



월간 **동행** 10호

암 진단과 치료라는 긴 여정 속에서 생기는 궁금증과 고민, 말로 표현하기 어려운 마음까지
현장에서 여러분과 함께하는 의료진의 경험과 진심을 담았습니다.
매월 한 가지 주제를 깊이 있게 다루어 여러분의 치료 여정에
실질적인 도움이 되는 든든한 안내서가 되도록 노력하겠습니다.



전문이가 직접 알려드립니다



방사성의약품 치료 '암세포의 위치'를 스스로 찾아가는 표적 방사선치료

핵의학과 과장 천인국

지금 읽고 계시는 내용은
유튜브 영상으로도 보실
수 있습니다.



▶ 영상보기

CONTENTS

- ☒ 왜 암 치료 뒤에도 "보이지 않는 암세포"를 생각해야 할까요?
- ☒ 방사성의약품은 무엇인가요? - 방사선은 어떻게 암세포를 손상시키나요?
- ☒ 테라노스틱스 : 검사와 치료를 하나의 표적으로 연결하기
- ☒ 대표적인 방사성의약품 치료와 플루빅토

읽기 전에

이 글은 환자와 보호자의 이해를 돕기 위한 교육자료입니다. 실제 치료 가능 여부, 치료 순서, 보험 적용 여부, 입원·격리 기준 등은 환자의 상태와 제도적 상황에 따라 달라질 수 있으므로 반드시 담당 의료진과 상의하시기 바랍니다.

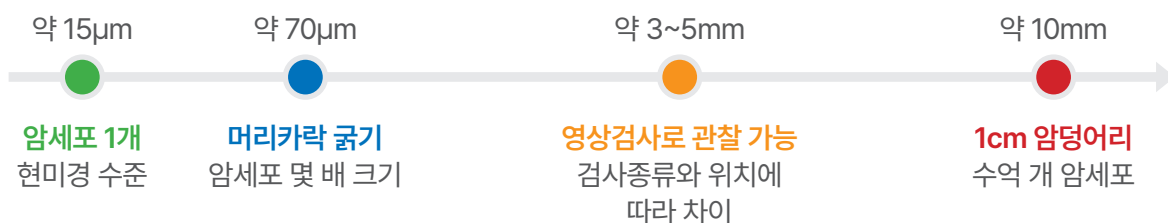
“수술은 잘 끝났습니다. 눈에 보이는 암 덩어리는 모두 제거했습니다.”

환자와 가족에게 이보다 반가운 말은 없을 겁니다. 그러나 암 치료의 여정이 여기서 완전히 끝났다고 단정하기는 아직 어렵습니다. 그 이유는 의료진의 눈이나 영상검사에도 한계가 있기 때문입니다. CT, MRI, 초음파, PET/CT 같은 검사는 매우 정밀하지만, 보통 몇 mm 이상으로 자란 덩어리부터 비교적 잘 보입니다. 그보다 작은 암세포나 전신에 흩어진 미세 병변은 검사에서도 보이지 않을 수 있습니다(그림 1).

이렇게 보이지 않아서 치료가 까다로운 암세포는 그대로 두면 점점 더 자라나서 몇 mm 이상의 크기가 되면 원발위치에서 재발로 판정되거나 다른 장기로 이동하여 자라나 전이 병소로 발견될 수도 있습니다.



보이는 암과 보이지 않는 암 → 크기에 따라 차이



병원에서 시행하는 영상검사라도 "암 덩어리"를 볼 수 있으려면 수 mm 이상의 크기 여야 합니다. 이보다 작은 "암 덩어리"는 그 존재여부 또는 위치를 알기 어렵습니다.

그림 1 암세포 · 머리카락 · 영상검사로 보이는 병변 크기의 비교

그렇다면 보이지 않는 암세포는 어떻게 치료할 수 있을까요? 핵심은 암세포가 가진 "특징"을 이용하는 것입니다. 어떤 암세포는 특정 단백질을 많이 만들고, 어떤 암세포는 특정 물질을 잘 흡수합니다. 방사성의약품 치료는 이런 특징을 일종의 "주소"로 삼아, 암세포 가까이에서 치료용 방사선을 전달하는 방법입니다.

그렇다면, 왜 “보이지 않는 암세포”를 생각해야 할까요?

