

# 齒科領域에 있어 Radioisotope의 利用

## The use of Radioisotope in Dentistry

서울대학교 齒科大學 豫防齒科醫學教室

金 周 煥 · 朴 基 哲

### 序 論

Becquerel과 Joliet-Curie 夫妻가 19世紀末에 처음으로 Radioisotope(以下는 RI라 함)을 發見한 이래 人工的으로 多量生産이 可能하게되다 오늘날의 이르러서는 여러 專門分野에 利用하여 많은 새로운 知識을 얻고 있으며 특히 醫學部門에 있어서는 RI를 實際 臨床에 利用함으로써 좋은 治療의 効果를 보이고 있다.

우리나라에서 RI를 使用하기 始作한것은 겨우 二年 程度 밖에 되지 않았으나 이제 原子核의 導入과 아울러 輸入品에만 依存하던 RI를 一部이지만 直接 國內에서 生産이 可能하게됨에 따라 앞으로 우리나라에서도 RI를 使用한 研究가 活潑 發展할것으로 믿는다.

筆者들은 RI에 對한 基礎的인 性質을 略記하고 특히 齒科領域에서 많이 使用되고있는 RI를 中心으로 몇가지 記述하고자 한다.

Table 1

種 類	正 體	電 荷	速 度	物質의 透過力	이온化作用
$\alpha$	He 核	+2	$\sim 10^9$ cm/sec	弱(金屬에서 0.1mm)	大
$\beta$	電子	-1	$\leq 3 \times 10^{10}$ cm/sec	$\alpha$ 粒子的 數十倍	小
$\gamma$	波長의  짧은 電 子 線	0	$3 \times 10^{10}$ cm/sec	大端히 強함 (鉛一數 cm)	弱

### RI의 性質

放射性元素의 崩壞는 결국 자발적으로 일어나는 것이 아니라 Rutherford와 Sod가 發見한 崩壞法則에 따라 崩壞된다. 즉 어떤 放射性原子核이 單位時間內에 崩壞되는 確率은 元素의 種類에 따라 定數로 있고 그 原子核의 年令과는 關係가 없다는 것이다. 즉 어떤 元素의 崩壞에 依하여 곧 생긴 새로운 핵이나 오랫동안 崩壞된 핵도 다음 崩壞의 崩壞되는 確率이 同一하다는 것으로서 이 崩壞常數는 元素의 種類에 따라 定數로 있는 것이다. 이런 事實에서 放射性原子核의 數가 半折 半으로 되는 期間을 半減期라 하며 이 半減期는 各 RI

### 放射能(Radioactivity)

放射能이란 一群의 不安定한 元素의 原子核內에서 放射線이 放出되는 現象을 말한다. 또한 이와같은 性質을 가지고 있는 元素를 放射性元素라고 한다. 放射性物質이 放出하는 放射線은 X-線과 같이 같은층을 通過하여 寫眞乾板을 感光시킬수 있지만 X-線은 物質을 電子로 照射한 境遇에 비해서 放射線이 放出되고 放射能은 外部에서 아무런 刺戟을 주지 않아도 原子核에서 自然的으로 放出되는 點이 X-線과 다르다.

放射線元素에서 放出되는 放射線은 3種으로 區別할 수 있으며 各을  $\alpha$ 線,  $\beta$ 線,  $\gamma$ 線이라고 부른다. (Table 1) 自然界에 存在하는 放射性元素는 보통 무거운 元素가 大部分이지만 最近에는 보다 가벼운 RI가 原子核 破壞裝置나 原子核에 依하여 人工的으로 많이 만들어져 人工放射性 同位元素 또는 간단히 Isotope라는 명칭으로 불리우고 있다.

에 따라 다르다. 그러나 半減期와 崩壞常數와는 서로 反比例하며 放射性元素의 種類에 따라 半減期의 크기는 各各다르다. 여러가지 RI 중에서 齒科領域에 많이 使用되는 人工 RI는 Table 2와 같다.

