Co-Cr 系金属床義歯の Finishing Line における 金属とレジンの結合状態について

第3報 Finishing Line の断面形態について

佐々木三男 安田 登 茂木 知治 藍 稔

Interface between Metal and Resin on the Finishing Line of Cobalt-Chromium Denture

Part 3. Studies on Finishing Line Structure

Mitsuo Sasaki, Noboru Yasuda, Tomoharu Mogi and Minoru Ai

I. 緒 言

部分床義歯では、機械的性質、適合度、清掃性などの面ですぐれた性質をもつ金属床の使用が近年増加している。しかし、人工歯との連結子として、また前歯部の審美的要求、さらに欠損部顎堤には義歯装着後の変化に追従しうる材料が必要、などの理由から床用レジンの使用は不可欠である。その場合、金属とレジンとの境界部の処理は、部分床義歯の効果的な設計にとって重要な問題となってくる。

著者らは、Co-Cr 系金属床義歯の Finishing line 部が他の部分に比して極端に汚れやすい点に着目し、その結合状態と改善方法について第1報¹⁾、第2報²⁾において検討し、報告した。

すなわち、第1報では、Co-Cr 板と透明なレジンとによって実際の臨床でよく用いられている3種の Finishing line の断面形態を模式化した模型を作り、熱サイクルを伴った色素の侵入試験を行い、結合状態を検討した。その結果、従来多く提唱されていた butt joint のものよりも、Finishing line に約 45° の傾斜をつけた断面形態のものの方が、よりよく色素の侵入を阻止することが明らかになった。しかし同時に、Co-Cr 合金との

接着性をもたないポリメチルメタクリレート (PMMA) を床用レジンとして用いる限り、Finishing line にかかる形態を付与しても充分には色素の侵入を阻止しえないこともわかった。

第2報においては、金属とレジンとの結合状態を改善するために、著者らが中林と共に新しく合成した接着性レジンモノマー、4-メタクリロキシエチルトリメリット酸無水物 (4-META) を 5% 含むメチルメタクリレート (MMA) と PMMA とを Finishing line 部に筆積み法にて一層 coating する 4-META coating system を用いた結果、Finishing line からの色素の侵入を十分に阻止できることが明らかとなり、臨床にも充分期待しうるものであることを報告した。

今回、著者らは、この Finishing line 部の汚れの原因は、金属とレジンの接着力の不足ばかりでなく、さらにその接着力の不足を補償する目的で設けられているステップ構造にも問題があると考え、これについての検討を試みた。つまり Finishing line 部において金属構造の厚みが極端に異なることから、機能時にこの付近に応力が集中し、金属とレジンの結合に影響を与えていると考えられたからである。Craig と Peyton³⁾ は下顎の両側性遊離端欠損で、両側を lingual bar で連結した設計では、Finishing line 付近に最も応力が集中することを報告しており、また、関根ら⁴⁻⁵⁾ は欠損部義歯床近接部の連結装置に応力が集中することを報告している。また、臨床的にも Finishing line 部付近の連結子の破折が時には認められる。

そこで著者らは、強固な接着力 (200 kg/cm² 以上) を

東京医科歯科大学歯学部第1歯科補綴学教室 (主任: 藍稔教授)

Department of Prosthetic Dentistry, School of Dentistry, Tokyo Medical and Dental University (Chief: Prof. Dr. Minoru Ai)

昭和54年2月28日受付

1: 45° で隅肉無し, 2: 45° で隅肉付き,
3: 90° で隅肉無し, 4: 90° で隅肉付き,
5: 120° で隅肉付き

図 1 光弾性試験に用いたモデル

持つ 4-META coating system を用いた場合に応力の集中の少ない Finishing line 形態が使用可能か否かを確かめるため、以下の実験を行った。

