



신경내분비종양에서의 ^{177}Lu -DOTATATE 치료: 대한핵의학회 절차 지침

(^{177}Lu -DOTATATE Therapy for Neuroendocrine Neoplasm: Procedural Guideline by the Korean Society of Nuclear Medicine)

문승환¹, 성장환², 이나래³, 이인기⁴, 이주희⁵, 이재현⁶, 이현종¹, 최준영¹

삼성서울병원 핵의학과¹, 서울아산병원 핵의학과², 성빈센트병원 핵의학과³, 원자력병원 핵의학과⁴, 일산차병원 핵의학과⁵, 단국대학교 부속병원 핵의학과⁶

* 저자 순서는 가나다순을 따름.

서문(Preamble)

대한핵의학회는 대한민국 핵의학의 임상 및 기술적 발전을 도모하기 위해 1961년 창립되었으며, 핵의학 의사와 관련 과학자를 중심으로 구성되어 있다. 대한핵의학회는 주기적으로 핵의학 절차 지침을 제정, 개정하여 핵 의학을 발전시키고 환자 진료의 질을 향상시키기 위해 노력하고 있다. 이 지침은 의료인이 환자에게 보다 적절한 의료를 제공하는 것을 지원하는 목적으로 마련되었으며, 핵의학적 절차를 시행 시 변경할 수 없는 규칙이나 시행해야 하는 필수 요건은 아니다. 그러므로, 대한핵의학회는 이 지침을 의료인의 의학적 결정에 이의를 제기하는 법적 소송에 사용하는 것에는 주의해야 한다는 것을 명시한다. 구체적인 절차나 적절한 조치에 대한 궁극적인 판단은 핵의학 의사가 각각의 독특한 상황을 고려하여 내려야 하며, 어떤 절차가 이 지침과 다르다고 하여 의료행위가 표준에 미치지 못한다는 의미는 아니다. 오히려, 환자의 상태, 제한적인 자원, 지침 이후 지식 또는 기술의 발전에 따라 합리적인 판단을 하여 이 지침에 제시된 내용과 다른 적절한 조치를 수행할 수 있다. 환자의 다양성과 복잡성으로 인해 가장 적절한 진단 및 치료에 대한 특정 반응을 항상 정확하게 예측하기는 어렵다. 따라서, 이 지침을 준수하는 것이 항상 정확한 진단과 성공적인 결과를 보장하는 것은 아니다.

이 지침의 목적은 신경내분비종양 환자에서 루테튬-177(^{177}Lu) 옥소도트레오타이드 (oxodotreotide, DOTATATE) 치료를 시행하는 데에 있어서 현재의 의학 지식, 유용 가능한 자원과 환자의 필요에 근거하여 의료인이 합리적인 조치를 취하고 효과적이고 안전한 치료를 제공하는 목표를

달성하도록 도움을 주는 데 있다.

I. 서론(Introduction)

신경내분비종양(Neuroendocrine Neoplasm, NEN)은 위장관, 췌장, 폐를 포함한 신체 여러 부위의 신경내분비세포에서 기원하는 신생물을 통칭하는 것으로 종양(Tumor)과 암종(Carcinoma)으로 구분되며, 이 지침서에서는 이를 모두 포함하는 포괄적인 의미로 사용하였다. 국내에서는 아직 국가 단위의 공식적인 역학 통계가 부재하지만, 지난 수십 년간 전 세계적으로 NEN의 발생률과 유병률은 꾸준히 증가해 왔다[1-2]. 일차적 치료법은 절제이나, 근치적 절제가 어려운 경우에는 종양의 분화도에 따라 소마토스타틴 유사체(Somatostatin analogue, SSA)나 항암화학요법 등이 시행된다[3].

펩티드 수용체 표적 방사성동위원소 치료(Peptide receptor radionuclide therapy, PRRT)는 종양세포 표면에 과발현된 특정 펩티드 수용체를 표적으로 하는 분자 표적 방사선 치료법이다. ^{177}Lu -DOTATATE는 신경내분비종양 분야에서 처음으로 승인된 PRRT 제제로서, ^{177}Lu 로 표지된 SSA를 통해 소마토스타틴 수용체(Somatostatin receptor, SSTR)가 과발현된 종양 세포의 DNA 손상을 유도한다. ^{177}Lu -DOTATATE는 전신 치료로서 진행성 G1-2 등급의 위장관 및 췌장 신경내분비종양(Gastroenteropancreatic neuroendocrine tumor, GEP-NET) 환자에서 치료 효과와 안전성이 입증되었으며[4, 5], 기존의 치료법으로 치료가 곤란한 신경내분비종양 환자들을 대상으로 사용이 증가하고 있다. 이 치료는 방사성동위원소 취급과 환자 관리의 복잡성으로 인해 다학제 팀의 논의를 거쳐 적절한 환자를 선정하고 시행되어야 하며, 환자의 특성에 따른 주의 깊은 계획과 전문적 경험이 필요하다.

이 지침은 신경내분비종양에서의 ^{177}Lu -DOTATATE 치료에 대한 북미 신경내분비종양학회/미국 핵의학 분자영상의학회(NANETS/SNMMI), 유럽 핵의학 분자영상의학회(EANMMI) 가이드라인 및 현재까지의 의학적 근거들을 전문가들이 검토한 후, 국내 현실에 맞게 수정/검토하였다[6-9]. 이 지침에는 신경내분비종양 환자에서 ^{177}Lu -DOTATATE를 이용한 PRRT의 임상적 적응증, 시행 절차, 치료 후 영상 검사 절차 및 판독에 대한 일반적인 정보를 포함하였다.

II. 지침의 목적 (Purpose)

이 지침은 신경내분비종양 환자에서 ^{177}Lu -DOTATATE를 이용한 PRRT의 임상적 적응증, 시행 절차, 안전관리, 치료 후 영상 검사 절차 및 판독에 대한 일반적인 정보를 제공한다. 이를 통하여 핵의학 의료인 및 의료기사에게 실질적인 도움을 주고, 적절한 치료의 시행 및 치료의 질을 높이는 데 목적을 두고 있다. 나아가서는 신경내분비종양 환자에게 적절한 의료기술 제공, 삶의 질 향상 및 건강 개선에 도움을 주고 보건 의료 정보의 효율적 사용에 기여하는 것이 궁극적인 목표이다. 의학은 계속 발전하고 있는 분야이므로, 이 지침의 내용은 현재 시점의 참고자료로 받아들이고, 완성된 불변의 지침으로 간주해서는 안 된다.

III. 용어의 정의(Definitions)

- 1. 소마토스타틴 수용체(SSTR):** 소마토스타틴 호르몬에 결합하는 G-단백질 연결 수용체로 1-5 형의 아형이 있다. 정상조직에서도 일부 SSTR 을 발현하나 신경내분비종양의 경우 주로 SSTR2 형이 과발현되며, 치료 표적으로 활용된다.
- 2. ^{177}Lu -oxodotreotide/ ^{177}Lu -DOTATATE:** 치료용 방사성동위원소인 ^{177}Lu 이 DOTA 킬레이터를 통해 SSA 인 DOTATATE 에 안정적으로 결합된 방사성의약품. 국내에서는 '루타테라주(Lutathera®)'라는 상품명으로 허가되어 사용된다.
- 3. ^{68}Ga -DOTATATE/DOTATOC PET/CT:** 진단용 방사성동위원소인 ^{68}Ga 을 표지한 SSA 를 이용한 PET/CT 영상. SSTR 발현 여부와 전신 분포를 평가하여 PRRT 대상 환자 선정, 병기 설정, 치료 반응 평가에 필수적인 검사이다.