原子核이 한개 崩壞될때 마다 放射線을 한개씩 放出한다. 故로 崩壞法則에 依하여 放射性元素에서 單位時間에 放出되는 放射線의 數가 放射能의 強度가 되며 이 放射能의 強度는 存在하는 原子核의 個數에 反比例한다는 것이 알려졌다. 즉 同一한 「그람」양량을 가진 放射性元素에서 比較해보면 半減期가 짧은 元素일수록 放射線이 強하다는 것이다.

Table 2 ARTIFICIAL RADIOACTIVE ELEMENTS USEFUL IN DENTAL RESEARCH

Isotope	Radiations	Half Life	Energy Radiation * (Million Electron Volts)	
			Beta-rays	Gama-rays
F <sup>18</sup>	β <sup>-</sup>	112.0 minutes	0.7	—
Na <sup>24</sup>	β <sup>-</sup> , γ	14.8 hours	1.4	1.5, 2.0, 3.0
P <sup>32</sup>	β <sup>-</sup>	14.8 days	1.7	None
Cl <sup>38</sup>	β <sup>-</sup> , γ	37.0 minutes	1.1, 5.0	1.6, 2.1
Ca <sup>45</sup>	β <sup>-</sup> , γ	150.0 days	0.2, 0.9	0.7
Sr <sup>90</sup>	β <sup>-</sup>	55.0 days	1.5	None

\* Beta-rays with energies less than 1 mev. are difficult of detection with the usual apparatus.

### RI의 測定法

RI의 測定은 放射線의 電離作用, 寫眞作用, 螢光作用을 利用하여 쉽게 測定할 수 있으며 이를 측정하는 데 使用하는 器具 및 方法은 다음과 같다.

**Lauritsen's Electroscope:**— 放射線의 電離作用을 利用하여 RI를 測定하는 것으로 低에너지를 가진 β線과 γ線을 測定하는데 使用한다.

**Geiger-Mueller Counter:**— 이것도 放射線의 電離作用을 利用하는 것으로 管의 壁과 中心극사이에 事前에 高電壓을 걸어 놓고 뛰어 들어간 放射線의 電離作用에 依하여 脈動으로 放電이 일어나 그 放電電流가 增幅器에 依하여 擴大되어 Microphone을 울려 放射線의 數를 세는 데 使用하는 것이며 이것으로 는 粒子의 運動狀態를 調査할 수는 없다. 이는 단물여 놓은 種類에 따라서 α, β, γ線을 測定하는 裝置가 各各 다르게 되어있다.

**Vibrating Reed Electrometer:**— 放射線에 對하여 大端히 銳敏하게 數量의 放射線도 測定할 수 있고 放電速度를 볼 수 있어 放射線의 量과 質을 同時에 測定할 수 있다.

**Scintillation Counter:**— 放射線의 螢光作用을 利用하는 것으로 放射線을 받아 螢光으로 만드는 螢光體와 光을 電氣振動으로 바꾸는 Photomultiplier로 되어있고 取扱하기 쉬우므로 많이 使用되고 있으며 또 모양에 따라 Gan-type와 Well-type의 2種을 들 수 있으며 γ線과 β線의 測定에 많이 使用하고 있다.