II. 実験方法

まず、Finishing line の断面形態の違いによる応力分布を検討した後、それぞれに応じた金属試料を作り、先の報告と同様の試験を行った。

1. Finishing line の断面形態の検討

Finishing line 部の応力集中の状態を調べるため、エポキシ樹脂を用いて、単純化した Finishing line 部のモデルを作製し、2次元光弾性試験により、その断面の応力分布状態を観察した。

モデル作製にあたり、Finishing line の形態には、次のような条件を設定した(図1)。まず、粘膜側の Finishing line (internal finishing line) と外側の Finishing line (external finishing line) の位置は、臨床に則して、段違いにすることにした。また、Finishing line 部の断面の傾斜角度は、major connector 表面に対して、45°, 90°, 120° の3種を与え、さらにスケルトン部と major connector 部との移行部の形態には、角のあるものおよび角を丸めて隅肉 (Fillet) を付与し

図 2 金属試料片

たものの2種類作ることにした。ただし、120° については隅肉のあるもののみとした。

それぞれのモデルは光弾性試験機にかけて一端固定支持、一点集中荷重を加えるが、モデルの支持部は Finishing line 付近の応力に影響が及ばない部位とし、上下より広範囲に把持し固定した。荷重点はスケルトン部の Finishing line から 70 mm 離れた点で、鉛直方向に荷重した。なお、荷重量は試料片が破損しない範囲内にとどめた。

2. 金属試料片の作製

(i) 金属試料片の形態

試料片は第1報、第2報の時と同様、金属部分に三金工業社製の Co-Cr 合金-サンコリウム M を使用し、レジン部分には而至歯科工業社製の透明レジン-アクリン (clear) を使用した。

試料片の大きさは、長さ 70 mm、幅 10 mm、厚さ 0.65 mm、レジン部の厚み 2.5 mm とした。

Finishing line の断面形態は、前述の光弾性試験の結果より、外側と内側の Finishing line は段違いにし、隅肉を付与した。また、第1報を参考にして直径 100~200 μ の retention beads をレジン維持部のほぼ全面に付与した(図2)。

Finishing line の断面の傾斜角度は A 群 45°, B 群 90°, C 群 120°, そして新たに D 群に 150° のものを作製した。実験対象箇所は、1 試料片につき、表裏合計 4

カ所である。

(ii) 4-META coating system による試料

4-META coating system による試料の製作法は第2報と同様で、試料片は電解研磨後、超音波洗浄を10分間行い、アセトンにて脱脂処理をし、直ちに筆積み法で Finishing line 部を coating した。

coating 後、レジン部を wax up し、通法に従い埋没、加熱重合した。重合条件は 60°C 1時間、100°C 30分とし、重合後室温まで放冷してから取り出し、エメリーパー 0/6 番まで研磨仕上げして試料とした。

試料片の数は各群 10 枚ずつにした。

第2報で報告したごとく、試料片を 37°C 水中に1日浸漬した後の色素侵入阻止効果は、水の影響をほとんど受けておらず、完璧に近い値を示した。そこで、今回の実験では水の影響をより一層明確にするために条件をさらにきびしくし、各群の試料片を 37°C 水中に1週間浸漬して保存した。

3. くり返し曲げ応力試験

第2報では試料片に荷重 1.0 kg で 10,000 回の曲げ応力試験を行って、色素侵入阻止効果への影響を検討したが、試験前後の阻止効果にほとんど差違が認められなかった。そこで今回は、荷重を増して 1.5 kg とし、10,000 回のくり返し曲げ応力試験を、島津製作所製の万能疲労試験機 UF-15 型を用いて負荷し、Finishing line 部のレジンと金属との結合状態の差をより明確にするよう試みた。

4. 色素侵入試験およびその判定法

曲げ応力試験を行った試料片を、直ちに 4°C と 60°C に保った 0.2% 塩基性フクシン溶液に交互に1分間ずつ浸漬し、2時間の熱サイクルを加えて色素侵入試験を行った。

これを第1報に示した計算式で色素侵入阻止指数 (Rejection Index 以下 R.I. と略す) を求め、Finishing line の傾斜角度の違いによる色素侵入の阻止効果を比較、検討した。

