前歯加重

陰圧は、P(+)ではK(+)の場合の方がK(-)の場合よりも有意に大きく、逆にP(-)ではK(-)の場合の方がK(+)の場合よりも有意に大きかった。

一方、K(+)ではP(+)とP(-)の場合の陰圧はほぼ同じ大きさであったが、K(-)ではP(+)の場合の方がP(-)の場合よりも陰圧は有意に小さかった。

また、陰圧は、P(-)K(-)では他の3条件よりも有意に大きく、P(+)K(-)では他の3条件より有意に小さかった。

3) 初期5荷重

(1) 頬2加重

陰圧の大きさは、P(-)K(-)>P(-)K(+)>P(+)K(-)>P(+)K(+)の順に大きかったが、P(+)K(-)の場合とP(-)K(+)の場合との間には有意差は認められなかった。

(2) 頬4加重

陰圧は、P(+)K(+)では他の3条件に比べ有意に小さかったが、他の3条件間では有意差は認められなかった。

3. 転覆荷重 (図7)

頬2加重での初期1荷重と初期3荷重ならびに頬4加重での初期1荷重においては、辺縁封鎖の条件にかかわらず、追荷重を加えてはじめて転覆することがあった。

この転覆荷重と辺縁封鎖の条件との関係について以下に荷重条件ごとに検討した。

1) 初期1荷重

(1) 頬2加重

転覆荷重は、P(+)K(-)ではほぼ同じ大きさを示した他の3条件に比べ小さい傾向を示したが、有意差は認められなかった。

(2) 頬4加重

転覆荷重は、P(+)K(+)では他の3条件に比べ有意に大きかったが、他の3条件では有意な差は認められなかった。

2) 初期3荷重

頬2加重においては、P(+)とP(-)のいずれの場合もK(+)ではK(-)におけるよりも転覆荷重は有意に小さかった。

一方、K(+)とK(-)のいずれの場合もP(+)とP(-)における転覆荷重に有意差は認められなかった。

また、P(-)K(+)ではK(-)の2条件の場合よりも転覆荷重は有意に小さかった。

IV. 考 察

総義歯の維持力に関する物理的因子のうち大気圧に関しては、義歯を圧接しただけの静的な条件において

義歯床下に陰圧を生じそれが維持力として作用するという考え方³⁻⁶⁾と、義歯に離脱力が作用する動的な条件においてのみ義歯床下に陰圧を生じそれが維持力として作用するという考え方⁷⁻⁹⁾とがある。

そこで、著者らは上顎総義歯床下の気圧の計測方法、気圧の動態と義歯の維持との関係ならびに気圧と義歯の構成条件との関係について一連の研究を進めてきた^{1,2)}。

その結果、義歯装着により義歯床下には陽圧を生じ、離脱力を作用させるといった陰圧が発現したのち大気圧となる結果を得た。

また、床下の気圧が大気圧になるのは、離脱力の作用によって唾液層が破壊されるためと考えた。

さらに、義歯を圧接装着しただけの静的な状態では、気圧は維持力としてよりも離脱力として作用するが、義歯に何らかの離脱力が作用している動的な条件下において発現する陰圧は、義歯床下の唾液層が破壊されるまで維持力として作用するものと考えられた。

したがって、食品咀嚼などの動的な条件における義歯床下の気密性を保つことが、義歯の維持、安定に重要であると考えた。

そこで、咀嚼食品をシミュレートした咀嚼力（初期荷重+追荷重）が、義歯を離脱させる力として作用する条件下においても義歯床下の気密性を保持することのできるような義歯構成条件（人工歯排列、後縁封鎖）について検討した²⁾。

その際、離脱力の作用により唾液層が破壊されて義歯床下の気圧が大気圧となる現象を義歯が転覆した状態と考え、咀嚼力を想定した荷重を加えた時点から義歯が転覆する時点までの所要時間を転覆時間とした²⁾。

また、初期荷重では転覆せず、追荷重を加えて初めて転覆した場合の最終的な荷重を転覆荷重として評価した。

その結果、人工歯の排列位置が異なる状態を想定した加重条件において、加重点が歯槽頂よりも頬側にはずれるほど、義歯が転覆する頻度が高く、また、転覆時間は短く、さらに、義歯転覆時の陰圧は大きかった。

