



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년06월30일  
(11) 등록번호 10-2128268  
(24) 등록일자 2020년06월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
A61B 5/11 (2006.01) A61B 5/00 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
A61B 5/112 (2013.01)  
A61B 5/1128 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2018-0044312  
(22) 출원일자 2018년04월17일  
심사청구일자 2018년04월17일  
(65) 공개번호 10-2019-0120923  
(43) 공개일자 2019년10월25일  
(56) 선행기술조사문헌  
KR101272249 B1\*  
논문, A STUDY ON THE CORRELATION BETWEEN THE  
FOOT FEATURES AND GAIT CHARACTERISTICS DURING  
OVER-GROUND WALKING, 35th Conference of the  
International Society of Biomechanics in  
Sports, (2017. 06.)  
JP2013048701 A\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
한국과학기술연구원  
서울특별시 성북구 화랑로14길 5 (하월곡동)  
(72) 발명자  
김진욱  
서울특별시 성북구 화랑로14길 5  
문경률  
서울특별시 성북구 화랑로14길 5  
정환수  
서울특별시 성북구 화랑로14길 5  
(74) 대리인  
김영철, 김 순 영

전체 청구항 수 : 총 12 항

심사관 : 최석규

(54) 발명의 명칭 발 특성 정보를 이용한 보행 능력 예측 방법 및 시스템

(57) 요약

보행 능력 예측 시스템이 제공된다. 보행 능력 예측 시스템은 가상 보행 환경을 대상자에게 제공하고 상기 가상 보행 환경에 따른 상기 대상자의 발 특성 정보를 취득하는 발 특성 정보 취득부; 상기 대상자의 신체 움직임을 감지하고 상기 대상자의 신체 움직임 정보로부터 대상자의 보행 패턴 정보를 추출하는 모션 감지부; 상기 대상자의 발 특성 별 상기 대상자의 보행 패턴 정보를 저장하는 데이터 베이스부; 상기 대상자의 발 특성 정보에 대한 상기 대상자의 보행 패턴 정보의 관계를 분석하고, 기계 학습하여 상기 대상자의 발 특성에 대응되는 표준 보행 패턴 정보를 생성하는 표준 보행 패턴 정보 생성부; 및 새로운 대상자로부터 취득한 발 특성 정보를 상기 표준 보행 패턴 정보에 대입하여 상기 새로운 대상자의 보행 능력을 예측하는 보행 능력 예측부를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류  
*A61B 5/7264* (2013.01)

공지예외적용 : 있음

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

발판 상에 위치한 대상자의 발 깊이 영상을 획득하고, 상기 획득한 발 깊이 영상으로부터 발 특성 정보를 취득하는 발 특성 정보 취득부;

상기 대상자의 신체 움직임을 감지하고 상기 대상자의 신체 움직임 정보로부터 대상자의 보행 패턴 정보를 추출하는 모션 감지부;

상기 대상자의 발 특성 정보별 상기 대상자의 보행 패턴 정보를 저장하는 데이터 베이스부;

상기 대상자의 발 특성 정보에 대한 상기 대상자의 보행 패턴 정보의 관계를 분석하고, 기계 학습하여 상기 대상자의 발 특성에 대응되는 표준 보행 패턴 정보를 생성하는 표준 보행 패턴 정보 생성부; 및

새로운 대상자로부터 취득한 발 특성 정보를 상기 표준 보행 패턴 정보에 대입하여 상기 새로운 대상자의 보행 능력을 예측하는 보행 능력 예측부를 포함하는 보행 능력 예측 시스템.

#### 청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 발 특성 정보는 발바닥 형상, 발바닥 넓이, 발 아치의 위치, 발 아치의 폭, 발 아치 커브의 각도를 포함하는 보행 능력 예측 시스템.

#### 청구항 3

제2 항에 있어서,

상기 발 특성 정보 취득부는,

상기 발 깊이영상으로부터 MLA 곡선, LLA 곡선을 추출하고,

상기 MLA 곡선 및 상기 LLA 곡선 중 적어도 하나 이상을 기준으로 상기 발 특성 정보를 취득하는 보행 능력 예측 시스템.

#### 청구항 4

제1 항에 있어서,

상기 대상자의 보행 패턴 정보는 시간 파라미터 및 공간 파라미터를 포함하고,

상기 시간 파라미터는 스트라이드 시간, 스텝 시간, 스탠스 시간, 스윙 시간, 싱글 림 서포트 시간, 더블 림 서포트 시간 및 케이던스를 포함하고,

상기 공간 파라미터는 스트라이드 길이, 스텝 길이 및 보행 속도를 포함하는 보행 능력 예측 시스템.

#### 청구항 5

제4 항에 있어서,

상기 표준 보행 패턴 정보 생성부는 상기 발 특성 정보를 입력 값으로 사용하고, 상기 대상자의 보행 패턴 정보를 출력 값으로 사용하여 기계 학습을 수행하는 보행 능력 예측 시스템.

#### 청구항 6

제5 항에 있어서,

상기 표준 보행 패턴 정보 생성부는 딥 러닝을 통해 상기 표준 보행 패턴 정보를 생성하는 보행 능력 예측 시스템.

**청구항 7**

보행 능력 예측 시스템에서 수행되는 보행 능력 예측 방법으로,

상기 보행 능력 예측 시스템이, 발판 상에 위치한 대상자의 발 깊이 영상을 획득하고, 상기 획득한 발 깊이 영상으로부터 발 특성 정보를 취득하며, 상기 대상자의 신체 움직임을 감지하고 상기 대상자의 신체 움직임 정보로부터 대상자의 보행 패턴 정보를 추출하여, 상기 대상자의 발 특성 정보별 상기 대상자의 보행 패턴 정보를 저장하고, 상기 대상자의 발 특성 정보에 대한 상기 대상자의 보행 패턴 정보의 관계를 분석하고, 기계 학습하여 상기 대상자의 발 특성에 대응되는 표준 보행 패턴 정보를 구축하는 단계;

상기 보행 능력 예측 시스템이, 새로운 대상자로부터 발 특성 정보를 취득하는 단계; 및

상기 보행 능력 예측 시스템이, 상기 새로운 대상자의 발 특성 정보를 상기 표준 보행 패턴 정보에 대입하여 상기 새로운 대상자의 보행 능력을 예측하는 단계를 포함하는 보행 능력 예측 방법.

**청구항 8**

제7 항에 있어서,

상기 발 특성 정보는 발바닥 형상, 발바닥 넓이, 발 아치의 위치, 발 아치의 폭, 발 아치 커브의 각도를 포함하는 보행 능력 예측 방법.

**청구항 9**

제8 항에 있어서,

상기 발 특성 정보 취득부는,

상기 발 깊이영상으로부터 MLA 곡선, LLA 곡선을 추출하고,

상기 MLA 곡선 및 상기 LLA 곡선 중 적어도 하나 이상을 기준으로 상기 발 특성 정보를 취득하는 보행 능력 예측 방법.

**청구항 10**

제7 항에 있어서,

상기 대상자의 보행 패턴 정보는 시간 파라미터 및 공간 파라미터를 포함하고,

상기 시간 파라미터는 스트라이드 시간, 스텝 시간, 스탠스 시간, 스윙 시간, 싱글 림 서포트 시간, 더블 림 서포트 시간 및 케이던스를 포함하고,

상기 공간 파라미터는 스트라이드 길이, 스텝 길이 및 보행 속도를 포함하는 보행 능력 예측 방법.

**청구항 11**

제10 항에 있어서,

상기 표준 보행 패턴 정보를 구축하는 단계는,

상기 발 특성 정보를 입력 값으로 사용하고, 상기 대상자의 보행 패턴 정보를 출력 값으로 사용하여 기계 학습을 수행하는 보행 능력 예측 방법.

**청구항 12**

제11 항에 있어서,

상기 표준 보행 패턴 정보를 구축하는 단계는,

딥 러닝을 통해 상기 표준 보행 패턴 정보를 생성하는 보행 능력 예측 방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 보행 능력 예측 방법 및 시스템에 관한 것으로, 구체적으로 발 특성 정보를 이용한 보행 능력 예측 방법 및 시스템에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 보행은 가장 기본적인 인간의 이동 수단으로 개인 건강 정보, 병적 증상 및 동작에 대한 의도를 포함하고 있다. 보행의 정량적 평가를 통해 근골격계 및 신경 질환을 진단하고 모니터링 할 수 있고, 체계적인 치료에 대한 효과를 판단할 수 있으며, 외과적 수술 결정 및 수술 후 검토에 활용될 수 있다. 이러한 보행 능력은 운동학적, 운동역학적, 생체신호적 관점에서 분석이 가능하나, 보행 능력을 정량화 하기 위해서는 고가의 적외선 카메라, 경험이 풍부한 실험자, 고가의 바닥 센서(Ground Reaction Force), 압력 센서, 근전도(Electromyography) 등과 같은 인력 및 장비가 필요하다.

