鑲着した金合金クラウンブリッジの経月的電位変化

細田 透 泉田 一蔵 清水 政利 高山 明男
千葉 浩志 星野 亨 祇園白信仁 深水 皓三
森谷 良彦 野元 成晃*

Electrode Potential of Soldered Gold Crown Bridge in the Mouth

Tohru Hosoda, Kunio Izumita, Masatoshi Shimizu, Akio Takayama,
Hiroshi Chiba, Tohru Hoshino, Nobuhito Gionhaku, Kōzo Fukamizu,
Yoshihiko Moriya and Shigemitsu Nomoto*

Abstract : The electrode potentials of soldered gold crown bridges in the mouth were measured in a clinical situation using a pH-meter in conjunction with a platinum micro-probe and a saturated calomel electrode. Eleven patients who participated in the study were restored with four one-soldered bridges or nine two-soldered bridges which were prepared from commercial gold alloy and gold solder by conventional prosthetic procedures. During a period of three months after the insertion of bridges the electrode potentials of the bridges in the mouth were in the range of 0.03~ -0.19 V (SCE) for one-soldered bridges and 0.05~-0.24 V (SCE) for two-soldered bridges. It indicated that the soldering under this experimental conditions had little influence on the electrode potentials of soldered gold crown bridges in the mouth. The measurements of electrode potential in vitro showed that the potentials of the gold alloy and the gold solder in 0.1 N sodium chloride solutions were close to the potentials in the mouth. In acid solutions, however, the electrode potentials of the alloys were noble to those in neutral or alkaline solutions.

Key words : solder, corrosion, bridge, potential, electrochemistry

緒 言

電解質溶液内において、異なった開路電位を有する金属が接触すると、両金属は同一の開路電位になる。これは接触前に貴な開路電位であった金属が、接触前に卑な開路電位であった金属を接触によって貴に分極すること

になるので、後者の酸化過程を一般に加速することになる¹⁾。口腔内で用いられる金属補綴物の鑲着は、金属補綴物と鑲用金属、あるいは鑲用金属を介しての異種金属との接触を伴うので、上記機構による酸化促進が問題となり、金鑲のみについても比較的多くの検討が行われている²⁻⁸⁾。

ここでは、実際の口腔内における異種金属接触の問題を取り扱うに際し、金合金の金鑲による鑲着および鑲着操作に伴う熱処理等が、電位挙動に及ぼす影響を検討するため、鑲着した金合金クラウンブリッジの合着後から3カ月までの口腔内における開路電位（以下、電位と略す）を測定した成績を報告する。

さらに、既存の金属補綴物と修復物の電位測定を同時

日本大学歯学部歯科補綴学教室総義歯補綴学講座

* 日本大学歯学部化学

Department of Full Denture Prosthodontics, Nihon University School of Dentistry

* Department of Chemistry, Nihon University School of Dentistry

昭和61年7月11日受付

Table 1 Materials

Name		Manufacturer	Batch No.		
Alloy	Casting Gold	GC	300721		
Solder	Gold Solder	GC	171221		
Metal Composition					
	Au	Cu	Ag	Pd	Zn
Casting Gold	75	15	7	3	—
Gold Solder	66.66	18.44	12.50	—	2.40
unit : %					

unit : %

に行い、被験クラウンブリッジ調製に用いた金合金および金鍍の各種溶液中における電位測定を行ったので、その成績も併せて報告する。

材料および方法

1. 被験クラウンブリッジ

被験クラウンブリッジ（以下、被験ブリッジと略す）の調製および鍍着に用いた金合金を Table 1 に示す。被験ブリッジは 13 例調製し、その内 4 例は 1 カ所、9 例は 2 カ所の鍍着を行った。鍍合金使用量は、1 カ所につき被験ブリッジ重量の約 2% とした。

