



Die optimale Schichtstärke von Gaumenplatten

〈1996年2月号に掲載〉

上顎総義歯口蓋板の適切な厚み

ドイツ・キール大学

S. Körber/G. Johnke/E. Behrens

ドイツ・デュッセルドルフ市

Dental Studio GmbH Rolf Herrman

大畠 一成

日本、ドイツともに高齢化社会を控え、歯科界で当然起こりうる“総義歯の需要増大”に対処するために、“総義歯の材料・技術革新”を多くの関係者が提唱し続けながらも、コストパフォーマンスの問題が総義歯製作用材料および技術的ハイクオリティ化には、今日まだ拍車がかかっているとはいえない状況にある。

そのような状況のなか、イボクラール社はいち早くこの課題に着手し、本論文で紹介されている優れた高温加熱重合レジン材料“SR Ivocap Plus”や、新しい機能解剖的レジン既製人工歯“SR Postaris”などの材料革新に力を入れていることがうかがえる。

また、本論文中の“上顎総義歯の有する「口蓋空間が狭められ、舌の可動性が制約を受ける、熱が滞留し、味覚に障害が生じる……」といった欠点を軽減するために、口蓋板の厚みをできる限り薄く構成する試み”とは、無歯顎患者の切なる願いであるにもかかわらず、口蓋板を薄くすることは義歯床の強度を低下させる。この矛盾する2つの要件を実践的にどう満たすべきかじっくり読んでいただきたい。

「総義歯」というテーマは、社会でわれわれの職業が「入れ歯を作る人」として知られている限り、恐らく歯科技工士として永遠の課題であるはずなのに、これを否定したくなる感覚を覚えるのは果たして筆者だけであろうか。「審美歯科がトレンド」として取り上げられるなか、無歯顎患者の咬合を再考し、「噛める入れ歯」を考察することがわれわれの本流なのかもしれない。

dental labor



図1 実験装置の配置。①誘導方向指示装置を伴う固定装置(W 0.5 T : Hottinger-Baldwin)および中心位荷重軸、②応力測定容器付き荷重装置、③搬送周波数測定増幅器、ヒステリシス曲線(DIA-DAGO)

はじめに

口蓋板は、上顎総義歯の基本的構成要素の一つである。口蓋板は広範囲にわたる硬組織上のレスト座としての役割を果たし、義歯床内面と顎粘膜面との間に生じた毛細管現象による唾液層と機能印象による辺縁封鎖により、義歯床全体の「吸着」が達成される^{3,5,7)}。また患者にとっては、口蓋板こそが、「総義歯」の同義語といっても過言ではないほどの重要性をもっている。事実、上顎総義歯の口腔内装着頻度は、特に口蓋板の適応および親和性という要因が大きく影響している^{9,12)}。

これまで上顎総義歯の不利な側面として、口蓋空間が狭められ、舌の可動性が制約を受ける、熱が滞留し、味覚に障害が生じる……といった点があげられ、これらの障害を少しでも軽減するために種々の努力がなされてきた。例えば、口蓋板の最適な厚みについての正確な数値を確認することなしに、口蓋板の厚みをできる限り薄くする、という試みもなされてきた。

長期にわたり、総義歯が良好に機能するための前提条件の一つに、“十分な機械的強度”が挙げられる。そのために、義歯床用レジンに対しては、理工学的にもきわめて高い弾性係数が求められている。

その結果、口蓋板は一方では患者の装着感、他方

では長期的な機械的強度といった、相対する二つの重要な問題が生じてくる。

このようなことから、筆者らは、“果たして口蓋板の厚みを増す必要があるのか”“患者の要望に応じるような、薄いプレートにすることも可能であるのか”という点について、上顎総義歯の機械的強度を口蓋板の厚みとの関連で検討した。

口蓋板の曲げ強度

測定法

最初の実験では、4種類のレジンおよび重合システム(SP Ivocap-Plus, ProBase-Hot, ProBase-Cold, SR 3-60)を用いて製作された口蓋板を準静的荷重装置にかけ、横走方向強度のテストを実施した。