[0003] 종래, 상술한 장비를 활용한 보행 능력 평가 방법은 많은 기기 및 인력이 투입됨에 따라 비용이 많이 발생했을 뿐만 아니라, 거동이 불편한 환자가 상술한 실험을 모두 수행할 수 없어 정확한 결과 데이터를 취하기 어려운 단점이 있었다.

[0004] 따라서, 간단한 테스트만으로 보행 능력 및 보행 특성을 예측할 수 있는 시스템 및 방법이 요구되고 있는 실정이다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

[0005] (특허문헌 0001) 미국 특허 공보 US7467060B2 (2008년 12월 16일)

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0006] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로, 구체적으로, 발 특성 정보를 이용한 보행 능력 예측 방법 및 시스템에 관한 것이다.

**과제의 해결 수단**

[0007] 본 명세서의 일 실시예에 따른 보행 능력 예측 시스템은 발판 상에 위치한 대상자의 발 깊이 영상을 획득하고, 상기 획득한 발 깊이 영상으로부터 발 특성 정보를 취득하는 발 특성 정보 취득부; 상기 대상자의 신체 움직임을 감지하고 상기 대상자의 신체 움직임 정보로부터 대상자의 보행 패턴 정보를 추출하는 모션 감지부; 상기 대상자의 발 특성 정보별 상기 대상자의 보행 패턴 정보를 저장하는 데이터 베이스부; 상기 대상자의 발 특성 정보에 대한 상기 대상자의 보행 패턴 정보의 관계를 분석하고, 기계 학습하여 상기 대상자의 발 특성에 대응되는 표준 보행 패턴 정보를 생성하는 표준 보행 패턴 정보 생성부; 및 새로운 대상자로부터 취득한 발 특성 정보를 상기 표준 보행 패턴 정보에 대입하여 상기 새로운 대상자의 보행 능력을 예측하는 보행 능력 예측부를 포함한다.

[0008] 일 실시예에서, 상기 발 특성 정보는 발바닥 형상, 발바닥 넓이, 발 아치의 위치, 발 아치의 폭, 발 아치 커브의 각도를 포함할 수 있다.

[0009] 일 실시예에서, 상기 발 특성 정보 취득부는, 상기 발 깊이영상으로부터 MLA 곡선, LLA 곡선을 추출하고, 상기 MLA 곡선 및 상기 LLA 곡선 중 적어도 하나 이상을 기준으로 상기 발 특성 정보를 취득할 수 있다.

[0010] 일 실시예에서, 상기 대상자의 보행 패턴 정보는 시간 파라미터 및 공간 파라미터를 포함하고, 상기 시간 파라미터는 스트라이드 시간, 스텝 시간, 스텝스 시간, 스윙 시간, 싱글 림 서포트 시간, 더블 림 서포트 시간, 케이던스 등을 포함하고, 상기 공간 파라미터는 스트라이드 길이, 스텝 길이, 보행 속도 등을 포함할 수 있다.

[0011] 일 실시예에서, 상기 표준 보행 패턴 정보 생성부는 상기 발 특성 정보를 입력 값으로 사용하고, 상기 대상자의 보행 패턴 정보를 출력 값으로 사용하여 기계 학습을 수행할 수 있다.

[0012] 일 실시예에서, 상기 표준 보행 패턴 정보 생성부는 딥 러닝을 통해 상기 표준 보행 패턴 정보를 생성할 수 있

다.

- [0013] 보행 능력 예측 방법은 발판 상에 위치한 대상자의 발 깊이 영상을 획득하고, 상기 획득한 발 깊이 영상으로부터 발 특성 정보를 취득하며, 상기 대상자의 신체 움직임을 감지하고 상기 대상자의 신체 움직임 정보로부터 대상자의 보행 패턴 정보를 추출하여, 상기 대상자의 발 특성 정보별 상기 대상자의 보행 패턴 정보를 저장하고, 상기 대상자의 발 특성 정보에 대한 상기 대상자의 보행 패턴 정보의 관계를 분석하고, 기계 학습하여 상기 대상자의 발 특성에 대응되는 표준 보행 패턴 정보를 구축하는 단계; 새로운 대상자로부터 발 특성 정보를 취득하는 단계; 및 상기 새로운 대상자의 발 특성 정보를 상기 표준 보행 패턴 정보에 대입하여 상기 새로운 대상자의 보행 능력을 예측하는 단계를 포함한다.
- [0014] 일 실시예에서, 상기 발 특성 정보는 발바닥 형상, 발바닥 넓이, 발 아치의 위치, 발 아치의 폭, 발 아치 커브의 각도를 포함할 수 있다.
- [0015] 일 실시예에서, 상기 발 특성 정보 취득부는, 상기 발 깊이영상으로부터 MLA 곡선, LLA 곡선을 추출하고, 상기 MLA 곡선 및 상기 LLA 곡선 중 적어도 하나 이상을 기준으로 상기 발 특성 정보를 취득할 수 있다.
- [0016] 일 실시예에서, 상기 대상자의 보행 패턴 정보는 시간 파라미터 및 공간 파라미터를 포함하고, 상기 시간 파라미터는 스트라이드 시간, 스텝 시간, 스탠스 시간, 스윙 시간, 싱글 림 서포트 시간, 더블 림 서포트 시간, 케이던스 등을 포함하고, 상기 공간 파라미터는 스트라이드 길이, 스텝 길이, 보행 속도 등을 포함할 수 있다.
- [0017] 일 실시예에서, 상기 표준 보행 패턴 정보를 구축하는 단계는, 상기 발 특성 정보를 입력 값으로 사용하고, 상기 대상자의 보행 패턴 정보를 출력 값으로 사용하여 기계 학습을 수행할 수 있다.
- [0018] 일 실시예에서, 상기 표준 보행 패턴 정보를 구축하는 단계는 딥 러닝을 통해 상기 표준 보행 패턴 정보를 생성할 수 있다.

**발명의 효과**

- [0019] 구축된 발 특성 정보에 대응되는 표준 보행 패턴 정보를 활용하여 간단히 취득된 발 특성 정보만으로 새로운 대상자의 실제 보행 능력에 대한 예측이 가능하다.
- [0020] 이에 따라, 보행 예측에 필요한 기기 및 인력의 투입이 절감될 수 있다.
- [0021] 또한, 간단한 테스트로 진행되는 바 많은 거동이 어려운 환자도 발 특성 정보 취득 테스트를 수행하여 실제 보행 예측 데이터를 획득할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0022] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 보행 능력 예측 시스템의 블록도이다.
- 도 2는 발 특성 정보 취득부의 예시도이다.
- 도 3은 발 깊이 영상 및 이로부터 취득되는 발 특성을 나타내는 예시도이다.
- 도 4는 모션 감지부에서 감지하는 시공간적 파라미터를 설명하는 예시도이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 발 특성 정보를 이용한 보행 능력 예측 방법의 순서도이다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 보행 예측 방법의 실험 결과를 도시한 그래프이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0023] 이하, 본 발명에 따른 바람직한 실시 형태를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 첨부된 도면과 함께 이하에 개시될 상세한 설명은 본 발명의 예시적인 실시형태를 설명하고자 하는 것이며, 본 발명이 실시될 수 있는 유일한 실시형태를 나타내고자 하는 것이 아니다. 이하의 상세한 설명은 본 발명의 완전한 이해를 제공하기 위해서 구체적 세부사항을 포함한다. 그러나, 당업자는 본 발명이 이러한 구체적 세부사항 없이도 실시될 수 있음을 인지할 수 있다. 이하의 설명에서 사용되는 특정 용어들은 본 발명의 이해를 돕기 위해서 제공된 것이며, 이러한 특정 용어의 사용은 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위에서 다른 형태로 변경될 수 있다.
- [0024] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 보행 능력 예측 시스템의 블록도이다. 도 2는 발 특성 정보 취득부의 예시도이다. 도 3은 발 깊이 영상 및 이로부터 취득되는 발 특성을 나타내는 예시도이다. 도 4는 모션 감지부에

서 감지하는 시공간적 파라미터를 설명하는 예시도이다.

