

Scintillation Camera의 一般的인 問題点과 对策

信興實業專門大學 放射線科

慶 光 顯

Common Problem of Scintillation Camera

Kwang Hyon Kyong

Dept. of Radiotechnology, Shin Heung Junior College

I. 緒 論

Scintillation camera의 動作에 있어서 一般的인 問題點들이 일어나고 있는 것을 흔히 볼 수 있다. 이들은 scintillation camera에 의해 撮像하는데 作用 키크로 因하여 画像에 影響을 미치고 있다. 故로 scintillation camera의 機能과 性能을 評價하기 위하여 效率的이고 定期的인 品質管理計劃을 세운다는 것은 매우 重要的인 業務중의 하나라고 생각한다¹⁾. 品質管理의 目的은 scintillation camera의 裝置機能의 低下等을 可能的인 初期에 發見하여 均等한 質의 像을 再現性이 유지되도록 교정하므로써 診斷價値가 있는 良質의 画像을 만드는 것이라고 본다²⁾

더우기, scintillation camera를 使用할 때, 機能과 性能의 變化는 問題點들의 原因과 그 對策을 세우는데 指標로서도 利用될 수 있다. scintillation camera 使用時 많은 種類의 問題點들이 發見되고 있으며, 이는 使用者에 依하여 解決할 수 있는 것도 있으나 專門技術者에 依해서만 解決할 수 있는 것도 있다. 그러므로 어느 境遇던 간에, 使用者는 scintillation camera의 機能과 性能을 항상 파악한 後, 變化가 있으면 즉시 對策을 수립해야 될 것이다. 이러한 意志決定에 對한 結果로 因하여 裝置의 壽命을 延長시킬 수 있으며, 正確한 診斷에 必要한 정보를 제공할 수 있다.

이러한 點을 考慮하여, scintillation camera의 構成要素와 關係되어 生길 수 있는 一般的인 問題點에 對

한 例와 그 對策의 技術的인 變을 文獻을 通하여 論하고 자 한다.

II. 問題点的 原因과 对策

1. 콜리메타

콜리메타는 scintillation camera의 head 部分에 附着되어 있어 구멍(孔)들에 依해 一定한 方向으로 통과한 photon들을 螢光體結晶과 相互作用케 하므로써 檢出器의 視野를 制限하는 役割을 하고 있다. scintillation camera에는 pin hole형, parallel multi hole(平行多孔)형, diverging(擴散)형, 그리고 converging(集束)형의 콜리메타를 使用하고 있다.³⁾

(1) 결함이 있는 콜리메타

콜리메타에서 흔히 볼 수 있는 問題點들은 製作時 隔壁이 찢어 지거나, 혹은 channel의 不適當한 配列, 카메라 head에 콜리메타가 不適當하게 附着된 境遇등이 있다¹⁾. 이와같은 種類의 결함들은 구매자에게 運送하기전에 제조자가 品質管理確認檢査를 通하여 우선 發見하여야 하며, 引渡할 때는 구매자 및 使用者가 모두 記錄된 事項과 一致與否를 確認하여야 될 것이다. 以外的 問題點으로서 콜리메타의 型이 잘못 標識되어 있는 境遇가 있는데, 이는 구매자 및 使用者가 콜리메타를 신중하게 檢査하면 쉽게 發見할 수 있다.

(2) 콜리메타의 濫用

콜리메타들은 濫用に 依하여 損傷을 받을 수 있다. 低

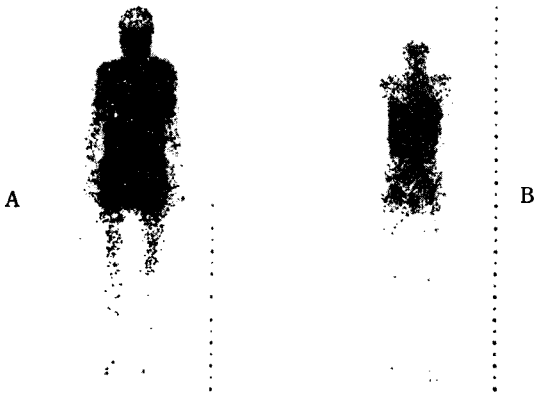


Fig. 1. Images illustrating effect of wrong collimator selection. A, Low-energy collimator used when imaging high-energy radionuclide B, Same patient imaged with high energy collimator