一方、気密性を高める条件としての後縁部でのポストダムについては、これが存在する方がない場合よりも転覆時間は長い、義歯転覆時の陰圧は小さかった。

以上のことから、気密性の指標としては、陰圧の大

きさよりも、転覆時間の長さの方が適していると考えた。

さらに、咀嚼初期における咀嚼力（初期荷重）が小さいほど転覆時間は長く、さらにこのような場合、ポストダムが存在する方がポストダムがない場合よりも転覆荷重は大きかった。

このことから、ポストダムの存在により気密性が向上し、気密性が長く保持され、その間陰圧が義歯の維持力として有効に作用していることが推察され、ポストダムが義歯の維持、安定を増すのに役立つものと考えた。

そこで今回は、辺縁封鎖に有用と考えられる後縁部におけるポストダムならびに前庭部におけるコルベン形態が、前歯部における食品切断時ならびに臼歯部における食品咀嚼時に発現すると考えられる離脱力に対し、どのように有効に作用するのかを知るための実験条件を設定し、シミュレーションモデルによる実験を行った。

1. 実験条件

- 1) 後縁部におけるポストダムならびに前庭部におけるコルベン形態をシミュレートした辺縁封鎖の条件

ポストダムに関してはすでに臼歯部での食品咀嚼時に辺縁封鎖性を高める効果のあることを明らかにした²⁾。しかし、ポストダムは前歯部での食品切断（前歯加重）時に特に有効であると考えられるため、今回もこれまでと同一条件でポストダムを設定し^{1,2)}、その効果を検討した。

コルベン形態¹⁰⁾については、今回の実験で用いたシミュレーションモデルでは、義歯床辺縁部と頬粘膜との接触関係を正確にシミュレートするのが困難であったので、歯肉頬移行部を満たす義歯床辺縁部をコルベン形態あり（K(+)）とし、義歯床縁を一部削除して歯肉頬移行部を満たさないものをコルベン形態なし（K(-)）とした。

また、シミュレーションモデルの歯肉頬移行部の断面形態は直径約3mmの半円形であったことから、床辺縁の長さは、K(-)ではK(+)に比較して約4.7mm短かった。そのため、K(+)ではK(-)に比べ義歯床面積が大きく辺縁封鎖性だけでなく義歯の安定性そのものも優れていたことが考えられる。

さらに、歯肉頬移行部におけるK(+)とK(-)の床辺縁の形態の相違が、1kgfの圧接荷重を加えたと

きのシミュレーションモデルと義歯床との密着性にも影響すると考えられた。そこで、圧接荷重除去時における非加重側の義歯床辺縁部の浮き上がり量を下顎運動描記装置 (マンディブラー・キネジオグラフ: Myo-tronics 社製, MODEL-K 5 AR) を使用して実測した。その結果, K(+) の場合は, K(-) の場合にくらべ, 義歯が約 0.04 mm 浮き上がっていることが確認された。このことから, K(+) の場合は義歯床辺縁部が同部の疑似粘膜から反発力を受け, K(-) よりも義歯と疑似粘膜との密着性が悪かったことが考えられた。

2) 食品の性状をシミュレートした荷重

咀嚼食品の性状 (破砕性, 弾力性, 切断性) によって総義歯に加わる咀嚼力の大きさや負荷状態は異なる¹¹⁻¹³⁾ため, 第2報と同様に初期荷重と追荷重を用いて咀嚼食品をシミュレートした。

(1) 初期荷重

咀嚼初期に生じる咀嚼力の大きさを初期荷重とし, 弾力性食品では 1 kgf (以下初期1荷重), 切断性食品では 3 kgf (以下初期3荷重), 破砕性食品では 5 kgf (以下初期5荷重) とした。

この荷重量については第2報で考察したように各種食品が破断されるときに荷重量を計測した報告¹³⁾の結果とよく一致している。すなわち, 本実験の初期5荷重, 初期1荷重および初期3荷重は, それぞれ荷重量が急激に増加するナッツ様破断群, 荷重量が緩やかに増加する荷重量漸次上昇群およびこれらの中間的な様相を示す破断点顕示群の各食品に相当する。

