原

著

アマルガムと金合金との唾液内接触に 関する実験的研究

片 寄 恒 雄

東京医科歯科大学保存学教室 (指導: 総山孝雄教授)

東京医科歯科大学第一理工学教室 (指導: 野本 直助教授)

(昭和 37 年 4 月 25 日受付)

Experimental Study on the Contact of Amalgam Fillings with Gold Alloy in Saliva

Tuneo Katayori

Department of Operative Dentistry, School of Dentistry, Tokyo Medical and
Dental University (Director: Prof. Takao Fusayama)Department of Dental Technology, School of Dentistry, Tokyo Medical and
Dental University (Director: Assist. Prof. Sunao Nomoto)

緒 言

金合金と銀錫アマルガムとは、歯冠欠損の補綴材料として広く用いられている。かような異種金属が同一口腔内に用いられた場合の為害作用としては、次の3つの事項が考えられた。その第1は両者間の電位差に基づくガルバニー電流によつて、口腔軟組織に障害をもたらすのではないかという心配であつて、この問題は1930年頃よりいろいろと論議されたが¹⁾⁻⁷⁾、結局、そうした障害はないものとして否定された⁸⁾⁻¹¹⁾。他の2つは現在でもなお問題になつており、それはガルバニーの電流による疼痛¹²⁾⁻¹⁵⁾と電気化学的腐食^{11) 16) 17) 18)}とである。しかしガルバニー疼痛については、Mumford(1960)¹⁹⁾が組織的な臨床試験に基づいて、金とアマルガムとが口腔内で接しても疼痛の発生する頻度はそれほど高いものでなく、発生し

ても多くは軽微であり、しかも通常数時間、ながくて4週間以内に消退するので、大して心配は要らないものであると報告している。

腐食問題に関して、金とアマルガムとの間では電位差が最も大きいので^{14) 20)}、電気化学的腐食が特に重視せられ、また、Schoonover and Souder(1941)¹⁶⁾は金とアマルガムとを電解液中で接触させると、電気化学的現象のみならず遊離水銀の直接作用も加わつて、両者共に侵されるから接触は避けなければならないと警告し、現在も多くの材料学者がこれを支持している。ところが、アメリカの多くの臨床家は同一患者の口腔内で金とアマルガムとを接して日常使用しており^{21) 22)}、特別な差支えを認めていない。

かような基礎実験と臨床体験との不一致は、基礎実験のやり方が実際の臨床的条件を充分代表していなかつたためであらうと思われる。それらの

実験は、金合金とアマルガム充填との新しい研磨面を直ちに電解液内で接触させているが、実際の口腔内ではかようなことは起りえない。必ず一方は相当期間口腔内の唾液にさらされて、その表面に酸化物・硫化物あるいはコロイドの被膜を生じている^{23) 24)}。また接触によつて電流が発生しても、有機コロイドの保護作用や分極現象が唾液中では大きな影響をもつことが考えられる。また、アマルガム中の未反応水銀の量は練和後の経過時間によつて著しい差があるから、もし遊離水銀が金合金を腐食するものとすれば、アマルガム充填の古さを考慮しない実験は実際的でない。

本研究は、人工唾液および実際の口腔内を用いて、最も実際の臨床に則した条件下で金合金インレーとアマルガム充填とを接触させ、それによつていかなる影響があるか、果して実害があるかどうかを実験的に判定するために計画されたものである。

実験法

実験は、まず実験室において、抜去歯牙に施した金合金インレーとアマルガム充填とを、試験管内において、空気中もしくは人工唾液中で、各種条件下に接触させてその経時的变化を観察した。次いで、変化の原因や意義を分析検討するために若干の参考実験を行ない、最後に、実際の条件下で変化を確認するために人の口腔内で実験した。

1. 試料の調製

金合金インレーのためには、自家処方²⁰の20K金合金（純金20，純銀1，電気銅3の重量比）を用い、通法に従つてⅡ級インレーを調製し²¹⁾、燐酸亜鉛セメントで窩洞に合着した。

アマルガム充填のためにはS社のマイクロアロイ（Batch No. CEEBF 16）を用い、製品の指示に従つて合金水銀比を1:1.4（重量比）²⁵⁾とし、先の実験²⁶⁾により最高の圧縮強さを示した方法に従つてタカミックス（器械練和器）で練和し、アマルパック（器械充填器）で填実した。Ⅱ級窩洞の填実にさいしては、不銹鋼製のマトリックスを用い、練和開始から填実を終了してマトリックスを撤去