5. 接着力テスト

接着力の測定には、前の2つの試験で用いた試料片とは別に、直径 5 mm のアクリル棒を 4-META coating system にて 1 cm 平方の Co-Cr 合金に接着させ、2時間空気中に放置後、37°C 水中に浸漬し、引張り試験を行った。水中浸漬期間は、1日、1週間、1ヵ月、お

よび2ヵ月とした。1日水中浸漬のものについては、試験前に熱サイクルを与えた後に測定した。

熱サイクルの条件は第2報と同様に、4°C と 60°C の水中に1分間ずつ 60 回、計2時間浸漬する方法である。

Co-Cr 合金の接着面の性状は、カーボランダムポイントで研磨したものである。

III. 実験結果および考察

1. 光弾性試験

Finishing line は、金属構造とレジンとの境界部であり、その移行部は平滑でなければならないので、通常この部分で金属の厚みを変えてステップ状にし、レジんに置き替るべき余地を設けるようにする。そのため、Finishing line 部において金属部分の断面形態は大きく変化し、義歯に機能力が加わった場合には、この Finishing line 付近に応力が集中することは当然考えられ、またそれに関する報告もある³⁻⁵⁾。

ここでは Finishing line の傾斜角度および移行部の形態が応力分布に及ぼす影響を調べたが、major connector 部を支持し、スケルトン部に荷重するという想定で非常に単純化した荷重方法をとった。

図3は各エポキシ樹脂によるモデルを光弾性試験機にかけて荷重した際の縞模様である。荷重は鉛直方向であるので、モデルの上半分には引張り応力が、下半分には圧縮応力が生じる。モデルの中央付近では力は一様に分布し、Finishing line 部に近づくにつれて応力が一様でない様子が見られる。

45°の傾斜角度の(1)と(2)を比較した場合、隅肉の有無は応力分布にそれ程明確な差としては表われていないが、90°の傾斜を与えた(3)と(4)を比較した場合には、隅肉を付与した方が応力の集中が少ないことが認められる。

また、共に隅肉をもつ 45°(2)、90°(4)、120°(5)を比較した場合、角度が大きくなるにつれて、応力の集中が少なくなることがわかる。これは、隅肉の曲率半径の差による影響⁶⁾で、曲率半径が大きくなる程、集中応力が少なくなるからと考えられる。

以上の観察結果から、Finishing line 部断面の傾斜角度を大きくするにつれて、また、隅肉を付与することによって、かなり応力の集中率が減少することがわかった。

図 3-1

図 3-2

図 3-3

図 3-4

図 3-5

図 3 Finishing line 部の光弾性試験図

2. 色素侵入試験

4-META coating system による色素侵入試験の実験結果は表 1 に示した。A 群と B 群では、色素侵入阻止率に大差がなく、C 群はほぼ完璧に近い阻止率を示し、D 群では、およそその中間の値を示した。

C 群と A および B 群を比較すると、C 群は形態的に応力集中の少ないものである。同じ曲げ応力に対して歪みが少なく、かつ曲げモーメントにも強いので、4-META coating 操作にミスがなければ完璧に近い状態が期待でき、A および B 群は応力集中および曲げモーメントの点に関して、C 群より劣るため、前述のような差になったものと考えられる。A 群のごとく、Finishing line 部でレジンと金属が 4-META により強固に接着し、かつアンダーカットによりさらに機械的にもレジンを把持していても、金属構造にくり返し荷重が加えられ、

表 1 色素侵入阻止指数 (R.I.)