IV. 적응증(Clinical indications)

^{177}Lu -DOTATATE 치료는 절제가 불가능한 소마토스타틴 수용체 양성 신경내분비종양 환자에서 사용된다. 수용체 발현은 소마토스타틴 수용체 영상들을 통해 평가하며[10], 일반적으로 간 섭취 이상의 병변 내 섭취가 관찰되어야 치료 대상에 포함될 수 있다. 치료 대상은 성인에만 국한되지 않으며 소아에서도 적용 가능하나 임상적 필요성을 면밀히 검토하여 허가초과 요법으로 시도해 볼 수 있다[11].

임산부는 치료 적응증에 있어 절대적 금기로 간주되며 모유 수유는 반드시 중단해야 한다.

건강보험에서는 절제불가능하고 분화가 좋은 소마토스타틴 수용체 양성인 진행성 및/또는 전이성 위장관/췌장 성인 신경내분비종양(GEP-NET)만을 요양급여 적용기준에 포함하고 있으나[12], 의학적 근거를 토대로 타당성이 인정되는 경우 허가초과로 사용 가능하다. ^{177}Lu -DOTATATE 치료의 임상적 활용은 계속 연구되고 확장되고 있으므로 적응증은 위에서 제시한 예에 국한되지 않는다.

V. 자격요건과 종사자의 책무(Qualifications and responsibilities of personnel)

방사성동위원소를 이용한 치료의 특성상, 다학제 팀의 협의를 통한 적절한 환자 선별과 개별 환자 상태에 따른 정밀한 계획 수립 및 숙련된 전문 인력의 참여가 필수적이다. 치료에 관여하는 핵의학 관련 인력의 자격 요건은 방사성의약품을 사용하는 진단 절차의 대한핵의학회 기술적 표준안 자격을 준용한다[12]. 검사 판독은 핵의학 전문의 자격증을 가진 의사에 의해서 수행된다.

VI. 치료 시행 절차(Procedure/specifications of the examination)

6-1. 방사성의약품(Radiopharmaceuticals)

1) 명칭 및 구조

이 치료에 사용되는 방사성의약품은 ^{177}Lu -DOTATATE로 (국문 상품명: 루타테라주)로 방사성 루테튬- $^{177}(\text{Lu})$ 이 DOTA에 의해 킬레이트되고 소마토스타틴 수용체에 높은 친화성을 가진 펩타이드인 옥트레오테이트에 결합된 구조이다. IUPAC명은 [^{177}Lu]lutetium-N-[(4,7,10-tricarboxymethyl-1,4,7,10-tetraazacyclododec-1-yl)acetyl]-D-phenylalanyl-L-cysteinyl-L-tyrosyl-D-tryptophanyl-L-lysyl-L-threoninyl-L-cysteinyl-L-threonin-cyclic(2-7)disulfide이다[13]. 인체에 투여 시 간, 방광, 신장, 비장의 유효선량이 다른 장기에 비해 높다[14]. 성인 기준 장기별 유효선량을 보충자료(XIII)로 추가하였다.

2) 방사성 루테튬- $^{177}(\text{Lu})$ 의 특성

방사성 루테튬- $^{177}(\text{Lu})$ 은 반감기 6.65일의 β^- 방출체로 안정한 하프늄- $^{177}(\text{Hf})$ 으로 붕괴된다. 최대 β^- 에너지는 498.3 keV(79.4%), 평균 β^- 에너지는 134.2 keV이며, 조직 내 평균 침투 거리는 약

0.67 mm이고 최대 침투 거리는 2.2 mm이다. 따라서 표적 종양세포에 국소적인 세포독성을 유도하면서 주변 정상조직에 대한 영향은 제한적이다. 동반하여 112.9 keV 와 208.4 keV의 γ 선을 방출하므로 치료와 함께 영상검사도 시행할 수 있다[13].

3) 제조 및 품질 관리

^{177}Lu -DOTATATE는 무운반체첨가(no-carrier-added)상태의 ^{177}Lu LuCl₃와 DOTATATE를 반응시켜 제조품질관리기준(Good manufacturing practice, GMP)에 따라 자동 합성된다. 합성 후 정제, 제제화, 무균 여과 과정을 거쳐 최종 완제 제형으로 생산된다. 최종 제품은 7.4 GBq \pm 10%의 방사능을 포함한 20.5–25 mL의 수용액 형태로 제공되며 pH는 4.5–8.5 범위이고 투명~연노란색의 액상이다[14, 15]. 방사능 농도는 보정 시간(calibration time) 기준 370 MBq/mL이고 유효 기간은 제조회사 기준으로 보정 시간(calibration time)부터 72시간이다[15].

4) 국내 사용 시 주의사항

방사성의약품 관리 및 품질 확인은 해당 기관의 방사성의약품 책임자 및 방사선안전관리자 지침에 따라 엄격히 시행되어야 한다. 방사성의약품은 무균 상태에서 적절한 방사선 차폐 장비를 사용하여 준비하며, 투여 전 시각적 확인을 통해 혼탁이나 이물질이 없음을 확인해야 한다.

6-2. 치료 과정 개괄(Treatment overview)

환자 상태를 평가하여 ^{177}Lu -DOTATATE 적응증에 해당하는 지, 환자 전신 상태가 치료에 적합한지 확인한다. 일반적으로 8주 간격으로 총 4회 투여가 권장되며 환자 평가와 필수 검사가 실시되어야 한다('6-3. 3) 필수 검사 및 수치 기준' 참조).

치료의 과정은 크게 환자 사전 평가 및 검사, SSA 중단, 신장 보호를 위한 아미노산 용액 주입, 항구토제 투여, ^{177}Lu -DOTATATE 투여, 치료 후 영상 촬영으로 나뉘어진다. 과정이 진행되는 동안 환자 증상 및 징후에 대한 면밀한 관찰이 필요하다[6-9]. 환자 상태에 따라 일시적인 투여 중단, 투여 간격 연장(8주에서 최대 16주까지), 용량 감소, 또는 치료의 중단이 가능하며 이는 환자의 전신 상태를

종합적으로 평가하여 판단해야 한다. 필요 시 다학제 팀의 논의를 통해 위험과 이득을 균형 있게 평가하는 것이 바람직하다. 치료 주기 중 치료 반응 평가를 위해 ^{68}Ga -DOTATOC PET/CT를 포함한 필요한 영상 검사를 시행할 수 있다. 영상검사 종류[10]와 촬영 시기는 환자의 상황에 맞춰 조절 가능하다.

6-3. 치료 시행을 위한 사전정보(Required clinical information)

1) 적응증 확인 및 치료 계획

^{177}Lu -DOTATATE 치료는 절제불가능하고 소마토스타틴 수용체 양성인 진행성 및/또는 전이성 위장관/췌장 신경내분비종양 환자에서 주로 사용된다. 따라서 치료 전 병리학적 진단이 확정되어야 하며 소마토스타틴 수용체(SSTR2)의 발현 여부는 필수 확인사항이다. 수용체 발현은 소마토스타틴 수용체 영상들을 통해 평가하며[10], 간 섭취 이상의 병변 내 섭취가 관찰되어야 치료 대상에 포함될 수 있다[6, 9]. 현행 기준하에서는 위장관에서는 3차, 췌장에서 4차 치료 이상에서 요양급여 적용 대상이 되나[12] 환자 상황에 따라 비급여로 2차 치료를 시행하는 것도 가능하다. 분화도가 낮은 신경내분비종양의 경우에도 제한적이거나 치료를 시도해 볼 수는 있으나 환자의 상황을 면밀하게 검토하고 신중히 판단하여야 한다. 총 4회 치료 후에도 환자 상황에 따라 재투여가 가능하나 다학제 팀의 논의를 거쳐 건강보험심사평가원에 신고 후 사용해야 한다. 의학적인 근거를 토대로 타당성이 인정되면 위에서 제시한 경우 외에도 치료가 가능하나 다학제 팀의 논의를 거쳐 적절한 환자 선정 과정을 거치는 것이 필요하다.

