OTTOBOCK TF / HD Prosthesis
교육관련 국외근무결과보고서

2025. 09.

근로복지공단
Korea Workers' Compensation & Welfare Service

1. 개요

가. 목적

1) 신체 절단 장애인용 재활보조기기(의지)의 핵심인 소켓 제작 기술의 최신 동향 파악 및 습득
2) 대퇴(TF) 및 고관절 이단(HD) 레벨에 대한 오토복의 선진 제작 공정 및 정렬 기술 체득
3) 정밀한 정렬(Alignment)과 소켓 제작 기술을 통해, 의지 사용자의 보행 안정성과 만족도를 향상시키는 세계적 수준의 임상 서비스를 제공할 역량을 확보함.

나. 근무기간・방문기관

1) 기간: 2025. 09. 13. ~ 2025. 09. 27.
2) 방문기관: Ottobock Global Academy, Duderstadt, Germany

다. 근무자

연번	소속기관(부서)	직 급	성 명	비 고
1	재활공학연구소 (의지보조기실)	3급	신무현	TF/HD 의지 제작 기술 습득
2	재활공학연구소 (의지보조기실)	5급	천성민	

라. 일자별 주요 수행사항

일 자	일 정	주요 수행사항
9.13.(토)	인천 출발 → 프랑크프루트 도착	
9.14.(일)	프랑크프투르 출발 → 두더스타트 도착	
9.15.(월)	오토복 글로벌 아카데미 이수 (TF Prostheses: Produce and fit a test-prosthesis)	좌골수납형 소켓 이론 및 석고 취형: 장단점, 해부학적 이해, 환자 측정 및 2단계 석고 취형 기술을 이용한 정밀 음성 모델 제작에 대한 강의. ·Ischial Containment Socket Theory & Plaster Casting ·Lecture on pros and cons, anatomical understanding, patient measurement, and creating a precise negative mold using a 2-phase casting technique.
9.16.(화)	오토복 글로벌 아카데미 이수 (TF Prostheses: Produce and fit a test-prosthesis)	음성 모델 피팅, 양성 모델 수정 및 체크 소켓 제작: 음성 모델 피팅 및 수정, 양성 모델 제작 및 정밀 수정, 체크 소켓 열성형. ·Negative Mold Fitting, Positive Modification & Check Socket Fabrication ·Fitting and modifying the negative mold, creating and precisely modifying the positive model, and thermoforming the check socket.
9.17.(수)	오토복 글로벌 아카데미 이수 (TF Prostheses: Produce and fit a test-prosthesis)	체크 소켓 피팅 및 PROS.A를 이용한 정적 정렬: 체크 소켓 마감 및 피팅, 다양한 기계식 무릎 관절 소개, PROS.A 장치를 이용한 정밀 정적 정렬 수행. ·Check Socket Fitting & Static Alignment with PROS.A ·Finishing and fitting the check socket, introduction to various mechanical knee joints, and performing precise static alignment using the PROS.A device.
9.18.(목)	오토복 글로벌 아카데미 이수 (TF Prostheses: Produce and fit a test-prosthesis)	벤치, 정적/동적 정렬 및 보행 훈련: TKA 라인 기반 벤치 정렬, 환자와 함께하는 정적 정렬, 보행 분석을 통한 동적 정렬, 보행 훈련. ·Bench, Static/Dynamic Alignment & Gait Training ·Bench alignment based on the TKA line, static alignment with the patient, dynamic alignment through gait analysis, and gait training.

일 자	일 정	주요 수행사항
9.19.(금)	오토복 글로벌 아카데미 이수 (TF Prostheses: Produce and fit a test-prosthesis)	고급 무릎 관절 소개 및 정렬 이전: 고활동 무릎(예: Dynion, 3R80)에 대한 강의, 기본 입각/유각 개념 비교, 최종 의지를 위한 정렬 이전. ·Advanced Knee Joints Introduction & Alignment Transfer ·Lecture on high-activity knees (e.g., Dynion, 3R80), comparing Default Stance/Swing concepts, and transferring alignment for the final prosthesis.
9.20.(토)		
9.21.(일)		
9.22.(월)	오토복 글로벌 아카데미 이수 (HD Prostheses: Produce and fit a test-prosthesis + Helix Certification)	Helix3D 입문, HD 소켓 캐스팅 및 체크 소켓 제작: Helix3D 시스템의 3차원 움직임, 특수 장비를 활용한 골반 캐스팅, 그리고 체크 소켓 제작에 대한 강의. ·Helix3D Intro, HD Socket Casting & Check Socket Fabrication ·Lecture on the 3D movement of the Helix3D system, pelvic casting using specialized equipment, and fabricating the check socket.
9.23.(화)	오토복 글로벌 아카데미 이수 (HD Prostheses: Produce and fit a test-prosthesis + Helix Certification)	HD 체크 소켓 피팅, 벤치 정렬 및 최종 조립: TMS 도구를 사용한 고관절 중심 설정, Helix3D 기준에 따른 벤치 정렬, 그리고 부품 조립. ·HD Check Socket Fitting, Bench Alignment & Final Assembly ·Setting the hip joint center using the TMS tool, bench alignment according to Helix3D standards, and assembling components.
9.24.(수)	오토복 글로벌 아카데미 이수 (HD Prostheses: Produce and fit a test-prosthesis + Helix Certification)	HD 동적 정렬, 최종 조립 및 이론: 보행 관찰을 통한 동적 정렬, 무릎 관절 설정 최적화, 그리고 Helix3D 시스템에 대한 심화 이론 강의. ·HD Dynamic Alignment, Final Assembly & Theory ·Dynamic alignment via gait observation, optimizing knee joint settings, and advanced lecture on the Helix3D system.

일 자	일 정	주요 수행사항
9.25.(목)	오토복 글로벌 아카데미 이수 (HD Prostheses: Produce and fit a test-prosthesis + Helix Certification)	최종 정렬, C-Leg 설정, 자격 인증 및 공장 견학: Helix3D 정렬 최종 검증, C-Leg 4 설정 실습, Helix3D 자격 인증 시험, 그리고 오토복 생산 시설 견학. ·Final Alignment, C-Leg Setting, Certification & Factory Tour ·Final verification of Helix3D alignment, C-Leg 4 setting practice, Helix3D certification exam, and a tour of the Ottobock production facility.
9.26.(금)	두더스타트 출발 → 프랑크푸르트 도착 프랑크푸르트 출발 →	
9.27.(토)	인천 도착	

마. 실제 소요비용내역(항공운임/일비/숙박비/식비/준비금/기타 경비 등)

1) 신무현(3급)

예산과목		실제 소요비용내역(원)
여비	항공운임	1,427,100
	체재비 (일비 · 숙박비 · 식비)	일비: 625,725 숙박비: 1,958,088 식비: 1,121,207
	준비금	38,600
일반수용비		-
사업추진비		-
기타(철도)		144,328
교육비		4,248,574
합계		9,563,622

2) 천성민(5급)

예산과목		실제 소요비용내역(원)
여비	항공운임	1,427,100
	체재비 (일비 · 숙박비 · 식비)	일비: 542,295 숙박비: 1,958,461 식비: 1,121,207
	준비금	36,600
일반수용비		-
사업추진비		-
기타(철도)		143,276
교육비		4,248,574
합계		9,477,513

바. 주요 성과

1) 최신 의지 제작 기술 습득

- TF/HD 레벨에 대한 Ischial Containment 소켓 제작 기술 확보
- 3차원 움직임을 지원하는 Helix3D 고관절 시스템의 핵심 기술 습득

2) 정밀 정렬 기술 향상

- PROS.A를 활용한 정량적 정렬 방법 숙달
- TMS 도구를 이용한 고관절 회전 중심 설정 기술 습득

3) 선진 무릎 관절 시스템 활용 능력 확보

- 다이니온(3R85), 3R80 등 고기능 유압식 무릎 관절의 조정 기술 습득

2. 국외근무 세부내용

가. 교육 과정 개요

1) 교육기관

- 독일 두더스타트 오토복 아카데미 (Ottobock Academy, Duderstadt, Germany)

