

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

• 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건 을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer 🖃





의학석사 학위논문

후족부 정렬 영상과 전후방 촬영 영상에서 경비인대결합과 관련된 방사선학적 지표들의 비교

Comparison of radiographic parameters of syndesmosis in the hindfoot alignment and anteroposterior views

울 산 대 학 교 대 학 원 의 학 과

이 재 형

후족부 정렬 영상과 전후방 촬영 영상에서 경비인대결합과 관련된 방사선학적 지표들의 비교

지도교수 이호승

이 논문을 의학석사 학위 논문으로 제출함

2021 년 2월

울 산 대 학 교 대 학 원 의 학 과 이 재 형

이재형의 의학 석사 학위 논문을 인준함

심사위원 이범식 인

심사위원 김지완 인

심사위원 이호승 인

울 산 대 학 교 대 학 원 2021 년 2 월

차례

| 표, 그림 목차 | 2 |
|-----------------------|-----|
| 국문 요약 | 3 |
| 서론 | 5 |
| 연구 대상 및 방법 | 7 |
| 연구 대상 | 7 |
| 영상 촬영 기법 | 7 |
| 방사선학적 계측 및 분석 | 8 |
| 통계학적 분석 | 1 0 |
| 결과 | 1 1 |
| 방사선학적 지표들의 측정값 | 1 1 |
| 양쪽 발목 간의 비교 | 1 1 |
| 관찰자 내부 신뢰도 및 관찰자간 신뢰도 | 1 5 |
| 고찰 | 1 7 |
| 참고 문헌 | 2 0 |
| 영문 요약 | 2 3 |

표, 그림 목차

| 그림 1. 후족부 정렬 영상 촬영 방법 | 8 |
|--|------|
| 그림 2. 경비 관절 간격(TFCS), 경비 중첩(TFO), 내측관절 간격(MCS) 측정 방법 | 9 |
| 표 1. 방사선학적 지표들의 측정값 | . 11 |
| 표 2. 우측과 좌측 발목 간의 일치도 | . 12 |
| 표 3 우측과 좌측 발목간의 평균 차이 및 평균 차이의 비율 | 13 |
| 그림 3. 좌측과 우측 발목 간의 측정값 차이를 나타낸 블란드 앨트먼 플롯(Bland-Altman plots) | |
| 표 4. 관찰자 내부 및 관찰자 간 신뢰도 | 15 |

국문 요약

서론

경비인대결합과 관련된 방사선학적 지표들을 전후방 촬영(AP, anteroposterior) 영상과 후족부 정렬 영상(HAV, hindfoot alignment view)에서 측정하고, 양쪽 발목을 비교하는 데 어떤 방법이 더 오차가 적을지 조사하고자 하였다.

대상 및 방법

이 후향적 연구는 양쪽 발목의 후족부 정렬 영상 및 AP 영상을 촬영한 적이 있으면 서, 경비인대결합 손상과 관련된 과거력이나 질환이 없는 61명을 대상으로 수행하였다. 각 영상에서 경비 관절 간격(TFCS, tibiofibular clear space), 경비 중첩(TFO, tibiofibular overlap) 및 내측 관절 간격(MCS, medial clear space)을 측정하였다. 급 내상관계수(ICC, intraclass correlation coefficients) 를 이용하여 왼쪽 발목과 오른쪽 발목 사이의 일치도(agreement)를 평가하였다. 두 발목 사이의 측정 값 차이 및 측정값 차이의 비율(difference ratios)을 비교 하였다. 각 영상에서 관찰자 내부 신뢰도 및 관찰자 간 신뢰도를 평가하였다.

결과

양쪽 발목을 비교함에 있어서, TFCS의 일치도는 두 영상 촬영 방법에서 큰 차이를 보였다(AP = 0.576; HAV = 0.858). TFO에서 가장 높은 일치도를 나타내었다(AP = 0.733; HAV = 0.926). MCS에 대해서는 두 영상 모두에서 낮은 일치도를 나타내었다 (AP = 0.339; HAV = 0.372). TFCS에서 양쪽 발목간 차이 비율 평균값(mean difference ratio)은 후족부 정렬 영상에서 낮은 것으로 나타났으며(AP = 16.4%; HAV = 9.9%, P = 0.0031), TFO에 대해서도 유사한 결과를 나타내었다(AP = 25.8%; HAV = 16.4%, P = 0.0035). TFCS와 TFO에 대해서는 AP 영상과 후족부 정렬 영상모두에서 우수한 관찰자 내부 신뢰도 및 관찰자 간 신뢰도가 확인되었다. MCS에 대해서는 두 영상 모두에서 상대적으로 낮은 신뢰도를 보였다.

