Oリングアタッチメントの維持力について

長安 泰裕 山下 博一 長岡 英一
松代 浩明 奥野 善彦

Investigation of the O-ring Attachment

Yasuhiro Nagayasu, Hirokazu Yamashita, Eiichi Nagaoka,
Hiroaki Matsushiro, Yoshihiko Okuno

緒 言

近年アタッチメントはすぐれた維持装置として臨床にも広く用いられるようになった。特にスタッドアタッチメントはオーバードンチャーの維持装置として最近特に重要視されるようになった。このうちOリング¹⁾を利用した維持装置については1974年 Quinlivan^{2,3)}が報告し、我国においても大山らは1974年⁴⁾、1975年⁵⁾に製作方法ならびに特長、経過観察について報告しているが、今回我々は維持装置としての特性の一つである維持力について実験検討を行った。

垂直方向の維持力は西山⁶⁾、長岡⁷⁾らの方法で測定した。また維持力に影響を及ぼすと考えられるOリングの弾性については、定荷重時の側方変位量として測定を行った。なお維持力に影響を及ぼすと考えられるOリングアタッチメントに特有の因子、すなわち使用条件(大気中または水中)、摩耗変形などの影響に関しても実験検討を行った。

材料ならびに方法

1. 試料の作製

アタッチメントの雌部として用いるOリングは材質、硬度、大きさなどが使用目的に応じて多種多様であるが、ここでは、耐鋼性のあるニトリルゴム製のものを使用することにし、硬さ(ショアA)は60, 70, 90の3種

類とし、大きさは臨床に使用し得ると考えられる 002, 003, 004 の3種類とした(図1)。

一方、雄部は頭部すなわち豊隆部と、Oリングの内径(ID)と同じ太さの頸部よりなり、頭部の豊隆の大きさはアンダーカット量が、0.25 mm と 0.50 mm となるように2種類とし、その形態はI型、II型、III型の3種

図1 雌部Oリング

左より: 004, 003, 002

R (外径): 5.3 mm 4.5 mm 3.6 mm

r (内径): 1.7 mm 1.4 mm 1.1 mm

I 型

II 型

III 型

図2 雄部の形態

r : Oリング内径

U.C. : アンダーカット量: 0.25, 0.5 mm

図 3 レジンブロック

図 4 弾性試験
荷重量 300 g と 2,000 g

類とした(図2)。I型とII型の蠟原型の作製方法は、頭部および頸部からなる雄部の外形に切断した金属薄板を用意し、グリーンインレーワックスにフィッシャーバーを焼き込み、ハンドピースにつけて回転させ、インレーワックスを金属薄板で削り出した。またIII型についてはOリングの内径(ID)と同じ太さのスプルー用チューブにOリングを適合させ、ワックスアップして頭部を形成した。

以上のようにして作り出した各形態および各大きさの雄部の蠟原型を白金加金(GC キャスティングゴールド・タイプIV)にて3個ずつ鋳造し、所定の熱処理を施し研磨仕上げした。

次に雌部は図3のごとく、Oリングをその内径の太さのスプルー用チューブに適合させて固定し、Oリングの内側1/2を予めワックスにてブロックアウトした後、外側1/2を包み込むように即時重合レジン(Uni Fast G.C.)を筆積みし、レジンブロックを作製した。

2. 引張り試験

島津オートグラフ S-500 を使用し、雌部を固定した後、雄部を引き下げて維持力をペン書き記録した。雄部はクロスヘッドに固定した外枠の底面にとりつけ、雌部は上部のユニバーサルジョイントに連結した負荷棒の下部にとりつけて外枠を下降させた。撤去速度は 50 mm/分、維持力の記録は 10 kg 用ロードセルを使用し、フルスケール 5 kg および 10 kg で、記録紙速度 100 mm/分で行った。

測定は連続 10 回ずつ行い、初回および測定値が安定する 6~10 回目の 5 回の平均値(初期維持力)を求めた。

3. 疲労試験

Oリングはゴム製であり、着脱を繰り返すと、内面が摩耗したり変形あるいは変性を生じ、維持力に影響を及ぼすことが考えられる。そこで、毎秒 1 回の速度で着脱し、3,000 回後の維持力を測定しあわせてOリングの内

径の寸法変化量を 1/1000 mm 精度のニコン万能投影機(6C型)を用いて測定した。なおOリングの内面の変化を電子顕微鏡で 50 倍、200 倍拡大にて観察した。引張り試験、疲労試験については水分の影響を知るために、それぞれ空中と水中について実験を行った。

