

# 義歯床用軟質裏装材の現状と将来

守谷 直史, 赤川 安正

## The State and Future of Denture Base Soft Lining Materials

Naofumi Moriya, Yasumasa Akagawa

(平成6年9月30日受付)

### はじめに

急速に高齢化社会に向かっている我国では、無歯顎者、とりわけ高度な顎堤の吸収を伴ったいわゆる総義歯治療の難症例が増加しつつある。これらの無歯顎者においては、一般に顎堤を被う粘膜が菲薄なため、従来の床用レジンを用いる義歯では、咀嚼時の圧に耐えられず、疼痛が持続したり、粘膜を傷害するケースが多い。そこで、咀嚼時に義歯床下粘膜に負荷される圧を緩和することを目的として、多くの軟質裏装材が開発され<sup>1,2)</sup>、臨床に広く用いられている。しかしながら、現在まで、一部のティッシュコンディショナー(粘膜調整材)も軟質裏装材として正確に区別されずに使用され、臨床の場で混乱している場合が少なくない。そこで著者らは、本稿において軟質裏装材の整理を試みた。すなわち、軟質裏装材の歴史と種類、定義、粘弾性特性と分析モデル、臨床応用とその問題点などについて文献的展望を行いながら説明し、加えて軟質裏装材がどのような将来を有するのかについても考察を加えたい。

### 軟質裏装材の歴史と種類

軟質裏装材は古くから使用され、文献によると、1869年に Twitchell<sup>3)</sup> が用いたのが始まりであると思われる。この報告では、天然ゴムが硬質ゴムとともにオブチュレーターや下顎総義歯に用いられ、今から100年以上も前から使用されていたことには驚かされる。しかし、使用後の吸水性が経時的に大きくなり、長期の使用では裏装材表面がひどく汚れ、義歯の不適合につながるなど問題点が報告されている<sup>4)</sup>。このこ

ろは軟質裏装材として、天然ゴムが利用されるだけであったが、Matthew<sup>5)</sup> が初めて合成レジンであるポリ塩化化合物を使用し、義歯患者の慢性疼痛を取り除くことができたと報告した。しかし、この材料は可塑剤であるジ-n-ブチルフタレートが溶出するため Lammie ら<sup>4)</sup> によって不完全な材料であると指摘され、吸水性や cracking に問題があり満足のいくものではなかった。一方、Nelson<sup>6)</sup> はポリ塩化化合物の可塑剤にブチルフタリルブチルフタレートを用いることで、可塑剤の溶出をわずかにし、受け入れられる結果を得たとしている。Lammie ら<sup>4)</sup> が、ポリジメチルシロキサン

のポリマーを含むシリコン系軟質裏装材を開発応用したのを始めとし、その後多くのシリコン系の軟質裏装材が次々と開発された。しかしながら、シリコン系裏装材は床用レジンへの接着性に大きな問題点を残し、この点は現在まで克服されているとは言い難い<sup>7-13)</sup>。このように、臨床に受け入れ可能な軟質裏装材は塩化ビニル系<sup>5)</sup> に始まり、その後アクリル系<sup>6)</sup>、シリコン系<sup>4)</sup> へと歴史の変遷を辿った後、現在、国外ではアクリル系とシリコン系がもっぱら用いられ、我が国ではこれらに加えてフッ素樹脂系とポリオレフィン系も使用されている<sup>1,2)</sup>。また、ごく最近では、エチルメタクリレート系の光重合型裏装材も開発されている。これら現在用いられている主な軟質裏装材について表1に示した。ここで示されるように、現在では軟質裏装材はアクリル系、シリコン系、フッ素樹脂系、ポリオレフィン系、エチルメタクリレート系などに大別できる。

アクリル系軟質裏装材は常温ゲル化型と加熱重合型に分けられるが、いずれのタイプにしても、その組成はティッシュコンディショナーとほぼ同様である。さらに、それらの使用方法も、暫間的な裏装であったり機能印象材として用いられるなど、軟質裏装材とティ

表1 各種軟質裏装材

材 料	重合方法 (操作方法)	商品名
アクリル系	常温ゲル化型 (直接法)	COE Soft Denture Soft Soft Liner Soft Conditioner Tru Soft
	加熱重合型 (間接法)	COE Super Soft
シリコン系	常温重合型 (直接法)	Mollosil Evatouch Simpa
	加熱重合型 (間接法)	Molloplast-B Silastic 390
フッ素樹脂系	加熱重合型 (間接法)	Kurepeet Dough
ポリオレフィン系	加熱接着型 (間接法)	Molteno Soft Molteno Regular Molteno Hard
エチルメタ クリレート系	光重合 (間接法)	Astron LC Soft

コンディショナーの使い分けを明確に区別できていないようである。また、このアクリル系裏装材は溶媒であるエタノールや可塑材が経時的に溶出するため、長期の使用には適さないことは多くの研究者によって等しく指摘されている<sup>1,14-19)</sup>。

シリコン系軟質裏装材には常温重合型と加熱重合型がある。常温重合型の代表的なものとしては Mollosil や Evatouch などがあり、これらはいずれもチェアサイドで直接用いることができる利点を有している。加熱重合型タイプとして世界的に最もよく使用されているのが、Molloplast-B である。この Molloplast-B はワンペーストタイプであり、重合操作に時間を要するもののその優れた安定性については Betes ら<sup>20)</sup>、Mäkilä ら<sup>21,22)</sup>、Schmidt ら<sup>23)</sup>、Collis<sup>24)</sup> らによって確認されている。しかしながら、シリコン系裏装材は常温重合型にしる加熱重合型にしる、材料の持つ本質的な問題として床用レジンには化学的に接着せず、使用に際しては専用の接着剤を必要とする欠点を持つ。