결론

경비인대결합 평가 시 양쪽 발목을 서로 비교할 때, AP 영상을 이용하는 것에 비해 후족부 정렬 영상을 이용하는 것이 양쪽 발목의 측정값의 일치도가 더 높으며, 차이의 비율이 작은 것으로 확인되었다.

중심 단어: 경비인대결합, 후족부 정렬 영상, 전후방 촬영 영상

서론

경비인대결합(syndesmosis) 손상은 발목 골절과 함께 동반될 수 있으며, 골절 없이 단독으로 발생하기도 한다. 이러한 경비인대결합 손상이 간과되거나 정복이 잘이루어지지 않을 경우, 만성적인 불안정성의 원인이 될 수 있으며, 관절염으로의 진행을 유발할 수 있다.

그러한 점들 때문에 경비인대결합 손상을 감지하는 것에 대한 중요성이 잘 알려지고 강조되어 왔으나, 여전히 간과되는 경우들이 많으며, 방사선학적으로도 정확한 진단이 쉽지 않다.

일반 방사선 촬영에서 측정할 수 있는 경비인대결합에 관한 방사선학적 지표들로 경비 관절 간격(TFCS, tibiofibular clear space), 경비 중첩(TFO, tibiofibular overlap), 내측 관절 간격(MCS, medial clear space) 등이 있다. 이 지표들은 환자들마다 정상범위가 다양하고, 같은 환자에서도 촬영 시 발목 회전(rotation) 정도에 따라 그 값들이 달라지므로, 그 측정값 단독으로 특정 기준 값을 적용하여 정상과 비정상을 구분하는 것이 옳지 않다는 점에 대해 많은 연구가 알려져 왔다[1-4]. 그러한 근거로, 한쪽 발목 촬영 영상만으로 판단하기보다는 반대쪽과 비교하여 경비인대결합 손상여부를 판단해야 한다는 데에 점점 더 합의가 이루어지고 있다[5]. 그러나 반대쪽사진은 일반적으로 환측 촬영 후 따로 촬영하는 것이고, X-ray beam 이나 발목 회전정도 등이 환측을 촬영할 때와 정확히 일치하지 않을 수 있으며, 그 정도에 따라결과 해석에 유의미한 차이를 미칠 수 있다.

후족부 정렬 영상(HAV, hindfoot alignment view)은 후족부 정렬만을 관찰하는 데에 주로 사용되어 왔다. Saltzmann view, the long axial view, 그리고 Meary view 등다양한 촬영 방법 등을 통해 후족부 정렬(hindfoot alignment)을 확인하고, 후족부부정 정렬 교정 및 족관절 유합술 등 수술에 유용한 영상으로 활용되어 왔다[6-9]. 그러나 후족부 정렬 영상을 촬영하는 각도에 따라, 후족부 정렬뿐만 아니라 발목관절이나 경비인대결합 등도 관찰할 수 있으며, 양쪽 하지를 함께 찍는 경우가 많기때문에 직관적으로 양쪽 발목 비교가 가능하다.

기존에도 내측 원위 경골 각도(medial distal tibial angle) 등을 후족부 정렬 영상에서도 측정하여 전후방 영상과 격자면(mortise) 영상 등과 비교한 연구들이 있었다[10, 11]. 하지만 경비인대결합과 관련된 지표들을 후족부 정렬 영상에서 측정하여 전후방 영상 등과 비교한 연구는 없었다.

그래서 이 연구에서는 정상 인구에서 좌측과 우측 발목의 경비인대결합과 관련된 방사선학적 지표들은 서로 동일한 값을 가질 것으로 가정하고, 일반적으로 발목을 한쪽씩 촬영하는 전후방 촬영 영상보다, 양쪽 발목을 한번에 대칭적으로 찍는 후족부 정렬 영상에서 좌, 우측 발목의 측정값 간의 차이가 더 작을 것으로 가정하였다.

