

窩洞形成後 白鼠의 齒髓內 放射性 磷(^{32}P)의 攝取率에 關한 實驗的 研究*

서울大學校 大學院 齒醫學科 保存學 專攻
(指導 金 洙 哲 教授)

朴 嘉 明

AN EXPERIMENTAL STUDY OF RADIOACTIVE PHOSPHORUS (^{32}P) UPTAKE IN RAT PULP AFTER CAVITY PREPARATION.

Ka Myung Park, D.D.S., M.S.D.

Dept. of Operative Dentistry, Graduate School, Seoul National University.
(Directed by Prof. Soo Chul Kim, D.D.S., Ph.D.)

.....> Abstract <.....

The author studied radioactive phosphorus (^{32}P : NaH_2PO_4 NaCl Soln.) total uptake in pulp tissue of 25 rats' teeth. Dental arch were grouped in experimental (left) and control (right). Cavity preparation were performed on experimental groups. Control group left intact. Radioactive phosphorus (^{32}P : approximately $150\mu\text{ci}/\text{ml}$) were injected peritoneally.

Animals were killed 1, 3, 6, 12 and 24 hours after experiment. Each pulp tissue and teeth without pulp were examined under the β -ray well scintillation counter.

The following results were obtained from this study.

- 1) Radioactive phosphorus (^{32}P) uptake in hard structure were higher than pulp tissue.
- 2) Both in pulp tissue and hard structure, radioactive phosphorus (^{32}P) uptake was increased according to the survival times elapsed and showed the highest value at 24 hours cases.
- 3) Pulp tissues of experimental group showed higher CPM value than that of control group and CPM value at 24 hours cases were the highest.
- 4) CPM Value of hard structure reveals no difference between experimental and control group.

* 本 論文의 要旨는 1974年 5月 4日 1974年度 第3回 大韓齒科保存學會에서 發表하였음.

— 目 次 —

第一章 緒 論
第二章 實驗材料 및 實驗方法
第三章 實驗成績
第四章 總括 및 考按
第五章 結 論
參考文獻

第一章 緒 論

放射性 同位元素의 醫學的 利用은 G. C. Hevesy에 의해 創始 되었으며, 第二次 世界大戰을 契機로 劃期的인 發展을 하였고, 國際聯合 傘下機關으로 國際原子力機構(I. A. E. A.)가 設立된 後부터 原子力의 平和的利用의 하나로 放射性同位元素(Radioisotope)를 追跡子로 使用함으로써 生命現象을 究明하려는 基礎醫學面의 利用과 放射線이 病巢가 있는 部位와의 親和性을 利用한 疾病診斷의 應用 및 細胞의 生活機能에 對한 作用으로서 治療面에서도 많이 利用되고 있다.

특히 齒醫學 分野에 있어서는 使用되는 核種이 어느 程度 局限된 感이 있으나 여러 가지의 核種中에서도 磷은 生體內에서 無機物 乃至 高에너지 化合物로 또는 細胞의 構成要素인 磷脂質(Phospholipid) 및 磷蛋白質로 利用될 뿐만 아니라 細胞分裂 및 蛋白合成과 密接한 關係가 있는 核酸合成에 不可缺한 要素이므로 放射性 磷을 利用한 齒牙의 構成成分 및 그 代謝過程에 關하여 많은 研究報告가 發表되었다.

Chievitz와 Hevesy(1935)¹⁾, Doles(1937)²⁾ 등은 이와 같이 複雜한 磷 代謝過程에 關하여 報告한 바 있고, Hevesy(1937)³⁾는 骨, 齒牙, 筋等의 各 臟器內의 ³²P 攝取率, 分布, 排泄에 關하여 觀察하였고, Manly(1940)⁴⁾, Falkenheim(1942)⁵⁾, Cohn과 Greenberg(1938)⁶⁾ 등은 各 臟器內의 ³²P의 轉換率을 觀察報告한 바 있다.