2. 被験者

被験者は、日本大学歯科病院補綴科に来院した下顎第 1 大臼歯欠損の患者 11 名である (Table 2)。被験者は男性 9 名、女性 2 名であり、年齢は 22~58 歳、(平均 38 歳) である。被験番号は被験ブリッジ合着順に Sub. 1 から Sub. 13 とした (Table 2)。したがって、Sub. 2 と Sub. 8 ならびに Sub. 7 と Sub. 11 は、各々同一被験者に合着したものである。

3. 電位測定装置

電位の測定は、既報⁹⁾と同じ装置を用いて行った。すなわち、電圧計として pH メータ (HM-20 B 型、東亜電波工業)、白金プローブとして先端部露出面積約 10^{-3} cm² のものを使用した。参照電極は飽和カロメル電極 (HC-205 型、東亜電波工業) であり、この電極に対する電位を V (SCE) とする。

4. 測定方法

被験ブリッジのセメント合着後、直ちに被験者に洗口させてから 5 分経過後に被験者へ口腔内の唾液を貯留するように指示し、すべての金属補綴物、金属修復物の電

Table 2 Subject

Sub.	Age	Sex	Site	Core*	Soldering
1	23	M	5 6 7	Pd, Pd	1
2	32	M	5 6 7	Ag, —	2
3	48	F	5 6 7	Pd, Pd	2
4	49	F	7 6 5	—, Pd	1
5	54	M	7 6 5	—, —	2
6	30	M	5 6 7	—, —	2
7	58	M	5 6 7	—, —	1
8	32	M	7 6 5	Pd, Pd	2
9	27	M	5 6 7	—, —	2
10	29	M	5 6 7	—, —	1
11	58	M	7 6 5	—, —	2
12	22	M	7 6 5	Ag, Ag	2
13	46	M	5 6 7	Ag, Ag	2

* : Left ; 5 or 5 , Right ; 7 or 7

位を測定した。

以後 1 日、1 週間、1、2 および 3 カ月経過後では、被験者は洗口することなく、直ちに測定した。被験者には、あらかじめ、来院前 2 時間飲食せぬように指示し、測定前に問診でそれを確認した。

5. in vitro における電極電位測定

被験ブリッジおよび鍍着に使用した合金 (Table 1) と同じ合金を用いて電極を調製し、各種溶液中における電極電位を測定した。試料溶液としては、0.86% 塩化ナトリウム、0.1 M 磷酸、0.1 M 乳酸、0.1 M 硫化ナトリウムおよび 0.1 M 炭酸ナトリウム溶液を用いた。溶液は特に脱酸素することなく、室温で実験した。セルは 100 ml 用硬質ガラス製ビーカーであり、各測定は液量 70 ml で行った。

測定は耐水研磨紙 (#1200、丸本工業) を用い、注水下で研磨した電極、臨床的研磨を行った電極および王水浸漬を行った電極について実施した。電位測定は浸漬 1 および 24 時間経過後に、各セルに参照極を挿入し、電圧記録計 (F-3 DP、理研電子) を用いて行った。注水研磨電極については、浸漬 48 および 72 時間後の測定も行った。

成 績

1. 鍍着 1 カ所の被験ブリッジ

鍍着 1 カ所の被験ブリッジに関する成績を Fig. 1~4 に示す。

被験ブリッジは、合着時あるいは 1 日経過後に 1 週間以後と異なった電位となる例が多かったが、1 週間以後

Fig. 1 Potential variations of gold crown bridge 1
patient : male, 23 yrs, * : crown bridge ⑥⑥⑦, 1
soldering

Fig. 3 Potential variations of gold crown bridge 7
patient : male 58 yrs, * : crown bridge ⑥⑥⑦, 1
soldering

Fig. 2 Potential variations of gold crown bridge 4
patient : female, 49 yrs, * : crown bridge ⑦⑥⑥, 1
soldering

Fig. 4 Potential variations of gold crown bridge 10
patient : male, 29 yrs, * : crown bridge ⑥⑥⑦, 1
soldering

Fig. 5 Potential variations of gold crown bridge 2
patient: male, 32 yrs, *: crown bridge ⑥⑥⑦, 2
soldering

