

—原 著—

ポリウレタン系軟質裏装材の臨床応用 のための基礎的研究

第1報 理工学的性質について

草刈 玄 鎗田 敏之
折笠 紀晶 宮川 修*

新潟大学歯学部歯科補綴学第二講座

(主任: 草刈 玄教授)

新潟大学歯学部歯科理工学講座*

(主任: 宮川 修助教授)

Key words: polyurethane soft rebase materials (ポリウレタン系軟質裏装材), water-sorption (吸水量), tensile strength(引っ張り強さ), shore hardness(ショア硬さ), contact angle (接触角)

要 旨

本研究では、弾力性に富み、長期の使用に耐え得るといわれる新しいポリウレタン系軟質裏装材について、その臨床応用への可能性を導き出すために理工学的試験を行った。

ポリウレタン系軟質裏装材について吸水量試験、引っ張り試験、硬さ試験およびぬれ試験を行い、その理工学的性質について、検討を行うとともに、市販されているシリコン系軟質裏装材、フッ素系軟質裏装材および床用アクリルレジンについても同様な理工学的試験を行い、比較検討をした。

ポリウレタン系軟質裏装材は、餅状フッ素系軟質裏装材およびシリコン系軟質裏装材と比べて、引っ張り強さでは低い値を示したものの、ショア硬さおよび水に対するぬれ性では良好な結果が得られた。また、ポリウレタン系軟質裏装材における吸水量の経時的変化は、床用アクリルレジンと似た傾向を示した。

これらのことから、ポリウレタン系軟質裏装材は、他の軟質裏装材と比べて理工学的性質上、総合的に優位にあり、臨床的に十分な性質を備えた裏装材であることが示唆された。

緒 言

現在、義歯床用材料として、一般にアクリルレジンが使用されている。しかし顎堤の吸収が著しく床下粘膜が菲薄な症例や顎堤の形態が鋭

利な症例では、咀嚼時、義歯床下粘膜に疼痛が生じやすく、通常のアクリルレジンで義歯を製作しても良好な結果は得られないことがある。このような場合には、義歯床粘膜面に軟質裏装材^{1)~3)}を使用することにより、顎堤に加わる咬

合圧を緩和し、粘膜の疼痛や褥創性潰瘍の発生を防ぎ、義歯の維持安定をはかる方法がとられる。この軟質裏装材としては古くはビニール系樹脂、アクリル酸エステルの共重合樹脂などが使用されていたが、いずれも材質的に不安定で、口腔内での吸水による変質や、また耐用期間が短いなどの問題もあって、臨床的に満足な結果は得られなかった。その後、シリコン系軟質裏装材^{4)~6)}は化学的に比較的安定で、また弾性も有していることから臨床でも広く利用されているが、レジンとの接着性^{7),8)}、candida等の細菌の発生^{9),10)}といった問題が残されている。

また、フッ素系軟質裏装材¹¹⁾は化学的に安定で、耐水性、耐摩耗性に優れているが、義歯の裏装材として最も重要な要素である弾性が不足しているように思われる。そこで今回、弾力性に富み、しかも長期の使用に耐え得るといわれる新しいポリウレタン系軟質裏装材に着目し、臨床応用への可能性を導き出すために、その理工学的性質について検討を行った。

実験方法

1. 実験材料

実験材料として、Shona Corporation製ポリウレタン系軟質裏装材を使用した。このポリウレタン系軟質裏装材は、Soft-Resin A. B, SPHとキャタリストを規定のカップで調合し十分混合した後、Microwave Ovenで重合することによって硬化する材料である。

まず、上記の方法により厚さ1mmのシート状のものを作製し、これを以下の試験項目にしたがって規定した大きさに専用カッターにより切断し、これを試験片とした。また、比較試験として市販のシリコン系軟質裏装材(Neo Co., LTD)および餅状フッ素系軟質裏装材(Kureha Chemical Industry Co., LTD)を使用し、同じ大きさに試験片を作製した。なお、吸水量試験およびぬれ試験では、床用アクリルレジン(ジーシー社製)も比較試験とした。