2) 병력 및 치료 이력

환자의 항암화학요법, SSA치료, 수술 여부, 외부 방사선 치료 이력, 간기능·신기능 저하 여부, 골수 기능 저하 병력 등은 치료의 적절성과 안전성 평가에 중요하므로 반드시 사전에 확인되어야 한다. 특히 SSA는 영상 결과 및 치료 효과에 영향을 줄 수 있으므로, 마지막 투여 시점을 정확히 확인하고 중단하여야 한다.

3) 필수 검사 및 수치 기준

방사성의약품 투여의 적합성과 환자의 내약성을 평가하기 위해 다음의 기본 혈액검사가 필요하다. 간기능 검사로는 ALT, AST, 알부민, 총 빌리루빈, ALP이 포함되며, 신기능 평가는 혈청 크레아티닌과 크레아티닌 청소율을 기준으로 한다. 혈액학적 평가는 헤모글로빈, 백혈구 수, 혈소판 수를 포함하며, 전해질 검사로는 나트륨과 칼륨 수치를 확인한다. 이들 검사 시기는 환자 상태를 고려하여 결정하나 각 투여 전 2주에서 4주 사이, 투여 직전, 투여 4주 후에 반복 시행한다[6-9]. 치료가 종료된 이후에도 지연 독성을 모니터링하기 위해 검사를 시행하며[9], 일반적으로 마지막 투여 후 1개월, 3개월에 주로 수행한다.

환자의 혈액학적 수치는 치료 전 베이스라인과 각 투여 전 마다 확인해야 하며, 수치의 변화에 따라 치료 여부와 용량을 결정해야 한다. 기능이 저하되어 있는 경우 100 mCi로 감량 가능하며, 회복되면 원래 용량인 200 mCi로 증량이 가능하다. 만일 치료 전 혈액학적 기능이 현저히 저하된 경우에는 치료 개시를 권장하지 않는다. 구체적으로 헤모글로빈 수치가 8 g/dL 미만이거나, 혈소판 수가 75,000/ μ L 미만, 백혈구 수가 2,000/ μ L 미만인 경우에는 치료에 매우 주의를 기울여야 한다. 신기능은 추정사구체여과율(eGFR)이 50 mL/min 초과하며, 간기능은 총 빌리루빈 수치가 정상 상한치의 3배 이하, 알부민은 3.0 g/dL 초과하는 경우 치료를 시작하는 것이 권장된다[6, 9]. 또한 전신 상태 평가로는 Karnofsky 수행도가 60 이상이거나 ECOG 수행도가 2 이하인 경우에 치료를 고려할 수 있다.

추가적으로, Chromogranin-A(CGA), Neuron specific enolase(NSE), 5-hydroxyindoleacetic acid(5-HIAA)를 일종의 종양표지자로 치료반응 평가 지표로 활용할 수 있다[3, 9].

4) 동반 질환 및 기능 평가

신기능이 저하된 환자(eGFR <50 mL/min)는 아미노산용액으로 인한 일시적인 고칼륨혈증 위험 증가를 고려해야 한다. 고칼륨혈증 병력과 병용투여 약물을 확인해야 하며 고칼륨혈증은 치료 시작 전에 교정되어야 한다. 요로 폐쇄, 진행된 간기능 저하, 중증 골수 기능 억제, 심부전 등은 치료와 관련된 고위험 요인으로 간주되므로, 이러한 동반 질환 여부는 치료 전 반드시 확인되어야 한다. 환자의 전신 상태 및 주요 장기 기능을 종합적으로 고려하여 치료 적합성을 판단해야 하며, 필요 시 다학제 팀의

논의를 통해 위험과 이득을 균형 있게 평가하는 것이 바람직하다.

6-4. 환자 준비 및 주의사항(Patient preparation and precautions)

1) SSA 중단

^{177}Lu -DOTATATE의 수용체 결합과 세포내 흡수를 최적화하기 위해, 치료 전 SSA 투여는 일정 기간 중단해야 한다[4, 9]. 지속형 SSA[예: Octreotide Long-Acting-Repeatable, Octreotide LAR(산도스타틴 라르), Lanreotide acetate(소마툴린오토젤)]은 치료 최소 4주 전에 중단하고, 필요 시 증상 조절을 위해 속효형 SSA(예: octreotide acetate, 산도스타틴)를 투여할 수 있으나, 이 경우에도 치료 최소 24시간 전에는 반드시 중단해야 한다.

2) 식이, 복장 및 개인 보호

치료 과정 중에 오심, 구토가 있을 수 있어 금식을 권장한다. 아미노산 수액 투입 전 4시간, 완료 후 2시간가량 금식하도록 권장한다. 환자는 치료 당일 도착 후 병원 전용 복장으로 갈아입는 것이 바람직하다[9]. 요실금 가능성이 있는 경우 일회용 속옷이나 흡수 패드를 착용하게 하며, 배뇨에 어려움이 있는 경우에는 일시적 도뇨관 삽입을 고려할 수 있다. 다만, 도뇨관 사용은 일반적으로 권장되지 않으며 의료진 판단 하에 시행하여야 한다.

3) 정맥 접근

^{177}Lu -DOTATATE 및 아미노산 용액을 안정적으로 투여하기 위해, 가능한 경우 두 개의 말초정맥 라인을 확보한다[7-9]. 한 라인은 방사성의약품 투여에, 다른 한 라인은 아미노산 용액 주입에 사용한다. 이중 정맥 접근이 어려운 경우에는 동일한 정맥 라인을 삼방향밸브(3-way stopcock)을 이용하여 병용할 수 있으며 필요시 중심정맥관을 사용할 수 있다. 다만 ^{177}Lu -DOTATATE는 가능한 말초정맥을 통한 투여가 우선적으로 권장된다[9].

3) 아미노산 신장 보호요법

¹⁷⁷Lu-DOTATATE는 근위세뇨관에서의 재흡수로 인해 신장에 높은 방사선량이 축적될 수 있으므로 신장 피폭을 줄이는 보호요법이 필수적으로 시행되어야 한다. 방사선으로부터 신장을 보호하기 위해, 방사선의약품 투여 시 라이신(lysine)과 아르기닌(arginine)을 포함한 아미노산 용액을 주입하여 신세뇨관에서 재흡수를 차단할 수 있다[17].

아미노산 용액은 방사성의약품 주입 30~60분 전에 투여를 시작하여 최소 4시간 이상 지속하며, 방사성의약품 투여 중 및 이후에도 계속 주입된다. 신장 보호를 위한 권장 용액은 라이신 25 g과 아르기닌 25 g을 혼합하여 생리식염수 1 L에 희석한 저삼투성 용액이며(리사케어주, Lysakare infusion)[7], 고삼투성 혼합용액(일반적으로 1.5~2.2 L)은 구역감이나 구토를 유발할 수 있어 사용 시 주의가 필요하다[9]. ¹⁷⁷Lu-DOTATATE의 투여량이 감소하여도 아미노산 용액의 투여 용량을 줄이는 것은 권장되지 않는다.

용액을 주입하는 동안 환자 증상과 활력 징후를 면밀하게 모니터링해야 한다. 특히, 무호흡, 쇠약, 무감각, 흉통 및 심장증상, 심전도 이상 등 고칼륨혈증의 증상과 징후가 관찰되어야 하고 증상이 발현되는 경우 적절한 조치를 취해야 한다. 심부전, 신기능 저하 또는 체액 과부하의 위험이 있는 환자에서는 아미노산 용량이나 주입 속도를 조절하고, 필요 시 내과 협진을 통해 안전하게 투여할 수 있도록 한다.

