ホワイト・シリコンの物理的性質について

第3報 被圧縮度の異なる顎粘膜模型における菲膜厚さ

高橋 宏嘉   三輪 悦子   滝新 典生

森戸 光彦   細井 紀雄   尾花 甚一

Property of White-Silicone for Fitness Test

Part 3. A Study on Co-relation of Mucocompressibility to Thickness of Silicone Film on Several Models of Jaw Mucosa

Hiro Yoshi Takahashi, Etsuko Miwa, Norio Takishin,

Mitsuhiko Morito, Toshio Hosoi, Jin-ichi Obana

検討を加えた。

I. 緒 言

II. 実験資料と方法

われわれは、日常の臨床において各種補綴物の適合性を診査するため、ホワイト・シリコンによる適合試験を行い成果をあげている¹⁻¹⁰⁾。一方、臨床の裏付けとなるホワイト・シリコンの物理的な性質について基礎的な研究^{11,12)}を行ってきた。すなわち、診査対象となるホワイト・シリコン菲膜（以下、菲膜とする。）の厚さに影響する種々の因子として、荷重量と加圧子の径の影響について、および粘膜模型の被圧縮度の影響について、それぞれ検討し、第1報¹¹⁾、第2報¹²⁾として報告した。その結果、第1報では、菲膜厚さは荷重量の平方根に反比例し、径の積に正比例すること、第2報では顎堤粘膜を想定したラバーが軟らかいほど菲膜は一樣に厚くなり、ラバーが硬いほど全体に薄くなること、さらに辺縁付近に菲膜の厚い部分と薄い部分が現われることをそれぞれ報告した。また、加圧子の辺縁形態の違いにより菲膜厚さの分布が影響されることも判明した。

今回さらに同一模型内で部分的に被圧縮度を変え、第2報と同様の荷重試験を行い、硬い部位と軟らかい部位が混在する場合の菲膜厚さの分布状態について実験的に

部分的に被圧縮度の異なる顎粘膜模型6種類を用いてホワイト・シリコンの荷重試験を行い、菲膜厚さおよびその分布をカラー画像解析装置により計測し、被圧縮度の部分的な相違が菲膜厚さとその分布に与える影響について検討した。

1. 資 料

1) 顎粘膜模型

顎粘膜模型は、顎骨に相当する真鍮製金型と、粘膜に相当するラバーからなっている。ラバーは日本ゼオン社製ノーソレックスで、真鍮製金型との接着には Chemilok : 205, 220 を使用した。ラバー表面は平面であるが、金型の凹凸によりラバーの厚さを変えることによって被圧縮度が部分的に異なるよう製作した。図1は、顎骨に相当する6種類の真鍮製金型である。図2は、金型にラバーを焼き付け、完成された6種類の顎粘膜模型である。それぞれ Model-1~Model-6 と名付けた。図3は6種類の顎粘膜模型の主要寸法とラバーの被圧縮度を示したものである。

Model-1 : ラバーを2mmの厚さに焼き付け、一樣な硬さをラバーに与えた模型で、他の模型との比較のためにコントロールとして用意した。

鶴見大学歯学部補綴学教室（主任：尾花甚一教授）
Department of Prosthetic Dentistry, School of Dental
Medicine, Tsurumi University (Chief: Prof. Jin-ichi
Obana)

昭和56年4月30日受付

図 1 顎粘膜模型に用いた真鍮製金型

図 2 ラバーを焼き付けた顎粘膜模型

図 3 顎粘膜模型の断面図とラバー各部の被圧縮度

Model-2: 金型の中央部を高くして線状に硬い部位を作った模型である。

Model-3: Model-2 よりも硬い部位の幅をさらに広げた模型である。

Model-4: Model-3 とは逆に金型の中央部を低くし、その部位を軟らかくした模型である。

Model-5: 金型の中央を 5 mm 間隔で高くし、線状に硬い部位を 2 ヲ所設定した模型である。

Model-6: 中央部に点状に硬い部位を縦に 10 mm 間隔で 3 ヲ所設定した模型である。

以上 6 種類の顎粘膜模型は、臨床的に考えられる粘膜の硬軟の分布を単純化したものである。

2) 加圧子

加圧子は図 4 に示す寸法とし、レジン床義歯を想定し、アクリル樹脂製とした。上面と底面は平行とし、床縁に相当する部分は、半径 2.5 mm のまるみを付与した。図 5 は、加圧子と顎粘膜模型である。加圧子と顎粘膜模型の位置関係を一定に保つため、顎粘膜模型にガイド・ピンを設けた。