에너지용 콜리메타는 얇은 납隔壁(lead septa)으로 만들어 졌기 때문에 가벼운 물질을 떨어뜨렸을지라도 쉽게 구부러질 수 있다. 심하게 損傷을 받은 콜리메타를 사용하여 얻어진 像들은 放射能이 減少되면서 分離된 焦點이 생기게 된다¹⁾.

콜리메타의 구멍 내에 증이로된 클립이나 나사 혹은 다른 異物質들이 있으면 NaI(Tl) 結晶을 保護하고 있는 알루미늄保護材를 움푹 들어가게 할 수 있다. 이러한 狀態下에서 콜리메타를 카메라의 檢出器 head 部分에 附着하면, 그 結晶은 깨뜨러지는 수도 있다. 그러므로 카메라 head 에 附着하기 前에는 콜리메타의 表面을 物理的으로 항상 조사해야 한다. 또 다른 問題點은 콜리메타를 檢出器 head 에 附着하는 나비나사(thumb screw)가 구부러지는 境遇이다.

(3) 콜리메타의 不適當한 選擇

주어진 放射性同位元素에 對하여 콜리메타의 不適當한 選擇은 不適當한 撮像의 結果가 된다. 高에너지의 放射性同位元素를 가지고 低에너지용 콜리메타의 使用은 隔壁透過로 因하여 像의 質이 低下된다. 低에너지 放射性同位元素를 가지고 高에너지용 콜리메타의 使用은 感度和 空間分解能이 不必要하게 減少된다¹⁾. 그림 1은 不適當한 콜리메타의 選擇으로 因하여 얻어진 像을 比較한 것이다. 콜리메타의 選擇은 使用者에 依하여 調節할 수 있는 空間分解能과 感度に 影響을 미치고 있는 가장 重要한 變數중의 하나이기 때문에¹⁾, 콜리메타의 不適當한 選擇은 絶對로 피하여야 한다.

(4) 콜리메타의 問題點에 대한 診斷

콜리메타와 關聯된 問題點들은 大部分이 物理的 損傷, 異物質等의 여부는 콜리메타의 檢査에 依하여 쉽게 診斷된다.

더우기 이는 콜리메타를 附着하고 또한 除去하여 얻어진 flood field 像도 도움을 줄 수 있으나, 콜리메타와 關聯된 問題點들은 콜리메타를 附着하고 얻어진 像에서만 나타난다.

2. NaI(Tl) 檢出器

콜리메타의 channel 을 通過한 γ photon 들은 NaI(Tl) 結晶과 相互作用한다. 그 結晶에 依하여 入射하는 photon 들의 吸收된 에너지는 二次 photon 으로 變化된다. 이 photon 의 總數는 吸收된 γ 線의 總 에너지에 比例한다. 이러한 photon 들은 X-Y 座標의 位置를 決定하는데 使用되고 있는 光電子倍增管에 依해 出力 펄스로 變化한다.

(1) 損傷된 結晶

NaI(Tl) 結晶은 습기를 잘 빨아 들이므로 두께가 0.02~0.06 인치 以內인 얇은 알루미늄容器內에 密封되어 있어야 한다⁴⁾. 結晶은 알루미늄容器內에 位置하고 있기 때문에, 그 容器에 對하여 衝擊을 주면 구멍이 생기거나 혹은 結晶이 깨지는 結果가 招來된다(그림 2.A 와 D). 어떠한 境遇이던간에 그 結晶은 반드시 交換해야 한다.