암은 하나의 덩어리처럼 보이지만 실제로는 아주 많은 세포가 모인 복잡한 질병입니다.

암을 연구하는 과정은 흔히 “장님 코끼리 만지기”에 비유해 볼 수 있습니다(그림 2). 여러 사람이 코끼리의 상아, 코, 귀, 다리, 배, 꼬리 등을 각각 만져 보면 모두 나름의 사실을 파악할 수 있겠지만, 그 개별적인 정보 또는 개별 정보들의 조합만으로는 코끼리 전체를 완전히 알아내기는 어렵습니다.

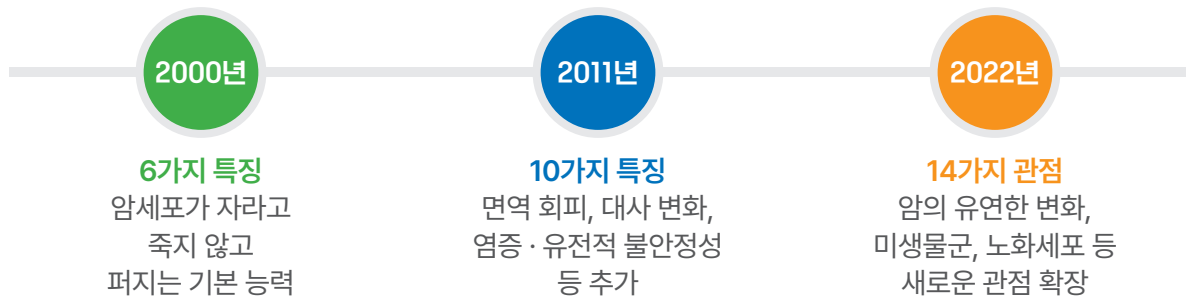


그림 2 장님 코끼리 만지기

암도 마찬가지입니다. 지금까지 암을 연구해 온 연구자들은 암세포의 다양한 특징을 하나씩 밝혀왔고, 그 결과 2000년에는 6가지, 2011년에는 10가지, 2022년에는 14가지 관점으로 암의 여러 가지 특징들을 설명할 수 있게 되었습니다(그림 3).



암 연구는 "조각 맞추기"처럼 발전해 왔습니다



이 숫자는 "암을 완전히 다 알게 되었다"는 의미가 아니라, 암을 이해하는 지도에 점점 더 많은 표시가 생겼다는 뜻입니다. 새로운 표식이 발견될수록 그 표식을 겨냥하는 치료 가능성도 넓어집니다.

그림 3 암세포 특징 연구의 발전

중요한 것은 숫자가 늘었다는 사실 자체가 아닙니다. 암을 이해하는 정도가 더 넓어졌다는 점입니다. 새로운 특징이 밝혀질수록, 그 특징을 이용해 암세포를 더 정밀하게 찾아내고 치료하는 방법도 발전할 수 있습니다.

방사성의약품은 무엇인가요?

방사성의약품은 “몸속을 찾아가는 약”과 “치료용 방사선”을 결합한 특수한 의약품입니다.

세상의 물질은 원자로 이루어져 있습니다. 이 중 일부 원자는 시간이 지나면서 스스로 변하고, 그 과정에서 에너지를 내보냅니다. 이런 원자를 방사성동위원소라고 부르며, 이 때 방출되는 에너지가 방사선입니다.

방사성의약품은 방사성동위원소를 그냥 몸에 넣는 것이 아닙니다. 암세포의 특정 표식에 달라붙는 약물 또는 운반체에 방사성동위원소를 붙여 만듭니다. 따라서 치료의 핵심은 “어느 방사선을 쓰느냐”만이 아니라, 그 방사선을 “어디까지 정확히 데려가느냐”입니다.

기존에 많은 분이 알고 있는 방사선치료는 몸 밖의 장비에서 암 부위로 방사선을 쏘는 외부 방사선 치료입니다. 반면 방사성의약품 치료는 약을 주사하거나 복용해 몸 안으로 넣고, 약이 전신을 돌면서 표적을 가진 병변에 모이도록 하는 내부 방사선치료입니다. 방사성의약품 치료와 외부 방사선치료는 모두 방사선을 이용하여 치료하는 점에서는 유사하기도 하지만, 표적 설정 방식, 장점, 정상조직 피해 가능성, 치료 형태 등에 있어서 차이가 있습니다(표 1).

