

^{99m}Tc Perchnetate 를 使用한 腦스캐닝

首都陸軍病院

李相敏 · 朴陳暎 · 李安耆 · 鄭周日 · 洪昌基

放射線醫學研究所

李鍾憲 · 高昌舜

==Abstracts==

Technetium 99m Perchnetate Brain Scanning

Sang Min Rhee, M.D., Jin Yung Park, M.D., Ahn Ki Lee, M.D.,

Choo Il Chung, M.D., and Changgi Hong, M.D.

Capital Army Hospital, ROKA

Chongheon Rhee, M.D. and Chang Soon Koh, M.D.

Radiology Research Institute, Seoul, Korea

Technetium 99m perchnetate brain scanning were performed in 3 cases of head injury (2 chronic subdural hematomas and 1 acute epidural hematoma), 2 cases of brain abscess and 1 case of intracerebral hematoma associated with arteriovenous anomaly. In all the cases brain scintigrams showed "hot areas."

Literatures on radioisotope scanning of intracranial lesions were briefly reviewed.

With the improvement of radioisotope scanner and development of new radiopharmaceuticals brain scanning became a safe and useful screening test for diagnosis of intracranial lesions. Brain scanning can be easily performed even to a moribund patient without any discomfort and risk to the patient which are associated with cerebral angiography or pneumoencephalography. Brain scanning has been useful in diagnosis of brain tumor, brain abscess, subdural hematoma, and cerebral vascular diseases.

In 80 to 90% of brain tumors positive scintigrams can be expected.

Early studies were done with ²⁰³Hg-Neohydrin or ¹³¹I-serum albumin. With these agents, however, patients receive rather much radiation to the whole body and kidneys.

In 1965 Harper introduced ^{99m}Tc to reduce radiation dose to the patient and improve statistical variation in isotope scanning.

緒 論

腫瘍 其他 病巢에 選擇的으로 攝取되든가 或은 病巢 周圍의 正常組織에만 集積되고 病巢에는 侵透되지 않는 放射性 同位元素 或은 그 標識化合物을 使用하여 放射能을 外部에서 測定하므로써 病巢의 存在와 그 部位 및 크기等 形態學的 性狀을 診斷하는 臟器 scan 法中 腦 scan

法은 scintiscanner 의 改良과 새롭고 安全한 放射性醫藥品의 開發에 따라 最近 腦腫瘍診斷에 널리 應用되고 있다. 腦 scan 法은 腦血管攝影, 氣腦攝影, 腦波等 從來의 補助診斷法에 比하여 診斷率이 좋으며 여러가지 利點을 가지고 있다. 아직 우리나라에서는 널리 普及되어 있지 않으므로 著者들의 經驗例를 提示하며 文獻의 考察을 하는 바이다.

檢査對象 및 檢査方法

對象 :

頭部外傷 3例, 腦膿瘍 2例, 先天性腦內血管腫 1例等 6例와 正常人 1例를 對象으로 하였다.

Scan 方法 :

前處置 없이 ^{99m}Tc pertechnetate 10 mCi를 經口投與後 60分 혹은 靜注後 15分~30分에 19孔 collimator를 附着한 2×2 inches NaI(Tl) crystal로 走査하였다.

이때 走査速度는 20 cm/min.로 하였고, 먼저 前頭部에서 走査하고 病變이 있으리라고 豫想되는 側頭部의 走査를 實施하였다. 大部分의 例에서 所要되는 時間은 60分 前後이었다.

症 例

症例 1 : 문○환, 男子, 22세, 硬膜下血腫

1年前에 輕微한 頭蓋骨打撲傷을 받은 後 症狀없이 健康하게 지내다가 入院 10日前에 前頭部와 後頭部의 瀰漫性頭痛이 徐徐히 發生하여 繼續적으로 심해져 入院하였다. 神經學的檢査를 包含한 理學的檢査에는 右側眼底의 乳頭部緣의 不鮮明 외에는 別 特異所見이 없었고 血液檢査, 尿檢査等 檢査成績도 正常範圍였다. 다만 腦脊髓壓이 420mmH₂O로 上昇되어 있었고 腦脊髓液의 檢査成績은 蛋白質이 31.5 mg%, 糖 78 mg%이었으며 細胞는 발견되지 않았다.

入院後 1週가량부터 左上肢 및 左下肢의 異常感覺(paresthesia)을 呼訴하기 시작하였고 入院後 2週에는 대단히 輕한 左側의 中心性顔面痲痺와 左側上下肢의 筋力의 減少를 認知할 수 있었다.