콜리메타없이 檢出器를 위로 向하게 하고 flood field 像을 만들 때⁵⁾, 檢出器의 前面에 어떤 種類의 物質

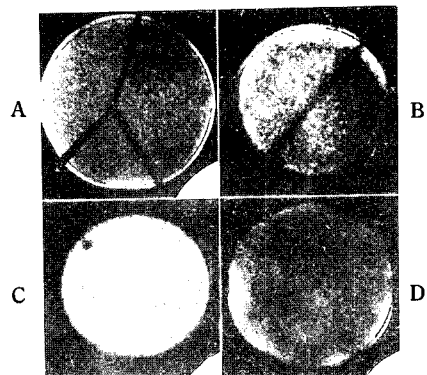


Fig. 2. A. Pattern typical for crystal cracked by impact. B. Typical findings associated with crack caused by severe changes in temperature. C. Crack caused by squeezing thumbtack between collimator and crystal. D. Nonuniform pattern in crystals having loss of hermetic seal.

을 떨어 뜨리면, 結晶은 損傷을 받을 수가 있다 만일 이와같은 方法에 依하여 transmission photon 혹은 $\frac{1}{4}$ 인치의 두께로 된 Lucite 를 使用하여 flood field 像을 얻으려고 할때는 언제나 結晶을 保護한 후에 撮像을 해야한다 이러한 問題點을 解決하기 위한 一環으로서는 檢出器를 아래로 向하게 하고 品質管理에 關한 像을 얻을 수도 있다 結晶은 콜리메타의 前面과 檢出器 housing 사이에 낀 異物質에 依해서도 損傷을 받을 수 있다(그림 2-C).

이러한 問題點들은 카메라 head 에 콜리메타를 附着하기 前에 視角의으로, 物理的으로 調査하면 解決할 수 있다

結晶은 時間當 15℃ 以上の 溫度變化에 依해서도¹⁾ 損傷을 받는 경우도 있다.(그림 2-B) 콜리메타는 hot sink 로서 作用하기 때문에 콜리메타는 結晶을 溫度變動으로부터 保護하는데 이바지하고 있다고 볼수도 있다 故로 物理的 또는 環境으로 因한 損傷으로부터 結晶을 保護하기 위하여, 撮像裝置를 使用하지 않을 때는 카메라에 콜리메타를 附着하여 두는 것이 좋다

(2) 檢出器의 問題에 對한 診斷

結晶에 對한 損傷의 여부는 보통 flood field 像을 通하여 觀察된다 깨진 結晶은 에리한 線으로 나타나고 反面에 不完全한 密封으로 因한 結晶의 損傷은 습기를 吸收한 結晶部分과 일치하여 放射能의 分布는 減少하면서 산만하게 된다 이와같은 像의 特徵은 그림 2-D 에서 볼수 있다 損傷받은 領域은 가끔 알루미늄容器를 관찰해서도 알 수 있다 損傷을 받은 다음에 짧은 期間동안은 그 結晶을 使用할 수 있지만 結局에는 交換을 하여야 된다 不注意에 의한 結晶의 損傷을 防止하기 위해서는 特別한 注意가 要求되고 있다

3. 光導體(light pipe)와 光電子 增倍管

(1) 光導體

光電子增倍管(以下 P-M tube)은 6 種의 配列로 檢出器에 光學的으로 接觸되어 있다 어떤 會社는 P-M tube 를 1.25 인치의 光導體를 使用해서 結晶의 前面과 分離하고 있으며, P-M tube 와 結晶과 contact 시키는 것도 있다 前者를 利用한 撮像의 結果는 에너지 window 가 비대칭이거나 혹은 光電 peak 의 中心에서 약간 벗어난다고 할 지라도 照射野의 전반에 걸쳐서 感應(response)의 均一性이 약간 向上된다는 이점을 가지고 있다 後者의 경우는 에너지 window 가 正確하게 photo peak 의 中心에 오도록 한다면 感度(sensitivity)는 물론 空間分解能(spatial reso-