フッ素樹脂系軟質裏装材は早川ら<sup>25-27)</sup>によって開発され、クレペートとクレペートドゥとして臨床に応用される。初期にはこれら両者が存在したが、現在ではクレペートドゥのみを用いることができる。クレペートドゥはワンペーストタイプで加熱重合型に属し、未重合のレジンとともに重合させることで床用レジンとも化学的に接着する利点を有している。

ポリオレフィン系軟質裏装材は当初モルテノが開発された<sup>28-31)</sup>。最近では、床用レジンとの接着性に改良が加えられ、材料の硬さの違いにより、モルテノ

フト、モルテノレギュラー、モルテノハードの3種類が利用できる。これらはいずれもワンペーストタイプであり、プライマー (モノプライマー T-100) を塗布した後、未重合のレジンとともに重合され、床粘膜面に加熱接着する。

エチルメタクリレート系軟質裏装材としては、アストロン LC ソフトがある。この材料は、光重合をさせることで一定の軟らかさを維持するようになる。最近の報告<sup>32)</sup>によれば、フッ素樹脂系のクレペートドゥやポリオレフィン系のモルテノなどに比較して吸水量や溶解量が多いことが判明しており、長期の使用に関してはこれらの点を注意深く観察する必要があり、よく計画された臨床経過報告が待ち望まれる。

Molloplast-B、クレペートドゥ、モルテノなどの長期使用に関しては、1年以上の臨床成績が報告されている<sup>20-23,33,34)</sup>ので参考にできる。これらの結果からは、いずれの材料もワンペーストタイプでかつ床用レジンとともに重合させるものが長期の臨床使用に耐え得ると理解できる。しかしながら、1945年に Matthews<sup>5)</sup>が軟質裏装材としての臨床を報告してほぼ50年が経過しようとしているにもかかわらず、長期にわたって使用できる軟質裏装材は現在のところまだ見当たらないように思われる。この要因としては、材料を軟質にすることであろう。すなわち、材料にこのような性質を付与しようとするれば材料の分子間および原子間の結合を疎にしなければならず、軟質であればあるほど水分子や口腔内の微生物などが入り込む可能性が大きくなる。このことが材料表面の汚れや物理学的特

性の変化を招き、結果として劣化を引き起こすことになる。これらの点の説明は、寺尾ら<sup>35)</sup>、井上ら<sup>36)</sup>の論文によくされている。これらの報告においても、アクリル系軟質裏装材の長期使用に疑問が呈されている。

## 定 義

5種類の材料系が存在する軟質裏装材の定義に関しては、残念ながら明確なものが見当たらない。さらに、その呼称についても研究者間でまちまちであり、軟質裏装材<sup>1)</sup>、軟性裏装材<sup>15,35,36)</sup>、軟質レジン<sup>37)</sup>、弾性裏装材<sup>14)</sup>などと呼ばれている。この理由のひとつにティッシュコンディショナーの存在がある。すなわち、従来より義歯床下粘膜の調整に広く用いられているティッシュコンディショナーの多くは、それらの組成がアクリル系軟質裏装材とはほぼ同様であり、明確な区別が難しい。ティッシュコンディショナーを用いる目的は、津留ら<sup>38)</sup>が説明しているように、過度あるいは不均一に圧迫され変形、障害を受けた義歯床下粘膜がティッシュコンディショナーの有する粘弾性によって調整され、粘膜本来の生理的状态が回復されることにある。したがって、義歯床下に加わる機械的刺激によって惹起される変形、圧痕、糜爛、褥瘡性潰瘍などの病変は、この材料の最優先の適応症である。すなわち、ティッシュコンディショナーは新しい義歯が作られるまでの前処置に使用されるものであり、完成義歯に対して使用されるものでは決してない。しかし、現在市販されているティッシュコンディショナーの中には、リライニングマテリアルと明記しているものもあり、誤解を生じ易い。さらに、臨床の場において、術者が安易に暫間的なリライニング材として用いている場合も見受けられる。このようなことから、軟質裏装材とティッシュコンディショナーは明確に区別されるべきであり、著者らは早川<sup>39)</sup>の定義である「軟質裏装材とは、失われた粘膜を補って、咬合圧を緩和する役割を果たし、比較的長期間使用可能な義歯床用材料である」を支持したい。しかしながら、現在まで、ADA規格<sup>40)</sup>においてすら軟質裏装材は暫間的な材料であるとされており、また、Noort<sup>41)</sup>の1992年に発表された文献に関する展望においても、軟質裏装材の最近の知見を紹介しているにすぎない。著者らは、軟質裏装材の明確な定義づけと統一された呼称が必要であることをここでも強調しておきたい。

### 粘弾性特性と分析モデル

軟質裏装材の材料学的特性（硬さ、引っ張り応力、接着強さなど）については以前より検討がなされており<sup>8-13)</sup>、最近ではSinobadら<sup>42)</sup>、Dootzら<sup>43)</sup>、Kawa-

noら<sup>44)</sup>、有川ら<sup>45)</sup>、井上ら<sup>36)</sup>によって詳細が報告されている。著者らは、裏装材のこれらの材料学的特性を明らかにすることの意義を認めながらも、軟質裏装材の臨床応用の最大の目的が咬合圧の負担軽減にある以上、材料学的特性のなかでとりわけ応力緩和能を明確にする事が極めて重要であると考え。ここでは、軟質裏装材の応力緩和能をよく示す指標としての粘弾性特性について論じてみる。