이때 實施한 頸動脈攝影에서 右側前腦動脈이 左側으로 약 1cm 偏位되어 있음을 觀察하였다(Fig. 2—A).

^{99m}Tc brain scan에서는 rt. cerebral hemisphere에 右前頭 및 側頭葉에 廣範圍한 “hot lesion”을 觀察할 수 있었고 이 “hot area”는 中心線을 넘어 左前頭葉의 一部까지도 덮고 있었다(Fig. 2—B,C).

入院 20日後에 craniotomy를 施行하여 약 100 cc의 陳舊한 血液을 含有한 硬膜下血腫囊을 除去하였다.

症例 2 : 서○원, 男子, 24세, 硬膜下血腫

入院數日前에 심한 頭痛을 訴呼하기 시작하여 갑자기 昏睡狀態에 빠져 本病院에 入院하였다. 理學的檢査所見엔 別 特異事項이 없고, 檢査室成績도 腦脊髓壓의 增加 외엔 모두가 正常範圍以內였다.

頸動脈攝影上에는 middle cerebral artery의 閉鎖로서 硬膜下血腫을 의심할 수 있었다(Fig. 3—A).

^{99m}Tc brain scan上 前頭部의 下部에 “hot lesion”을 발견할 수 있었다(Fig. 3—B, C).

入院 4日에 手術하여 硬膜下血腫을 除去하였다.

症例 3 : 윤○화, 男子, 20세, Epidural hematoma.

交通事故로 인한 頭部損傷으로 한번의 嘔吐症狀이 있었을 뿐이다가 昏睡狀態로 本病院에 入院하였다. 理學的檢査所見엔 右側瞳孔의 擴大 및 固定, 四肢의 spastic rigidity, D.T.R.의 hyperactivity 외엔 異常을 발견할 수 없었다.

腦脊髓壓의 上昇외엔 檢査室成績은 正常範圍이내 이었다. 頸動脈攝影은 事情에 의해 못하고 ^{99m}Tc brain scan上 右前頭部에 커다란 “hot lesion”을 발견할 수 있었다(Fig. 4—A,B).

入院 第2日에 手術하여 100 cc 정도의 epidural hematoma를 除去하였다.

症例 4 : 김○만, 男子, 24세, 腦膿瘍.

國民學校때부터 中耳炎이 發生하여 難聽, 간헐적인 耳漏가 생겨 left simple mastoidectomy를 한 後 2個月이 지나 頭痛으로 本病院에 入院하였다.

理學的檢査所見에는 左耳의 慢性炎症외엔 特異事項이 없었고 檢査室成績도 전부 正常範圍이내 이었다. 頸動脈攝影에서는 後 및 前 choroid arteries의 閉塞를 볼 수 있었고 手術후 腦膿瘍을 除去한 다음 ^{99m}Tc brain scan을 實施하였던바 左 temporal lobe에 “hot lesion”을 발견할 수 있었다(Fig. 5—A,B).

症例 5 : 조○식, 男子 20세, ?腦膿瘍

4日間の 頭痛 및 顔面痲痺로 本病院에 入院하였다. 理學的檢査所見에는 左側의 spastic hemiparesis, 右側顔面痲痺외엔 特異事項이 없었고 檢査室成績은 전부 正常이었다. 頸動脈攝影에서도 正常이었다(Fig. 6—A).

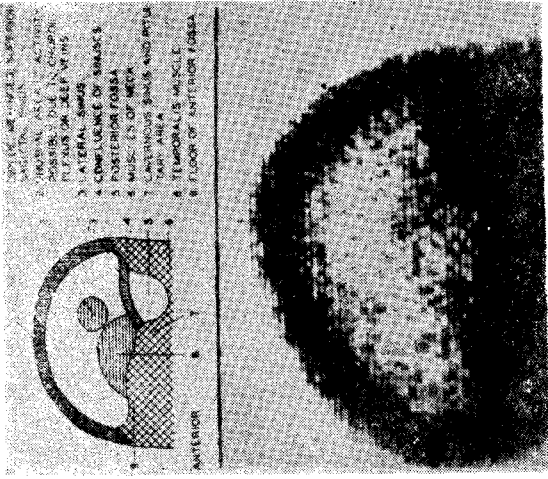
^{99m}Tc brain scan에 左前頭部에 “hot lesion”을 발견할 수 있었다(Fig. 6—B).

사정상 手術은 하지 못하고 있어 結果는 아직 不明하다.