3) ホワイト・シリコーン

ホワイト・シリコーンは第 1 報¹¹⁾、第 2 報¹²⁾において

図 4 加圧子の主要寸法 (mm)

用いたものと同じで、ベース、キャタリストの練和比は、重量比で 5 : 1 とした。

図5 加圧子と顎粘膜模型

図6 加圧試験機による荷重試験

図7 計測用資料

(Model-2, 10 kg 荷重時のホワイト・シリコン非膜)

図8 規格写真撮影装置

(375 フートキャンドル, シャッタースピード1秒, 実効絞り F:11, 倍率 1/3 倍)

2. 実験方法

1) 荷重試験

ホワイト・シリコンのベースとキャタリストを練和し, 加圧子と顎粘膜模型の間に介在させ, 加圧試験機を用いて静止荷重を加えた(図6). ホワイト・シリコンの初期硬化開始前に荷重操作を終了するため, 練和時間は20秒間とし, 荷重は練和開始後50秒以内とした.

荷重量は, 1, 5, 10, 20, 30 kg とし, 各荷重ごとに5個ずつの計測用資料を作製した.

実験室の室温は $21 \pm 1^\circ\text{C}$, 湿度は $60 \pm 5\%$ とした.

2) 計測用資料

ホワイト・シリコンの硬化終了後, 加圧子をはず

し, ブラック・シリコンで裏打ちして計測用資料とした(図7). 非膜厚さを測光的写真計測法^{4,6)}によって計測するため, ブラック・シリコンのベースとキャタリストの練和比は重量比6:1で統一した.

3) 非膜厚さと分布の計測

非膜厚さの分布は, カラー画像解析装置を応用した測光的写真計測法によって計測した. まず荷重試験により得られた計測用資料を規格写真撮影装置(図8)を用い, ミニコピー HR II フィルムに撮影し, 非膜厚さをネガ画像濃度に変換した. そして, このネガフィルムを用いて非膜厚さの分布をカラー画像解析装置にて計測した(図9). カラー画像解析装置の色別表示は, 非膜厚さが

0~10 μm の範囲をシアン、10~30 μm をダークブルー、30~50 μm をライトグリーン、50~70 μm をオレンジ、70~90 μm をイエロー、90~110 μm をブラウン、110~130 μm をオリーブ、130~150 μm をレッド、となるよう、装置を調整した。

菲膜厚さの分布位置と面積の計測は、モニターテレビに写し出された菲膜厚さの分布状態をトレースして行った。なお、規格写真には、計測用資料と共にメジャーを撮影して計測値の補正を行った。

III. 結 果

6 種類の模型を用い荷重試験を行い、菲膜厚さとその分布状態を各模型ごとに検討した。

図 9 カラー画像解析装置

1. Model-1 (図 10)

Model-1 のラバーの被圧縮度は、部位による差がほとんどなく、ほぼ一様である。菲膜厚さは、各荷重量において、部位による違いも少なく均一な厚さの分布を示した。しかし、5 kg 荷重では加圧子縁付近においてやや薄くなる傾向が見られた。また、10, 20, 30 kg 荷重において、加圧子縁付近より 1~2 mm 内側に幅約 1 mm の厚い部分が認められた。

2. Model-2 (図 11)

中央の硬い部位と、その外側の軟らかい部位とでは、菲膜厚さに差が認められた。荷重量が 1, 5, 10 kg と増すにしたがって、その厚さの差は増大した。荷重量がさらに、20, 30 kg になると、その差は逆に減少した。局所的に見ると、中央の硬い部位における菲膜厚さは、荷重量が 1 kg で約 120 μm 、5 kg で約 40 μm 、10, 20, 30 kg では約 20 μm となり、10 kg 荷重を境として荷重量が増しても菲膜厚さはそれ以上減少しない傾向が認められた。また、軟らかい部位においては、荷重量が増すにしたがって、最も菲膜が厚い部分の位置が、中央より外側に向って移動する傾向が認められた。

3. Model-3 (図 12)

中央の幅 6 mm の硬い部位と、その外側の軟らかい部位とでは菲膜厚さに差が認められた。局所的には、ラバーの硬い中央部よりも、中央から左右に 2.0~4.5 mm

