

생식기계 핵의학의 최근 동향

전남대학교 의과대학 핵의학과

법 회 승

Recent Advances in the Nuclear Imaging of the Genital Tract

Hee-Seung Bom, M.D.

Department of Nuclear Medicine, Chonnam University Medical School, Kwangju, Korea

서 론

최근 초음파나 MRI 등 해상력이 좋은 단층촬영기술이 생식기계의 질환의 진단에 도입되고 있으나, 핵의학 검사는 생리학적인 정보를 제공하기 때문에 아직도 중요한 위치를 차지하고 있다. 생식기계의 질환에 대한 핵의학 검사는 교환신티그라피를 우선 생각할 수 있으나, 그 외에도 남성의 발기장애 및 여성불임의 원인으로서는 난관폐쇄 등에 대한 핵의학 검사가 쓰이기 시작함에 따라 그 범위가 넓어지고 있다. 본 고에서는 이 세 가지 검사에 대한 최근 동향을 고찰하고자한다.

1. 교환신티그라피 (Testicular scintigraphy)

교환염전(testicular torsion)은 치료가 늦어지는 경우 음낭 내에서 교환이 허혈이나 괴사로 파괴되어 기능을 소실하므로 응급수술을 필요로 하나, 급성 부교환염이나 교환부숙기의 염전 등 비슷한 임상소견을 나타내는 질환과의 감별이 어렵기 때문에 실제 임상에서 정확한 진단을 내리기가 쉽지 않은 질환이다. 수술적으로 확인하는 방법이 가장 정확하겠지만, 불필요한 수술로 환자에게 부담을 줄 수도 있으므로 될 수 있는 한 수술전에 진단을 내리는 것이 필요하다. 그러나 검사를 위해 수술을 늦추는 것 또한 교환의 허혈시간을 길게하여 살릴 수 있는 교환을 놓치는 경우도 있을 수 있으므로, 교환염전의 검사는 간단하고 즉시 시행할 수 있어야 하며, 1~2

시간내에 판독까지 끝나야 한다는 것이 필수적인 필요조건이다. 1973년 Nadel 등¹⁾이 교환염전은 혈액공급이 안되므로 냉소로 나타날 것이고, 부교환염은 염증이므로 혈액공급이 많아 열소로 나타날 것이라는 가정을 발표하였으며, 그 이후 20여년간의 경험은 이 가정이 정확하였다는 것을 증명하고 있다.

1) 해부 및 병태 생리^{2,3)}

교환과 부교환은 교환초막(tunica vaginalis)에 둘러싸여 있으며 정삭(spermatic cord)에 의하여 음낭내에 연결되어 있고, 정삭은 교환동맥, 거고근동맥, 정관동맥 등의 혈관을 포함하고 있다. 교환과 부교환의 정맥분포는 서로 문합하여 만상정맥총을 이루고 내정계정맥과 거고근정맥으로 연결되고 있다. 음낭은 내외 회장동맥으로부터 기시하는 외음동맥으로부터 정삭을 통하지 않고 직접 혈액을 공급받고 있기 때문에 염전이 일어나도 음낭의 혈액관류 상태는 정상상을 유지할 수 있다. 교환내에는 남성호르몬인 안드로젠을 생산하는 Leydig 세포와 정자형성에 관여하는 정자세포로 구성되어 있는데, 교환에 혈류가 차단되면 정자세포가 허혈상태에 대하여 더욱 예민하여 실험적으로는 혈류차단 6시간 후에는 정자형성이 파괴되나 Leydig 세포는 비교적 강하여 10시간 후 파괴되는 것으로 알려져 있다.

정상적으로 교환초막은 교환을 삼면에서만 싸고 있고, 후측면은 교환이 부교환 및 음낭에 붙어 있어 꼬임을 방지하고있다(Fig. 1-A). 그러나 교환초막이 교환과 부교환을 완전히 싸고 있는 '종의 추(bell-clapper)' 기형일 때는 정삭이 꼬일 수 있고, 이런 경우는 교환과 부교환이 같이 꼬이게 된다(Fig. 1-B). 교환간막이 길어

본 논문의 요지는 1993년 대한핵의학회 추계학술대회 심포지움에서 발표되었음.