4. Oリングの弾性について

3 種類の大きさ、3 種類の硬さのOリングの側方荷重時における弾性をみるために、300 g および 2,000 g の荷重を雌部のOリングを内臓したレジンブロックにかけ、そのときの変位量を測定した(図4)。

実験結果

1. アンダーカット 0.25 mm (大気中)

維持力の測定値は初回よりも 2 回、3 回と着脱を繰り返すことにより増加する傾向にあった。

002, 003, 004 いずれにおいてもOリングの直径が同じであれば、硬度が高くなると維持力も大きくなる傾向を示した。

I型では直径 003, 硬度 90 が最大の維持力を示し、II型, III型では直径 004, 硬度 90 が最大の維持力を示した(図5)。

3,000 回着脱による疲労については、硬度 90 においてはほとんど全ての場合に内径が大きくなり、硬度が 60 においては内径がかえって小さくなる傾向があった。

雄部も少し摩耗しその直径は減少する傾向にあったが数 μ の程度であった。

疲労試験の結果、内径が拡大し維持力の低下したものが 7/36 あり、内径が小さくなり維持力の増大したものが 3/36 であった。さらに、内径が拡大したにもかかわらず維持力も増大したものが 10/36 と最も多く、内径が小さくなったが維持力が増加したか低下したかが判定のつかないものが 9/36 と 2 番目に多かった。その他に、

図5 各種組合せの維持力

内径が小さくなりかつ維持力も低下したものが2/36, 内径は拡大したが維持力が増加したか低下したかの判定のつかないものが5/36あった。

水中においては雄部と雌部が同一の組み合わせであれば、ほとんど全てが大気中における維持力よりも小さくなる傾向を示した。また組み合わせにより維持力が受ける影響は、水中においても大気中におけると同様の傾向を示した。

Oリングの弾性をみるために測方荷重時の変位量を測定した結果、直径が同じであれば硬度の低い程変位量は大きくなった。

硬度が同じであれば変位量は荷重 300 g のとき 002>004>003 の順に大きく、荷重 2,000 g のときは 002>003>004 と直径の大きい程変位量も大きかった。

荷重が 300 g よりも 2,000 g の方が変位量が大きく、その差は硬度が高くなる程大きくなる傾向があり、直径の影響は 002 と 003 ではほとんどなく、004 のみ 002, 003 の両者よりも少し大きくなる傾向があつた(表1)。

2. アンダーカット 0.50 mm (大気中)

同一の雌部を用いた場合、アンダーカット 0.25 mm の場合よりも、維持力は全て大きくなった。

アンダーカットが 0.25 mm の場合と逆に、初回よりも2回、3回と着脱を繰り返すことにより、ほとんど全てのものについて維持力は低下した。

アンダーカットが 0.25 mm の場合と同様に、直径が同じであれば、硬度が大きくなると維持力も大きくなった。

I型、II型、III型どの形態においても、直径 004、硬度 90 のOリングが最大の維持力を示した。

表1 変位量

弾性試験測定値, 単位 mm

O-ring		荷重	
直径	硬度	300 g	2,000 g
002	60	0.60	1.08
	70	0.45	1.03
	90	0.32	0.71
003	60	0.71	1.29
	70	0.59	1.14
	90	0.33	0.82
004	60	0.64	1.42
	70	0.49	1.28
	90	0.29	0.82

考 察

パーシャルデンチャーの維持装置において、維持力は基本的な特性であるが、Oリングの場合必ずしも健全歯のみがその対象になるのではなく、症例に適した維持力のOリングを使い分けることが出来るならば、規格化された製品だけに性能の均一な維持装置が容易に製作出来る利点があると考え、このOリングを利用したアタッチメントの維持力について実験検討した。

Oリングを利用したアタッチメントの維持力は、雌部のOリングの弾性と雄部のアンダーカット、さらに雌部と雄部の摩擦抵抗により得られるものと考えられる。そこでOリングの大きさ、硬度および雄部の形態、アンダーカット量などの要因を種々組み合わせて維持力の測定を行つた。また、水中と大気中の比較を耐摩擦性の面から検討した。

なお材質の影響も考えられるが、ニトリルゴム、フッ素ゴム、シリコンゴム、クロロブレンゴム、ブチルゴム、エチレンプロピレンゴム、ハイパロンなどのうち、耐摩擦性、耐圧縮性、耐鋼性などの特性から、今回はニトリルゴムを使用した。材質の面について今後検討を要する。