2) 교육주제:

- TF Prostheses: Produce and fit a test-prosthesis
- HD Prostheses: Produce and fit a test-prosthesis + Helix Certification

3) 교육강사(Trainers):

- Robert Laermann
- Karim Diab
- Fredrik Thiede

4) 기관개요

- 1919년 설립된 오토복(Ottobock)은 100년이 넘는 역사를 자랑하는 세계적인 의지보조기 전문 기업입니다. 독일 베를린에서 시작하여 현재는 전 세계 50개국 이상에 지사를 두고 있으며, 의지보조기 분야의 글로벌 리더로서 시장을 선도하고 있습니다.
- 재료 공학 분야에서는 최첨단 복합 소재와 나노 기술을 활용한 혁신적인 제품들을 개발하고 있으며, 제작 장비 분야에서도 3D 스캐닝, CAD/CAM 시스템 등 디지털 기술을 적극 도입하여 정밀도와 효율성을 극대화하고 있습니다. 의지보조기 부품 분야에서는 전자제어식 무릎관절(C-Leg)과 같은 혁신적인 제품들을 지속적으로 출시하며 기술 혁신을 주도하고 있고, 소프트웨어 분야에서도 의지 정렬 및 보행 분석을 위한 다양한 전문 프로그램들을 자체 개발하여 임상 현장에 제공하고 있습니다.
- 두더스타트에 위치한 본사와 생산시설은 Industry 4.0 기반의 스마트 팩토리로 운영되고 있으며, 연간 수십만 개의 의지보조기 부품을 생산하면서도 독일의 엄격한 품질 기준을 준수하여 최고의 제품 신뢰성을 유지하고 있습니다.

나. 일자별 세부 내용

1) 2025년 9월 15일

가) 소켓 종류별 비교

구분	장사방형 소켓 (Quadrilateral Socket)	좌골수납형 소켓 (Ischial Containment Socket)
개념	좌골결절(Ischial Tuberosity)이 소켓의 후면 선반(Posterior Shelf)에 걸쳐 앉는 방식	좌골(Ischium)과 좌골가지(Ischial Ramus)를 소켓 내부에 감싸 수납하는 방식
형태	상부가 넓은 사각형 형태. 전후 직경(AP)이 내외 직경(ML)보다 넓음	해부학적 형태. 내외 직경(ML)이 전후 직경(AP)보다 넓어 대퇴골을 안정적으로 고정
체중지지	좌골결절, 둔부 근육	좌골 및 좌골가지 전체, 환부의 원주 방향 압력 분산
안정성	내외 안정성 낮음. 대퇴골이 외전되기 쉬워 트렌델렌버그 보행 유발 가능 회전 제어 불량	내외 안정성 높음. 대퇴골을 해부학적 내전 위치로 고정하여 골반 안정성 확보 회전 제어 우수, 삼각근 압박 및 해부학적 형태로 회전 방지
착용감/ 편안함	좌골 부위에 집중되는 압박으로 불편감 및 피부 문제 발생 가능 앉을 때 소켓 후면 가장자리가 불편할 수 있음	압력이 환부 전체에 고르게 분산되어 편안함 좌골이 소켓 내부에 있어 앉을 때의 이물감이 적음
에너지 소비	높음 (불안정한 보행을 보상하기 위해 더 많은 근력 사용)	낮음 (안정적인 구조로 효율적인 보행 가능)
장점	제작 과정이 비교적 간단하고 쉬움 전통적인 방식으로 많은 제작 경험 축적	뛰어난 안정성과 제어력 높은 착용 만족도와 편안함 효율적인 보행 패턴 형성
단점	내외 불안정성으로 인한 비정상 보행 유발 전후면 압박으로 인한 혈액순환 문제	제작 난이도가 높고, 정확한 해부학적 이해 필수 정밀한 취형 및 수정 기술이 요구됨

나) 환자 준비 및 측정

(1) 피부 보호 및 스타킹 착용: 환부에 석고 이형 크림(Plaster Insulating Cream)을 발라 피부 건조를 방지한 후, 2겹의 스타킹(Body Protection Stockinette)을 단단히 씌운다.

(2) 주요 지점 표시: 스타킹 위에 카피용 펜(Copying Pen)을 사용하여 대전자(Trochanter major), 대퇴골의 경로, 뼈 돌출부, 민감 부위 등 소켓 제작에 필요한 주요 해부학적 지점들을 정밀하게 표시한다.

(3) 신체 치수 측정: 건측 다리의 MTP-floor 거리, 발 길이, 발목 및 종아리 둘레 등을 측정하고, 환부의 길이와 둘레, 내외측 폭(m-l) 등을 측정하여 기록한다.

취형 준비

취형 사진

다) 석고붕대 취형 1단계 - 환부 말단부

(1) 석고붕대 준비: 환부 끝부분을 보완하기 위해 재단된 석고붕대, 좌골결절 및 대전자 상단을 감싸기 위해 재단된 석고붕대, 그리고 환부 전체를 감싸기 위한 석고 붕대(15x200cm, 2~3개)를 준비한다.

(2) 1차 석고붕대 적용: 전체를 감싸는 붕대는 20~25℃ 물에 적신 후, 장력 없이 환부 말단부까지 감싼다. 붕대가 겹치는 부분은 1/3 이하로 유지한다.

(3) 환부 조작 및 자세 유지: 내측 손으로 대퇴골 말단부 연부조직을 감싸고, 외측 손은 대퇴골 말단부에서 5cm 상방에 수평으로 위치시켜 환부를 가벼운 내전 상태로 유지한다. 석고가 경화될 때까지 이 자세를 유지한다.

라) 석고붕대 취형 2단계 - 좌골 수납 및 근위부

(1) 사전 설명 및 연습: 석고를 적용하기 전, 환자에게 '좌골 파지' 동작을 시연하며 압박이 가해질 위치를 미리 설명하고 자세를 함께 연습한다.

(2) 강화 스트립 준비: 소켓 근위부와 좌골 수납 형태를 정밀하게 취형하기 위해, 4겹의 석고 강화 스트립(폭 20cm)을 환부 둘레에 맞춰 준비한다.

(3) 좌골 파지 및 스트립 적용: 시술자의 손을 서혜부 안쪽으로 넣어 45도 위로, 다시 45도 내측으로 회전시켜 좌골을 정확히 파지한다. 이 파지한 손과 함께 준비된 스트립을 서혜부 전면에서 좌골 방향으로 삽입하여 좌골 수납부의 형태를 명확히 한다.

(4) 스트립 고정 및 자세 유지: 스트립을 후면에서 대전자 방향으로 둘러, 대전자 상방 10cm 지점에서 마무리한다. 좌골 파지를 유지한 상태에서 반대쪽 손으로 대퇴골을 따라 카운터 서포트를 제공하며 환부를 내전 상태로 유지한다.

(5) 최종 확인 및 경화: 시술자는 환자의 정면에 위치하여 골반이 회전되지 않도록 자세를 지속적으로 확인하며, 석고가 완전히 경화될 때까지 정확한 압박과 자세를 유지한다.

음성석고 모델

음성석고 모델

마) 음성 모델 확인 및 수정

(1) 모델 탈착: 어깨 부위의 스타킹을 절개한 후, 환부에서 석고 음성 모델을 신중하게 분리한다.

(2) 1차 모델 수정: 분리된 음성 모델 내부를 부위별 원칙에 따라 다듬는다.

(가) 적극적 수정 부위: 환부 전면, 대전자 상부 후면

(나) 필요시 수정 부위: 대전자 후면부, 서혜부

(다) 수정 금지 부위: 대퇴골간 및 좌골결절 부위

(3) 외부 보강: 좌골결절 및 서혜부(좌골지) 등 주요 부위에 석고를 추가하여 외부 보강을 실시한다.

