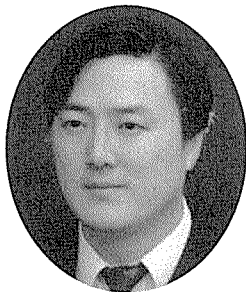


동

향

핵의학의 발달사



김 덕 윤

경희대학병원 핵의학과 조교수

핵의학은 지난 수십년간 양적, 질적으로 끊임없이 발전해왔으며 항상 새로운 분야에 도전하는 개척정신은 핵의학의 근간을 이루어왔다. 또한 임상의학 분야중 학문적인 성격이 매우 강한 흥미로운 분야로서 핵의학의 태동기부터 물리학이나 화학 등 순수과학분야와 밀접한 연관을 맺으며 발전해왔다. 핵의학의 역사를 살펴보면 창조적인 능력을 지닌 수많은 학자들의 기념비적인 사건을 중심으로 흥미로운 일화들을 만나게 되는데 이는 핵의학의 미래를 개척해야 할 우리에게 중요한 교훈을 남겨주고 있다. 더욱이 금년은 대한핵의학회가 창립된지 40주년이 되는 뜻깊은 해로서 핵의학의 역사를 되돌아보고 선각자들의 가르침을 교훈삼아 새로이 나아가야 할 지침을 설정하는 것이 의미있는 일이라 생각된다.

1. 방사능의 발견과 핵의학의 시작

1895년 11월 뢰트겐의 X-선 발견은 여러 물리학자들의 상상을 자극했고 빛의 작용하에 유사한 선들이 형광체에서 방출될 것이라 생각하게 되었다. 이를 바탕으로 1896년 프랑스의 베크렐은 우라늄염에서 특이한 성질을 가진 선들이 자발적으로 방출되는 사실을 알게되었다. 그는 검정색 종이로 둘러싼 감광판 위에 놓인 이산화 우라늄 화합물이 빛에 의해 검은 점이 생기는 것을 발견하고 이를 햇빛내에 있는 X-선에 의한 현상으로 설명하였다. 그러던 어느날 햇빛이 나지않아 실험을 할 수 없게 되자 우라늄염과 감광판을 서랍에 넣어두었는데 나중에 이 감광판에서도 검은 점이 생기는 것을 관찰하였다. 처음에는 감광판을 서랍에 보관하기 전에 이미 빛에 노출하였기 때문에 역시 빛에 의한 현상일 것이라고 생각하였다. 그러나 빛과 상관없이 우라늄 자체에서 이런 효과를 나타낼지도 모른다는 가정하에 어둠

속에 방치해두는 실험을 하게 되었으며 결과적으로 우라늄 화합물에서 방사형태의 에너지가 방사된다는 사실을 알게 되었다. 그러나 이 에너지의 근원이 무엇인지는 알지 못했다. 그는 1896년 3월 2일 파리에서 열린 학술회의에서 자신이 관찰한 현상을 발표하였다. 같은 시기에 영국의 물리학자인 톰슨도 햇빛에 노출된 우라늄염이 감광판을 감광시킴을 발견하고 이 사실을 왕립학회 회장에게 개인서신형식으로 보고하였다. 1896년 2월 29일 왕립학회 회장은 매우 중요한 발견이므로 빨리 발표하는 것이 좋겠다고 권고하였다. 그러나 수일후인 3월 2일 베크렐이 같은 내용의 논문을 먼저 발표하게 됨으로써 톰슨의 발견은 역사의 뒤안길로 묻히게 된다.