2. 実験項目

1) 吸水量試験

試験片の大きさを縦1mm、横20mm、厚さ1mmとし、20℃で5分間減圧乾燥したものを恒量とした。これを37℃の蒸留水中に一定時間浸漬させた後、吸水した重量を秤量し、単位面積当たりの吸水量を求めた。測定時間は1, 3, 6時間, 1, 7, 14, 30日後とし、それぞれの測定時間とも5個の試料について測定し、その平均値を吸水量とした。

2) 引っ張り試験(引っ張り強さ)

ASTM規格のダンベル型試料(D1708, 厚さ1mm)を作製し引っ張り試験を行って引っ張り強さを測定した。引っ張り速度は100mm/minとして単位面積当たりの引っ張り強さを求めた。測定は20℃大気中においた試験片と37℃蒸留水中に浸漬された試験片で行い、測定時間は1, 3, 6時間, 1, 7, 14, 30日後とした。吸水量試験と同様、各測定時間毎に5個の試験片について測定し、その平均値を引っ張り強さとした。

3) 硬さ試験(ショア硬さ)

試験片の大きさを縦20mm、横20mm、厚さ3mmとし、Durometer Type A(高分子計器株式会社製)を用いて室温20℃におけるショア硬さを測定した。測定値は、硬度計の針を試料面に押し当て、3秒後の値を用いた。測定は20℃大気中においた試験片と37℃蒸留水中に浸漬された試験片で行い、測定時間は1, 7, 14, 30日後とした。各測定時間とも4個の試験片について測定し、その平均値を試験片のショア硬さとした。

4) ぬれ試験

試験片の大きさを縦20mm、横20mm、厚さ1mmとし、試験面に蒸留水を10 μ lを滴下し、60秒後の接触角を接触角測定器にて温室20℃で測定し、水に対するぬれ性を調べた。

結 果

1) 吸水量試験(図1, 表1)