**Scinti-Scanner:**— Scintillation Counter에 장기 판 모양으로 그려져 있는 紙面에 自動적으로 計測된 것을 그려놓는 것이며 그려진 Scintigram으로 放射線을 調査하는 方法이다.

**Spectrogram:**— γ線과 RI의 種類를 分辨할 수 있고 各 RI의 固有波長을 記錄해 주므로 醫學에 많이 利用되고 있다.

**Autoradiography:**— 放射線의 寫眞作用을 利用하여 RI의 分布狀態를 記錄하는 方法을 말한다. 이는 半減期가 길고 放射線의 強度가 弱한 RI가 좋고 특히 組織學的인 觀察을 顯微鏡을 떠나서 RI의 分布狀態를 檢査할 수 있는 利點이 있다. 이 方法은 複雜한 裝置가 없어도 쉽게 利用할 수 있으므로 여러가지 方法이 많다. 예컨대 많이 使用하는 方法으로는 Contact method를 위시하여 Mounting method, Smear method, Stripping method, Coating method와 Inverting method 등이 있으며 특히 齒科領域에서는 硬組織의 狀態를 正確히 觀察할 目的으로 Contact method가 가장 좋다. 이 以外에도 RI의 測定法은 여러가지가 있다.

### 齒科領域에 있어서의 利用

以上과 같은 RI는 追跡子로서 生物學에 應用하여 生命現象을 究明하려는 基礎醫學面의 利用과 放射線을 病巢가 있는 部位와의 親和性을 利用하여 診斷에 應用하고 細胞의 生活機能에 對한 作用으로서 治療面에 利用하고 있다. 특히 齒科領域에 있어서는 主로 齒牙硬組織의 代謝過程을 研究하는데 使用하여 여러가지 새로운 事實이 알려지게 되었고 臨床에서도 直接診斷 및 治療에 利用하고 있다.

### 基礎面의 利用

**P<sup>32</sup>의 應用:**— P<sup>32</sup>가 生物學分野에 利得되기 始作한 것은 1923年 Hevesy가 追跡子로 使用하여 生體內의 無機物 代謝를 研究한데 부터이며 1935年 人工 RI인 P<sup>32</sup>

를 利用하여 磷의 代謝에 關하여 많이 使用하게 되었고 1937년에는 Chievitz와 Hevesy가 放射性 Sodium-Phosphate를 쥐의 사료에 넣어 사육시켜서 RI-P<sup>32</sup>가 骨組織과 齒牙及 筋肉에 빨리 나타나며, 旺盛하게 發育하고 있는 動物일수록 磷의 代謝가 活潑히 일어난다는 事實을 研究報告하였고 1939年 Manly와 Bale도 P<sup>32</sup>를 使用하여 齒牙와 骨의 磷代謝를 研究하여 齶齶齶보다도 齒牙에 磷代謝가 急速하게 일어난다는 事實을 알게 되었으며 Hevesy와 Armstrong은 試驗管內에서 P<sup>32</sup>의 代謝를 研究하여 齶齶齶보다도 齒牙에서의 代謝量이 單位時間에 있어서 10%가 많다고 하였으며 Volker와 Sognaes는 齒牙硬組織에 나타나는 RI는 唾液를 通過하여 齶齶齶의 小柱間物質이 있는 곳으로 스며들어 간다고 發表하였다. 또한 著者는 齒牙와 骨의 磷代謝中에 있어서 Vitamin B<sub>12</sub>와 Testosterone 及 Cortisone의 役割을 研究報告한바 있다. 以上과 같이 齒牙에 있어 P<sup>32</sup>를 使用한 研究은 많이 하고 있는 理由로는 P<sup>32</sup>가 14.3日의 半減期를 가지고 있으며 最高 1.7 Mev, (平均 0.7 Mev)인 中等 정도의 Energy를 가진 β線을 내고 있으며 外部 照射로 因하여 組織內에 最高 8mm(平均 2mm) 정도 밖에 침투하지 않는다는 등의 利點이 있고 骨形成과 齒牙形成過程에 重要한 役割을 하고 있는것이 磷이므로 어떤 過程을 通過하여 生體의 硬組織이 形成되는가를 알아 볼수있는데, 특히 齒牙形成에 있어서는 時間에 따른 齒牙의 形成을 記錄해주는 利點이 있으므로 石灰化過程을 研究하는데 P<sup>32</sup>를 많이 應用하고 있다.

