—대한치과의사협회지 : Vol. 16, No. 9, Sept., 1978—

Galvanic Current 測定에 關한 實驗的硏究

서울大學校 齒科大學 保存學敎室

嚴 正 文·金 英 海

AN EXPRIMENTAL STUDY ON MEASURING OF GALVANIC CURRENT

Chung Moon Um, D.D.S., M.S.D., Ph.D. **Yung Hai Kim**, D.D.S., Ph.D.

Dept. of Operative Dentistry, College of Dentistry
Seoul National University.

≫Abstract≪

The purpose of this study was to measure galvanic current which generated from dissimilar alloys, gold inlay and amalgam, silver and amalgam by using HA-104 Potentiostat (Fig.—1) in vitro.

One percent potassium chloride solution of pH 5.4 was used as electrolyte.

Silver and Gold alloy cylinder (4mm diameter×10mm) were used as a cathode in this experiment. Surfaces of cathode except upper round portion were covered with Taplon tape and upper portions were highly polished in order to maximize conductivity.

Anode was produced by packing amalgam alloy into acrylic cylindrical cavity form (4mm internal diameter×10mm). The specimen anode was connected to copper wire and the other end of this copper connector was attached to potentiostat. After condensing amalgam, the specimen was trimmed by means of razor and burnished

The specimens were placed in electrolyte and galvanic current was measured for 150 minutes.

Intensity of galvanic current change according to time elapsed as long as 150 minutes was recorded on a graphic paper.

From this experiment, following results were obtanied.

1. The magnitude of the galvanic current generated in gold alloy cathode and amalgam anode was two times higher than in silver cathod and amalgam anode.
2. Copalite application on copper wire connector didn't insulate current.

3. Higher the Hg content in amalgam alloy generate more current.
4. The magnitude of galvanic current in conventional amalgam was higher than spherical amalgam.
5. Treatment of ammoniate $AgNO_3$ on amalgam surface was effective to reduce the magnitude of galvanic current, especially in high Hg content amalgam alloy.

第一章 序 論

口腔內에 數種의 修復物을 裝着하거나 充塡하였을시 疼痛이 呼訴되는 것은 齒質削除時에 齒質에 加해지는 여러가지 刺戟外에 異種金屬間에 生成되는 Galvanic Pain을 들 수 있다. Amalgam充塡과 金合金修復物이 서로 相對顎에 있을시 Galvanic shock를 誘發시킬 수 있다.

口腔內에 Galvanic cell은 電解質로 作用하는 唾液과 Electrometric series가 서로 다른 金屬이 修復되여 있을시 電流가 흐름으로서 生成될 수 있으며 이 電流에 依해서 疼痛을 惹起시킬때 Galvanic shock라고 命名하고 있다.

Mumford[1]와 Carter[2]는 Galvanic pain의 例를 報告하였고 Mumford[3]는 이것이 深刻한 問題는 아니며 이 疼痛의 特徵은 그 持續時間이 짧고 sharp하며 이 電流는 높은 onset를 갖는 것이 特徵이라고 하였다

Schriever와 Diamond[4] 口腔內에서 金屬修復物과 關聯된 電流를 測定하는 方法을 考察하여 서로다른 異金屬이 接觸時 높은 電流가 發生한다고 結論지었다.

口腔內에서 Galvanic cell이 主로 생기는 根源은 金과 Amalgam이 서로 相對顎에 位置할 때 上下顎 接觸 또는 咀嚼時 發生할 수 있다. Mumford[1]는 Galvanic 腐蝕電流의 값을 0.5~50μA로 報告하였고 唾液에서 異金屬이 서로 接觸時 初期의 電流는 갑작스러운 疼痛을 줄 수 있고 이런 電流는 時間이 經過됨에 따라서 낮은 水準으로 떨어져 疼痛은 減少한다 하였다. Phillips[5]는 이런 疼痛을 줄이기 위해서 Amalgam修復時 窩壁에 적절한 Varnish를 使用하여 電流를 防止하라 하였고 Bender[6]는 最近에 充塡한 Amalgam으로 深한 Galvanic shock를 일으킬때 이를 줄이기 위해서 Ammoniated $AgNO_3$로 30秒間 處理하라고 하였다. 따라서 筆者들은 二種의 Amalgam과 金合金 및 銀을 資料로 하여 $AgNO_3$ 및 Varnish가 Galvanic電流를 어느程度 줄이나 觀察한 바 있어 그 實驗結果를 이에 報告하는 바이다.

