



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년10월17일
(11) 등록번호 10-2719057
(24) 등록일자 2024년10월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 6/00 (2024.01) A61B 6/03 (2024.01)
(52) CPC특허분류
A61B 6/544 (2013.01)
A61B 6/032 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0118755
(22) 출원일자 2022년09월20일
심사청구일자 2022년09월20일
(65) 공개번호 10-2024-0039880
(43) 공개일자 2024년03월27일
(56) 선행기술조사문헌
JP2012135371 A*
KR1020160086210 A
KR1020190075169 A*
KR1020200015208 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
연세대학교 원주산학협력단
강원도 원주시 흥업면 연세대길 1
(72) 발명자
최현준
강원도 원주시
염연수
강원도 원주시 무실로 380 사랑으로부영아파트
108동 502호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
오영진

전체 청구항 수 : 총 13 항

심사관 : 유현석

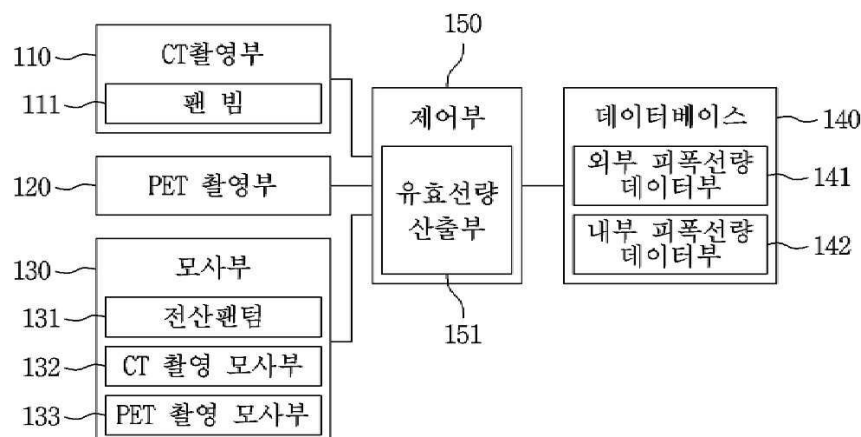
(54) 발명의 명칭 PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 시스템 및 방법

(57) 요약

PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 시스템 및 방법이 제공된다. 본 발명의 일 실시예에 따른 PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 시스템 및 방법은 환자에게 엑스레이(X-ray) 빔을 조사하는 CT 촬영부; 환자의 체내에 주입된 PET용 방사성 의약품으로부터 등방성으로 방출되는 베타레이(Beta-ray) 및 감마레이(Gamma-ray)를 감지하는 PET 촬영부; 실제 인체와 유사한 구조에 대해 실제와 유사한 PET-CT를 전산모사하는 모사부; 모사부의 장기별 피폭선량 데이터를 저장하는 데이터베이스; 및 CT 촬영부, PET 촬영부 및 데이터베이스의 정보를 기반으로, 환자의 유효선량을 산출하는 제어부;를 포함한다.

대표도 - 도1

100



(52) CPC특허분류

A61B 6/037 (2020.08)

A61B 6/583 (2020.08)

(72) 발명자

민철희

강원도 원주시 혁신로 400 푸른숨엘에이치11단지
1102동 1203호

이유미

강원도 원주시 흥업면 세동길 51, 103동 1216호

최지원

경기도 화성시 동탄지성로 295, 111동 1501호

이수민

경기도 고양시 일산동구 대산로11번길 83-9

이나래

서울특별시 강남구 밤고개로21길 25 래미안포레
306동 706호

유세환

강원도 원주시 무실로 415 세영리첼2차아파트 207
동 1102호

차혜정

강원도 원주시 서원대로 290, 209동 1302호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711156637
과제번호	2022R1C1C1008093
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)
연구과제명	PET-CT 촬영 환자의 내·외부 피폭선량 평가 기술개발
기 여 율	1/2
과제수행기관명	연세대학교(미래캠퍼스)
연구기간	2022.03.01 ~ 2023.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345349950
과제번호	2021R1I1A1A01059875
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	이공학학술연구기반구축
연구과제명	영상유도 근접방사선치료에서 환자 체내 선량 검증을 위한 C-arm CT/SPECT 융합 영
상 기술 개발	
기 여 율	1/2
과제수행기관명	연세대학교(원주의대)
연구기간	2022.03.01 ~ 2023.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

환자에게 엑스레이(X-ray) 빔을 조사하는 CT 촬영부;

상기 환자의 체내에 주입된 PET용 방사성 의약품으로부터 등방성으로 방출되는 베타레이(Beta-ray) 및 감마레이(Gamma-ray) 중 체외로 빠져나온 방사선을 감지하는 PET 촬영부;

실제 인체와 유사한 구조에 대해 실제와 유사한 PET-CT를 전산모사하는 모사부;

상기 모사부의 장기별 피폭선량 데이터를 저장하는 데이터베이스; 및

상기 CT 촬영부, 상기 PET 촬영부 및 상기 데이터베이스의 정보를 기반으로, 환자의 유효선량을 산출하는 제어부;를 포함하고,

상기 모사부는,

체형별 남성 및 여성 모델을 모사하는 사면체 메시형 팬텀으로 이루어진 전산팬텀;

상기 전산팬텀을 이용하여 CT촬영을 전산모사하는 CT 촬영 모사부; 및

상기 전산팬텀을 이용하여 PET촬영을 전산모사하는 PET 촬영 모사부;를 포함하며,

상기 CT 촬영 모사부는,

상기 CT 촬영부의 X-ray 발생 구조와 환자 스캔 원리를 모사하고, 상기 전산팬텀의 머리 끝부터 발 끝까지 단위 거리 이동 마다 전신의 외부 장기별 피폭선량을 산출하여 데이터 베이스화하며,

상기 제어부는 환자의 체형, CT 촬영 범위 및 X-ray 빔 조사 조건을 포함한 CT 촬영 조건이 입력되면 상기 데이터베이스로부터 자동으로 전신 외부 장기별 피폭선량 값을 산출하는 PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 CT 촬영부는,

상기 환자의 키 방향으로 머리 끝에서 발끝 방향의 나선형 영상 획득 방식으로 단위길이별 인체 내부구조를 촬영하고,

인체의 위치별 두께 변화에 따라 방사선 빔의 양을 자동으로 조절하는 자동화 시스템이 장착된 PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 PET용 방사성 의약품은 양전자를 방출하는 방사성동위원소를 사용하는 PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 시스템.

청구항 4

삭제

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 데이터베이스는,

상기 CT 촬영 모사부를 이용하여 사전에 계산된 촬영 조건별 외부 피폭선량을 저장하는 외부 피폭선량 데이터부; 및

상기 PET 촬영 모사부를 이용한 촬영 조건별 체내 각각의 구획화된 범위 중심에서의 점선원별 내부 피폭선량을 저장하는 내부 피폭선량 데이터부;를 포함하는 PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 시스템.

청구항 6

삭제

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 PET 촬영 모사부는,

상기 전산팬텀의 단위 사면체의 무게중심점 혹은 상기 전산팬텀 전체를 포함하는 가상의 3차원 그리드 구조에서 각각의 단위 복셀 중심으로부터 등방성하게 방출되는 방사선원에 의한 전신의 내부 장기별 피폭선량을 산출하여 데이터 베이스화하고,

상기 제어부는 환자의 체형, 체내 방사성물질 주입량 및 방사성 의약품의 시간에 따른 체내 이동 분포를 포함한 PET 촬영 조건이 입력되면 상기 데이터베이스로부터 자동으로 전신 내부 장기별 피폭선량 값을 산출하는 PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 시스템.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 환자의 정맥에 상기 PET용 방사성 의약품을 주입하고 일정시간 이상 대기한 이후,

상기 CT 촬영부는 상기 환자의 촬영 부위별 인체 두께 변화에 따라 동작 조건을 자동으로 변형해가며 촬영하며,

상기 PET 촬영부는 상기 환자의 촬영 부위에 따라 상기 PET용 방사성 의약품의 체내 분포 정보를 촬영하고,

상기 제어부는,

상기 CT 촬영부 및 상기 PET 촬영부의 정보를 기반으로 상기 데이터베이스로부터 산출된 PET 내부 피폭선량 평가 결과와 CT 외부 피폭선량 결과를 합산하여 PET-CT 촬영에 따른 환자의 내외부 장기별 피폭선량을 평가하며,

상기 평가 결과에 따라 상기 전신의 내외부 장기별 피폭선량 값을 통합하여 방사선 감수성을 고려한 조직가중치를 장기별로 곱하고 합산하여 상기 환자의 유효선량을 산출하는 PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 시스템.