그後 P<sup>32</sup>에 關한 研究은 여러 學者들에 의하여 활발히 계속되어 珐瑯質이나 象牙質의 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 正복하고 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 事實을 알게 되었으며 Hevesy와 Armstrong은 試驗管內에서 P<sup>32</sup>의 代謝를 研究하여 珐瑯質보다도 象牙質에서의 代謝量이 單位時間에 있어서 10%가 많다고 하였으며 Volker와 Sognaes는 齒牙硬組織에 나타나는 RI는 唾液를 通過하여 珐瑯質의 小柱間物質이 있는 곳으로 스며들어 간다고 發表하였다. 또한 著者는 齒牙와 骨의 磷代謝中에 있어서 Vitamin B<sub>12</sub>와 Testosterone 及 Cortisone의 役割을 研究報告한바 있다. 以上과 같이 齒牙에 있어 P<sup>32</sup>를 使用한 研究은 많이 하고 있는 理由로는 P<sup>32</sup>가 14.3日의 半減期를 가지고 있으며 最高 1.7 Mev, (平均 0.7 Mev)인 中等 정도의 Energy를 가진 β線을 내고 있으며 外部 照射로 因하여 組織內에 最高 8mm(平均 2mm) 정도 밖에 침투하지 않는다는 등의 利點이 있고 骨形成과 齒牙形成過程에 重要한 役割을 하고 있는것이 磷이므로 어떤 過程을 通過하여 生體의 硬組織이 形成되는가를 알아 볼수있는데, 특히 齒牙形成에 있어서는 時間에 따른 齒牙의 形成을 記錄해주는 利點이 있으므로 石灰化過程을 研究하는데 P<sup>32</sup>를 많이 應用하고 있다.

Ca<sup>45</sup>의 應用:— Ca<sup>45</sup>는 180日이라는 긴 半減期를 가지고 最高 0.20 Mev의 약한 β線을 放出하고 있기 때문에 取捨하기에 상당한 주의를 要한다. 그러나 近來의 여러가지 精밀한 계기의 발달로 Ca<sup>45</sup>를 사용한 研究도 활발히 進行되고 있다. Campbell과 Greenberg, Pecher 등은 骨組織內의 칼슘의 침착상태를 Ca<sup>45</sup>를 使用하여 細密히 研究報告하였고 어린 動物은 母體로부터 直接 授乳를 통해서 Calcium 鹽이 어린 動物에게 授乳된다는 事實을 確認하게 되었다.

또한 齒牙에 있어서는 齶齶齶보다 Calcium 代

謝가 더 빨리 일어난다는 事實을 Radioautography를 사용하여 Pecher 등이 發表하였고 著者는 齒牙別로 보면 白質質, 象牙質, 珐瑯質의 順으로 Calcium 代謝가 旺盛하게 일어난다는 事實을 發表한바 있다.

F<sup>18</sup>의 應用:— 齒科疾患의 가장 重要한 虫齒를 豫防하기 위하여 弗素塗布를 많이 施行하고 있으나 아직 그 理論的인 根據가 確實치 않아 여러 學者들이 이의 機轉을 밝히기 위해 RI-F<sup>18</sup>을 많이 使用하고 있다. 그러나 F<sup>18</sup>은 0.7 Mev의 미약한 β線을 放出하고 112分이라는 짧은 半減期를 가지고 있으므로 오랜시간이 經過한후의 弗素의 狀態를 파악할수 없는 缺點이 있으므로 完全한 機轉은 알기 어려우나 Volker 등은 實驗管內에서 RI-F<sup>18</sup>도 Freundliche equation에 依해서 齒牙에 흡수된다는 事實을 알게 되었고 Wills는 코양에게 Sodium Radiofluoride를 주사하여 주사후 1分以內에 唾液內에 F<sup>18</sup>이 나타나는 事實을 알았으며 21秒內에 투여한 F<sup>18</sup>의 0.1%가 唾液으로 排沁된다고 發表하였다. 또한 注射한 F<sup>18</sup>은 石灰化가 잘된 珐瑯質部位에 均等하게 많이 나타난지만 外部에서 局所 塗布한후 完全히 양주될라고 나서 齒牙를 拔齒하여 조사해본결과 虫齒가 생긴 부위에 F<sup>18</sup>이 多量나라 난다고 Myers 등은 報告하고있다. 그런데 上述한바와 같이 F<sup>18</sup>은 半減期가 짧고 약한 Energy를 放出하고 있으므로 그의 機轉은 確實히 알수 없으나 細菌의 發酵로 因하여 齒牙硬組織中에 남아 있는 有機物質이 없어지고 다른 部位보다도 無機質이 많은 虫齒가 된 부위의 珐瑯質을 構成하는 無機成分의 磷灰石(Apatite)에 弗素가 作用하여 불려 酸에 의해 높은 抵抗力을 갖인 結晶體를 만드는 것이라고 推定하고 있다.