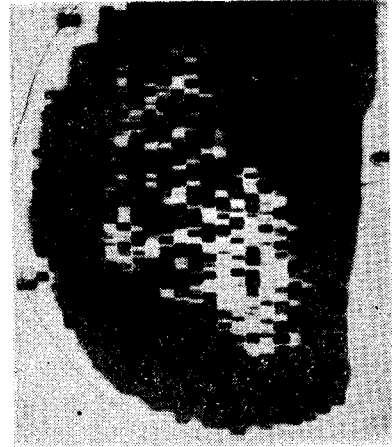
症例 6 : 안○혜, 女子, 6세.

妊娠 및 分娩이 모두 正常이었고 別 異常 없이 發育, 成長하여 오다가 4세에 一過性인 左上肢의 痲痺를 經驗하였다. 그후 심히 울고난 後엔 右半身의 筋力이 輕하게 一時的으로 弱하여지는 일이 여러차례 있었다.

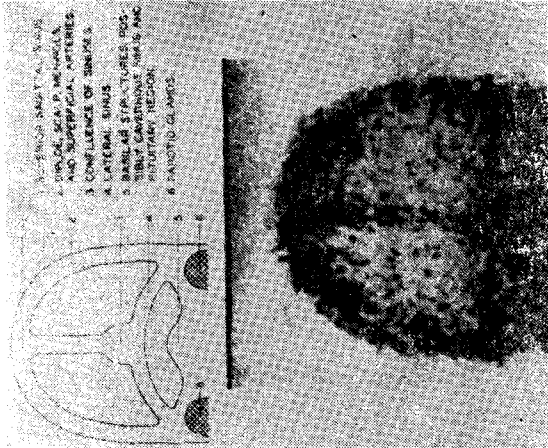
入院前 2週에 頭部外傷이나 경련발작없이 갑자기 심한 頭痛과 함께 右側의 半身痲痺가 發生하였다. 意識障害는 없었으나 곧 이어 嚥下障害와 言語障害가 나타났다. 入院後 곧 脊髓液檢査를 實施하였으나 正常所見을 보여 주었고 左側의 頸動脈攝影上으로 巨大한 動靜脈畸形이 兩大腦半球의 深部, 正中線 兩側으로 位置하여 있음을 觀察할 수 있었다. 左側大腦半球內에서는 中途에서 血管의 走行이 轉換되는 것도 동시에 觀察되었다(Fig. 7—A,B).



C. Lateral view

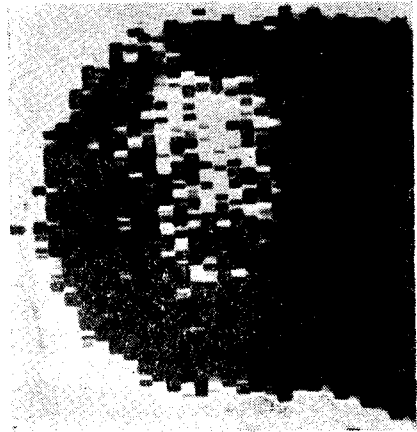


C. Scintigram, right lateral view



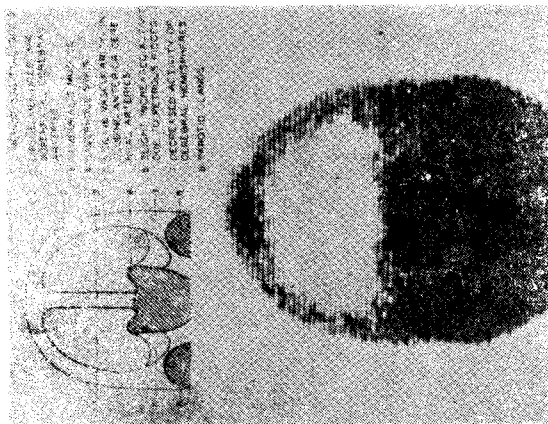
B. Posterior view

Fig. 1. Normal ^{99m}Tc brain scan.

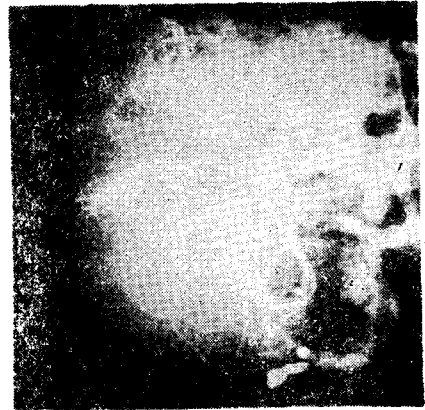


B. Scintigram, frontal view

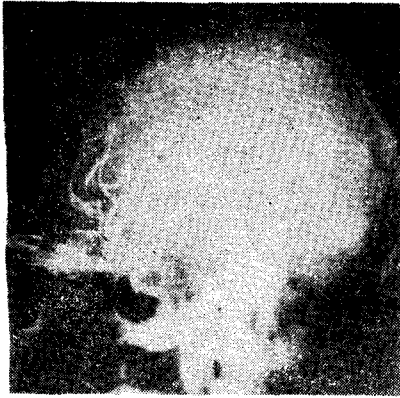
Fig. 2. Case 1. Chronic subdural hematoma