물리학 교수였던 베크렐은 자신이 관찰한 방사선이 우라늄의 어떤 성질에 의한 것인지 알아보고자 자신의 우수한 학생이었던 퀴리부인에게 이를 학위주제로 주게 된다. 이미 인정받고 있던 물리학자이자 베크렐의 친구이며 퀴리부인의 남편인 피에르 역시 부인의 학위주제에 흥미를 갖게 되고 결국에는 본인의 연구를 중단하고 부부가 함께 연구를 하게 되었다. 창고와 기계실로 사용되던 허름한 1층 작업실에서 여러 원소를 가지고 실험한 결과 토륨화합물만이 우라늄의 광선과 유사한 것을 방출함을 알게 되고 이런 성질을 방사능이라고 정의하였으며 X-선보다 에너지가 높고 투과력이 큰 새로운 종류의 방사선임을 밝혀내었다. 이들은 역청우라늄광에서 우라늄보다 활성이 수백배인 폴로늄과 라듐을 발견하고 1898년 7월과 12월에 각각 발표하였다. 폴로늄은 퀴리부인의 조국인 폴란드에서 따온 이름으로 우라늄에 비하여 400배나 강한 방사능을 나타냈다. 당시 역청우라늄은 매우 비싼 광석이었으므로 가난한 학자인 퀴리부부에게는 이것을 구입할만한 연구비가 없었다. 다행히도 오스트리아 정부로부터 개발된

보헤미아의 우라늄 광산에서 폐기물이 어떤 목적에도 활용되지 않음을 알고 빈 과학 아카데미의 도움을 얻어 좋은 조건으로 이 폐기물을 여러 톤 얻을 수 있었다. 그럼에도 불구하고 퀴리부부는 연구비가 턱없이 부족하여 가계자금을 연구비로 지출하였다. 순수 라듐염을 얻기 위해서는 철로 된 막대로 주철 냄비속에서 끓고 있는 물질을 수시간동안 휘저어야 하는 육체적 고통을 감수해야 했다. 1903년 퀴리부인은 박사학위를 제출하고 같은해에 남편인 피에르 퀴리와 지도교수였던 베크렐과 함께 노벨 물리학상을 받았다.

현재 방사능의 단위로 흔히 이용되는 Ci가 퀴리라는 인명에서 유래함은 이미 잘 알려진 사실이다. 이에 비해 표준 SI 단위로 사용되는 Bq은 베크렐의 이름에서 유래하였지만 1 Bq의 개념인 3.7×10^{10} dps는 원자모형을 정립한 러더포드가 붕괴를 처음으로 관찰하여 1dps의 개념을 확립한 사실과 베크렐은 오히려 이런 이론에 동의하지 않았다는 점을 고려하면 잘못된 명칭이라 볼 수 있다. 그럼에도 불구하고 1975년 SI 단위를 정할 때 영국이름인 러더포드보다는 프랑스 이름인 베크렐이 우아하고 품위가 있어 더 적합하다는 위원회의 의견 때문에 베크렐이 방사능의 SI 단위가 되었다.

1901년 베크렐은 런던의 왕립학회에 발표하려 가는 길에 라듐을 그의 주머니에 넣고 갔다. 10일후 집으로 돌아온 베크렐은 그의 피부에 붉은 반점이 생겼다. 염증으로 발전하는 것을 경험하게 되는데 그 부위가 10일전 라듐을 넣어두었던 주머니 위치에 해당한다는 사실을 알게 되었다. 이를 통하여 그들이 발견한 물질이 인체에 해가 될 수 있다는 사실을 처음으로 알게 되는데 후에는 이런 효과를 암치료에 이용할 수 있을 것이라는 생각으로 발전시킨다. 여기서 핵의학의 개념이 출발한다 할 수 있겠다.

II. 핵의학의 고전시대

핵의학의 시작은 헝가리 출신의 매우 창조적인 화학자인 헤베시의 수많은 업적과 연관이 있다.