그 밖의 應用:— Au<sup>198</sup>, Pt<sup>197</sup>, Fe<sup>59</sup>, Na<sup>24</sup>, I<sup>131</sup>, N<sup>13</sup>, Cl<sup>34</sup>, Cu<sup>64</sup>, Hg<sup>203, 205</sup>, Si<sup>31</sup> 같은 여러가지 純線 및 充填粒의 放射가 生體에 어떠한 影響을 주는가를 보기 위하여 RI인 金屬鹽을 口腔內에 주입시켜 身體各部에 나타나는 狀態를 注意깊게 檢討하여 口腔內에 넣은 金屬鹽이 齒肉을 따라 全身으로 퍼진다는 事實이 알려지고 여러가지 口腔內에 나타나는 細菌에 RI-Cl<sup>34</sup>같은것으로 照射하여 虫齒로 인하여 생긴 齒齶炎이나 그 以外の 口腔內에 나타나는 疾患이 原因이되어 全身에 퍼진다는 全身感染說을 究明하려고 계속 研究하고 있다.

臨床面의 利用

診斷上의 應用

I<sup>131</sup>:—  $^{130}\text{Te} + {}^1_0\text{H}^2 \rightarrow {}^{131}\text{I} + {}^0_1\text{n}^1$ 과 같은 반응식으로 Tellurium에서 만들어지는 I<sup>131</sup>은 의학의 治療面에서 가

장 많이 使用하고 있는 것으로 齒科領域에서는 RI-I<sup>131</sup>을 患者에게 투여하고 一定한 時間에 唾液으로 排泄되는 量을 測定하여 全身의 健康狀態를 判斷하며 I<sup>131</sup> Clearance 法과 唾液法을 써서 唾液腺의 機能을 檢査하여 口腔乾燥症을 쉽게 診斷할 수 있다.

Na<sup>24</sup>:— 少量의 RI-Sodium Chloride를 混入한 isotonic saline solution을 만들어서 充填物이나 金冠의 齧着이 完全한가를 檢査하는데 利用한다. 即 Na<sup>24</sup>는 半減期가 14.8時間이고 最高 1,390 Mev의 Energy를 갖는 β線과 1,380~2,753Mev의 Energy를 갖는 γ線을 내고 있으며 投與後에도 放射線을 내서 Geiger-Mueller Counter로 쉽게 測定할 수 있고 投與後에 어떤 特定한 장기에 集中되어 細胞의 生活現象에 큰 영향을 주지 않으므로 充填한 齒牙나 金冠을 鑲착하고 나서 해당 齒牙에 RI-Na<sup>24</sup>를 標識한 食鹽水를 마시고 난 다음 해당 구강내를 洗滌하고 가늘고 조그마한 Geiger-Mueller Tube를 해당 齒牙와 健康한 齒牙에서 放射線을 測定하여 현저한 差가 있을 때는 鑲착한 충전물이나 金冠이 잘 맞지 않으므로 齒牙와 브릿질 및 충전물 사이에 틈이 생기어 이곳에 RI-Na<sup>24</sup>를 포함한 食鹽水가 스며들어 갔다는 것을 알리므로 쉽게 充填物이나 金冠이 잘 맞지 않는다는 것과 오래된 충전물이나 補綴物 주위에 二次적으로 생긴 病變을 쉽게 알아 낼 수 있다.