ポリウレタン系裏装材では、1日後で1.07 mg/cm²と他の材料より大きい値を示したが、その後は床用アクリルレジンと同様な傾向を示

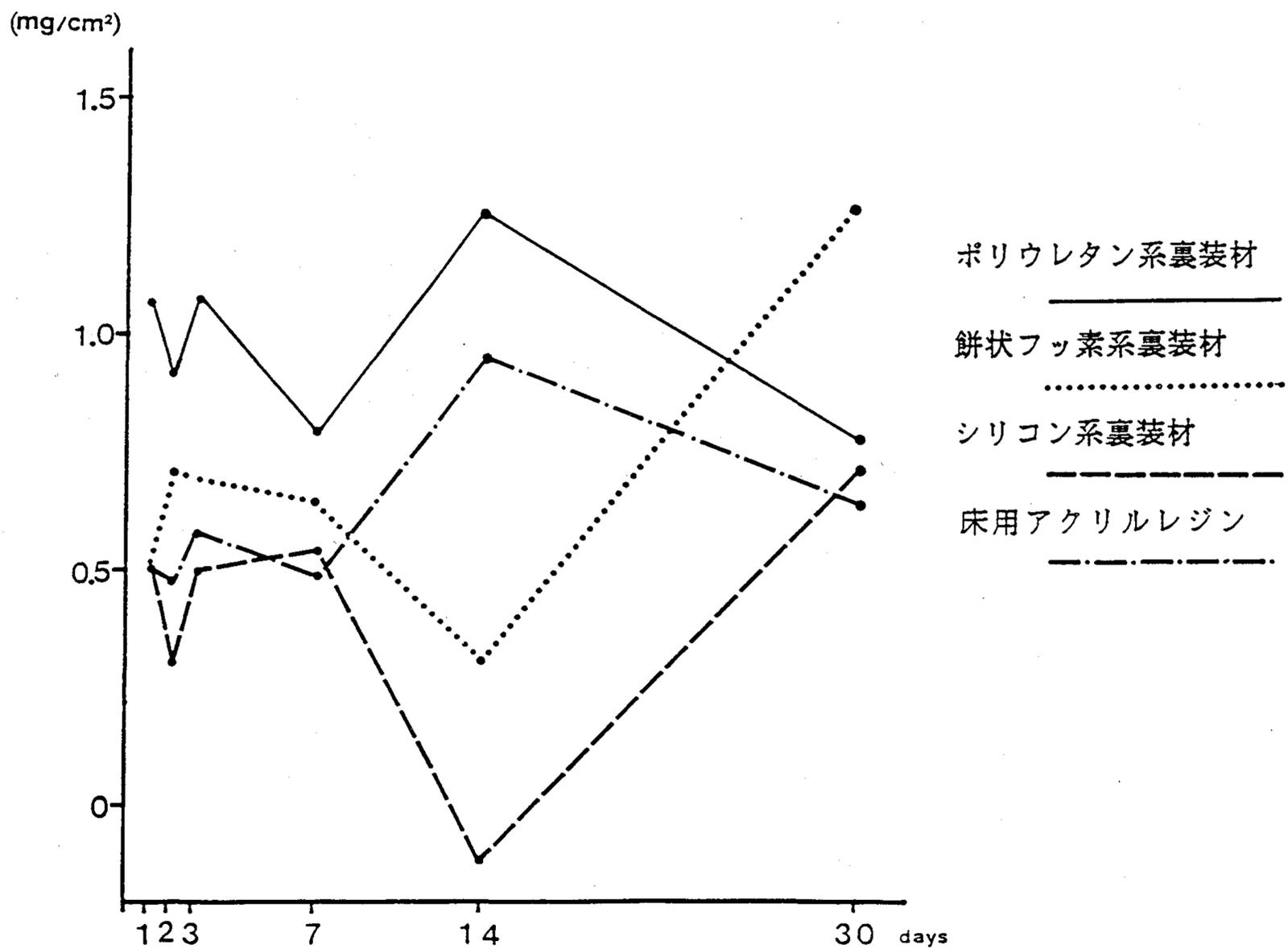


図1 吸水量の経時的変化

表1 吸水量の経時的変化

		(mg/cm ²)								
		1 hour after	3 hours after	6 hours after	1 day after	2 days after	3 days after	7 days after	14 days after	30 days after
ポリウレタン系裏装材	mean	1.03	0.95	1.38	1.07	0.91	1.03	0.79	1.26	0.78
	S. D	0.059	0.116	0.154	0.058	0.067	0.300	0.053	0.185	0.177
餅状フッ素系裏装材	mean	0.15	0.10	0.25	0.51	0.71	0.69	0.64	0.31	1.28
	S. D	0.034	0.016	0.166	0.168	0.172	0.013	0.103	0.409	0.248
シリコン系裏装材	mean	0.14	0.16	0.52	0.53	0.30	0.50	0.54	-0.12	0.71
	S. D	0.038	0.030	0.249	0.166	0.024	0.228	0.174	0.334	0.219
床用アクリルレジジン	mean	0.17	0.15	0.65	0.50	0.47	0.58	0.48	0.95	0.63
	S. D	0.011	0.015	0.096	0.094	0.001	0.075	0.034	0.214	0.173

mean : 平均 S. D : 標準偏差

し、それぞれ14日後で1.26mg/cm²、0.95mg/cm²とピークを示し、30日後ではそれぞれ0.78mg/cm²、0.63mg/cm²であった。

餅状フッ素系裏装材とシリコン系裏装材の吸収量は同様な傾向を示した。1日後で餅状フッ

素系裏装材では0.51mg/cm²、シリコン系裏装材では0.53mg/cm²であった。14日後、それぞれ0.31mg/cm²、-0.21mg/cm²と1日後の値よりかなり小さい値を示したが、30日後にはそれぞれ1.28mg/cm²、0.71mg/cm²と再び急激に上昇