(4) 피팅 준비: 공기 배출용 흡입 구멍과 내부 볼륨 확인용 구멍(전면, 측면, 후면에 3~4개)을 모델에 뚫어 피팅을 준비한다.

음성모델 수정 부위

음성모델 수정 후 모습

2) 2025년 9월 16일

가) 음성 석고 피팅

음성 석고 피팅

음성 석고 피팅

(1) 준비 및 착용: 환부에 상처가 생기지 않도록 모델 내부 마감을 재차 확인한 후, 흡입보자기를 사용하여 부드럽게 착용시킵니다.

(2) 위치 및 정렬 확인: 착용 후 소켓의 내경 크기와 회전 여부를 확인하며 정방향을 찾습니다. ASIS, 좌골지, 대전자 등 주요 해부학적 지점들이 제 위치에 있는지 확인합니다. 좌우 골반 높이를 비교하여 균형을 점검합니다. 대전자 부위를 내측으로 밀면서 좌골이 좌골 시트에 정확히 안착되는지 촉진하여 확인합니다.

(3) 볼륨 및 통증 확인: 필요시, 음성 석고에 뚫어놓은 구멍을 통해 내부 볼륨이 적절한지 육안으로 확인합니다. 환자에게 통증 여부를 지속적으로 확인합니다.

(4) 반복 수정: 소켓 내경과 내부 깊이를 체크하며, 환자에게 최적화될 때까지 수정과 피팅을 반복합니다.

(5) 트림라인 수정: 서거나 앉은 자세를 고려하여 최종 트림라인을 다시 한번 수정합니다.

나) 양성 석고 제작 및 수정

양성석고 수정

밸브 더미 위치

(1) 양성 석고 제작 준비: 피팅을 완료한 음성 석고의 하단에 석고 붕대를 감아 확장시키고, 내부에 이형제를 도포하여 양성 석고와의 분리를 용이하게 합니다. 석고를 부어 양성 석고 모델을 제작합니다.

(2) 기본 작업: 음성 모델에서 전사된 해부학적 기준선과 윤곽을 명확히 하고, 모델 전체 표면을 부드럽게 다듬습니다. 음성 모델 단계에서 대부분의 수정이 완료되었으므로, 양성 모델에서는 과도한 수정보다 정밀한 다듬질에 집중합니다.

(3) 음성석고의 수정이 위와같이 수정과정을 거치지 않고, 양성석고 모델을 사용해 수정할 경우 아래의 수정 작업을 참고하여 진행합니다.

(가) 압박 부위 수정 (Pressure Areas): 스칼파 삼각(Scarpa's triangle), 좌골결절 내측, 대퇴골 원위부 등 압박을 가해 소켓의 현수와 안정성을 확보해야 하는 부위의 석고를 제거(감량)합니다.

(나) 릴리프 부위 수정 (Relief Areas): 내전근건, 좌골결절, 대전자, 환부 말단 등 압박에 민감하거나 뼈가 돌출된 부위는 석고를 추가(증량)하여 압력을 완화합니다.

(다) 윤곽 형성: 내측 벽(Medial Wall)의 높이를 조절하고, 좌골 수납부(Ischial Seat)와 전후면의 윤곽을 인체공학적으로 다듬어 착석 시 편안함과 보행 시 안정성을 모두 확보합니다.

(4) 최종 마감: 전체적인 볼륨과 윤곽이 완성되면, 트림라인 주변을 포함한 모델 전체를 매끄럽

게 마감하여 체크소켓 제작을 준비합니다.

더미부분의 처리

체크소켓 성형

다) 체크소켓 제작 및 성형

(1) 체크소켓 제작 준비: 석고 모델 하단에서 약간 띄운 전방 내측 45도 지점에 밸브 더미를 부착합니다. 석션(흡입)을 위해 모델 전체에 스타킹을 씌웁니다.

(2) 체크소켓 성형 (Thermoforming): 165℃에서 체크소켓용 써머린(Thermoryn) 시트를 가열하고, 양성 석고 높이의 약 30% 정도가 녹아내리면 석션을 준비합니다. 성형 초기에는 그대로 내리고, 중간부터는 위에서 아래로 마사지하듯 쓸어내려 주름이 생기지 않도록 합니다. 이때 프레임을 잡은 작업자는 트위스트 동작을 병행하며 석션을 진행합니다. 프레임이 완전히 내려오면, 밸브 자리가 단단히 고정되도록 밸브 더미 주위를 강하게 눌러줍니다.

3) 2025년 9월 17일

가) 체크 소켓 마감

소켓 더미 제거

소켓 마감

배출 밸브 고정을 위한 글루건 작업

밸브 부착

(1) 소켓 탈형 준비: 양성 모델에 나사로 고정된 밸브 더미의 나사를 드릴을 이용해 제거합니다.

(2) 소켓 탈형 및 더미 제거: 트림 라인에 맞춰 소켓을 절단하고, 공기를 불어넣어 양성 석고 모델과 소켓을 분리한 후, 소켓 내부에 남아있는 밸브 더미를 제거합니다.

(3) 마감 및 보강: 트림 라인을 따라 그라인딩하여 매끄럽게 마감합니다. 체중 지지 시 불안정하거나 얇은 부분은 실링 레진 및 탈쿰 파우더(Talcum powder)를 섞어 해당 부분에 덧발라 보강합니다.

(4) 밸브 조립: 배출 밸브를 고정한 후, impresil 실리콘을 사용하여 공기 누출을 방지하며 최종 조립합니다.

나) 체크 소켓 착용

체크소켓 착용

체크소켓에 정렬 표시

(1) 환부에 체크소켓을 착용 후 취형 장비를 이용하여 기립합니다.

(2) 건측과의 높이를 맞춘 뒤 육안 및 손가락을 사용하여 소켓 내부의 빈 공간을 체크합니다.

(3) 전체적으로 고르게 밀착되어 있는지 확인합니다.

(4) 통증과 압박감, 환부상태를 확인 후 앉았을 때의 소켓 후벽의 높이와 트림 라인을 확인합니다.

(5) 의족과 건측의 높이를 맞춘 편한 기립 자세에서 대퇴 중간부터 내려오는 체중지지선에 맞춰서 전면과 외측면에 기준선을 만듭니다.

(6) 체크 소켓 특정위치에 바닥에서부터 기준선을 만들고 높이를 측정합니다.

체크소켓 수정 완성 모습

대전자 상단에 레진을 이용한 보충

다) 체크소켓 수정 및 재피팅

(1) 수정 필요성 평가: 체크소켓 착용 후 압박점, 통증 부위, 느슨한 부위 등을 면밀히 확인하여 수정 필요성을 판단합니다.

(2) 수정 부위 표시: 환부와 체크소켓에 수정이 필요한 부위를 정확히 표시합니다.

(3) 수정 작업:

(가) 압박이 심한 부위: 그라인더를 사용하여 체크소켓 내부의 압박 부위를 미세하게 제거하거나, 소재에 열을 가열하여 소켓의 볼륨을 늘이는 등의 과정을 거쳐 공간을 확보합니다.

(나) 느슨한 부위: 실링 레진 및 탈쿰 파우더(Talcum powder)를 섞어 해당 부분에 덧바르거나 보강패드를 부착하여 밀착도를 높입니다.

(4) 재피팅 및 재평가: 수정 작업 후 체크소켓을 다시 착용하고, 이전과 동일한 절차(높이, 내경, 통증, 압박감 등)로 피팅 상태를 재평가합니다.

(5) 반복 수정: 만족스러운 피팅이 될 때까지 수정 및 재피팅 과정을 반복합니다.