(2) 追荷重

上顎総義歯を牽引離脱した場合の維持力を測定した臨床実験において, 維持力は離脱速度と正の相関があることが報告されている¹⁴⁾。このデータをもとに上顎総義歯に片側荷重を加え転覆荷重を測定した臨床実験において¹⁵⁾, その加重条件として 5.42 kgf/s 以上のものが選定されている。

これにくらべると, 著者らが第2報で採用した追荷重 5 kgf/min では加重速度が遅いため, 著者らの実験装置において安定した加重量を確保できる加重速度の限界値を考慮して追荷重を 500 gf/s (以下追荷重) に設定した。

3) 食品の切断ならびに咀嚼をシミュレートした加重条件

(1) 食品切断力 (前歯加重)

前歯部での食品の切断力を想定した前歯加重につい

ては, 前歯部の切断力は臼歯部の咬合力の約 2/3 であるという報告¹⁶⁾にもとづいて, 初期5荷重は除外し, 初期1荷重と初期3荷重とした。

一方, 前歯部人工歯の切端は通常咬合堤前縁に一致する位置に排列されるが¹⁷⁾, 確実な加重点を確保するために, 前歯加重点は咬合堤前縁より 2 mm 口蓋側に設定した。

その結果, 前歯加重は切歯乳頭より約 8 mm 唇側に位置していて, その直下には臼歯部のように顎堤が存在しないため, 前歯荷重では臼歯荷重よりも義歯の不安定の要素が大きいと考えた。

(2) 食品咀嚼力 (臼歯加重)

第2報と同様に, 頬舌的に異なった位置に排列された人工歯の機能咬頭に咀嚼力が作用する場合を想定し, また, 第2報の結果を参考にして, 歯槽頂, 頬側 2 mm, 頬側 4 mm (以下順に歯槽頂加重, 頬2加重, 頬4加重) を設定した。したがって, 人工歯排列位置の関係で頬4加重 > 頬2加重 > 歯槽頂加重の順に義歯を回転離脱させる要素が大きいと考えられた。

2. 実験結果

前述したように, これまでの研究結果²⁾から, 気密性の指標としては陰圧の大きさより転覆時間が適しているが, 義歯離脱時に義歯床下に発現する陰圧は, その大きさが小さくても, 気密性が保持されている限り維持力として作用するものと考えた。

また, 義歯転覆時の最終的な荷重量 (転覆荷重) が大きいほど, その義歯は維持, 安定に優れているものと考えられた。

このような考えのもとに辺縁封鎖の条件について以下に考察を述べる。

1) 転覆時間

歯槽頂加重では義歯は転覆しなかった。また, その他の加重条件において義歯が転覆した場合の転覆時間は, 辺縁封鎖ならびに初期荷重の条件にかかわらず頬2加重では頬4加重よりも長く, 同じ加重条件では初期1荷重 > 初期3荷重 > 初期5荷重の順に長い傾向を示した。

これらの結果は第2報と同じであり, 人工歯の排列位置が歯槽頂から頬側にはずれるほど, さらに, 咀嚼初期に急激に大きな力が加わる食品ほど義歯は転覆しやすいことを示している。

また, 初期1荷重と初期3荷重では, 辺縁封鎖の条件にかかわらず転覆時間は頬2加重 > 頬4加重 > 前歯

加重の順に長く、また、前歯加重では初期荷重のみですべて転覆したのに対し、臼歯加重では追加重を加えてはじめて転覆する傾向があった。

これらの結果は、前述したように、直下に顎堤が存在しない前歯加重の方が直下に顎堤が存在する臼歯加重より、臼歯加重では人工歯排列位置の関係で頬 4 加重の方が頬 2 加重より、義歯を回転離脱させる要素が大きいことを示しているものと考えられる。

さらに、初期 1 荷重と初期 3 荷重における頬 4 加重では、前歯加重の場合とほぼ同じ傾向を示したことから、臼歯部人工歯の排列位置が歯槽頂よりも頬側へはずれすぎた義歯での食品咀嚼は、前歯部における食品切断の場合と同様に、義歯に急激な力が作用する条件が類似しているものと考えられた。