청구항 9

CT 촬영 모사부에 의해, 전산팬텀을 이용하여 CT촬영을 전산모사하는 단계;

PET 촬영 모사부에 의해, 상기 전산팬텀을 이용하여 PET 촬영을 전산모사하는 단계;

제어부에 의해, 상기 CT촬영을 전산모사하는 단계, 상기 PET 촬영을 전산모사하는 단계의 정보를 데이터베이스에 저장하는 단계;

CT 촬영부에 의해, 환자에게 엑스레이(X-ray) 빔을 조사하여 CT촬영하는 단계;

PET 촬영부에 의해, 상기 환자의 체내에 주입된 PET용 방사성 의약품으로부터 등방성으로 방출되는 베타레이(Beta-ray) 및 감마레이(Gamma-ray) 중 체외로 빠져나온 방사선을 감지하는 PET촬영하는 단계; 및

상기 제어부에 의해, 상기 CT촬영하는 단계, 상기 PET 촬영하는 단계 및 상기 데이터베이스의 정보를 기반으로, 환자의 유효선량을 산출하는 단계;

를 포함하고,

상기 CT 촬영을 전산모사하는 단계는,

상기 CT 촬영부의 X-ray 발생 구조와 환자 스캔원리를 모사하는 단계; 및

상기 전산팬텀의 머리 끝부터 발 끝까지 단위 거리 이동 마다 전신의 외부 장기별 피폭선량을 산출하여 데이터베이스화하는 단계;를 포함하고,

상기 유효선량을 산출하는 단계는 상기 환자의 체형, CT 촬영 범위 및 X-ray 빔 조사 조건을 포함한 CT 촬영 조건이 입력되면 상기 데이터베이스로부터 자동으로 전신 외부 장기별 피폭선량 값을 산출하는 PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 CT 촬영하는 단계는,

상기 환자의 키 방향으로 머리 끝에서 발끝 방향의 나선형 영상 획득 방식으로 단위길이별 인체 내부구조를 촬영하고,

인체의 위치별 두께 변화에 따라 방사선 빔의 양을 자동으로 조절하는 PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 방법.

청구항 11

제9항에 있어서,

상기 PET용 방사성 의약품은 양전자를 방출하는 방사성동위원소를 사용하는 PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 방법.

청구항 12

제9항에 있어서,

상기 전산팬텀은 체형별 남성 및 여성 모델을 모사하는 사면체 메시형 팬텀으로 이루어지는 PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 방법.

청구항 13

제9항에 있어서,

상기 데이터베이스는,

상기 CT 촬영 모사부 및 상기 PET 촬영 모사부를 이용하여 사전에 계산된 촬영 조건별 외부 피폭선량을 저장하는 외부 피폭선량 데이터부; 및

상기 PET 촬영 모사부를 이용한 촬영 조건별 체내 각각의 구획화된 범위 중심에서의 점선원별 내부 피폭선량을 저장하는 내부 피폭선량 데이터부;를 포함하는 PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 방법.

청구항 14

삭제

청구항 15

제9항에 있어서,

상기 PET 촬영을 모사하는 단계는,

상기 전산팬텀의 단위 사면체의 무게중심점 혹은 상기 전산팬텀 전체를 포함하는 가상의 3차원 그리드 구조에서 각각의 단위 복셀 중심으로부터 등방성하게 방출되는 방사선원에 의한 전신의 내부 장기별 피폭선량을 산출하여 데이터 베이스화하고,

상기 유효선량을 산출하는 단계는 상기 환자의 체형, 체내 방사성물질 주입량 및 방사성 의약품의 시간에 따른

체내 이동 분포를 포함한 PET 촬영 조건이 입력되면 상기 데이터베이스로부터 자동으로 전신 내부 장기별 피폭 선량 값을 산출하는 PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 방법.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 PET촬영하는 단계 이전에 상기 환자의 정맥에 상기 PET용 방사성 의약품을 주입하고 일정시간 이상 대기하며,

상기 CT 촬영하는 단계는 상기 환자의 촬영 부위별 인체 두께 변화에 따라 동작 조건을 자동으로 변형해가며 촬영하고,

상기 PET촬영하는 단계는 상기 환자의 촬영 부위에 따라 상기 PET용 방사성 의약품의 체내 분포 정보를 촬영하며,

상기 환자의 유효선량을 산출하는 단계는,

상기 CT 촬영부 및 상기 PET 촬영부의 정보를 기반으로 상기 데이터베이스로부터 산출된 PET 내부 피폭선량 평가 결과와 CT 외부 피폭선량 결과를 합산하여 PET-CT 촬영에 따른 환자의 내외부 장기별 피폭선량을 평가하고,

상기 평가 결과에 따라 상기 전신의 내외부 장기별 피폭선량 값을 통합하여 방사선 감수성을 고려한 조직가중치를 장기별로 곱하고 합산하여 상기 환자의 유효선량을 산출하는 PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 시스템 및 방법에 관한 것으로, 특히 PET-CT 촬영 중에 발생하는 내·외부 피폭선량을 정확하게 산출하여 환자의 유효선량을 모니터링하는 시스템이다.

배경 기술

[0002] 의료방사선 검사기술은 각종 질병이나 상처를 진단하는 현대의학의 중요한 기술이나, 해당 기술은 환자의 방사선피폭을 수반하며, 의료방사선 사용량 증가로 인한 방사선량의 증가는 환자 체내 방사선장해를 유발할 수 있다.

[0003] 국민소득 향상으로 건강에 대한 국민적 관심이 증가하여 정기 건강검진 횟수가 증가하고 있으며, 이때, 방사선 진단 기술이 보편화된 의료경향으로서 인식됨에 따라 의료방사선을 이용한 진단 및 치료가 지속적으로 증가하고 있어 환자의 의료방사선 피폭량 또한 증가하고 있는 추세이다.

[0004] 의료방사선 사용량이 증가함에 따라 의료방사선 노출을 가능하면 최소화하여 환자안전 관리에 대한 요구가 증대되고 있으며, 따라서 국가적 차원에서의 지속적이고 체계적인 의료방사선에 대한 환자의 피폭선량 관리의 필요성이 증대되고 있다.

[0005] 의료방사선에 대한 환자 안전관리는 ICRP 권고에 따라 방사선 진료의 가치를 손상하지 않는 범위 내에서 방사선 피폭선량을 최소한으로 하는 ALARA(As Low As Reasonably Achievable)를 기본 원칙으로 한 후, 의료방사선 피폭의 정당화(justification) 원칙과 방어 최적화(optimization) 원칙을 적용하고 있다.

[0006] 국내에서는 질병관리청을 중심으로 환자의 의료방사선 피폭 저감화를 위해 진단참고수준을 설정하고 다양한 방법으로 교육 프로그램을 만들고 있긴 하지만 실제적으로 부분적 안내 및 홍보에 그치고 있어 실제 임상현장에 잘 반영되지 않고 있다.

[0007] 이에 따라, 국내 의료서비스 질의 향상 및 국민 보건 증진을 위해 영상의학 분야 및 핵의학 분야를 포함한 전반적인 방사선 검사영역에서의 의료방사선 피폭에 대한 세계적 수준의 선량평가기술 확보 및 환자선량 모니터링을 통한 더욱 체계적인 환자안전관리 시스템 구축이 필요한 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명의 일 실시예는, 사전에 몬테칼로 전산모사를 이용하여 계산된 방사선원 위치별 체내 피폭선량 데이터를 구축한 후, CT 영상 획득을 위해 인체 외부로부터 조사되는 방사선에 의한 피폭선량과 PET영상 획득을 위해 환자 몸에 주입한 방사성물질이 체내에서 시간에 따라 이동하는 경로를 추적하여 인체 내부로부터 무작위 방향으로 방출하는 방사선에 의한 피폭선량을 복합적으로 평가한 뒤 최종적으로 유효선량을 예측함으로써 환자의 피폭 저감 및 안전관리가 가능할 수 있도록 하는 PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 시스템 및 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 이와 같은 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 실시예는 환자에게 엑스레이(X-ray) 빔을 조사하는 CT 촬영부; 상기 환자의 체내에 주입된 PET용 방사성 의약품으로부터 등방성으로 방출되는 베타레이(Beta-ray) 및 감마레이(Gamma-ray) 중 체외로 빠져나온 방사선을 감지하는 PET 촬영부; 실제 인체와 유사한 구조에 대해 실제와 유사한 PET-CT를 전산모사하는 모사부; 상기 모사부의 장기별 피폭선량 데이터를 저장하는 데이터베이스; 및 상기 CT 촬영부, 상기 PET 촬영부 및 상기 데이터베이스의 정보를 기반으로, 환자의 유효선량을 산출하는 제어부;를 포함하는 PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 시스템이 제공된다.

[0010] 일 실시예에서, 상기 CT 촬영부는, 상기 환자의 키 방향으로 머리 끝에서 발끝 방향의 나선형 영상 획득 방식으로 단위길이별 인체 내부구조를 촬영하고, 인체의 위치별 두께 변화에 따라 방사선 빔의 양을 자동으로 조절하는 자동화 시스템이 장착될 수 있다.

[0011] 일 실시예에서, 상기 PET용 방사성 의약품은 양전자를 방출하는 방사성동위원소를 사용할 수 있다.

[0012] 일 실시예에서, 상기 모사부는, 체형별 남성 및 여성 모델을 모사하는 사면체 메시형 팬텀으로 이루어진 전산팬텀; 상기 전산팬텀을 이용하여 CT촬영을 전산모사하는 CT 촬영 모사부; 및 상기 전산팬텀을 이용하여 PET촬영을 전산모사하는 PET 촬영 모사부;를 포함할 수 있다.

[0013] 일 실시예에서, 상기 데이터베이스는, 상기 CT 촬영 모사부 및 상기 PET 촬영 모사부를 이용하여 사전에 계산된 촬영 조건별 외부 피폭선량을 저장하는 외부 피폭선량 데이터부; 및 상기 PET 촬영 모사부를 이용한 촬영 조건별 체내 각각의 구획화된 범위 중심에서의 점선원별 내부 피폭선량을 저장하는 내부 피폭선량 데이터부;를 포함할 수 있다.