라) 무릎 장치 소개

무릎 장치 소개 과정

무릎 장치 소개 과정

3R46

3R36

(1) 3R46 (슬관절 이단용 유압식 다축 무릎): 슬관절 이단(Knee Disarticulation) 사용자를 위해 설계된 다축(Polycentric) 구조의 무릎 관절입니다. 다축 구조의 기하학적 안정성과 유압식 유각기 제어 기능을 결합하여 안정적이면서도 자연스러운 보행을 지원합니다. 입각기 안정성은 다축 운동학(Polycentric Kinematics) 원리를 통해 입각기 시 높은 안정성을 제공합니다. 유압식 유각기 제어로 내장된 유압 실린더가 유각기 전체를 제어하여, 다양한 보행 속도에 부드럽게 반응합니다. 굽힘(Flexion)과 폄(Extension) 저항을 독립적으로 조절할 수 있어 개인별 맞춤 설정이 가능합니다. 상/하부 관절이 연결 바로 이어져 있으며, 분리 가능한 라미네이션 앵커를 통해 의지 소켓과 연결됩니다.

(2) 3R20/3R36 (4바 무릎관절): 낮은 활동 등급부터 중간 활동 등급(3R20: MG 1-2, 3R36: MG 2-3) 사용자를 위한 다축(Polycentric, 4-bar) 구조의 기계식 무릎 관절입니다. 경량 설계와 높은 안정성이 특징입니다. 높은 입각기 안정성으로 다축 구조의 기하학적 특성으로, 체중 부하 시 무릎의 순간 회전 중심이 후상방으로 이동하여 높은 수준의 입각기 안정성을 제공합니다. 이는 특히 초기 재활 환자나 안정성이 중요한 사용자에게 유리합니다. 안전한 유각기로 유각기 시 의지 다리가 짧아지는 효과(shortening effect)를 통해 발이 지면에 끌리는 것을 방지하고, 장애물에 걸릴 위험을 줄여줍니다. 자연스러운 보행을 위해 조절 가능한 신전 보조 장치가 유각기 시 다리가 앞으로 나아가는 속도를 제어하여, 보다 자연스럽고 부드러운 보행 패턴을 가능하게 합니다.

(3) 3R41(잠금 기능이 있는 단축무릎): 최첨단 플라스틱 기술로 제작된 단축(Monocentric) 무릎 관절입니다. 높은 안전성이 필요한 사용자에게 적합하며, 습기에 강하고 가볍고 마모가 적습니다. 혁신적인 잠금 해제 메커니즘이 있어 조작이 쉽고, 부분 체중 부하 상태에서도 작동이 가능합니다.

(4) 3R90(마찰 브레이크가 있는 단축무릎): 하중 의존적 마찰 브레이크가 있는 단축(Monocentric) 무릎 관절로, 높은 안전성을 제공합니다. 발뒤꿈치 체중 부하 시 자동 브레이크로 안정성을 보장하며, 내장 스프링 조합의 기계식 신전 보조 장치로 부드러운 보행을 지원합니다.

3R60

3R106-PRO

(5) 3R62 Pheon(기계식 다축무릎): 입각기 제어와 기계식 유각기 제어가 있는 다축(Polycentric) 무릎 관절입니다. 낮은 활동 등급 사용자에게 적합하며, 초기 재활부터 최종 의지까지 사용 가능합니다. 의지보조기 기사가 내장 잠금 장치를 필요에 따라 활성화/비활성화할 수 있으며, 신전 보조 스프링과 자동 조절 마찰 요소로 부드러운 보행을 지원합니다.

(6) 3R78(공압식 다축무릎): 중간 활동 등급용 다축(Polycentric) 무릎 관절로, 공압식 유각기 제

어 기능이 있습니다. 견고하고 먼지에 강한 내구성이 특징입니다. 다축 구조로 신뢰성 있는 입각기 안정성을 제공하며, 공압 실린더로 다양한 보행 속도에 대응합니다. 피라미드 어댑터, 나사형 커넥터, 라미네이션 앵커 등 다양한 연결 옵션을 제공합니다.

(7) 3R60 EBS(유압식 다축무릎): 입각기 굴곡 기능으로 환부, 고관절, 척추에 가해지는 부하를 현저히 줄여주어 편안함을 증대시킵니다.

(8) 3R93(마찰 브레이크 및 잠금 기능이 있는 단축무릎): 하중 의존적 브레이크와 선택적 잠금 기능을 갖춘 단축(Monocentric) 무릎 관절입니다. 절단 후 초기 재활 치료 과정을 효과적으로 지원하며, 내장된 신전 보조 스프링이 유각기를 제어합니다. 수동 해제가 가능한 잠금형 또는 하중 의존적 마찰 브레이크형으로 선택 사용할 수 있으며, 환자의 재활 단계나 상태 변화에 맞춰 기능을 변경할 수 있습니다.

(9) 3R106-PRO(서보-공압식 다축무릎): 서보-공압 제어 장치를 핵심으로 하는 다축(Polycentric) 무릎 관절입니다. 고성능 이중 챔버 공압 장치는 점진적인 댐핑 특성을 가지며, 최대 125kg의 체중까지 지원합니다. 보행 속도가 빨라지면 굽힘 저항이 자동으로 증가하여 유각기 움직임을 부드럽게 제어하며, 굽힘 챔버의 자동 급속 배출 기능으로 빠른 보행에서도 부드러운 폄 동작을 보장합니다.

(10) 3R95(고성능 유압식 단축무릎): 활동 등급이 매우 높은 사용자를 위해 특별히 설계된 단축(Monocentric) 무릎 관절로, 고성능 선형 유압 장치가 유각기를 제어합니다. 빠른 보행 속도에서도 유각기를 정밀하게 제어하며, 관절 하우징 후면의 홈으로 더 넓은 굴곡 각도를 제공하여 앉거나 활동 시 편의성을 높입니다.

마) PROS.A를 이용한 정적 정렬

PROS.A

PROS.A

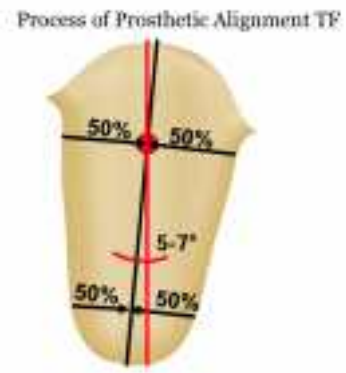
(1) PROS.A 장치 소개: 의족의 정렬(Alignment)을 보조하는 장치로, 정밀하고 일관된 정렬을 지원합니다. 상부에 장착된 무선 레이저는 별도의 레이저 장치없이 정렬 기준선을 제공합니다.

각도 조절은 소켓을 고정한 상태에서 내/외전 등 원하는 각도로 정밀하게 조절할 수 있습니다. 자동 설정으로 지정된 무릎 장치에 맞는 모듈을 사용하면, 권장 설정 값이 자동으로 적용됩니다. 취형 시 측정한 굽 높이에 값을 설정합니다. 측정 도구로 필요한 부위의 각도와 수치를 측정할 수 있는 장치가 내장되어 있습니다. 권장 사항 준수로 소켓, 무릎, 발 장치의 기본 설정을 따르면 모든 구성 권장 사항이 자동으로 준수됩니다.

(2) 정렬 절차: 소켓 마운팅으로 피팅이 완료된 체크 소켓을 PROS.A 장치에 장착합니다. 부품 모듈 선택으로 사용할 무릎 및 발 장치에 해당하는 모듈을 선택하여 장치에 부착합니다. 초기 정렬로 환자의 측정 데이터를 기반으로 내전(adduction) 및 굴곡(flexion) 각도를 설정합니다. 높이 설정으로 건측 데이터를 기준으로 의지 전체 높이를 설정합니다. 정렬 확인으로 내장된 레이저와 측정 도구를 사용하여 시상면(sagittal) 및 관상면(coronal)에서의 정렬 상태를 확인하고 미세 조정합니다. 최종 고정으로 정렬이 완료되면, 각 부품의 연결 부위를 최종적으로 고정하여 정적 정렬을 마무리합니다.