荷重装置はスタンドにスピンドル駆動部がついており、それにより口蓋板に対して、連続的に強まる荷重応力が加えられる。スピンドル駆動部と試験体の間には、10,000 p という限界負荷をもつ高圧応力計測容器(Hottinger-Baldwin D 2150)が取り付けられている。荷重アームとは分離して、誘導電子方向指示器(Weggeber, Hottinger W 0.5 T)が設置され、これはフルブリッジ切換の一部として、50 KHzの搬送周波数をもつ搬送周波数測定増幅器(Hottinger KWS II/50)に接続されている。



図2 ガラスのように透明な口蓋板を備えた上顎総義歯の試験体。カプセル内にてレジンと混合する方法により、後続プレスリザーブを伴って製作されたSR Ivocap システムを使用



図3 取り外された口蓋板および精密測定ゾンデ(レンファート精密メーター)。それぞれの試験体の厚み、プロファイルを記録するための準備が整った状態

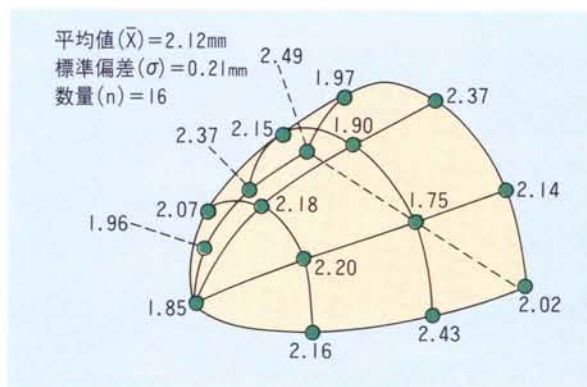


図4 平均値=2.12 mm, 標準偏差値=0.21 mm(数量=16)。総義歯で口蓋板の平均値 2.2 mm, 標準偏差値 σ をもつ場合の厚みの概要

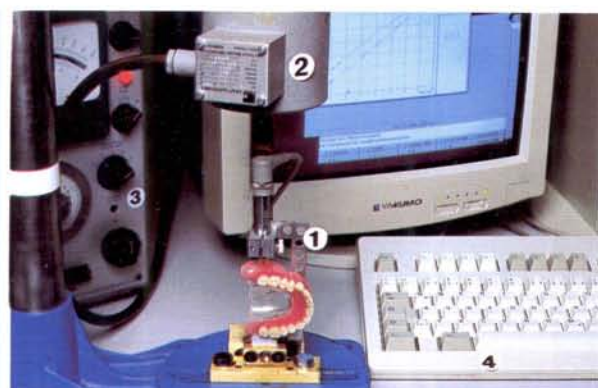


図5 上顎総義歯を荷重装置①に装着したところ。②高負荷応力測定容器(Hottinger-Baldwin, D 2150)。③測定増幅器。④コンピュータ支援による評価方式 DIA-DAGO 評価方式(Gfs: 構造分析会社)

測定値把握およびデータ処理

測定値は、5 Vの限界値をもつ搬送周波数測定増幅器の出力圧力を、計算機システム DIA-DAGO へ直接接続することで行われる(図1)。

この配置により、アナログの電子測定データは、最大タクト周波数 200 KHz の高性能(12 ビット)アナログ・デジタル変成器を通じて、デジタルのシグナルまたは電圧値に変成される。測定値は、搬送周波数増幅器から直接コンピュータ(PC)に伝達される。この計算機は、16 MB という大きな作業メモリを備えている。ソフトウェア・プログラム(DAGO, ダゴ)により、測定統計上の評価が行わ

れ、新しいグラフィック・プログラム(DIA, ディア)により、すべての測定値を希望通りのグラフィック形態として、直接表現することができる。

それと並行して、DIA-DAGO システムの表面は、測定プロセスにおいて、それを観察することを可能にしており、副次的に計算された関数を画面上で見ることができる。

試験体

4 種類のレジンおよび重合システム(SP Ivocap-Plus, ProBase-Hot, ProBase-Cold, SR 3-60)についても、それぞれ、1 mm, 2 mm, 3 mm の厚みの口蓋板を 3 個と、総義歯 6 個を製作した(図2)。