또한 Amler(1948)⁷⁾, Bevelander(1951)⁸⁾ 등은 各種 藥劑를 使用하여 ³²P의 象牙質內의 浸透度에 關하여 研究報告한 바 있으며 Belanger(1950)⁹⁾는 白鼠에 ³²P를 投與하여 齒牙의 形成機轉을 究明하려고 했으며, Jones, Chaikoff와 Lawrence(1950)¹⁰⁾ 등은 異常增殖을 하는 腫瘍組織에 있어서의 ³²P의 影響을 研究報告하였으며 金(1962)¹¹⁾은 齒牙 및 骨에서의 放射性 磷과 Calcium 攝取에 關한 研究를 報告한 바 있고, 朴(1962)¹²⁾은 放射性 磷이 齒牙 및 齒牙 周圍組織에 미치는 影響에 關

하여 報告하였다.

이 외에도 Burstone(1950)¹³⁾, 朴(1963)¹⁴⁾, Richard(1972)¹⁵⁾, Winson(1965)¹⁶⁾, Amprino(1952)¹⁷⁾, Salvo와 Neuman(1957)¹⁸⁾ 등 많은 學者들에 의하여 放射性 磷을 使用한 研究報告가 있다.

著者は 體重 200g 內外인 白鼠의 腹腔內에 放射性 磷을 注射한 後 窩洞形成后 時間이 經過함에 따라 發生되는 白鼠의 齒髓內 放射性 磷의 攝取率과 齒牙硬組織內의 放射性 磷의 攝取率을 放射線의 螢光作用을 利用한 β -線 well scintillation counter로 total CPM을 測定하여 正常齒髓 및 齒牙硬組織의 攝取率을 比較 觀察하여 이에 報告하는 바이다.

第二章 實驗材料 및 實驗方法

實驗動物로는 體重 200g 內外의 白鼠 25匹의 上下顎 前齒들을 對象으로 하였으며, 이들 各 白鼠의 上下顎 前齒 4個中, 左側은 唇面部에 五級窩洞을 形成하여 實驗群으로 하고 右側의 正常齒牙는 對照群으로 定한 後, 五匹의 白鼠를 Ether로 麻醉하여 各各의 實驗群의 齒牙에 五級窩洞을 形成하고 放射性 同位元素 磷(³²P: NaH₂PO₄ NaCl Soln.)을 150 μ ci/ml 되게 生理的 食鹽水로 稀釋하여 腹腔內 注射를 하였다. 이들을 各各 1時間, 3時間, 6時間, 12時間, 24時間의 間隔으로 屠殺한 後 上下顎骨을 떼어내고 齒牙를 摘出하여 흐르는 물과 生理的 食鹽水로 完全 洗滌하고 濾紙로 水分을 吸着해낸 後 齒髓는 拔髓를하여 이를 Planchet에 均一하게 塗布하여 24時間 동안 室溫下에서 乾燥시켰으며, 齒牙硬組織은 뚜껑을 덮은 陶製 Crucible에 담아 Furnace로 徐徐히 約 1000°C 까지 加熱하여 粉末로 만든 다음 Plastic tube에 넣어 이들 被檢物들을 同時에 β -線 well scintillation counter로서 齒髓 및 齒牙에 攝取된 放射能을 測定하였다.

上述한 實驗을 五回 反復하여 그 平均値 및 標準偏差를 計算하였다.

第三章 實驗成績

Table 1 은 齒髓內에 攝取된 放射性 磷의 total CPM으로서, 窩洞形成으로 因한 齒髓에 刺戟을 준 實驗群에서나 正常齒髓의 對照群에서나 모두 그 攝取率은 1時間에서 가장 낮으며 時間이 經過함에 따라 增加하여 24時間에서 가장 높고, 實驗群은 正常齒髓의 對照群보다 1時間, 3時間, 6時間, 12時間, 24時間에서 모두 그 攝取率이 높으며 24時間에서 가장 顯隔한 差異를 나타내고 있다(Fig. 1 參照).