まず維持力に関して、アンダーカットが 0.25 mm の場合、一般に維持力は着脱を繰り返すごとにわずかなずつ増大した。これはアタッチメントの雌部作製の際に、リングを包むレジンが収縮することによつて内部応力が貯えられ、アタッチメントを着脱するにつれて、この応力が解放され、アタッチメントの雌部と雄部の接触状態が変るといふことと、アタッチメントの着脱により雌部のリングがレジブロックより引き出されて、内径が小さ

図 6 使用前のOリング

A : 10 倍
B : 50 倍
C : 200 倍

くなることが考えられる。

さらにOリング自体の内径面の荒さ(図6)の影響も考えられる。

硬度が高くなると維持力は大きくなる傾向を示した

が、これは硬度の高いものは弾性が低い結果からも推察出来る。

I型以外は直径 004, 硬度 90 が最大の維持力を示しているが、これは硬度が高い上に、着脱の際の雄部と雌部の接触面積が大きく摩擦力が大きくなるためと考えられる。

3,000 回着脱による疲労試験の結果は、硬度 90 においてはほとんど全ての場合に内径が大きくなり、硬度 60 においては内径はかえって小さくなる傾向にあったが、これは硬度 90 では摩耗による影響が大きくあらわれ、硬度 60 では雌部のOリングがレジブロックより引き出されることによる影響が大きくあらわれたためと考えられる。また、雄部の摩耗については無視し得る程度のものである。

次に、疲労と維持力の関係についてであるが、これは当然予想される関係として、雌部の内径が小さくなることによる維持力の増大が認められたが、その他に、内径が拡大したにもかかわらず維持力の増大したもの、内径が小さくなったにもかかわらず維持力も低下したもの、内径が拡大あるいは小さくなったが維持力が増大したか低下したか判定のつかないものもあった。これらの結果については、アタッチメントを着脱することによつて、Oリングが摩耗あるいは変形を生じ内径が変化すること、変性によつて硬度が変化することによる影響が考えられ、その全てが複合して維持力に影響を及ぼしているものと考えられる。さらに、それら因子の影響の違いが結果に差を生じるものと考えられる。すなわち、内径が拡大し維持力の低下したものは、摩耗による影響が大きくあらわれ(図7, 8)、結果としてアンダーカットが減少したために維持力が低下したものと考えられる。

また、内径が小さくなり維持力が増大したものについては、変形により結果としてアンダーカットが小さくなりあるいは変性により硬度が増大したために維持力が増大したものと考えられる。次に、内径が拡大したにもかかわらず維持力が増大したものについては、摩耗も生じたが変性による硬度の増大がより大きく影響を及ぼしたために維持力が増大したものと考えられる。逆に内径が小さくなり維持力が小さくなったものについては、摩擦によつてきれいに摩耗するのではなく、表面が引きちぎれるような状態になり(図9)、内径としては小さくなったが、その部分は実際の維持力には役立たないため、結果としてはアンダーカットが小さくなり維持力が低下したものと考えられる。最後の2つについてはそれぞれの因子が複雑に影響しあつたために、維持力も増大する

図 7 3,000回着脱後リング (U.C. 0.25 mm)

A : 10 倍 (左, 使用前 右, 3,000 回着脱後)
 B : 50 倍
 C : 200 倍

ものか低下するものか判定がつかなくなつたものと考えられる。

また、水中においては空中におけるよりも維持力が小さくなる傾向にあつたが、これは水分の介在による摩擦

図 8 3,000回着脱後リング (U.C. 0.5 mm)

A : 10 倍 (左, 使用前 右, 3,000 回着脱後)
 B : 50 倍
 C : 200 倍

係数の変化の影響と考えられる。

次に、このリングアタッチメントの弾性についてみると、硬度の低い程変位量は大きくなっており、当然の結果と考えられる。また、直径が大きい程変位量も大き

図 9 3,000 回着脱後 O リング (U.C. 0.5 mm)

A : 10 倍 (左, 使用前 右, 3,000 回着脱後)

B : 50 倍

C : 200 倍

くなる傾向があつたが、直径の大きさが結果として弾性に影響を与えたために、直径の大きいものが弾性が大きくなるものと考えられる。さらに硬度が高い程荷重量の大きさによる変位量の違いが大きいということは、硬度