[0014] 일 실시예에서, 상기 CT 촬영 모사부는 상기 CT 촬영부의 X-ray 발생 구조와 환자 스캔 원리를 모사하고, 상기 전산팬텀의 머리 끝부터 발 끝까지 단위 거리 이동 마다 전신의 외부 장기별 피폭선량을 산출하여 데이터 베이스화하며, 상기 제어부는 환자의 체형, CT 촬영 범위 및 X-ray 빔 조사 조건을 포함한 CT 촬영 조건이 입력되면 상기 데이터베이스로부터 자동으로 전신 외부 장기별 피폭선량 값을 산출할 수 있다.

[0015] 일 실시예에서, 상기 전산팬텀의 단위 사면체의 무게중심점 혹은 상기 전산팬텀 전체를 포함하는 가상의 3차원 그리드 구조에서 각각의 단위 복셀 중심으로부터 등방성하게 방출되는 방사선원에 의한 전신의 내부 장기별 피폭선량을 산출하여 데이터 베이스화하고, 상기 제어부는 환자의 체형, 체내 방사성물질 주입량 및 방사성 의약품의 시간에 따른 체내 이동 분포를 포함한 PET 촬영 조건이 입력되면 상기 데이터베이스로부터 자동으로 전신 내부 장기별 피폭선량 값을 산출할 수 있다.

[0016] 일 실시예에서, 상기 환자의 정맥에 상기 PET용 방사성 의약품을 주입하고 일정시간 이상 대기한 이후, 상기 CT 촬영부는 상기 환자의 촬영 부위별 인체 두께 변화에 따라 동작 조건을 자동으로 변형해가며 촬영하며, 상기 PET 촬영부는 상기 환자의 촬영 부위에 따라 상기 PET용 방사성 의약품의 체내 분포 정보를 촬영하고, 상기 제어부는, 상기 CT 촬영부 및 상기 PET 촬영부의 정보를 기반으로 상기 데이터베이스로부터 산출된 PET 내부 피폭선량 평가 결과와 CT 외부 피폭선량 결과를 합산하여 PET-CT 촬영에 따른 환자의 내외부 장기별 피폭선량을 평가하며, 상기 평가 결과에 따라 상기 전신의 내외부 장기별 피폭선량 값을 통합하여 방사선 감수성을 고려한 조직가중치를 장기별로 곱하고 합산하여 상기 환자의 유효선량을 산출할 수 있다.

[0017] 본 발명의 다른 측면에 따르면, CT 촬영 모사부에 의해, 전산팬텀을 이용하여 CT촬영을 전산모사하는 단계; PET 촬영 모사부에 의해, 상기 전산팬텀을 이용하여 PET 촬영을 전산모사하는 단계; 제어부에 의해, 상기 CT촬영을 전산모사하는 단계, 상기 PET 촬영을 전산모사하는 단계의 정보를 데이터베이스에 저장하는 단계; CT 촬영부에 의해, 환자에게 엑스레이(X-ray) 빔을 조사하여 CT촬영하는 단계; PET 촬영부에 의해, 상기 환자의 체내에 주입

된 PET용 방사성 의약품으로부터 등방성으로 방출되는 베타레이(Beta-ray) 및 감마레이(Gamma-ray) 중 체외로 빠져나온 방사선을 감지하는 PET촬영하는 단계; 및 상기 제어부에 의해, 상기 CT 촬영하는 단계, 상기 PET 촬영하는 단계 및 상기 데이터베이스의 정보를 기반으로, 환자의 유효선량을 산출하는 단계;를 포함하는 PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 방법이 제공된다.

- [0018] 일 실시예에서, 상기 CT 촬영을 전산모사하는 단계는 상기 환자의 키 방향으로 머리 끝에서 발끝 방향의 나선형 영상 획득 방식으로 단위길이별 인체 내부구조를 촬영하고, 인체의 위치별 두께 변화에 따라 방사선 빔의 양을 자동으로 조절할 수 있다.
- [0019] 일 실시예에서, 상기 PET용 방사성 의약품은 양전자를 방출하는 방사성동위원소를 사용할 수 있다.
- [0020] 일 실시예에서, 전산팬텀은 체형별 남성 및 여성 모델을 모사하는 사면체 메시형 팬텀으로 이루어질 수 있다.
- [0021] 일 실시예에서, 상기 데이터베이스는, 상기 CT 촬영 모사부 및 상기 PET 촬영 모사부를 이용하여 사전에 계산된 촬영 조건별 외부 피폭선량을 저장하는 외부 피폭선량 데이터부; 및 상기 PET 촬영 모사부를 이용한 촬영 조건별 체내 각각의 구획화된 범위 중심에서의 점선원별 내부 피폭선량을 저장하는 내부 피폭선량 데이터부;를 포함할 수 있다.
- [0022] 일 실시예에서, 상기 CT 촬영을 전산모사하는 단계는, 상기 CT 촬영부의 X-ray 발생 구조와 환자 스캔원리를 정밀하게 모사하는 단계; 및 상기 전산팬텀의 머리 끝부터 발 끝까지 단위 거리 이동 마다 전신의 외부 장기별 피폭선량을 산출하여 데이터베이스화 하는 단계;를 포함하고, 상기 유효선량을 산출하는 단계는 상기 환자의 체형, CT 촬영 범위 및 X-ray 빔 조사 조건을 포함한 CT 촬영 조건이 입력되면 상기 데이터베이스로부터 자동으로 전신 외부 장기별 피폭선량 값을 산출할 수 있다.
- [0023] 일 실시예에서, 상기 전산팬텀의 단위 사면체의 무게중심점 혹은 상기 전산팬텀 전체를 포함하는 가상의 3차원 그리드 구조에서 각각의 단위 복셀 중심으로부터 등방성하게 방출되는 방사선원에 의한 전신의 내부 장기별 피폭선량을 산출하여 데이터 베이스화하고, 상기 유효선량을 산출하는 단계는 상기 환자의 체형, 체내 방사성물질 주입량 및 방사성 의약품의 시간에 따른 체내 이동 분포를 포함한 PET 촬영 조건이 입력되면 상기 데이터베이스로부터 자동으로 전신 내부 장기별 피폭선량 값을 산출하는 단계;를 포함할 수 있다.
- [0024] 일 실시예에서, 상기 환자의 정맥에 상기 PET용 방사성 의약품을 주입하고 일정시간 이상 대기하는 단계; 상기 CT 촬영부에 의해 상기 환자의 촬영 부위별 인체 두께 변화에 따라 동작 조건을 자동으로 변형해가며 촬영하는 단계; 상기 PET 촬영부에 의해 상기 환자의 촬영 부위에 따라 상기 PET용 방사성 의약품의 체내 분포 정보를 촬영하는 단계; 상기 CT 촬영부 및 상기 PET 촬영부의 정보를 기반으로 상기 데이터베이스로부터 산출된 PET 내부 피폭선량 평가 결과와 CT 외부 피폭선량 결과를 합산하여 PET-CT 촬영에 따른 환자의 내외부 장기별 피폭선량을 평가하는 단계; 및 상기 평가 결과에 따라 상기 전신의 내외부 장기별 피폭선량 값을 통합하여 방사선 감수성을 고려한 조직가중치를 장기별로 곱하고 합산하여 상기 환자의 유효선량을 산출하는 단계;를 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0025] 본 발명의 일 실시예에 따른 PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 시스템 및 방법은 사전에 몬테칼로 전산모사를 이용하여 계산된 다양한 체형별, 다양한 방사선원 조건별 체내 장기별 피폭선량 데이터를 구축한 후, 환자별 PET 촬영에 따른 환자 몸에 주입한 방사성물질이 체내에서 시간에 따라 이동하는 분포를 모델링함으로써 인체 내부로부터 조사되는 방사선 피폭 조건과 CT 촬영에 따른 인체 외부로부터 조사되는 방사선 피폭 조건을 복합적으로 고려하여 환자의 내외부 피폭선량을 검출하고 이를 통해 유효선량을 산출할 수 있으므로, 환자별 인체 위해도를 정확히 평가할 수 있다.
- [0026] 본 발명의 일 실시예에 따른 PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 시스템 및 방법은 전산팬텀으로서 사면체 메시형 전산 팬텀을 사용함으로써, 매우 작거나 복잡한 장기 조직까지 모사할 수 있으므로, 방사선량 평가의 정확성을 크게 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0027] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 시스템의 블록도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 시스템에 적용되는 인체 전산팬텀을 나타내는 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 시스템의 특정 시간대의 전신 방사성 물질 분포 정보이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 시스템의 장기별 피폭선량 값을 수치화한 표이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 방법의 CT 촬영 모사의 순서도이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 방법의 PET 촬영 모사의 순서도이다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 방법의 환자 체내 피폭선량 산출의 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0028] 이하, 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 동일 또는 유사한 구성요소에 대해서는 동일한 참조부호를 붙였다.
- [0030] 이하에서는 도면을 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 시스템을 보다 상세히 설명하도록 한다.
- [0031] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 시스템의 블록도이고, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 시스템에 적용되는 인체 전산팬텀을 나타내는 도면이다.
- [0032] 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 시스템(100)은 CT 촬영부(110), PET 촬영부(120), 모사부(130), 데이터베이스(140) 및 제어부(150)를 포함할 수 있다.
- [0033] PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 시스템(100)은 사전에 계산된 부위별 체내 피폭선량 데이터와 환자의 체내 방사선 물질의 이동경로를 기반으로 촬영환자의 유효선량을 예측할 수 있다. 이때, PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 시스템(100)은 PET 내부 피폭선량 평가 결과와 CT 외부 피폭선량 결과를 합산하여 내외부 피폭선량을 검출할 수 있다.
- [0034] CT 촬영부(110)는 환자에게 방사선 빔을 조사할 수 있다. 이때, CT 촬영부(110)는 환자의 키 방향으로 머리 끝에서 발끝 방향의 나선형 영상 획득 방식으로 단위길이별 인체 내부구조를 촬영할 수 있다. 여기서, CT 촬영부(110)는 팬빔(111)을 내측에 구비할 수 있다. 이때, 팬빔(111)은 CT 촬영부(110)의 내부에서 360도로 회전하면서 90-120 kVp의 엑스레이(X-ray)를 조사할 수 있다.
- [0035] 여기서, CT 촬영부(110)는 방사선 빔의 양을 자동으로 조절하는 자동화시스템이 장착될 수 있다. 이때, 자동화시스템은 환자의 인체의 위치별 두께 변화에 따라 방사선 빔의 양을 조절할 수 있다. 이에 따라, CT 촬영부(110)는 환자의 체형 마다 CT 영상 촬영 조건이 변하고, 촬영 부위에 따라 주요하게 피폭되는 장기의 종류가 다르기 때문에 환자의 외부 피폭선량의 차이가 발생할 수 있다.
- [0036] PET 촬영부(120)는 환자의 체내 주입된 PET용 방사성 의약품으로부터 등방성으로 방출되는 베타레이(Beta-ray) 및 감마레이(Gamma-ray) 중 체외로 빠져나온 방사선을 감지할 수 있다. 이 때, PET 촬영부(120)는 2개의 511 keV 감마레이(Gamma-ray)를 감지할 수 있다. 여기서, PET용 방사성 의약품은 환자의 정맥을 통해 체내로 주입될 수 있다. 이때, PET용 방사성 의약품은 ^{15}O , ^{62}Cu , ^{13}N , ^{11}C , ^{68}Ga , ^{18}F 및 ^{64}Cu 등의 양전자를 방출하고 반감기가 짧은 방사성동위원소를 사용할 수 있다. 여기서 PET용 방사성 의약품은 사이클로트론(Cyclotrons)과 같은 입자가속기를 사용하여 생산되고, 평상시 주기적으로 일정량 저장되어 있다가 필요한 경우, 발생기를 통해 추출될 수 있다. 또한, PET 촬영부 근처에서 PET용 방사성 의약품이 추출될 수 있다. 이때, PET용 방사성 의약품은 생산된 이후 수 시간 내에 투여될 수 있다. 여기서, PET용 방사성 의약품은 환자의 체내 중앙 조직에 집적될 수 있다.
- [0037] 모사부(130)는 전산팬텀(131), CT 촬영 모사부(132) 및 PET 촬영 모사부(133)를 포함할 수 있다. 이때, 모사부