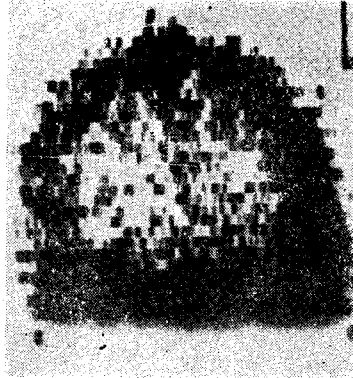
A. Anterior view



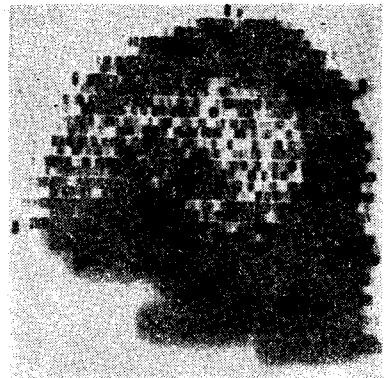
A. Carotid angiogram,



A. Carotid angiogram.

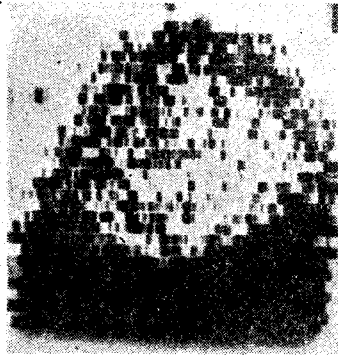


B. Scintigram, frontal view.

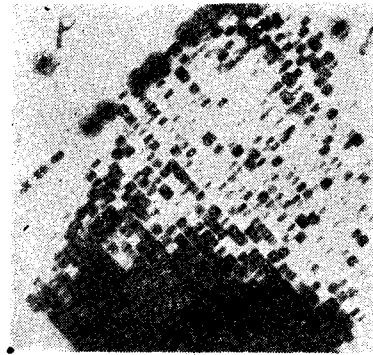


C. Scintigram, right lateral view

Fig. 3. Case 2. Subdural hematoma.

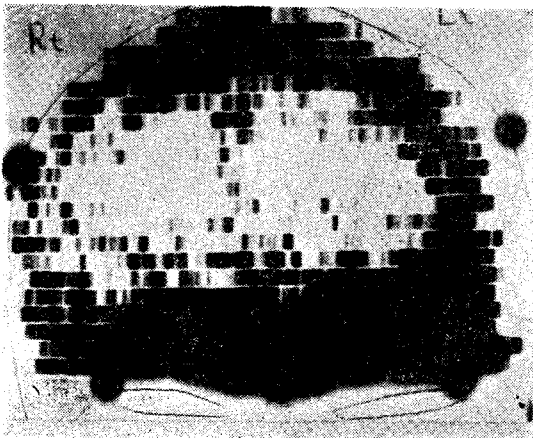


A. Scintigram, frontal view.

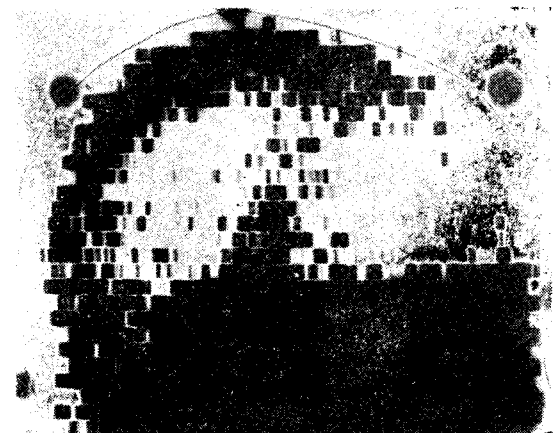


B. Scintigram, right lateral view.

Fig. 4. Case 3. Epidural hematoma.