구분	방사성의약품 치료	외부 방사선치료
방사선이 나오는 위치	몸 안으로 들어간 약제	몸 밖의 치료 장비
표적 설정 방식	암세포의 성질 : 대사, 수용체, 표면 단백질 등	영상에서 확인한 위치와 모양
장점	전신에 흩어진 여러 병변 · 미세 병변을 동시에 겨냥 가능	특정 부위에 높은 선량을 집중 가능
정상조직 고려	신장, 골수, 침샘 등 표적 외 장기 선량 확인	방사선 빔이 지나가는 주변 장기 선량 확인
치료 형태	약제와 용량에 따라 외래 또는 입원·격리	대개 외래에서 여러 번 나누어 치료

표 1 ▶ 방사성의약품 치료와 외부 방사선치료의 쉬운 비교

방사선은 어떻게 암세포를 손상시키나요?

핵심은 DNA 손상입니다. 암세포가 더 이상 복제하지 못하면 자라거나 퍼지기 어렵습니다.

우리 몸의 세포는 설계도에 해당하는 DNA를 가지고 있습니다. 방사선은 이 DNA에 직접 상처를 만들거나, 세포 안의 물과 반응해 활성산소를 만들고 그 활성산소가 DNA를 손상시키게 할 수 있습니다. 손상이 가볍다면 세포가 복구할 수 있지만, 손상이 크거나 복구에 실패하면 세포는 더 이상 분열하지 못하고 사멸합니다(표 2).

작용 방식	쉽게 설명하면	암세포에 생기는 결과
직접 효과	방사선이 DNA를 바로 건드려 상처를 만들	DNA 절단, 복구 실패, 세포분열 중단
간접 효과	방사선이 물 분자와 반응해 활성산소를 만들고, 활성산소가 DNA를 공격	DNA와 세포 구성 성분 손상, 세포사멸 유도

표 2 ▶ 방사선이 암세포에 작용하는 두 가지 길

치료용 방사선에도 여러 종류가 있습니다. 베타선은 비교적 멀리 퍼질 수 있어 크기가 있는 병변이나 주변 세포까지 함께 영향을 주는 “크로스파이어 효과”가 장점입니다. 알파선은 이동거리가 매우 짧지만 한 번 지나가며 남기는 손상이 강합니다.

주의할 표현

알파선이 베타선보다 “무조건 더 좋은 치료”라는 뜻은 아닙니다. 알파선은 강하고 짧게 작용하지만, 실제 치료에서는 암의 크기, 표적 발현 정도, 정상 장기 위험, 약제 공급 가능성 등을 모두 고려해야 합니다.

Contents 03

테라노스틱스 : 검사와 치료를 하나의 표적으로 연결하기

Theranostics는 Therapy(치료)와 Diagnostics(진단)를 합친 말입니다.

테라노스틱스는 “검사에서 보이는 표적을 치료에도 이용한다”는 개념입니다. 예를 들어, 어떤 암세포가 특정 단백질을 많이 가지고 있다면, 먼저 그 단백질에 달라붙는 진단용 방사성의약품으로 PET/CT나 SPECT/CT를 촬영합니다. 병변에 약이 잘 모이면, 같은 표적을 향해 치료용 방사성의약품을 보낼 수 있는 가능성이 커집니다. 핵의학에서 오래전부터 사용해 온 대표적인 예가 갑상선 암에서의 방사성요오드 치료입니다. 갑상선 세포와 일부 갑상선암 세포는 요오드를 높게 흡수하는 성질이 있습니다. 수술 후 남아 있을 수 있는 갑상선 조직이나 미세 암세포가 방사성요오드를 흡수하면, 그 안에서 방사선이 작용해 치료 효과를 낼 수 있습니다.

대표적인 방사성의약품 치료와 플루빅토

방사성의약품 치료는 갑상선암, 신경내분비종양, 전립선암 등 여러 분야에서 사용되고 있습니다.