4) 2025년 9월 18일

가) 벤치 정렬



소켓 기준선 및 굴곡각도

소켓 기준선 및 내전각도

(1) 소켓 기준선 설정: 소켓의 전·후면과 내·외측면에 각각 50:50 지점을 표시하고, 이 점들을 직선으로 연결하여 기준선을 긋습니다. 외측면 기준선에서 좌골 위치와 수평이 되는 지점을 찾은 후, 그 지점에서 3cm 위를 고관절(Hip Joint) 위치로 설정합니다. 고관절 위치에서 취형 시 측정한 굴곡 구축 각도만큼 굴곡(Flexion)을 주어 새로운 기준선을 표시하고, 체크소켓 피팅 시 확인했던 기준선과 비교하여 수평 여부를 확인합니다.

(2) 초기 각도 설정: 해부학적 고관절 위치를 기준으로 5도의 초기 굴곡(Initial Flexion)을 적용하여 보행 초기 입각기에서의 안정성을 확보합니다. 환부 길이에 따라 내전(Adduction) 각도를 다르게 적용하여 골반의 안정성을 높이며, 긴 환부는 3도, 중간 환부는 7도, 짧은 환부는 12도의 각도를 적용합니다. 측면 기준선 상단 교차점을 기준으로 소켓을 5도 굴곡시켜 최종 기준점을 설정합니다.

(3) 구성 요소 정렬 (TKA 라인 기준): 무릎 관절 중심은 대전자에서 수직으로 떨어지는 정렬 라인에 위치하도록 설정하며, 만약 굴곡 구축으로 인해 연결 공간이 부족할 경우 실링 레진과 탈쿰 파우더(Talcum powder)를 섞어 덧바른 보강 후 작업을 진행합니다. 시상면(Sagittal) 정렬에서 부하선(Load Line)이 선택한 무릎 장치의 축을 통과하고 발의 후방 1/3 지점에 위치하도록 설정하며, 관상면(Coronal) 정렬에서는 부하선이 좌골 지지점의 중심에서 시작하여 무릎 중심을 지나 발뒤꿈치 중심으로 떨어지도록 정렬합니다. 발 장치는 발 길이의 중심에서 뒤로 3cm 지점을 기준으로 5도 외회전(toe-out)시켜 정렬하고, 발 높이는 측정된 기본 굽 높이로 설정합니다.

(4) 기준선 및 장치 조립: 소켓 전면 기준선을 슬개골 외측과 발가락 1·2지 사이에 맞추어 정렬합니다. 소켓과 발 사이에 어댑터와 클램프를 위치시켜 기준선이 틀어지지 않도록 조립하며, 필요 시 피라미드 부분을 밴딩하여 밀착시킨 후 실링 레진과 탈쿰 파우더(Talcum powder)를 섞거나 Super Glue Adhesive(636K49)으로 단단히 고정합니다. PROS.A 또는 레이저 포스쳐를 사용하여 설정된 기준선과 실제 조립 상태가 일치하는지 최종 확인합니다.

(5) 마무리 및 보강: 착용 후 보행 시 안정성을 확보하기 위해 모든 연결부를 충분히 보강합니다. 체크 소켓의 전면과 측면에는 테이프를 부착하여 기준선과 조립 상태를 재확인하고, 소켓 하단에 10mm 크기의 공기 배출구를 뚫어 배출 밸브를 고정합니다. 마지막으로 벤치 정렬 장비(PROS.A 또는 벤치 얼라이먼트 장비)를 이용해 전체 정렬 상태를 점검하고, 기준선

에 맞춰 최종 고정하여 벤치 정렬을 완료합니다.

나) 정적 정렬 (환자 착용 상태)

정적 정렬 조정

(1) 초기 자세 평가: 벤치 정렬을 마친 의지를 환자에게 착용시킨 후, 안전바를 잡고 제자리걸음을 하다가 멈추게 합니다. 이때 발의 자연스러운 진행 방향(외회전/내회전)을 확인합니다. 의지 쪽 발이 건측보다 앞에 있으면 소켓의 굴곡이 부족한 것이고, 뒤에 있으면 굴곡이 과도한 것으로 평가할 수 있습니다.

(2) 체중 부하 평가 (레이저 포스쳐 사용): 양발을 레이저 포스쳐 위에 올리고 체중 분배를 확인합니다. 건측 발을 밖으로 빼고 의지에만 체중을 실었을 때, 환자가 얼마나 체중을 지지할 수 있는지 확인하고 그 원인(통증, 불안정성 등)을 파악합니다.

(3) 정렬 라인 미세 조정: 관상면(전면)에서 레이저 포스쳐의 체중심선이 전상장골극(ASIS) - 무릎 외측면 - 발의 1, 2번째 발가락 사이를 지나도록 정렬을 조절합니다. 시상면(측면)에서 ASIS에서 수직으로 내려오는 체중심선이 무릎 관절 중심에서 권장 거리만큼 뒤에 위치하고, 발의 중심에서 약 3cm 뒤쪽을 지나도록 정렬을 조절합니다.

다) 동적 정렬 및 보행 훈련

동적 정렬 수정

수정 후 보행

(1) 동적 정렬 (보행 분석 및 수정): 벤치 정렬이 완료된 의지를 환자에게 착용시킨 후, 보행을

관찰하며 문제점을 파악하고 정렬을 미세 조정합니다.

(2) 관상면 관찰: 외측 쏠림(Lateral Trunk Bending)은 내전각 부족, 의지 길이 과다, 외측 벽의 과도한 압박 등이 원인일 수 있습니다. 골반 거상(Hip Hiking)은 의지 길이 과다, 현수 불량, 무릎 굽힘 저항 과다 등이 원인일 수 있습니다.

(3) 시상면 관찰: 무릎 불안정성(Knee Instability)은 입각기 시 무릎이 과도하게 굽혀지는 현상으로, 부하선이 무릎 축보다 뒤에 위치한 경우 발생할 수 있습니다. 말기 충격(Terminal Impact)은 유각기 말에 무릎이 '탁' 소리를 내며 펴지는 현상으로, 신전 보조 장치가 너무 강하게 설정된 경우 발생할 수 있습니다.

(4) 환자 피드백: 압박점, 통증, 불안정감 등 환자의 주관적인 피드백을 정렬 수정에 적극 반영합니다.

라) 보행 지침

체중 이동 훈련 설명

경사로 보행에서의 무릎 기능 설명

계단 보행

경사로 보행

(1) 계단 보행 지침: 계단 오르기 시에는 건측을, 내려갈 때는 환측을 먼저 이동시키는 것을 기본 원칙으로 합니다. 계단 오르기는 건측을 상단 계단에 먼저 위치시킨 후 환측을 같은 높이로 이동시키며, 내려갈 때는 환측을 하단 계단에 먼저 위치시킨 후 건측을 같은 높이로 이동시킵니다. 난간을 활용한 체중 지지를 통해 안정성을 확보하는 것이 중요합니다.

(2) 경사로 보행 지침: 경사로 오르기는 보폭을 축소하고 상체를 전방으로 기울여 무게중심을

조절합니다. 필요시 측면 방향(지그재그)으로 이동하는 것이 더 안정적일 수 있습니다. 경사로 내려갈 때는 측방 보행이나 후방 보행을 활용할 수 있으며, 정면 보행 시에는 환측을 먼저 이동시키고 무릎을 신전 상태로 유지하여 안정성을 확보합니다.

(3) 특수 장치 활용: EBS(Elastic Bumper System) 기능이 있는 3R60과 같은 무릎 장치는 초기 입각기의 충격 흡수를 통해 보다 자연스러운 보행을 지원합니다. 이러한 기능은 특히 완만한 경사로 하강 시 유용하게 활용될 수 있습니다.