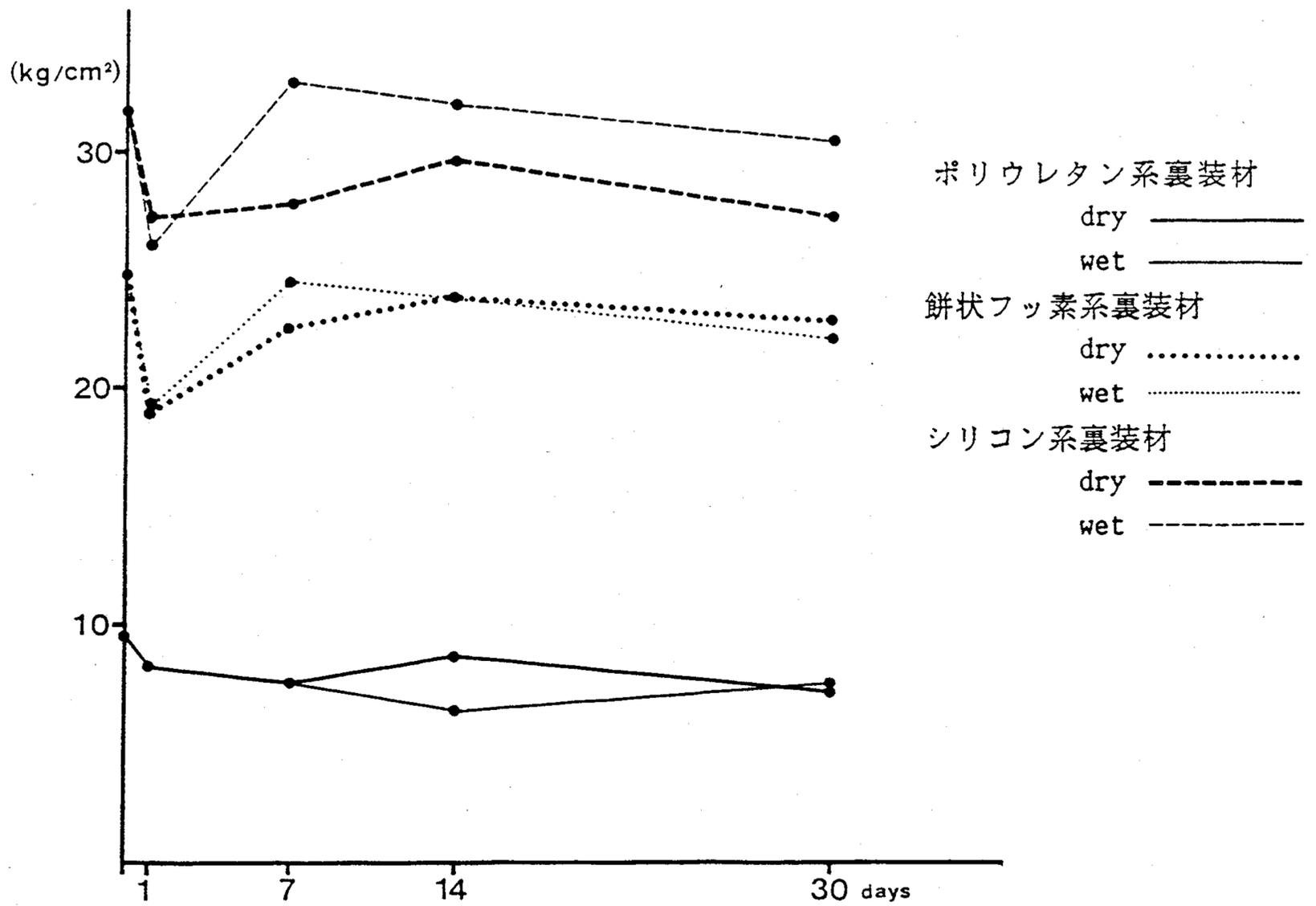


図2 引っ張り強さの経時的変化

表2 引っ張り強さの経時的変化

(kg/cm²)