一方、頬 2 加重における初期 1 荷重では、辺縁封鎖のすべての条件において転覆時間にはほとんど差はなかった。このことは人工歯の機能咬頭が歯槽頂より 2 mm 頬側にある場合には、これが歯槽頂上にある場合ほどではないが、義歯は咀嚼中に比較的安定しており、さらに、このような義歯に緩やかに力が作用する食品咀嚼では、ポストダムやコルペン形態の効果は少ないことを示している。

しかし、頬 2 加重における初期 3 荷重では転覆時間はポストダムの有無にかかわらず、コルペン形態を付与した方が付与しない場合よりも短く、コルペン形態の付与がかえって辺縁封鎖性を阻害したことを示していた。

この点に関しては、比較的安定している義歯に中程度の力が作用する食品咀嚼では、次に示す 2 点が複雑に影響したことが推察される。

まず第 1 に、前述したように本実験における K (+) では、圧接荷重除去時にわずかであるが義歯が浮き上がり、K (-) に比べ義歯と粘膜の密着性が悪かったことが考えられる。

次に、第 1 報¹⁾において報告したように、ポストダムを付与して辺縁封鎖性が向上することによって義歯床下の陽圧が増大したと同じ現象が考えられる。今回の実験においても、データは示さなかったがポストダムならびにコルペン形態を付与した条件ではその他の条件に比べ陽圧が大きい傾向を示した。これがさらに義歯と粘膜との密着性を悪化させる要素となることが考えられる。

一方、初期 5 荷重ならびに頬 4 加重と前歯加重における初期 1 荷重および初期 3 荷重の加重条件は、義歯

を転覆させやすい条件であると考えられるが、これらの条件では、以下に述べるようにポストダムやコルペン形態の存在が辺縁封鎖に有効に働くことを示している。

頬 4 加重と前歯加重における初期 1 荷重ならびに初期 3 荷重では、コルペン形態の有無にかかわらずポストダムがある方がない場合よりも転覆時間が有意に長かった。この点は、前歯部での切断や臼歯部人工歯排列位置の点で安定の悪い義歯での咀嚼では、コルペン形態よりもポストダムの方が有効であることを示している。

さらに、頬 4 加重と前歯加重において、初期 1 荷重ではポストダムの有無にかかわらずコルペン形態があってもなくても転覆時間に有意な差はなかったが、初期 3 荷重ではポストダムがなければコルペン形態のある方がない場合よりも転覆時間は有意に長かった。また、頬 4 加重では初期 5 荷重でも初期 3 荷重の場合と同様の結果を得た。このことは、不安定な義歯の場合、緩やかに力が増加する食品咀嚼ではポストダムやコルペン形態の効果はないが、急激に力が増加する食品咀嚼ではポストダムがなければコルペン形態が有効であることを示している。

以上の点に関して、筆者らと同じ目的で行われたシミュレーション実験¹⁸⁾や臨床実験¹⁹⁾が報告されている。これらの研究では、義歯離脱力として引張り力を加え、義歯の離脱に要した引張り力を維持力とし、この維持力と辺縁封鎖の条件との関係について検討されている。その結果によれば、引張り力を床後縁部（筆者らの前歯加重相当）と臼歯部（筆者らの臼歯加重に相当）に力を作用させた場合、義歯が離脱するまでの時間（筆者らの転覆時間に相当）と辺縁封鎖の条件との関係は著者らの結果と一致している。

2) 陰圧の大きさ

陰圧は、前歯加重 > 頬 4 加重 > 頬 2 加重の順に大きい傾向にあり、さらに、前歯加重においては初期 1 荷重より初期 3 荷重の場合の方が大きく、頬 4 加重においては初期 1 荷重や初期 3 荷重よりも初期 5 荷重の場合の方が大きかった。

この陰圧の大きさと加重条件との関係は、転覆時間の長さとは加重条件との関係とは逆の傾向を示しており、義歯に急激な力が作用する条件では大きな陰圧が発現することを示しているものと考えられる。また、この結果は第 2 報と同様の結果²⁾を示している。

次に、辺縁封鎖の条件と陰圧の大きさととの関係につ

いても、辺縁封鎖の条件と転覆時間との関係とはおおむね逆の結果を示した。特に、初期5荷重では陰圧の大きさは頬2加重と頬4加重のいずれにおいてもポストダムとコルベン形態の両方がある場合はこれがない場合よりも小さかった。