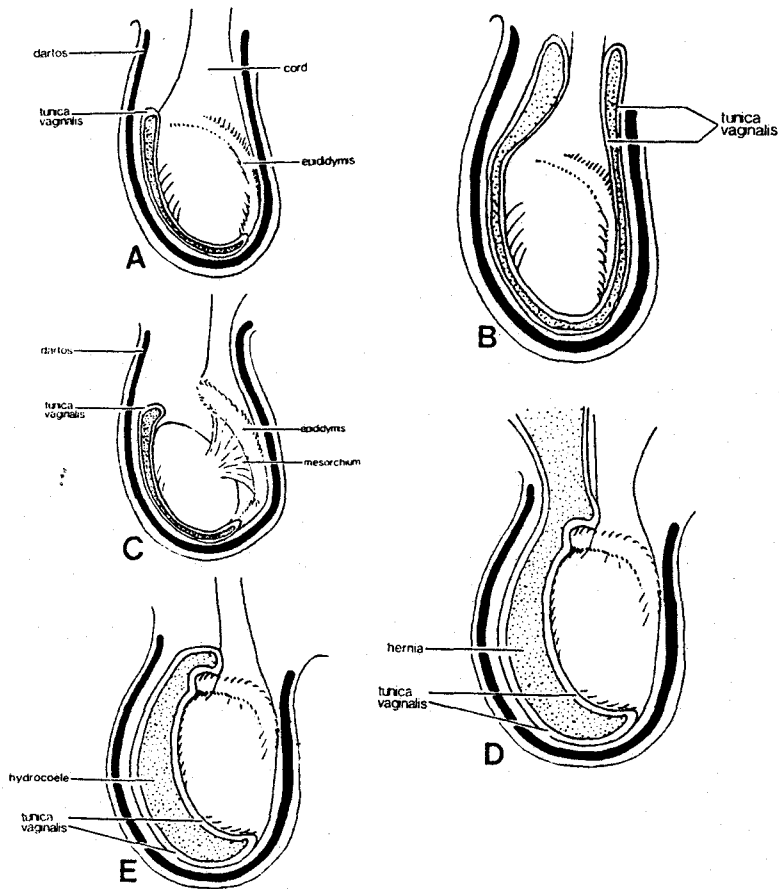


Fig. 1. Normal and anomalous scrotums³⁾. (A) Normal scrotal anatomy, (B) Bell-clapper anomaly, (C) Anomalous mesorchium, (D) Patent processus vaginalis, (E) Hydrocele.

지거나 붙어 있는 곳이 좁은 경우에는 고환만이 끼이게 되고 부고환은 정상위치에 있으므로 끼이지 않게 된다 (Fig. 1-C). 고환초돌기가 열려 있는 경우 고환초막의 외측과 내장층 사이의 공간이 복강과 연결되어 복강내의 장기가 서혜강을 통해 음낭으로 탈출할 수 있다 (Fig. 1-D). 음낭수종은 고환초막의 두 층 사이에 물이 고이는 경우이다 (Fig. 1-E).

2) 급성 음낭 부위 통증을 나타내는 질환

고환염전 외에도 급성 음낭부위 통증을 나타낼 수 있는 질환은 부고환염, 고환염, 고환 부속기 염전, 고환의상 등이 있으며, 드물게 원발성음낭부종, 어린이 학대, 급성음낭수종, 급성서혜부헤르니아, 급성지방괴사, 음낭심부정맥혈전증, 악성종양, Henoch-Schoenlein 자반증 등이 있다.

3) 급성고환염전의 예후

고환의 혈류가 차단되면 수시간내에 고환조직이 괴사 되기 때문에 증상발생 후 4시간 이내에 수술로 교정한 경우는 거의 100%에서 고환의 기능을 회복할 수 있으나, 계속 허혈상태가 계속되면 24시간 이내에는 성공률이 50% 이하로 감소하고, 그 이후에는 수술을 하더라도 고환기능의 회복이 어렵다. 그러나 한바퀴만 돌아간 경우는 24시간까지도 고환이 살아있을 수 있다³⁾.