図 10 Model-1: 各荷重量における菲膜厚さの分布。縦軸は菲膜厚さ (μm)、横軸は顎粘膜模型中央からの距離 (mm)

図 11 Model-2: 各荷重量における菲膜厚さの分布

図 12 Model-3: 各荷重量における菲膜厚さの分布

の部位において菲膜厚さは最も薄くなる傾向が認められた。ラバーの軟らかい部位では、中央から約 8 mm の部位が最も厚く、中央方向と辺縁方向に連続的に薄くなる傾向が認められた。

4. Model-4 (図 13)

中央の軟らかい部位とその外側の硬い部位とは、菲膜厚さに差が認められた。局所的に見ると、軟らかい部位においては、その中央で最も厚く、外側の硬い部位との境に向って急に薄くなる傾向があった。硬い部位で

図 13 Model-4 : 各荷重量における非膜厚さの分布

図 14 Model-5 : 各荷重量における非膜厚さの分布

は、10, 20, 30 kg 荷重の際、中央から 8~9 mm の所に非膜の厚い部分が認められた。

5. Model-5 (図 14)

Model-5 における硬さの分布は、中央から左右へ

2.5 mm の部位が最も硬く、この硬い部位に挟まれた部位が次に硬い。そして、中央より 5 mm 以上外側の部位が最も軟らかい。非膜厚さは硬い部位ほど薄く、硬さの違いによって非膜厚さに差が認められた。局所的には、中央から左右へ 5 mm までの部位における非膜厚さは、

図 15 Model-6: 各荷重量における非膜厚さの分布

荷重量が 10, 20, 30 kg の際にはほぼ同様な分布を示した。

6. Model-6 (図 15)

点状に設定された硬い部位と、その周囲の軟らかい部位では、非膜厚さに差が認められたが、その差は小さなものであった。非膜厚さの分布は、中央の硬い部位において最も薄く、中央から左右に 8~9 mm の部位で最も厚くなった。

IV. 考 察

臨床における顎粘膜の被圧変位量は一定ではなく、部位により異なっている。この部位による違いが適合試験の判定にいかなる影響を与えるかについて、顎粘膜模型を用い基礎的な検討を加えた。

1. 資料ならびに実験方法について

1) 顎粘膜模型について

顎粘膜の性状に関する研究は、数多く報告されている¹³⁻²⁴⁾。これら先人の研究を参考に、顎骨に相当する真鍮製金型と顎粘膜に相当するラバーを設計し、顎粘膜の性状に近似した模型を製作した。顎粘膜の硬さに関して佐藤¹³⁾は、被圧縮度計で剛体を 100 とした時、顎堤粘膜

の被圧縮度は 60~90 であったと報告している。また、顎堤粘膜の厚さに関して Kydd ら¹⁴⁾は、1.1~4.3 mm の範囲にあったと報告している。本実験では、顎粘膜模型の被圧縮度を佐藤の被圧縮度計で 70~80 の範囲になるようにラバーの弾性、ならびに厚さを調整した。なおラバーの厚さは 2~4 mm とし、表面に研磨仕上げを施したラバー成形用金型を使用して、真鍮製金型に焼き付け、顎粘膜模型を完成した。もちろん、ラバーの粘弾性とそれに伴う受圧時の変形は臨床における顎粘膜のそれとは多少異なるが、いわゆる粘膜の硬い部位と軟らかい部位が混在する場合の適合試験への影響を検討するためには、十分使用できるものと考えられる¹⁵⁾。

2) 加圧子について

レジン床義歯を想定した、アクリル樹脂製の加圧子は、底面が顎粘膜模型のラバー面に無荷重で接触するように製作した。加圧子底面の面積は 800 mm² であるが、これは佐々川²⁵⁾の 765 欠損における遊離端義歯の面積が 816 mm²、森谷²⁶⁾の小型の下顎全部床義歯の面積が 1,588~1,999 mm² との研究報告を参考に決定したものである。

3) 荷重試験について

床基底面の適合試験結果は咬合力と床の大きさに強く影響されることは、当教室の宮田⁵⁾、森戸⁹⁾、三輪ら^{11,12)}の研究によっても明らかである。本実験では加圧子の面