第二章 實驗材料 및 實驗方法

Galvanic cell의 測定은 Fraunhofer와 Staheli[7,8]의 方法에 따라 HA-104 Potentiostat (Made in Japan)로 사용하였다.

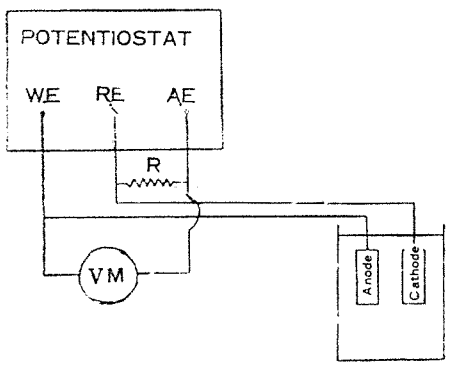

Fig. 1 Schamatic diagram of experimental circuit.

Galvanic System은 두金屬으로 되어 있는 Cathode와 Anode로 構成되며 Cathode는 金合金 및 銀을 Anode는 Amalgam을 使用하여 그 電流量을 測定하였다.

Cathode의 試片製作……Cathode에 使用한 金合金은 서울大學校 齒科大學 附屬病院에서 使用하는 Inlay用 金合金(Type Ⅱ)이며 Anode의 Amalgam 試片과 同一한 形態를 만들기 위해서 Fig. 2 Mold에서 Wax Pattern을 採得하여 直徑 4mm 높이 10mm의 圓柱型의 鑄造體를 얻어 電解質에 露出될 上部 둥근면을 Sand Paper, Rubber Wheel로 硏磨하고 圓柱型의 反對面은 銅線에 의하여 測定器에 連結하였으며 硏磨된 上部面을 除外하고 Insulating Tape에 의해서 完全 遮斷하였다. 銀도 같은 方法에 의하여 製作하였다.

Anode의 試片製作……Fig.-2와 같은 圓柱型 窩洞(直徑 4mm, 높이 10mm)을 Acrylic Resin에 形成하고 Connector인 銅線이 窩洞의 中央에 오게하여 測定器에 連結하였다.

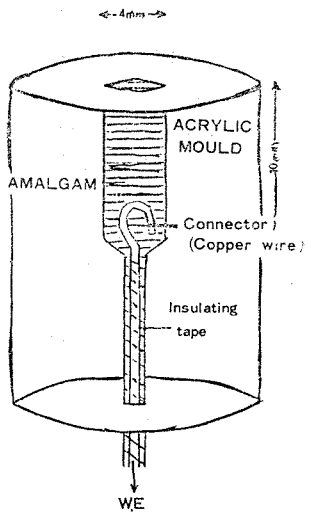

Fig. 2. Amalgam test electrode.

使用된 Amalgam은 Caulk會社의 Lathe Cut Amalgam(Type Ⅱ, Class Ⅰ)과 球狀 Amalgam(Type Ⅱ, Class 2)을 水銀의 類似比率에 따라 Wig-L-Bug Amalgameter로 鍊和하여 Wesco Mortenson No. 1으로 凝縮시키고 剩餘部分은 面刀날로 除去하였으며 Burnish한 후 直時 pH 5.2인 1% KCl 溶液에 넣어 電流를 150分間 測定하였다.

Amalgam과 水銀의 比는 lathe cut alloy에서는 1 : 1, 1 : 1.4로 하고 球狀 Amalgam에서는 1 : 0.85, 1 : 1로 정량하여 觀察하였다.

Copalite의 塗布는 窩洞의 中央에 挿入된 銅線인 Connector에 Caulk會社 Capalite를 一回 塗布하여 完全乾燥後 Amalgam을 充塡하였다.

$AgNO_3$의 處理는 Amalgam 充塡後 Burnishing 한後 Ammoniate $AgNO_3$(Silver Nitrate solution, Ammoniacal Lunar Laboratories, Inc. New York 10)로 30秒間 適用後 蒸溜水로 洗滌하여 測定하였다.

第三章 實驗成績

時間이 經過됨에 따라 變化되는 電流量의 狀態는 그림 3, 4, 5, 6과 같다.