このことは、辺縁封鎖によって気密性が向上しても咀嚼初期に急激に大きな力に加わる食品咀嚼においては陰圧が義歯の維持力として作用する可能性が小さいことを示している。

一方、以上のように陰圧が小さい結果は、第2報でも考察したように²⁾、義歯の離脱方向への動きが小さいことを示しているものと考えられる。したがって、このような考えのもとではポストダムとコルベン形態の双方が存在する辺縁封鎖の良い条件では、義歯に離脱力が作用したときに生じる陰圧は、たとえその大きさが小さくても義歯を引き戻そうとする力として働き⁷⁻⁹⁾、義歯の離脱方向への動きを小さくしているものと考えられる。

この点に関しては、義歯辺縁周囲粘膜を想定したラバーを設置したシミュレーションモデル実験²⁰⁾において、実験義歯に対し垂直方向に離脱力を作用させるとラバーが内側に吸い込まれる現象が観察されており、このことは義歯床下に生じる陰圧は義歯の維持力として作用することを示唆しているものと考えられる。

また、頬2加重では初期1荷重と初期3荷重において、どの条件でも陰圧はほぼ同じ大きさを示したが、ポストダムとコルベン形態の双方が存在する場合これがない場合よりも陰圧は有意に小さかった。

このことは臼歯部人工歯排列位置の点で比較的安定している義歯においては、義歯に緩やかないし中等度の力が加わる咀嚼食品では、咀嚼時における義歯の離脱方向への動きにほとんど差がないが、ポストダムとコルベンの形態の双方が存在する場合はこれがない場合よりも、前述したような理由で義歯の動きが小さかったことを示しているものと考えられる。

一方、頬4加重における初期1荷重では、コルベン形態がある条件においてポストダムがある方がない場合よりも陰圧は有意に大きかった。このことは臼歯部人工歯排列位置の点で不安定な義歯での緩やかな力が生じる食品咀嚼では、コルベン形態があればポストダムが辺縁封鎖に有効に働き、陰圧による維持力の向上をはかれることを示しているものと考えられる。

さらに、前歯加重における初期3荷重では、ポストダムがある条件においてコルベン形態がある方がない

場合よりも陰圧は有意に大きかった。このことは中等度の切断力を必要とする食品を前歯で切断する場合、ポストダムがあればコルベン形態が辺縁封鎖に有効に働き、陰圧による維持力の向上をはかれることを示しているものと考えられる。

いずれにしても、ポストダムあるいはコルベン形態は、それぞれお互いの辺縁封鎖の向上に役立ち、両者が存在することによって大きな陰圧が発現し、これが維持力として作用する可能性のあることを示していることが考えられる。

このような陰圧と維持力との関係については転覆荷重のところで詳細に考察する。

3) 転覆荷重

初期荷重に迫荷重を加えてはじめて義歯が転覆した場合の転覆荷重が大きいことは、義歯の維持、安定が良好なことを示しているものと考えられる。

したがって、頬4加重における初期1荷重では頬2加重における初期1荷重および初期3荷重の場合よりも転覆荷重が小さかったことは、頬4加重は頬2加重に比べ臼歯部人工歯排列位置の点で義歯の安定の悪さを示しているものと考えられる。また、頬2加重における初期1荷重と初期3荷重では転覆荷重の大きさに一定の傾向が認められなかった。これについては、頬2加重における初期3荷重の場合の転覆荷重と辺縁封鎖との関係は転覆時間と辺縁封鎖との関係と全く同じ傾向を示したことから次のように考えられる。すなわち、転覆時間のところで考察したように、コルベン形態を付与することにより義歯と粘膜との密着性が悪くなったことが考えられ、実験条件におけるシミュレーションモデルや辺縁形態の作製方法による影響が大きかったものと考えられた。

しかし、初期1荷重は初期3荷重に比べ転覆時間が長かったことから、咀嚼力が緩やかに生じる食品ほど咀嚼時の義歯は安定していることが考えられ、この点は第2報²⁾との結果とも一致する。

一方、頬4加重における初期1荷重では、ポストダムとコルベン形態の双方がある場合、これら一方あるいは双方がない場合よりも転覆荷重が大きかった。また、この条件では転覆時間が長く陰圧も大きい傾向を示した。このことは辺縁封鎖の向上のためにポストダムとコルベン形態の両方を付与することにより、義歯と粘膜との間の気密性が向上し、緩やかな咀嚼力が生じる食品を不安定な義歯で咀嚼する場合、陰圧が義歯の維持力として有効に作用し得ることを示している。