			0	1 hour after	3 hours after	6 hours after	1 day after	7 days after	14 days after	30 days after
ポリウレタン系裏装材	dry	mean	9.59	8.77			8.20	7.65	8.69	7.07
		S. D	1.57	0.21			1.20	0.93	2.16	0.49
	wet	mean		7.81	9.49	9.43	8.18	7.63	6.37	7.47
		S. D		1.57	1.74	1.17	0.96	0.72	2.17	0.83
餅状フッ素系裏装材	dry	mean	24.9	26.0			18.8	22.6	23.8	22.8
		S. D	2.93	3.07			1.17	1.25	2.53	1.29
	wet	mean		21.7	22.9	32.8	19.2	24.5	23.8	22.2
		S. D		2.28	2.96	7.84	1.29	0.75	1.64	3.19
シリコン系裏装材	dry	mean	32.0	32.0			27.2	28.7	29.7	27.3
		S. D	5.07	5.42			5.72	1.18	3.23	2.83
	wet	mean		32.4	31.3	29.7	26.1	33.0	32.0	30.4
		S. D		2.41	3.28	5.39	2.70	5.29	2.56	3.24

dry : 20°C 大気中 wet : 37°C 蒸留水中 mean : 平均 S. D : 標準偏差

を示した。実験前と30日間蒸留水中に浸漬後の試料片を比較した場合、ポリウレタン系裏装材では肉眼的にほとんど変化が見られなかった。しかし、餅状フッ素系裏装材の30日浸漬された

試料片では透明感が失われ乳白色に変化し、シリコン系裏装材は表面のつやが失われやや脱色されていた。

2) 引っ張り試験 (引っ張り強さ)