lution)이 向上된다 이러한 장치를 가지고서 P-M tube 의 位置와 일치하여 전면에 생기는 高攝取點(hot spot) 혹은 低攝取點(cold spot)은 中心의 window 에서의 약간의 變化가 있을지라도 주로 window 가 光電 peak 에 對하여 너무 높게 혹은 너무 낮게 設定되었느냐에 따라서 左右된다 使用者들은 像形式에 影響을 미칠 수 있는 因子인 에너지 window 를 어떻게 設定하는 가의 方法을 알기 위해서 使用中인 카메라 裝置의 特有的 光導體에 對하여 잘 알고 있어야 한다

(2) 光電子增倍管(P-M tube)

모든 P-M tube 의 配列에 있어서 適當한 均衡(balancing)은 좋은 質의 像을 만드는데 必須的이다 不適當한 均衡으로 因하여 얻어진 像들은 不均一性(non-uniformity)을 초래케 될 것이다^{1,6)}알고 있는 P-M tube 의 位置와 일치하여 생긴 高攝取點 혹은 低攝取點들의 flood field 像에 나타났다면, 不適當한 均衡에 기인된 것이라고 할 수 있다 대부분의 카메라 裝置의 경우에 있어서 P-M tube 의 再均衡은 技術者를 必要로 하나, 새로운 裝置들은 必要에 따라서 使用者가 均衡을 잡을 수 있도록 된 built-in balancing 回路가 있는 것도 있다

(3) 光導體와 光電子增倍管의 問題點에 對한 診斷

光導體와 P-M tube 에서의 問題點을 찾기 위한 가장 빠르고 믿을 수 있는 方法은 檢出器 感應(response)의 均一性(uniformity)을 調査하는 것이다 알고 있는 P-M tube 位置에서의 變攝取點 혹은 低攝取點을 나타나는 像과 혹은 檢出器의 全面에 걸친 不均一性들은 P-M tube 의 狀態가 나쁘거나 혹은 不適當한 均衡의 特徵을 뜻하는 것이다 機能이 좋지 않은 P-M

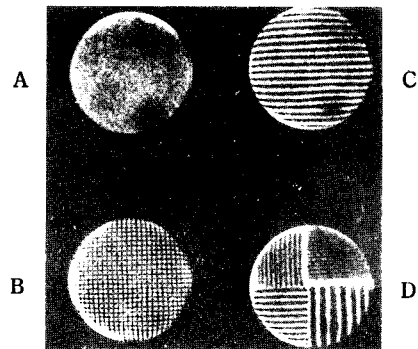


Fig. 3. Images showing characteristic finding associated with P-M tube not properly balanced. A. Flood field, B. orthogonal-hole phantom, C. PLES phantom, D. four-quadrant bar phantom images

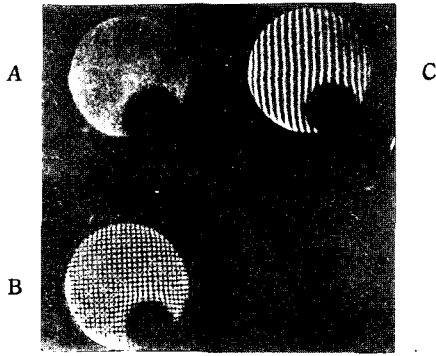


Fig. 4. Images characteristic of P-M tube not functioning A, Flood field, B, orthogonal-hole phantom, C, PLES phantom images

tube는 普通 交換에 의해서만 고칠 수 있다 經時的인 flood field像들은 P-M tube의 問題點들을 初期에 찾아 내는데 매우 價値가 있고 그 問題點들에 關한 特性을 區別하는데 가끔 도움을 주고 있다

그림 3은 P-M tube의 不適當한 均衡에 依하여 나타난 像들의 例들이다 그림 4는 狀態가 나쁜 P-M tube의 特徵을 보여 주고 있다

4. 波變分析器 (以下 PHA 라고 함)