한편 괴사된 고환이 반대편 고환의 기능을 감소시킨다고 알려져 있으나⁴⁾, 그 이전에 대해서는 이견이 많다. Xe-133 청소율을 통한 연구에서 Melikoglu 등⁵⁾은 반대편 고환의 혈류가 증가한다고 보고한 반면, Kizilcan 등⁶⁾은 오히려 감소한다고 보고하였다.

4) 고환신티그라피의 기술 및 소견

동적영상⁷⁾ 및 바늘구멍조준기의 사용⁸⁾ 등으로 고환신티그라피의 진단율은 매우 상승되었다. 그러나 무엇보다도 급성 음낭부위 통증에 대한 응급검사가 아니라면 고환신티그라피는 크게 도움이 안된다는 점을 명심해야 한다.

환자를 앙와위로 눕히고 음낭을 감마카메라에 평행하게 올려서 양측 허벅지에 테이프로 고정시키고, 음경은 윗쪽으로 올려 하복부에 테이프로 고정시킨다. 이 때 부어있는 음낭때문에 정상 쪽이 가려질 수 있으므로 테이프를 중앙선이 맞도록 조절해야 한다. 영상은 컴퓨터를 이용하여 적당히 확대하면 충분하나 어린이의 경우는 바늘구멍조준기를 사용해야 한다.

성인에게는 15~20 mCi의 Tc-99m pertechnetate를 주사하고, 소아환자에게는 체중이나 나이를 고려하여 용량을 감소시킨다. 동적영상은 5초 간격으로 시행하면 충분하며, 1분까지의 영상을 기록한다. 정적영상은 30만에서 100만 계수를 얻는 것이 좋다. 첫 정적영상은 아무런 표지자를 대지 않고 얻고, 두번째 정적부터는 음낭 중앙부위에 가는 납으로 만든 표지자를 대면 양쪽을 비교하는데 편리하다. 촬영은 15~20분 이내에 끝내도록 하여 수술이 늦어지는 일이 없도록 한다. 급성 음낭증시 관찰되는 고환신티그라피의 소견을 표 1에 나타내었다.

Tc-99m MIBI가 pertechnetate보다 고환허혈을 진단하는데 더 정확하였다는 실험보고도 있으나⁹⁾ 응급검사의 경우에 항상 사용가능한지가 임상적으로는 더 문제가 된다고 사료된다. 남성불임의 흔한 원인 중의 하나인 정맥류의 진단에는 Tc-99m RBC가 사용되며, 지연 영

상에서 방사능이 증가되어 나타나고, 진단율은 90% 정도로 보고되고 있다¹⁰⁾.

5) 진단정확도

1985년까지 보고된 1,184례³⁾ 중 급성 또는 계류염전은 223례였고, 이 중 208례(93%)에서 냉소를 보였다. 위 음성소견을 보인 15례 중 2례는 영상을 확대하지 않고 촬영한 어린이였고, 2명은 신생아였으며, 2례는 고환이 위축된 후에 영상화한 경우와 고환괴저였고, 나머지 환자들은 자연적으로 풀렸거나 불완전한 염전이었다고 사료되었다.

신티그라피상 냉소로 나타나는 경우는 고환허혈의 예민한 지표가 되지만, 고환염전을 진단하는데 특이도는 높지 않다. 냉소로 나타난 326례 중 208례(63%)만이 고환염좌였고, 그 외 부고환-고환염, 농양, 외상, 수종, 서혜부헤르니아, 고환인공물, 정맥류, 고환부속기염좌, 육아종, 종양 등도 냉소를 보였다. 이 경우 임상소견이나 빛투과검사, 초음파 등 다른 검사로 감별이 가능하였다. 그러나 염전에 의해서도 고환이 파괴될 수 있다는 사실을 미루어 볼 때 고환이 냉소로 보이는 경우는 고환염좌가 아니라 고환허혈을 진단목표로 삼는다면 모든 경우에 위양성이 아니라 진양성일 가능성이 있다³⁾.