図6 上顎無口蓋総義歯の機能辺縁および歯列を伴う歯槽頂部。口蓋板を取り外した後で荷重装置にかけて、横走方向の変化を測定行う



図7 取り外した口蓋板に対して、横走寸法変化の測定を行う

口蓋板の寸法は、総義歯床部のうちの歯槽堤部を除いたものとした（図3）。合計36個の試験体それぞれに対して、合計16の測定点による、厚みプロファイルを作成する（図4）。

プロファイルの厚み寸法を基にして、各試験体ごとにDAGOプログラムの平均値および標準偏差値を検査プレートの精度の尺度として算出する。

すべての実験用義歯および口蓋板は、メーカーの指示どおりに重合されている。SP Ivocap-Plusで製作された義歯および口蓋板では、システム付属の模型用石膏を使用した。

上顎義歯と取り外した口蓋板との間の機械的強度の比較

機械的強度の比較のため、それぞれのレジン、重合システムごとに、まず総義歯を口蓋板と同じ測定配置で荷重装置に装着し、横走寸法の変化を測定する（図5）。また、口蓋板を外した後の無口蓋義歯と、取り外した口蓋板のデータも計測し、測定値をDIA-DAGOプログラム内で計算して比較する（図6, 7）。

結果

口蓋板のある上顎総義歯の咬合面にかかる横走方向に向けた2kpの応力コンポーネントの変形は、レジンの種類、重合システムによって、それぞれ異なった結果を示した。

カプセル内にて混和されたレジンを調整し、重合したものは、平均値260 μ m、標準偏差値35 μ mとい

う数値で、全測定の中から最高の強度を示した。この数値は、常温重合レジンの強度の2倍に相当する。また目を引くのは、標準偏差値、すなわち測定値の分散がたったの35 μ mという最小の数値であったことである。

この結果より、この重合システムが一定した義歯の製作が可能であることを示している。また、従来タイプの常温重合レジンであるSR 3-60では、SR Ivocap-Plusと比較して個々の測定値の平均値からの偏差が大きい分、脆性が高くなっており、強度はほぼ半分になっている。

これほど大きい分散値が見られた原因としては、モノマーとポリマーの混和を手で行った点が挙げられる。こうした現象は、以前にも別の材料工学的条件の下でも観察されている（表1）。

特に目立つのは、無口蓋のIvocap義歯においては横走方向の荷重に対する強度が約29.7%低下し、横走方向の変形が増大したことである。その反面、取り外された口蓋板の横走方向強度は、平均して口蓋板のある義歯と無口蓋義歯との差よりも小さかった。個々の試験体を比較観察すると、無口蓋義歯の強度の低下は常に同一水準となっていた（表2）。取り外された口蓋板は、常温重合レジンをを用いた場合、偏差値の分散度もより大きく、最大の変形値を示した（表3）。

実際の技工のうえで関心を惹かれるのは、口蓋板の厚みを変化させた場合の、口蓋板のある上顎総義歯における重合レジン相互間の変形値の相異である（表4）。

表1 同一寸法の上顎総義歯における寸法変化の測定統計指標値

	$\bar{X}$	σ	最大	最小	中央
SR Ivocap-Plus	260	35	210	320	260
Pro Base-Hot	340	41	310	390	310
Pro Base-Cold	410	52	370	430	380
SR 3-60 Quick	420	54	390	470	410

表3 種々異なった重合システムごとに区分された取り外された口蓋板の変形に関する測定統計指標値

	$\bar{X}$	σ	最大	最小	中央
SR Ivocap-Plus	540	28	520	590	580
Pro Base-Hot	640	44	540	710	620
Pro Base-Cold	680	41	630	720	670
SR 3-60 Quick	670	118	540	810	710

図8は取り外された口蓋板自体の強度の平均値と比較した、無口蓋義歯の横走方向の強度低下を示している。口蓋板の厚みの違いにより、機械的強度が異なっているのがわかる(図9)。2 mmの厚みをもつ口蓋板における変形値は、3 mmのものと比較して50%以上大きく、強度はその分低下している。1 mmの口蓋板の変形値は、1 kpの横走方向荷重下ではほぼ5倍である。