PHA는 에너지 window에 의해 미리 選定된 에너지 범위의 photon들을 제거하기 위하여 사용되고 있다 또한 撮像하려고 하는 部位 以外에서 나오는 photon들과 散亂된 一次의 photon들을 제거하는데도 이바지하고 있다

(1) 不適當한 設定

PHA의 사용과 關聯되고있는 問題點으로서는 에너지 범위의 그릇된 選擇에 기인한다 이러한 잘못은 쉽게 알 수 있어 교정 할 수 있다

(2) 不適當한 peaking

scintillation camera 사용시 쉽게 찾아 낼 수 없는 問題點은 不適當한 peaking이다 이에 關한 性能은 콜리메타를 除去하고 檢査를 해야 한다¹⁾ 그러나 콜리메타를 附着하고 檢査하면 光電 peak가 散亂領域으로 이동 할 수 있는 原因이 될 수 있다 그러므로 에너지 window가 散亂領域內에 있으므로 空間分解能의 減少가 된다 더우기 그 結果로서 생기는 에너지 window는 光電 peak에 對하여 비대칭으로 設定되게 된다 비대칭적인 에너지 window로써 檢査를 하였을때는 視野의 不均一性이 有意하게 생길 수 있다(그림 5).

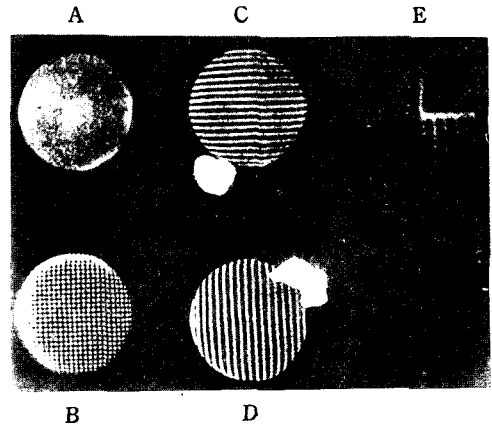


Fig. 5. Nonuniformities in image characteristic of asymmetric energy window A, Flood field B, orthogonal-hole phantom, C, and D, PLES phantom, E, four-quadrant bar phantom images

에너지 window는 檢査時 사용되는 여러가지의 放射性同位元素에 대하여 매일 調整되어야 한다 에너지 window의 設定은 放射性同位元素를 變化하여 檢査할 때 그리고 患者를 檢査하기 前에는 항상 調查하여야 될 것이다

(3) PHA 問題點의 診斷

鮮銳度の 減少는 不適當한 PHA의 設定(setting)에 의한 것이라고 말 할 수도 있다 像中에서 空間分解能의 低下가 分明할 때 그 原因은(에너지 범위의 設定(setting) 狀態를 調查 혹은 그 裝置를 다시 peaking 하므로써) 에너지 window의 不適當한 設定과 관계가 있다는 것을 알 수 있다 만약에 鮮銳度の 低下가 持續된다면 不適當한 콜리메타의 選擇, 軸점이 陰極線管에서의 안 맞거나 혹은 원형이 아닌 打點, 電子工學的인 問題點등을 調查해야 한다

5. 陰極線管表示裝置 1, 2, 3, 6)

γ 線이 撮像裝置의 檢出器와 相互作用할 때, 陰極線管表示스크린 면에는 X-Y 位置에서 γ 線이 螢光으로 變化한다

(1) 表示調整

陰極線管스크린에 形成된 螢光들은 焦點이 맞추어져야 되며 圓型이 되어야 한다 이러한 問題點들이 잘 안 되었을 境遇에는 鮮銳도가 매우 低下된 흐린 像이 이루어진다 強度의 變化는 打點의 焦點이 맞추어 지지 않는 原因이 될 수 있어 強度를 바꿀 때 마다 打點의 焦點은 다시 맞출 必要가 있다 一般的으로 打點이 구부러