6) 기타 검사와의 비교

1970년대 중반부터 도플러검사와 초음파 검사가 급성 음낭증의 감별진단에 이용되었으나, 대부분 고환신티그라피에 비해 예민도가 낮은 것으로 보고되고 있다. 그러나 초음파 검사와 도플러 검사를 접목시킨 컬러도플러를 이용한 동물실험 결과 오히려 고환신티그라피보다 우수한 진단율을 보인다는 보고도 있다¹¹⁾.

표 1. 급성 음낭증시 관찰되는 고환신티그라피의 소견²⁾

진단	혈액관류상	정적영상
급성염전 (24시간 이내)	감소	냉소
계류염전 (24시간 이후)	감소 또는 정상	증가된 방사능환으로 둘러싸인 냉소
부고환-고환염	증가	열소
농양	주변부위만 증가	증가된 방사능환으로 둘러싸인 냉소
종양	증가	냉소 또는 열소
수종	정상 또는 감소	냉소
외상(혈종)	정상 또는 감소	여러가지 양상을 보일 수 있음.

2. 음경신티그라피 (Penile scintigraphy, Radionuclide penogram)

1) 음경발기의 해부 및 생리

음경은 두 쌍의 음경해면체 (corpus cavernosum)와 요도를 싸고 있는 하나의 요도해면체 (corpus spongiosum)으로 이루어져 있고, 요도해면체의 끝부분이 팽창되어 귀두를 형성한다. 음경발기는 6가지 단계로 나누어 설명할 수 있다.

(1) 이완기 (flaccid phase) : 해면체의 동양구조 (sinusoid)로의 혈류유입이 최소상태로 유지되고 있다.

(2) 충전기 (filling phase) : 내음부동맥의 혈류가 수축기 및 이완기에 모두 증가한다.

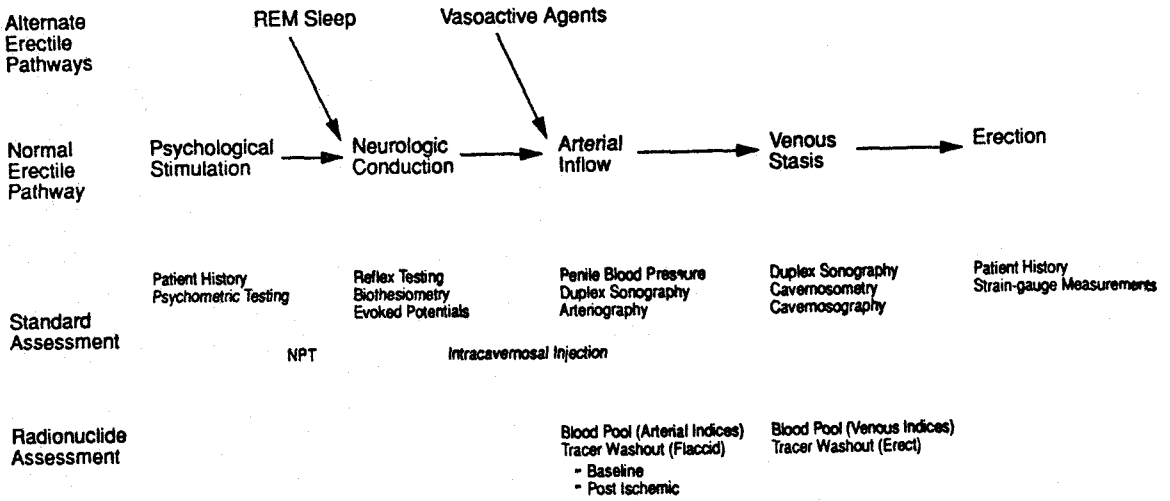


Fig. 2. Erectile pathways and their assessment²²⁾. Flow chart illustrates normal and alternate pathways in the physiological and pharmacological development of erection. Both standard and scintigraphic methods of assessment have been charted under the positions corresponding to the information that they convey.

(3) 팽창기(tumescent phase) : 해면체내의 압력이 증가하고, 음경은 길어지고 커지며 박동한다. 동맥의 혈류는 감소하고 압력은 증가한다. 해면체내의 압력이 이완기혈압보다 높아지면 수축기에만 혈액의 유입이 일어난다.

