軟口蓋実質欠損の補綴に応用したシリコン系 材料の力学的性質

第2報 アクリル系義歯床レジンへの接着強さ

嶺崎 良人 篠原 直幸 鬼塚 雅

自見 忠 藤井 孝一* 井上勝一郎*

Physical and Mechanical Properties of Silicone Material Applied to Clinical Cases of Soft Palate Substance Defects

Part 2. Adhesive strength to acrylic denture base resins

Yoshito Minesaki, Naoyuki Shinohara, Tadashi Onizuka,
Tadashi Jimi, Koichi Fujii* and Katsuichiro Inoue*

I. 緒 言

軟口蓋実質欠損部の補綴においては、発音、嚥下時の軟口蓋の形態変化および欠損部周囲組織の保護などを考慮する必要がある。すなわち、軟口蓋の形態変化に対して、欠損部との密着性、欠損部周辺の封鎖性に優れ、組織為害性や損傷を引き起こさない材料が望まれる。このような観点から、硬い材料より、比較的弾性を有し、軟らかい材料が良いと考え、著者らは、医用生体内補填材として開発された2液性シリコンラバー（米国 Dow-Corning 社 MDX-4-4210）を用いて軟口蓋実質欠損部の補綴を行ってきた。そして、前報¹⁾において、その臨床経過が良好であることを報告した。

一方では、本材料について応力緩和試験を行い、そのレオロジカルな性質を調べた結果、力学的には、非常に安定した材料であり、弾性率が小さく、比較的高ひずみまで、弾性体に近い挙動を示すことがわかった。これらのことから、軟口蓋実質欠損補綴物として、望ましい材

料であるということもあわせて報告した¹⁾。

そこで、今回は、実質欠損部の補綴を行う場合に問題となる義歯床への接着性についての検討を行った。接着性の良否は、現在裏装材として広く利用されている材料の場合の接着性と比較して決定した。

II. 試料と方法

実験に使用した材料は、シリコン系材料2種類、アクリル系材料3種類、フッ素系材料1種類である。材料名、製造会社名、製造番号、略号についてはそれぞれ Table 1 に示す。

各材料を、それぞれメーカーの指示に従って、アクリル樹脂に接着させたのち、引張り試験およびせん断試験を行い、アクリル樹脂への接着強さを測定した。

Fig. 1, 2 は、引張り試験に用いた試料とジグの写真ならびにその模式図を示したものである。図に示すように、直径 30 mm、長さ 50 mm の2本のアクリル樹脂棒(A)間に材料(M)をはさむようにして接着させ、接着面に垂直な引張り荷重が加わるように考慮した金属性ジグを装着したのち、上下方向に一定速度で引張り、引張り強さを測定した。

Fig. 3, 4 は、せん断試験に用いた試料とジグの写真ならびにその模式図を示したものである。図に示すように、接着面と平行にせん断荷重が加わるよう考慮した金

鹿児島大学歯学部第1補綴学教室

* 鹿児島大学歯学部歯科理工学教室

First Department of Prosthetic Dentistry, Kagoshima University Dental School

* Department of Dental Materials Science, Kagoshima University Dental School

昭和58年8月31日受付

Table 1 Materials used

Material	Manufacture	Batch No.	Code
A. silicone material			
(1) MDX-4-4210	Dow-Coning		MDX
(2) Neosnugger	Neo Dental	WCVGOL	NS
B. Acrylic material			
(3) Coe-super soft	Coe	090178	SS
(4) Visco-gel	Amalgamated Dental	ZG12080/08	VG
(5) Soft-liner	G.C.	050311	SL
C. Fluoropolymeric material			
(6) Kurepate	Kureha		KR

Fig. 1 Instruments used for tensile test

Fig. 3 Instruments used for shearing test

属性ジグを用い、直径 10 mm、長さ 70 mm のアクリル樹脂棒 (A) を材料 (M) で包埋し、A を上方から一定速度で押し込み、せん断強さを測定した。なお、この測定では、試料保持用リングと試料間の接着強度を十分に上げることができなかったため、試料保持用リングに、す