し、形成を行なつて接触するまでに8分を費やした。研磨は実際の臨床に準じてすべて2日後に行なつた。試料は細分された条件群毎に5組以上を調製して試験した。

人工唾液としては、Indiana 大学で用いられたもの²⁷⁾に準じ、表Ⅰのような処方のものを用いた。試料はこの中に静止状態で浸漬し、48時間毎に新鮮なものと交換した。

表Ⅰ 人工唾液の組成

Sulfur (Na_2S)	0.0008 g
$\text{Mg}_3\text{P}_2\text{O}_7$	0.0008 g
Mucin	2.0000 g
$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	0.5000 g
Na_2HPO_4	0.3000 g
CaCl_2	0.3000 g
KCl	0.2000 g
NaCl	0.2000 g

q. s. 500 ml—distilled H_2O

2. 空気中または人工唾液中での接触実験

金合金インレーおよびアマルガム充填を施した両抜去歯牙を接触させ、空気中または人工唾液中においた。空気中における接触は変化の原因を分析検討するための参考として行なつたものである。

両歯に適度の歯間圧をもつて安定した接触を保たせるために、両歯根の間に軟化したモデリングゴムパウンドを挟んで硬化せしめ、その上からゴムリングで押えた（図1）。

図1 接触実験に用いた試料の模型図

図2 接触部で縦断した接触実験の試料の1例：左、金合金インレー、右、アマルガム充填。ポリエステルレジン包埋

接触の順序としては、充填後1週間にわたって人工唾液中においたアマルガム充填（古いアマルガム充填と略称）に、新しく調製された金合金インレーを接触させた場合と、抜去歯に合着して1週間人工唾液中においた金合金インレーに、新しく充填してマトリックスを脱した直後（練和開始後8分）のアマルガム充填（新しいアマルガム充填と略称）を接触させた場合との2通りを試みた。

接触した試料は一般に室温（15～29℃）におき、1日・1週・1カ月または6カ月後に接触部付近の変化を表面から観察した。次いで歯牙をポリエステルレジンで包埋し、流水で冷却しつつレジンディスクを用いて、充填物の接触部から歯質を通じ、接触部の接線に垂直な縦断面を作り（図2）、この面を酸化クロム懸濁液を用いてバフ研磨した後、金属顕微鏡（50倍、100倍および400倍）で観察した。また金合金面の着色や新生物およびその下層に対しては、稀硝酸（硝酸1，無水エチルアルコール2）や稀王水（硝酸1，塩酸3，無水エチルアルコール2）で2分間処理してその耐食性の変化を調べた。さらに新生物およびその下層の金合金における機械的性質の変化を推定するため、微小ヌープかたさ（荷重50g）の分布を調べた。

3. アマルガムの接触時期に関する実験

a) アマルガム練和後接触までの時間を変えた実験

上記実験において、新しいアマルガム充填が

金合金に接した場合にのみ金合金面に明らかな変化がみられたので、危険な接触時期の限度を知るために、上記同様の試料を用い、アマルガム練和開始後8分（充填完了マトリックス撤去直後）、20分、1時間、3時間、6時間、24時間の各時間のアマルガム充填を金合金インレーに接触させて人工唾液中におき、金合金面の接触部における変化の有無を観察した。

b) 練和直後のアマルガムの接触実験

次に接触時期をさらに早め、金合金の平面を窩底とするスチロールレジンの窩洞（図3）に、練和直後のアマルガムを充填して、24時間後にこの

図3 金合金面上に直接アマルガムを充填した場合のスチロールレジン窩洞の模型図

両者の中心軸を通つて縦に2分し、断面を研磨して一方はそのまま、他方は人工唾液に浸漬の後、

肉眼的ならびに顕微鏡的に接触部付近の変化を観察した。

本実験は、填実途中のアマルガムが口腔内に現存する金合金に不用意に付着したり、マトリックスを使わずに隣接充填するというような乱暴なやり方をした場合を仮想して行なつたものである。

c) 水銀単味の接触実験

図3と同様の金合金を底面とするスチロールレジンの窩洞に水銀を滴下し、24時間後に過剰水銀を圧搾空気で吹きとばし、その上に即時重合レジンを充填して、中心軸を通る縦断面を作つて研磨面を観察した。