(4) 추가 안전 지침: 보행 시 진행 방향의 전방을 주시하고, 계단이나 경사로에서는 반드시 난간을 활용합니다. 단계적인 훈련을 통해 보행 능력을 향상시키며, 의지 부품의 정기적인 점검을 통해 안전한 보행을 도모합니다.

5) 2025년 9월 19일

가) 무릎 장치 심화

무릎 장치별 세부 설명 모습

무릎 장치별 세부 설명 모습

(1) 다이니온(Dynion 3R85) 특징: 활동 등급이 높은(Mobility Grade 3-4) 사용자를 위한 단축 유압식 회전 무릎 관절입니다. 기계식 무릎의 높은 내구성을 가지며, 수심 3m까지 완전 방수가 가능하여 다양한 환경에서 활동성을 보장합니다. 유압 장치가 입각기와 유각기 전반을 제어하며, 특히 입각기 굴곡 저항(Stance Flexion Damping) 기능은 계단이나 경사로에서 높은 안정성을 제공합니다. 측면에 위치한 버튼으로 기본 보행 모드, 자전거 모드, 수동 잠금 모드 등 다양한 활동 모드로 쉽게 전환할 수 있습니다. 이는 전자제어식 무릎의 편의성과 기계식 무릎의 신뢰성을 결합한 하이브리드 방식입니다.

(2) 3R80 특징: 활동적인 사용자를 위한 단축(Monocentric) 구조의 회전 유압식 무릎 관절입니다. 최대 150kg 체중까지 지원합니다. 독특한 회전 유압(Rotation Hydraulics) 원리를 통해 사용자가 생리적인 보행 패턴에 가깝게 걷고, 계단을 교대로 내려가거나 경사로를 걸어 내려갈 수 있도록 지원합니다. 입각기와 유각기 동작을 개별적으로 조절할 수 있으며, 굽힘(Flexion)과 폄(Extension) 저항 또한 독립적으로 설정 가능합니다. 방수 설계로 샤워나 수영장과 같은 습한 환경에서도 사용이 가능하며, 필요시 수동으로 무릎을 잠글 수 있는 기능이 내장되어 있습니다.

(3) Default Stance (기본 입각기 모드): C-Leg, Genium과 같은 전자제어식 무릎(MPK) 및 다이니온(Dynion)과 같은 유압식 무릎이 해당합니다. 기본적으로 무릎이 잠겨있거나 높은 저항 상태를 유지하다가, 센서나 기계적 메커니즘이 보행 의도를 감지하면 유각기 모드로 전환됩니다. 장점은 사용자가 의도하지 않은 상황(헛디딤, 정지)에서 무릎이 꺾이는 것을 방지하여 최고 수준의 안정성을 제공합니다. 단점은 배터리 충전이 필수적이며, 상대적으로 무게가 무겁고 가격이 높습니다.

(4) Default Swing (기본 유각기 모드): 3R80과 같은 기계/유압식 무릎에 해당합니다. 기본적으로 무릎이 자유롭게 움직이는 상태이며, 체중이 가해지거나 특정 각도에 도달하면 유압/기계 장치가 작동하여 입각기 안정성을 확보합니다. 장점은 직관적이고 다이나믹한 보행감을 제공하며, 내구성이 높고 별도의 충전이 필요 없습니다. 단점은 사용자의 근력과 제어 능력에 대한 의존도가 상대적으로 높습니다.

나) 정렬 복사

정렬 복사 장치

(1) 개요: 최종 의지 제작 시, 체크 소켓 피팅 및 동적 정렬을 통해 확정된 최적의 정렬 상태를 그대로 새로운 소켓과 부품에 옮기는 과정입니다.

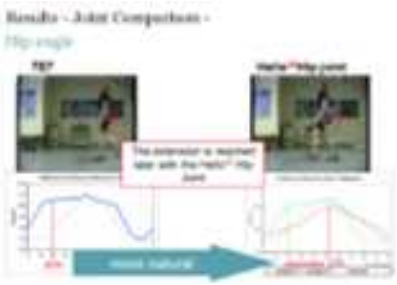
(2) 정렬 복사 장치 사용 절차: 장치 준비로 정렬 복사 장치를 작업대 위에 단단히 고정합니다. 원본 의지 장착으로 정렬이 완료된 체크 소켓 의지를 복사 장치에 장착하고, 모든 조절 나사를 잠가 현재 정렬 상태를 고정시킵니다. 소켓 교체로 체크 소켓을 장치에서 분리하고, 최종 제작된 라미네이션 소켓을 동일한 위치에 부착합니다. 부품 연결 및 확인으로 새로운 무릎 및 발 장치를 연결하고, 복사 장치에 고정된 정렬 상태가 그대로 유지되는지 확인합니다. 최종 고정으로 정렬이 정확하게 복사된 것을 확인한 후, 모든 연결 부위를 최종적으로 조립하고 고정하여 의지 제작을 마무리합니다. 이 과정을 통해 피팅 과정에서 얻은 최적의 정렬 값을 오차 없이 최종 의지에 반영할 수 있습니다.

6) 2025년 9월 22일

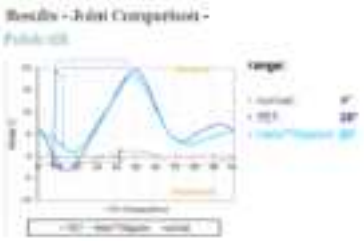
가) Helix3D 고관절 시스템 소개

고관절 취형 도구

Helix3D



보행 시 고관절 신전각도 개선 그래프



보행 시 골반 각도 그래프

(1) 개요: 고관절 이단(HD) 및 반골반 절단(Hemipelvectomy) 사용자를 위한 다축 고관절 시스템으로, 3차원적인 골반 움직임을 지원하여 자연스럽고 대칭적인 보행 패턴을 구현합니다.

(2) 3차원 움직임: 입각기 시 고관절의 내전 및 신전을 유도하여 골반의 안정성을 확보하고, 유각기 시에는 고관절의 외전을 통해 의지 다리가 걸리지 않고 부드럽게 전진하도록 돕습니다.

(3) 유압 제어: 내장된 미니 유압 장치가 입각기와 유각기 모두를 제어하여, 다양한 보행 속도에 맞춰 안정적이고 조화로운 움직임을 제공합니다.

(4) 향상된 착석감: 관절 구조가 착석 시 골반의 기울어짐을 최소화하여 편안하고 균형 잡힌 자세를 유지할 수 있도록 합니다.

고관절 취형 장비에 블록 세팅

고관절 취형 장비로 장골능 압박

음성 석고 모델

나) 고관절 이단 소켓 취형

(1) 좌골부터 바닥까지의 높이를 측정합니다. 측정된 바닥 높이를 기준으로 취형 장비를 세팅합니다.

(2) 좌골지(Ischial Ramus) 각도를 측정하여 취형 장비의 좌골결절 지지부 각도를 동일하게 설정합니다. 각 5도로 구성된 블록을 앞뒤로 세팅하여 전후방 기울기를 설정합니다.

(3) 무릎 및 발 사이즈를 측정합니다. 스타킹(Stockinette)을 씌운 후, Peha haft 라텍스 프리 붕대로 허리부터 환부 말단까지 골반 전체를 감싸 적절한 압박을 가합니다.

(4) 추가 스타킹을 씌우고, 취형 장비의 좌골 시팅부위에 3~4겹의 석고붕대를 미리 얹어놓습니다.

(5) 석고 붕대로 취형을 시작하며, 환자가 장비에 올라가면 미리 준비한 석고붕대가 자연스럽게 좌골부위에 덧붙여지도록 합니다.

(6) 좌골능(Iliac Crest) 위로 허리 밴드를 단단히 누르고, 후면에서 당기면서 등 부위를 압박하여 골반 전체의 형태를 정밀하게 취형합니다.