1. 金合金과 Amalgam의 種類 및 水銀量에 따른 電流의 狀態(그림—3).

i) Lathe cut alloy와 水銀의 混合比 1 : 1.4의 例

初期 1.4mA/cm²에서 始作하여 5分時 1.24mA/cm²로 急下降하며 30分後에도 0.7mA/cm², 1時間 15分後부터는 0.64mA/cm²로 一定하였다.

ii) Lathe cut alloy와 水銀 混合比 1 : 1의 例

初期 1.4mA/cm²에서 始作하여 急下降하고 5分時 1.04mA/cm², 30分後 0.78mA/cm²로 下降하고 2時間後부터 0.54mA/cm²로 一定量을 維持하였다.

iii) 球狀 Amalgam과 水銀 混合比 1 : 1의 例

初期 0.4mA/cm²에서 0.04mA/cm²로 下降하다 上昇하여 10分經過時 0.48mA/cm²로 서서히 上昇하면서 90分時 0.54mA/cm²로 維持하였다.

iv) 球狀 Amalgam과 水銀混合比 1 : 0.85 例

初期 0.4mA/cm²에서 始作하여 1分時 0.04mA/cm²로

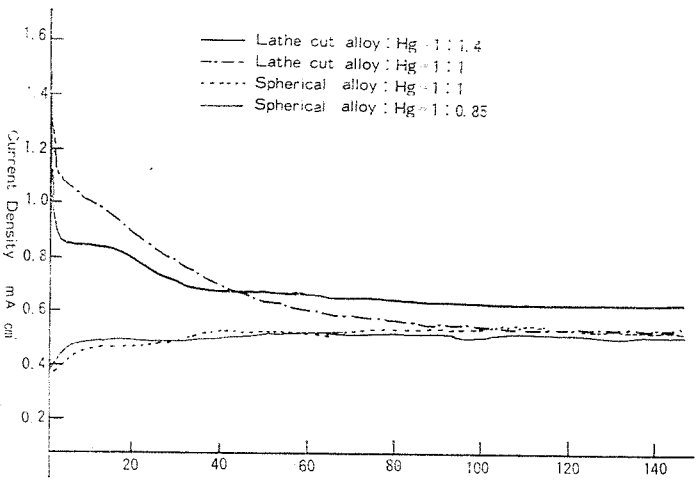

Fig. 3. Variation of Current Density with elspsed Time in Gold Alloy-Amalgam Galvanic cell.

下降하며 서서히 增加하여 50分時 0.52mA/cm²로 一定量을 維持하였다.

2. 金合金과 Amalgam에 連結되는 Connector에 Copalite 塗布例(그림—4).

Lathe cut amalgam에서 1.4mA/cm²에서 始作하여 水銀과의 比 1 : 1.4에서는 0.6mA/cm², 1 : 1의 例에서는 0.52mA/cm²로 계속 維持하였고 球狀아말감 1 : 0.85, 1 : 1의 경우 0.51mA/cm², 0.52mA/cm²로 근소한 값을 維持하였다.

3. 金合金과 Amalgam에 $AgNO_3$의 處理例(그림—5).

Lathe Cut Alloy의 경우 0.96mA/cm²에서 始作하여 서서히 下降하면서 水銀比 1 : 1의 경우는 0.42mA/cm², 1 : 1.4의 경우는 0.48mA/cm²를 維持하였다.

4. 銀과 Amalgam에 의한 電流(그림—6)

金合金에 比해서 電流量은 훨씬낮다. Lathe cut alloy 1 : 1.4의 境遇 初期始作은 0.8mA/cm²이였고 이는 金合金의 例보다 0.4mA/cm²나 적은 量이며 80分에 0.3 mA/cm²을 계속 維持하였다. 1 : 1의 例에서는 1 : 1.4에 比해서 0.04mA/cm²나 下降 함을 보였다.