(130)는 실제 인체와 유사한 구조를 갖는 전산팬텀(131)에 대해 실제 PET-CT 촬영을 전산모사할 수 있다. 여기서 모사부(130)는 몬테칼로 선량계산을 위한 전산팬텀(131)을 포함할 수 있다.

[0038] 도 2를 참조하면, 전산팬텀(131)은 실제 인체와 유사한 구조로 형성된 팬텀일 수 있다. 이때, 전산팬텀(131)은 사면체 메시형 팬텀일 수 있다. 여기서, 사면체 메시형 팬텀은 매우 작거나 복잡한 장기 조직까지 모사할 수 있다. 이때, 사면체 메시형 팬텀은 자세 및 체형 변형이 용이하여 다양한 체형이나 움직임까지 고려한 정밀한 선량 평가를 할 수 있다. 일례로, 사면체 메시형 팬텀은 다양한 체형의 환자를 모사할 수 있도록 열가지 이상의 남성 및 여성 인체 모델을 구현할 수 있다.

[0039] 이와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 시스템 및 방법(100)은, 전산팬텀(131)으로서 사면체 메시형 전산 팬텀을 사용함으로써, 매우 작거나 복잡한 장기 조직까지 모사할 수 있으므로, 방사선량 평가의 정확성을 크게 향상시킬 수 있다.

[0040] 한편, 도 1을 참조하면, CT 촬영 모사부(132)는 전산팬텀(131)에 실제 CT촬영을 전산모사 할 수 있다. 이때, CT 촬영 모사부(132)는 몬테칼로 전산모사를 활용하여 CT 촬영 조건에 따라 방사선원 발생 분포를 모사할 수 있다. 여기서, CT 촬영 모사부(132)는 X-ray 발생 구조와 환자 스캔 원리를 모사할 수 있다. 한편, 촬영 모사부(132)는 방사선원 발생 분포에 따라 ICRP 기준 전산팬텀(131)에 대해 외부피폭선량을 계산할 수 있다. 이때, CT 촬영 모사부(132)는 전산팬텀(131)의 키 방향으로 머리 끝에서 발끝 방향의 나선형 영상 획득 방식으로 단위길이별 인체 내부구조의 촬영을 전산모사 할 수 있다.

[0041] PET 촬영 모사부(133)는 전산팬텀(131)에 실제와 유사한 PET를 전산모사 할 수 있다. 이때, PET 촬영 모사부(133)는 전산팬텀(131)의 단위 사면체의 무게중심점 혹은 전산팬텀(131) 전체를 포함하는 가상의 3차원 그리드 구조에서 각각의 단위 복셀 중심으로부터 등방성하게 방출되는 방사선원에 의한 전신의 내부 피폭선량을 산출할 수 있다.

[0042] 데이터베이스(140)는 모사부(130)의 장기별 피폭선량 데이터를 저장할 수 있다. 이때, 데이터베이스(140)는 외부 피폭선량 데이터부(141) 및 내부 피폭선량 데이터부(142)를 포함할 수 있다.

[0043] 외부 피폭선량 데이터부(141)는 CT 촬영 모사부(132)를 이용하여 사전에 계산된 촬영 조건별 외부 피폭선량이 저장될 수 있다. 여기서, 조건별 외부 피폭선량은 다양한 촬영 조건별로 산출될 수 있다. 이때, 외부 피폭선량 데이터부(141)는 CT의 방사선원 구조 정보를 입력할 시 즉각적으로 환자의 장기별 피폭선량을 추출할 수 있다.

[0044] 내부 피폭선량 데이터부(142)는 체내 각각의 구획화 된 범위 중심에서의 점선원별 내부 피폭선량이 저장될 수 있다. 여기서, 조건별 내부 피폭선량은 PET 촬영 모사부(133)의 다양한 촬영 조건별로 산출될 수 있다. 이때, 내부 피폭선량 데이터부(142)는 PET의 방사선원 구조 정보를 입력할 시 즉각적으로 환자의 장기별 피폭선량을 추출할 수 있다.

[0045] 이에 의해, PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 시스템(100)은 환자 체형 및 CT 또는 PET 촬영 조건에 따라 별도의 전산모사 없이 외부 또는 내부 피폭선량을 산출할 수 있다.

[0046] 제어부(150)는 CT 촬영부(110), PET 촬영부(120), 모사부(130) 및 데이터베이스(140)의 동작을 제어할 수 있다. 이때, 제어부(150)는 유효선량 산출부(151)를 포함할 수 있다. 일례로, 제어부(150)는 CT 촬영 모사부(132), PET 촬영 모사부(133)에서 감지된 정보를 가공하여 데이터베이스(140)에 저장하도록 제어할 수 있다.

[0047] 보다 구체적으로, 제어부(150)는 CT 촬영 모사부(132)로부터 제공된 전산팬텀(131)의 슬라이스별 방사선원 발생 분포를 저장할 수 있다. 이때, 제어부(150)는 전산팬텀(131)에서 구획화된 슬라이스별 외부 피폭선량을 외부 피폭선량 데이터부(141)에 저장할 수 있다.

[0048] 한편, 제어부(150)는 PET 촬영 모사부(132)에서 방사선원 발생 분포에 따른 전산팬텀(131)을 3차원적으로 구획화 할 수 있다. 이때, 제어부(150)는 구획화 된 전산팬텀(131)의 각 구역에서 등방성으로 방출되는 기준 방사선원을 감지하여 장기별 피폭선량 값을 산출할 수 있다. 여기서, 제어부(150)는 전산팬텀(131)의 장기별 내부 피폭선량 정보를 내부 피폭선량 데이터부(142)에 저장할 수 있다.

[0049] 유효선량 산출부(151)는 환자의 유효선량을 산출할 수 있다. 이때, 유효선량은 인체의 여러 조직이 방사선에 균일 또는 불균일하게 조사된 경우, 조직별 상대적인 위험도의 차이를 반영하여 전체적 영향을 평가하기 위해 도입된 물리량이다. 여기서, 유효선량 산출부(151)는 환자의 체형, CT 촬영 범위 및 X-ray 빔 조사 조건을 포함한 CT 촬영 조건이 입력되면 데이터베이스(140)로부터 자동으로 전신 외부 피폭선량 값을 산출할 수 있다. 또한, 유효선량 산출부(151)는 환자의 체형, 체내 방사성물질 주입량 및, PET용 방사성 의약품의 시간에 따른 체내 이

동 분포를 포함한 PET 촬영 조건이 입력되면 데이터베이스(140)로부터 자동으로 전신 내부 피폭선량 값을 산출할 수 있다. 최종적으로, 유효선량 산출부(151)는 전신의 내외부 장기별 피폭선량 값을 통합하여 방사선 감수성을 고려한 조직가중치를 장기별로 곱하고 합산함으로써 유효선량을 산출할 수 있다.