지게 되는 것을 防止하기 위하여 打點強度는 될 수록 낮게 하는 것이 좋다

(2) 表示 Screen 의 問題點

陰極線管스크린의 燐은 變強度의 像을 오랫동안 投影하면 심하게 損傷을 받을 수도 있다 이러한 問題點들은 낮은 強度로 設定하여 表示하면 解決할 수 있다

(3) 位置信號의 不適當한 設定

陰極線管 表示스크린에 關係되고 있는 一般의인 問題點은 像의 歪曲이다 이것은 X 그리고 Y 方向에 있어서 像크기의 差異가 나타나는 境遇이다 그 理由는 普通 X-Y 利得 및 X-Y 方向이 不適當하게 調整되었기 때문이다 그 結果로서 像의 擴大 또는 縮小가 야기될 수 있다

(4) 表示 artifacts

寫眞學的인 問題點으로서는 플라스틱으로 된 陰極板(十字로 된 그물눈금이 그려진)이 더러워지거나 혹은 굽힌 경우이다 이 板은 매달에 한번씩 연한 천으로 먼지를 닦아 주어야 한다 굽힌 것은 보석상에서 使用하는 “벙갈라”로 닦아낸다

(5) 陰極線管 問題點의 診斷

圓型이 아닌 혹은 焦點이 맞추어 지지 않은 螢光打點의 問題點은 弱한 source 를 使用하여 스크린에 生成된 螢光들을 視角의 觀察하므로써 찾아 낼 수 있다 焦點과 astigmatism 의 設定은 完全하게 圓型이 될 때까지 調整해야 하며 만약에 圓型으로 되지 않는다면 결합이 있는 陰極線管으로 判定을 내려도 좋다

像의 歪曲은 transmission phantom 을 使用하면 檢出될 수 있다 이 phantom 을 서로 90°의 方向에서 두번 撮像하여 얻은 두개의 PLES phantom 像을 통하여 X 그리고 Y 方向에서 보이는 bar 의 數를 比較한다 만약에 이 像을 통해 視野길이間의 不均衡으로 나타났다면 X-Y 利得說을 調整하여 고쳐야 될 것이다

6. 像의 記錄器具

陰極線管스크린에 表示된 像은 35 mm 또는 70 mm 의 Polaroid film 혹은 X線 film 에 記錄할 수 있다 7). 記錄方式에 相關없이 一般의인 問題點들이 모든 記錄器具에서도 生길 수도 있다

(1) 照射選擇 1)

여러가지의 像을 記錄하는 器具들은 렌즈의 正確한 口徑을 使用하여 動作시켜야 한다 그렇지 않으면 不適當하게 照射된 像이 만들어 지게 된다 一般의으로 가장 좋은 렌즈의 口徑 設定은 시행착오에 의해 定해져야 하며 한번 定해졌으면 렌즈 口徑의 設定은 變化

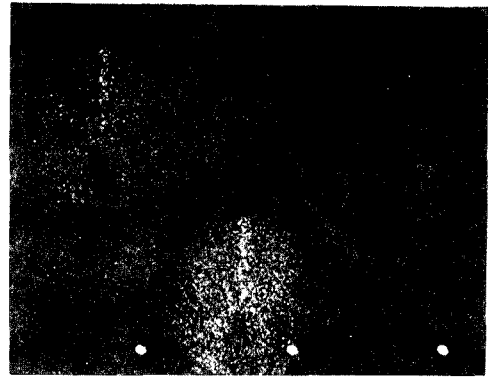


Fig. 6. By dirty rollers, images demonstrating roller mark

시킬 必要가 없다

(2) Artifacts 6)

카메라의 렌즈는 한달에 한번씩 닦아 주어야 하며 카메라의 로울러는 하루에 여러번 닦아야 한다 렌즈를 잘 닦지 않으면 記錄된 像에 artifact 가 생기며 또한 로울러mark 가 나올 수도 있다(그림 6).