4) 항구토제 투여

아미노산 용액 주입에 따른 구역감과 구토를 예방하기 위해, 치료 전 항구토제를 사전 투여한다. 일반적으로 5-HT₃ 수용체 길항제[예: ondansetron(8mg/4mL 1v IVS + N/S 50mL) 또는 granisetron(3mg IVS + N/S 20~50mL)]가 기본적으로 사용되며[9], 구토 억제에 보강이 필요한 경우 NK₁ 수용체 길항제(fosaprepitant)나 H₂ 수용체 차단제(famotidine)를 병용할 수 있다. 필요 시 D₂ 길항제(prochlorperazine)나 benzodiazepine 계열의 약제를 추가 투여할 수 있다[18]. 항구토제는 일반적으로 방사성의약품 투여 30~60분 전에 투여하며, 환자의 상태에 따라 반복 및 증량 투여도 가능하다.

6-5. 방사성의약품 투여 및 영상획득(Radiopharmaceuticals administration and imaging acquisition)

1) 방사성의약품 준비

¹⁷⁷Lu-DOTATATE는 GMP 기준에 따라 제조된 완제품(루타테라주)를 사용하며, 1회 투여 기준으로 7.4 GBq(200 mCi) ±10%를 함유한 25 mL의 무색연황색 투명 용액이다[14,15]. 방사성의약품은 투여 직전 시각적 확인을 통해 혼탁이나 이물질이 없는지 검사하고, 제조사 제공 문서에서 방사능, 조제시간, 유효기간 등을 점검하고 환자 확인 후 투여한다.

2) 투여 방법

투여는 말초정맥을 통해 30분 이상 일정한 속도로 정맥 주입하며 bolus 투여는 지양한다[9]. 자동주입기, 중력방식, 또는 펌프식 주입 장치를 사용할 수 있다. 반드시 의료진의 감독하에 시행하며, 구역, 통증, 혈관외 누출 등의 이상반응 발생 시 즉시 중단하고 적절한 조치를 취해야 한다. 방사성의약품과 아미노산 용액은 각각 독립된 정맥루트를 사용하는 것이 원칙이나, 상황에 따라 삼방향밸브(3-way stopcock)을 이용한 병행 주입도 가능하다. 투여 종료 후 생리식염수로 충분히 라인을 세척하여 잔류 방사성물질을 제거한다. ¹⁷⁷Lu-DOTATATE가 다 투여된 후에도 아미노산 용액이 모두 투여될 때까지 신장보호 요법이 지속되어야 한다.

3) 영상획득

¹⁷⁷Lu-DOTATATE는 β-선 외에 저에너지 γ선(113 keV, 208 keV)을 방출하므로 치료 후 영상획득이 가능하다[9, 10]. 치료 후 4시간 이내 또는 24~72시간 이내에 전신 감마영상 또는 Single Photon Emission Computed Tomography/Computed Tomography(SPECT/CT)를 시행하여 방사성의약품의 체내 분포를 확인할 수 있고 이는 치료 모니터링에 있어 중요한 역할을 한다.

4) 퇴원 및 방사선 안전관리

치료는 입원 상태에서 이루어지나 입원없이 외래 기반으로 진행할 수도 있다. 치료과정이 모두

끝나고 환자 상태에 문제가 없음이 확인된다면 당일에도 퇴원이 가능하다. 보고된 바에 따르면 치료 직후 1m 거리에서의 평균 방사선 노출량은 1.8 ± 0.5 mrem/h이며, 퇴원 시에는 0.9 ± 0.4 mrem/h이다[9]. 이는 방사성요오드 치료 시 노출량보다 적으며 원자력규제 위원회(NRC) 지침의 배출 기준보다 낮아[19, 20], 방사선 방호 측면에서 환자 퇴원에 문제가 없다. 그러나 환자와 접촉하게 되는 타인의 방사선량을 일정 수준 미만으로 유지하기 위해 환자 및 보호자에게 교육을 제공해야 한다. 각 센터는 환자의 구체적인 상황을 바탕으로 자체적인 권장 사항을 결정할 수 있다.

^{177}Lu -DOTATATE는 투여 후 48시간 이내 대부분 소변으로 배설되므로, 이 기간 동안 방사선 방호를 위한 관리가 필수적이다[9]. 환자에게는 화장실 사용 시 변기 뚜껑을 닫고 두 번 이상 물을 내리는 방법을 교육하고, 사용 후에는 손을 비누와 물로 충분히 씻도록 안내한다. 오염 우려가 있는 속옷이나 의류는 별도로 세탁하며, 치료 후 일정기간 동안은 임신부 및 영유아와의 밀접 접촉을 피해야 한다(IX. 9-3. 환자교육 참조). 요실금이 있거나 배뇨에 도움이 필요한 경우에는 의료진 판단 하에 도뇨관을 사용할 수 있으며, 이 경우 간호 인력은 장갑 및 방호복을 착용하여 소변백을 안전하게 취급해야 한다.

6-6. 영상 처리(Image processing)

1) 영상 재구성 및 보정

SPECT/CT 영상은 감쇠보정(attenuation correction) 및 산란보정(scatter correction)을 포함하여 재구성한다. 일반적으로 ordered subset expectation maximization(OSEM) 알고리즘을 활용하며, 필요 시 CT 기반 보정을 포함한다. 영상은 최소한 최대강도투사(maximum intensity projection, MIP), coronal, sagittal, axial 뷰로 제공되어야 하며, 영상 품질 확보를 위해 motion artifact가 없는지 확인해야 한다[10].

2) 영상 판독 목적 및 활용

영상은 방사성의약품의 체내 분포 확인, 병변 내 흡수 확인, 주요 장기의 집적 평가, 치료 범위의 확인에 활용된다(그림1). 일정한 시간대에 반복적인 영상획득을 시행할 경우, 치료 전후 병변의 집적 패턴 변화나 억제 반응 여부도 일부 평가할 수 있다(그림2). 또한, 환자 맞춤형 치료계획 수립을 위한

정량적 선량 평가가 필요한 경우, 영상 기반 선량추정에 사용될 수 있다.

^{177}Lu -DOTATATE 치료 시 선량측정(Dosimetry)이 일반적인 임상행위로 포함되지는 않는다. 그러나, 환자마다 종양 및 장기 흡수에 큰 변동성이 있으며 누적 신장 및 골수 선량을 고려할 때 환자 맞춤형 선량 측정이 치료에 유용할 수 있다[21, 22]. 참고로, 성인 기준 ^{177}Lu -DOTATATE의 표준화된 선량 추정치에 대한 표를 추가하였다(XIII. 보충자료)[23].

^{68}Ga -DOTATOC PET/CT는 추적자 흡수의 진단적 평가에는 사용될 수 있지만, 반감기가 68분으로 짧기 때문에 선량측정에는 사용할 수 없다[9]. 그러나, ^{177}Lu -DOTATATE 투여 후 방출되는 저에너지 γ 선을 촬영한 영상은 선량측정에 적합하여 첫 치료 주기 이후에 수행될 수 있다. 정확한 선량 데이터를 얻기 위해서는 저에너지 및 중에너지 조준기(collimator)가 장착된 감마 카메라, 혈액 및 소변 검체에서 ^{177}Lu 방사능을 측정하기 위한 다채널 분석기가 장착된 감마 카운터, 기준 방사선원의 방사능과 주입된 방사능을 측정하기 위한 선량 교정기 등의 장비가 필요하나 요구되는 데이터 정도와 프로토콜에 따라 조건에 차이가 있으며 관련된 문서들을 참고하여 시행해야 한다[21, 22, 24-28]. 일반적으로 감쇠 및 산란 보정을 한 정량적 SPECT/CT(예시: 삼중 에너지 윈도우 기법 사용 시; 208 keV에서 15% 광피크윈도우(photopeak window), 189 및 229 keV에서 4% 광피크윈도우)를 사용하여 모든 관심영역(ROI)에서 절대 방사능 정량을 얻고 SPECT 관심용적(VOI)과 상관관계를 분석한다[9, 21, 28]. 상용소프트웨어를 활용할 수 있다.