다) 석고 모델 수정 및 체크소켓 제작

장골능 부위의 석고 모델 수정 계획

환부 측면의 볼륨 조절

(1) 양성 모델 수정: 좌골능 상단은 탄력밴드 압박에 따라 약 45도로, 체중 현가 부위는 90도를 유지하도록 석고를 쌓아 수정합니다. 전면과 후면에 적절한 압박이 발생하도록 수정합니다. 건측 하단부에도 적절한 압박을 위해 수정합니다. 환부 측면의 볼륨을 약 0.5cm 감소시켜 밀착도를 높입니다. 좌골결절 부위에 적용될 실리콘 패드 및 장치 부위를 고려하여 해당 부위를 수정합니다.

장골능과 좌골결절에 그리스 도포

체크소켓 성형

(2) 체크소켓 제작 준비: 좌골결절 부위에 공기 흐름용 구멍을 뚫어 진공(석션) 작업을 원활하게 합니다. 모델 전체에 2겹의 스타킹(Stockinette)을 씌웁니다. 장골능과 좌골결절 부위에 실리콘 그리스를 도포하여 체크소켓 분리를 용이하게 합니다. 써머린(Thermoryn) 시트를 가열하여 석고 모델 위에서 드레이핑(Draping)하여 체크소켓을 성형합니다.

7) 2025년 9월 23일

성형 완료된 체크소켓

체크소켓 절단 과정

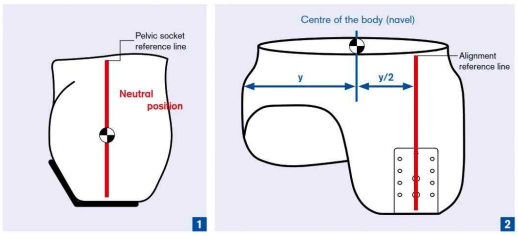
가) 체크소켓 피팅 및 정렬 기준선 설정

(1) 체크소켓 마감 및 1차 피팅: 제작된 체크소켓의 트림라인을 따라 절단하고 그라인딩하여 마감합니다. 테이프 등을 이용해 임시로 고정한 후 환자에게 착용시켜 기본적인 착용감을 확인합니다.

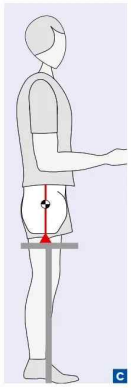
(2) TMS 라인 및 고관절 위치 설정: 환자가 의지를 착용한 상태에서 전용 툴(TMS Tool)을 사용하여 고관절의 회전 중심점을 찾습니다. 측정의 정확도를 높이기 위해 최소 3회 이상 반복하여 평균적인 기준선(TMS 라인)과 고관절 위치를 표기합니다. 표기된 위치를 바탕으로, 환자의 실제 착용 피팅 및 의자에 앉기 등의 동작을 반복하며 트림라인을 최적화하도록 수정합니다. 이 과정에서 착용감, 움직임, 앉은 자세의 편안함 등을 종합적으로 고려하여 트림라인을 최종 결정합니다.

임시고정을 통한 체크소켓 착용

착용 후 앉은자세에서 불편감 확인



T.M.S 라인 가이드



T.M.S 라인 가이드

T.M.S 라인 확인

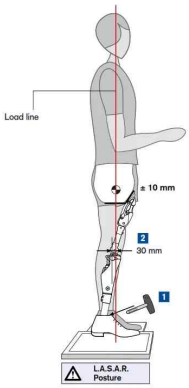
T.M.S 라인 확인

나) 벤치 정렬 (PROS.A 사용)

(1) 관상면 정렬 (Coronal Plane): 부하선(Load Line)은 좌골 지지점(Ischial Seat)의 중심에서 시작하여, Helix3D 고관절 중심보다 15mm 내측, 무릎 관절 중심보다 10mm 내측을 지나 발뒤꿈치 중심에 위치하도록 설정합니다. 이는 입각기 시 고관절의 내전을 유도하여 골반의 안정성을 확보하기 위한 Helix3D 시스템의 정렬 가이드입니다.

(2) 시상면 정렬 (Sagittal Plane): 부하선은 설정된 고관절 회전 중심(TMS 라인)에서 35mm 후방에서 시작하여, 무릎 관절 중심보다 0~5mm 전방, 발의 중심에서 30mm 후방지점을 지나도록 설정합니다. 발은 5도 외회전(toe-out) 시킵니다.

(3) 정렬 수행: PROS.A 장비를 사용하여 위 기준에 따라 정밀한 벤치 정렬을 수행합니다.



Helix3D 측면 정렬 가이드

벤치정렬 후 어댑터 고정 작업

다) 구성 요소 연결 및 최종 마감

(1) 구성 요소 연결 및 고정: 정렬된 기준에 맞춰 레진을 사용하여 체크소켓과 어댑터를 연결합니다. 이때, 좌골결절 부위는 레진으로 채워 보강합니다. 추가적인 고정을 위해 볼트와 너트를 사용하여 기계적으로 단단히 고정합니다.

(2) 최종 마감 및 확인: 소켓의 조임과 현수를 위한 벨트를 부착하고, 내부 마찰 감소를 위한 필름을 부착합니다. 완성된 의지를 환자에게 다시 착용시켜 최종적인 정렬 상태와 착용감을 확인합니다.

8) 2025년 9월 24일

정적 정렬 확인(측면)

정적 정렬 확인(정면)

가) 정적 정렬 최적화 및 동적 정렬

(1) 시상면 정렬 최적화 (Sagittal Alignment Optimization): L.A.S.A.R. Posture 장비를 사용하여, 환자가 선 자세에서 체중 부하선(Load Line)이 무릎관절 축의 35mm 뒤를 지나가도록 설정하는 것을 최우선 목표로 합니다. 이 값은 발목 어댑터의 족저굴곡(Plantar Flexion)만을 이용하여 미세조정하며 입각기 안정성을 확보합니다.

(2) 정렬 정확도 검증 (Verification): 최적화 후, TMS(고관절 회전 중심) 포인트가 체중 부하선

으로부터 0 ± 10mm 범위 내에 위치하는지, 발목 어댑터 중심이 체중 부하선으로부터 **50 ± 10mm 뒤에 위치하는지 확인하여 정렬의 정확도를 최종 검증합니다.

(3) 관상면 정렬 확인 (Frontal Alignment Check): 체중 부하선이 고관절, 무릎, 발목의 중심에서 약간 외측을 지나가도록 하여, 보행 시 자연스러운 내전(Adduction)을 유도하고 안정성을 확보합니다.

(4) 동적 정렬 수행: 정적 정렬이 완료된 후, 실제 보행을 관찰하며 동적 정렬(Dynamic Alignment) 단계로 전환합니다.

고관절 의지 착용 모습

동적정렬 과정

나) 동적 정렬 및 기능 최적화

(1) 유각기 조절 (Swing Phase Control): 다양한 보행 속도에 맞춰 자연스러운 다리 움직임을 구현합니다. 유각기 굴곡/신전 저항(Flexion/Extension Damping)을 조절하여, 과도한 발뒤꿈치 들림이나 말기 충격 현상 없이 부드러운 보행이 가능하도록 최적화합니다.

(2) 입각기 조절 (Stance Phase Control): 체중 지지 시 안정성을 확보합니다. 특히 입각기 굴곡 저항(Stance Flexion Damping)을 조절하여, 발뒤꿈치가 닿는 순간의 충격을 흡수하고 계단 및 경사로에서 무릎이 안정적으로 제어되도록 설정합니다.

(3) 시상면 정렬 최적화 (Sagittal Alignment Optimization): L.A.S.A.R. Posture를 사용하여 체중 부하선이 무릎 관절 축의 30mm 뒤를 지나도록 발목의 족저굴곡을 미세 조절하여 입각기 안정성을 극대화합니다.

(4) 관상면 정렬 최적화 (Frontal Alignment Optimization): 보행 시 골반의 좌우 흔들림을 최소화하고 안정적인 체중이동이 가능하도록 고관절의 내/외전 각도를 미세 조절합니다.