興味深いのは、横走方向変形の平均値曲線、あるいはSR Ivocap-Plusで製作された1.5、2.1、および3.2 mmの厚みの口蓋板を有する総義歯の結果である。総義歯の口蓋板の厚みは、横走方向の強度の標準偏差では、口蓋板自身の厚みの違いに比べてあまり差異がないことがわかる(表4)。

考察

口蓋板および口蓋板のある上顎総義歯の横走方向の変形値は、義歯の機械的強度の指標値といえる。この横走方向の強度に影響を及ぼすパラメーターは、歯槽堤や義歯床辺縁部が一定ならば、レジンや重合システムの種類、および口蓋板の厚みということになる。

同一の形状と寸法をもつ口蓋板に対して、実験結果から、口蓋板の形状が半球状であるにもかかわらず、

表2 無口蓋の上顎総義歯の変形に関する測定統計指標値

	$\bar{X}$	σ	最大	最小	中央
SR Ivocap-Plus	370	34	340	410	360
Pro Base-Hot	390	38	340	440	380
Pro Base-Cold	460	42	310	550	510
SR 3-60 Quick	500	85	410	580	540

表4 極度の荷重4 kp下での異なる厚みの口蓋板をもつ総義歯の横走方向変形における平均値および標準偏差値(4種類の重合システム)

	1 mm		2 mm		3 mm	
	$\bar{X}$	σ	$\bar{X}$	σ	$\bar{X}$	σ
SR Ivocap-Plus	510	30	490	29	210	32
Pro Base-Hot	630	46	520	42	240	51
Pro Base-Cold	740	44	630	40	360	58
SR 3-60 Quick	690	120	550	110	340	100

ず、口蓋板の機械的強度と厚みとの間には比例的な相関関係があることがわかる。

弾性をもつ荷重領域である口蓋板では、フックの法則通りに1 mmの厚みの試験体と比較して、厚みが2倍であれば2倍の、また3倍であれば3倍の強度ないしは剛性が観察された。

異なる重合システムの比較では、3種類全部の口蓋板の厚みに対し、機械的強度が最大のものはSR Ivocapで製作された、指定されたカプセル混和と重合収縮補正を行った試験体であった。この場合も、以前実施した当該材料でのテスト結果と同様に、より高い密度で、より大きい弾性係数が特徴として確認された。

横走方向の強度の評価では、同一メーカーによる加熱重合レジンが次にくるが、この場合の平均値は38%も低くなっている。同じメーカーによる常温重合レジンの場合では、強度の平均値がほぼ50%も低くなっており、もし義歯床が大きく、しかも薄いものを製作したい場合は、できる限りをSR Ivocapを用いるべきであるとの結論に達する。そして常温重合レジン、スケルトン支持による中間および遊離端義歯に限定すべきである。

興味深い結果として、同一のレジンを用いて異なった厚みの試験体での、機械的強度のテスト結果を示す。ここでも、カプセルタイプのSR Ivocapの長

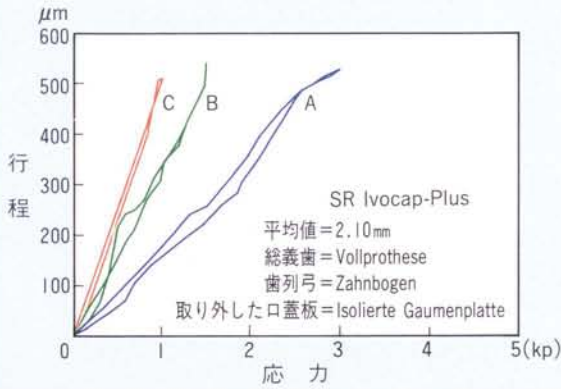


図8 行程／応力指標値曲線。A：上顎総義歯，B：歯槽頂部および機能辺縁を備えた歯列，C：取り外された口蓋板(厚さ2.1mm)