- [0025] 도 1 내지 도 4를 참조하면, 보행 능력 예측 시스템(10)은 발 특성 정보 취득부(100), 모션 감지부(110), 데이터 베이스부(120), 표준 보행 패턴 정보 생성부(130) 및 보행 능력 예측부(140)를 포함한다.
- [0026] 실시예들에 따른 보행 능력 예측 시스템은, 전적으로 하드웨어이거나, 또는 부분적으로 하드웨어이고 부분적으로 소프트웨어인 측면을 가질 수 있다. 예컨대, 본 명세서의 보행 능력 예측 시스템 및 이에 포함된 각 부(unit)는, 특정 형식 및 내용의 데이터를 전자통신 방식으로 주고받기 위한 장치 및 이에 관련된 소프트웨어를 통칭할 수 있다. 본 명세서에서 "부", "모듈(module)", "서버(server)", "시스템", "장치" 또는 "단말" 등의 용어는 하드웨어 및 해당 하드웨어에 의해 구동되는 소프트웨어의 조합을 지칭하는 것으로 의도된다. 예를 들어, 여기서 하드웨어는 CPU 또는 다른 프로세서(processor)를 포함하는 데이터 처리 기기일 수 있다. 또한, 하드웨어에 의해 구동되는 소프트웨어는 실행중인 프로세스, 객체(object), 실행파일(executable), 실행 스레드(thread of execution), 프로그램(program) 등을 지칭할 수 있다.
- [0027] 또한, 보행 능력 예측 시스템을 구성하는 각각의 부는 반드시 물리적으로 구분되는 별개의 구성요소를 지칭하는 것으로 의도되지 않는다. 도 1에서 발 특성 정보 취득부(100), 모션 감지부(110), 데이터 베이스부(120), 표준 보행 패턴 정보 생성부(130) 및 보행 능력 예측부(140)는 서로 구분되는 별개의 블록으로 도시되나, 이는 보행 능력 예측 시스템을 구성하는 장치를 해당 장치에 의해 실행되는 동작에 의해 단지 기능적으로 구분한 것이다. 따라서, 실시예에 따라서는 발 특성 정보 취득부(100), 모션 감지부(110), 데이터 베이스부(120), 표준 보행 패턴 정보 생성부(130) 및 보행 능력 예측부(140)는 일부 또는 전부가 동일한 하나의 장치 내에 집적화될 수 있고, 하나 이상이 다른 부와 물리적으로 구분되는 별개의 장치로 구현될 수도 있으며, 분산 컴퓨팅 환경 하에서 서로 통신 가능하게 연결된 컴포넌트들일 수도 있다.
- [0028] 발 특성 정보 취득부(100)는 적어도 발판(101), 카메라(102) 및 발 특성 정보 생성부(103)를 포함한다. 발 특성 정보 취득부(100)는 발판(101) 상에 위치한 측정 대상자의 발(20)의 발 깊이영상을 취득할 수 있다. 도 2에 도시된 바와 같이, 카메라(102)는 발판(101) 하부에 위치하여, 발판(101) 상에 위치한 측정 대상자의 발(20)의 발 깊이영상을 획득할 수 있다. 카메라(102)는 발판(101) 상에 위치한 측정 대상자의 발(100)의 발바닥 면을 향하여 촬영할 수 있다. 발판(101)은 투명 재질이거나 불투명 재질일 수 있다. 또한 카메라(102)는 깊이 및 컬러(RGBD) 카메라, 또는 깊이 카메라일 수 있으나 이에 제한되지 않는다. 하기에서는 깊이 및 컬러 카메라를 이용하여 획득한 발 깊이영상을 기초로 발 특성 정보를 취득하는 것을 예로 들어 설명한다.
- [0029] 카메라(102)에서 촬영된 발 깊이영상은 발 특성 정보 생성부(103)로 제공되며, 발 특성 정보 생성부(103)는 획득한 발 깊이영상의 전처리 작업을 수행할 수 있다. 예컨대 발 특성 정보 생성부(103)는 발 깊이영상의 노이즈를 필터링할 수 있다. 필터링 후, 발 특성 정보 생성부(103)는 각 화소를 3차원 포인트 클라우드로 변환할 수 있다. 그 후 컬러영상의 각 화소를 깊이영상의 각 화소에 대응시켜 3차원 포인트 클라우드 색상정보를 생성할 수 있다.
- [0030] 도 3(a)는 상술한 필터링 작업 이후 생성된 깊이-컬러 형태의 발 깊이영상을 나타낸다.
- [0031] 발 특성 정보 생성부(103)는 발 깊이영상으로부터 발 특성 정보를 취득할 수 있다. 발 특성 정보는 발바닥에 관련된 임의의 정보로서, 발바닥 각 부분에 대한 형태, 전체적인 형태 및 특징에 대한 임의의 정보를 포함할 수 있다. 일 실시예에서 발 특성 정보는, 발바닥 형상, 발바닥 넓이, 발 아치의 위치, 발 아치의 폭, 발 아치 커브의 각도를 포함할 수 있다.
- [0032] 구체적으로, 발 특성 정보 생성부(103)는 MLA(Medial Longitudinal Arch; 내측 종족궁) 라인, LLA(Lateral Longitudinal Arch; 외측종아치) 라인을 발 깊이영상으로부터 추출할 수 있다. 여기서, MLA 라인은 발 뒤꿈치와 제1 중족골 관절(metatarsal joint)을 연결하는 라인이다. 제1 중족골 관절은 오른발의 경우 엄지 또는 검지 발가락의 중족골 관절일 수 있다. LLA 라인은 발 뒤꿈치와 제2 중족골 관절을 연결하는 라인이다. 제2 중족골 관절은 중지 또는 약지 발가락의 중족골 관절일 수 있다. 여기서, 발 뒤꿈치, 제1 중족골, 제2 중족골은 발 골격에서 지면에 닿는 부위에 해당하며, 각 지점을 연결하는 아치가 형성될 수 있다.
- [0033] 발 특성 정보 생성부(103)는 발 깊이영상으로부터 발바닥 접촉면 및 발바닥의 깊이 정보를 획득할 수 있으며, 상기 정보에 기초하여 MLA 라인에서 MLA 곡선을 추출하고, LLA 라인에서 LLA 곡선을 추출할 수 있다.
- [0034] 도 3(b)는 MLA 라인을 나타내는 예시적인 도면이다. 발 특성 정보 생성부(103)는 MLA 곡선 및 LLA 곡선 중 적어도 하나 이상을 기준으로 발 특성 정보를 취득할 수 있다. 발 특성 정보 생성부(103)는 MLA 곡선을 기준으로 발 특성을 나타내는 파라미터인 발 특성 정보(발 아치 높이, 발 길이, 발바닥 넓이, 아치 커브의 각도 등)를 취득



하고, LLA 곡선을 기준으로 발 특성 정보를 취득할 수 있다. 일 실시예에서 추출된 각 발 특성 정보는 정해진 비율에 따라 조합될 수 있다. 다만, 이에 한정되는 것은 아니며, 발 특성 정보 생성부(103)는 MLA 곡선 또는 LLA 곡선을 이용하여 발 특성 정보를 추출할 수도 있다.

[0035] 발 특성 정보 취득부(100)는 대상자가 정적인 고정된 자세를 취하는 동안 발 특성 정보를 취득할 수 있다. 여기서, 고정된 자세는 측정 대상자가 소정 각도(예컨대 90도)로 무릎을 구부린 자세, 무릎을 펴고 양발로 서있는 자세, 한발로 서있는 자세 중 적어도 하나 이상을 포함할 수 있다. 발 특성 정보 취득부(100)는 각 고정된 자세에서 상술한 발 특성 정보를 취득할 수 있으며, 각 자세에 따른 파라미터의 변화량이 계산될 수 있다. 다만, 이에 한정되는 것은 아니며 발 특성 정보 취득부(100)는 대상자가 상술한 고정된 자세가 아닌 다른 자세에서도 상술한 발 특성 정보를 취득할 수도 있으며, 대상자가 동적인 자세를 취하는 동안 상기 발 특성 정보를 취득할 수도 있다. 몇몇 실시예에서, 발 특성 정보 취득부(100)는 대상자가 자세를 용이하게 취할 수 있도록 보조하는 지지 부재 및 현재 발 특성 정보 취득의 안내하고, 취득되는 과정을 표시하는 표시 부재를 더 포함할 수 있다.

[0036] 발 특성 정보 취득부(100)에서 취득된 발 특성 정보는 데이터 베이스부(120)에 제공될 수 있다. 여기서, 발 특성 정보 취득부(100)는 발 특성 정보 외에 대상자의 나이 정보, 성별 정보, 보행과 관련된 질환 정보, 다리 체형 특성 등과 같은 측정 대상의 신체 정보를 더 수집할 수 있고, 수집된 신체 정보를 발 특성 정보에 포함하여 데이터 베이스부(120)에 제공할 수도 있다.