Fig. 2 Schematic representation of instruments for tensile test

べり防止用リングをすべり方向に対して垂直にとりつけて測定を行った。そのために、正確なせん断ひずみが求められなくなったため、試料保持用リングに対するアクリル樹脂棒の移動量を求め、それを試料の変位量として使用した。また、この測定で得られたせん断荷重は、測定開始前の試料とアクリル樹脂棒の接着面積で除し、応力値で表示した。

引張り強さ、せん断強さの測定には、万能試験機 (インストロン社製インストロン 1123 型) を使用した。引張り、せん断速度は、それぞれ 5 mm/min. とした。各材料の引張り強さ、せん断強さは、それぞれ、5 回の測

Fig. 4 Schematic representation of instruments for shearing test

定値の平均値で示した。また、アクリル樹脂棒の接着表面は、エメリーペーパー 20 番で、あらかじめ研磨して使用した。各試料は、接着後 24 時間、37°C 水中に浸漬させたのち、測定に供した。

III. 実験結果

各材料の接着 1 日後の最大引張り強さを Fig. 5 に示す。これによると、MDX では 16.15 kg/cm²、NS では 11.56 kg/cm²、SS では 28.79 kg/cm²、VG では 2.97 kg/cm²、SL では 3.00 kg/cm²、KR-1 では 83.55 kg/cm² であった。なお、KR については、市販されているプレート 1 枚を介在させた試料 (KR-1) と修正液を用いてプレート 2 枚を張り合わせた試料 (KR-2) について測定を行ったが、KR-2 では、張り合わせた面から剥がれ、その最大引張り強さは 22.35 kg/cm² となった。MDX、NS、KR の引張り応力-歪曲線では、MDX は軟らかく、粘り強い材料、NS は軟らかく、比較的弱い材料、KR は硬く、

Fig. 5 Ultimate tensile strength for materials used

Fig. 6 Variation of tensile stress with strain of KR-1, MDX and NS

粘り強い材料であることがわかる (Fig. 6)。KR の引張り応力-歪曲線において、歪 0.47~0.70 付近で応力の急激な低下がみられるが、これは、材料の接着強度が大きいため、引張り試験機のチャック部と使用したジグの部分で、すべりが生じたためと考えられる。

各材料の接着 1 日後の最大せん断強さを Fig. 7 に示す。MDX では 6.48 kg/cm²、NS では 7.40 kg/cm²、SS では 22.36 kg/cm²、VG では 1.83 kg/cm²、SL では 3.00 kg/cm²、KR-1 では 100.38 kg/cm² であった。MDX、NS、SS、VG のせん断応力-変位量曲線からも、MDX は

Fig. 7 Ultimate shear strength for materials used

Fig. 8 Variation of Shear Strength with Deformation of MDX, NS, SS and VG

Fig. 9 Variation of ultimate tensile strength with period after adhesion of MDX-4-4210

他の材料に比べて、粘り強さを有する材料であることがわかる (Fig. 8).

MDX の接着後の最大引張り強さの経時的変化を Fig. 9 に示す. 接着 1 日後では 16.15 kg/cm^2 であるのに対し, 7 日後では 21.82 kg/cm^2 となり, 接着強さの向上が認められた. しかし, 1 カ月後では 11.06 kg/cm^2 となり, 1 日後に比べて, 接着強さがかなり低下することが認められた.

IV. 考 察

MDX については, 顎顔面領域における臨床応用例やその生体組織に対する影響などについて, これまで, いくつかの報告²⁻⁷⁾がなされている.

著者らも, その組織為害性が少ない点, 操作性が良い点, 柔軟である点に注目して, 軟口蓋実質欠損症例に応用し, 今までのところ良好な成果をおさめている.

しかし, 軟口蓋実質欠損症例の補綴にシリコンラバーを応用した場合, 問題となる点として, アクリル樹脂との接着性があげられる. 著者らの製作したプロテーゼは, アクリル樹脂の義歯床に, MDX で作製した実質欠損栓塞部を接着したものである. したがって, 義歯あるいは実質欠損周囲組織の動きによって, 栓塞部が義歯床から剝離しないだけの接着強さを有することが必要となってくる.