が低くなるとある荷重以上では弾性の影響が小さくなることを示すものと考えられる。

一方、アンダーカット 0.50 mm の場合は、アンダーカットが 0.25 mm の場合と逆に、初回よりも 2 回、3 回と着脱をくりかえすことによつて、ほとんど全てのものについて維持力は低下したが、これはアンダーカットが大きすぎて摩耗が生じやすいためと考えられる。また、この維持力の低下については、I 型、II 型、III 型の順に大きかったが、これはその形態上、III 型の最大豊隆部分が最も鋭利で、逆に、I 型が最も丸味があるためと考えられる。

最後に本実験において、雌部の O リングと雄部のアンダーカットの組み合わせを種々変えることにより、長岡の研究⁷⁾と同様にある程度維持力を自由に選択出来ることが判つた。なお、同様のスタッドアタッチメントの垂直的な維持力について、森田⁸⁾、内藤⁹⁾によると、Bona 604 は 1,150~2,050 g, Bona 604 A は 700~1,100 g, Bona 604 P は 1,500~2,500 g, Ceka 691 は 1,000~1,450 g であり、既製のアタッチメントはだいたい 1,000~1,500 g 前後の維持力を示している。

次に、Quinlivan³⁾によると、O リングを利用したアタッチメントの予後観察において、O リングの取り換えが必要であると言つており、大山ら^{4,5)}によると雄部の摩耗変形は生じにくく、起こるとすれば雌部のゴムに摩耗が生じるが、これはゴムを交換するだけだと言っている。このことは私達の実験結果と一致する。

一方、Quinlivan の雄部は私達の実験の I 型に相当するが、頸部のアンダーカット量については明示せず、大山らは III 型に相当する雄部の形態を紹介したが、私達の実験によると、III 型は最大豊隆部が鋭利すぎて O リングの摩耗変形を生じやすく、雌部の摩耗変形という点では Quinlivan の雄部の型すなわち I 型が適当であると考えられる。しかし、実際臨床に応用する場合 I 型は III 型よりも背が高くなるという点がよくない。なお、アンダーカット量について、大山らは O リングの半径の 1/2~1/3 が適当であるとしているが、004 の場合 1/2 のアンダーカットでは 0.45 mm のアンダーカット量となり、少し大きすぎて、O リングの耐摩耗の面などを考慮すると、アンダーカット量は小さい方が好ましいと考えられる。

結 論

1. O リングアタッチメントの維持力は、O リングの硬度が高い程大きい。

2. 3,000 回着脱を繰り返した場合、Oリングは硬度が高い程摩耗が大きく、雄部の形態によつて摩耗率に差が認められた。一方、雄部の摩耗は数 μ 以下で無視し得る程度のものであつた。

3. 水中では大気中よりも少し維持力が小さくなつた。

4. 雄部のアンダーカット量は 0.50 mm では大きすぎ、0.25 mm 前後が適当であり、頭部の形態はⅢ型ではOリングの摩耗、変形などを起こし適当でなかつた。

文 献

- 1) Oリング技術研究会編：Oリングユーザーのための技術資料一，東京，昭和49年，近代編集社。
- 2) Quinlivan, J.T.: Fabrication of a simple ball-socket attachment, J. Pros. Den., 32: 222~225, 1974.
- 3) Quinlivan, J.T.: An attachment for overlay dentures, J. Pros. Den., 32: 256~261, 1974.
- 4) 大山喬史，尾花甚一：O'Ring を応用した新しいスタッド・アタッチメント，補綴臨床，7: 271~276, 1974.
- 5) 川崎文孝，尾花甚一，Dr. H.O. Gold，大山喬史：O'Ring を応用した新しい stud attachment (第2報)，補綴誌，19: 187, 1975.
- 6) 西山 暲：鑄造鉤の維持力に関する実験的研究—Gingivally approaching clasp (I-bar type)—について，補綴誌，20: 44~63, 1976.
- 7) 長岡英一：自家製スタッドアタッチメントに関する研究第1報 維持力について，大阪大学歯学誌，20: 45~52, 1975.
- 8) 森田修巳：アタッチメントの適用性についての力学的考察，日本歯科評論，372: 101~111, 1973.
- 9) 内藤 昭：局部床義歯の維持装置に関する実験的研究—歯根応用スタッドアタッチメントによる維持歯の負担性について，歯学，62: 106~129, 1974.