では大略 -0.1 V (SCE) 付近で比較的安定な電位を示した。合着後3カ月後に比較的大きな電位変動を示した Sub. 1 (Fig. 1) でも、その変動は 0.1 V 以内である。既存の金属補綴物は金合金 $0.01 \sim -0.28$ V (SCE)、金・銀・パラジウム合金 $-0.03 \sim -0.22$ V (SCE)、アマルガム $-0.16 \sim -0.51$ V (SCE) の範囲内の電位を示した。Fig. 1 の例では、被験ブリッジ合着時に、既存の金属補綴物が 0.3 V に近い電位変動を示すこと、⑦のアマルガムが、数カ月に渡ってほぼ直線的な変化を示すことが特徴的である。

2. 鍍着2カ所の被験ブリッジ

鍍着箇所2カ所の被験ブリッジに関する成績を Fig. 5~13 に示す。

鍍着1カ所の場合と同様、鍍着2カ所の被験ブリッジの電位は1週間以後大略 -0.1 V (SCE) 付近で大きな変動を示さない例が多かったが、Sub. 11 (Fig. 11) および Sub. 12 (Fig. 12) では比較的大きな電位変動が認められた。既存の金属補綴物は金合金 $0.02 \sim -0.10$ V (SCE)、金・銀・パラジウム合金 $0.00 \sim -0.37$ V (SCE)、アマルガム $-0.09 \sim -0.55$ V (SCE) の範囲内の電位を示した。

Fig. 6 Potential variations of gold crown bridge 3
patient: female, 48 yrs, *: crown bridge ⑥⑥⑦,
2 soldering

3. in vitro における電位

各種溶液中における電位測定値を Table 3 にまとめて示す。

24 時間浸漬時の電位で比較すると、 0.86% 塩化ナトリウム水溶液中では鑄造用金合金、鍍着用金合金ともに $0.0 \sim -0.1$ V (SCE) の範囲内であった。酸性溶液中リン酸および乳酸溶液ではこれよりも貴な電位となり、硫化ナトリウム溶液中では著しく卑であった。 0.1 M 炭酸ナトリウム溶液中の電位は、 0.86% 塩化ナトリウム溶液中と同程度であった。平均値としては、各種溶液中で鑄造用金合金よりも鍍着用金合金が数十 mV 貴のようであるが、有意差は認められなかった。また、前処理の相異による著明な差も認められなかった。

総括および検討

被験ブリッジのみの成績をまとめて Fig. 14 に示す。鍍着1カ所の被験ブリッジは、合着から3カ月までに $0.03 \sim -0.19$ V (SCE) の範囲の電位を示し、鍍着2カ所のそれは、 $0.05 \sim -0.24$ V (SCE) であった。鍍着箇所数を変えて測定した理由は、熱処理を伴う鍍着処理の時間、鍍着部分の面積の影響をみるためである。しかし、Fig. 14 より明らかな如く、本測定では鍍着1カ所と2カ所間には、口腔内における合着3カ月までの電位に差

Fig. 7 Potential variations of gold crown bridge 5
patient : male, 54 yrs, * : crown bridge ⑦6⑥, 2
soldering

Fig. 9 Potential variations of gold crown bridge 8
patient : male, 32 yrs, * : crown bridge ⑦⑥⑤, 2
soldering

Fig. 8 Potential variations of gold crown bridge 6
patient : male, 30 yrs, * : crown bridge ⑤ 6 ⑦, 2
soldering

Fig. 10 Potential variations of gold crown bridge 9
patient : male, 27 yrs, * : crown bridge ⑤ 6 ⑦, 2
soldering

Fig. 11 Potential variations of gold crown bridge 11
patient : male, 58 yrs, * : crown bridge ⑦6⑥, 2
soldering

Fig. 13 Potential variations of gold crown bridge 13
patient : male, 46 yrs, * : crown bridge ⑥6⑦, 2
soldering

Fig. 12 Potential variations of gold crown bridge 12
patient : male, 22 yrs, * : crown bridge ⑦6⑥, 2
soldering