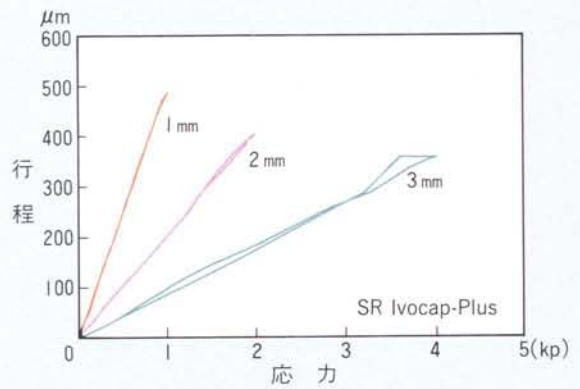


図9 異なった厚みの取り外された口蓋板における行程／応力-荷重指標曲線

所が目立っている。

全3種類の厚みにおいて(1mm, 2mm, 3mm)のSR Ivocapの標準偏差値は最小だった。これは材料が同一で、かつ一定の品質を備えたものであれば、加工法とはほぼ無関係にすべての厚みにおいて機械的強度が得られる、ということの意味している。さらにこの試験結果からわかることは、高い弾性係数をもつ床用レジンが、口蓋板にとっても、変形が最小である、ということである。

以前の研究からも知られているとおり、カプセル混和された加熱加圧重合レジンで、収縮補正を備えたSR Ivocapが、今回実験で使用したすべてのレジン中で最小の初期残留モノマー⁸⁾を示した。また、加熱後の重合収縮は、同様の模型用石膏の膨張により補正されている^{6,7)}。

義歯床が上顎総義歯の剛性ないしは機械的強度にとって重要な要因であるか否か、という問いに対してはこう答えられる。「義歯床は、単に副次的に衝突荷重がかかった後の破折(耐久)強度に関係するにすぎない」と、むしろそれ以上に、義歯床の機械的強度は、咀嚼時の機能負荷を均等に上顎の口蓋粘膜上へ伝達するための生体技術的前提条件をなすもの、というべきである。そうだとすれば、次に来る質問は「口蓋板は、実際的には総義歯全体の構造的強度において、どの程度の役割を果たしているのか？」であろう。実験の結果、義歯床の口蓋板部を機能的境界線に沿って切り離した後の横走方向の強度損失は20%以下となっている。

口蓋板の強度は、予測通り設計時に指定された厚

みにより決定される。その結果、義歯製作時に口蓋板の厚みを薄くすればそれだけ義歯の機械的強度において口蓋板が果たす役割は低下する。たとえば3mmの厚みの義歯床プレートを切り離した後の強度の低下は20%であったが、1mmの厚みの口蓋板を取り外した後では9.2%の強度低下しか確認されていない。

Eichner¹⁾による通常の咀嚼負荷下で、垂直方向荷重において平均2kpの応力を測定した。

応力バラレログラムおよび歯槽内接続ラインの30°の傾斜に対応して、少なくとも1kpの応力が水平方向に作用するとの仮定に立ち、実験条件としては、総義歯の横走方向変形が100μm以上と設定した。口蓋板の厚みが1~1.5mmまで減少した場合には、変形量の増大もこの水準、すなわち150μmの領域にとどまると想定されている(図9参照)。

これにより、次のような結論が得られた。患者の義歯への適応を容易にするために非常に薄くした口蓋板は、実際は上顎総義歯の機械的強度のためには、何の役割も果たさない。この場合、機械的強度のために寄与するのは、もっぱら人工歯の排列されている歯槽頂部だけである。

最後に、総義歯の下部での圧力配分をみると、周知のごとく義歯床の接触面の最大値は、口蓋隆起の部位を削除して挺子運動の発生を防ぐ必要があり、また、ルントの脂肪ゾーン(大臼歯部口蓋脂肪域)では圧力受容能力が小さいことから大幅な制約を受けている。ここでは口蓋板の機能と役割は第一に吸着効果に置かれる^{4,7)}。