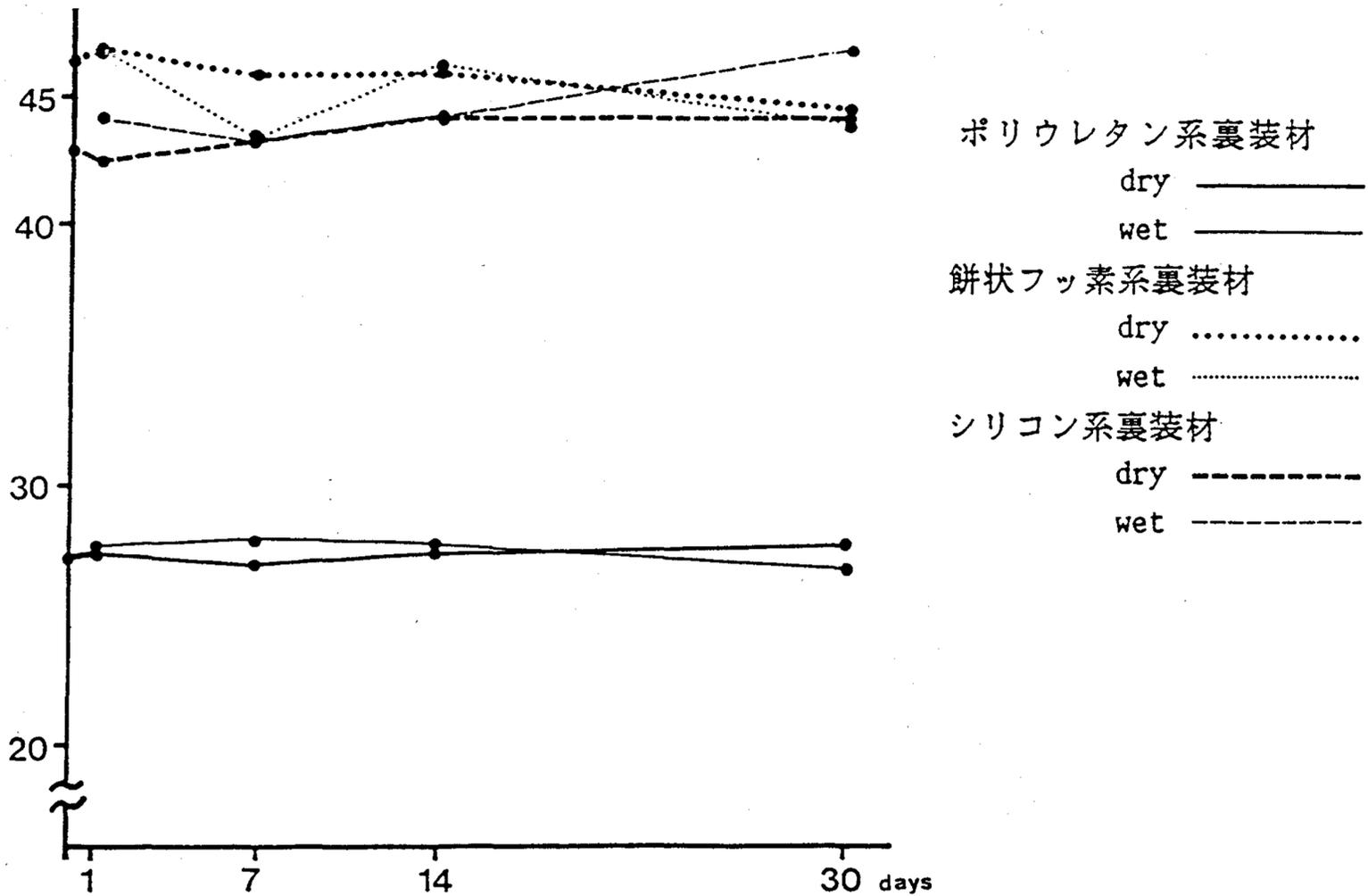


図3 ショア硬さの経時的変化

表3 ショア硬さの経時的変化 (type A)

			0	1 day after	7 days after	14 days after	30 days after
ポリウレタン系裏装材	dry	mean	26.9	27.1	26.7	27.2	27.5
		S. D	1.76	1.81	1.31	1.18	1.30
	wet	mean	26.9	27.4	27.7	27.5	26.2
		S. D	1.47	0.96	1.74	1.70	2.22
餅状フッ素系裏装材	dry	mean	46.3	46.8	45.8	45.8	44.3
		S. D	17.1	3.78	4.50	2.83	2.06
	wet	mean	45.8	46.8	43.3	46.0	43.8
		S. D	2.06	0.96	2.99	1.83	2.06
シリコン系裏装材	dry	mean	42.8	42.5	43.2	44.0	44.0
		S. D	2.03	2.17	1.45	1.02	1.23
	wet	mean	46.7	44.0	43.1	44.1	46.7
		S. D	1.60	1.28	1.61	1.37	0.71

dry : 20°C 大気中 wet : 37°C 蒸留水中 mean : 平均 S. D : 標準偏差

1日蒸留水浸漬においては、シリコン系裏層材で26.1kg/cm²、餅状フッ素系裏装材で19.2kg/cm²、ポリウレタン系裏装材で8.18kg/cm²の値を示した。この値は浸漬日数によってあまり変化することなく、また20℃大気中における試料片と37℃蒸留水中に浸漬させた試料片の間においても大きな差は認められなかった(図2, 表2)。

3) 硬さ試験

ショア硬さは、実験前の20℃大気中において、ポリウレタン系裏装材で26.9、餅状フッ素系裏装材で46.3、シリコン系裏装材で42.8を示した。ポリウレタン系裏装材、シリコン系裏装材および餅状フッ素系裏装材のいずれにおいても、ショア硬さの経時的変化はあまり見られなかった(図3, 表3)。

4) ぬれ試験

水に対するぬれ試験では、接触角がポリウレタン系裏装材で82°、餅状フッ素系裏装材で88°、シリコン系裏装材で104°および床用アクリルレジジンで66°を示した(表4)。

表4 各裏装材における接触角

	contact angle
ポリウレタン系裏装材	82°
餅状フッ素系裏装材	88°
シリコン系裏装材	104°
床用アクリルレジジン	66°

考 察

1. 本研究の臨床的意義

義歯床の粘膜面への機械的刺激は疼痛や褥創性潰瘍を引き起こす原因となる事がある。これらの症状を改善するため、軟質裏装材が開発^{1)~3)}され、従来より臨床に應用されている。この裏装材には、ビニール系樹脂、アクリル酸エステルの共重合樹脂、シリコン系軟質裏装材^{4)~6)}、フッ素系軟質裏装材¹¹⁾等があるが、材質的にまだ十分でないと思われる。そこで、当教