[0037] 모션 감지부(110)는 대상자의 신체 움직임을 감지하고, 대상자의 신체 움직임 정보로부터 대상자의 보행 패턴 정보를 추출한다. 모션 감지부(110)는 관성 측정 센서(IMU)를 포함하는 웨어러블 모션 캡처 시스템으로 구성될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 대상자는 모션 감지부(110)가 작동되는 환경하에서 실제 보행을 자유롭게 수행할 수 있다. 모션 감지부(110)는 가상 공간에서 제공되는 보행 환경이 아닌 실제 환경에서의 대상자의 보행 특성을 감지하고, 추출한다. 모션 감지부(110)에서 추출되는 보행 특성 데이터는 표준 보행 패턴 정보를 생성하기 위한 샘플 데이터일 수 있다.

[0038] 모션 감지부(110)는 실제 보행 시 대상자의 움직임을 감지할 수 있으며, 감지된 대상자 신체 움직임 정보로부터 대상자의 보행 패턴 정보를 추출할 수 있다. 추출된 대상자의 보행 패턴 정보는 시간 파라미터 및 공간 파라미터를 포함할 수 있다. 구체적으로, 도 4에 도시된 바와 같이, 모션 감지부(110)는 시간 파라미터로써, 스트라이드 시간(Stride time: 한발의 HS 시각과 다음 HS 시각의 사이 시간), 스텝 시간(Step time, 한발의 HS 시각과 다른 발의 HS 시각의 사이 시간), 스텝스 시간(Stance time, 한발의 HS 시각과 TO 시각의 사이 시간), 스윙 시간(Swing time, 한발의 TO 시각과 HS 시각의 사이 시간), 싱글 림 서포트 시간(Single limb support time, 한 발로 지지되고 있는 시간), 더블 림 서포트 시간(Double limb support time, 양발로 지지되고 있는 시간), 케이던스(Cadence, 스텝과 스텝 사이 시각) 등을 각 발을 기준으로 추출할 수 있다. 또한, 모션 감지부(110)는 공간 파라미터로써, 스트라이드 길이(Stride length), 스텝 길이(Step length), 보행 속도(Gait velocity) 등을 추출할 수 있다.

[0039] 모션 감지부(110)에서 대상자의 보행 패턴 정보는 데이터 베이스부(120)에 제공될 수 있다.

[0040] 데이터 베이스부(120)는 대상자의 발 특성 정보별 대상자의 보행 패턴 정보를 저장할 수 있다.

[0041] 상술한 발 특성 정보 취득부(100)와 모션 감지부(110)에서의 데이터 수집 과정을 통해 데이터 베이스부(120)에 대상자별 대상자의 보행 패턴 정보와 관련된 샘플 데이터가 구축될 수 있다.

[0042] 표준 보행 패턴 정보 생성부(130)는 상기 대상자의 발 특성 정보에 대한 상기 대상자의 보행 패턴 정보의 관계를 분석하고, 기계 학습하여 상기 대상자의 발 특성 정보에 대응되는 표준 보행 패턴 정보를 생성한다.

[0043] 표준 보행 패턴 정보 생성부(130)는 데이터 베이스부(120)에 구축된 발 특성 정보 및 실제 보행 패턴 정보를 기초로 상기 대상자의 발 특성 정보에 대한 상기 대상자의 보행 패턴 정보의 관계를 분석하고 기계 학습을 통해 대상자의 발 특성 정보에 대응되는 표준 보행 패턴 정보를 생성할 수 있다. 이때, 위에서 언급한 발 특성의 인자들을 모두 고려하여 대상자의 발 특성 별 표준 보행 패턴을 생성할 수도 있지만, 추출된 보행 패턴과 연관성이 큰 특징점 또는 특징 인자인 경우에는 가중치를 더 부여할 수 있다. 즉, 다시 말하면, 보행 패턴과의 연관성의 정도(상관도)에 따라서, 대상자의 발 특성 정보의 인자 각각에 각각 다른 가중치를 부여한 후에 표준 보행 패턴 정보를 생성할 수도 있다.

[0044] 발은 체중에 의해 가해지는 하중의 50%~60%를 지지하고, 보행 시 추진력을 제공하고 자세를 제어하는 바, 발 특성 정보는 인체 보행에 밀접한 영향을 미칠 수 있다. 특히, 발의 구조적 이상은 보행 시 비정상적인 압력 분포를 유발하여 보행 능력을 저하시키고, 부상을 유발할 수 있다. 따라서, 발 특성 정보만으로도 충분히 개인의 보



행 패턴의 예측이 가능할 수 있다.

- [0045] 표준 보행 패턴 정보 생성부(130)는 발 특성 정보를 입력 값으로 사용하고, 대상자의 보행 패턴 정보를 출력 값으로 사용하여 기계 학습을 수행할 수 있다. 보행 패턴의 학습은 기존의 기계 학습 모델 방식을 이용할 수 있다. 즉, 차원 변환을 이용해 효율적 최적화 문제로 해답을 찾아내는 학습 모델인 SVR(Support Vector Machine Regression)이나, 데이터 밀도 분포를 multivariate Gaussian으로 가정해 데이터 분포를 예측하는 확률에 기반한 학습 모델인 GMR(Gaussian Mixture Regression)이나, 데이터 차원을 필수 저차원으로 전환(Principle Component Analysis)하여 최적화 문제로 해답을 찾아가는 학습 모델인 EM 기법을 이용할 수 있다.
- [0046] 위와 같은 표준 보행 패턴 데이터베이스를 생성하기 위해서 N명의 사람들로부터 각 개인의 발 특성 정보 및 추출된 보행 패턴을 데이터 베이스부(120)에 저장한다. 이때, N 명의사람들의 발 특성 정보들을 M개의 군으로 나눈다. 여기서 정확한 M 수치는 군으로 나누어주는 클러스터링 기법에 의해서 정해될 수 있다. 이렇게 각 군이 정해지면, 각 군마다 발 특성 정보와 대표 보행패턴을 생성한다. 각 군의 발 특성 정보 특징점은 그 군에 속해 있는 발 특성 정보 특징점들의 평균값으로 정의될 수 있다. 각 군의 대표 보행 패턴은 그 군에 속한 발 특성 정보들의 보행패턴들의 함수 예측(Function Approximation) 모델을 통해 얻을 수 있다. 함수 예측 기법은 크게 선형 기법과 비선형 기법이 있는데, 어느 기법을 쓰는지는 실제 데이터의 각 군에 가장 적합한 모델을 선택할 수 있다.
- [0047] 또한, 표준 보행 패턴 정보 생성부(130)는 인간의 두뇌가 수많은 데이터 속에서 패턴을 발견한 뒤 사물을 구분하는 정보처리 방식을 모방해 컴퓨터가 사물을 분별하도록 기계 학습을 수행시키는 딥 러닝(deep learning)을 통해서 표준 보행 패턴 데이터베이스를 생성할 수 있다. 즉, 표준 보행 패턴 정보 생성부(130) 발 특성 정보를 입력 값으로 사용하고, 대상자의 보행 패턴 정보를 출력 값으로 하는 추상화된 모델을 구축할 수 있다. 표준 보행 패턴 정보 생성부(130)는 입력층과 출력층 사이에 다중의 은닉층(hidden layer)이 존재하는 심층(deep) 신경망 모델, 동물의 시각 피질의 구조와 유사하게 뉴런 사이의 연결 패턴을 형성하는 컨볼루션(convolutional) 신경망 모델, 시간에 따라 매순간 신경망을 쌓아올리는 채귀(recurrent) 신경망 모델, 입력 집합에 대한 확률 분포를 학습할 수 있는 제한 볼츠만 머신(restricted Boltzmann machine) 중 하나의 딥 러닝 모델을 사용할 수 있다. 다만, 상술한 방법은 일 예시일 뿐 본 발명의 일 실시예에 따른 기계 학습 방법이 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0048] 이와 같은 기계 학습 학습 과정을 거쳐 표준 보행 패턴 정보 생성부(130)는 발 특성 정보에 대응되는 표준 보행 패턴 정보를 생성할 수 있다. 이러한 발 특성 정보에 대응되는 표준 보행 패턴 정보는 데이터 베이스(120)에 새로운 데이터가 누적되거나, 일정 주기에 따라 새로 업데이트될 수 있다.
- [0049] 보행 능력 예측부(140)는 상기 생성된 표준 보행 패턴 정보를 활용하여 새로운 대상자의 보행 능력을 예측한다.
- [0050] 새로운 대상자는 발 특성 정보 취득부(100)를 통해 발 특성 정보만이 취득된다. 즉, 새로운 대상자는 모션 감지부(110)를 통해 실제 신체 움직임에 따른 보행 패턴 정보가 취득될 필요가 없다. 보행 능력 예측부(140)는 새로운 대상자의 발 특성 정보를 상기 생성된 표준 보행 패턴 정보에 대입하여 상기 새로운 대상자의 보행 능력을 예측할 수 있다.
- [0051] 본 발명의 일 실시예에 따른 보행 능력 예측 방법은 간단한 발 특성 정보를 취득하는 테스트만으로 대상자의 보행 능력 및 보행 특성을 예측할 수 있다. 즉, 구축된 발 특성 정보에 대응되는 표준 보행 패턴 정보를 활용하여 간단한 발 특성 정보 취득 테스트만으로도 새로운 대상자의 실제 보행 능력에 대한 예측이 가능하다. 이에 따라, 보행 예측에 필요한 기기 및 인력의 투입이 절감될 수 있다. 또한, 간단한 테스트로 진행되는 바 많은 거동이 어려운 환자도 발 특성 정보 취득 테스트를 수행함으로써 실제 보행 예측 데이터를 획득할 수 있다.
- [0052] 이하, 본 발명의 일 실시예에 따른 발 특성 정보를 이용한 보행 능력 예측 방법에 대해 설명하도록 한다.
- [0053] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 발 특성 정보를 이용한 보행 능력 예측 방법의 순서도이다. 상기 방법은 상술한 도 1 내지 도 4의 시스템에서 수행될 수 있고, 본 실시예에 설명을 위해 도 1 내지 도 4가 참조될 수 있다.
- [0054] 도 5를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 발 특성 정보를 이용한 보행 능력 예측 방법은 발 특성 정보에 대응되는 표준 보행 패턴 정보를 구축하는 단계(S100), 평가 대상자의 발 특성 정보를 취득하는 단계(S110) 및 평가 대상자의 보행 능력을 예측하는 단계(S120)를 포함한다.
- [0055] 먼저, 발 특성 정보에 대응되는 표준 보행 패턴 정보를 구축한다(S100).