4. 人工唾液中の金合金インレーとアマルガム充填とを液外で短絡させる実験

金合金とアマルガムとの接触による明らかな変化は、唾液中で接触した場合にのみ認められたので、それが純粋な電気化学的過程のみによつて起こるものかどうかを点検するために、予め人工唾液中に浸漬しておいた金合金インレーと新しいアマルガム充填(練和開始後8分)とを $30\mu(37^{\circ}\text{C})$ または1mm(室温)の距離をもつて人工唾液中に保持し、これを液外を通る導線により短絡し(図4)、ガルバニー作用による電流の消長を測定し、また両者の表面における変化の有無を観察した。

5. 人の口腔内における接触実験

欠損歯を有する患者にレジンの義歯を施し、この床に歯槽窩様の穴を掘つて、歯根膜弾性を有するシリコン印象材を介してアイボリン(尿素ホルマリン樹脂)製の人工歯2本を植立した。この

図4 人工唾液中におかれた金合金インレーとアマルガム充填とを液外で短絡させる実験の模型図

両歯にⅡ級の金合金インレーとアマルガム充填とを施し、接触をやや強めにしてシリコンラバーの弾力により適度の歯間圧が働くようにした(図5)。

図5 口腔内接触を行なつた義歯の模型図

充填接触の順序、期間に関する条件および観察法は、上記2の人工唾液中接触実験の場合と同様にした。

図6 人工唾液中で古いアマルガム充填に接した金合金面(左側)とそのアマルガム充填(右側)。矢印は接触部位を示す

図7 人工唾液中で古いアマルガム充填に接した金合金インレーの接触部断面。2つの矢印の間が接触部

1 日接触 1 週接触 1 カ月接触
図8 人工唾液中で新しいアマルガム充填に接した金合金面(左側)とそのアマルガム充填(右側, 1日接触のものは未研磨)。矢印は接触部位を示す

成 績

1. 空气中または人工唾液中の接触による変化

a) 空气中において古いアマルガム充填に接した金合金面の変化

全く変化を生じなかった。もちろん断面でも全く変化を認めなかった。

b) 人工唾液中で古いアマルガム充填に接した金合金面の変化

1日後には何らの変化もなく、1週間以上経つたものの接触部に、極めてかすかな銀白色のくもりを生じたものがあつた(図6)。しかし、その後時日を経ても増大の兆なく、断面の強拡大顕微鏡観察においても、厚みのある変化した層を全く認めなかった(図7)。この着色は稀硝酸では除きえず、稀王水に溶解した。その下層の金合金には金属組織の上でも腐食抵抗の上でも全く変化が認められなかった。

c) 空气中で新しいアマルガム充填に接した金合金面の変化

その接触部に明らかな銀白色の着色を生じた。しかし1日以上時日を経過しても増加の兆なく、断面においては厚みのある変化した層を全く認めなかった。着色は稀硝酸では除くことができず、稀王水には溶解された。その下層の金合金の内部には、金属組織の上でも腐食抵抗に関しても全く変化が認められなかった。

d) 人工唾液中で新しいアマルガム充填に接した金合金面の変化

接触部に上記同様の銀白色の着色を生じたほ

か、その周囲に環状の銀白色のわずかな盛り上りを生じ、さらにその外周にはわずかな褐色の着色(幅不定)を生じていた(図8の左)。これらの変化は1週間後にはわずかに増したように思われたが(図8の中)、差は極めて少なかった。それ以上、1カ月あるいは6カ月を経ても変化を増した形跡は全くなかつた(図8の右)。

断面標本でみると、接触点の周辺の盛り上りの部分のみに、明らかな厚みのある新層を生じていた(図9)。この新生層は断面でも銀白色を呈し、その外表は元の金合金面より明らかに隆起しており、その基底は元の金合金の内部へ食いこんでいた。

元の金合金面から新生層の基底までの侵食最大部の深さは、1日後には $1\sim 7\mu$ 、1週間後には $1\sim 8\mu$ 、1カ月後には $3\sim 10\mu$ 、6カ月後には $4\sim 6\mu$ であつた。新生層の外表から基底までの厚さの最大部は、1日後に $6\sim 25\mu$ 、1週間後に $4\sim 16\mu$ 、1カ月後に $8\sim 20\mu$ 、6カ月後に $9\sim 14\mu$ であつた。