치료제 / 방사성의약품	주요 표적 또는 원리	대표 적응증	주요 방사선
방사성요오드 (I-131)	요오드 섭취 성질	분화갑상선암, 잔여 갑상선 조직 치료	베타선
Y-90 마이크로스피어	간동맥을 통한 종양 혈류 표적	간암 또는 간 전이 방사선색전술	베타선
루타테라 (Lu-177 DOTATATE)	소마토스타틴 수용체 (SSTR)	위·장·췌장 신경내분비종양	베타선
조피고 (Ra-223)	뼈 전이 부위의 칼슘 유사 표적	전립선암 골전이 통증 완화 등	알파선
플루빅토 (Lu-177 PSMA-617)	전립선특이막항원 (PSMA)	PSMA 양성 전이성 거세저항성 전립선암	베타선

표 3 ▶ 일반 독자를 위한 대표 방사성의약품 치료 예시

최근 주목받는 치료제 중 하나가 플루빅토(Pluvicto)입니다. 플루빅토는 전립선암 세포 표면에 많이 나타나는 PSMA라는 단백질을 표적으로 삼습니다. PSMA에 결합한 뒤, 함께 붙어 있는 루테튬-177(Lu-177)이 베타선을 내보내 암세포 DNA 손상을 유도합니다.

PSMA가 무엇인가요?

PSMA는 “전립선특이막항원”이라는 단백질입니다. 정상 조직에도 일부 존재하지만, 전립선암 세포에서 더 많이 발현되는 경우가 많아 진단과 치료의 표적으로 활용됩니다.

플루빅토 치료를 고려하기 전에는 PSMA PET/CT를 통해 병변이 충분히 PSMA를 발현하는지 확인합니다. 표적이 충분히 보이지 않거나 PSMA 음성 병변이 우세하면 치료 효과가 제한될 수 있습니다. 또한 혈액수치, 신장기능, 간기능, 통증 정도, 전신상태 등을 함께 확인해야 합니다. 일반적으로 플루빅토 치료는 일반적으로 6주 간격으로 최대 6회까지 계획합니다. 실제 일정은 효과와 부작용에 따라 조정될 수 있습니다.

대규모 임상연구에서는 Lu-177 PSMA-617 치료가 표준치료만 시행한 경우보다 병의 진행을 늦추고 생존기간을 연장하는 효과를 보였습니다. 다만, 개인별 효과는 암의 분포, PSMA 발현 정도, 이전 치료력, 골수 기능, 전신상태에 따라 달라질 수 있습니다. 본원 치료 경험에서도 일부 환자에서 PSA가 크게 감소하고 영상 병변이 줄어드는 사례가 관찰되었으나, 이런 결과가 모든 환자에게 동일하게 나타나는 것은 아닙니다.

치료 전후 확인사항과 생활수칙

방사성의약품 치료는 표적이 중요하고, 안전 관리도 중요합니다.

치료 전 확인	왜 확인하나요?	환자가 준비하면 좋은 것
이전 치료력	ARPI, 탁산계 항암치료, 수술·방사선치료 이력에 따라 치료 순서가 달라질 수 있음	치료명, 날짜, 부작용, 중단 이유를 정리
표적영상	약이 암세포에 달라붙을 가능성을 확인	최근 PSMA PET/CT 또는 관련 영상 결과 확인
혈액검사	골수 기능과 감염·출혈 위험 평가	헤모글로빈, 백혈구/호중구, 혈소판 수치 확인
신장·간 기능	약의 배출과 정상 장기 안전성 평가	기존 신장질환, 복용약, 조영제 알레르기 등을 알림
생활·가족상황	치료 후 거리두기와 위생수칙을 지킬 수 있는지 확인	어린이·임산부 동거 여부, 이동·직장 계획 공유

표 4 ▶ 치료 전 환자가 체크리스트

플루빅토 치료 후에는 전신피로, 입마름, 메스꺼움·구토·설사·변비 같은 소화기 증상, 혈액수치 감소, 신장 관련 변화가 생길 수 있습니다. 대부분은 검사와 증상 확인을 통해 관리하지만, 고열, 심한 탈수, 소변량 감소, 출혈, 호흡곤란, 일상생활이 어려운 심한 피로가 생기면 병원에 즉시 연락해야 합니다.