シリコンラバーは, アクリル樹脂とは, 直接接着しないため, 従来よりこの系の裏装材の欠点とされてきた. これまでのシリコン系裏装材とアクリル樹脂の接着性に関する報告でも, 黒岩ら⁸⁾によれば, Silastic 390 Soft liner のせん断接着強さは, 約 $5 \sim 6 \text{ kg/cm}^2$ となっており, 松尾ら⁹⁾によれば, Neo-Snugger のせん断強さは約 8 kg/cm^2 , 引張り強さは約 11 kg/cm^2 となっている. 今回の実験においても, NS のせん断強さは 7.40 kg/cm^2 , 引張り強さは 11.56 kg/cm^2 であり, 松尾らの結果とほぼ一致した値が得られた. これに対して, MDX のせん断強さは 6.48 kg/cm^2 となり, NS に比べるとやや劣るが, 引張り強さは 16.15 kg/cm^2 となり, NS の約 1.5 倍の値を示し, 接着強さの向上が認められた. しかし, フッ素系の KR と比べると, 引張り強さでは, 約 1/5, せん断強さでは, 約 1/16, また, 加熱操作を加える SS と比べると, 引張り強さでは約 2/3, せん断強さでは約 1/4 の値を示しており, 接着強さの点では劣っている. しかし, 引張り応力-歪曲線 (Fig. 6) やせん断応力-変位量曲線 (Fig. 8) からすると, NS では, 歪 0.62 変位

量 4.4 mm を超える付近から、引張り応力、せん断応力の低下が始まる。また、SS では、変位量 7.8 mm を超える付近から、せん断応力の低下が始まっている。これに対して MDX では歪 1.92, 変位量 15 mm まで、引張り応力、せん断荷重の低下がみられない。

MDX を軟口蓋実質欠損部に応用した際、義歯床との接着部に、どの方向にどの程度の力が、機能時に加わるのか明らかにできないが、吉田¹⁰⁾らの側方 X 線映画などによる軟口蓋運動量に関する研究では、軟口蓋の長さの伸張率は、正常な人で、ア・イ発音時や blowing 時に約 30~40% であり、最高でも 50% 程度とされている。したがって、MDX が、軟口蓋残存組織と同じように運動し、最大伸張率 50% の歪 (0.5) が生じたとしても、引張り応力-歪曲線からもわかるように、十分に耐えうるだけの接着性を有していると思われる。臨床上、許される接着強さは、栓塞部として使用する材料の物性によっても変化し得ると思われるが、MDX を使用した場合、使用を始めて 1 年程経過した現在でも、義歯床からの剝離が全くみられないことから、軟口蓋実質欠損部の補綴に十分使用できる強さであると考えている。

また、今回、実験に用いた材料中では、KR が引張り強さ、せん断強さとも最大の値を示し、応力-歪曲線においても、他の材料に比べて粘り強く、歪エネルギーの大きい材料であることが認められた。したがって、軟口蓋実質欠損部の補綴に十分使用できる材料であると思われるが、現在では、厚さ 0.9 mm 程度のプレートとして市販されているため、軟口蓋欠損部の形態に合わせて加工することが困難である。

V. む す び

引張りあるいはせん断によるそれぞれの最大接着強さを求めた。その結果、最大引張り強さ、最大せん断強さでは、KR が最も大きな値を示し、SS, NS, MDX, VG, SL の順に小さくなった。今回の実験で MDX を用いる場合、義歯床に対して優れた接着性が得られたとは、必ずしもいえないが、臨床に応用して好ましい結果を得ていることを考え合わせると、材料の粘弾性挙動が大きく関与しているように思われる。軟口蓋実質欠損のような症例において、義歯床の一部に欠損部を補う栓塞部を何らかの材料で作製し、両者を接着して使用しなければならない場合には、義歯床の動き、栓塞部の動きなどをそれぞれ考慮して、使用材料の決定を行うことが大切であろう。義歯床に対する接着強さが比較的小さい MDX を