(4) 충분한 발기상태(full erection phase) : 해면체내의 압력이 수축기혈압의 80~90%에 이른다. 내용부동맥압은 증가하나 수축기혈압보다는 낮다. 동맥혈류는 충만기보다는 낮으나 이완기보다는 높다. 정맥은 거의 압박되어 있으나 정맥혈류는 이완기보다는 높다.

(5) 단단한 발기상태(rigid erection phase) : 치골해면근의 수축으로 해면체내의 압력은 수축기 혈압보다 높아지고, 혈류는 거의 없어진다.

(6) 팽창해제기(detumescent phase) : 사정 후 또는 자극이 없어진 후에 교감신경계의 활동이 회복되므로 동양구조와 세동맥의 평활근이 수축하여 동맥혈류가 이완기 수준으로 감소하게 되며 따라서 해면체내의 혈액이 정맥을 통하여 배출된다.

2) 발기장애 환자의 평가

발기에 관여하는 정신계, 신경계, 혈관계의 요소들을 각각 평가해야 하며 그 방법들을 Fig. 2에 정리하였다.

3) 음경신티그래피의 기술 및 판독

음경혈류변화를 신티그래피로 진단하는 방법은 1970년 Shirai 등¹²⁾에 의해 처음 소개되었으며, 그후 Tc

-99m pertechnetate와 Tc-99m HSA, Tc-99m RBC를 이용한 방법들과 Xe-133의 청소율을 검사하는 방법들이 소개되고 있다¹³⁻¹⁸⁾.

(1) Tc-99m RBC를 이용한 음경신티그래피

A. 시청각 자극을 이용한 발기유도

대상환자에게 먼저 stannous pyrophosphate를 주사하고 환자를 양와위로 감마카메라 밑에 눕힌 후 음낭, 하복부, 치골상부, 대퇴부를 납판으로 가리고 음경만을 노출시킨다. 15~30분 후 10~20 mCi의 Tc-99m pertechnetate를 정주한다. 다시 5~10분후부터 음경 부위의 방사능을 컴퓨터에 1분 간격으로 수록하기 시작한다. 5분후부터 비디오와 헤드폰을 이용하여 시청각 자극을 시작하며 총 120분간의 자료를 컴퓨터에 수록한다. 음경부위에 관심구역을 설정하여 얻은 시간-방사능곡선을 김 등¹⁵⁾은 다음과 같이 분류하였다.

I) 정상형 : 정상대조군과 같이 급격한 방사능의 상승과 꾸준한 방사능의 지속을 보이는 형태. 심인성 발기부전의 경우가 많았다.

II-A) 불능형 : 시청각 자극후 최대방사능치가 자극 전에 비하여 2배 이상 증가하지 않는 형태. 신경인성 발기부전이 많았다.

II-B) 불완전형 : 심한 굴곡 현상이 일어나 발기유지가 5분 이상 안되는 형태. 이 중 다정형(multipeak type)은 심인성이 많고, 단정형(one peak type)은 기

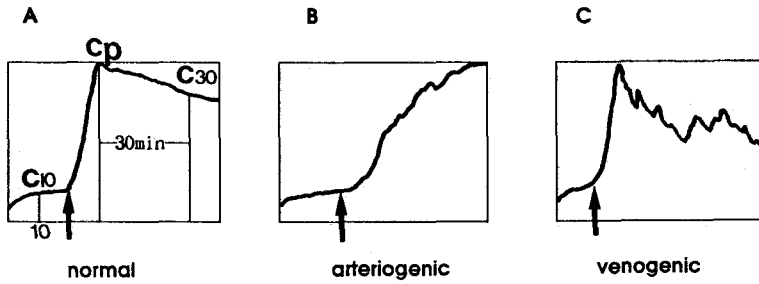


Fig. 3. Time-activity curve of the penile scintigraphy.
 (A) normal, (B) arteriogenic impotence, (C) venogenic impotence.
 C10 : radioactivity at 10 min after injection of Tc-99m pertechnetate
 Cp : peak radioactivity after injection of vasoactive agents
 C30 : radioactivity at 30 min after the time of peak radioactivity
 Tp : time of peak radioactivity
 Index A = $(C_p - C_{10}) / C_{10}$
 Index V = $(C_p - C_{30}) / C_{30}$
 PTI = Tp - Time of injection of vasoactive agent
 ↑ : intracorporeal injection of vasoactive agents

질성 특히 동맥성 발기부전이 많았다.