	A	B	C	D
断面の角度	45°	90°	120°	150°
R.I.	79	80	99	90

表 2 接着力テスト

浸漬期間	接着力 (kg/cm ²)
1 日	251.5±36.4
1 週間	224.3±40.4
1 カ月間	約 170
2 カ月間	約 70~80

より大きな歪みが生じた場合には、レジンと金属の接合部で剝離が生じることが考えられる。つまり、レジンと金属の接着力の強さと同時に、金属部分の構造上の弱点を少なくしなければならないといえる。

次に、C 群と D 群の比較では、Finishing line 部の構造上の強度の点で C 群に勝るはずの D 群が R.I. の測定値が C 群より低くなっている。これは測定対象箇所 40 カ所中 4 カ所にレジン縁端部で大きな剝離が生じたものがあつたからである。Finishing line 部の厚みは変えられないため金属の断面の傾斜角度が増す程、その部分のレジンの厚みが薄くなり、曲げモーメントによるたわみに追従できず、縁端部から大きく剝離したものと考えられる。

したがって、金属部分の構造が弱いと、たわみによって剝離が生じ、また一方角度を増して金属構造をより強くすると、レジンが薄くなって剝離が生じることがわかった。

3. 接着力テスト

接着力テストの測定結果は表 2 に示した。この結果からは 1 週間という短期間では、水の接着力への影響は、ほとんど無いと言える。また、1 カ月水中に浸漬した結果では、接着力は約 170 kg/cm²、2 カ月では約 70~80 kg/cm² であった。

接着性レジンモノマー、4-META と PMMA の筆積み法による Co-Cr 合金との接着界面への水の影響は、1 週間ではほとんど問題にならないが、たとえ 1 カ月以上の水中浸漬でもかなり強固な接着力を維持しているといえる。

IV. 結 論

以上の実験結果から次のように結論された。

(1) Finishing line の形態について、アンダーカットや butt joint のものより、金属部の傾斜角度が大きい形の方が、Finishing line 部での応力の集中は少なかった。

(2) 接着性レジン 4-META を Finishing line 部に coating したとき、応力集中率の低い形態のものの方が、色素侵入阻止効果は高かった。

(3) 金属の構造上の強化によって、Finishing line 部のレジンの厚みが薄くなり過ぎると、剝離が起き易い。

(4) 4-META coating system による接着性レジンと Co-Cr 合金の接着力は、1 日水中浸漬後、 $251.5 \pm 36.4 \text{ kg/cm}^2$ 、1 週間水中浸漬後、 $224.3 \pm 40.4 \text{ kg/cm}^2$ であり、1 週間という短期間では、水の影響はほとんど受けないことがわかった。

稿を終わるに臨み、光弾性試験に際し、御指導をいただいた東京医科歯科大学医用器材研究所精密機械部門村松篤良教授ならびに教室員の方々に深く感謝の意を表します。

なお本研究は昭和 53 年度文部省科学研究費の一部によって行われた。

文 献

- 1) 安田 登, 佐々木三男, 茂木知治, 松元 誠, 藍 稔: Co-Cr 系金属床義歯の Finishing Line における金属とレジンの結合状態について, 第 1 報, Finishing Line の断面形態が色素侵入に及ぼす影響, 補綴誌, 22: 521~524, 1978.
- 2) 安田 登, 佐々木三男, 茂木知治, 藍 稔, 中林宣男: Co-Cr 系金属床義歯の Finishing Line における金属とレジンの結合状態について, 第 2 報, 新しい接着性レジンモノマー 4-META の Finishing Line への応用, 補綴誌, 22: 525~531, 1978.
- 3) Craig, R.G. and Peyton, F.A.: Strain on the Framework of a mandibular Free-End Saddle Partial Denture Under Load, J. Biomed. Mater. Res., 1: 263~274, 1967.
- 4) 関根 弘, 田島篤治, 柳川 浩, 高梨恒一, 宮下恒太, 竹井正章: 義歯の力学的研究(第 4 報)口蓋杆の動力学的考察, 補綴誌, 6: 57~65, 1962.
- 5) 関根 弘, 田島篤治, 柳川 浩, 高梨恒一, 宮下恒太, 竹井正章: 義歯の力学的研究(第 5 報)舌側杆の動力学的考察, 補綴誌, 6: 121~127, 1962.
- 6) 西田正彦: 応力集中, 114~127, 森北出版, 東京, 1973.