- [0056] 다수의 대상자로부터 발 특성 정보를 취득하고, 상기 다수의 대상자로부터 실제 보행 패턴 정보를 취득하여 데이터 베이스화한다. 발 특성 정보 취득부(100)는 발판 상에 위치한 측정 대상자의 발의 발 깊이영상을 취득하고, 취득된 발 깊이 영상으로부터 대상자의 발 특성 정보를 취득한다. 모션 감지부(110)는 대상자의 신체 움직임을 감지하고, 대상자의 신체 움직임 정보로부터 대상자의 보행 패턴 정보를 추출한다. 발 특성 정보 취득부(100)와 모션 감지부(110)에서의 데이터 수집 과정을 통해 데이터 베이스부(120)에 대상자 별 대상자의 보행 패턴 정보와 관련된 샘플 데이터가 구축될 수 있다.
- [0057] 표준 보행 패턴 정보 생성부(130)는 상기 대상자의 발 특성 정보에 대한 상기 대상자의 보행 패턴 정보의 관계를 분석하고, 기계 학습하여 상기 대상자의 발 특성에 대응되는 표준 보행 패턴 정보를 생성한다. 표준 보행 패턴 정보 생성부(130)는 발 특성 정보를 입력 값으로 사용하고, 대상자의 보행 패턴 정보를 출력 값으로 사용하여 기계 학습을 수행할 수 있다. 기계 학습 과정을 거쳐 표준 보행 패턴 정보 생성부(130)는 발 특성 정보 별 표준 보행 패턴 정보를 생성할 수 있다.
- [0058] 다음으로, 평가 대상자의 발 특성 정보를 취득한다(S110).
- [0059] 발 특성 정보 취득부(100)는 발판 상에 위치한 측정 대상자의 발의 발 깊이영상을 취득하고, 취득된 발 깊이 영상으로부터 대상자의 발 특성 정보를 취득한다. 여기서, 발 특성 정보는 발바닥에 관련된 임의의 정보로서, 발바닥 각 부분에 대한 형태, 전체적인 형태 및 특징에 대한 임의의 정보를 포함할 수 있다. 일 실시예에서 발 특성 정보는, 발바닥 형상, 발바닥 넓이, 발 아치의 위치, 발 아치의 폭, 발 아치 커브의 각도 중 적어도 하나에 대한 정보를 포함할 수 있다. 구체적으로, 발 특성 정보 취득부(100)는 MLA 라인, LLA 라인을 발 깊이영상으로부터 추출할 수 있다. 또한, 발 특성 정보 취득부(100)는 발 깊이영상으로부터 발바닥 접촉면 및 발바닥의 깊이 정보를 획득할 수 있으며, 상기 정보에 기초하여 MLA 라인에서 MLA 곡선을 추출하고, LLA 라인에서 LLA 곡선을 추출할 수 있다. 발 특성 정보 취득부(100)는 MLA 곡선 및 LLA 곡선 중 적어도 하나 이상을 기준으로 발 특성 정보(발 아치 높이, 발 길이, 발바닥 넓이, 아치 커브의 각도 등)를 추출할 수 있다. 이외에 발 특성 정보는 대상자의 나이 정보, 성별 정보, 보행과 관련된 질환 정보, 다리 체형 특성 등의 신체 정보를 더 포함할 수 있다. 새로운 대상자는 발 특성 정보 취득부(100)를 통해 발 특성 정보만이 취득된다. 즉, 새로운 대상자는 모션 감지부(110)를 통해 실제 신체 움직임에 따른 보행 패턴 정보가 취득될 필요가 없다.
- [0060] 평가 대상자의 보행 능력을 예측한다(S120).
- [0061] 보행 능력 예측부(140)는 상기 생성된 표준 보행 패턴 정보를 활용하여 새로운 대상자의 보행 능력을 예측한다. 보행 능력 예측부(140)는 새로운 대상자의 발 특성 정보를 상기 생성된 표준 보행 패턴 정보에 대입하여 상기 새로운 대상자의 보행 능력을 예측할 수 있다. 즉, 본 발명의 일 실시예에 따른 보행 능력 예측 방법은 간단한 발 특성 정보 취득 테스트만으로 대상자의 보행 능력 및 보행 특성을 예측할 수 있다. 즉, 구축된 발 특성 정보에 대응되는 표준 보행 패턴 정보를 활용하여 간단한 발 특성 정보 취득 테스트만으로도 새로운 대상자의 실제 보행 능력에 대한 예측이 가능하다. 이에 따라, 보행 예측에 필요한 기기 및 인력의 투입이 절감될 수 있다. 또한, 간단한 테스트로 진행되는 바 많은 거동이 어려운 환자도 발 테스트 수행을 통해 실제 보행 예측 데이터를 획득할 수 있다.
- [0062] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 보행 예측 방법의 실험 결과를 도시한 그래프이다.
- [0063] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 보행 예측 데이터와 대상자의 실제 보행 시 움직임 데이터의 오차를 검토한 그래프이다. 구축된 표준 보행 패턴 정보를 사용하여 평가 대상자로부터 취득한 발 특성 정보만으로 평가자의 보행 능력을 예측한 보행 예측 데이터와 상기 평가 대상자의 실제 모션을 감지한 실제 보행 데이터의 오차를 검토하였다.
- [0064] 여기서, Only LLA는 LLA 곡선에서만 발 특성 정보를 추출하고 이를 입력값으로 이용하여 표준 보행 패턴 정보를 구축한 실시예 1이며, Only MLA는 MLA 곡선에서만 발 특성 정보를 추출하고 이를 입력값으로 이용하여 표준 보행 패턴 정보를 구축한 실시예 2이다. LLA + MLA는 LLA 곡선 및 MLA 곡선 모두를 이용하여 표준 보행 패턴 정보를 구축한 실시예 3이며, Foot + Body Parameters는 발 특성 정보 및 대상자의 신체 정보를 모두 이용하여 표준 보행 패턴 정보를 구축한 실시예 4이다. Foot + Body Parameters + Label은 대상자를 일반인 또는 운동선수 두 집단으로 분류하고, 발 특성 정보 및 대상자의 신체 정보뿐만 아니라 대상자의 집단에 대한 표시(Label)까지 입력값으로 이용하여 표준 보행 패턴 정보를 구축한 실시예 5이다.
- [0065] 도 6(a) 내지 도 6(f)에 개시된 X축은 대상자의 보행 시 관측되는 각각의 시공간 파라미터[스트라이드 길이(Stride\_L), 스텝 길이(Step\_L), 싱글 림 서포트 시간(SLS\_T), 스윙 시간(Swing\_T), 스탠스 시간(Stance\_T),

보행 속도(Gait V)]를 나타내며, Y축은 각 시공간 파라미터에 대한 예측 데이터와 실제 데이터의 오차를 나타낸다. 또한, 시공간 파라미터에서 마지막 구분 문자는 대상자가 동작한 속도(F:fast, N:normal, S:slow)를 나타낸다.