- [0050] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 시스템의 특정 시간대의 전신 방사성 물질 분포 정보이다.
- [0051] 도 3을 참조하면, 환자의 체내 방사성 물질 분포정보는 환자의 체내 혈류속도, 혈류량, 장기 구조 및 PET용 방사성 의약품과 같이 주입되는 생리식염수의 양 등 여러 변수에 따라 달라질 수 있다. 이에, PET 촬영부(120)는 체내 PET용 방사성 의약품에 의한 인체 내부 피폭선량을 평가하기 위해 특정 시간대의 전신 방사성물질 분포정보를 촬영할 수 있다. 이때, PET 촬영부(120)는 PET용 방사성 의약품 주입 시작시점, 중간 시점, 마지막 최종 촬영 시점을 촬영할 수 있다. 여기서, PET 촬영부(120)는 시간별 PET용 방사성 의약품의 변화를 모델링 할 수 있다. 한편, PET 촬영부(120)는 Dynamic-PET를 이용할 수 있다. 이때, Dynamic-PET는 체내 PET용 방사성 의약품의 분포정보를 실시간으로 촬영할 수 있다.
- [0053] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 시스템에 적용되는 전산 팬텀을 3차원으로 구현화한 구조이고, 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 시스템의 장기별 피폭선량 값을 수치화한 표이다.
- [0054] 도 4 및 도 5를 참조하면, 내부 피폭선량 데이터부(142)는 좌표 표시부(142a), 장기 표시부(142b), 에너지 영역 표시부(142c), 장기별 등가선량 표시부(142d), 장기별 조직가중치 표시부(142e) 및 유효선량 표시부(142f)를 포함할 수 있다.
- [0055] 내부 피폭선량 데이터부(142)는 PET 촬영 모사부(133)에서 전산팬텀(131)에 방사선원을 모사한 정보가 3차원으로 구현화된 영역에 반영되어 산출된 장기별 피폭선량이 저장될 수 있다. 이때, 내부 피폭선량 데이터부(142)는 장기별 피폭선량에 조직가중치를 반영하여 산출된 유효선량이 저장될 수 있다.
- [0056] 좌표 표시부(142a)는 전산팬텀(131)을 3차원적으로 구현화한 각 좌표가 표시될 수 있다.
- [0057] 장기 표시부(142b)는 전산팬텀(131)의 유효선량 평가에 필요한 주요 내부 장기가 표시될 수 있다. 이때, 장기 표시부(142b)는 유효선량을 계산하기 위해 형성될 수 있다. 여기서, 장기 표시부(141b)는 국제적으로 제시하는 인체 내의 27개의 장기가 표시될 수 있다.
- [0058] 에너지 영역 표시부(142c)는 각 구역에서 등방성하게 방출되는 에너지 영역을 표시할 수 있다. 이때, 에너지 영역 표시부(142c)는 각 구역의 기준 방사선원을 정의할 수 있다.
- [0059] 장기별 등가선량 표시부(142d)는 장기 표시부(142b)에서 표시된 장기별 등가선량이 표시될 수 있다. 이때, 등가선량은 방사선 종류에 의한 특정 장기나 조직 체적의 평균 흡수선량에 기초를 둘 수 있다. 여기서, 방사선 종류는 인체에 입사하거나 체내에 존재하는 방사성핵종이 방출하는 방사선의 정류에 에너지에 대해 주어질 수 있다. 이때, 장기나 조직에서의 방사선 종류에 따른 등가선량은 방사선 종류의 방사선 가중치에 평균 흡수선량을 곱한 것으로 정의된다. 여기서, 등가선량은 장기나 조직에서 노출되는 모든 방사선 종류에 대한 등가선량의 합산 값이 아닌 각 방사선 종류에 대해 분리되어 표시될 수 있다. 일례로, 감마선 등가선량, 중성자 등가선량으로 표시될 수 있다. 한편, 방사선 종류에 따른 방사선 가중치는 방사선 유형에 따라 값이 정해질 수 있다. 일례로, 광자, 전자 또는 뮤온에 따른 방사선 가중치 값은 1일 수 있다. 또한, 양성자 및 하전 파이온에 따른 방사선 가중치 값은 2일 수 있다. 이때, 알파 입자, 핵분열파편, 중이온에 따른 방사선 가중치 값은 20일 수 있다. 여기서, 중성자에 따른 방사선 가중치 값은 중성자 에너지의 연속함수를 따를 수 있다.
- [0060] 장기별 조직가중치 표시부(142e)는 국제적으로 수행된 암 위험에 대한 역학분석을 적용함으로써 개별 장기의 상대적 방사선 감수성이 다르다는 점을 토대로 도출된 방사선 피폭에 의한 위험도에 기여하는 장기별 상대 기여 정도를 표시하는 값일 수 있다. 여기서 암위험은 연령, 성 및 인구집단에 따라 차이가 있음에도 불구하고, 유효선량 계산에는 모든 연령과 남녀에 대하여 단일 세트의 조직가중치 사용할 수 있다.
- [0061] 유효선량 표시부(142f)는 장기별 등가선량 표시부(142d) 및 장기별 조직가중치 표시부(142e)를 기반으로 유효선량이 표시될 수 있다.
- [0063] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 방법의 CT 촬영 모사의 순서도이다.

- [0064] 도 6을 참조하면, PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 시스템 및 방법의 CT 촬영 모사 절차(200)는, CT 촬영을 전산모사 하는 단계(S210), 장기별 피폭선량을 산출하는 단계(S220) 및 외부 피폭선량을 데이터베이스화 하는 단계(S230)로 구성될 수 있다.
- [0065] 보다 상세히 설명하면, 도 6에 도시된 바와 같이, 먼저 CT촬영을 전산모사 한다(S210). 이때, CT촬영 모사부(132)는 전산팬텀(131)의 키 방향으로 머리 끝에서 발끝 방향의 나선형 영상 획득 방식으로 단위길이별 인체 내부구조 촬영을 모사할 수 있다. 여기서, 전산팬텀(131)은 다양한 체형의 남성 및 여성 모델을 모사하는 사면체 메시형 팬텀일 수 있다. 이때, 사면체 메시형 팬텀은 매우 작거나 복잡한 장기 조직까지 모사할 수 있다. 여기서, 사면체 메시형 팬텀은 자세 및 체형 변형이 용이하여 체형이나 움직임까지 고려한 정밀한 선량평가를 할 수 있다. 일례로, 사면체 메시형 팬텀은 다양한 체형의 환자를 모사할 수 있도록 열가지 이상의 남성 및 여성 인체 모델을 구현할 수 있다. 한편, CT촬영 모사부(132)는 CT 촬영부의 X-ray 발생 구조와 환자 스캔 원리를 모사할 수 있다. 여기서, CT촬영 모사부(132)의 슬라이스 두께는 가장 얇게 설정될 수 있다.
- [0066] 다음으로, 전산모사로 인한 전산팬텀(131)에 대한 외부 방사선 조사에 따른 장기별 피폭선량을 산출한다(S220). 이때, 외부 피폭선량은 CT 촬영 조건에 따라 상이할 수 있다. 여기서, 외부 피폭선량은 전산팬텀(131)의 장기별로 산출될 수 있다. 이때, 외부 피폭선량은 방사선원 발생 분포에 따라 ICRP 기준 전산팬텀(133)에 대해 산출될 수 있다.
- [0067] 다음으로, 장기별 외부 피폭선량 값이 데이터베이스화 되어 저장된다(S230). 이때, 장기별 외부 피폭선량 값은 환자의 체형별로 외부 피폭선량 데이터부(141)에 저장될 수 있다. 여기서, CT촬영 모사부(132)는 전산팬텀(131)의 머리 끝부터 발 끝까지 단위 거리 이동 마다 전신의 외부 피폭선량을 산출하여 데이터 베이스화 할 수 있다.
- [0069] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 방법의 PET 촬영 모사의 순서도이다.
- [0070] 도 7을 참조하면, PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 시스템 및 방법의 PET 촬영 모사 절차(300)는 PET 촬영을 전산모사 하는 단계(S310), 방사선원으로부터의 내부 장기별 피폭선량을 산출하는 단계(S320) 및 내부 피폭선량을 데이터베이스화 하는 단계(S330)로 구성될 수 있다.
- [0071] 보다 상세히 설명하면, 도 7에 도시된 바와 같이, 먼저 PET 촬영 모사부(133)는 PET촬영 정보를 토대로 주입된 방사성의약품의 체내 분포를 모델링하고 시간에 따른 방사선 방출을 전산모사 한다(S310). 이때, PET 촬영 모사부(133)는 몬테카를로 전산모사를 활용하여 환자의 체형과 유사한 전산팬텀(131)에 실제와 유사한 체내 방사선 발생 분포를 모사함으로써 PET 촬영을 전산모사 할 수 있다.
- [0072] 다음으로, 가상의 3차원 그리드 구조에서 전산팬텀 전신의 단위 위치별로 등방성하게 방출되는 베타레이(Beta-ray) 및 감마레이(Gamma-ray) 방사선원으로부터의 내부 장기별 피폭선량 값을 산출한다(S320). 여기서, PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 시스템(100)은 각각의 전산팬텀(131)의 단위 사면체의 무게중심점 혹은 단위 복셀 중심에서의 점선원별 구역마다 등방성하게 방출되는 방사선원으로부터 내부 장기별 피폭선량 값을 산출할 수 있다.
- [0073] 다음으로, 전신의 내부 피폭선량 값이 데이터베이스화 되어 저장된다(S330). 이때, 전신의 내부 장기별 피폭선량 값은 환자의 체형별로 내부 피폭선량 데이터부(142)에 저장될 수 있다.
- [0075] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 방법의 환자 체내 피폭선량 산출의 순서도이다.
- [0076] 도 8을 참조하면, PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 시스템 및 방법의 환자 체내 피폭선량 계산 절차(400)는 환자에게 PET용 방사성 의약품을 주입하는 단계(S410), 일정시간 대기하는 단계(S420), CT 촬영하는 단계(S430), PET 촬영하는 단계(S440), 내외부 장기별 피폭선량 산출하는 단계(S450) 및 환자의 유효선량 산출하는 단계(S460)를 포함할 수 있다.
- [0077] 보다 상세히 설명하면, 도 8에 도시된 바와 같이, 먼저 환자의 체내에 정맥을 통해 PET용 방사성 의약품이 주입될 수 있다(S410). 이때, 환자는 PET용 방사성 의약품과 함께 생리식염수도 주입될 수 있다. 여기서, PET용 방사성 의약품은 ^{15}O , ^{62}Cu , ^{13}N , ^{11}C , ^{68}Ga , ^{18}F 및 ^{64}Cu 등의 양전자를 방출하고 반감기가 짧은 방사성동위원소를 사용할 수 있다. 이때, PET용 방사성 의약품은 사이클로트론(Cyclotrons)과 같은 입자가속기를 사용하여 생산되고, 평상시 주기적으로 일정량 저장되어 있다가 필요한 경우 발생기를 통해 추출될 수 있다. 또한, PET