粘弾性特性を有する粘弾性体とは、粘性と弾性の相反する2つの性質を兼ね備えるものを指す。粘性は、図1に示すようなダッシュポットモデルでよく説明される。ここでは、ピストンはシリンダーの中を運動するが、シリンダーの底には穴があり空気が閉じこめられることはない。しかし、シリンダーとピストン側面の間に粘性の高い潤滑剤があると仮定すると、ピストンを動かすために必要な力が大きいほどピストンは速く動くことができる。この関係が線形である場合、力に比例して増加するのは伸び $\epsilon_1$ ではなく、その時間的変化 $d(\epsilon_1)/dt$ である。これは応力 $(\sigma)$ と歪 $(\epsilon)$ の以下の関係式で表される。

$$\sigma = Fd\epsilon/dt = F\dot{\epsilon} \quad (1)$$

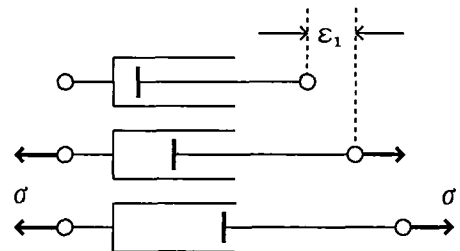


図1 ダッシュポットモデル。  
 $\epsilon_1$ : 伸び,  $\sigma$ : 応力

ドット・は時間に関する常微分または偏微分を表し、 $\dot{\epsilon}$ は歪速度と呼ばれ、これと応力が比例するような材料は粘性材料とみなし得る。Fは粘性係数に相当する。

弾性に関しては、図2に示すようなコイルバネで説明される。すなわち、力が作用するとバネはある長さ $\mu$ 増加するが、力を取り除けば元の長さに戻る。もし材料が線形弾性的であれば応力と歪の関係は以下の式で表される。

$$\sigma = E\epsilon \quad (2)$$

すなわち、ヤング率Eのフックの法則が成立する。

粘弾性体の挙動をよく表すため、以上の(1)と(2)を組

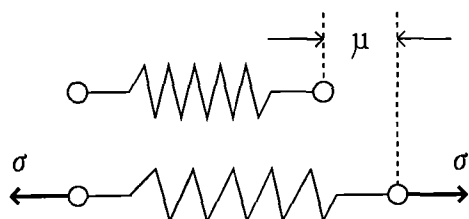


図2 コイルバネの模式図。  
 $\mu$ : 増加した長さ,  $\sigma$ : 応力

み合わせたモデルが提唱され用いられてきた。1867年に Maxwell により、弾性部分を表現できる一つのバネと、粘性部分を表現できる一つのダッシュポットを直列につなげた 2 要素流体モデルが考案され、1890年には Kelvin や Voigt によってこれら 2 つの要素を並列につなげた 2 要素固体モデルが提唱された<sup>46,47)</sup> (図 3, 4)。プラスチック、ゴム、繊維などの高分子物



図3 Maxwell の 2 要素流体モデル。

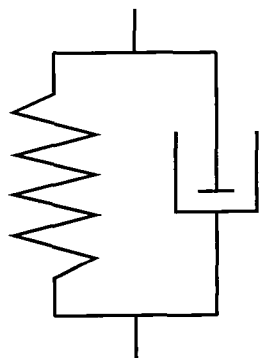


図4 Voigt の 2 要素固体モデル。

質では、原子間や分子間に様々な結合力や引力が働くため、種々の緩和時間や遅延時間を持った粘性機構が存在する。このため、2 要素モデルのように簡単なモデルでは複雑な挙動を分析することは難しい。そこで、Maxwell 流体を無限個つなげた一般化 Maxwell モデルと Voigt 固体を無限個つなげた一般化 Voigt モデルが考え出された<sup>48,49)</sup> (図 5, 6)。これらの一般化モデルを用いれば、時間の細かいスケールでの物質の力学的挙動を観察することが可能になる<sup>50)</sup> が、逆に極めて煩雑でもある。そこで、Voigt 型 4 要素流体モデルは、タイムスケールを考慮して粘性的な要素の一つの Voigt モデルに、それより弾性的な部分の一つのバネに、もっとも粘性的な部分の一つのダッシュポットに代表させることで用いられている<sup>48,49,51-53)</sup>。これらの要素のつながり方によっては、流体モデルにも固体モデルにもなり、最後のダッシュポットがモデル中で直列につながれていれば、それは流体モデルとなる。これらモデルについての詳細は、川上、井上らの報告<sup>47,51-53)</sup>を参照されるとよい。

ティッシュコンディショナーをはじめ、軟質裏装材の粘弾性特性の分析は国外ではあまり多くみられないが、国内では古くから 4 要素流体モデルを用いて、クリープ試験により分析されている<sup>54-60)</sup>。著者の一人は荷重除荷試験における軟質裏装材の挙動を検討<sup>61)</sup>、さらに 3 要素固体モデルを用いて軟質裏装材のリラクゼーション試験も分析し、軟質裏装材の挙動を 5 つのよく示すパラメータ、すなわち、①瞬間弾性率 ②遅延弾性率 ③粘性率 ④緩和時間 ⑤応力緩和の大きさを提唱した<sup>62)</sup> (表 2, 3)。ここで注意すべきことは、実験試料形態によって軟質裏装材の粘弾性特性を表す各種パラメータの値が変化することであり、このこと