P<sup>32</sup>:— 口腔及 全身의 惡性腫瘍을 患者에게 아무런 苦痛을 주지 않고 RI-P<sup>32</sup>를 使用하여 診斷할 수 있다. 이는 惡性腫瘍細胞가 異常增殖을 할 때의 核酸代謝가 活

Table 3

發表者名		山下		Evans		Fried		野坂, 本城			
病巢照射量		5000~6900r		7000~10000r		5500~7000r		5000~8000r		3000~10000r	
種類	治療率	N	一次治療率	N	一次治療率	N	一次治療率	N	一次治療率	N	一次治療率
	癌腫	口舌腔	5	2(40%)	11	8(73%)	5	2(40%)	5	2(40%)	1
上耳下顎腺類		5	0(0%)	3	2(67%)	3	3(100%)	7	3(43%)	7	3(43%)
計		10	2(20%)	14	10(71%)	8	5(63%)	13	6(46%)	9	4(46%)

山下氏는 Co<sup>60</sup>을 使用한 放射線療法의 治療成績은 상당히 進行한 境遇에도 좋은 效果를 나타내며 副作用이 적고 다른 放射線療法으로 治療해도 効果 없는 腺癌 黑色素腫 纖維肉腫에도 좋은 效果를 보이며 側方散亂量이 적어 上顎이나 下顎과 같은 骨과 密着한 關係가 있는 癌腫에서 좋은 治療效果를 나타낸다고 하였다.

I<sup>131</sup>:— 醫學界에서 甲状腺疾患과 여러 疾患의 治療에 가장 많이 사용하고 있으며 齒科領域에서는 齒齦로

淺히 일어난다는 事實에 착안하여 P<sup>32</sup>를 投與하고 特別한 Scintillation Counter나 Geiger-Mueller Tube를 疑心되는 病巢에 注入하여 癌腫의 興否를 確實히 判斷할 수 있다.

治療上的 應用.

RI를 利用한 治療效果는 X-線을 利用한 治療와 같은 原則이다. 即 RI에서 나오는 β線이나 γ線이 幼弱한 細胞 特別히 新生된 細胞의 染色體에 對하여 強力히 作用하므로 異常分裂을 停止시키거나 아주 없애 버리는 것이다. 그러므로 齒科領域에서 자주 發生하는 口腔癌腫이 外科적으로나 X-線照射만으로 完治되지 않은 癌腫을 治療할 수 있다.

Co<sup>60</sup>:— X線 治療는 繼續적으로 細胞의 分裂을 抑制하지 못하여 完全한 癌腫의 治療效果를 얻지 못하지만 病巢部에 Co<sup>60</sup>을 埋植시키면 繼續해서 γ線을 내서 細胞의 異常增殖을 抑制하여 좋은 治療效果를 얻을 수 있다. 그런데 Co<sup>60</sup>은 5.3年の 半減期를 가지고 있고 1.1~1.3Mev의 γ線과 0.31Mev의 β線을 放射하므로 γ線線源으로서 라디움代用으로 使用하며 라디움보다 半減期가 짧고 安價하므로 癌腫의 治療에 많이 使用한다. 또한 Co<sup>60</sup>에서 나오는 γ線은 X-線의 300萬 Volt와 같은 波長이 같으며 均等照射가 可能하고 深部에서의 減少率이 적고 皮膚反應이 거의 없으며 全身的인 副作用이 輕해서 大量照射가 可能하다는 것이다.