この新生層は稀硝酸の腐食では消失せず、下層の金合金とは明らかに境されていた。しかし、稀王水で腐食すると溶解消失した。その下層の金合金には、金属組織にも腐食抵抗にも全く変化を認めなかった。

e) アマルガム面の変化

アマルガム充填については、その接触部表面においても、断面においても、一般に、全く変化を認めえなかった。ただし、新しいアマルガム充填が人工唾液中で金合金インレーに接した場合に

図9 人工唾液中で新しいアマルガム充填に接した金合金インレーの接触部断面。
矢印は新生金アマルガム層を示す

図 10 練和後各種の時間を経過したアマルガムに接した金合金インレー面の 1 週後の状態。矢印は接触部位を示す

は、1 日後の研磨前に、その接触部の周辺のアマルガム面がわずかに粗造になつていゝるに思われたが、よほど注意して見ないとわからない程度のものであつた(図 8 の左図、1 日接触の右側)。

しかし、この粗造は研磨によつて容易に消失し、その後、長時日接触を続けても全く変化を生じなかつた。断面においては何ら特別な変化を認めなかつた(図 2)。

2. アマルガムの接触時期に関する実験成績

a) アマルガム充填の接触時期について

接触 2 日後に金合金面を観察すると、練和開始後 20 分以内のアマルガム充填を接触したものでは、接触部の銀白色の着色や、そのまわりの環状の新生層の盛り上りを明らかに生じていた(図 10 の上の左、中)。しかし、1 時間後に接触したものではその変化が極めて微弱であり(図 10 の上の右)、さらに、3 時間以上経つてから接触したものでは全く変化が見られなかつた(図 10 の下の左、中、右)。

b) 練和直後のアマルガム接触による変化

24 時間後に金合金とアマルガムとが平面で接したまま接触面に直角に切られた断面では、肉眼的にも顕微鏡的にも両者の接触面に特別な新層を認めえなかつた(図 11)。

c) 水銀の接触による変化

24 時間接触後の金合金面には、圧搾空気で吹きとばしてもなお若干の水銀が粘着して残つた。27 日後に断面を研磨して観察したが、接触部の金合金面は他部に比較してやや荒れており、接触期間中にわずかながら表面の金が水銀中に溶出したのであろうと想像されたが、侵食の深さは確認できなかつた(図 12)。

水銀を吹きとばした時に、窩洞の隅には幾分多くの水銀が付着して残つたものと思われるが、この部分にはその残留水銀が合金と反応して作つたと思われるところの、明らかに厚みのある新層を作つていた。それらの下層の金合金には全く異状を認めなかつた。

3. 人工唾液中の金合金インレーとアマルガム充填とを液外で短絡させた場合の変化と電流

図 11 練和直後のアマルガムを接触させた試料の縦断面

図 12 水銀を24時間接触させた金合金の断面。矢印より右側に水銀が接した

図 13 人工唾液中の金合金インレーとアマルガム充填とを液外で短絡させた時の電流値

両者を液内では接触させず、液外でのみ短絡した場合のガルバニー電流は、最初の30秒間に急激に減少し、以後も徐々に減少して2～3日後には零の値を示した(図13)。高温で近距離のものの方が電流値が小さかったのは意外であつたが、

図 14 人工唾液外で短絡させた金合金インレー(左側)とアマルガム充填(右側、未研磨)

わずか1例ずつの比較であるから、これを一般的な傾向と考えることはできない。

このさい、液内に置かれた金合金インレーおよびアマルガム充填の表面には、距離の大小や温度の高低に拘わらず、何ら特別な変化を認めなかつた(図14)。

図 15 人の口腔内で新しいアマルガム充填に接した金合金インレー面。
矢印は接触部位を示す

図 16 新しいアマルガム充填に接した金合金インレー各部分のヌープかたさの比較

4. 人の口腔内での接触による変化

人工唾液中の実験と全く同様に、古いアマルガム充填に接した金合金インレーの面には、1日後には全く変化なく、1週間後に接触部に極めてかすかな銀白色の着色がみられたが、以後増加しなかった。断面では着色層の厚みを認めなかった。