촬영부 근처에서 PET용 방사성 의약품이 추출될 수 있다. 이때, PET용 방사성 의약품은 생산된 이후 수 시간 내에 투여될 수 있다. 여기서, PET용 방사성 의약품은 환자의 체내 종양 조직에 집적될 수 있다.

[0078] 다음으로, 환자는 일정시간 대기할 수 있다(S420). 이때, 환자의 체내는 PET용 방사성 의약품이 전신에 퍼지는 시간을 기다릴 수 있다. 여기서, PET용 방사성 의약품은 환자의 체내 종양 조직내에 집적될 수 있다. 일례로, 대기하는 일정시간은 1시간일 수 있다.

[0079] 다음으로, 환자는 촬영부위에 맞는 세팅으로 CT를 촬영한다(S430). 이때, CT 촬영부(110)는 환자를 중심으로 팬빔(111)이 내부에서 360도로 회전하면서 90-120 kVp의 엑스레이(X-ray)를 조사할 수 있다. 여기서, CT 촬영부(110)는 환자의 키 방향으로 머리 끝에서 발끝 방향의 나선형 영상 획득 방식으로 단위길이별 인체 내부구조를 촬영할 수 있다. 이때, CT 촬영부(110)는 자동으로 환자의 촬영 부위별 인체 두께 변화에 따라 동작 조건을 자동으로 변형해가며 촬영할 수 있다.

[0080] 다음으로, 환자의 촬영 부위에 따라 PET용 방사성 의약품의 체내 분포 정보를 PET 촬영부로 촬영한다(S440). 이때, PET용 방사성 의약품은 환자의 혈류속도, 장기구조 및 환자의 건강 상태에 따라 전신에 퍼지는 속도가 달라질 수 있다. 여기서, PET 촬영부(120)는 PET용 방사성 의약품이 투입된 시점, 중간 시점, 최종 촬영 시점 이렇게 세 번의 시간대에서 PET 촬영을 하고, 시간에 따른 방사성의약품의 체내 분포를 모델링할 수 있다.

[0081] 다음으로, PET-CT 촬영에 따른 환자의 내외부 장기별 피폭선량을 평가한다(S450). 이때, 환자의 CT 촬영을 기반으로 데이터베이스(142)로부터 산출된 CT 외부 피폭선량과 PET 촬영에 의해 모델링된 체내 전신 방사선원 분포를 기반으로 데이터베이스(142)로부터 산출된 PET 내부 피폭선량을 합산하여 PET-CT 촬영에 따른 환자의 내외부 장기별 피폭선량을 평가할 수 있다. 여기서, 외부 피폭선량은 CT 촬영부(110) 및 외부 피폭선량 데이터부(141)에 의해 산출될 수 있다. 일례로, 환자의 체형, CT 촬영 범위, X-ray 빔 조사 조건 등을 입력하면 자동으로 해당 외부 피폭선량 데이터부(141)로부터 전신 외부 피폭선량 값을 산출할 수 있다. 한편, 환자의 내부 피폭선량은 PET 촬영부(120)의 체내 전신 방사선원 분포 모델링 및 내부 피폭선량 데이터부(142)에 의해 산출될 수 있다. 일례로, 환자의 체형, 체내 방사성물질 주입량, PET용 방사성 의약품의 시간에 따른 체내 이동 분포 등을 입력하면 자동으로 해당 내부 피폭선량 데이터부(142)로부터 전신 내부 피폭선량 값을 산출할 수 있다.

[0082] 다음으로, 유효선량 산출부(151)는 환자의 유효선량을 산출할 수 있다(S460). 이때, 유효선량 산출부(151)는 전신의 내외부 장기별 피폭선량 값을 통합하여 방사선 감수성을 고려한 조직가중치를 장기별로 곱하고 합산함으로써 유효선량을 산출할 수 있다.

[0083] 이와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 시스템 및 방법(100)은 사전에 몬테카를로 전산모사를 이용하여 계산된 다양한 체형별, 다양한 방사선원 조건별 체내 장기별 피폭선량 데이터를 구축한 후, 환자별 PET 촬영에 따른 환자 몸에 주입한 방사성물질이 체내에서 시간에 따라 이동하는 분포를 모델링함으로써 인체 내부로부터 조사되는 방사선 피폭 조건과 CT 촬영에 따른 인체 외부로부터 조사되는 방사선 피폭 조건을 복합적으로 고려하여 환자의 내외부 피폭선량을 검출하고 이를 통해 유효선량을 산출할 수 있으므로, 환자별 인체 위해도를 정확히 평가할 수 있다.

[0085] 이상에서 본 발명의 일 실시예에 대하여 설명하였으나, 본 발명의 사상은 본 명세서에 제시되는 실시 예에 제한되지 아니하며, 본 발명의 사상을 이해하는 당업자는 동일한 사상의 범위 내에서, 구성요소의 부가, 변경, 삭제, 추가 등에 의해서 다른 실시 예를 용이하게 제안할 수 있을 것이나, 이 또한 본 발명의 사상범위 내에 든다고 할 것이다.