V. 結 論

上顎総義歯の床下の気圧の動態を指標として、辺縁封鎖に有効とされているポストダムやコルペン形態が前歯部における食品切断時ならびに臼歯部における食品咀嚼時に発現する離脱力にどのように有効に働くかをシミュレーションモデルにより検討し、次のようなことが示唆された。

1. ポストダムならびにコルペン形態は食品の切断ならびに咀嚼などの義歯の機能中における辺縁封鎖の方法として有用であることが示唆された。

2. ポストダムならびにコルペン形態の双方を付与することはいずれか一方を付与するよりも辺縁封鎖の効果は高く、その効果に与える影響はコルペン形態よりもポストダムの方が大きい可能性が示唆された。

3. コルペン形態による辺縁封鎖の効果は、ポストダムが存在する条件よりもポストダムがない条件において高いことが示唆された。

4. 気密性が保たれているあいだ、床下に発現する陰圧は維持力として作用することが示唆された。

今後、気圧の動態を指標として、臨床例においてさらに研究を進める予定である。

論文の内容の要旨は第 80 回日本補綴歯科学会総会において発表した (1988 年 10 月, 岐阜)。

文 献

- 1) 竹迫 清, 布井隆行, 是枝美行ほか: 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.
- 2) 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.
- 3) 矢崎正方: 総義歯学, 78~86, 而至化学工業, 東京, 1967.
- 4) 中沢 勇: 全部床義歯学, 222~227, 永末書店, 京都, 1968.
- 5) 坪根政治, 豊田静夫: 総義歯臨床形態学, 37~42, 医歯薬出版, 東京, 1978.
- 6) 中村俊一, 西浦 恂, 川野襄二ほか: 総義歯学—その基礎と臨床—, 41~42, 医歯薬出版, 東京, 1979.
- 7) Körber, K. (田畑恒雄, 河野正司, 福島俊士): Zahnartliche prothetik (ケルバーの補綴学 [第 2 巻], 327~333, クインテッセンス, 東京, 1984), 1975.
- 8) Watt, D.M. and MacGregar, A. (小林義典, 田中 武, 鳥居建吾): Designing complete dentures (コンプリートデンチャーの設計, 72~89, 医歯薬出版, 東京, 1979), 1976.
- 9) Hickey, J.C. and Zarb, G.A.: Boucher's Prosthodontic treatment for edentulous patients, 144~147, The C.V. Mosby Company, St. Louis • Toronto • London, 1980.
- 10) 山縣健佑: 要説 全部床義歯学, 17~18, 書林, 東京, 1985.
- 11) 深水皓三: 総義歯の第 1 大臼歯部における咀嚼力および咬合力に関する研究, 補綴誌, 17: 491~516, 1974.
- 12) 志田啓二: 総義歯の第 2 小臼歯部における咀嚼力および咬合力に関する研究, 補綴誌, 19: 587~610, 1976.
- 13) 田中義博, 酒井靖彦, 近江谷尚紀ほか: 咀嚼に関する研究 I 食品破断時の荷重量—変位量について (第 1 報), 補綴誌, 29: 991~1009, 1985.
- 14) 関根 弘, 田島篤治, 柳川 浩ほか: 有床義歯の維持力について 第 2 報 補綴誌, 8: 260~265, 1964.
- 15) 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.
- 16) 小西繁一: 人歯牙の健全歯および諸種疾患ならびに補綴に於ける咬合圧に関する研究, 日科誌, 8: 427~458, 1959.
- 17) 津留宏道, 平沼謙二, 西浦 恂ほか編, 第 3 版コンプリートデンチャーテクニク 前歯部人工歯排列, 75~84, 医歯薬出版, 東京, 1986.
- 18) Skinner, E.W. and Chung, P.: The effect of surface contact in the retention of a denture, J Prosthet Dent, 1: 229~235, 1951.
- 19) Skinner, E.W., Campbel, 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.
- 20) Tyson, K.W.: Physical factors in retention of complete upper dentures, J Prosthet Dent, 18: 90~97, 1967.