新しいアマルガム充填に接した金合金インレ

一面では、1日後に接触部が銀白色に着色し、その周囲に環状の銀白色の盛り上りを生じ、さらに、その周囲に褐色の着色帯を生じていた(図15の左)。その後1週間以上1カ月を経ても変化を増した徴候はなかった(図15の中、右)。断面における所見も人工唾液中の場合と全く同様で、侵食の深さは1カ月後に5~10 μ であつた。

5. かたさ変化の測定成績

人工唾液中で新しいアマルガム充填に接触した金合金の断面において、そのヌープかたさ(50g荷重)を測定し、次の所見を得た。

新しく生じた銀白色の金アマルガムの環状新生層は極めて脆弱で、ヌープかたさの測定値が得られなかった。

接触部の銀白色着色部、環状新生層およびさらにその外周の褐色着色部の直下の金合金断面における各種深さのヌープかたさ測定値を、アマルガムに全く接しなかった金合金のそれと比較すると、図16のとおりである。

各群ともヌープかたさは表面の近くでは低くなっているが、これは表面近くではflowの影響によつて圧痕が大きくなるためであつて、各群の間には全く本質的な差異がなく、アマルガムないし水銀の影響により、新生層以外の金色を保っている金合金下層のかたさが低下した形跡は全く認められない。

考 察

実験成績をまとめて考察すると、次のようなことが考えられる。

1. 空気中または唾液中で古いアマルガム充填に金合金インレーを接触させた場合

空気中においたものでは何らの変化もみられなかった。唾液中においたものでは1週間以上経過して、漸く金合金インレーの接触部表面に極くわずかの銀白色のくもりを認めた程度の変化(図6, 7)があつたが、これらの金合金内層には何らの変化も認められなかった。従つて、口腔内においても、古いアマルガム充填に金合金を接触させた場合には、心配は全くいらぬものと考えられる。

この実験成績は、Schoonover ら¹⁶⁾がアマルガムと金合金との新鮮な研磨面を接して人工唾液に浸けた実験の成績とは一致しない。本実験でいう古いアマルガム充填は人工唾液中に1週間置かれて、その表面に保護被膜を生じ²⁸⁾ており、このために金合金との接触の影響をうけにくかつたもの

と考えられる。本実験の成績はよりよく臨床の実状を代表するものである。

2. 空気中で金合金インレーに新しいアマルガム充填を接触させた場合

練和直後もしくは8分後(填実を終了して隔壁を除いた直後)のアマルガムを接触させた場合には、接触部の金合金表面にのみ銀白色の着色を生じたが、これは全く表在性のもので厚みなく、下層の金合金にも全く変化なく、特別な実害はないものと考えられる。

この銀白色の着色の原因として、練和直後のアマルガムでは汞化反応が一部しか進んでいない¹¹⁾ので、未反応水銀が多量に存在しており、それが親和性の強い金合金へ移行付着するためと考えられる。この着色は稀硝酸では溶けなかつた故、もはや単なる水銀ではなく、水銀量の多い金アマルガムであつて、多分二元状態図²⁹⁾(図17)の γ 相

Au-Hg 金-水銀.

(岩瀬慶三・岡本正三)

図17 金-水銀二元状態図

すなわち Au_2Hg_3 (Hg 60.41%) に近い金属間化合物の相であると考えられるが、アマルガムの表面に存在する水銀のみが関与して、それ以上補給されないので変化は全く表在性にとどまつて、より以上には進行せず、また水銀が γ 相の組成を越えて、金合金の内部へ浸透してゆくこともなかつたのであろうと考えられる。

3. 唾液中で古い金合金インレーに新しいアマ

ルガム充填を接触させた場合

金合金インレーの接触部は、先の空気中の場合と同様に、単なる銀白色の着色(図8)を生じていたが、これも実害のないものと考えられる。接触部の周囲の環状の新生層は、本質的には上記着色部と同様の金アマルガムと考えられるが、相当の厚さを有し、わずかながら明らかに金合金面を侵食していた(図9)ことが特異である。この新生層は唾液中で接触した時にのみ生じたので、電解液を介しての電気化学的現象に由来するものと考えざるをえない。他方、この新生層は両金属を液外で短絡して電気回路を形成し、液内では接触させなかつた場合には起こらなかつたから、これは単なる電気化学的現象のみによるものではない。また、この新生層の形成はアマルガムの練和開始後1時間以内に接触した場合にのみ生じている。この時期は未反応の水銀を多量に含む時期^{30), 31), 32)}であつて、かような新生層の形成にはやはり未反応の水銀が関係しているものと考えられる。