1911년 영국 맨체스터의 러더포드 문하로 유학생 활을 하게 된 헤베시는 하숙집 여주인이 일요일에 식사로 나왔던 고기파이가 남으면 이를 수일후 다른 음식의 재료로 재사용한다고 생각하였다. 이를 증명하기 위해 헤베시는 방사성 납을 새로 구운 고기파이에 숨겨놓고 고기를 고의로 남긴 후 수요일에 식사로 나온 수플레에서 검전기로 방사능을 검출하여 고기가 재활용된다는 사실을 증명하였다. 그러나 이일로 그는 하숙집에서 쫓겨난다. 이는 헤베시의 실험정신을 엿볼수 있는 재미있는 일화이다. 헤베시는 1913년경 방사성 납과 비방사성 납을 분리하기 위해 모든 물리화학적 방법을 시도하였으나 실패하게 되는데 오히려 이 실패로부터 방사성 납을 화학적, 생물학적 성질의 '추적자'로 사용할 수 있음을 알게 되는 뜻밖의 성과를 얻게 된다. 그는 사이클로트론에서 생산되는 ^{32}P 를 토끼에 주사하고 분포를 관찰하는 연구를 처음으로 시도하였을 뿐만 아니라 동위원소를 경구투여하여 소변과 대변의 방사능을 측정하는 등 인공적으로 생산된 동위원소를 인체에 투여하는 실험도 처음으로 시행하였다. 그는 또한 적혈구를 ^{32}P 로 표지하여 인체에 주사한 후 혈액양을 측정하였다. 이 방법은 '방사능추적자회석법'이라 불리우는 것으로 1939년 첫실험이 있었으며 이 업적으로 헤베시는 1943년에 노벨상을 수상하였다. 그는 오늘날 핵의학의 할아버지로 추앙받고 있다.

보스톤의 Blumgart는 1920년대 말에 라듐 C (^{214}Bi)용액을 환자의 한쪽 팔에 주사한 후 반대측 팔에서 방사능이 나타남을 검출하고 혈액순환시간을 측정하였다. 또한 심장질환 환자에서는 이 시간이

증가함을 증명하였다. 그는 '임상핵의학의 아버지'로 인정받고 있다. 헤베시가 방사선 추적자를 이용한 실험법을 개발한 1913년부터 퀴리부인의 큰딸인 이렌느 퀴리가 인공방사성 핵종인 ^{32}P 를 처음 만들어낸 1934년 사이를 '핵의학의 고전시대'라고 한다.

III. 임상핵의학의 시작과 방사성동위원소 치료

1931년 물리학자인 로렌스가 사이클로트론을 개발하였고 이 공로로 1939년 노벨상을 수상하였다. 1934년 퀴리가 사이클로트론에서 인공방사성 핵종인 ^{32}P 를 생산함으로써 핵의학의 고전시대가 마무리되고 임상핵의학이 시작되었다. 동위원소를 이용한 치료가 먼저 적용되는데 1938년 로렌스는 29세의 만성골수성백혈병 환자에게 ^{32}P 를 2.98mCi, 2.81mCi, 4.85mCi를 6개월에 걸쳐 3차례 투여하였고 1940년에 환자는 정상화되었음을 발표하였다.

방사성 옥소를 사람에게 처음 투여한 것은 1940년으로 두명의 갑상선암 환자에서 시도되었으며 1942년에는 방사성 옥소가 갑상선암에도 섭취된다는 사실이 알려졌다.

치료목적으로 방사성 옥소가 사용된 것은 1949년 런던의 Royal Marsden 병원에서 20세의 여성에게 시행된 것이다. 이 여성은 수술이 불가능한 갑상선암환자로 ^{131}I 50, 88, 100, 230 mCi를 수차례에 걸쳐 투여받았으며 완치되었다. 지브랄터 출신의 이 여성은 1999년까지도 살아있음이 확인되었다. 1950년 런던에서 열린 암학회에서는 ^{131}I 을 갑상선암의 치료에 사용한 100예의 임상증례가 발표되었다.

방사성동위원소의 또다른 치료예로 벨기에인 Pecher는 ^{90}Sr 을 골전이 환자에 사용하여 통증이 사

라지고 전신 상태가 호전됨을 관찰하였다. 그러나 곧이어 전쟁이 발발하여 군에 복무하게 되고 기대가 컸던 연구를 계속할 수 없는 현실을 비관하다가 자살하였다. 오늘날 전립선암의 골전이의 치료 목적으로 metastron($^{89}\text{SrCl}_2$)이 이용됨을 생각하면 그의 죽음이 안타깝기만 하다.