II-C) 지연형 : 발기 유발시간이 자극 후 15분 이상 지연되어 나타나는 형태. 심인성과 동맥형 발기부전이 비슷한 빈도를 나타내었다.

B. 혈관확장제를 이용한 발기유도

방사성의약품의 투여 및 환자의준비는 시침각방법 때와 같다. 혈관확장제는 Tc-99m pertechnetate 주사후 20분째 음경해면체 내에 서서히 주사하게 되며, 투여량은 papaverine 30~60 mg, PGE1 20 μ g, papaverine 30 mg + phentolamine 1 mg 등을 많이 사용한다. 박 등¹⁴⁾에 의하면 papaverine + phentolamine 투여군에서 가장 발기가 잘되었으나 음경지속 발기증을 보이는 예가 2예 있었고, papaverine 30 mg 투여군에서는 33%에서 발기 유발이 실패하였다. 약제의 선택은 인공발기를 성공적으로 유발하면서도 통증, 지속발기증 등의 부작용이 없는 선에서 선택해야 할 것이다. 약제를 이용한 음경신티그라피의 판독은 Fig. 3에서와 같이 몇가지 지수를 계산하는 방법이 많이 이용되고 있다.

(2) Xe-133 청소율을 이용한 검사법¹⁶⁾

대상 환자를 감마카메라 밑에 양와위로 눕힌 채 남판으로 음낭 및 대퇴부를 가리고 음경만 노출시킨다. 생리식염수에 용해된 Xe-133을 주사하기 전 음경기저부를 고무줄로 묶고 주사할 곳을 알콜스폰지로 닦는다. Xe-133 또는 혈관확장제는 음경 중간부위의 음경해면체에

서서히 주사하고 주사부위를 1분 이상 가법계 눌러 약제 누출과 출혈을 최소화시키고, 고무줄은 2분 후에 제거한다. 15초 간격으로 30분간 자료를 컴퓨터에 수록시키고 음경부위에 관심구역을 설정하여 시간-방사능곡선을 얻어 다음과 같이 판독한다.

이완기의 청소율이 감소하는 경우는 동맥성 발기부전으로 진단할 수 있고, 발기기의 청소율이 증가한 경우는 정맥성 발기부전으로 진단할 수 있다. 이 경우 연구자마다 정상치가 다르므로 각각의 시설에서 정상치를 잡을 필요가 있다.

(3) Tc-99m RBC와 Xe-133(또는 Xe-127)을 동시에 사용하는 방법^{17,18)}

환자를 양와위로 눕히고 음경만을 노출시킨 후 음경해면체의 중간부위에 25G 나비바늘을 꼽는다. Stannous pyrophosphate에 이어 15~30분후 Tc-99m pertechnetate 20 mCi를 주사하고 또 30분 후에 생리식염수에 용해된 Xe-133 5 mCi를 주사한다. 감마카메라의 에너지창을 80 KeV 주위 및 140 KeV 주위에 20%씩 열고 30~60초 간격으로 60분간 자료를 컴퓨터에 수록한다. Xe-133 주사후 20분째 혈관확장제를 해면체에 투여한다. 음경부위에 관심구역을 설정하고, Tc-99m과 Xe-133 에너지에서 각각 시간-방사능곡선을 얻는다. 이 검사법에서는 동맥성 발기부전 여부를 Tc-99m 곡선에서 혈관확장제 투여후 곡선의 상승기율기로 판단하고,

정맥성 발기부전 여부를 Xe-133 곡선에서 혈관확장제 투여후 곡선의 하강기울기로 판단한다.