そこでこの腐食による新生層の形成機序を、次のごとく推定することができる。すなわち、両者が唾液中で接触すると、電池を構成して電流が流れ、アマルガム中の未反応水銀と溶けあつていた錫がまず溶出して、このために水銀が持続的に遊離放出され、これが両者の接触部の外端を通過して金合金面へ持続的に補給追加された。かような遊離水銀の持続的補給によつて腐食が単なる表在性着色にとどまることなく、内層まで進行して厚みのある金アマルガムの層を形成したのであろう。

かような推定は、Schoonover¹⁶⁾の実験において両者を接触させた電解液中に、錫イオンのみが相当量溶出して水銀イオンが出ていなかつたという事実とよく符号している。

この遊離水銀の補給は、未反応水銀を大量に含む新鮮なアマルガムにおいて特に容易に行なわれる。本実験において充填直後に接触させたものに比べて、1時間後に接触させたアマルガムによる侵食が極めて少なく、3時間以上経つてからの接触では厚みのある新層の形成をみなかつた(図10)のはこのためである。

また、腐食電流が時間の経過と共に急速に減少してやがて零になつてしまつた事実(図13)より、錫イオンの溶出による水銀の放出は接触直後ののみ著明であつて、急速に減少消失するものと思われる。従つて、本実験においても金アマルガム層の深さは接触1日後、1週間後、1カ月後および6カ月後を比較してもその間に有意の差なく、1日後以降に増加した徴候は殆んどみられなかつたのである。

厚みのある金アマルガム層の形成が接触部にみられなかつたのは、両者の圧接されている面の間には電解液が入りこまず、接触部のアマルガム面ではほとんど水銀が遊離せず、加えて周囲からの水銀も侵入しえなかつたためであらう。また、接触部周囲の金アマルガム層が極く狭い環状の地帯に限られていたのは、電解液を隔てた両極の距離が最も近い接触部の周辺においてのみ水銀の放出が強くおこつたこと(図9)と、もう一つは、接触部の外端を通つて金合金の方へ移行する水銀の到達距離に限度があつたためであらう。

金アマルガム層は硬さも極めて低く、酸に対する抵抗も弱かつたが、その腐食の深さは最大 10μ 以下であつて、その下層の金合金には変質脆化の徴候が全くみられなかつた(図16)。従つて、水銀が限局された金アマルガム層を越えて内層にまで悪影響をおよぼすことはないものと考えられる。金アマルガム層の厚みに関しては、室温の人工唾液中と口腔内との成績の間に有意の差がなかつた。

環状の新生層のさらに外周に見られた褐色の着色の由来に関しては明らかでないが、研磨によつて容易に除かれ、断面においても全く厚みがみられない程度のものであつて、何らかの実害あるものとは思われない。

4. 臨床的結論

以上の考察に基づき、臨床的指針として次のように結論される。

a) 古いアマルガム充填に金合金インレーを接触させても、金合金が特別に侵食されることはない。

b) 練和直後のアマルガムが不用意に金合金の補綴物に接触すると、銀白色の着色を生ずるが、それは全く表在性のものであつて実害はないものである。

c) 金合金補綴物に接して新らしくアマルガム充填を施すと、接触部は銀白色に着色し、その周囲に環状に厚みのある金アマルガム新層を生ずる。しかし、その侵食の深さは 10μ 以下の極めて浅いものであつて、時日を経過しても進行することなく、しかもその中は金アマルガムで埋められているので、臨床上大した害はないものと考えられる。

総括ならびに結論

金合金インレーとアマルガム充填とを人工唾液中および口腔内において、各種条件下に1日ないし6カ月間接触させ、その接触部の表面および断面を観察検討した。さらにアマルガムによる金合金腐食の機序を解明するために、若干の参考実験を行なつて次のような知見を得た。