IV. 방사성핵종과 방사성의약품의 생산

로렌스의 사이클로트론 개발과 페르미의 원자로 개발로 인한 인공방사성 핵종의 생산은 핵의학 진료에 필요한 방사성핵종을 공급할 수 있게 되었다. 초기에는 ^{32}P , ^{131}I , ^{89}Sr 등이 이용되었으나 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 의 등장은 핵 의학을 획기적으로 발전시키는 계기가 되었다. $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 은 140 keV의 단일 감마선을 내고 반감기가 6시간으로 짧으며 감마카메라 영상에 적합한 물리적 특성을 지니고 있어 현재 의학적으로 사용하는 방사성핵종의 대부분을 차지하고 있다.

페르미의 제자인 Segre는 1936년 수주간 미국을 방문하게 된다. 사이클로트론의 차폐물은 양이온 광선의 열을 견디기 위해 molybdenum으로 제작되었는데 Segre는 이 차폐물의 일부를 가방에 넣어 고향인 이탈리아로 돌아가서 다음해인 1937년 molybdenum이 붕괴되어 새로운 원소가 만들어진다는 사실을 발표하였다. 새로운 원소는 technetium이라고 명명되었는데 이는 '인공적(artificial)'이라는 뜻의 그리스어인 'technetos'에서 따온 것이다. 그러나 불행하게도 Segre는 이 원소의 유용성에 대해서는 알지 못했다.

$^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ 발생기는 1950년 대 후반 Brookhaven 국립연구소의 Tucker와 Greene에 의해 개발되었다. $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 은 1960년부터 진료에 사용되었으며 1961년 10월 Argonne 암연구병원에서 첫

번째 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 발생기를 주문하였다. 이 병원에서 갑상선 질환을 대상으로 첫 진료를 하였으며 1964년 1월에는 너스캔을 시행하였다. 이후 여러 화합물이 개발되면서 간, 비장, 췌장 영상이 시도되었으며 DTPA를 이용한 신장스캔도 개발되었다.

1990년 미국에서 시행된 핵의학 검사의 50%가 뼈스캔이었다. 1935년 헤베시가 방사성 인이 골격에 섭취되는 것을 증명한 바 있지만 최근 널리 이용되는 뼈스캔은 Subramanian의 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 표지 polyphosphate 개발부터라고 할 수 있다. 이후 diphosphonates가 등장하면서 1972년부터 골격영상이 임상에 본격적으로 이용되기 시작하였다. 뼈스캔은 전신 골격을 평가할 수 있어 악성 종양의 골전이 여부를 평가하는데 매우 유용하며 외상, 골절, 감염, 인공관절 수술후 평가등 다양한 임상영역에 이용되고 있다.

PET에서 가장 많이 이용되는 ^{18}F -FDG는 1978년 Ido 등에 의해 개발되었다. 종양 세포는 포도당을 많이 소비하므로 FDG를 이용한 전신 영상은 종양의 분포를 유용하게 평가할 수 있다. 종양의 진단과 치료에는 종양특이항원을 이용한 방사면역학적 방법이 마법탄환(magic bullet)으로 기대되어져 왔다. 1948년 Pressman과 Keighly는 쥐의 신장에 대한 항체를 토끼에서 만들고 동위원소로 표지한 후 쥐에 주사하여 표지된 항체가 신장에서 국소화됨을 증명하였다. 인체에서 첫 번째 시도된 방사면역신티그라피는 대장암의 특이항원인 CEA에 대한 항체에 동위원소를 표지시킨 것으로 1965년 Gold와 Freedman에 의해 연구되었다. CEA를 이용한 핵의학 영상은 최근에도 시행되고 있는 검사이며 이외에도 여러 종양에서 방사면역신티그라피가 시행되고 있다.