Table 1. Total ³²P uptake in rat pulp

Time (hours)	Unit (CPM)			
	Control Group		Experimental Group	
	No. of sample	mean ± (S. D.)	No. of sample	mean ± (S. D.)
1	5	407(24)	5	586(15)
3	5	961(14)	5	1225(17)
6	5	1202(9)	5	1605(20)
12	5	1545(12)	5	2123(30)
24	5	2009(60)	5	2908(50)

Table 2. Total ³²P uptake in rat hard structure Unit (CPM)

Time (hours)	Unit (CPM)			
	Control Group		Experimental Group	
	No. of sample	mean ± (S. D.)	No. of sample	mean ± (S. D.)
1	5	19045(292)	5	18975(181)
3	5	28537(259)	5	27355(739)
6	5	33887(387)	5	35630(495)
12	5	39109(423)	5	38586(520)
24	5	45549(717)	5	47210(554)

Table 2는 齒牙硬組織에攝取된放射性磷의 total CPM으로서, 이도 또한 窩洞形成을 한 實驗群에서나 正常齒牙의 對照群에서나 모두 時間이 經過함에 따라 그 攝取率이 增加하며 24時間에서 가장 높았다. 그러나 齒牙硬組織에서는 實驗群과 對照群은 그 攝取率의 差異를 나타내지 않고 있다(Fig. 2 參照).

齒髓(Table 1)와 齒牙硬組織(Table 2)의 攝取率을 比較해 보면 齒牙硬組織은 齒髓보다 約 20倍 以上の 增加值를 나타내고 있다.

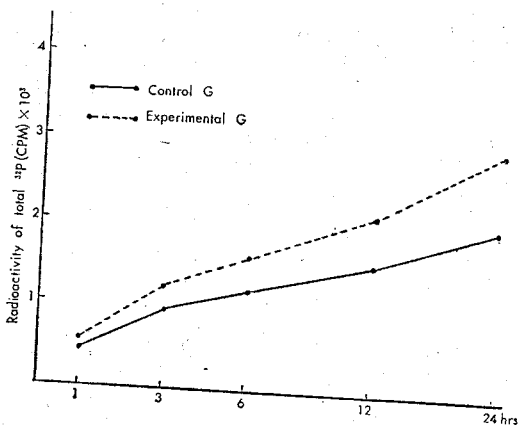


Fig. 1. Distribution of total ³²P uptake in rat pulp at various interval after experiment.

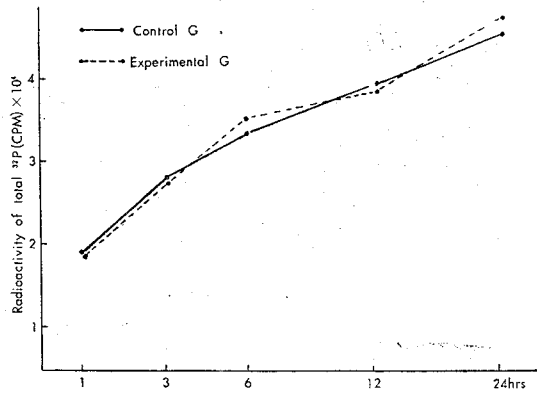


Fig. 2. Distribution of total ³²P uptake in rats' hard structure at various interval after experiment.

第四章 總括 및 考按

放射性 同位元素 磷(³²P)은 骨組織과 齒牙 및 筋肉에 그 攝取가 빨리 나타나며 發育이 旺盛한 組織일수록 磷의 代謝가 活發하게 일어난다. Manly와 Bale(1939)¹⁹은 ³²P를 使用하여 齒牙와 骨의 磷酸代謝를 研究하여 骨組織보다도 齒牙에 磷酸代謝가 急速하게 일어나며 唾에 있어서의 臼齒보다도 前齒部에서 顯著한 磷의 代謝가 일어난다고 있다는 事實을 證明했으며 Volker와 Sognaes(1940)²⁰은 齒牙硬組織에 나타나는 放射性 同位元素는 唾液을 通하여 珐瑯質의 小柱間物質이 있는 곳으로 浸透한다고 發表하였다.

放射性 同位元素 磷(³²P)에 關한 研究은 많은 學者들에 依하여 活發히 繼續되어 齒牙硬組織의 無機鹽이 一旦 形成된 以後에는 變動하지 않는다는 從來의 事實을 轉覆하고 珐瑯質이나 象牙質도 항상 動的狀態에 있어 全身의 條件에 따라 構成成分의 代謝가 繼續해서 일어난다는 것을 알게 되었다. 즉 齒牙硬組織은 造象牙細胞를 포함하고 있는 象牙細管이 齒髓와 連結되어 體液과 通하고 있으며 齒髓로부터 象牙質을 向하여 構成成分의 代謝作用이 항상 發生하여 修復象牙質의 繼續의 沈着이 일어나고 있다.