球狀 Amalgam의 境遇 8分에 이르러 일정한 電流量

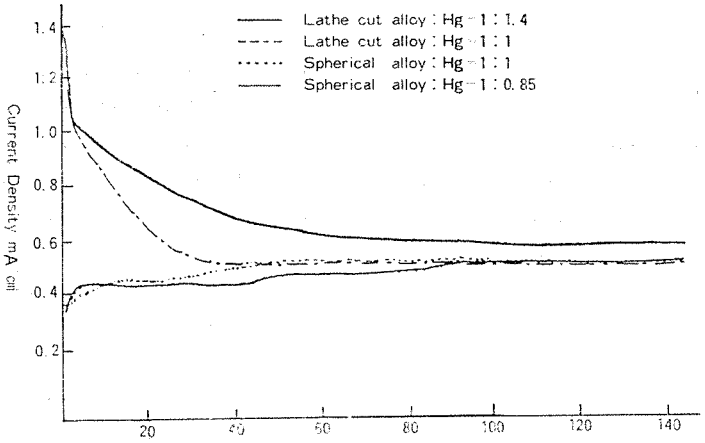

Fig. 4. Current Density of Copalite Application

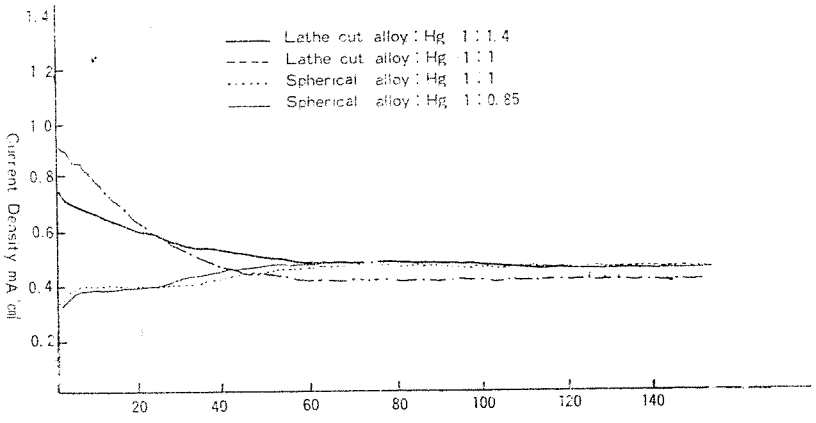

Fig. 5. Current Density after $AgNO_3$ Application.

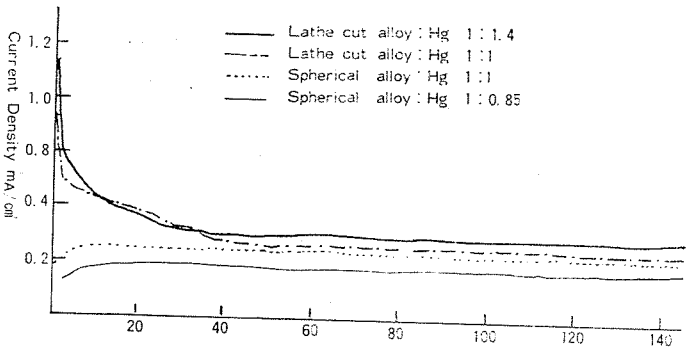

Fig. 6. Variation of Current Density with elaspsed time in Silver-Amslgam Galvanic cell

을 나타내었는데 1 : 1인 例는 0.24mA/cm², 1 : 0.85인 例는 0.18mA/cm²를 維持하였다.

第四章 總括 및 考察

서로다른 electrode potential을 갖는 異金屬이 電解質에 連結될때 Galvanic Corrosion cell이 발생될 수 있다. Galvanic Corrosion 이 生成되면 電極反應의 Polarization과 Corrosion Product의 形成으로 時間이 經過됨에 따라서 그 電流도 減少한다.

Galvanic Corrosion에 影響을 주는 因子는 Cathode, Anode의 面積의 比, 電解質의 濃度 및 pH, aeration을 들 수 있다.

金合金과 Amalgam 사이에 電流는 水銀의 含量이 많을 수록 電流量은 크고 Lathe cut amalgam에서 初期의 많은 量의 電流에서 急激히 下降하여 時間이 經過됨에 따라 서서히 下降하면서 一定量을 維持한다. 그러나 球狀 Amalgam에서는 初期에 낮은 量에서 始作하여 서서히 增加하여 一定量을 유지한다. 水銀은 Lathe cut Alloy에서 顯著한 影響을 주며 球狀 Amalgam에서는 큰 影響을 주진 않는다.