3) 영상 저장 및 데이터 관리

획득한 영상은 DICOM 표준에 따라 저장되며, PACS 시스템에 전송하여 임상과의 공유 가능하도록 한다. 선량평가나 연구목적의 후속 분석이 필요한 경우에는 원시 데이터(raw data)도 함께 보존하는 것이 권장된다.

VII. 치료 후 영상 판독 및 보고(Post-treatment image interpretation and reporting)

7-1. 생리학적 ^{177}Lu -DOTATATE 분포

^{177}Lu -DOTATATE 는 주로 비뇨기 계통을 따라 생리적 배설이 되며, 일부 적은 양이 대변으로 배출된다. 약 60%는 24 시간 이내에, 65% 이상은 48 시간 이내에 배설되고, 투여 후 14 일 이내에 복용량의 99% 이상이 체외로 배출된다[29, 30]. ^{177}Lu -DOTATATE 의 생리학적 흡수는 뇌하수체, 침샘, 신장, 방광, 장, 간, 비장 및 담낭에서 보이는 것으로 보고되고 있는데[29], 다수의 논문에서 뇌하수체, 침샘, 신장, 방광, 장, 간과 비장은 일반적으로 정상적인 활동을 보이고, 담낭 섭취는 흔하지 않지만 스캔에서 흡수 증가로 나타날 수 있어 SPECT/CT 로 해부학적 위치를 확인하지 않으면 평면 영상에서는 간 전이로 오인될 수 있으므로 주의를 요한다[31, 32].

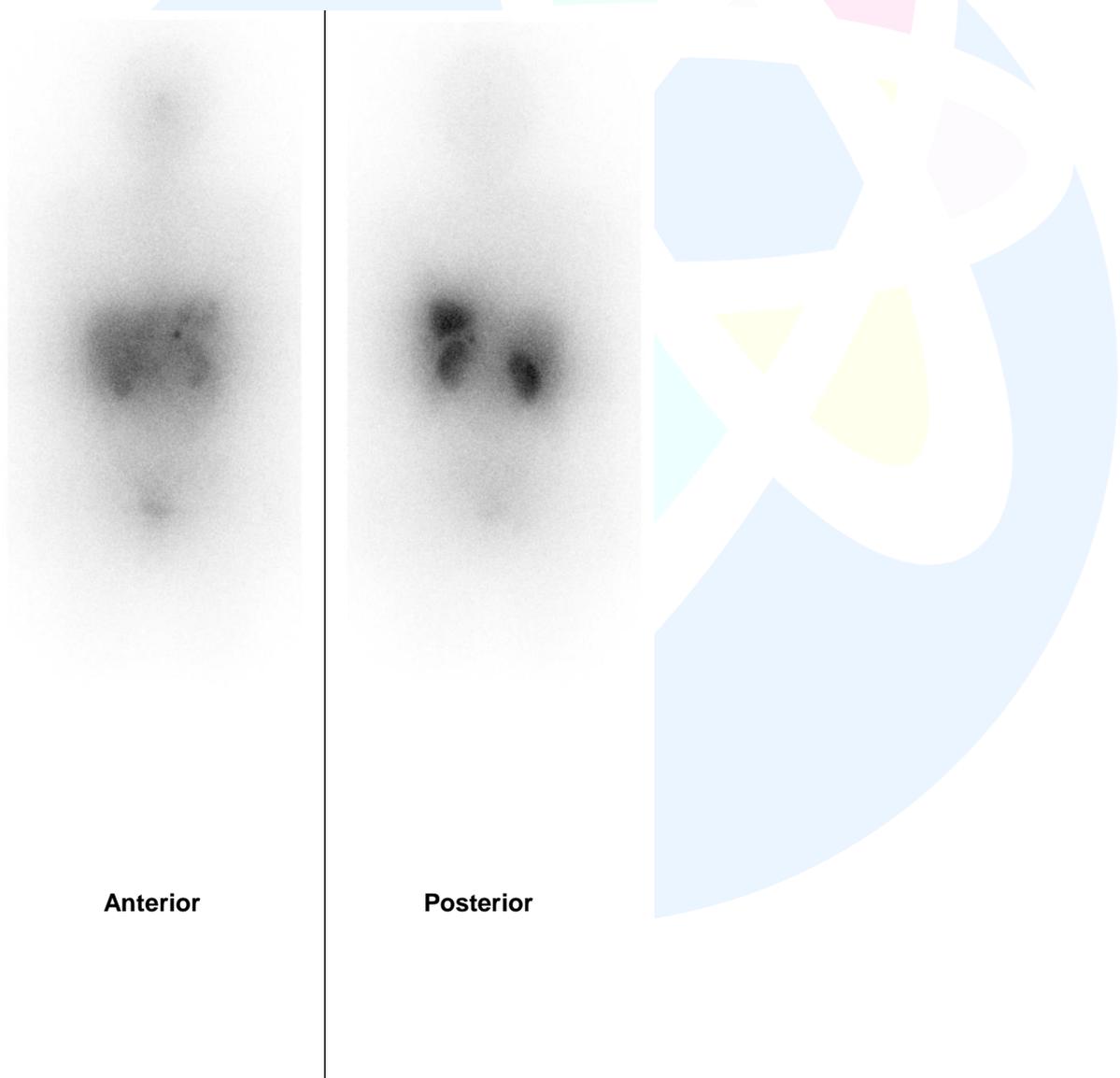
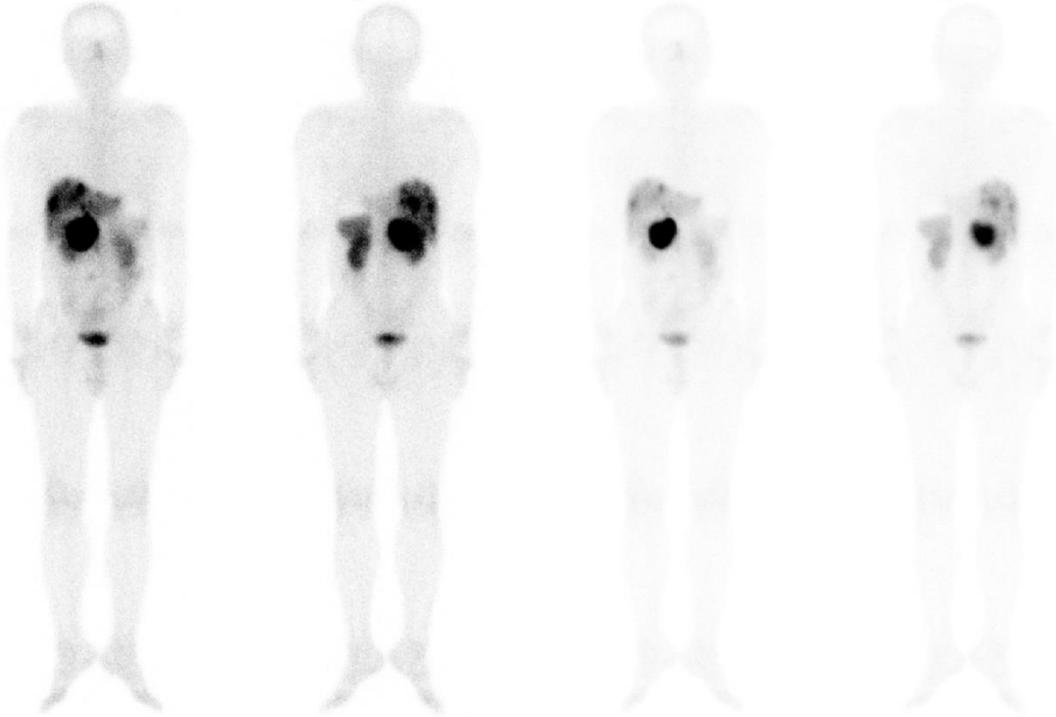