室では、弾力性に富み、しかも長期間使用が可能と考えられる新しいポリウレタン系軟質裏装材に注目した。

このポリウレタン系軟質裏装材が日常臨床において應用されれば、義歯床の粘膜面圧迫によって生ずるであろうと予想される疼痛や褥創性潰瘍を未然に防ぎ、しかも材質的に安定している事から、長期間、口腔内で使用することが可能となる。

そこで、このポリウレタンについて吸水量試験、引っ張り試験、硬さ試験およびぬれ試験を行い、その理工学的性質について、検討を行うとともに、従来よりあるシリコン系軟質裏装材およびフッ素系軟質裏装材についても同様に理工学的試験を行い、比較検討をした。

2. 吸水量試験について

吸水量は軟質裏装材が口腔内で劣化するかどうかを判定する1つの基準となる。ポリウレタン系軟質裏装材の吸収量は、14日までは他の材料より大きな値を示したものの、30日ではシリコン系裏装材および床用アクリルレジジンとほぼ同じ値を示したとともに、吸水飽和に達していた。しかし、餅状フッ素系裏装材は30日間浸漬でも吸水飽和に達しておらず、30日以降さらに吸水量が増加する傾向がみられた。このことから、ポリウレタン系裏装材は他の材料と比較して、長期的にみれば安定し、口腔内装着時その表面にコーティング材¹²⁾を塗布すればさらに長期的使用が可能と考える。

3. 引っ張り強さ試験について

裏装材は義歯床の裏打ちに使用されるため、強度はそれほど必要としないものとする。ポリウレタン系裏装材は7~8kg/cm²の引っ張り強さがあるが、裏装材の強度としては十分であると思われる。またポリウレタン系裏装材とシリコン系裏装材は試験前と試験後に寸法変化はほとんど認められず、引っ張り試験後、弾性変形をおこして試験片は切れた。餅状フッ素系裏装材は、試験片が大きくのびていることからわかるように弾性変形後neckingのような塑性変形を起こして切れたものと考えられる。

4. 硬さ試験について

ポリウレタン系裏装材のショア硬さは、シリコン系裏装材や餅状フッ素系裏装材のそれよりも低いことから、ポリウレタン系はよりやわらかい材料であるといえる。またポリウレタン系裏装材、シリコン系裏装材では測定後、硬度計の針の圧痕がほとんど残らなかったことから、弾性のある材料であることが示された。一方、餅状フッ素系裏装材では硬度計の針の圧痕が残ったことから、可塑性を備えた材料であることがわかった。

5. ぬれ試験について

水に対するぬれの大小は、口腔粘膜への義歯の吸着に影響を与えるもので、接触角が比較的小さいポリウレタン系裏装材は、口腔粘膜への吸着が良好であることが予想される。反面、シリコン系裏装材の接触角が一番大きくなったことは、早川ら¹³⁾の実験結果と一致し、他の裏装材より水に対するぬれ性が悪いことを示している。

6. ポリウレタン系軟性裏装材の総合評価

軟性裏装材の使用目的を大別すると、緩衝と吸着に分けられる¹⁴⁾。今回の実験で用いたポリウレタン系裏装材は、他の裏装材と比べて、硬さ試験におけるショア硬さおよびぬれ試験における接触角がいずれも小さかった。このことから緩衝と吸着の点で、このポリウレタン系軟性裏装材は、他のシリコン系軟性裏装材およびフッ素系軟性裏装材より臨床的に優位であるものと考えられる。

結 論

ポリウレタン系軟性裏装材の理工学的性質を知るために、市販されている餅状フッ素系軟性裏装材、シリコン系軟性裏装材および床用アクリルレジンを用い、比較検討を行ったところ、以下のことが明らかになった。