Varnish는 溶媒에 Resin의 溶解시킨 것으로 이를 塗布時 溶媒가 揮發하면서 얇은 膜을 形成하다. 本實驗에서 Copalite의 塗布시 電流遮斷에 큰 役割을 하지 못하였다. Amalgam 窩壁에 塗布時 Zinc Phosphate Cement 酸의 浸透는 막을 수 있고 邊緣漏出은 減少시킬 수 있으나 電流傳達은 遮斷시키지 못하는 것으로 思料된다.

Galvanic Current로 因한 疼痛誘發時 Bender가 主張한 Ammoniated $AgNO_3$ 處理는 그 電流의 量을 顯著히 減少시킬 수 있었다. 특히 Lathe Cut Amalgam에 水銀의 含量이 많을시 그 效果는 컸고 球狀 Amalgam에서 水銀의 含量에 關係없이 같은 量의 電流를 維持시켰다. $AgNO_3$는 Amalgam의 表面을 變化시켜서 電氣의 흐름을 多少遮斷시키는 것 같다.

그러나 $AgNO_3$는 Amalgam의 表面을 黑色으로 만들어 審美的으로 좋지 않음을 볼 수 있다.

銀과 Amalgam의 例에서 그 電流量은 金合金인 例의 半에 該當되며 水銀含量에 따라 電流量도 比例한다. Amalgam充塡後 銀食器의 接觸으로 甚한 刺戟은 呼訴하는 患者가 있다. 이는 金合金과 Amalgam 充塡時 生成되는 電流量의 半에 該當되며 그 疼痛의 深度도 훨씬 적을 것으로 思料된다.

Galvanic Current는 Amalgam 充塡後 時間이 經過됨에 따라서 처음보다는 顯著히 減少되기 때문에 臨床에서 그리 크게 문제시 되지 않으며 이를 막기 위해서는 金合金修復物 주위나 또는 相對顎에 Amalgam充塡을 하지 않고 부득이한 경우에 Lathe Cut Alloy보담 球狀 Amalgam을 使用하며 水銀의 含量을 最少로 하고 充分한 base를 한후 充塡할 것이며 이와같은 修行時도 疼痛이 있을시는 $AgNO_3$로 處理하여 그 電流의 量을 減少시킬 수 있다하겠다.

第五章 結 論

HA-104 Potentiostat를 使用하여 電解液 1% KCl, pH 5.2의 溶液에서 Cathode에 金合金 및 銀, Anode에 Amalgam을 使用하여 Galvanic Current를 測定한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 金合金은 銀에 比해서 約 2倍의 電流量을 發生시켰다.
2. Copalite는 電流遮斷에 크게 役割하지 못하고
3. Amalgam에 水銀의 含量이 많을수록 電流의 量이

많았고

4. Lathe Cut Amalgam은 球狀 Amalgam 보다 電流量이 많았고

5. $AgNO_3$로 Amalgam의 表面處理는 電流量을 減少시켰고 特히 水銀의 含量이 많을때 그 效果는 컸다.

(本硏究에 여러가지로 도와 주신 서울大學校 材料實驗所 김상주 교수님께 중심으로 감사드리며 대학원의 김희진군께 감사드립니다.)

References

1. Mumford, J.M. Brit. dent. J., 108, 299, 1960.
2. Carter, R. Aust. dent. J., 10, 317, 1965.
3. Mumford, J.M. J. dental Research., 36, 632, 1957. Electrolytic Action in the Mouth and its Relationship to Pain.
4. Schriever, W., and Diamond L.E. J. dent. Res., 31, 205, 1952
5. Phillips, R.W., Swartz, M.L., and Norman, R.D. Materials for the Practicing Dentist 18p. Mosby, St Louis. 1969.
6. Bender, S. N.: J. Mercer Dent. Society, 16 : 3, 1962 Report of a Case Elimination of Pain due to a Galvanic Reaction after Insertion of large Amalgam Restoratton.
7. Fraunhofer, J.A. and Stahell, P.J. Corrosion Science, 1972, Vol, 12 p767. Pergamon Press. Printed in Great Britain. The measurement of Galvanic Corrosion Currents in Dental Amalgam.
8. Fraunhofer, J.A. and Stahell, P.J. Brit. dent. J., 1972, 132, 357p. Gold-Amalgam Galvanic Cells.