積を 800 mm² と一定の大きさにし、荷重量を 1, 5, 10, 20, 30 kg とした。荷重量についても、臨床における咬合力の強さを考慮に入れ、765 遊離端義歯を装着した場合の 6 における咬合力 25.4 kg、および、下顎全部床義歯における咬合力 18.76 kg という佐々川²⁵⁾、森谷²⁶⁾の研究を参考にした。本実験において、菲膜厚さの分布は、荷重量によって相違が認められたが、臨床においても、咬合力の強さの違い、あるいは欠損様式の違いによる咬合力発現の変化などを十分に考慮に入れて、適合試験の判定を行う必要があると思われる。

2. 結果について

1) 部分的に被圧縮度が異なる場合の影響について

3 種のそれぞれ被圧縮度が異なるラバー平板上で、荷重量が一定の時、菲膜はラバーが軟らかいほど厚くなる傾向にあることを既に第 2 報で報告した。著者らは、より臨床的な条件に近づけるため、部分的に被圧縮度が異なる模型上で同様の実験を行ったが、5 種類の顎粘膜模型において、いずれもラバーの硬い部位は軟らかい部位よりも菲膜は薄くなった。しかし、被圧縮度と菲膜厚さの関係は一樣ではなかった。これは、荷重試験の際のホワイト・シリコンの流路の幅や距離と、部分的にラバーの被圧縮度を変えるために製作した金型の形態によって発生する内部応力などが複雑に影響^{16,27)}したためと考えられる。

2) 荷重量の影響について

荷重量を 1 kg から 30 kg まで変化させていった場合、硬い部位と軟らかい部位における菲膜厚さの差は一定ではなく、どの模型においても荷重量によって異なることが認められた。すなわち、1 kg 荷重では全体的に厚くなり、30 kg 荷重では全体的に薄くなり、いずれも菲膜厚さの差は小さかった。ところが、5, 10, 20 kg 荷重では菲膜厚さの差は大きくなり、特に 10 kg 荷重では最大となり、硬い部位と軟らかい部位との差が明瞭に現われた。この理由として、1 kg 荷重では荷重量が小さいため、局所負担圧に大きな差が生じなかったこと、5, 10, 20 kg では荷重増による局所負担圧の差が拡大したことが考えられる。さらに 30 kg 荷重では、硬い部位での菲膜が一定の厚さ（この場合約 20 μ m）に達し、荷重が増しても厚さは減少しなくなるにもかかわらず、軟らかい部位では、まだ荷重増に対して厚さが減少しうると考えられる¹²⁾。また、軟らかい部位は硬い部位よりも、荷重量の増加に対して菲膜厚さの減少の仕方が緩やかであることも、理由として考えられる¹²⁾。

臨床において、硬い部位と軟らかい部位が混在している場合、適合試験の結果を判定する際、菲膜厚さの差が大きいほど、診断は容易となる。本実験では 10 kg 荷重で最も差が大きく現われたが、これは臨床的にみれば、全部床義歯患者、あるいは欠損歯数の多い部分床義歯患者の咬合力に近似しており、咬合圧下で適合試験を行うと、硬い部位と軟らかい部位の差を最も容易に判定できると考えられる。また、実験の結果から、菲膜厚さの分布状態によって、患者の咬合力を推定できる可能性も示唆された。

V. 結 論

1. 菲膜厚さの分布は、顎粘膜模型の硬い部位では薄く、軟らかい部位では厚くなった。
2. 顎粘膜模型の硬い部位と軟らかい部位における菲膜厚さの差は、荷重量によって異なった。
3. 10 kg 荷重で菲膜厚さの差は最大となり、厚さの差は約 80~100 μ m であった。
4. 菲膜厚さの分布は、金型の形態の違いによって影響を受け、被圧縮度が同じ部位でもかならずしも一樣ではなかった。

なお、補綴誌 24 巻 2 号同名論文第 2 報中、P.364、図 8 の A, B, C, D, E, F をそれぞれ Type I 角型、Type II 角型、Type III 角型、Type I 丸型、Type II 丸型、Type III 丸型に訂正します。