부호의 설명

[0086] 100: PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 시스템 및 방법

110: CT 촬영부 111: 팬 빔

120: PET 촬영부 130: 모사부

131: 전산팩텀 132: CT 촬영 모사부

133: PET 촬영 모사부 140: 데이터베이스

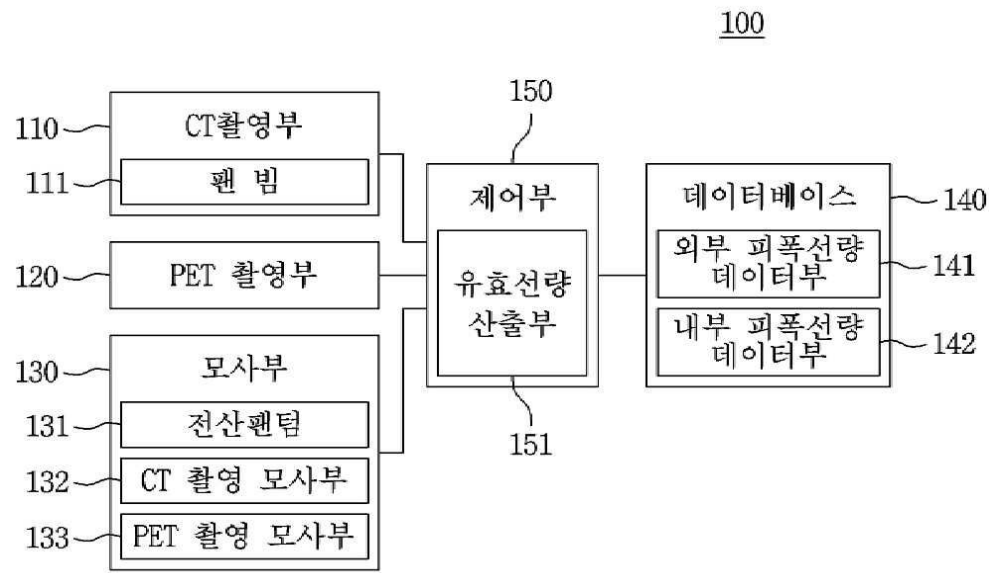
141: 외부 피폭선량 데이터부 142: 내부 피폭선량 데이터부

142a: 좌표 표시부 142b: 장기 표시부

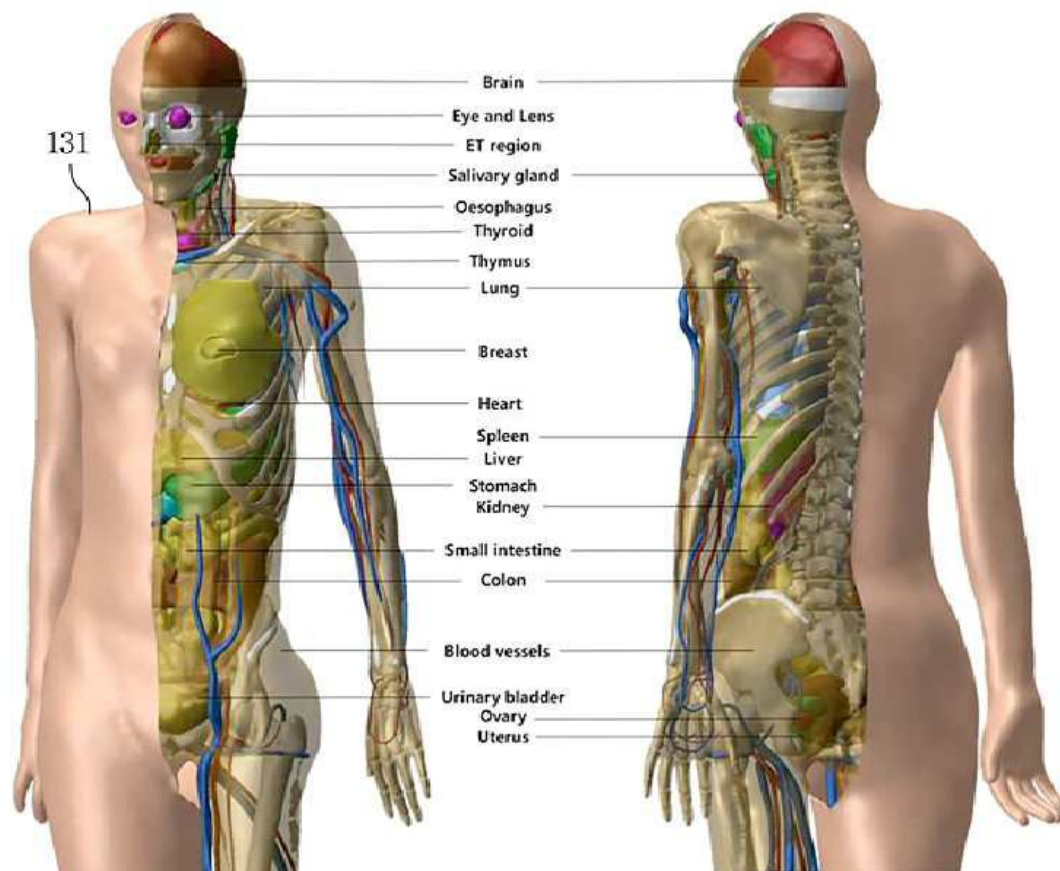
- 142c: 에너지 영역 표시부
- 142d: 장기별 등가선량 표시부
- 142e: 장기별 조직가중치 표시부
- 142f: 유효선량 표시부
- 150: 제어부
- 151: 유효선량 산출부