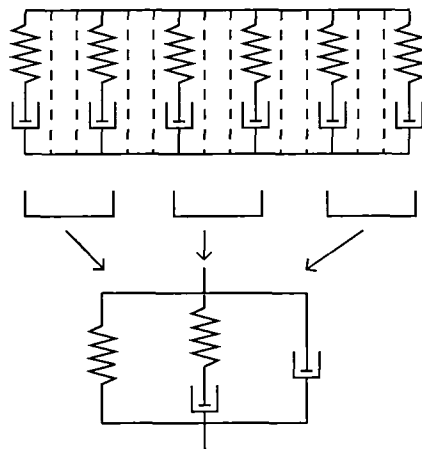


図5 一般化 Maxwell モデルと 4 要素固体モデル。

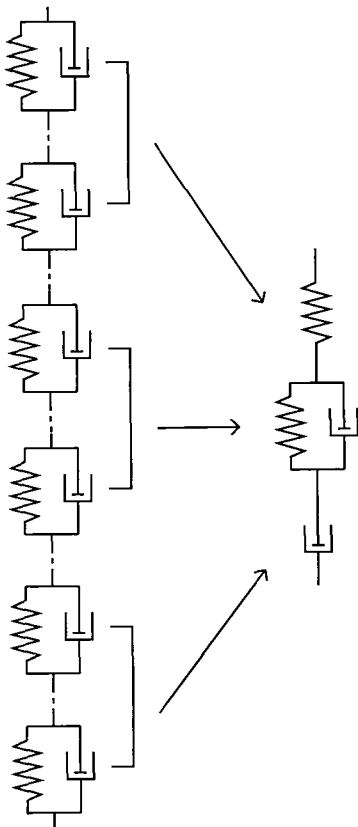


図6 一般化 Voigt モデルと 4 要素流体モデル.

は他の報告<sup>54-60)</sup>からも明らかである。すなわち、薄い試料でのクリープ試験やリラクゼーション試験の結果では、測定装置との接触部において面の拘束、すなわち摩擦の影響を強く受ける。また、薄い板状の試料

をレジンに裏装した状態で粘弾性特性を検討すれば、レジン面からの拘束を受け、本来の特性より硬い材料として評価されるのは当然のことである。残念なことには、現在までのところ軟質裏装材の特性を分析する上での試料の大きさに関するコンセンサスは定かでない。しかしながら、材料の応力緩和能を示すことは、軟質裏装材の粘弾性特性をよく理解するのに重要であることは間違いない。一方、モデルの分析は、それが3要素であれ、4要素であれ、その材料の粘弾性挙動を完全に表現しているわけではなく近似したものとして捉えていることを忘れてはならない。このような点を踏まえた上で、軟質裏装材の粘弾性挙動を捉えることは現実的である。

臨床応用とその問題点

軟質裏装材の臨床応用に関する選択基準は、使用する術者によってまちまちであり、明確に定められていない。早川<sup>39)</sup>は軟質裏装材の適応基準を以下のように設定している。

- 1) 顎堤の吸収が著しくかつ粘膜が菲薄なため、咀嚼時に疼痛が発生する症例
- 2) 顎堤の吸収が不規則であったり、鋭利な骨縁があり、咀嚼時に疼痛がある症例
- 3) 顎堤に著明なアンダーカットが存在する症例
- 4) 顎堤の咀嚼圧負担能が弱く、咬合圧を分散、緩衝したい症例
- 5) 顎補綴のオペチュレーターの症例

これらの基準はよくできたものと考えられる。しかしながら、例えば粘膜が菲薄であると診断する拠りどころなどは依然として曖昧のままであり、術者の臨床的診断によりなされている。もとより、軟質裏装材の客

表2 リラクゼーション試験における各パラメータの平均値と標準偏差

	$E_1 + E_2$ (Mpa)	$E_2$ (MPa)	$\eta$ (Mpa·sec)	$\tau$ (sec)	$E_1 / (E_1 + E_2)$
ES	1.50±0.10	1.32±0.08	3.09±0.74	17.65±5.73	0.12±0.01
EH	1.70±0.17	1.45±0.15	3.22±0.74	13.13±4.13	0.15±0.01
AS	0.87±0.04	0.36±0.03	6.78±0.87	13.53±1.98	0.58±0.02
KD	1.40±0.12	0.24±0.04	3.51±0.51	2.85±0.21	0.84±0.21
MS	9.33±0.41	6.87±0.33	51.83±5.79	21.08±2.00	0.26±0.01
MR	15.81±1.24	12.17±0.85	69.49±9.00	18.54±0.44	0.24±0.01
MH	27.94±0.77	22.58±0.77	75.29±6.69	14.05±1.09	0.19±0.03

$E_1 + E_2$  : 瞬間弾性率,  $E_2$  : 遅延弾性率,  $\eta$  : 粘性率,  $\tau$  : 緩和率,  $E_1 / (E_1 + E_2)$  : 応力緩和の大きさ

ES : エヴァタッチソフト, EH : エヴァタッチハード, AS : アストロン LC ソフト, KD : クレパートドゥ, MS : モルテノソフト, MR : モルテノレギュラー, MH : モルテノハード

表3 レジンに軟質裏装材を裏装した場合の各パラメータの平均値と標準偏差

	$E_1 + E_2$ (MPa)	$E_2$ (MPa)	$\eta$ (MPa·sec)
ES (1.0 mm) (2.0 mm)	6.03±1.16 4.52±0.66	3.57±0.81 3.41±0.44	7.23±1.65 7.18±0.67
EH (1.0 mm) (2.0 mm)	5.07±1.52 4.16±0.49	3.15±1.01 2.88±0.53	5.39±1.01 7.79±2.29
AS (1.0 mm) (2.0 mm)	4.14±0.33 4.34±0.42	0.65±0.24 0.89±0.16	8.40±0.36 9.64±2.07
KD (1.0 mm) (2.0 mm)	5.65±1.19 7.10±1.32	1.11±0.39 1.26±0.29	11.18±1.85 15.35±2.75
MS (1.0 mm) (2.0 mm)	9.24±1.33 11.24±0.81	7.45±1.08 8.54±0.75	24.89±6.37 41.96±2.61
MR (1.0 mm) (2.0 mm)	18.35±2.02 19.72±1.87	15.89±1.83 16.23±1.65	31.05±6.72 50.32±5.17
MH (1.0 mm) (2.0 mm)	32.85±2.24 39.13±0.92	29.70±2.19 34.06±0.69	33.49±4.18 72.60±4.56