1981년에는 미시간대학의 Sisson 등에 의해

MIBG가 소개되어 갈색세포종과 같은 종양의 진단과 치료에 이용되기 시작했다. 유럽에서는 소마토스타틴 유사체가 개발되어 소마토스타틴 수용체를 발현하는 여러 종양의 진단과 치료에 현재도 널리 이용되고 있다.

V. 핵의학기기의 발달

1. 스캐너

자동화된 스캐너가 개발되기 전에는 섬광계수기나 1928년 이래로 사용되어온 가이거검출기를 통해 신체 장기 부위를 직접 측정하는 방법이 이용되었다. 1950년 Cassen은 자동화된 직선이동형(rectilinear) 스캐너를 개발하여 UCLA에 설치하였다. 섬광계수기를 운반대 위에 설치하여 전후로 움직일 수 있게 하였으며 전자석이 펜으로 신호를 전달하여 결과가 기록되는 형식이었다. 첫 번째 임상적용은 임종직전 환자에게 ^{131}I 3mCi를 투여하고 결과를 얻은 것이다.

1951년 런던의 Mayneord에 의해 자동화된 가이거검출기 스캐너가 개발되었다. 이후 Hofstadter는 탈륨으로 활성화된 옥소화나트륨 (NaI(Tl)) 결정을 이용하여 검출효율을 높여 Cassen의 스캐너를 개선하였다. Allen은 여기에 파고분석기를 연결하여 신호대 잡음비를 높였고 Newell은 다중구멍조준기를 연결하였다. 초기에는 결정체의 무게를 견디지 못하고 검출기 부위가 검사중 떨어져 나간 사고가 런던에서 발생한 바 있다.

1952년 펜실바니아 의과대학생이었던 Kuhl은 갑상선의 등반응곡선을 얻기 위해 자신이 직접 검출기를 고안하였다. 이 기기의 특색은 검출신호로 필름을 감광시켜 흑백척도의 사진을 얻는다는 점인데 같은 대학의 방사선과 전공의가 된 1956년에는 다중

구멍조준기와 백열관(glow tube), X-선 필름 등을 이용하여 예민도와 해상도를 대폭 향상시켰다. 또한 이중탐침(double probe) 시스템을 개발하였는데 이는 체내 깊이에 따른 방사능을 구분하여 검출함으로써 단면영상을 얻을 수 있는 것으로써 이를 이용하여 최초의 SPECT영상도 개발하였다.

2. 감마카메라

캘리포니아 대학의 Donner 연구소 연구원이었던 앵거는 1952년 감마카메라를 최초로 개발하였다. 그가 첫 개발한 섬광카메라는 7인치의 옥소화나트륨 결정체에 7개의 광전자증배관을 연결한 것으로 정보는 파고분석기를 거쳐 음극선관으로 연결되었다. 이후 1958년에 직경 4인치, 두께 0.25인치의 결정체와 직경 1.5인치의 광전자증배관을 장착한 감마카메라를 개발하였으며 1958년 LA에서 열린 제5차 미국핵의학회에 전시하였다. 초기 감마카메라의 기본 원리는 현재 사용되는 카메라에도 그대로 적용되고 있으며 종래에는 어려웠던 각 장기 기능을 영상화할 수 있고 영상분석도 가능하게 된 획기적인 발전이라 할 수 있다.

3. SPECT

방사성동위원소의 분포를 단층영상으로 관찰할 수 있어 기존의 방법에 비하여 획기적인 정보를 제공하는 SPECT는 1980년대에 들어 핵의학의 발전을 상징하는 중요한 검사가 되었다. 1963년 Kuhl과 Edwards는 단층촬영기를 컴퓨터에 연결하여 처음 단일광자방출핵종을 이용한 뇌의 단층영상을 얻었다. 이때 단층영상은 카메라를 환자 주위로 회전시켜 여러 개의 평면영상을 얻고 이정보를 재구성한 것이었다. Kuhl이 얻은 단층영상은 10년 후 Hounsfield가 개발한 CT와 동일한 원리가 적용된