[0066] 기계 학습을 통해 모델링에서 입력 변수가 다양해지면 더욱 정확한 모델링이 가능한 바, 실시예 1에서 실시예 5로 갈수록 모델링에 따라 상기 오차는 점점 감소하는 것을 알 수 있다. 다만, 입력 변수가 많아지는 것은 이를 획득하기 위한 부가적인 장치 및 인원이 필요할 수 있다. 실시예 1 및 실시예 2와 같이 MLA 파라미터와 LLA 파라미터를 각각 사용하였을 경우에는 실시예 4 및 5와 비교하여 다소 정확도가 떨어지는 것이 관측되었다. 하지만, 발 특성을 나타내는 MLA 파라미터와 LLA 파라미터 모두를 적용한 실시예 3은 실시예 4 및 실시예 5와 비교하여 오차 범위가 크지 않은 것이 확인되었다. 즉, 간단한 테스트로 취득한 발 특성 정보만을 이용하더라도 충분히 대상자의 보행 능력에 대한 예측이 가능한 것을 확인할 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 따른 보행 능력 예측 방법은 간단히 취득된 발 특성 정보만으로 새로운 대상자의 실제 보행 능력에 대한 예측을 가능하게 하며, 이에 따라, 보행 예측에 필요한 기기 및 인력의 투입이 절감시킬 수 있다.

[0067] 이상에서는 실시예들을 참조하여 설명하였지만 본 발명은 이러한 실시예들 또는 도면에 의해 한정되는 것으로 해석되어서는 안 되며, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

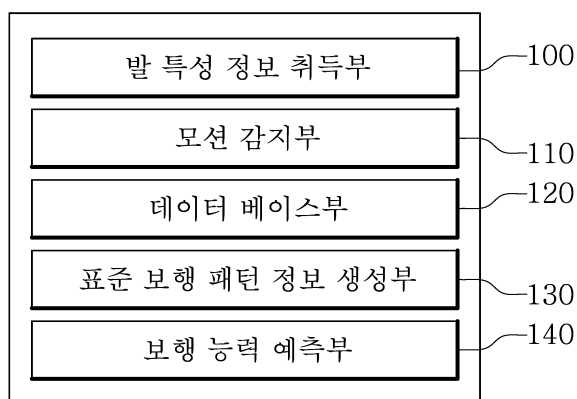
**부호의 설명**

- [0068] 100: 발 특성 정보 취득부
- 101: 발판
- 102: 카메라보행 동작 장치
- 103: 발 특성 정보 생성부
- 110: 모션 감지부
- 120: 데이터 베이스부
- 130: 표준 보행 패턴 정보 생성부
- 140: 보행 능력 예측부

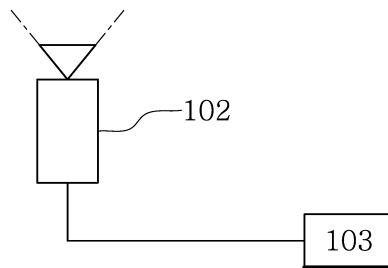
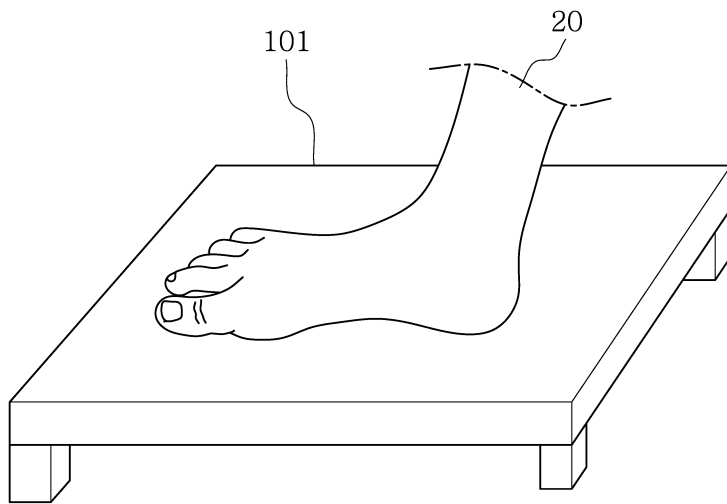
**도면**