다) 이론 교육 및 최종 조립

(1) 최종 소켓 라미네이션 원리: 체크 소켓으로 검증된 정렬을 최종 소켓에 오차 없이 전달하고, 유연한 재료와 단단한 재료를 복합적으로 사용하여 기능성과 안정성을 모두 확보하는 레진 작업(Lamination)의 핵심 원리를 확인합니다.

(2) Helix3D 생체역학(Biomechanics) 심화 이론: Helix3D 고관절의 다축(Polycentric) 구조는 입각기와 유각기 동안 3차원적인 골반 움직임을 구현하며, 핵심적인 생체역학적 장점은 다음

과 같음.

(가) 입각기 무릎 굴곡 (Stance Phase Flexion): 유압 장치와 폴리우레탄 부품의 상호작용으로 약 10도의 자연스러운 무릎 굽힘이 발생함. 이는 충격 흡수 및 골반의 전방 기울어짐(Pelvic Tilt) 감소 효과로 이어집니다.

(나) 유각기 시작 보조 (Swing Phase Initiation): 입각기 동안 압축/저장된 에너지가 유각기 시작 시점에 방출되어, 사용자의 다리 전진을 보조하고 보행 시작을 용이하게 합니다.

(다) 대칭적 보행 패턴 구현: 고관절의 3차원적 움직임은 기존 고관절 의지(7E7) 대비 골반의 움직임 범위를 약 20° 로 감소시켜(정상 4°), 보다 자연스럽고 대칭적인 보행 패턴을 형성합니다.

(3) 최종 조립: 상기 이론을 바탕으로, 정렬이 완료된 체크소켓에 Helix3D 고관절 시스템을 최종적으로 연결하고 조립합니다.

9) 2025년 9월 25일

정적 정렬과정

동적 정렬과정(FWS조정 등)

체크소켓과 결합된 Helix3D

최종 보행 확인

가) Helix3D 시스템 최종 정렬 검증

(1) 정렬 재확인: 벤치 정렬, 정적 정렬 상태를 종합적으로 재검증하고 동적 보행 조정을 준비합니다.

(2) C-Leg 초기 설정: 환자가 선 자세에서 C-Leg를 보정(Calibration)하고, 느린 보행 시 유각기

신전 기본 저항을 조절합니다.

(3) 유각기 조절 (Swing Phase):

(가) 보폭 조절 (FSW): Helix3D의 유압식 유각 범위(FSW) 저항을 점진적으로 증가시켜, 의지 쪽 다리의 보폭이 건측과 거의 같아지도록 조절합니다.

(나) 굽힘 조절 (SW): 환자가 무릎 굽힘을 명확히 인지할 수 있을 때까지 유각기 저항(SW)을 점진적으로 감소시킴. FSW와 SW 설정은 상호작용하므로 균형을 맞추는 것이 중요합니다.

(4) 입각기 조절 (Stance Phase):

(가) C-Leg 입각기 설정: 앉기, 경사로 보행 등을 위해 C-Leg의 입각기 저항을 점진적으로 감소시켜 설정합니다.

(나) Helix3D 댐핑 조절 (ST): Helix3D의 입각기 댐핑(ST) 저항을 단계적으로 증가시켜, 환자가 체중을 실었을 때 고관절이 안정적으로 신전(Extension)될 수 있도록 함. 최대 고관절 신전은 유각기 시작 직전에 도달해야 합니다.

나) C-Leg 4 세팅 및 보행 훈련

(1) C-Leg 센서 보정 (Calibration): C-Soft 프로그램을 통해, 의지에 하중이 없는 상태에서 C-Leg 내부 센서를 보정하여 모든 설정의 기준점을 설정합니다.

(2) 안전을 위한 초기 설정 (Secure Pre-adjustment): 보행 초기 안정성을 극대화하기 위해, C-Leg의 '최대 족지 부하(Maximum Toe Load)' 값은 255로, '입각기 댐핑(Stance Phase Damping)' 값은 120으로 각각 최대치로 설정함. 이를 통해 초기 보행 시 의지가 단단하게 지지되도록 합니다.

(3) 유각기 초기 설정: C-Leg의 '동적 요인(Dynamic Factor)'은 0(최소)으로, '무릎 각도 역치(Knee Angle Threshold)'는 50(최대)으로 설정하여,초기에는 C-Leg가 유각기에 최소한으로 입하도록 설정합니다.

다) Helix3D 시스템 인증 시험

(1) Helix3D 전문가 역량 검증: 이론 및 실기 시험을 통해 Helix3D 시스템 적용을 위한 핵심 역량을 종합적으로 평가받고 공식 인증을 취득함. 평가 항목은 환자 평가, 석고 취형, 양성/음성 모델 수정, 벤치/정적/동적 정렬, 구성 부품의 체계적인 조절 및 문제 해결 능력 등을 포함합니다.

라) 오토복 제작 공장 견학

(1) 스마트 팩토리 공정 확인: 두더스타트 본사의 Industry 4.0 기반 스마트 팩토리를 견학함. 디지털 센서 기반의 최종 품질 관리(QC) 및 기능 테스트 설비 등 최신 제작 공정을 확인하였습니다.

3. 성과 및 활용방안

ottobock.

Confirmation of Attendance.

Sung-Min Chun

TF Seminar: Produce and fit a test prosthesis

TF 교육 이수증

ottobock.

Confirmation of Attendance.

Mu-Hyun Shin

TF Seminar: Produce and fit a test prosthesis

TF 교육 이수증

ottobock.

Certificate.

Sung-Min Chun

Helix3D hip joint system Expert

Helix3D 자격증

ottobock.

Certificate.

Mu-Hyun Shin

Helix3D hip joint system Expert

Helix3D 자격증

교육 인증 사진

교육 인증 사진

가. 주요 성과

- 차세대 의지 제작 기술 체계화: 대퇴의지 분야의 좌골 수납(Ischial Containment) 소켓 제작을 위한 2단계 석고 취형법과 고관절 이단 의지를 위한 Helix3D 시스템 적용 등, 환자 평가부터 최종 의지 완성까지의 전 공정을 체계적으로 습득함.

- 데이터 기반 정밀 정렬 기술 고도화: PROS.A를 이용한 벤치 정렬, TMS를 이용한 고관절 회전 중심 설정, L.A.S.A.R. Posture를 활용한 정적 정렬 최적화(무릎축 후방 30mm) 등, 데이터와 장비에 기반한 객관적이고 정밀한 정렬 기술의 숙련도를 확보함.
- 핵심 부품 시스템의 체계적 조절 역량 확보: Helix3D와 C-Leg의 상호작용을 이해하고, 유각기(FSW, SW)와 입각기(ST) 파라미터를 조절하여 환자의 보행 패턴을 최적화하는 체계적인 동적 조정(Systematic Dynamic Adjustment) 능력을 갖춤.

나. 향후 활용방안

- 고관절 이단 의지 제작 프로세스 표준화: Helix3D 고관절 시스템의 도입을 위한 표준 임상 워크플로우(Casting-Alignment-Adjustment)를 수립하고, 'Helix3D 고관절 시스템 정렬 및 조절 가이드'를 제작하여 국내 고관절 이단 환자에게 세계적 수준의 의지 서비스를 제공할 기반을 마련함.
- 대퇴 의지 소켓 제작 기술 혁신: 좌골 수납(Ischial Containment) 소켓 제작 기술을 연구소 내 핵심 기술로 정립하고, 관련 기술 매뉴얼을 제작/공유하여 국내 대퇴 의지 제작 기술의 상향 평준화를 선도할 것.
- 환자 맞춤형 재활 서비스 강화: Helix3D 및 C-Leg의 세부 파라미터 조절 기술을 적극 활용하여, 개별 환자의 보행 특성과 활동 요구에 최적화된 맞춤형 피팅 서비스를 제공하고, 객관적인 데이터를 통해 개선효과를 입증하여 서비스의 질을 높임.