がなかった。合着1週間までの電位変動は激しい例が多く、その後から3カ月までの全被験ブリッジの電位範囲は $0.01 \sim -0.21$ V (SCE) であり、さらに3カ月後の電位範囲は $-0.06 \sim -0.19$ V (SCE)、その平均および標準偏差は -0.101 ± 0.040 V (SCE) であった。

口腔内の金合金鑄造物は一般に $0.16 \sim -0.22$ V (SCE) の範囲内の電位になるが¹⁰⁻¹³⁾、本測定の実験ブリッジの電位は Sub. 12 の合着時の電位を除き、上記範囲内であった。金合金鑄造冠 103 例の内、65% は $-0.06 \sim -0.22$ V (SCE) になるが¹³⁾、本測定の実験3カ月後の電位は、この電位域に入っている。Sub. 12 では、合着直後に上記範囲外である -0.24 V (SCE) になってから2カ月まで、緩徐な電位上昇を示した。金合金補綴物が上記範囲外の電位になる例としては、金合金鑄造冠の研磨による電位変動を調べた際¹³⁾、40 例中の1例に -0.26 V (SCE) になった鑄造冠があり、このものは研磨により範囲内である -0.02 V (SCE) になった。鑄造物表面の特殊な状態により、一般に測定される金合金の範囲外の電位になるものと考えられる。

金合金 Type I および Type III による鑄造冠は¹²⁾、口腔内において合着3カ月後電位範囲 $-0.06 \sim -0.14$ V (SCE) および $-0.05 \sim -0.16$ V (SCE) であり、その電

Table 3 Electrode Potential

Casting Gold		1 hr	24 hr	48 hr	72 hr
0.86 % NaCl	Under Water	- 52.2± 80.9	- 51.2± 59.6	- 56.3± 71.6	- 40.3± 73.6
	Cl. Polish	- 7.3± 43.2	- 34.5± 46.8		
	Aq. Regia	- 7.2± 57.6	- 74.2± 79.1		
0.1 M H ₃ PO ₄	Under Water	+ 95.7± 64.4	+116.3± 33.4	+121.0± 12.0	+106.3± 6.4
	Cl. Polish	+ 68.7± 37.6	+ 79.5± 29.3		
	Aq. Regia	+ 76.0±119.3	+ 79.5± 29.3		
0.1 M Lactate	Under Water	+ 60.5± 44.1	+ 53.8± 14.9	+ 33.7± 26.6	+ 33.3± 4.0
	Cl. Polish	+ 73.7± 13.1	+ 59.8± 27.4		
	Aq. Regia	+ 98.3±115.1	+ 51.3± 16.6		
0.1 M Na ₂ S	Under Water	-641.7± 16.0	-695.8± 91.8	-756.7±163.6	-720.0±147.6
	Cl. Polish	-637.5± 33.7	-685.8± 35.4		
	Aq. Regia	-589.2± 52.5	-675.0± 37.9		
0.1 M Na ₂ CO ₃	Under Water	-134.0± 80.2	- 54.3± 34.3	- 60.0± 42.3	- 57.3± 41.0
	Cl. Polish	-120.5± 36.0	- 62.0± 27.1		
	Aq. Regia	-257.5± 32.4	- 75.3± 40.7		