A. Scintigram, frontal view.

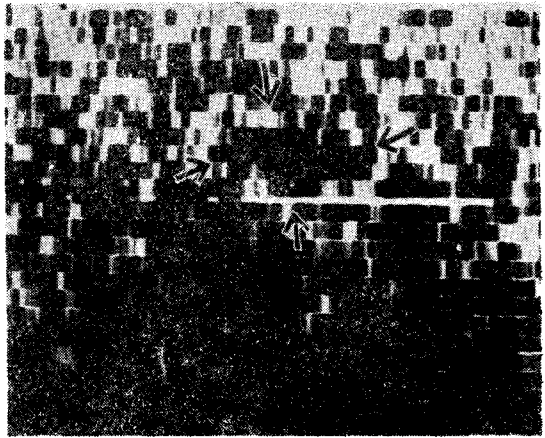


B. Scintigram, left lateral view.

Fig. 5. Case 4. Brain abscess, otogenic.



A. Carotid angiogram.

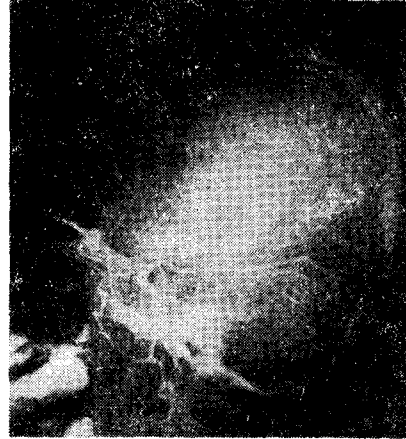


B. Scintigram, left lateral view.

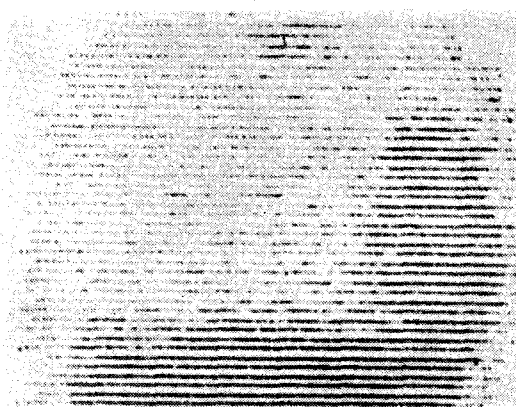
Fig. 6. Case 5. Brain abscess.



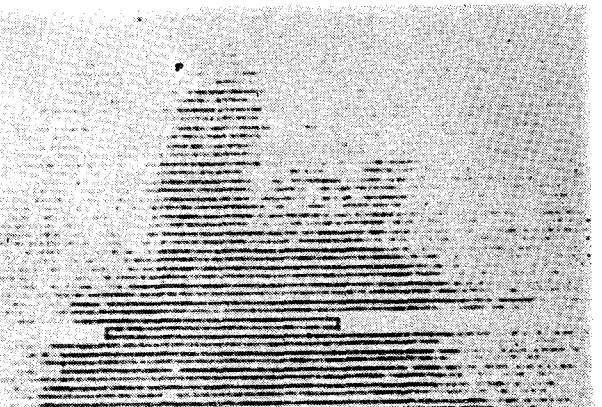
A. Carotid angiogram, P—A view.



B. Carotid angiogram, left lateral view.



C. Scintigram, frontal view.



D. Scintigram, left lateral view.

Fig. 7. Case 6. A—V malformation.

患者는 별 處置 없이도 症狀이 好轉되어 言語障害 및 嚥下障害는 消失되었고 右半身痲痺도 輕快되었다.

退院前에 實施한 ^{99m}Tc brain scan에서 動靜脈畸形에 該當하는 部位에 放射能의 集積과 左側大腦半球內에 더욱 진한 "hot area"를 觀察하였다(Fig. 7—C,D).

考 按

最近 神經外科學의 눈부신 發展으로 病巢의 正確한 部位決定이 要請되는 頭部外傷, 腦血管疾患, 頭蓋內腫瘍 및 腫瘍等 空間占有病巢의 診斷法으로는 神經學의 理學的 檢査外에도 腦血管攝影術 및 氣腦法 等 X-線學의 方法과 腦波描記法을 들 수 있으나 前者에 있어서는 病巢 自體가 結像되는 일은 적고 病巢로 因하여 腦室系 및 腦血管系에 惹起된 變化를 觀察하므로서 病巢의 部位를 決定하는 間接法이라고 볼 수 있으며 檢査에 隨伴하는 患者의 苦痛과 危險性이 전혀 없는 것이 아니다. 腦波描記法도 病巢의 概略의 位置를 指示하여 줄 뿐으로 實際 開頭術 時에는 크게 도움이 되지 않는다.