그림 1. 루타테라주 투여 후 96 시간째에 촬영한 51 세 남자의 전신영상

(A) Lu-177 DOTATATE 200 mCi Whole Body Scan

Delay 5 hrs 49 min



(B) Lu-177 Dotatate 200 mCi Whole Body Scan

Delay 4 hrs 54 min

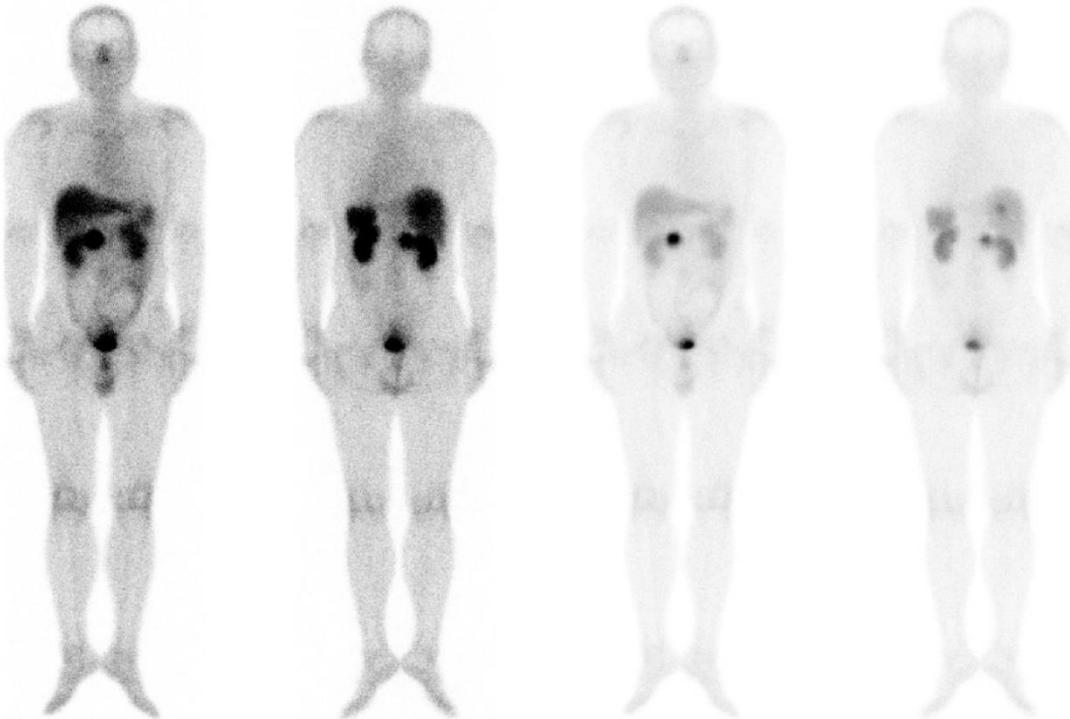


그림 2. 간전이를 동반한 췌장 신경내분비종양으로 4 번의 루타테라주 투여를 받은 55 세 남자의 전신영상 (A) 첫번째 투여 후 영상에서 췌장종양과 다발성 간전이병변에 섭취증가가 관찰된다. (B) 4 번째 투여 후 촬영한 영상에서 종양과 전이병변의 크기와 섭취감소가 관찰된다.

7-2. 영상 판독(Image interpretation)

¹⁷⁷Lu-DOTATATE 영상 해석은 소마토스타틴 수용체 발현 신경내분비 종양(NEN)의 섭취 유무와 강도를 확인하고, 치료 반응을 평가하며, 간, 신장 및 비장과 같은 위험 장기에 대한 선량을 정량화하는 것을 포함한다. SPECT/CT 스캔에서 판독자는 횡단면(axial) 및 관상면(coronal) 방향의 평면 영상과 MIP 영상을 종합적으로 평가해야 하며, 영상은 알맞은 3D 정렬(alignment)과 대비도(contrast)가 설정된 상태에서, 흑백 척도(gray scale) 및 색상 척도(color scale)를 활용해서 분석되어야 한다. 이 때 판독자는 친숙한 하나의 색상 척도를 일관되게 선택하는 것이 좋다. 시각적(정성적) 해석에서는 섭취 유무와 강도를 평가한다. 반정량적 해석을 위해 표준 섭취계수(standardized uptake values, SUV)과 누적 시간 적분 활성도(cumulative time-integrated activity, TAD)을 활용할 수 있다[33-35]. 현재 판독에서 있어 주로 SUV_{max}를 사용하고 있으나 noise로 인해 값이 너무 높게 측정될 수 있어 이를 보완하기 위해 SUV_{peak}를 함께 측정할 수 있다. 개개인의 해부학적 특징은 병변의 섭취와 모양, 위치에 영향을 줄 수 있으므로 해부학적 영상도 확인하여야 한다.

7-3. 영상 보고(Reporting)

영상 보고는 다음의 항목을 체계적으로 포함할 것을 권고한다.

- 검사 기본정보: 환자명, 나이, 성별, 검사일자
- 방법: ¹⁷⁷Lu-DOTATATE 투여량, 투여 후 영상 획득까지 시간, 영상 획득 방법(평면, SPECT 혹은 SPECT/CT)
- 소견: ¹⁷⁷Lu-DOTATATE의 체내 분포, 병변 내 흡수 유무와 정도, 치료 범위의 확인, 이전 영상과 대비하여 집적 패턴의 변화 평가
- 기타 소견: 병변 섭취와 생리적 섭취를 제외한 비정상적인 섭취 소견

VIII. 영상장비의 제원(Equipment specifications)

일반적으로 스캔 전후 영상 동시 획득을 위하여 이중 헤드 감마 카메라를 사용한다. SPECT 감마 카메라는 반복적 재구성 알고리즘을 사용하여 SPECT 영상을 재구성할 수 있어야 한다. SPECT/CT 감마 카메라는 피폭 저감화 프로그램을 사용하여 CT 영상을 얻고, CT 영상을 이용하여 SPECT 영상을 감쇠보정 할 수 있어야 한다.

IX. 품질보증, 안전, 감염관리 및 환자교육(Quality assurance, safety, infection control, and patient education)

9-1. 품질보증 및 안전(Quality assurance and safety)

방사성의약품은 GMP 기준에 적합한 제조사에서 제공된 제제를 사용하여야 하며, 방사성의약품 관리 및 품질 확인은 해당 기관의 방사성의약품 책임자 및 방사선안전관리자 지침에 따라 엄격히 시행되어야 한다.

핵의학 영상검사의 수행에 있어서 고도의 효율성과 신뢰성을 얻기 위해서 적절한 품질 보장 체계가 필요한데 이를 정도관리(Quality Controls)라 한다. 핵의학 영상장비의 정도관리는 설치 후 품질관리를 보증하는 하나의 방편이며 진료의 질을 향상시키고 환자의 안전을 도모하는 데 필수적이다.