齒科領域에서의 治療效果를 더듬어 보면 <Table 3>과 같다.

앞으로의 展望

實際 臨床界에서는 齒科領域에 使用하는 特殊한 藥

具의 發達이 없어 많이 使用하지는 않지만 特別한 副作用을 防止할수만 있다면 口腔內에 생기는 여러가지 疾患 特別히 齒根炎, 舌의 白斑症, Epulis를 治療할수있으며 淋巴腺의 腫脹, 過度한 齒牙의 動搖, 萌出前後의 珐瑯芽細胞의 損傷과 齒髓의 網狀萎縮及 齒根의 囊腫性 變性을 아주 간단하고도 安價하게 治療할수있을것 같다.

### 參 考 文 獻

1. 山下: 아이소토프의 醫學的 應用, 1954.
2. Berhrens, C.F.: Atomic Medicine, 1949.
3. Chievitz, O. and Hevesy, G.: Radioactive Indicators in Study of Phosphorus Metabolism in Rats. Nature, 136: 754, 1935.
4. Lawrence, J.H.: The Use of Isotopes in Medical Research. J. A. M. A., 134: 219, 1947.
5. 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.
6. Hevesy, G. C. and Armstrong, W. P.: Exchange of Radio-phosphate by Dental Enamel.; Proc. Am. Soc. Biol Chem., 133: 44, 1940.
7. Volker, J.F. and Sognaes, R. F.; Study of Phosphorus Metabolism in Dental Tissue of Cat by Use of Radioactive Phosphorus, J. D. Res. 19: 292, 1940.
8. Campbell, W.W. and Greenberg, B.M.; Studies in Calcium Metabolism with Aid of Induced Radioactive Isotope., Proc. Nat. Acad. Sc., 26: 176, 1940.
9. Pecher, C.: Biological Investigations with Radioactive Calcium and Strontium., Proc. Soc. Exper. Biol. and Med., 46: 86, 1941.
10. 金周煥: 齒牙 및 骨의 磷代謝研究., 最新醫學, 5: 635, 1962.
11. Pecher C. and Pecher, J.: Radiccalcium and Radiostrontium Metaboism in Pregnant Mice., Proc. Soc. Exper. Biol and Med., 46: 91, 1941.
12. 金周煥: 齒牙 및 骨에 있어서의 放射性磷과 Calcium 攝取에 關한 研究., 最新醫學, 5: 774, 1962.
13. Volker, J. F. et al: Adsorption of Fluorides by Enamel, Dentin, Bone and Hydroxyapatite as Shown by Radioactive Isotope., J. Biol. Chem., 134: 543, 1940.
14. Myers, H. M., et al: A Tracer Study of the Transfer of F<sup>18</sup> to Teeth by Topical Application., 31: 743, 1952.
15. 李文鏡, 姜洙祥: 醫學分野에 있어서의 同位元素의 現在와 將來, 最新醫學, 4: 491, 1961.
16. 金周煥外: 放射性 沃素(<sup>131</sup>I)의 唾液排泄量에 依한 甲狀腺機能評價, 大韓內科學會誌, 5: 39, 1962.
17. Mc Cauley. H. B.: Significance of Radioactive Isotopes in Dental Research, J. A. D. A., 29: 1919, 1942.
18. 李文鏡外: 韓國의 放射性 同位原素. 서울, 原子力株式會社, 1961.
19. Priester, E. S.; Radioisotope in Medizin und Zahnheilkunde. Bl. Zahnk., Zürich. 21: 196, 1960.
20. Evans: J. Facult. Radiol., 5, 1951.
21. 野坂, 本城: 耳鼻咽喉科, 32, 12, 1960.
22. Fried et al: Radiol. 67, 1956.
23. Wainwright, W. W.: Tracer studies of Intact and Carious Enamel, Oral Surg., Oral Med., & Oral Path. 6: 420, 1953.