1. 空気中で古いアマルガム充填に新しい金合金インレーを接触させておいても、何ら変化はみられなかつた。

2. 人工唾液中および口腔内で、古いアマルガム充填に新しい金合金インレーを接触させておいたときにも、一般にはほとんど変化がみられなかつた。中に金合金面の接触部に極めてかすかな銀白色のくもりを生じたものもあつたが、厚みもなく実害のあるものとは思われなかつた。

3. 空気中で古い金合金インレーに練和直後のアマルガムや新しいアマルガム充填（練和開始後8分）を接触させておいたときには、1日後の観察において、金合金の接触部に表在性の銀白色の着色がみられたが、時日を経てもそれ以上進行せず、厚みもなく、実害あるものと思われなかつた。

4. 人工唾液中および口腔内で、古い金合金インレーに新しいアマルガム充填（練和開始後8分）を接触させておいたときには、1日後の観察において、金合金の接触部に平滑な銀白色の着色

を示し、その周囲に銀白色の狭い環状の盛り上りを生じていた。さらにその外周はわずかに褐色に着色された帯で囲まれていた。接触部の銀白色の着色や外周の褐色の着色部には厚みもなく、その下層の金合金には全く影響がみられなかつた故、実害あるものとは考えられなかつた。

5. 環状の盛り上りの部分は、明らかな新層を形成し、その基底は元の金合金面をわずかに侵食していた。この新層は、ヌープかたさの50g荷重では測定不能なほどに軟らかかつたし、稀硝酸2分間の処理によつては溶けなかつたが、稀王水では容易に溶解消失した。この層は金水銀合金であつて、その組成はさらに検討中であるが、恐らくは Au-Hg 二元状態図の γ 相すなわち Au_2Hg （水銀含有量60.41%）に近い相であろうと想像される。

6. この厚みのある金アマルガム新層は、空気中の接触では生ぜず、唾液中でも、未反応の水銀を大量に含む1時間以内のアマルガム充填に接触した場合にのみ生じた。また、液内で金合金インレーとアマルガム充填とを接触させず、液外で短絡した場合、すなわちガルバニー電流は流れるが、直接の接触のない場合には全く生じなかつた。従つて、その成因としては次のような機序が考えられる。まず、アマルガムの汞化反応の途上で、水銀と溶けあつていた錫が腐食電流により唾液中に溶出し、このために放出された水銀が接触部の外端を通つて金合金に移行する。かような水銀の補給が、ある時間継続的に行なわれるために厚みのある金アマルガム層を形成するが、水銀は遠くへは到達しないので接触部の周辺にのみ狭い環状の新生層をつくる。かような錫の電解溶出に伴う水銀の放出は急速に減衰して停止する。実測された腐食電流も初期にのみ強くあらわれて、初めの30秒間に急速に減少し、以後も次第に減少してやがて零になつてしまつた。

7. 腐食により侵された深さは、元の金合金面から最大 10μ 以下であつて、接触期間が1日から6カ月におよんでも、それ以上進行した形跡を認めなかつた。また、その下層の金合金は腐食前

後における金相学的所見にも、微小ヌープかたさの測定値にも変化が認められなかった。すなわち、化学的にも機械的にも劣化が認められず、従つて、この程度の環状の金アマルガム層を生じて、臨床上大した害を与えるものとは考えられなかった。

稿を終るに当たり、本研究に関して終始懇切なる御指導を賜つた恩師総山教授、理工学教室の野本助教授に謹んで感謝の意を表します。また、実験に際して種々便宜を図つていただいた盛教授はじめ理工学教室員各位、ならびに保存学教室員各位に心から感謝致します。