3. 자궁난관신티그라피(Radionuclide hysterosalpingography)

여성불임의 원인 중 난관의 기능이상이 차지하는 비율이 높아 여성불임의 원인을 밝히는데 난관의 기능평가는 필수적이다. X선 난관조영술은 불임환자에서 난관의 소통여부를 확인하고 자궁강의 선천성 기형이나 자궁경관 무력증 등의 유무를 평가하는 기본검사이나, 골반내의 감염, 심혈관계의 질환, 질출혈시 또는 조영제에 과민한 경우에는 시행하기 어렵다. 또한 조영제 주입시 압력에 의한 통증 및 손상, 정맥내 주입으로 인한 폐색전 등의 합병증이 생길 수 있다²⁾. 방사성핵종 자궁난관신티그라피는 해상력은 낮으나 비침습적이고 기능적이고 생리적인 정보를 제공해줄 뿐 아니라 검사받기에 훨씬 편안한 방법이고 과민반응도 없다는 장점이 있다.

1) 자궁난관의 해부 생리

난관은 자궁의 저부에서 상측방으로 난소쪽으로 뻗어 있으며, 자궁부, 협부, 팽대부, 그리고 누두부로 나누어진다. 수정은 정상적으로 팽대부에서 일어나며, 자궁경부에서부터 올라온 정자와 누두부를 통해 들어온 난자가 만나 이루어진다. 자궁과 난관을 통한 정자의 이동은 주로 질과 자궁의 수축에 의하고, 난관에서 난자의 이동은 주로 섬모운동에 의한다고 알려져 있다.

2) 자궁난관신티그라피의 기술

Iturralde와 Venter¹⁹⁾가 1981년 처음 기술한 방법은 Tc-99m HSA 2~3 mCi를 후질원개 (posterior fornix of vagina) 부위에 삽포하고 30분~3시간 후에 바늘구멍조준기로 전면에서 골반부를 촬영하여 방사능이 자궁과 난관을 통하여 복강내로 이동하는 것을 관찰하는 것이었다. McCalley 등²⁰⁾과 박 등²¹⁾은 Tc-99m HAM 1 mCi를 사용하였다.

산부인과 외래에서 환자를 lithotomy 체위로 누이고 질경삽입 후 자궁경부를 노출시켜, 자궁경부 상부점막과 경관구 주위에 Tc-99m HAM 1 mCi를 1 ml 생리식염수에 섞어 삽포하고, 흡수성이 없는 탐폰을 삽입한 후 질경을 제거하고 환자가 걸어서 핵의학과 촬영실로 가게 한다. 동위원소 삽포 후 30분, 60분, 120분, 180분에 바늘구멍조준기로 전면에서 골반부를 촬영하여 난관주위를 포함한 자궁부속기 주위에 방사능이 강하게 섭취되는

표 2. 자궁난관신티그라피의 진단율

연구자	용량 (mCi)	검사한 난관수	일치	불일치	
				RH+, CE-	RH-, CE+
Iturralde ¹⁹⁾	2~3	54	48 (88.9%)	5	1
McCalley ²⁰⁾	1	52	49 (94.2%)	2	1
박 ²¹⁾	1	44	39(88.6%)	3	2

RH, radionuclide hysterosalpingography; CE, correlative examinations; +, abnormal; -, normal.

경우를 소통으로 판정한다²¹⁾. 지금까지 국내외에서 보고된 자궁난관신티그라피의 진단율을 표 2에 나타내었다.

결 론

생식기계의 핵의학 영상법은 기능적이고 생리적인 정보를 제공하므로 다른 어떤 장치에서보다도 월등한 진단율을 보이고 있다²²⁾. 더구나 검사받기에 편하고 부작용이 없다는 점도 장점이다. 앞으로 핵의학검사의 유용성이 환자의 예후를 정확히 예견해준다는 사실이 밝혀지면 임상의들의 요구도 많아질 것으로 사료된다. 다만 좀더 짧은 반감기를 가진 핵종을 사용할 수 있다면 생식기에 대한 방사선장해를 더욱 줄일 수 있을 것이라고 기대한다.