1948年 Moore¹⁾가 腦腫瘍例에 blood-brain-barrier를 通過하여 病巢에 選擇적으로 集積되는 diiodofluorescein을 ^{131}I 로 標識하여 靜注後 Geiger-Müller管을 使用한 體外 計測法에 依하여 腦腫瘍의 部位決定을 하였다고 報告한 以後, 같은 著者²⁾가 ^{42}K 와 ^{131}I -Serum Albumin (RISA)을 使用하여, 같은 方法으로 計測하였다.

1953年 Brownell 및 Sweet³⁾에 依하여 scintillation scanning이 腦腫瘍 部位 診斷에 처음으로 應用되었는바 이는 同時記錄裝置(coincidence scanning assembly)에 依하여 ^{74}As , ^{64}Cu 等 陽電子 放出 同位元素에서 나오는 消滅電子를, 對向한 2個의 scintillation detector로 計測하는 方法이었다. 그 後 scanner의 改良, γ 線 spectrometer, collimator의 改良, 大型 crystal의 使用, 寫眞記錄裝置의 開發등에 依하여 腦 scan은 顯著하게 發展되어왔다. 同時에 放射性 醫藥品이 많이 開發되어 現在에는 여러가지 放射性 醫藥品이 腦 scan에 使用되고 있다. Moore以來 使用되어오는 RISA 代身 1960年 Blau and Bender⁴⁾가 ^{203}Hg -chlormerodrin (Neohydrin[®])을 導入한 後 腦 scan에는 主로 ^{203}Hg -chlormerodrin이 使用되어 오다가 Yamamoto等⁵⁾이 患者가 받는 放射線量을 減少시킬 目的으로 半減期가 짧고 γ -ray energy가 屬한 ^{197}Hg 로 標識한 chlormerodrin으로 代置하였다. 1965年 Harper等⁶⁾이 ^{99m}Tc 을 開發하여 이 物質은 萬能의 scanning用 放射性 醫藥品으로 널리 普及되었고 最近 腦 scan에는 ^{99m}Tc 이나 ^{113m}In DTPA가 主로 使用된다.

腦腫瘍의 部位를 診斷키 爲한 腦 scan用 放射性 醫藥

品이 갖추어야 할 理想的 條件은

1. γ 線 放出核種과 化學적으로 安定한 結合을 이룰 수 있는 物質. γ 線의 energy는 0.1~0.5 Mev가 좋고 β 線은 나오지 않는 것이 좋다.

2. 腫瘍對 腦組織의 濃度比가 높은 것. 腫瘍內 濃度의 絕對值가 높은 것.

3. 腫瘍對 血液의 濃度比가 높은 것. 全 腦液積의 約 7%는 腦內血液이므로 血中 放射能이 높으면 back ground가 增加한다.

4. 腫瘍對 筋肉 濃度比가 높은 것. 側頭筋 및 後頭筋 下의 腦底部가 잘 보인다.

5. 腫瘍內 濃度가 scan에 要하는 時間동안 維持하되 物理學的 및 生物學的 半減期가 比較的 짧을 것.

6. 放射性物質의 體內分布에 있어 病巢以外에는 集中되는 곳이 없는 것이 좋다.

以上の 條件을 充足시키는 理想的 放射性物質은 아직 없고 現在까지 많이 使用된 藥品을 瞥見하면 다음과 같다.

1. ^{203}Hg -chlormerodrin (Neohydrin): 半減期 47日, 0.28 Mev의 γ 線을 放出하며 普通 體重 kg當 $10\mu\text{Ci}$ 를 靜注한다. 全身이 받는 線量이 290 m rad이며 腎臟을 通하여 排泄되므로 腎照射線量은 대단히 많아 30~40 rad까지 達한다.

2. ^{197}Hg -chlormerodrin: ^{197}Hg 은 半減期가 짧고(27日) γ 線 energy가 弱하며(0.077 Mev) β 線이 放出되지 않으므로 腎照射線量을 約 1 rad로 減少시켜 준다.

3. RISA: ^{131}I 로 標識한 血清 알부민인데 300~400 μCi 를 使用한다. 血中濃度가 높아 像의 分離가 좋지 않고 全身의 照射線量이 무려 700 mrad에 達하여 요즘에는 別로 使用되지 않는다.

4. ^{99m}Tc -pertechnetate: ^{99m}Tc 은 半減期가 6時間이며 0.14 Mev의 γ 線만을 放出하고 β 線이 나오지 않는 核種인바 使用直前에 molybdenum-technetium generator에서 milking하여 使用하게 된다. 腦 scan에는 普通 10 m Ci를 經口 或은 靜注 投與하는데 前者의 境遇는 2時間後, 後者の 境遇는 15~30分後 scan을 始作한다. 全身照射線量이 80 m rad, 性腺線量은 100 m rad이므로 대단히 작을 뿐 아니라 計數率의 增加때문에 統計變動이 적고 scan에 所要되는 時間이 短縮되는 長點이 있다. 그러나 筋肉, 唾液腺, 口腔粘膜等에도 多量 集積되므로 後頭蓋窩에 病巢가 있는 例에서는 組織放射能에 對여 診斷이 困難하다는 短點이 있다.