이러한 現象은 Mandel과 Sarkady(1946)²¹가 sodium iodide의 全身의 投與로 證明한 바 있으며 Bartelstone(1947)²² 등은 ¹³¹I을 使用하여 觀察報告 하였으며 Amler와 Bevelander(1951)⁸ 등은 ³²P와 ⁴⁵Ca를 使用하여 實驗한 바 있다.

Young(1963)²³은 白鼠에 Glycine-³H를 使用하여 象牙質의 繼續의 沈着에 關하여 研究 發表하였으며, 齒

牙硬組織內 有機物質의 沈着은 身體內 他組織 特別 骨이나 臍等에서와 같이 glycine, alanine, proline 및 hydroxypoline 等의 아미노 酸이 構成蛋白質의 大部分으로서²⁴⁾ 이러한 蛋白質의 放射性物質을 利用하여 많은 學者들에 依해 齒牙硬組織의 代謝에 關한 研究發表가 있다²⁵⁾²⁶⁾²⁷⁾.

金(1962)²⁸⁾은 各 臟器의 放射性 磷의 重量當 攝取率은 骨 및 齒牙에서 第一 높고 肝, 腎, 脾, 淋巴結節, 唾液腺 및 筋肉의 順으로 減少되는 것을 發表한 바 있다.

本 實驗에서 보던 齒牙硬組織에서 ³²P의 全般的인 攝取率은 時間이 經過함에 따라 增加하여 24時間에서 가장 높은 攝取率을 보여주고 있음은 金²⁸⁾의 成績과 一致하고 있으며, 窩洞을 形成한 實驗群의 放射性 磷(³²P)의 攝取率은 正常齒牙인 對照群의 攝取率과 別로 差異가 나타나지 않고 있다. 이것은 磷代謝가 骨形成이나 齒牙形成過程에 있어서 重要な 役割을 하고 있는 것은 事實이나 窩洞形成과 같은 어떤 外來刺戟에 對한 齒牙硬組織의 代謝過程 變化는 本 實驗에서는 觀察할 수 없었다.

各 臟器間의 攝取率의 差異는 投與된 ³²P가 어떠한 代謝物質이 되는 가에 따라 다르겠지만 齒髓와 齒牙硬組織의 放射性 磷의 攝取率을 比較해 보면 被檢物의 重量(齒牙硬組織: 100~110mg, 齒髓: 10~12mg)의 差異는 있으나 同一個體의 同一齒牙에서 齒牙硬組織은 齒髓보다 그 攝取率이 顯著히 높았다.

이는 Volker와 Sognaes²⁹⁾가 發表한 바와 같이 腹腔內 注射한 ³²P가 血流을 따라 齒髓를 經過하여 造象牙細胞를 包含하고 있는 象牙細管을 通하여 浸透되는 內面的인 通路外에도 外部的인 唾液를 通하여 大量 攝取될 수 있다는 사실에 그 原因이 있는 것으로 思料된다.

齒髓에서의 放射性 磷의 攝取率은 經時的으로 增加하는 傾向이 있고, 同一個體의 左右齒牙의 齒髓에서 窩洞을 形成한 實驗群의 齒髓는 正常齒牙의 對照群의 齒髓에 비해 ³²P의 腹腔內 注射를 行한 1時間 後부터 그 攝取率이 增加하여 時間이 經過함에 따라 더 큰 差異를 나타내고 24時間에서 가장 큰 差異를 보여주고 있다.

窩洞形成時 齒髓에 나타나는 組織病理學的 所見은 많은 學者들의 研究發表가 있으며²⁹⁾³⁰⁾³¹⁾, 이들 學者들의 研究에 依하면 窩洞形成과 같은 어떤 外來刺戟에 對하여 齒髓는 即時反應을 나타내며 그것이 可逆的인든 不可逆的인든 間에 代謝作用이 活發해지고 이때 齒髓內 基質의 變化로는 浮腫, 纖維症, 血管의 擴張 및 弛緩, 出血, 炎症細胞들의 出現, 造象牙細胞의 破壞 등이 나타난다고³²⁾³³⁾³⁴⁾ 報告하고 있다.