1. ポリウレタン系軟性裏装材は餅状フッ素系軟性裏装材およびシリコン系軟性裏装材に比べて軟らかい材料であり、また比較的ぬれ性も良かった。

2. ポリウレタン系軟性裏装材における吸水量の経時的変化は、床用アクリルレジンと似た傾向を示した。

3. ポリウレタン系軟性裏装材の引っ張り強さは、他の材料と比べて低い値を示したものの、裏装材の引っ張り強さが臨床上、どの程度必要なのかは不明なため、今後、新たな検討が必要と考える。

以上より、ポリウレタン系軟性裏装材は、他の軟性裏装材と比べて理工学的性質上、総合的に優位にあり、臨床的に十分な性質を備えた裏装材であると考えられる。

文 献

- 1) Chase, W. W.: Tissue conditioning utilizing dynamic adaptive stress, *J. Prosthet. Dent.*, 11: 804-815, 1961.
- 2) 松本直之, 他: いわゆる Dynamic impression material による粘膜の修復効果について, *補綴誌*, 6: 234-239, 1962.
- 3) 山本幸雄: 歯科用軟性樹脂に関する研究 (III), *歯理工誌*, 9: 111-122, 1968.
- 4) Robinson, J. E.: Clinical experiments and experience with silicone rubber in dental prosthetics, *J. Prosthet. Dent.*, 17: 166-171, 1966.
- 5) 平安亮造, 他: 弾性裏装材—Silastic 390 soft liner—による臨床的効果, *補綴誌*, 10: 79-87, 1966.
- 6) 太田克子, 他: Silicone rubber 系弾性裏装材の物質的性状について, *愛院大歯誌*, 12: 164-168, 1974.
- 7) 増原英一: 新しいシリコン軟性床用材料への入門, *歯時報*, 14: 8-11, 1960.
- 8) 井上 宏, 他: 弾性裏装材 Silastic 390 soft liner を局部床義歯に応用した 1 症例, *補綴誌*, 13: 83-88, 1970.
- 9) Woelfel, J. H. and Barnhalt, G. W.: Silicone rubber soft denture base material, *Technique and clinical application*, *Dent. Dig.*, 70: 362-367, 1964.

- 10) Roger, P. M. et al.: The prevention of growth of candida on silastic 390 soft liner for denture, J. Prosthet. Dent. 33: 250-257, 1975.
- 11) 増原英一, 他: 義歯床用軟質フッ素系ポリマーに関する研究, 歯理工誌, 20: 115-120, 1979.
- 12) 早川 巖, 他: 粘膜調整材用コーティング材の開発, 補綴誌, 27: 750-783, 1983.
- 13) 早川 巖, 他: 餅状フッ素系軟質裏装材の開発研究, 補綴誌, 30: 321-325, 1986.
- 14) 川崎文孝, 他: 常温重合による弾性裏装材の臨床成績について, 補綴誌, 21: 368-376, 1977.

Basic study for Clinical Application of Polyurethane Liner

Part 1: Mechanical Nature

Haruka Kusakari, Toshiyuki Yarita, Noriaki Orikasa,
and Osamu Miyakawa*

*2nd Department of Prosthetic Dentistry, School of Dentistry
Niigata University (Chief: Prof. Haruka Kusakari)*

**Dental Materials and Technology, School of Dentistry
Niigata University (Chief: Assoc. Prof. Osamu Miyakawa)*

Abstract

As soft rebase materials, silicones are comparatively elastic and chemically stable, but they show some considerable inconvenients, such as low adhesion to resin and their permeability to microorganisms, such as candida. On the other hand, fluoride materials are chemically stable, water-resisting and durable, but they show low elasticity, which is the most important property of denture rebase materials.

However, the polyurethane rebase materials are said to have proper elasticity and endurance, so they were prepared and tested, in this experiment, for water-sorption, tensile strength, shore hardness and contact angle, along with silicones and fluoride materials, which served as controls.

The results were as follows:

1. Polyurethane materials were softer and showed a better wettness than fluoropolymer soft materials and silicone materials.
2. Water-sorption of polyurethane materials was almost the same as that of denture acrylic resin.
3. Tensile strength of polyurethane materials did not show high values. However, we intend to examine the tensile strength of soft liners, clinically required.

The results would suggest that polyurethane materials are promising soft rebase materials.