腦스캔은 腫瘍, 膿瘍, 硬膜下血腫, 腦軟化症等의 頭蓋內病巢의 部位診斷에 應用되는바 病巢自體를 陽性像으로 直接結像하여 描出하므로써 位置와 크기를 正確하

게 알 수 있을 뿐 아니라 腦血管攝影, 氣腦攝影에 比하여 患者가 받는 負擔이 적고 重患者에게도 쉽게 實施할 수 있으며 反復施行도 容易하다는 것이 長點이다. 그러나 腦 스캔法에 있어서는 그 裝置, 放射性醫藥品이 高價이고 直徑 2 cm 以下の 病巢와 後頭蓋窩의 病巢는 診斷이 困難하고 長時間 頭部를 固定시켜야 한다는 短點도 있다.

腦 scan 法에 依한 腦腫瘍診斷成績에 關하여는 많은 報告가 있다. ^{203}Hg -chlormerodrin 을 使用하는 境遇 診斷率은 80~90% 로서 많은 著者^{4,8,9,10}의 報告가 거의 一致되고 있다. ^{197}Hg -chlormerodrin 나 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 을 使用한 境遇도 큰 差異없는 結果를 報告하고 있다.^{5,11,12}

腦 scan 法과 다른 診斷法과의 成績을 比較하여 보면 腦血管攝影, 氣腦攝影, 腦波檢査, 頭部單純攝影의 어느 한가지 方法보다도 優秀한 成績을 보였다고 한다.^{8~10} 한편 腦 scan 과 腦波 및 頭部單純攝影의 3 가지 方法을 使用하면 95% 의 診斷率을 보였다고 한다.¹⁰

腦 scan 에 依한 診斷率은 腫瘍의 組織學的 性質과도 關係가 있다. Meningioma, glioblastoma, 惡性 astrocytoma, 轉移性 腫瘍은 그 診斷率이 높고, 良性 astrocytoma, acoustic neurinoma 의 診斷率은 낮다.^{13,14,15}

한편 手術의 으로 侵襲하여 腦 實質의 損傷이 있는 部位도 陽性結果가 나오므로 注意를 要한다.^{16,17} Takahashi¹⁸ 등은 scan 像上의 形態와 크기 및 周圍組織에 比한 放射能의 濃度가 病理組織學的의 型과 有關하다고 하였다. 即 meningioma 는 境界가 分明한 圓形의 dense area 로 나타나며 astrocytoma 는 小圓形의 density 가 낮은 部位로 나타나며 glioblastoma 는 크고 不整形의 dense area 로 나타나며 轉移性 腦腫瘍은 astrocytoma 와 비슷한 모습으로 나타났다.

腦 scan 法은 腫瘍 以外에도 硬膜下血腫, 腦膿瘍, 腦出血, 腦血栓症, 蜘蛛膜下出血, 動靜脈異常 등의 非腫瘍性病巢도 陽性像으로 描出한다.¹⁹ 腦血管障害時의 scan 像은 一般的으로 density 가 낮고 境界가 不鮮明하고 時間 經過에 따라서 消失되는 特徵이 있다.²⁰ 腦出血 및 腦血栓症發病後 6 週 以內에 腦 scan 陽性率이 49% 라는 報告가 있다.²¹ 硬膜下出血은 症例에서 본 바와 같이 廣範圍한 表在性 hot area 로 나타나는 特徵이 있으므로 腦 scan 法은 頭部外傷患者의 screening test 로도 優秀하다고 하였다.²²

우리나라에서 腦腫瘍의 診斷에 brain scan 을 利用한 文,²³ 李²⁴ 등의 報告가 있다.

結 論 및 要 略

Scintiscanner 의 改良 및 새로운 放射性醫藥品의 開發에 依하여 腦 scan 法은 最近 몇年 사이 顯著하게 進歩,

普及되었다. 腦 scan 은 腦腫瘍, 頭部外傷, 腦血管障害 등에 있어 病巢部位 診斷에 有用하다는 事實은 自驗例로서 밝혔고 腦 scan 에 關하여 文獻의 考察을 하였다.