**도면1**

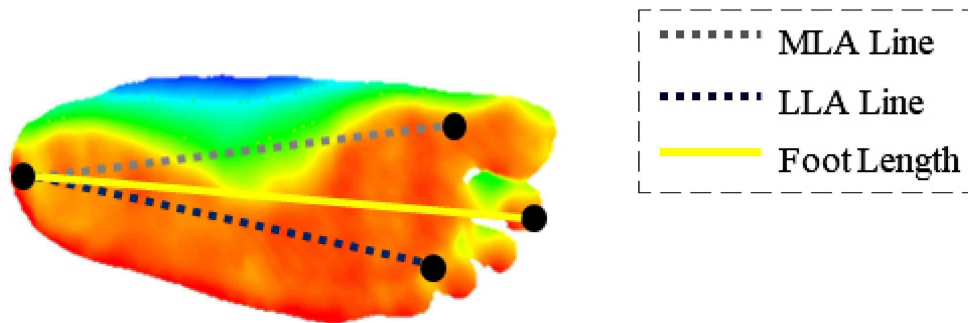
10



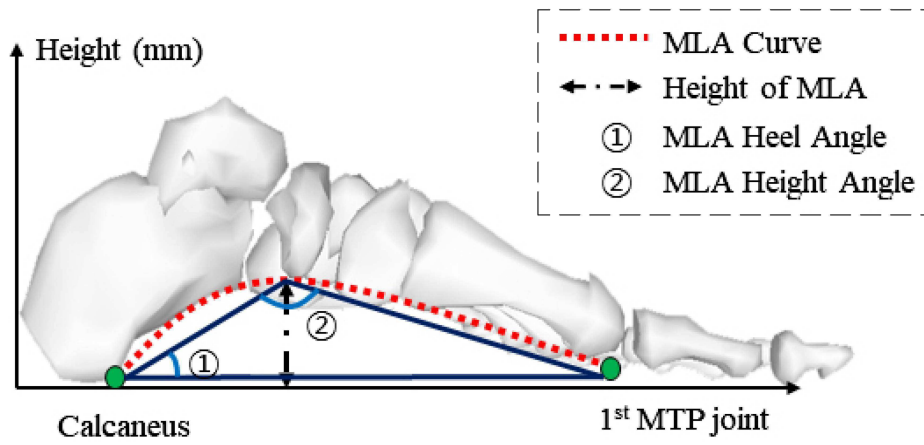
도면2



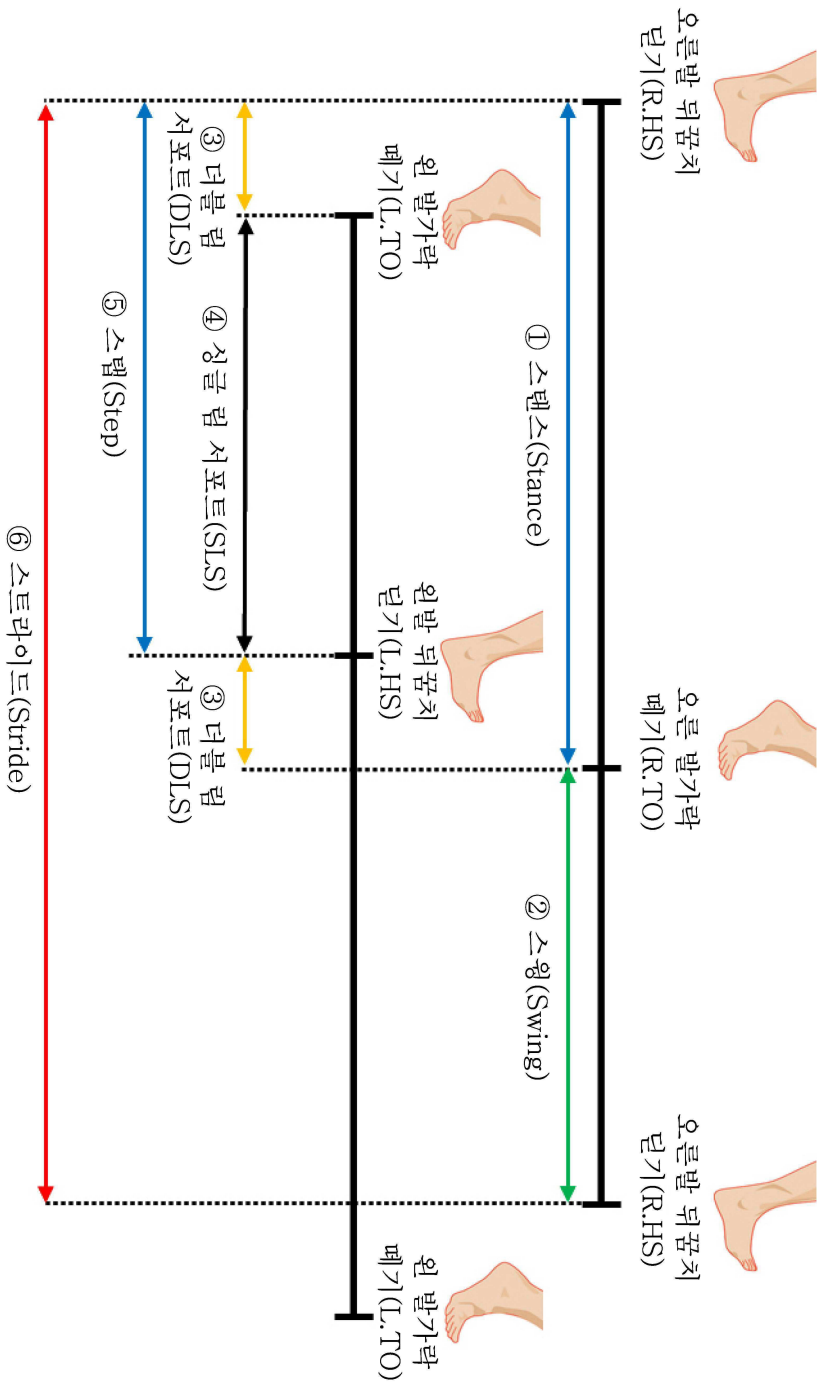
도면3a



도면3b

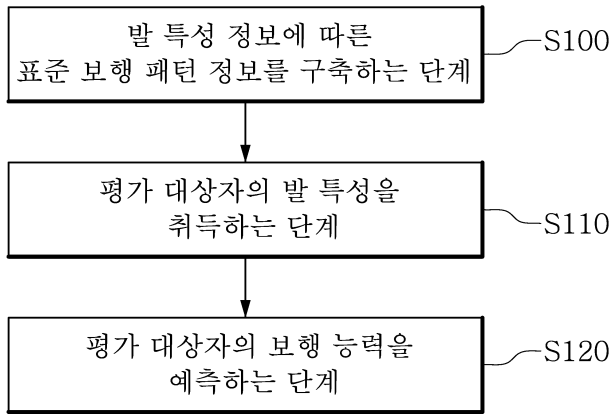


도면4

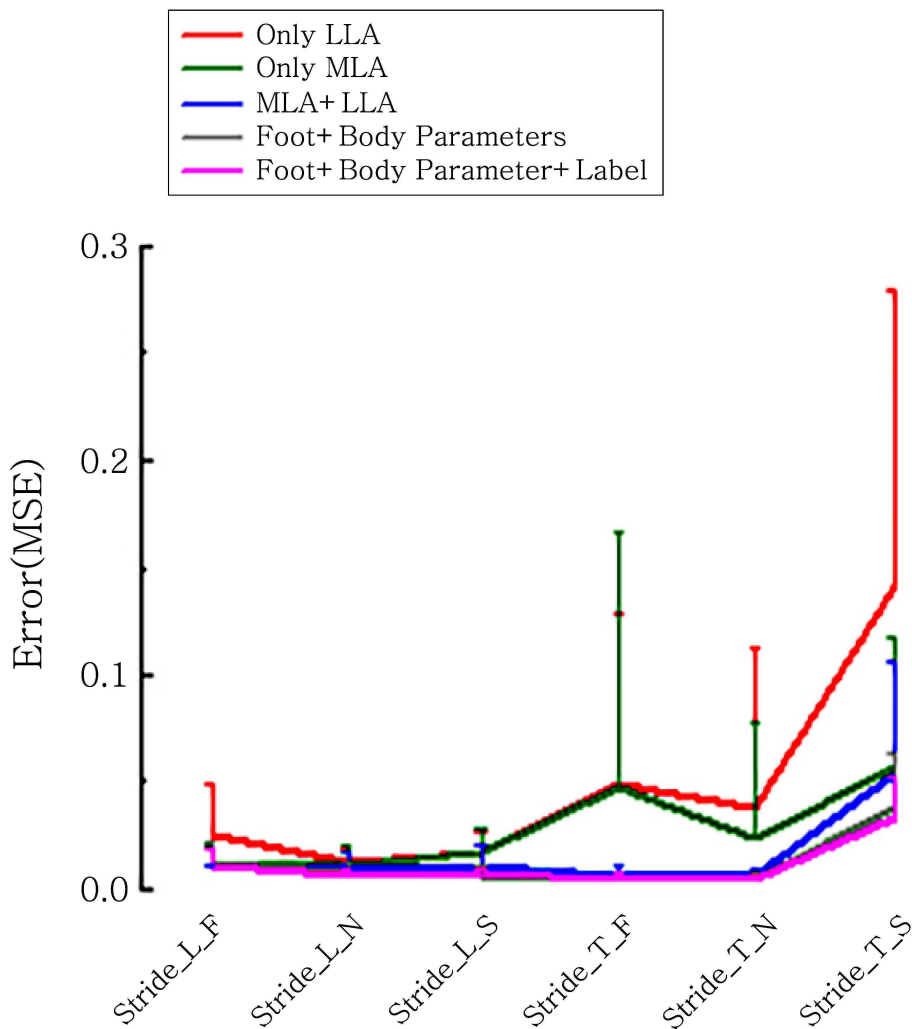