直径 18.0 mm, 厚み 3.0 mm のレジン板に軟質裏装材を 1.0 mm と 2.0 mm の厚みに裏装

親的な臨床選択基準とは臨床経験の差などによらないものでなければならないが、現在のところこれらが明確に定義づけられているとは言い難い。これらを明確にする努力は続けなければならない一方で、現実的には、以下のごとく定めるのが適切であろうと思われる。

1) 下顎にのみ用いられるのが好ましい。下顎顎堤粘膜は上顎のそれより薄く、義歯床面積も少なく、咬合圧負担能は上顎に比較して劣っている<sup>63,64</sup>。さらに、咀嚼時の疼痛ももっぱら下顎に発生する。

2) 下顎顎堤の吸収が著しく(下顎骨の幅と厚みの両方が少ない)、その状態に左右差が大きく、さらに下顎骨断面形態がナイフエッジ状と診断される場合。

3) 下顎顎堤粘膜を手指で軽く圧迫すると疼痛が誘発される場合。

4) 咬合力が天然歯列者の場合とほとんど同じであるとみなされる場合。

5) いくつかの全身疾患(糖尿病, 骨粗鬆症, 皮膚粘膜のアレルギー疾患など)を有し, 粘膜自体が脆弱であるとみなされる場合。

これらのいくつかが当てはまる時に, 軟質裏装材が用いられるとよい。ここでいくつかとは, 2) に述べたように顎堤の吸収がたとえ著しくとも, その患者の咬合力が弱い(例えば, 閉口量が少なく顎運動の運動範囲が小さい時など)とみなされる場合は咀嚼時疼痛は生じにくく, 適切な義歯床縁形態が付与されれば咀嚼時の疼痛は発生しない場合も多い。咬合力の問題は臨床上よく留意すべきものと思われ, 上下顎総義歯患者の咬合力は天然歯列者に比較して小さいとされてい

るが<sup>63,64</sup>, 全てに当てはまるわけではない。実際, 天然歯列者と同様の咀嚼運動を行う例を見かけることがあり, このような患者で 2) を満たす場合は軟質裏装材のよい適応とみなして妥当であろう。

このように, 軟質裏装材はすでに臨床に広く用いられているにもかかわらず, 臨床選択基準が十分確立されているとは言い難い。さらに, 実際に与える軟質裏装材の厚みについての客観的根拠も乏しく, 使用可能年数も明かでないこと, 技工操作が煩雑である等の問題点も依然として解決されていない。

#### 軟質裏装材の研究方向と将来について

現在まで行われてきた軟質裏装材に関する研究の多くは, 材料自体の粘弾性特性を明らかにしたものであり, 臨床で用いられた場合の材料の粘弾性特性については依然として不明である。義歯粘膜面は曲面であり, この面に裏装される軟質裏装材の厚みは一般に薄く, しかもレジンによって拘束されているため, 従来の多くの研究結果は, そのまま当てはまらない。そこで, このような状況での粘弾性特性を測定する必要があるが, 従来用いられてきたクリープ試験やリラクゼーション試験を義歯粘膜面に裏装された軟質裏装材に応用することはできない。この点の解決を図る一助として, 著者らはゴム硬度計を用いる有用性を報告した<sup>62</sup>。軟質裏装材の硬さの評価は, 国外では Schmidt ら<sup>65</sup>, Kazanji ら<sup>66</sup>, Dootz ら<sup>43</sup> がショアデュロメータの使用を推奨しており, 軟質裏装材の硬さを評価する方法としては有効である。また, Graham

ら<sup>67)</sup>, Holt ら<sup>68)</sup>は, 義歯粘膜面に軟質裏装材が裏装された状態を新しいパラメータを用いて評価しているが, 義歯粘膜面に裏装された状態での粘性率や応力緩和の大きさなどを測定するには至っていない。一方, 井上ら<sup>69)</sup>は改良試作型硬度計を用いて義歯床用軟質裏装材の硬さと圧縮弾性率を測り, Jepson ら<sup>70,71)</sup>は新しい測定装置を用いて軟質裏装材を評価している。いずれにしても, 現在まで軟質裏装材を裏装した義歯に関して, 直接粘弾性特性を検討したものは見当たらないようである。今後義歯に裏装された軟質裏装材の粘弾性特性を測定する機器や方法が開発されれば, 材料の臨床挙動が次第に明かになり, 軟質裏装材の応力緩和能の分析も可能となるにちがいない。