使用して、接着強さの面で大きな問題を生じないのは、この材料が、比較的小さい弾性率をもち、荷重に対する伸びが大きいゴム状弾性体であることに起因するのも知れない。今後これらのことについて、さらに詳しく検討していく予定である。

Summary

Recently, silicone has been widely used for soft liners and related materials. The purpose of this investigation was to examine the adhesive strength of a silicone material (MDX-4-4210) to acrylic resins and to discuss the possibility to clinical application (especially, for the case of soft palate substance defects). The materials tested were code-named MDX-4-4210 and four commercial materials (Kurepate, Neo-Snugger, Super-Soft and Visco-gel). The adhesive strength of each material was investigated using Instron testing machine.

The mean adhesive strengths under tension to acrylic resins were 16.2 kg/cm² for MDX-4-4210, 83.6 kg/cm² for Kurepate, 11.6 kg/cm² for Neo-Snugger, 28.8 kg/cm² for Super-Soft and 3.0 kg/cm² for Visco-gel. Furthermore, the mean adhesive strengths under shear were 6.5 kg/cm² for MDX-4-4210, 100.4 kg/cm² for Kurepate, 7.4 kg/cm² for Neo-Snugger, 22.4 kg/cm² for Super-Soft and 1.8 kg/cm² for Visco-gel.

From these results, it can be seen that the adhesive strength of MDX-4-4210 to acrylic resin is relatively small. However, the deformation of MDX-4-4210 obtained when debonding from acrylic resin occurred was the highest of the materials used in this investigation and attained its maximum value of 15 mm.

It can be seen that this property of MDX-4-4210 is clinically favourable since it is considered that the movement of denture and the displacement of soft tissue are relatively marked, during masticating.

文 献

- 1) 篠原直幸, 嶺崎良人, 鬼塚 雅, 藤井孝一, 井上勝一郎: 軟口蓋実質欠損の補綴に応用したシリコン系材料の力学的性質—第 1 報 臨床例と応力緩和—, 補綴誌, 27: 774~779, 1983.
- 2) 水谷 雄, 大西正俊, 塩入重彰, 木村 泰, 他: 医用シリコンラバーのエピテーゼへの応用, 日口科誌, 28: 629, 1979.

- 3) 塩入重彰, 水谷 雄, 大西正俊, 他: 軟性人工口蓋による軟口蓋欠損症例の機能回復について, 顎顔面補綴, 3: 5~9, 1980.
- 4) 木村 泰, 水谷 雄, 大西正俊, 他: 上顎腫瘍切除後の欠損補綴に関する臨床的検討, 顎顔面補綴, 3: 15~19, 1980.
- 5) 木村 泰, 水谷 雄, 塩入重彰, 他: 舌全切除症例に適用した人工舌床について, 顎顔面補綴, 5: 65~69, 1982.
- 6) 水谷 雄, 大西正俊, 他: 口腔外科領域において使用される医用高分子材料の生体為害性に関する研究—培養細胞に対する溶出物質の毒性ならびに溶出傾向の検索—, 口病誌, 48: 415~438, 1981.
- 7) 水谷 雄, 大西正俊, 塩田重俊, 他: 顎顔面補綴用軟性高分子材料の細胞毒性に関する研究—培養細胞に対する溶出物質の障害性について—, 顎顔面補綴, 5: 22~31, 1982.
- 8) 黒岩整治, 自見 忠, 平安亮造: メタクリル樹脂と Silastic 390 Soft liner との接着性について, 補綴誌, 16: 54~58, 1972.
- 9) 松尾純一, 中元欣治, 長沢 亨, 津留宏道: メタクリルレジンとシリコーン系弾性裏装材との接着性に関する研究, 補綴誌, 20: 35, 1976.
- 10) 吉田 広: 軟口蓋造影X線規格写真撮影法による鼻咽腔諸組織の形態ならびに機能に関する研究, 口病誌, 41: 1~58, 1974.