Gold Solder		1 hr	24 hr	48 hr	72 hr
0.86 % NaCl	Under Water	- 5.2± 10.4	- 16.2± 16.6	- 14.7± 19.0	- 16.0± 18.0
	Cl. Polish	- 6.0± 37.3	- 33.0± 22.5		
	Aq. Regia	+ 11.5± 73.2	- 10.2± 19.4		
0.1M H ₃ PO ₄	Under Water	+119.2± 29.2	+ 86.7± 25.2	+109.0± 6.6	+108.7± 5.7
	Cl. Polish	+ 83.2± 39.7	+ 80.3± 48.9		
	Aq. Regia	+135.2± 76.2	+ 80.5± 63.7		
0.1M Lactate	Under Water	+ 73.2± 35.5	+ 55.2± 30.6	+ 51.3± 5.5	+ 40.3± 2.5
	Cl. Polish	+ 66.3± 29.3	+ 50.5± 46.6		
	Aq. Regia	+108.3± 80.3	+ 60.8± 54.2		
0.1M Na ₂ S	Under Water	-665.0± 17.6	-675.0± 15.8	-668.3± 20.8	-651.7± 20.2
	Cl. Polish	-663.3± 10.3	-685.8± 15.3		
	Aq. Regia	-663.3± 22.9	-695.0± 15.8		
0.1M Na ₂ CO ₃	Under Water	-135.0±123.1	- 42.8± 10.7	- 42.0± 12.2	- 39.0± 12.2
	Cl. Polish	-101.2± 37.5	- 51.7± 14.0		
	Aq. Regia	-163.3± 95.6	- 38.8± 15.0		

unit : mV (SCE)

Fig. 14 Potential variations of soldered gold crown bridges in the mouth

位平均値と標準偏差は -0.112 ± 0.031 V (SCE) および -0.099 ± 0.046 V (SCE) であった。これらの範囲および平均値は、本測定とよく一致している。このことは金合金の金鍍による鍍着、あるいは鍍着に伴う熱処理が、口腔内における電位に影響しないことを示すものと考えられる。

供試した金合金および金鍍の 0.86% 塩化ナトリウム溶液中における電位は、被験ブリッジの電位範囲の上限に近く、アルカリ性溶液 (0.1 M 炭酸ナトリウム溶液) にしてもほとんど変わらないが、酸性溶液 (0.1 M の磷酸、および乳酸) では貴となり、0.1 M 硫化ナトリウム溶液中では著しく卑になった。溶液の種類による変化は、コバルト・クロム合金あるいはニッケル・クロム合金と同じであり¹⁴⁾、同じような機構による変化と考えられる。重頭ら⁸⁾は、ニッケル・クロム合金と金鍍の短絡電流をし測定し、pH の低い場合、短絡電流が大になることを示した。短絡する金属間の電位差が大である程、短絡電流も

大となると考えると(佐藤²⁾, Takahashi¹⁵⁾ は, 電位差が大である程, 短絡して溶液に浸漬したときの鑲接強度が低下することを示している), 金合金, 金鑲とニッケル・クロム合金の電位が pH 低下に対して同じように振るまうのは, 重頭らの成績と矛盾している。しかし, 短絡電流には電位差以外に各金属の反応性も影響するので, 簡単には矛盾と断定できない¹⁾。口腔内の金合金床を 0.86% 塩化ナトリウム溶液に移し換え, 口腔内の電位と塩化ナトリウム溶液中における電位を比較すると, ± 0.1 V 程度あるいはそれ以内の変化を示す^{16), 17)}。このような変化の原因を追求する必要もあるが, 電位値のみに着目すれば, 塩化ナトリウム溶液中とヒト口腔内では, ほぼ同一の電位になると考えて良いように思われる。

既存の主な金属補綴物, 修復物として, 金合金 13 例, 金・銀・パラジウム合金 21 例, アマルガム 12 例があった。それらの電位は金合金 0.02 $\sim$ -0.28 V (SCE), 金・銀・パラジウム合金 0.00 $\sim$ -0.37 V (SCE), アマルガム -0.09 $\sim$ -0.55 V (SCE) であった。