稿を終るにあたり、顎粘膜模型の製作にご協力いただいた国華工業株式会社技術部の方々に謝意を表します。

文 献

- 1) 古宇田昌、森戸光彦、阿部 実、宮田孝義、郡司和彦、椎名順朗、細井紀雄、尾花基一：義歯床の適合性に関する臨床的研究、第 3 報、カラー画像解析装置による検討、第 61 回日本補綴歯科学会抄録、補綴誌、19：193, 1974。
- 2) 宮田孝義、古宇田昌、森戸光彦、郡司和彦、細井紀雄、尾花基一：義歯床の適合性に関する臨床的研究、第 4 報、第 62 回日本補綴歯科学会抄録、補綴誌、20：134, 1975。
- 3) 滝新典生、楊著明朗、古宇田昌、森戸光彦、郡司和彦、宮田孝義、細井紀雄、尾花基一：義歯床の適合性に関する臨床的研究、第 5 報、咬合状態が適合性に及ぼす影響について、第 63 回日本補綴歯科学会抄録、補綴誌、21：

- 185, 1976.
- 4) 細井紀雄：義歯床の適合試験法に関する研究，鶴見歯学，2：111～134，1976.
- 5) 宮田孝義：遊離端義歯における義歯床の適合性に関する研究一経時的变化と咬合の高さによる影響について，補綴誌，20：694～710，1976.
- 6) 滝新典生，古宇田昌，宮田孝義，細井紀雄，尾花甚一：義歯床の適合性について一特に模型と口腔内における適合性の比較検討一，国際歯科ジャーナル，6：309～315，1977.
- 7) 古宇田昌，宮田孝義，細井紀雄，尾花甚一：義歯床の適合試験法に関する臨床的研究，日本歯科評論，418：51～61，1977.
- 8) 古宇田昌，高橋宏嘉，細井紀雄，尾花甚一：適合試験におけるホワイト・シリコン厚さの写真測定法，鶴見歯学，6：9～15，1980.
- 9) 森戸光彦：下顎全部床義歯における義歯床の適合試験法に関する研究一試験法の信頼性と義歯床の適合性について一補綴誌，24：59～78，1980.
- 10) 古宇田昌：印象法が遊離端義歯の適合性に及ぼす影響について，補綴誌，25：143～153，1981.
- 11) 森戸光彦，三輪悦子，丸谷久美子，滝新典生，尾花甚一：適合試験用ホワイトシリコンの物理的な性質について，第1報，荷重量と径の菲膜厚さに与える影響について，補綴誌，23：499～503，1979.
- 12) 三輪悦子，高橋宏嘉，滝新典生，森戸光彦，細井紀雄，尾花甚一：適合試験用ホワイトシリコンの物理的な性質について，第2報，被圧縮度の相違が菲膜厚さに与える影響について，補綴誌，24：359～366，1980.
- 13) 佐藤 裕：改良を施した顎粘膜被圧縮度測定装置，補綴誌，8：60～66，1964.
- 14) Kydd, W.L., Daly, C.H., and Wheeler, J.B.: The thickness measurement of masticatory mucosa in vivo, Int. dent. J. 21: 430～441, 1971.
- 15) 黒田昌彦：義歯床下粘膜の負担圧の分布状態に関する実験的研究，歯科学報，71：1445～1474，1971.
- 16) 佐久間孔毅：無歯顎印象採得のレオロジーによる検討，日本歯科材料器械学会誌，12：79～124，1965.
- 17) Supplee, S.G.: Border pressure and its relation to impression making, Dent. Dig. 29: 307～310, 1923.
- 18) 大島健嗣：総義歯床座粘膜の被圧縮時における荷重量および圧縮量に関する研究，補綴誌，12：245～287，1968.
- 19) 平田幹男：無歯顎粘膜の被圧縮度に関する臨床的研究，補綴誌，3：14～27，1959.
- 20) 宮下恒太：顎粘膜の局所被圧変位度と咬合力による義歯床の沈下度とに関する研究，歯科学報，70：38～68，1970.
- 21) 平井泰征：有床義歯における印象時の粘膜の被圧状態が印象面形態に及ぼす影響に関する実験的研究，歯科学報，71：1835～1869，1971.
- 22) 岸 正孝：歯槽堤粘膜の被圧変位性に関する加圧面の面積と変位量との関係についての実験的研究，歯科学報，72：1043～1071，1972.
- 23) 田中資郎：口蓋粘膜のクリープに関する研究，補綴誌，16：358～379，1973.
- 24) 三輪英則：断続荷重による口蓋粘膜のクリープ，補綴誌，20：399～422，1976.
- 25) 佐々川 明：局部床義歯の設計と同義歯の咀嚼力との関係について，補綴誌，12：53～73，1968.
- 26) 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.
- 27) 中川鶴太郎：レオロジー，38～233，岩波書店，東京，1978.