도면

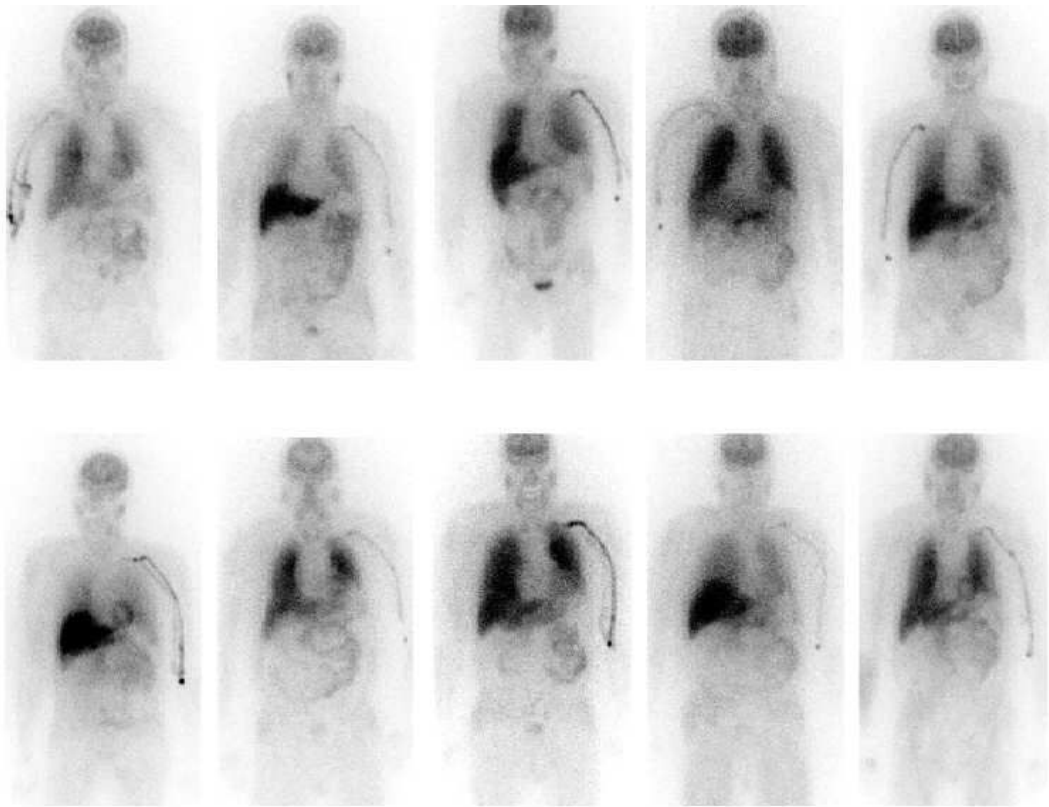
도면1



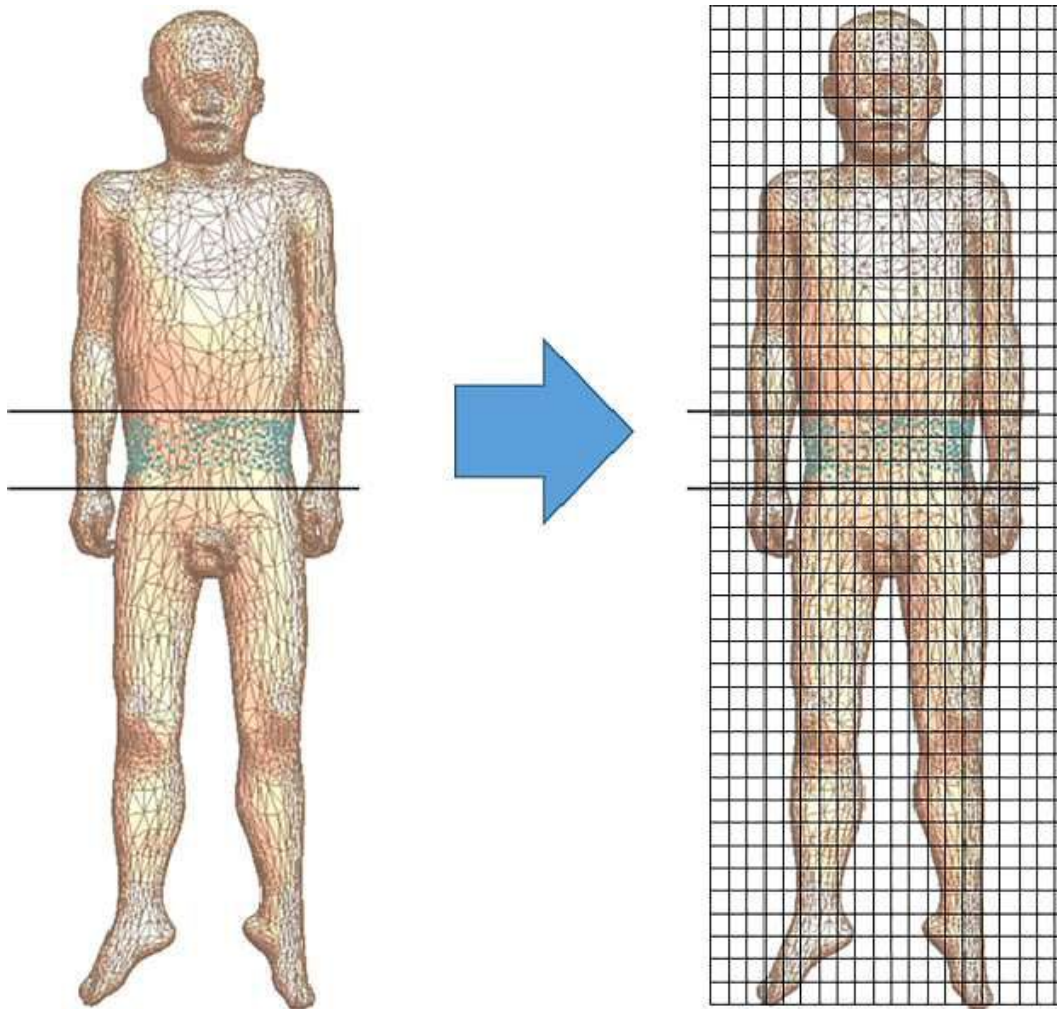
도면2



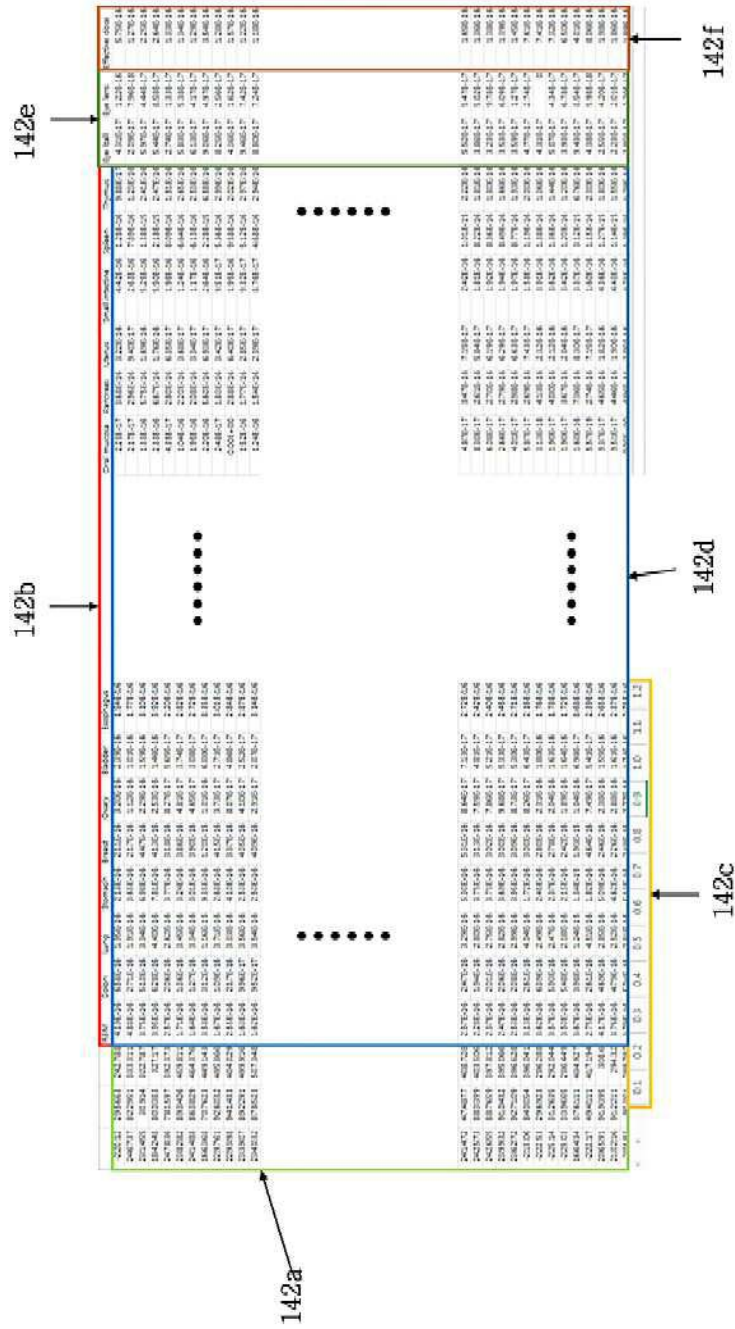
도면3



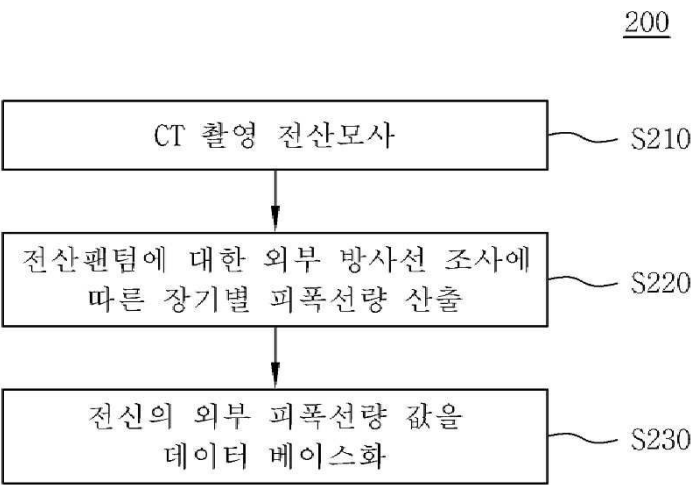
도면4



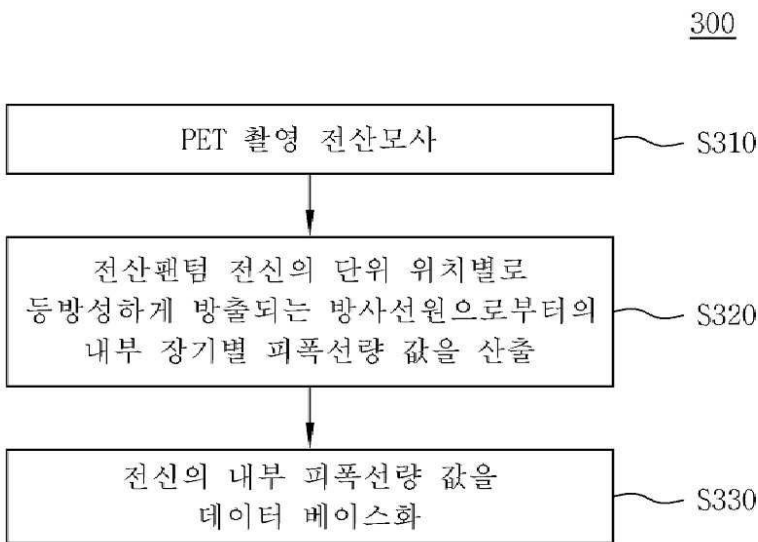
도면5



도면6

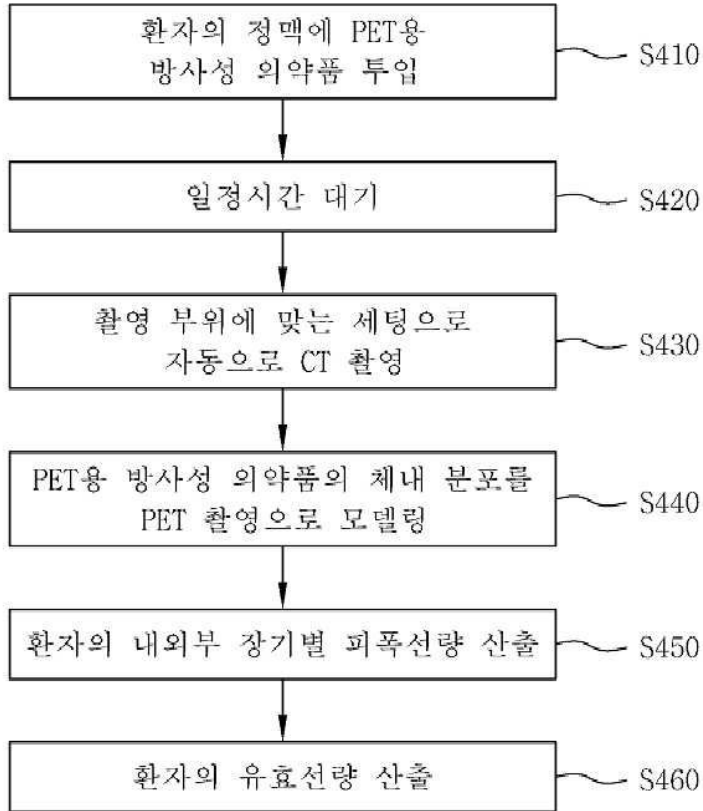


도면7



도면8

400



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 2

【변경전】

제1항에 있어서,

상기 CT 촬영부는,

상기 환자의 키 방향으로 머리 끝에서 발끝 방향의 나선형 영상 획득 방식으로 단위길이별 인체 내부구조를 촬영하고,

인체의 위치별 두께 변화에 따라 방사선 빔의 양을 자동으로 조절하는 자동화 시스템이 장착된 PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 시스템.

【변경후】

제1항에 있어서,

상기 CT 촬영부는,

상기 환자의 키 방향으로 머리 끝에서 발끝 방향의 나선형 영상 획득 방식으로 단위길이별 인체 내부구조를 촬영하고,

인체의 위치별 두께 변화에 따라 방사선 빔의 양을 자동으로 조절하는 자동화 시스템이 장착된 PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 시스템.

【직권보정 2】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 10

【변경전】

제9항에 있어서,

상기 CT 촬영하는 단계는,

상기 환자의 키 방향으로 머리 끝에서 발끝 방향의 나선형 영상 획득 방식으로 단위길이별 인체 내부구조를 촬영하고,

인체의 위치별 두께 변화에 따라 방사선 빔의 양을 자동으로 조절하는 PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 방법.

【변경후】

제9항에 있어서,

상기 CT 촬영하는 단계는,

상기 환자의 키 방향으로 머리 끝에서 발끝 방향의 나선형 영상 획득 방식으로 단위길이별 인체 내부구조를 촬영하고,

인체의 위치별 두께 변화에 따라 방사선 빔의 양을 자동으로 조절하는 PET-CT 촬영 환자맞춤형 유효선량 모니터링 방법.