全般的으로 觀察할때 窩洞形成後 放射性 磷은 注射하기 前에 이미 形成이 完了된 齒牙硬組織에서는 24時間內에서 그 構成成分의 代謝作用에 影響을 미치지 않고

있으나, 齒髓에서는 即時反應을 나타내어 實驗群과 對照群의 差異를 보여 주고 있으며 이는 時間이 經過함에 따라 더 큰 差異를 나타내고 24時間에서 가장 큰 差異를 보여주고 있다.

齒髓에서의 이러한 實驗群과 對照群의 攝取率의 差異는 窩洞形成後 齒髓內의 炎症變化에 따른 放射性 磷의 病巢部의 親和性이나 또는 齒髓內의 毛細血管 擴張에 따른 血流을 통한 放射性 磷의 攝取率의 增加이든지 間에 어떤 外來刺戟에 對한 齒髓의 反應으로서 그 代謝가 活發해 졌다는 것을 意味하며 이러한 齒髓의 代謝는 窩洞形成 即時 發生하며 24時間에서 가장 旺盛하게 나타난다고 思料된다.

第五章 結 論

著者は 體重 200g內외의 白鼠 25匹을 對象으로 하여 이들 各各의 白鼠의 上下顎 前齒 4個中 左側은 唇面部에 五級窩洞을 形成하여 實驗群으로 하고 右側의 正常齒牙는 對照群으로 定한 後, 放射性 同位元素 磷(³²P: NaH₂PO₄, NaCl Soln.)을 150 μ ci/1ml되게 生理的 食鹽水로 稀釋하여 腹腔內 注射를 하였다.

1時間, 3時間, 6時間, 12時間, 24時間의 間隔으로 屠殺하여 實驗群과 對照群의 齒牙硬組織 及 齒髓의 放射性 磷(³²P)의 攝取率을 β -線 well scintillation counter로 그 total CPM을 測定함으로서 同一個體의 同一 口腔內에서 窩洞形成으로 因한 齒髓에 刺戟을 준 實驗群과 正常齒髓의 對照群 사이의 放射性 磷(³²P) 攝取率을 比較觀察하여 다음과 같은 結論을 얻었다.

- 1) 放射性 磷(³²P)의 攝取率은 齒髓보다 齒牙硬組織이 顯著하게 增加했다.
- 2) 齒牙硬組織 及 齒髓의 放射性 磷(³²P)의 攝取率은 經時的으로 漸增하여 24時間에서 最高價에 到達했다.
- 3) 齒髓에서는 窩洞形成으로 因한 齒髓에 刺戟을 준 實驗群은 正常齒髓의 對照群보다 放射性 磷(³²P)의 攝取率이 더 增加했으며, 이는 24時間에서 가장 큰 差異를 보여 주었다.
- 4) 齒牙硬組織에서는 放射性 磷(³²P)의 攝取率이 實驗群과 對照群에 差異가 없었다.

(本 論文을 完成함에 있어 始終 指導校閱하여 주신 金 洙哲·金英海教授님께 深甚한 感謝를 드리며 協助하여 주신 서울大 醫大 同位元素室長 高昌舜 教授님과 保存 學敎室員 여러분께 謝意를 表하는 바입니다.)