상황	권장 내용	이유
수분 섭취·배뇨	물을 충분히 마시고 가능한 자주 소변을 봅니다.	약이 몸 밖으로 배출되는 데 도움이 됩니다.
밀접 접촉	일반 성인은 2일, 소아·임산부는 7일 동안 1 m 이내 접촉을 줄입니다.	가까운 거리에서 불필요한 방사선 노출을 줄입니다.
성생활	7일 동안 피하는 것이 좋습니다.	가까운 접촉과 체액 접촉을 줄입니다.
분리 수면	일반 성인 3일, 소아 7일, 임산부 15일 동안 분리 수면을 권합니다.	장시간 가까이 머무르는 상황을 피합니다.
화장실·위생	손 씻기, 변기 물 내리기, 오염 가능 세탁물 구분 등을 지킵니다.	몸 밖으로 배출된 약이 주변에 묻는 것을 줄입니다.

표 5 ▶ 치료 후 생활수칙 요약



자주 묻는 질문

Q1 표적영상에서 병변이 보이지 않으면 치료를 못 하나요?

해당 방사성의약품이 병변에 잘 모이지 않는다는 뜻이므로 치료 효과가 떨어질 가능성이 큼니다. 다만, 최종 판단은 전체 영상, 다른 치료 선택지, 환자 상태를 함께 보고 결정합니다.

Q2 한 번 맞으면 치료가 끝나나요?

치료제마다 다릅니다. 플루빅토는 일반적으로 6주 간격으로 최대 6회까지 계획하지만, 효과와 부작용에 따라 일정이 달라질 수 있습니다.

Q3 방사선이 몸에 계속 남나요?

아닙니다. 투여된 방사성동위원소는 시간이 지남에 따라 스스로 약해지면서 대소변 등을 통해 체외로 배출되어 점차 방사능이 사라지게 됩니다. 따라서, 퇴원 후 수 일 동안 안내된 생활 수칙을 지킨다면 방사선 노출은 문제가 되지 않습니다.

Q4 치료 중 가족과 완전히 떨어져 있어야 하나요?

대부분의 경우 완전한 격리가 아니라 일정 기간 가까운 거리와 긴 접촉을 줄이는 방식입니다. 특히 어린이와 임산부는 방사선에 더 민감할 수 있어 더 긴 기간 조심합니다.

Q5 부작용이 적으면 안전한 치료라는 뜻인가요?

퇴원 후에는 기본적으로 일상생활에 제한이 없습니다. 다만, 치료 전 안내된 주의사항을 지킨다면 가족이나 타인에게 방사선 노출을 최소화할 수 있습니다.

방사성의약품 치료는 기존 검사로는 발견하기 어려운 미세 병변이나 여러 부위로 전이된 암세포를 표적으로 삼을 수 있는 치료 전략입니다. 암세포의 다양한 특징이 더 많이 밝혀질수록, 그 특징을 겨냥하는 진단과 치료도 더 정밀해질 것입니다.

동남권원자력의학원은 플루빅토 치료 경험을 바탕으로 최신 방사성의약품 치료를 안전하게 제공하고, 환자와 보호자가 치료 과정을 이해하며 선택할 수 있도록 돕겠습니다.

암 치료의 여정이 길고 힘들더라도, 여러분이 혼자 견지 않도록 의료진이 곁에서 함께하겠습니다.

월간동행 10호를 끝까지 읽어주셔서 감사합니다.

아래 퀴즈의 정답을 맞히신 분 중 추첨을 통해 작은 선물을 보내드립니다.

참여방법 : 답을 고르신 후 성함과 연락처를 작성하셔서 **로비에 있는 빨간 우체통에 넣어주세요!**



PSMA 양성 전이성 거세저항성 전립선암 환자에서 고려할 수 있으며, 전립선암 세포의 PSMA를 표적으로 하는 최근 주목받는 방사성의약품 치료제는 무엇입니까?

① 플루빅토 ② 방사성요오드(I-131) ③ 테라스피어 ④ 루타테라

성함

연락처

본 퀴즈에 응모하신 분들은 개인정보 수집 · 이용에 동의하신 것으로 간주됩니다.

※ 수집된 개인정보는 경품 발송 및 당첨자 안내 등의 목적 외에는 사용되지 않으며, 이벤트 종료 후 즉시 파기됩니다.