なお、本研究の一部は厚生省の医療研究助成補助金によつて行なわれたものであることを明記する。

参考文献

- 1) Lippmann, A.: Schädigungen durch elektrische Vorgänge im Munde bei metallischem Zahnersatz, Deutsche Med. Wochenschr., 56: 1394, 1930.
- 2) Solomon, H. A. and Reinhard, M. C.: Electrical phenomena from dental materials, Dental Survey, 9: 23, 1933.
- 3) Lain, E. S.: Electric phenomena in the oral cavity, D. Digest, 40: 214, 1934.
- 4) Wakai, E.: Potential difference between various kinds of metals applied in oral cavity and their physiologic effects, J. A. D. A., 23: 1000, 1936.
- 5) Lain, E. S., Schriever, W. and Caughron, G. S.: Problem of electrogalvanism in the oral cavity caused by dissimilar dental materials, J. A. D. A., 27: 1765, 1940.
- 6) Schriever, W. and Diamond, L. E.: Electromotive forces and electric currents caused by metallic dental fillings, J. D. R., 31: 205, 1952.
- 7) Phillips, R. W.: Die Bedeutung elektrischer Ströme in der Mundhöhle, D. Z. Z., 12: 1222, 1957.
- 8) Kanner, O.: Metals and galvanic currents in mouth, J. D. R., 17: 305, 1938.
- 9) Mills, R. B.: Study of incidence of irritation in mouths having teeth filled with dissimilar metals, Northwestern Univ. Bull., 39: 18, 1939.
- 10) Reed, G. J. and Willman, W.: Galvanism in the oral cavity, J. A. D. A., 27: 1471, 1940.
- 11) Skinner, E. W. and Phillips, R. W.: The Science of Dental Materials, 5th ed., Philadelphia & London, 1960, W. B. Saunders Co., p. 341.
- 12) Lain, E. S. and Caughron, G. S.: Electrogalvanic phenomena of oral cavity caused by dissimilar metallic restorations, J. A. D. A., 23: 1641, 1936.
- 13) Mumford, J. M.: Electric action in conservative dentistry and its relationship to pain, B. D. J., 94: 256, 1953.
- 14) Farrell, J. H.: Galvanic action between dental restorations, B. D. J., 104: 128, 1958.
- 15) Nachlin, J. J.: A type of pain associated with the restoration of teeth with amalgam, J. A. D. A., 48: 284, 1954.
- 16) Schoonover, I. C. and Souder, W.: Corrosion of dental alloys, J. A. D. A., 28: 1278, 1941.
- 17) 池下辰次郎: 口腔内における異種金属間のガルバニー作用に関する生理衛生的並に歯科金属学的研究, 歯科学雑誌, 8: 162, 1951.
- 18) 伊藤伍郎: 歯科用金属の腐蝕の研究(金属の接触腐蝕の研究), 日歯材料学会誌, No. 2: 36, 1955.
- 19) Mumford, J. M.: Pain due to galvanism, B. D. J., 107: 300, 1960.
- 20) Hyams, B. L.: The electrogalvanic compatibility of orthodontic materials, Int. J. Ortho. and Dentistry for Children, 19: 883, 1933.
- 21) 総山孝雄: メタルインレー, 改訂第3版, 1959, 医歯薬出版 K.K..
- 22) 浅野武男: アマルガムの修復(充填), 東京, 1961, 而至化学工業 K.K..
- 23) Solomon, H. N., Reinhard, M. C. and Goltz, H. L.: Salivary influence on galvanism, D. Items Int., 60: 1047, 1938.
- 24) Mach, W. J.: Metalle im Munde, D. Z. Z., 11: 1466, 1956.
- 25) 宮津一, 中村悦三: 微粒子の銀錫アマルガム「マイクロアロイ」の使用条件に関する研究, 日歯材料学会誌, No. 5: 12, 1961.
- 26) 片寄恒雄, 清水恵: アマルガムの練和器および充填器の種類と耐圧強度との関係, 日本保存歯科学雑誌, 3: 190, 1960.
- 27) Swartz, M. L., Phillips, R. W. and Tannir, M. D. E.: Tarnish of certain dental alloys, J. D. R., 37: 837, 1958.
- 28) 信太一好: 唾液が金属体の腐蝕を抑制する作用について, 日歯材料学会誌, No. 2: 42, 1955.
- 29) 岩瀬慶三, 岡本正三: 二元合金の標準状態図, 1953, 日刊工業新聞社, p. 108.

- 30) Ryge, G., Moffett, J. C. and Barkow, A. G. :
Microstructural observations and X-ray diffraction studies of silver-tin amalgams, J. D. R., 32 : 152, 1953.
 - 31) 川原春幸他 : 生物理工学よりみた銀錫アマルガム (in vitro), 日本保存歯科学雑誌, 2 : 132, 1959.
 - 32) 清水恵 : アマルガムの膨縮変化に関する研究 : I. 早期膨縮変化の測定, 口病誌, 28 : 359, 1961.
 - 33) 総山孝雄 : 成形(煉性)充填, 東京, 1953, 永末書店.
-