것으로 유일한 차이점은 X-선 발생기 대신 ^{241}Am 과 섬광계수기를 사용한 것이었다. 1969년부터 1975년까지 32개의 검출기가 회전하여 영상을 얻는 Kuhl Mark 4 시스템이 개발되었고 Harper는 환자를 중심으로 각기 다른 각도에서 영상을 얻게 되면 삼차원적 영상을 얻을 수 있다는 사실을 알게 되었다. 현재 사용하는 SPECT는 1970년대에 Keye 등 여러 학자들의 수많은 시행착오 끝에 완성되었다.

4. PET

1953년 Sweet와 Brownell 등은 PET의 원리를 적용하여 뇌종양 환자에서 영상을 얻었다. 1960년대 후반에는 하버드의대 MGH 병원에 PET원리를 적용한 카메라가 처음 설치되었으며 이후 Rankowitz 등은 링타입으로 옥소화나트륨 결정체를 배열하였는데 이는 현재 사용하는 PET의 기본 원리로 적용된다. 1975년 Ter-Pogossian 등은 여과된 재투사방법에 의해 영상을 구성한 PET를 소개하였으며 1978년에는 상업적 목적의 PET가 만들어졌다. 이후에도 PET는 기술적으로 꾸준히 발전하여 1990년대 부터는 임상 PET시대를 열게 되며 핵의학의 총아로 각광받는 검사가 되었다. 국내에도 현재 7기의 PET가 도입되었으며 종양 등 각종 질환을 평가하는데 없어서는 안될 방법으로 자리잡아 가고 있다.

VI. 방사면역측정법 (Radioimmunoassay)의 개발

영상진단 분야와 함께 핵의학의 중요 분야인 체외 검사는 1959년 Berson과 Yalow에 의한 방사면역 측정법의 개발로 이전에는 검출이 불가능하던 미량 물질을 정밀하게 측정할 수 있게 되었다. 이후 몇 년간 인체내의 호르몬을 측정하기 위한 방사면역측

정법이 개발되었고 지난 30년간 급속한 발전을 거듭하여 각종 생물학적 물질을 측정하는데 널리 이용되고 있다.

VII. 임상 핵의학의 발달사

현재 핵의학은 임상에서 매우 광범위하게 이용되고 있다. 이중 오랜 역사를 지닌 몇가지 특징적인 장기에서의 발달사를 살펴보기로 한다.

1. 갑상선

임상 핵의학은 방사성 옥소에 의한 갑상선 검사에 서부터 시작되었다. 최초의 연구는 ^{128}I 을 토기에 주사하고 분포를 본 것이며 1938년 Hertz와 Roberts에 의해 방사성 옥소로 갑상선 기능을 평가할 수 있다는 첫 번째 논문이 발표되었다. 1941년 콜롬비아 대학의 화학자인 Kestone과 Franz는 MIT에서 얻은 ^{130}I 를 갑상선암 환자에게 투여하여 갑상선과 대퇴골 전이 부위에서 섭취가 증가함을 관찰하였다. 1948년이 되어서야 갑상선암의 전이병소는 정상 갑상선 조직이 없어지기 전에는 방사성 옥소를 섭취하는 능력이 떨어진다는 사실을 알게 되었다.

초기에는 ^{130}I 이 매우 고가였으므로 방사성 옥소를 투여한 환자의 소변에서 다시 추출하여 재사용하기도 하였다. 1977년 방사면역측정법으로 노벨상을 받은 Yalow의 남편인 Rosalind Suzman이 바로 이런 일을 처음으로 시행했던 사람이었다.

갑상선기능항진증과 갑상선암 환자에 대한 방사성 옥소 치료는 50년이 지난 현재까지도 안전하고 효과적인 치료로 유용하게 이용되고 있다.