臨床の間では軟質裏装材に接する顎堤粘膜などの条件も考慮する必要がある。すなわち, 顎堤粘膜の粘弾性特性の把握は, 軟質裏装材の臨床応用の基準の確立に欠かすことはできない。口蓋粘膜に関しては Herzig<sup>72)</sup>, Kydd<sup>73)</sup>, 田中<sup>74)</sup>, 中島<sup>75)</sup>, 三輪<sup>76)</sup>, 佐藤<sup>77)</sup>らの弾性率や瞬間弾性率などの報告があるが, 下顎粘膜に関しては乏しい<sup>78)</sup>。軟質裏装材の臨床応用が下顎無歯顎に好ましいとするならば, この方面の研究の発展が強く望まれる。さらに, 粘膜の弾性率は部位によって異なるので, 口腔粘膜に関する Inoue ら<sup>79)</sup>の弾性率の測定方法や井上ら<sup>35)</sup>の硬さと厚みの報告は有益である。また最近では, 有限要素法を用いて床下粘膜の応力分布についての報告<sup>80)</sup>がなされ, 河野ら<sup>81)</sup>は軟質裏装材が床下組織の応力分布に及ぼす影響について明らかにしている。ここでは, 裏装材の使用により顎舌骨筋線部にかかる応力の値は減少し, 一方, 咬合力が持続的に加わった場合床下組織に生じる応力値は増加すると述べられている。また, 佐藤ら<sup>82)</sup>は軟質裏装材の応力緩和能を有限要素解析により検討し, 顎堤粘膜が 2 mm 以上の場合には軟質裏装材の応力緩和能は発揮されず, また, 軟質裏装材は 1 mm の厚さでも 2 mm と同程度の応力緩和能を発揮するとしている。このように, 有限要素法を用いた軟質裏装材の粘弾性特性や応力緩和能の研究も多いに期待されるところである。

これらの研究の進行に伴って, 軟質裏装材に付与すべき適切な厚み, 耐久可能な年数の予測などが明らかとなり, 軟質裏装材の臨床指針が提示され, 軟質裏装材に要求される粘弾性特性も同時に明らかになるにちがいない。さらに, 新しい軟質裏装材の開発にもつながろう。このような状況の展開が, 軟質裏装材の臨床応用における有用性をさらに明確にしていくものと考えられる。

## 文 献

- 1) 平澤 忠, 平林 茂: 市販各種リベース材の現状とその材料学的な整理として. *QDT* 12, 53-66, 1987.
- 2) Qudah, S., Harrison, A. and Huggett, R.: Soft lining materials in prosthetic dentistry: a review. *Int. J. Prosthodont.* 3, 477-483, 1990.
- 3) Twitchell, H.: Improvement in dental plates. *US Patent* No. 88, 682, 1869.
- 4) Lammie, G.A. and Storer, R.: A preliminary report on resilient dentures plastics. *J. Prosthet. Dent.* 8, 411-424, 1958.
- 5) Matthews, E.: Soft resin lining for dentures. *Br. Dent. J.* 78, 140, 1945.
- 6) Nelson, A.A.: Soft cushion lining for artificial dentures and process. *US Patent* No. 2, 446, 298, 1948.
- 7) Storer, R.: Resilient denture base materials. *Br. Dent. J.* 113, 231-239, 1962.
- 8) Barnhart, G.W.: Properties and procedures of silicones for soft denture bases. *J. Dent. Res.* 43, 118-120, 1964.
- 9) Robinson, J.E.: Clinical experiments and experiences with silicone rubber in dental prosthetics. *J. Prosthet. Dent.* 13, 669-675, 1968.
- 10) Wright, P.S.: Characterisation of the rupture properties of denture soft lining materials. *J. Dent. Res.* 59, 614, 1980.
- 11) Wright, P.S.: Characterisation of the adhesion of soft lining materials to polymethylmethacrylate. *J. Dent. Res.* 61, 1002, 1982.
- 12) 嶺崎良人, 篠原直幸, 鬼塚 雅, 自見 忠, 藤井孝一, 井上勝一郎: 軟口蓋実質欠損の補綴に適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. 補綴誌 27, 1248-1253, 1983.
- 13) Sneed, W.D., Miller, R. and Olson, J.: Tear strength of ten elastomeric impression materials. *J. Prosthet. Dent.* 49, 511, 1983.
- 14) 濱田泰三, 重頭直文, 村田比呂司: 義歯の裏装. 日本医療文化センター, 東京, 1991.
- 15) 森居研治, 三輪条二, 奥野善彦, 杉中秀寿: アクリル系軟性レジン裏装材の粘膜面に発生した汚れの細菌学的検索. 補綴誌 22, 679-683, 1978.
- 16) 佐藤博信, 竹内敏洋, 鱗身進一, 篠原 功, 豊田静夫, 井上勝一郎, 柿川 宏, 服部信一, 上原秀樹, 鬼塚 雅: 義歯裏装材および機能的印象材に対する義歯清掃材の影響. 第1報. 補綴誌 26, 840-848, 1982.
- 17) Kazanji, M.N.M. and Watkinson, A.C.: Soft lining materials: their absorption of, and solubility in, artificial saliva. *Br. Dent. J.* 165, 91-94, 1988.
- 18) 平林 茂, 野本理恵, 大久保勝久, 平澤 忠:

- 義歯床用軟質裏装材の流動性と吸水性について。鶴見歯学 16, 305-311, 1990.
- 19) 蟹江隆人, 寺尾隆治, 有川裕之, 門川明彦, 濱野 徹, 藤井孝一, 井上勝一郎: 義歯洗浄材による軟質裏装材の劣化. 補綴誌 36, 488-495, 1992.
  - 20) Bates, J.F., and Smith, D.C.: Evaluation of indirect liners for dentures: Laboratory and clinical tests. *J. Am. Dent. Assoc.* 70: 344, 1965.
  - 21) Mäkilä, E.: Soft lining to relieve soreness beneath dentures. *J. Oral. Rehabil.* 3, 145-150, 1976.
  - 22) Mäkilä, E. and Honka, O.: Clinical study of a heat-cured silicone soft lining material. *J. Oral. Rehabil.* 6, 199-204, 1979.
  - 23) Schmidt, W.F. and Smith, D.E.: A six-year retrospective study of Mollo-plast-B lined dentures. Part I. Patient response. *J. Prosthet. Dent.* 50, 459-465, 1983.
  - 24) Collis, J.: Assessment of a recently introduced fluoroelastomeric soft lining material. *Int. J. Prosthodont.* 6, 440-445, 1993.
  - 25) 早川 巖, 打田年実, 河江 信, 辻 喜之, 木村恵子, 増原英一, 永岡勝久: 新しい軟質裏装材 (軟質フルオロポリマー) の臨床への応用. 歯界展望 54, 1019-1033, 1979.
  - 26) 早川 巖, 長尾正憲, 坂内信男, 増原英一: 新開発の餅状フッ素系軟質裏装材の性質と使用法. 歯界展望 68, 383-392, 1986.
  - 27) 早川 巖, 野村知子, 松井一則, 鈴木勝美, 長尾正憲, 増原英一: 餅状フッ素系軟質裏装材の開発研究. 補綴誌 30, 321-325, 1986.
  - 28) 津留宏道, 平井浩二, 妹尾輝明, 植野正人: 軟質裏装材「モルテノ」の有用性と多目的利用. 歯科技工 15, 506-512, 1987.
  - 29) 津留宏道, 長澤 亨, 大川周治, 吉田耕一郎, 平井浩二: 新しい義歯床用軟質裏装材「モルテノ」による義歯の製作. 歯科技工 15, 431-438, 1987.
  - 30) 津留宏道, 長澤 亨, 大川周治, 吉田耕一郎, 平井浩二: 新しい義歯床用軟質裏装材「モルテノ」の臨床評価. 歯科技工 15, 519-525, 1987.
  - 31) Ohkawa, S., Matsukawa, T., Nagasawa, T. and Tsuru, H.: Clinical evaluation of a new resilient denture liner in long-term use. *Dent. Mater. J.* 8, 129-134, 1989.
  - 32) 横堀雅義, 吉田伸也, 菊池利也, 竹内 操, 鎌田政善, 潤田和好, 嶋倉道郎: レジン系光重合型軟質裏装材の理工学的性質に関する研究. 一第1報-吸水量, 溶解量および弾性について. 補綴誌 36, 88回特別号, 163, 1992.
  - 33) 森 正博, 松本亀治, 三輪悦子, 吉川建美, 椎名順朗, 森戸光彦, 細井紀雄, 猿 玉朱: 軟質裏装材を使用した全部床義歯患者の臨床的観察. 鶴見歯学 16, 289-296, 1990.
  - 34) 津留宏道, 長澤 亨, 大川周治, 吉田耕一郎, 石田栄作: ポリオレフィン系軟質裏装材「モルテノ」の性質と使用法. *QDT* 12, 73-78, 1987.
  - 35) 寺尾隆治: 義歯床用軟質裏装材の物理的ならびに機械的性質と耐久性に関する研究. 歯材器 12, 265-278, 1993.
  - 36) 井上勝一郎, 中村勇三, 糸永昭仁, 鶴田浩範, 三浦啓一, 有川裕之, 蟹江隆人, 藤井孝一: 義歯床用軟質裏装材の理工学的性質と問題点. 歯科評論 614, 121-134, 1993.
  - 37) 川上道夫: 軟質レジンの材料科学. 歯科技工 15, 513-518, 1987.
  - 38) 津留宏道, 長澤 亨, 大川周治, 守谷直史: 粘膜調整と義歯床下粘膜組織の変化. 一病変とティッシュコンディショナーの治療効果一. 歯科ジャーナル 32, 47-53, 1990.
  - 39) 早川 巖: 軟質裏装材の応用. 歯科ジャーナル 20, 702-706, 1984.
  - 40) American Dental Association: Guide to Dental Materials and Devices, ed 8. Chicago, 1976-1978, The American Dental Association, p 168.
  - 41) Noort, R.: Dental Materials: 1992 literature review. *J. Dent.* 22, 5-28, 1994.
  - 42) Sinobad, D., Murphy, W.M., Huggett, R. and Brooks, S.: Bond strength and rupture properties of some soft denture liners. *J. Oral. Rehabil.* 19, 151-160, 1992.
  - 43) Dootz, E.R., Koran, A. and Craig, R.G.: Comparison of the physical properties of 11 soft denture liners. *J. Prosthet. Dent.* 67, 707-712, 1992.
  - 44) Kawano, F., Dootz, R., Koran, A. and Craig, R.G.: Comparison of bond strength of six soft denture liners to denture base resin. *J. Prosthet. Dent.* 68, 368-371, 1992.
  - 45) 有川裕之, 寺尾隆治, 蟹江隆人, 藤井孝一, 井上勝一郎, 門川明彦, 濱野 徹: 各種義歯床用軟質裏装材の理工学的性質. 歯材器 11, 642-646, 1992.
  - 46) W. フリュージェ原著 堀 幸夫訳: 固体の力学シリーズ1. 粘弾性学. 培風館, 東京, 1-23, 1973.
  - 47) 川上道夫: 歯科材料とレオロジー. 愛院大歯誌 2, 1-14, 1964.
  - 48) 村上謙吉: レオロジー基礎論. 産業図書, 東京, 75-92, 1991.
  - 49) 小野木重治: 化学者のためのレオロジー. 化学同人, 京都, 53-72, 1990.
  - 50) Murata, H., Shigeto, N. and Hamada, T.: Viscoelastic properties of tissue conditioners-stress relaxation test using Maxwell model analogy. *J. Oral. Rehabil.* 17, 365-375, 1990.
  - 51) 川上道夫: レオロジー. 一力学模型によって粘弾性体の変形を考える一. *DE* 51, 24-34, 1979.
  - 52) 川上道夫, 片倉直至, 荒木吉馬: レオロジー.