REFERENCES

- 1) Nadel NS, Gitter MH, Hahn LC, Vernon AE: Preoperative diagnosis of testicular torsion. *Urology* 1:478-479, 1973
- 2) 이강욱, 노홍규: 하부요로계 영상, 고창순 편저, 핵의학, pp 513-524, 서울, 고려의학 1992
- 3) Lutzker LG, Zuckier LS: Testicular scanning and other applications of radionuclide imaging of the genital tract. *Semin Nucl Med* 20:159-188, 1990
- 4) Anderson MJ, Dunn JK, Lipshultz LI, Coburn M: Semen quality and endocrine parameters after acute testicular torsion. *J Urol* 147:1545-1550, 1992
- 5) Melikoglu M, Guntekin E, Erkilic M, Karaveli:

- Contralateral testicular blood flow in unilateral testicular torsion measured by the ^{133}Xe clearance technique. Br J Urol 69:633-635, 1992*
- 6) Kizilcan F, Bernay I, Tanyel FC, Buyukpamukcu N, Bekdik C, Hicsonmez A: *Ipsilateral and contralateral testicular blood flows during unilateral testicular torsion by ^{133}Xe clearance technique. Int Urol Nephrol 24:515-520, 1992*
 - 7) Lutzker LG, Perez LA, Freeman LM: *Radionuclide scrotal imaging. Appl Radiol 6:1-8, 1977*
 - 8) Gelfand MJ, Williams PJ, Rosenkrantz JG: *Pinhole imaging: Utility in testicular imaging in children. Clin Nucl Med 5:237-240, 1980*
 - 9) Motola JA, Hoory S, Smith AD, Mellinger BC: *RP-30A: New tracer for detection of changes in testicular blood flow in rat torsion model. Urology 39:194-198, 1992*
 - 10) Wheatley JK, Fajman WA, Witten RF: *Clinical experience with the radioisotope varicocele scan as a screening method for the detection of subclinical varicoceles. J Urol 128:57-59, 1982*
 - 11) Mevorach RA, Lerner RM, Greenspan BS, Russ GA, Heckler BL, Orosz JF, Rabinowitz R: *Color doppler ultrasound compared to a radionuclide scanning of spermatic cord torsion in a canine model. J Urol 145:428-433, 1991*
 - 12) Shirai M: *Differential diagnosis of organic and functional impotence by use of ^{131}I -human serum albumin. Tohoku J Exp Med 101:317, 1970*
 - 13) Kim SC, Kim KB, Oh CH: *Diagnostic value of the radioisotope erection penogram for vascular impotence. J Urol 144:888-893, 1990*
 - 14) 박윤규, 박일순, 윤여득, 이재태, 이규보: 정상인에서 각종 혈관확장제를 이용한 음경 Scintigraphy. 대한남성과학회지 7:123-129, 1989
 - 15) 김종현, 최형기: AVS-penogram의 세부유형에 대한 고찰. 대한비뇨기과학회지 33:105-114, 1992
 - 16) 손병우, 박일순, 정성광, 박윤규, 이재태, 이규보: 정상인과 발기부전 환자의 Penile Xenon-133 Wash-out Study. 대한남성과학회지 10:27-32, 1992
 - 17) Schwarz AN, Graham MM: *Combined technetium radioisotope penile plethysmography and xenon wash-out: A technique for evaluating corpora cavernosal inflow and outflow during early tumescence. J Nucl Med 32:404-410, 1991*
 - 18) Esen A, Kitapci M, Ergen A, Erbas B, Remzi D, Bekdik C: *Dual radioisotopic study: A technique for the evaluation of vasculogenic impotence. J Urol 147:42-46, 1992*
 - 19) Iturralde M, Venter PF: *Hysterosalpingo-radionuclide scintigraphy (HERS). Semin Nucl Med 11:301-314, 1981*
 - 20) McCally MG, Braunstein P, Stone S, Henderson P, Egbert R: *Radionuclide hysterosalpingography for evaluation of fallopian tube patency. J Nucl Med 26:868-874, 1985*
 - 21) 박원, 김종순, 박창서: 동위원소 (Tc-99m HAM)를 이용한 난관조영술. 대한핵의학회지 21:207-211, 1987
 - 22) Zuckier LS, Strober MD: *Nuclear medicine in problems of fertility and impotence. Semin Nucl Med 22:122-137, 1992*