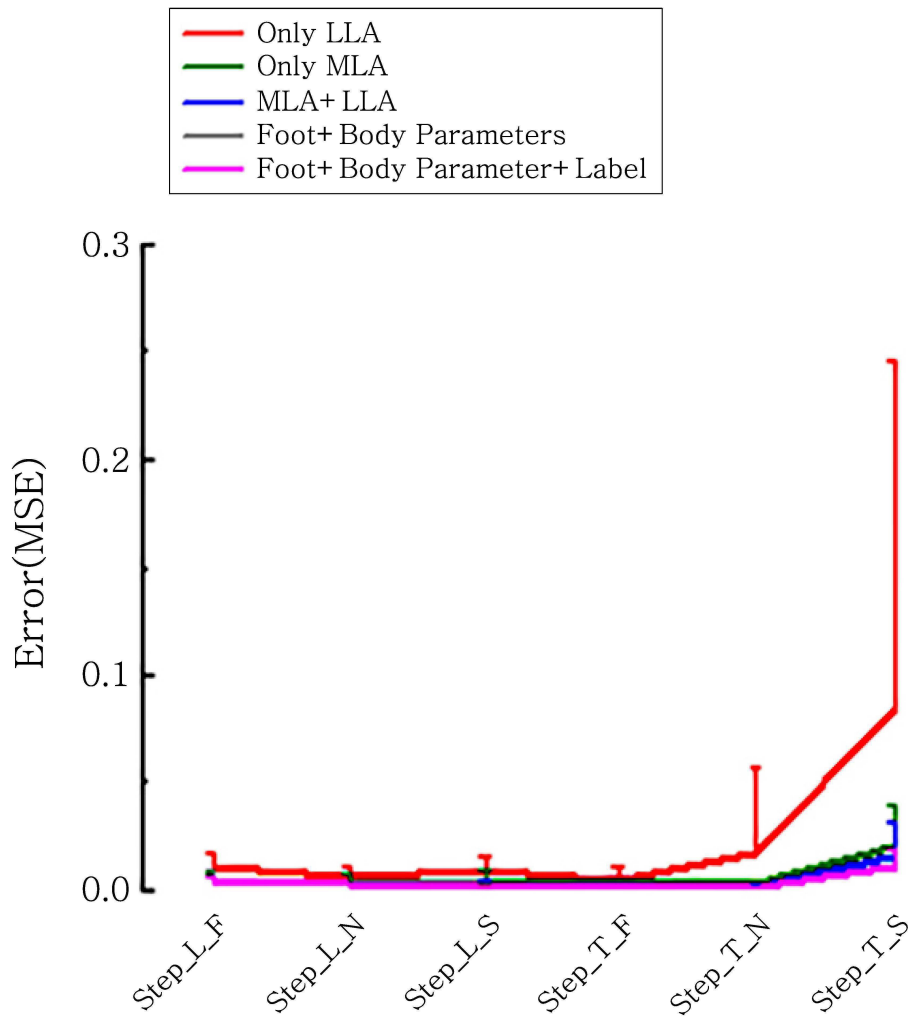
도면5



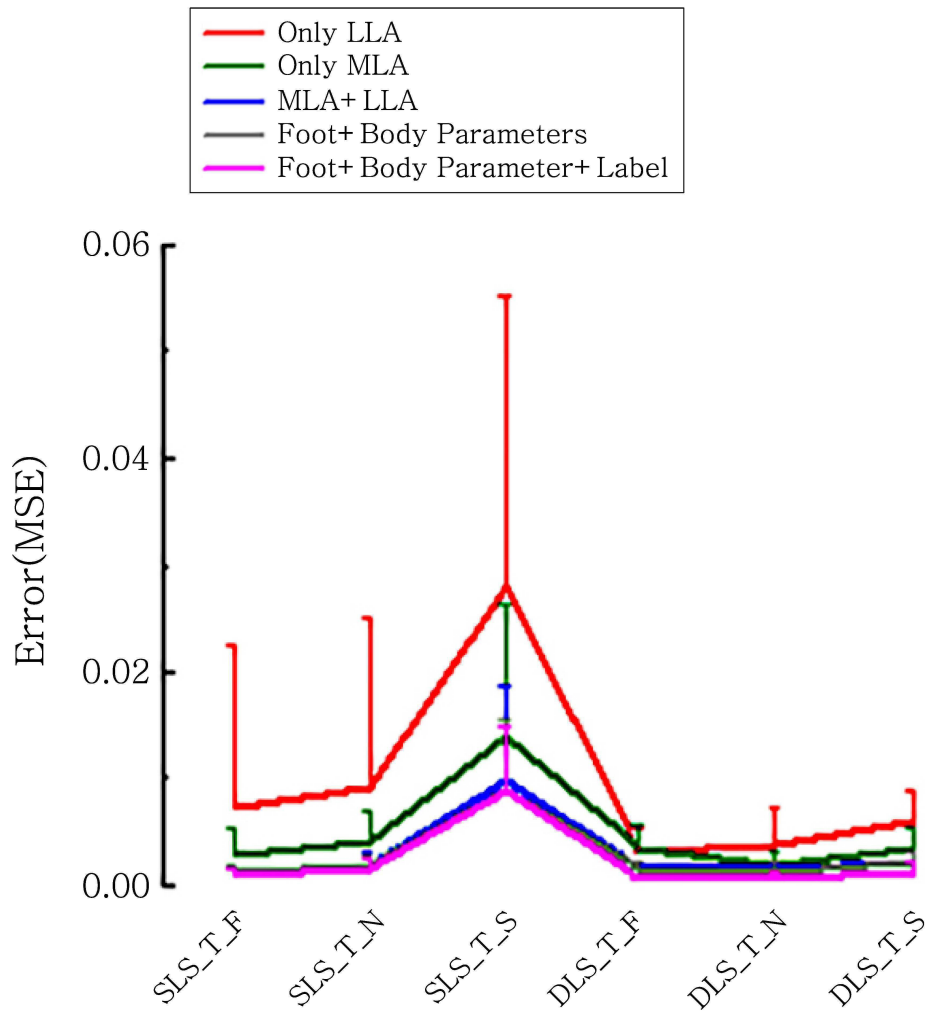
도면6a



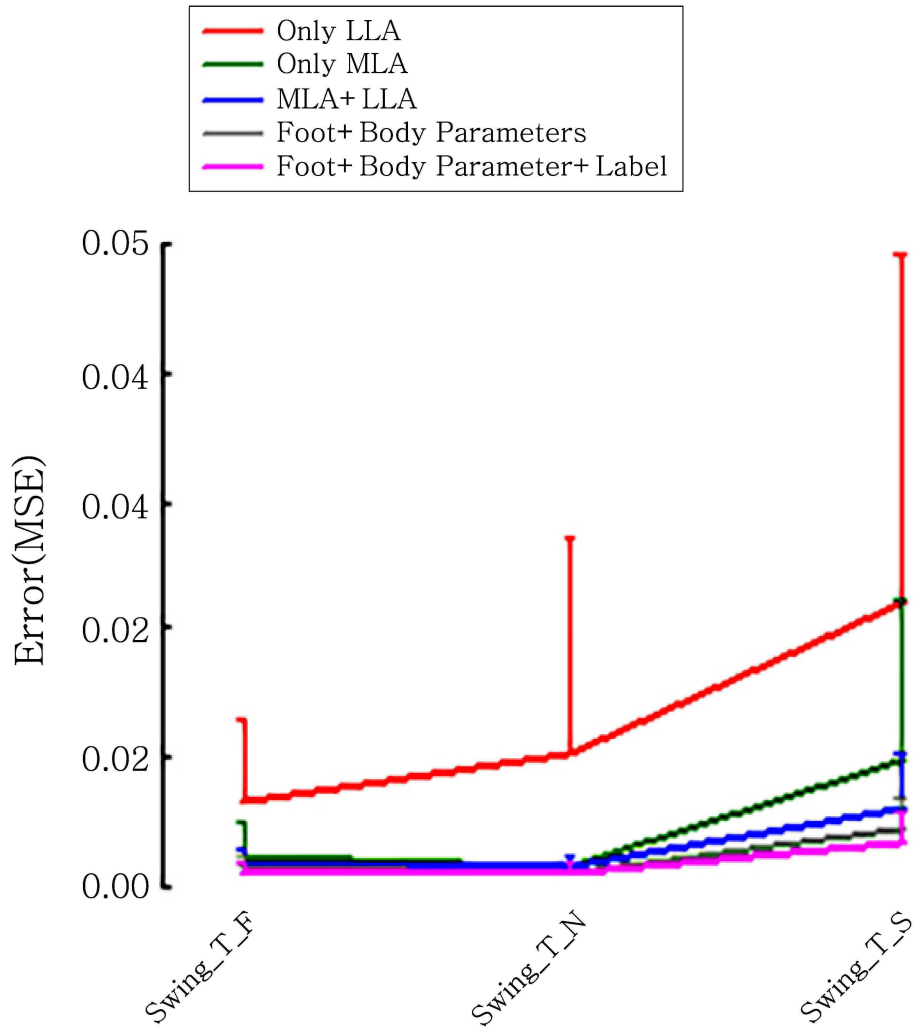
도면6b



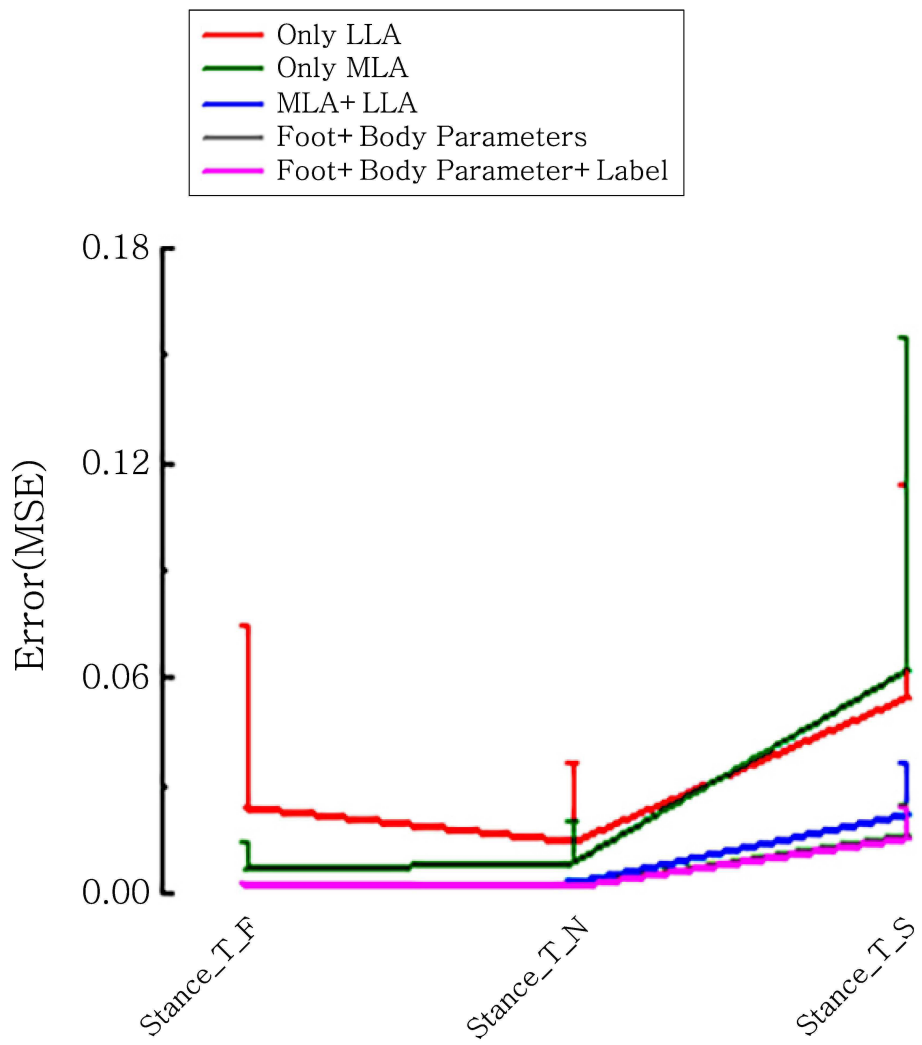
도면6c



도면6d



도면6e



도면6f