- 一力学模型によって歯科材料を考える一. DE 53, 33-40, 1980.
- 53) 井上勝一郎: 歯科材料のレオロジー. 鹿歯紀 3, 25-35, 1983.
- 54) 川上道夫, 竹花庄治: Dynamic impression materialのクリープとその回復. 歯理工誌 6, 7-11, 1965.
- 55) 日高里史: 軟性裏装材の物性に関する基礎的研究. 九州歯会誌 34, 678-695, 1981.
- 56) 鱒見進一: 軟性裏装材のレオロジカルな性質と咀嚼能力に及ぼす影響. 九州歯会誌 38, 864-879, 1984.
- 57) 賛川勝吉: 暫間裏装材の組成と粘弾性的性質の関係に関する研究. 口病誌 53, 157-183, 1986.
- 58) 河野文昭, 多田 望, 中畑哲也, 佐藤修亮, 羽田 勝, 松本直之: 軟質裏装材の緩圧効果に関する研究. 第1報 平行板実験. 補綴誌 32, 1241-1252, 1988.
- 59) 器材薬剤室: 粘膜調整材ならびに軟性床用裏装材の臨床的評価に関する検討. 日歯師会誌 41, 607-616, 1988.
- 60) 平沼謙二, 佐野恭之, 太田 功, 菅田明美: 粘膜調整材ならびに軟性床用裏装材の物理的性質よりみた臨床的評価. DE 88, 27-34, 1989.
- 61) 守谷直史, 操田利之, 森本 進, 佐藤裕二, 大川周治, 岡田達夫, 吉田総仁, 津留宏道: 義歯床用軟質裏装材の粘弾性特性. 一負荷時および除荷時の挙動について. 広歯誌 25, 180-185, 1993.
- 62) 守谷直史: 軟質裏装材の粘弾性特性に関する研究. 広歯誌 25, 186-199, 1993.
- 63) 森谷良彦: 総義歯の咬合力に関する研究補遺. 補綴誌 11, 1-23, 1967.
- 64) 岡根秀明, 橋田博文, 津島隆司, 佐々木元, 長澤 亨, 津留宏道: 総義歯の床面積が咬合力の発現に及ぼす影響に関する実験的研究. 補綴誌 23, 428-436, 1979.
- 65) Schmidt, W.F. and Smith, D.E.: A six-year retrospective study of Mollo-plast-B lined dentures. Part II. liner serviceability. *J. Prosthet. Dent.* 50, 459-465, 1983.
- 66) Kazanji, M.N.M. and Watkinson, A.C.: Influence of thickness, boxing, and storage on the softness of resilient denture lining materials. *J. Prosthet. Dent.* 59, 677-680, 1988.
- 67) Graham, B.S., Jones, D.W., Thomson, J.P. and Johnson, J.A.: Clinical compliance of two resilient denture liners. *J. Oral. Rehabil.* 17, 157-163, 1989.
- 68) Holt, R.A., Zylinski, C.G. and Ducanson, M.G.: Force versus time profiles of selected heat-processed dentures liners. *Int. J. Prosthodont.* 4, 164-168, 1991.
- 69) 井上勝一郎, 糸永昭仁, 鶴田浩範, 寺尾隆治, 山下洋基, 塚田岳司, 奥 淳一, 有川裕之, 蟹江隆人, 藤井孝一: 改良型試作硬度計を用いて決定した義歯床用軟性裏装材の硬さと圧縮弾性率. 歯材器 12, 346-351, 1993.
- 70) Jepson, N.J.A., McCabe, J.F. and Storer, R.: Evaluation of the viscoelastic properties of denture soft lining materials. *J. Dent.* 21, 163-170, 1993.
- 71) Jepson, N.J.A., McCabe, J.F. and Storer, R.: Age changes in the viscoelasticity of permanent soft lining materials. *J. Dent.* 21, 171-176, 1993.
- 72) Herzig, E.: The pressure deformation relationship and rheologic behavior of palatal mucoperiosteum. Thesis, Univ. of Washington, 1965.
- 73) Kydd, W.L.: The stiffness of palatal mucoperiosteum. *J. Prosthet. Dent.* 18, 116-121, 1967.
- 74) 田中資郎: 口蓋粘膜のクリープに関する研究. 補綴誌 14, 358-378, 1973.
- 75) 中島俊朗: 口蓋粘膜の応力緩和に関する研究. 補綴誌 19, 391-410, 1975.
- 76) 三輪英則: 断続荷重における口蓋粘膜のクリープ. 補綴誌 20, 399-422, 1976.
- 77) 佐藤志貴: 口蓋粘膜のクリープと荷重量との関係. 補綴誌 23, 103-125, 1979.
- 78) Tomlin, H.R.: The thickness and hardness of soft tissues. *Br. Dent. J.* 124, 223-226, 1968.
- 79) Inoue, K., Arikawa, H., Fujii, K., Shinohara, N. and Kawahata, N.: Viscoelastic properties of oral soft tissue 1. A method of determining elastic modulus of oral soft tissue. *Dent. Mater. J.* 4, 47-53, 1985.
- 80) 本橋宏明: 義歯床下粘膜における応力分布の有限要素法による解析. 補綴誌 37, 1059-1073, 1993.
- 81) 河野文昭, 浅岡憲三, 永尾 寛, 多田 望, 松本直之: 粘弾性解析による軟質裏装材の有用性に関する研究. 一第1報 軟質裏装材が床下組織の応力分布に及ぼす影響一. 補綴誌 36, 1305-1311, 1992.
- 82) 佐藤裕二, 守谷直史, 湯浅良孝, 赤川安正: 義歯床用軟質裏装材の応力緩和能に関する有限要素解析. 広歯誌 26, 134-137, 1994.