REFERENCES

- 1) Moore, G.E.: *Use of radioactive diiodofluorescein in the diagnosis and localization of brain tumors. Science* 107:569, 1948
- 2) Moore, G.E., et al.: *Clinical and experimental studies of intracranial tumors with fluorescein dyes. Am. J. Radiol.* 66:1, 1951.
- 3) Brownell, G.E. and Sweet, W.H.: *Nuclconics* 11: 40, 1953.
- 4) Blau, M. and Bender, M.A.: *Clinical Evaluation of ^{203}Hg Neohydrin and ^{131}I Albumin in Brain Tumor Localization. J. Nuc. Med.* 1:106, 1960.
- 5) Rhoton, A.L., et al.: *Brain scanning with chlormerodrin- Hg^{197} and chlormerodrin- Hg^{203} . Arch. Neurol. (Chicago)* 10:369, 1964.
- 6) Harper, P.V., et al.: *Technetium 99m as a scanning agent. Radiol.* 85:101, 1965
- 7) Stern, H.S., Goodwin, D. A., Scheffel, U., Wagner, H.N.Jr. and Kramer, H.H.: *Nuclconics* 25: 62, 1967
- 8) Afifi, A.K., Morrison, R.R., Sahs, A.L., Evans, T.C.: *A comparison of chlormerodrin- Hg^{203} scintencephaloscanning with neuroradiology and electroencephalography for localization of intracranial lesion. Neurol. (Minneap.)* 15:56, 1965.
- 9) Mc Afee, J.G., Taxdal, D.R.: *Comparison of radioisotope scanning with cerebral angiography and air studies in brain tumor localization. Radiol.* 77:207, 1961.
- 10) Wang, Y., Shea, F.J., Rosen, J.A.: *Comparison of the accuracy of brain scanning and other procedures used for brain tumor detection. Neurol. (Minneap.)* 15:1117, 1965.
- 11) Quinn, J.L. III., Ciric, I., Hauser, W.N.: *Analysis of 96 abnormal brain scans using technetium 99m (pertechnetate form): J.A.M.A.* 194:157, 1965.
- 12) Quinn, J.L. III.: *Tc $^{99\text{m}}$ pertechnetate for brain scanning. Radiol.* 84:354, 1965.
- 13) Schmukler, M., et al.: *The reliability of scintillation scanning for detection of intracranial lesions. J. Nuc. Med.* 7:252, 1966.

- 14) Loken, M.K., et al.: *Mercury-197 and mercury 203 chlormerodrin for evaluation of brain lesions using a rectilinear scanner and scintillation camera. J. Nuc. Med.* 7:209, 1966.
- 15) Budabin, M., et al.: *The anatomical correlation of the abnormal RIHSA brain scan. J. Nuc. Med.* 7:128, 1966.
- 16) Spencer, R.: *Scintiscanning in space-occupying lesions of skull. Brit. J. Radiol.* 38:1, 1965.
- 17) Heinz, E.R., et al.: *Post-Angiography isotope Brain Scanning. Am. J. Roentgenol.* 98(3):672, 1966.
- 18) Takahashi, M., et al.: *Correlation of brain scan image and area counting after scanning with tumor pathology. J. Nuc. Med.* 7:32, 1966.
- 19) Overton, M.C. 3d., Haynie, T.P., Snodgrass, S.R.: *Brain scans in nonneoplastic intracranial lesions: scanning with chlormerodrin Hg 203 and chlormerodrin Hg 197. J. A. M. A.* 191:431, 1965.
- 20) Rosen, J.A., and Yen, W.: *Radioisotopic brain scanning in encephalomalacia (Abstract only). Neurol.* 14:271, 1964.
- 21) Glasgow, J.L., Currier, R.D., Goodrich, J.K., et al.: *Brain scans at varied intervals following C.V.A. J. Nuc. Med.* 6:902, 1965.
- 22) Mc Afee, J.G., Fueger, C.F., Stern, H.S., Wagner, H.N., Jr., and Migita, T.: *Tc^{99m} pertechnetate for brain scanning. (abstract) J. Nuc. Med.* 5:811, 1964.
- 23) 文太俊, 高昌舜, 李憲梓: ²⁰³Hg Neohydrin 을 이용한 腦腫瘍의 位置判定에 對하여. 研究論文集(原子力院)第5輯: 147, 1965.
- 24) 李圭煥, 高昌舜, 文太俊, 李憲梓: ²⁰³Hg Neohydrin 을 이용한 腦腫瘍의 位置判定 및 腦疾患의 診斷. 研究論文集(原子力院)第4輯: 147, 1964.