金合金の電位範囲は, 前記の多数例に関する範囲¹⁰⁾ 0.16 $\sim$ -0.22 V (SCE) 外であった。しかし, Sub. 10 の被験者 (Fig. 4) における 3 カ月経過後の既存の金合金補綴物の電位は, 0.02 $\sim$ -0.20 V (SCE) の範囲となり, 多数例に関する範囲内に入る。金合金インレーが 0.2 V に近い電位変動 -0.28 V (SCE) になったのは, プローブ接触による表面皮膜損傷の影響と思われる¹⁸⁾。金・銀・パラジウム合金補綴物 293 例の口腔内電位は, 0.12 $\sim$ -0.30 V (SCE) の範囲内にあり, その後の測定^{12), 19), 20)}でもこの範囲外になることはなかった。本測定では, Sub. 5 の被験者 (Fig. 7) は 5) と 4) の金・銀・パラジウム鑄造冠で -0.30 V (SCE) よりも卑な電位が示された。この被験者の 2 例を除くと, 既存の金・銀・パラジウム合金の電位は 0.00 $\sim$ -0.30 V (SCE) であり, 上記多数例の電位範囲内に入る。Sub. 5 の被験者における 5) 鑄造冠については, 被験ブリッジとの接触の影響が考えられるが, 4) の鑄造冠については電位が異常に卑になる原因が不明である。いずれにしても, この 2 例は例外例と見做せる。アマルガム修復物 729 例の口腔内電位は -0.02 $\sim$ -0.76 V (SCE) の範囲内にあり, その後の測定^{12), 14), 19-21)}でも, この範囲外になることはなかった。本測定のアマルガム修復物の電位もすべてこの範囲内の電位であった。

結 論

金鑲による鑲着 1 カ所が 4 例および, 2 カ所が 9 例の金合金クラウンブリッジについて, 合着から 3 カ月経過までの口腔内における電位を経月的に検討した。

参考として, 同一被験者の既存の金属補綴物と修復物の電位測定, ならびに金合金クラウンブリッジ調製に用いた金合金と金鑲用金合金の *in vitro* における各種溶液中の電位を検索し, 以下の結論が得られた。

1) 被験ブリッジ合着より 3 カ月経過までの電位は, 鑲着 1 カ所では 0.03 $\sim$ -0.19 V (SCE), 鑲着 2 カ所では 0.05 $\sim$ -0.24 V (SCE) であり, 3 カ月経過後の電位 (平均値および標準偏差) は -0.101 ± 0.04 V (SCE) であった。鑲着箇所数の電位挙動に対する影響は, 認められなかった。

2) 被験ブリッジ調整に用いた金合金および金鑲は, 0.86% 塩化ナトリウム溶液とアルカリ性溶液 (0.1M 炭酸ナトリウム溶液) 中で口腔内電位に近い電位を示し, 酸性溶液 (0.1 M のリン酸, および乳酸) では貴となった, 0.1 M 硫化ナトリウム溶液中では, 著しく卑な電位になった。

3) 既存の金属補綴物と修復物の電位は, 金合金 (13 例) で 0.02 $\sim$ -0.28 V (SCE), 金・銀・パラジウム合金 (21 例) で 0.00 $\sim$ -0.37 V (SCE), アマルガム (12 例) で -0.09 $\sim$ -0.55 V (SCE) の範囲内にあった。金合金の 1 例および金・銀・パラジウム合金の 2 例を除くと, これら電位は, 既報の多数例に関する当該合金の測定値範囲内であった。

文 献

- 1) 野元成晃, 柴 忠一, 宮木 了, 篠原和子, 勝又徳昭: 歯科用金属の電気化学的側面に関する文献ノート (Ⅲ) —異種金属の接触および電流時間曲線—, 日本歯学研究紀要 8 号: 53~65, 1980.
- 2) 佐藤敏治: 口腔内における線鉤鑲接部位の破折原因と電位差との関係について (その 1), 歯学報, 60: 1302~1306, 1960.
- 3) 佐藤敏治: 口腔内における線鉤鑲接部位の破折原因と電位差との関係について (完), 歯学報, 60: 1412~1413, 1960.
- 4) 佐藤敏治: 口腔内における線鉤鑲接部位の破折原因と電位差との関係についての研究補遺, 歯学報, 61: 55~60, 1961.
- 5) 川原春幸, 今井敏夫, 富井茂三, 小川隆司, 山上哲賢, 種