각 기관은 공급업체 제공 유지보수 및 적절한 정도관리 절차를 따라야 하며, 모든 환자의 검사는 점검을 마친 후 이상 유무가 확인된 경우에만 진행해야 하고, 점검은 정도관리지침서를 준수해야 한다. 정도관리의 구체적인 항목은 학회 정도관리지침을 따른다[35].

9-2. 감염관리(Infection control)

이 지침서의 감염관리는 대한의료관련감염관리학회에서 발간한 의료기관의 감염관리(제5판)을 기준으로 작성되었다[36].

환자 접촉과 관련된 매 단계 손위생을 실시하며, 사용한 주사기는 뚜껑을 덮지 않고 needle box에 처리한다. 검사 전 환자의 감염 여부를 확인하고, 감염이 확인된 경우 장갑/마스크/비닐앞치마/고글 등의 적절한 보호장구를 착용한다. 감염의 종류에 따라 행동지침을 수행한다.

공통적으로 장비의 테이블에 환자 접촉으로 인한 오염을 줄일 수 있게 시트를 이용하여 덮으며, 검사 종료 후 환경소독제를 사용하여 장비 테이블과 환자와 접촉한 기구를 소독한 후 다음 검사를 진행하며, 검사 종료 후 사용된 시트와 오염물은 따로 보관 처리한다.

9-3. 환자교육(Patient education)

담당자는 아래의 내용을 환자 및 보호자에게 설명하여 치료 효과를 높이고 부작용을 최소화할 수 있도록 한다.

- 투여 당일 및 그 다음날 충분한 양의 물을 마시도록 하고 소변을 많이 보게 한다.
- 투여 후 7일 동안은 타인과 밀접한 접촉(1m 미만)을 제한하며 별도의 침실을 사용한다. 임신한 파트너 또는 어린이의 경우 15일 동안 별도의 침실을 사용한다.
- 임부에게 투여 시 태아 손상을 유발할 수 있으므로, 가임여성에게 이 약을 투여하는 경우에는 이 약을 투여 받는 동안 및 투여 종료 후 7개월간 효과적인 피임법을 사용하도록 권고한다.
- 가임 여성 파트너가 있는 남성 환자에게 이 약을 투여하는 경우에도 이 약을 투여 받는 동안 및 투여 종료 후 4개월간 효과적인 피임법을 사용하도록 권고한다.

X. 이해상충(Conflict of interest)

이 문건 작성 및 검토에 참여한 대한핵의학회 의무위원회 위원들은 이 지침과 관련된 이해 상충이 없음을 선언한다.

XI. 승인(Acknowledgement)

이 지침은 NANETS/SNMMI/EANMMI 가이드라인 및 관련 문헌을 기준으로 작성되었으며, 대한핵의학회 의무위원회 및 회원들의 의견과 제안을 토대로 국내 사정에 적합하게 작성되었고, 대한핵의학회 이사회에서 2025년 12월 10일에 승인되었다. 이 지침을 준비하는데 많은 의견과 자료를 제공해 주신 대한핵의학회와 단국대학교 부속병원, 삼성서울병원, 서울아산병원, 성빈센트병원, 일산차병원, 원자력병원 관계자분들께 깊은 감사를 드린다.

* 병원 순서는 가나다순을 따름.



XII. 참고문헌(References)

1. Dasari A, Shen C, Halperin D, Zhao B, Zhou S, Xu Y, et al. Trends in the incidence, prevalence, and survival outcomes in patients with neuroendocrine tumors in the United States. *JAMA Oncol.* 2017;3:1335–42.
2. Modlin IM, Oberg K, Chung DC, Jensen RT, de Herder WW, Thakker RV, et al. The increasing incidence of neuroendocrine neoplasms worldwide: current knowledge and open issues. *Am J Clin Oncol.* 2008;31:63–73.
3. National Comprehensive Cancer Network (NCCN). NCCN Clinical Practice Guidelines in Oncology: Neuroendocrine and Adrenal Tumors. Version 5.2024. Fort Washington, PA: NCCN; 2024. http://www.nccn.org/professionals/physician_gls/pdf/neuroendocrine.pdf. Accessed October 30, 2025.
4. Strosberg JR, Caplin ME, Kunz PL, Ruzsniewski PB, Bodei L, Hendifar A, et al. ¹⁷⁷Lu-Dotatate plus long-acting octreotide versus high-dose long-acting octreotide in patients with midgut neuroendocrine tumours (NETTER-1): final overall survival and long-term safety results from an open-label, randomised, controlled, phase 3 trial. *Lancet Oncol.* 2021;22:1752–63.
5. Brabander T, van der Zwan WA, Teunissen JJM, Kam BLR, Feelders RA, de Herder WW, et al. Long-Term Efficacy, Survival, and Safety of [¹⁷⁷Lu-DOTA⁰,Tyr³]octreotate in Patients with Gastroenteropancreatic and Bronchial Neuroendocrine Tumors. *Clin Cancer Res.* 2017;23:4617-24.
6. Hope TA, Bodei L, Chan JA, El-Haddad G, Fidelman N, Kunz PL, et al. NANETS/SNMMI consensus statement on patient selection and appropriate use of ¹⁷⁷Lu-DOTATATE peptide receptor radionuclide therapy. *J Nucl Med.* 2020;61:522–7.
7. Bodei L, Mueller-Brand J, Baum RP, Pavel ME, Hörsch D, O'Dorisio MS, et al. The joint IAEA, EANM, and SNMMI practical guidance on peptide receptor radionuclide therapy (PRRNT) in neuroendocrine tumours. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2013;40:800–16.

8. Soulek DK, Mastascusa NJ, Martin ME, Graves SA. Practical Considerations for Implementation of ¹⁷⁷Lu-DOTATATE Neuroendocrine Tumor Treatment Programs. *J Nucl Med Technol.* 2022;50:195-202.
9. Hope TA, Abbott A, Colucci K, Bushnell DL, Gardner L, Graham WS, et al. NANETS/SNMMI Procedure Standard for Somatostatin Receptor-Based Peptide Receptor Radionuclide Therapy with ¹⁷⁷Lu-DOTATATE. *J Nucl Med.* 2019;60:937-43.
10. Hope TA, Allen-Auerbach M, Bodei L, Calais J, Dahlbom M, Dunnwald LK, et al. SNMMI Procedure Standard/EANM Practice Guideline for SSTR PET: Imaging Neuroendocrine Tumors. *J Nucl Med.* 2023;64:204-10.
11. 건강보험심사평가원. 암환자에게 처방·투여하는 약제에 대한 요양급여의 적용기준 및 방법에 관한 세부사항. 공고 제 2021-46 호. 2021 년 2 월 25 일. 건강보험심사평가원; 2021.
<https://www.hira.or.kr/bbsDummy.do?pgmid=HIRAA020002000100&brdScnBltno=4&brdBltno=8664>. Accessed October 30, 2025.
12. 대한핵의학회. 방사성의약품을 사용하는 진단절차에 대한 대한핵의학회 기술표준 v1.0.; 2014.09. Available on
<https://www.ksnm.or.kr/bbs/skin/default/download.php?code=notice&number=3508>.
13. Hennrich U, Kopka K. Lutathera®: The First FDA- and EMA-Approved Radiopharmaceutical for peptide Receptor Radionuclide Therapy. *Pharmaceuticals (Basel).* 2019;12:114.
14. European Medicines Agency. Assessment Report: Lutathera. available at
https://www.ema.europa.eu/en/documents/assessment-report/lutathera-epar-public-assessment-report_en.pdf
15. 한국노바티스(주). 의약품 품목허가 보고서: 플루빅토주(루테튬(¹⁷⁷Lu) 비피보타이드테트라세탄); 2024.39.
16. Kwekkeboom DJ, de Herder WW, Kam BL, van Eijik CH, Essen MV, Kooij PP, et al. Treatment with the radiolabeled somatostatin analog [¹⁷⁷Lu-DOTA⁰,Tyr³]octreotate: toxicity, efficacy, and survival.