2. 신경계 핵의학

1947년 ^{131}I 이 이용되기 시작하면서 뇌종양의 진단

에 diiodofluorescein이 이용되었다. 그러나 CT와 MRI의 등장으로 핵의학적인 방법은 뇌의 생리나 화학적 연구에 국한되었다. 이후 PET가 등장하면서 새로운 전기를 맞게 되는데 1977년 Sokolof는 ^{14}C -deoxyglucose로 뇌의 포도당 이용을 측정하였고 1983년 캐나다의 Garnett 등은 ^{18}F -fluoro-dopa를 이용하여 뇌내 도파민 이용에 대한 연구결과를 발표하였으며 같은 해에 John Hopkins병원에서 최초의 PET용 도파민수용체 추적자인 ^{11}C -N-methyl-spiperone을 발표하였다.

현재 뇌 SPECT에 가장 많이 사용되는 방사성의약품중 하나인 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMPAO는 Notwotnik 등에 의해 개발되었으며 1985년 런던의 Middlesex 병원에서 첫 임상 적용이 있었다. 이후 뇌 SPECT는 간질, 치매 등 여러 뇌질환에서 널리 이용되는 검사가 되었다.

3. 순환기 핵의학

인체의 심장에 동위원소를 투여하는 실험은 1949년에 시신을 대상으로 처음 시행되었다. Prinzmetal 등은 ^{32}P 를 적혈구에 표지한 후 관상동맥에 주입하여 심장에 관류됨을 가이저검출기로 관찰하였다. 이들은 후에 ^{24}Na 를 인체에 투여하고 가이저검출기로 심장부위의 방사능을 측정하여 시간방사능 곡선을 얻었다. 1958년 Rejali 등은 첫 혈액 풀영상을 얻었다. 당시 직선이동형 스캐너가 가지고 있는 한계점으로 인하여 심장의 관류영상을 얻는데는 어려운 점이 많았다. 이후 앵거의 감마카메라가 개발되고 컴퓨터의 발전으로 이전의 문제점들이 해결되면서 심장의 관류영상이 가능해졌다. 1970년 심근관류영상에 적합한 ^{201}Tl 이 개발되었고 1980년에는 ^{201}Tl 의 단점인 낮은 에너지를 극복하기 위해 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -isonitrile이 개발되었으며 현재 사용되는

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI와 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -tetrofosmin이 뒤이어 소개되었다. PET용으로는 1981년 ^{82}Rb 과 ^{11}C -acetate가 심근허혈의 진단에 사용되었고 ^{18}F -FDG가 등장하면서 이용도가 급증하게 된다. 현재 심장질환의 진단에 있어 핵의학은 매우 중요한 역할을 수행하고 있으며 경쟁력있는 검사방법으로 인정받고 있다.

4. 폐스캔

폐전색증은 사망률이 매우 높은 질환으로 폐스캔으로 정확하게 진단할 수 있다. 폐관류영상이 처음 시도된 것은 1958년으로 ^{198}Au 을 charcoal 입자에 표지시켜 폐관류 영상을 얻었다. 현재 관류스캔에 사용되는 MAA는 간의 혈류와 기능을 평가하기 위해 사용되었다가 Taplin 등에 의해 폐스캔에 적용된 것이 시초로 1964년 10차 미국핵의학회에 발표되었다. 미국의 유명한 핵의학자인 Henry Wagner는 1963년에 본인을 대상으로 직접 폐관류스캔을 먼저 시행한 후 1964년에는 환자들에서 시행한 결과를 발표하였다. 1990년부터는 전향적 연구결과를 토대로 한 PIOPED진단기준이 적용되기 시작하였고 이후 수차례 수정보완을 거치게 된다. 폐환기스캔에 이용되는 ^{133}Xe 의 단점을 극복하기 위해 호주의 과학자들이 technegas를 개발하였고 현재 대부분의 병원에서 사용되고 있다.