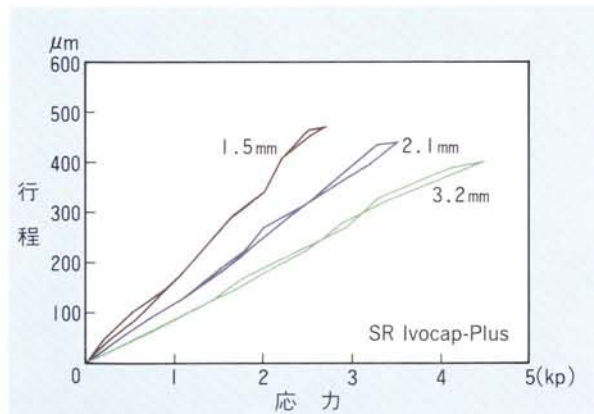


図 10 SP Ivocap-Plus で製作した、異なる厚みをもった口蓋板を備えた 3 種類の義歯における横走方向変形の行程／応力指標値曲線

実際的には(開業医の観点からみれば)、上記の実験結果として、次のような結論を引き出すことができる。

1. 上顎総義歯の機械的強度ないしは剛性は、主として、歯列弓ないしは歯槽頂部突起により決定される。

2. 口蓋板は、剛性ないし機械的強度に対しては、比較的わずかな要因でしかない。

3. 強度値として最高の値が達成されたのは、カプセル混和され、収縮補正された加熱加圧重合レジン SR Ivocap-Plus であった。

4. 口蓋板の最適な厚みは、SR Ivocap-Plus の場合、1.5～2 mm の範囲にある。

ここで留意すべきことは、(人体上では)垂直間隔、歯列弓の長さ、とりわけ歯槽堤の吸収度に大きな差異があることから、それに応じて実験値よりかなり大幅な分散がありうるということである。

原則的には、次のことがいえる。歯槽堤部の長さが広範である必要性があれば、それだけ十分かつ一定の強度が備わっているの、口蓋板はより薄く形成することが可能である。その結果、最初に提示した口蓋板に対する矛盾した要請——十分に高い機械的強度を備えつつ、同時にできる限り薄くあるべき——は、分散(ばらつき)値が最も低い材料を使用すれば実現可能であり、実験に使用された 4 種類の重合法のうちで最も確実性が高いのは、カプセル混和された収縮補正つきの SR Ivocap システムである。

これらのテスト結果を踏まえて、上顎総義歯の口

腔内受容という観点から選択すべきレジンとは、最も薄い厚みの義歯床(プレート)の製作を可能にするものである。適正な材料を用いれば、口蓋板の厚みは平均値が 2 mm 以下でも横走方向強度に対してさほどの損失を与えずに実現可能である(図 10)。

文 献

- 1) K. Eichner : Messung der Kräfte bei Kaufvorgängen. Dtsch.Zahnärztl Z 18, 915～922, 1963.
- 2) F. Gasser : Auswirkung von Prothesen auf die Gewebe des Prothesenbettes. Dtsch Zahnärztl Z 25, 784～792, 1970.
- 3) C. Hiltbrandt : Die Gestaltung der totalen Prothese. Hühig, Heidelberg, 1956.
- 4) D. H. Jüde : Der Halt des totalen Zahnersatzes in Anhängigkeit von anatomischen und funktionellen Grundlagen. Zahnärztl Prax 28, 190～193, 1977.
- 5) H. K. Körber : Glasklare SR-IVOCAP-Gaumenplatten-eine klinische Beurteilung. Quintessenz Zahntechnik 5, 499～510, 1987.
- 6) H. K. Körber : Gewebverträgliche Vollprothesen-Merkmale des Polymerisationsverfahrens SR-IVOCAP. Zahnärztl Prax 7, 258～268, 1992.
- 7) H. K. Körber : Präzision der Prothesenbasis in Abhängigkeit unterschiedlicher Kieferkammformen. Dtsch Zahnärztl 46, 111～118, 1991.
- 8) H. K. Körber, K. Ludwig : Zahnärztliche Werkstoffkunde und Technologie. Thieme, Stuttgart, 1992.
- 9) H. Rehm : Vermeidung und Behebung von Mißerfolgen bei totalen Prothesen. Hühig, Heidelberg, 1968.
- 10) S. Schreiber : Die Prothesenkonstruktion als Ergebnis technischer und psychologischer Überlegungen. Zahnärztl Rdsch 70, 40～46, 1961.
- 11) K. G. Siebert, M. Wentzke : Zum Einfluß verschiedener Gaumenplattenformen auf das Palatogramm und die Computeranalyse der Sprache. Dtsch Zahnärztl Z 41, 1178～1183, 1986.