7. 其他

質이 低下된 像 또는 artifact 를 가지는 像의 原因은 scintillation camera 裝置 以外의 要素에 依해서도 起因된다 裝置가 設置된 방이나 혹은 인접한 방에 있는 放射性同位元素가 잘 차폐되어 있지 않으므로 해서 생기는 自然放射能의 水準이 높아 지는 경우도 一般의인 問題點에 속하고 있다 6) 그리고 같은 交流電源에서 카메라 裝置는 물론 다른 裝置를 動作시키면 交流의 電源방해로 因하여 像의 artifact 가 生길 수

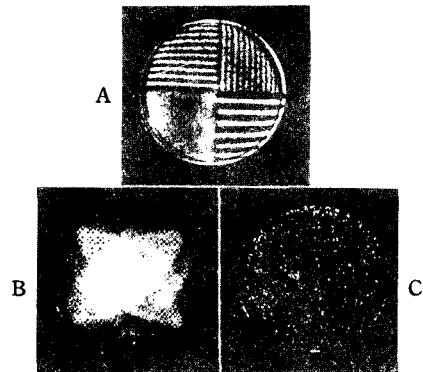


Fig. 7. Examples of artifact forms produced by AC interference

있다 이러한 경우는 artifact가 항상 생기는 것이 아니라 간헐적으로 나타난다 좀 더 심한 問題點으로서는 ¹⁾TV 혹은 Radio tower에 의한 무선주파수(RF)의 방해로 인하여 artifact가 생기거나 質이 低下된 像이 생길 수도 있다 이러한 問題點에 對한 對策은 scintillation camera을 위한 별도의 交流電源을 독립시켜서 使用해야 한다 交流방해로 因하여 생긴 例는 그림 7에서 볼수 있다

Ⅲ. 結 論

Scintillation camera는 어떤 장치의 放射能分布에 關한 정보를 급속히 만들 수 있으며 또한 機能的 및 動態的인 狀態를 連續으로 撮像할 수 있는 裝置이다 故로 核醫學의 檢査에 있어서는 매우 重要한 裝置라 하겠다 그러나 이 裝置를 構入한 後, 時間이 經過함에 따라서 使用時에 一般的인 問題點들이 일어나고 있는 것은 事實이라 본다 一般적인 問題點들을 解決하기 위한 對策으로서는 우선 使用者의 自身이 裝置에 關한 動作原理 特性 및 性能을 잘 알아 둘 必要가 있다 그 다음으로는 效率의이고 定期的인 品質管理計劃下에 品質確認檢査를 實施하여 問題點에 對한 診斷을 通해서 對策을 세우는 것이 理想的이라고 본다 또한 予防整備도

絶對的으로 必要하다

參 考 文 獻

1. F. David Rollo : Nuclear Medicine Physics, instrumentation and agents. St. Louis, The C. V. Mosby Co. 1977.
2. 慶光顯 : Scintillation camera의 品質管理, 信興實業專門大學 論文集, 4(1), 56, 1981.
3. Paul J. Early, Muhammad Abdel Razzak, D. Bruce Sodee : Textbook of Nuclear Medicine Technology, 209-213, St. Louis, The C. V. Mosby Co. 1975.
4. E. H. Belcher, H. Vetter : Radioisotopes in Medical Diagnosis, 21 p. London, Butter worth, 1971
5. D. Bruce Sodee, Paul J. Early : Techonology and Interpretation of Nuclear Medicine Procedures, 79, St. Louis, The C. V. Mosby Co. 1975.
6. Buck A. Rhodes : Quality Control in Nuclear Medicine, St. Louis, The C. V. Moshy Co. 1977.
7. Charles M. Boyd, Glenn V. Dalrymple : Basic Science Principles of Nuclear Medicine. 198-242, St. Louis, The C. V. Mosby Co. 1975.