REFERENCE

- 1) Chievitz, O., and Hevesy, G. C. : Radioactive

- indicators in study of phosphorus metabolism in rats. *Nature.*, 136 : 754, November 9, 1935.
- 2) Doles, M. J.L. et al. : Phosphorus metabolism in normal rechitic and treated rats. *Nature.*, 139, 1068. June 19, 1937.
 - 3) Hevesy, G.C., Krogh, A. : Use of isotope as indicators in biological research. *Science*, 85: 187, February 19, 1937.
 - 4) Manly, R.S., Hodge, H.C. and Manly, M. L. : Relation of phosphorus turnover of blood to mineral metabolism of calcified tissues as shown by radioactive phosphorus. *J. Biol. Chem.*, 134 : 293 June, 1940.
 - 5) Falkenheim, M. : The influence of growth on the phosphorus metabolism of the mouse and the effect of thyroxine at various ages. *Am. J. physiology*, 138 : 175, 1942.
 - 6) Cohn, W.E. and Greenberg, D.M. : Studies in mineral metabolism with the aid of artificial radioactive isotope 1. Absorption, Distribution and Excretion of phosphorus. *J. Biol. Chem.*, 123 : 185, 1938.
 - 7) Amler, M.H. : Radioactive phosphate permeability in dentin following the use of medications, *J. Dent. Res.* 27:635, 1948.
 - 8) Amler, M.H. and Bevelander, G. : Dentin permeability to radioactive phosphorus after specific time intervals following the application of various drugs, *New York J. Dent.* 21: 195, 1951.
 - 9) Belanger, L.F. : A method for routine detection of radiophosphates and other radioactive compound in tissue. The inverted autograph *Anat. Rec.*, 107:149, 1950.
 - 10) Jones, H.B., Chaikoff, I.L. and Lawrence, J.J. : Radioactive phosphorus as an indicator of phospholipid metabolism. X. The phospholipid turnover of fraternal tumors. *J. Biol. Chem.*, 133:319. 1950.
 - 11) 金周煥 : 齒牙 및 骨에서의 放射性磷과 Calcium攝取에 관한 研究, 最新醫學 Vol. 5, No. 7, 1962.
 - 12) 朴基哲外 : 放射性磷(³²P)이 齒牙 및 齒周組織에 미치는 影響, 原子力院 研究 論文集 第3輯, 1962.
 - 13) Burstone, M.S. : The effect of radioactive phosphorus upon the development of the embryonic teeth, and supporting structure. *J. A. D. A.*, 41:1, 1950.
 - 14) 朴基哲 : 放射性 同位元素의 內部 及 外部照射가 口腔組織에 미치는 影響, 大韓齒科醫師協會誌, 4:61, 1963.
 - 15) Richard, E. J. and Don M. Ranly, : Autoradiographic studies of ³²p penetration into enamel and dentin during acid etching, *J. of Dentistry for children*, 69, January-February, 1972.
 - 16) Winson, D.E. : Autoradiographic studies of the penetration of externally placed ⁴⁵Ca and ³²P into the enamel and dentin. *Georgetown Dent. J.*, 31:3-7, June, 1965.
 - 17) Amprino, R. : Autoradiographic analysis of the distribution of labelled Ca and P in bones. *Experimentia* 8:20-22, 1952.
 - 18) Di Salvo, N. A. and Neuman, H.H. : Radiophosphorus uptake in chewing and nonchewing teeth. *J. A. D. A.* 54:598, 1957.
 - 19) Manly, M. L. and Bale, W.F. : Metabolism of Inorganic Phosphorus of Rats, Bones and Teeth as Indicated by Radioactive phosphorus., *J. Biol. Chem.*, 129:125. 1939.
 - 20) Volker, J.F. and Sognaes, R.E. : Study of Phosphorus Metabolism in Dental Tissue of cat by use of radioactive phosphorus, *J.D. Res.* 19:292, 1940.
 - 21) Mandel, I.D., and Sarkady. : Introduction of sodium iodide into the calcified dental tissues, *J. Dent. Res.* 25:95, 1946.
 - 22) Bartelstone, H. J. : Radioiodine penetration through intact enamel, with uptake by bloodstream and thyroid gland, *J. Dent Res.* 30: 728, 1951.
 - 23) Young, R.W. and Greulich, R.C. : Distinctive autoradiographic patterns of glycine incorporation in rat enamel and dentin matrices, *Arch. Oral Biol.* 8:509, 1963.
 - 24) Eastoe, J.E. : The amino acid composition of proteins from the oral tissues. I. The matrix proteins in dentin and enamel from developing human deciduous teeth, *Arch. Oral Biol.* 8: 633, 1963.
 - 25) Karpishka, I., LeBlond, C.P. and Carneiro, J. : Radioautographic investigation of the up-