- 谷克己, 加藤邦雄, 磯貝満彦, 水町善雄: 銅亜鉛合金と 18 K 金合金とのろう接体に関するだ液内腐食実験, 歯理工誌, 3: 22~25, 1962.
- 6) Mueller, H.J.: Silver and Gold Solder-Analysis Due to Corrosion, Quint Internat, 12: 327~337, 1981.
- 7) Mueller, H.J., Greener, E.H. & Marker, B.C.: Corrosion by External Polarization of Soldered Orthodontic Wires in Cleanser Solution, Amer. J Orthodont, 76: 555~564, 1979.
- 8) 重頭直文, 柳原敏之, 穴吹昇三, 石田 浩, 森 博己, 浜田泰三: 歯科用 Ni-Cr 合金とろう合金の接触腐食に関する研究 第 1 報 pH による影響について, 補綴誌, 28: 868~874, 1984.
- 9) 野元成晃, 阿野 満, 坂井 実, 赤石哲則, 小野 章, 小林茂樹, 小野瀬英雄: 口腔内金属の電極電位測定法, 日大歯学, 52: 732~738, 1978.
- 10) 野元成晃, 阿野 満, 木村 寿, 伊沢三樹, 日野浦光, 宮島力也, 小野瀬英雄: 鑄造修復物の口腔内電極電位, 日歯保誌, 22: 300~309, 1979.
- 11) 野元成晃, 滝川智義, 薄井要治, 阿野 満, 林 二郎, 河村長和, 小野瀬英雄: 口腔内金属修復物の電極電位一経日の変動および日内変動一, 日歯保誌, 21: 140~155, 1978.
- 12) 星野 亨, 泉田一蔵, 田島直孝, 山田博明, 祇園白信仁, 森谷良彦, 野元成晃: 金合金鑄造冠装着後の経月的電極電位変動, 日大歯学, 56: 1104~1110, 1982.
- 13) 祇園白信仁, 山口研一, 山本克之, 草間一兵, 星野 亨, 森谷良彦, 野元成晃: 金合金鑄造冠の口腔内電極電位一研磨による電位変動一, 日大歯学, 55: 845~848, 1981.
- 14) 坪田健嗣, 泉田一蔵, 湯浅 智, 和泉憲一, 谷津 悟, 星野 亨, 祇園白信仁, 深水皓三, 森谷良彦, 野元成晃: 非貴金属鑄造冠の経月的電位変動, 補綴誌, 30: 1393~1401, 1986.
- 15) Takahashi, S.: Electrochemical Processes in Oral Tissues, Internat dent J, 18: 823~833, 1968.
- 16) 祇園白信仁, 山本克之, 山口研一, 井上恵司, 山田雅昭, 森谷良彦, 野元成晃: 金属床義歯の口腔内における電極電位, 補綴誌, 24: 389~395, 1980.
- 17) 祇園白信仁, 山口研一, 山本克之, 草間一兵, 星野 亨, 森谷良彦, 野元成晃: 金属床義歯装直後の経月的電位変化, 補綴誌, 25: 629~640, 1981.
- 18) 野元成晃, 勝又徳昭, 坂井 実, 中田郁平, 升谷滋行, 小野瀬英雄: 口腔内充填金属の電極電位測定法—白金プローブ接触回数による電位変動について—, 日大歯学, 52: 905~910, 1978.
- 19) 野元成晃, 阿野 満, 河村長和, 日野浦光, 黒田 隆, 小野瀬英雄: アマルガム修復物の口腔内電極電位, 日歯保誌, 22: 291~299, 1979.
- 20) 野元成晃, 阿野 満, 藤井葉子, 今泉純一, 菅野英也, 安藤 進, 小野瀬英雄: 口腔内アマルガム修復物の研磨による電位変動, 日歯保誌, 22: 525~535, 1979.
- 21) 泉田一蔵, 田島直孝, 山田博明, 星野 亨, 祇園白信仁, 森谷良彦, 野元成晃: 金・銀・パラジウム合金鑄造冠装着後の経月的電極電位変動, 補綴誌, 27: 274~279, 1983.