5. 신장

1956년 Taplin과 비뇨기과 의사인 동료 Winter는 방사성동위원소를 이용한 신기능곡선을 처음으로 발표하였다. 그러나 초기에 사용한 카메라는 섬광검출기의 위치가 신장의 위치를 정확하게 반영하지 못하는 문제점이 있었다. 1967년에는 ^{51}Cr -EDTA를 이용하여 신기능의 지표인 크레아티닌 제거율을 측정하는 방법이 소개되었고 1968년에는 신

장주변의 혈관에 의한 배후방사능에 의한 오차를 줄이기 위한 보정 방법이 적용되기 시작했다. Tubis가 개발한 ^{131}I -Hippuran이 신장영상의 방사성의약품으로 널리 사용되었는데 1970년부터는 보다 우수한 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -DTPA로 대체되었고 최근에는 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MAG3가 이용되고 있다.

6. 간스캔

1955년 Taplin은 간기능을 평가하게 위해 ^{131}I -Rose bengal을 투여하고 외부에서 검출기로 측정되는 방사능의 분포를 관찰하였다. 1957년에는 Rejali 등은 동위원소를 이용한 첫 번째 간영상을 얻었다. 초기 영상은 ^{198}Au -colloid 등으로 직선이동형 카메라에서 얻었기 때문에 영상의 질이 매우 열악하였으나 1964년 Harper 등이 현재 사용하는 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -sulfur colloid를 개발하고 앵거카메라가 소개된 후 영상의 질이 크게 향상되었다. 이후 초음파와 CT가 널리 이용되면서 간스캔의 일상적 이용은 급격하게 감소하였으나 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -DISIDA를 이용한 간담도스캔, 혈관종 진단을 위한 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -RBC SPECT, 간 종괴의 성격을 규명하기 위한 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -sulfur colloid SPECT 등이 흔히 이용되고 있다.

VIII. 우리나라 핵의학의 역사

우리나라 핵의학은 1959년 3월 원자력법이 제정된 후 같은 해 6월에 기독교 계통의 한 병원에서 갑상선기능항진증 치료를 위해 환자에게 ^{131}I 을 투여하여 치료한 것이 효시이다. 이듬해 서울대학교병원에 동위원소진료실이 개설되었으며 이어서 각 대학 병원에 핵의학 검사실이 설립되었고 1961년에는 대한핵의학회가 발족되었다. 이는 미국에 비하여 7년, 일본에 비하여 불과 1년 뒤진 것으로 오랜 역사를 자랑한다. 1961년 미국원자력위원회는 우리나라 4개 국립의과대학에 섬광스캐너, 섬광계수기, 검출기, 분광계 등을 기증하였다. 1964년 팡스캐너, 1970년 방사면역측정법, 1983년 SPECT, 1986년에는 의학용 사이클로트론이 도입되었다. 1994년부터는 PET시대가 열리게 되었다. 1995년에는 다목적용 원자로인 '하나로'가 대덕연구단지에서 설치되었으며 같은 해에 핵의학 전문의제도가 신설되었다. 국내의 핵의학은 핵의학의 최신 발전을 임상진료와 연구에 꾸준히 적용하여 왔으며 최근 핵의학에서의 활발한 학술활동과 2006년 세계핵의학회 유치 등으로 밝은 미래가 기대된다. **KRIA**

참고문헌

- 1) 고창순: 핵의학개론. 고창순편저, 핵의학, 제2판. 서울: 고려의학; 1997. p1-9
- 2) 도상희: 한국의학의 일대 도약시기와 한국 핵의학 초창기. 대한핵의학회지. 1999; 33: 1N-4N
- 3) 마리쿠리: 내사랑 피에르 쿠리. 서울: 궁리출판; 2000.
- 4) 서울대학교병원 핵의학 30년사: 서울대학교병원 핵의학과; 1990.
- 5) McCready VR: Milestones in nuclear medicine. Eur J Nucl Med. 2000; 27(suppl):S49-S79
- 6) Myer W, Wagner H.: Nuclear medicine: How it began. HP publishing Co.: 1975.