J Clin Oncol. 2008;26:2124–30.

17. Wakabayashi N, Watanabe S, Takeuchi S, Tsuchikawa T, Munakata Y, Hirata K, et al. Factors and predictors affecting late external dose rates and isolation period in patients after lutetium-177-labeled DOTA-Tyr3-octreotate treatment for neuroendocrine tumors. *Ann Nucl Med*. 2025;39:696-706.
18. Roscoe JA, Morrow GR, Aapro MS, Molassiotis A, Olver I. Anticipatory nausea and vomiting. *Support Care Cancer*. 2011;19:1533–8.
19. Siegel JA, Marcus CS, Stabin MG. Licensee over-reliance on conservatisms in NRC guidance regarding the release of patients treated with ¹³¹I. *Health Phys*. 2007;93:667–77.
20. Regulatory Guide 8.39: Release of Patients Administered Radioactive Materials. U.S. Nuclear Regulatory Commission website. <https://www.nrc.gov/docs/ML0833/ML083300045.pdf>. Accessed February 21, 2019.
21. Cremonesi M, Botta F, Di Dia A, Ferrari M, Bodei L, De Cicco C, et al. Dosimetry for treatment with radiolabelled somatostatin analogues: a review. *Q J Nucl Med Mol Imaging*. 2010;54:37–51.
22. Bodei L, Cremonesi M, Grana CM, Fazio N, Iodice S, Baio SM, et al. Peptide receptor radionuclide therapy with ¹⁷⁷Lu-DOTATATE: the IEO phase I-II study. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2011;38:2125–35.
23. Sandström M, Garske-Román U, Granberg D, Johansson S, Widström C, Eriksson B, et al. Individualized dosimetry of kidney and bone marrow in patients undergoing ¹⁷⁷Lu-DOTA-octreotate treatment. *J Nucl Med*. 2013;54:33–41.
24. Madsen MT, Menda Y, O'Dorisio TM, O'Dorisio MS. Technical note: single time point dose estimate for exponential clearance. *Med Phys*. 2018;45:2318–24.
25. Hänscheid H, Lapa C, Buck AK, Lassmann M, Werner RA. Dose mapping after endoradiotherapy with ¹⁷⁷Lu-DOTATATE/DOTATOC by a single measurement after 4 days. *J Nucl Med*. 2018;59:75–

- 81.
26. Pauwels S, Barone R, Walrand S, Borson-Chazot F, Valkema R, Kvols LK, et al. Practical dosimetry of peptide receptor radionuclide therapy with ⁹⁰Y-labeled somatostatin analogs. *J Nucl Med.* 2005;46(suppl 1):92S–98S.
 27. Bouchet LG, Bolch WE, Blanco HP, Wessels BW, Siegel JA, Rajon DA, et al. MIRDO pamphlet no 19: absorbed fractions and radionuclide S values for six age-dependent multiregion models of the kidney. *J Nucl Med.* 2003;44:1113–47.
 28. Cremonesi M, Ferrari M, Bodei L, Tosi G, Paganelli G. Dosimetry in peptide radionuclide receptor therapy: a review. *J Nucl Med.* 2006;47:1467–75.
 29. Geenen L, Nonnekens J, Konijnenberg M, Baatout S, De Jong M, Aerts A. Overcoming nephrotoxicity in peptide receptor radionuclide therapy using [¹⁷⁷Lu]Lu-DOTA-TATE for the treatment of neuroendocrine tumours. *Nucl Med Biol.* 2021;102-103:1-11.
 30. Hofving T, Sandblom V, Arvidsson Y, Shubbar E, Altiparmak G, Swanpalmer J, et al. ¹⁷⁷Lu-octreotate therapy for neuroendocrine tumours is enhanced by Hsp90 inhibition. *Endocr Relat Cancer.* 2019;26:437-49.
 31. Singh N, Krishna B, Vyas M, Venkatesh M, Banerjee S, Das T, et al. Lutetium DOTATATE whole body scans: A novel approach for evaluation of neuroendocrine tumors. *Indian J Nucl Med.* 2011;26:135-8.
 32. Baberwal P, Parghane R, Basu S. Incidental Visualization of Gallbladder on Post-therapy [¹⁷⁷Lu]Lu-DOTATATE Scintigraphy Mimicking a Liver Metastasis in a Duodenal Neuroendocrine Tumor. *World J Nucl Med.* 2024;23:292-4.
 33. Ha S, Kim YI, Oh JS, Yoo C, Ryoo BY, Ryu JS. Prediction of [¹⁷⁷Lu]Lu-DOTA-TATE therapy response using the absorbed dose estimated from [¹⁷⁷Lu]Lu-DOTA-TATE SPECT/CT in patients with metastatic neuroendocrine tumour. *EJNMMI Phys.* 2024;11:14.
 34. Gaze MN, Handkiewicz-Junak D, Hladun R, Laetsch TW, Sorge C, Sparks R, et al. Safety and

dosimetry of [¹⁷⁷Lu]Lu-DOTA-TATE in adolescent patients with somatostatin receptor-positive gastroenteropancreatic neuroendocrine tumours, or pheochromocytomas and paragangliomas: Primary analysis of the Phase II NETTER-P study. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2025;52:4001-15.

35. 대한핵의학회. PET 및 PET-CT 정도관리 수행 항목 및 측정 방법에 관한 지침서; 2020. [https://www.wksnmorkr/bbs/indexhtml?code=quality&category=&gubun=&page=1&number=2225&mode=view&order=%20sid&sort=%20desc&keyfield=&key=&page_type=.](https://www.wksnmorkr/bbs/indexhtml?code=quality&category=&gubun=&page=1&number=2225&mode=view&order=%20sid&sort=%20desc&keyfield=&key=&page_type=)
36. 대한의료관련감염관리학회. 의료기관의 감염관리 (제5판): 도서출판 한미의학; 2017.

XIII. 보충자료(Supplementary data)

Supplemental Table: Radiation Dose Estimates for the Reference Adult for ¹⁷⁷Lu-DOTATATE Estimated Dose[23]

Target Organ	Estimated Dose	
	mSv/MBq	rem/mCi
Adrenals	6.87E-02	2.54E-01
Brain	5.04E-02	1.86E-01
Esophagus	5.42E-02	2.01E-01
Eyes	5.04E-02	1.86E-01
Gallbladder Wall	6.30E-02	2.33E-01
Left colon	5.51E-02	2.04E-01
Small Intestine	5.47E-02	2.02E-01
Stomach Wall	5.55E-02	2.05E-01
Right colon	5.56E-02	2.06E-01
Rectum	5.47E-02	2.02E-01
Heart Wall	5.48E-02	2.03E-01
Kidneys	5.95E-01	2.20E+00
Liver	3.63E-01	1.34E+00
Lungs	5.36E-02	1.98E-01
Pancreas	5.68E-02	2.10E-01
Prostate	5.54E-02	2.05E-01
Salivary Glands	5.14E-02	1.90E-01
Red Marrow	4.10E-02	1.52E-01
Osteogenic Cells	5.97E-02	2.21E-01
Spleen	9.10E-01	3.37E+00
Testes	5.13E-02	1.90E-01
Thymus	5.24E-02	1.94E-01
Thyroid	5.18E-02	1.92E-01
Urinary Bladder Wall	4.98E-01	1.84E+00
Total Body	6.72E-02	2.49E-01
Effective dose*	8.43E-02	3.12E-01

* Note that 'Effective dose' is not a relevant quantity when therapy levels of dose are involved.