그리고 경비인대결합 손상이 없는 집단을 대상으로 경비인대결합과 관련된 방사선학적 지표들을 전후방 촬영 영상 및 후족부 정렬 영상에서 측정하여, 좌, 우측 발목을 비교함에 있어서 어떤 영상이 더 측정 오차가 적을지를 알아보고자 하였다.

연구 대상 및 방법

연구 대상

2015 년부터 2020 년 5월까지 본원에서 후족부 정렬 영상과 양쪽 발목 체중부하 전후방 영상을 촬영한 19 세 이상의 환자를 대상으로 후향적 연구를 시행하였다. 환자군 중 이전에 발목 골절이 있었거나, 발목이나 후족부 수술력이 있었거나, Kellgren-Lawrence 등급 3 이상의 발목 골관절염이 있거나, 염증성 관절염이 있는경우 등은 대상에서 제외하였다. 그 결과 발뒤꿈치 통증, 발목 통증 등으로 두 가지 영상을 모두 촬영한 적이 있으며, 제외 기준에 해당되지 않아 경비인대결합이 정상일 것으로 판단되는 총 61 명의 대상자 (122 례의 발목)가 이 연구에 포함되었다. 27 명은 남성, 34 명은 여성이었다. 포함된 대상자들의 진단명은 편평족, Kellgren-Lawrence 등급 2 이하의 족관절염, 무지 외반증, 족저 근막염, 아킬레스건염, 요족 변형, 신경병증성 통증, 그 외 원인이 불명확한 발 뒤꿈치나 발목통증이었다. 평균 나이는 56.2(범위, 19-82)세였다. 본 연구는 본원의 임상연구윤리심의위원회의 승인을 받아 진행되었다(2020-0934).

영상 촬영 기법

X-ray beam 은 다음과 같이 설정하였다: 10 mAs, 60 kV 와 초점거리 100cm(AP), 20 mAs, 70 kV 와 초점거리 100 cm(HAV). AP 영상 촬영시에는 일반적인 방법 대로, X-ray beam 이 지면과 평행하게 설정하고, 필름 카세트는 지면에 수직이 되게 위치시켰다. HAV 촬영 시에는 X-ray beam 이 지면과 15 도의 각도를 이루게 설정하고, 필름 카세트는 지면에 수직이 되게 위치시켰다(그림 1).

그림 1. 후족부 정렬 영상 촬영 방법



대상자들은 양 발에 체중을 균등하게 분배하면서 수직 기립 자세(upright position)로 서게 하였다. 양 발의 제 2 족지와 X-ray beam 이 평행하도록 위치시킨 후 양 발의 회전 정도의 차이가 없도록 두 발의 내측 면이 평행하게 서게 하여 촬영하였다.

방사선학적 계측 및 분석

체중 부하 전후방 촬영 영상과 후족부 정렬 영상에서 경비 관절 간격, 경비 중첩, 내측 관절 간격을 측정하였다(그림 2)[2, 12].

그림 2. 경비 관절 간격(TFCS), 경비 중첩(TFO), 내측 관절 간격(MCS) 측정 방법





TFCS 는 경골 원위 관절면 10mm 근위부에서 비골의 내측 경계와 비골절흔(incisura fibularis)사이의 거리로 정의하였다. TFO는 경골 원위 관절면 10mm 근위부에서 비골의 내측 경계와 경골의 외측 경계 사이의 거리로 정의하였다. MCS는 거골 내측 어깨 부위 5mm 하방에서 거골의 내측 경계와 내과의 외측 경계사이의 거리로 정의하였다.

모든 방사선학적 지표들은 두 명의 정형외과 의사에 의해 측정되었다. 각각의 측정자가 측정한 지표를 바탕으로 관찰자간 신뢰도(interobserver reliability)를 평가하였다. 또한 지표들을 처음 측정한 후 4 주 이후에 재측정하여 관찰자 내부 신뢰도(intraobserver reliability)를 평가하였다.

통계학적 분석

동일 대상자에서 측정된 우측과 좌측 값의 일치도를 평가하기 위해 급내상관계수(ICC, intraclass correlation coefficients) ICC 를 이용하였다. 또 한 대상자에서 양쪽 발목에 대해 측정한 값의 차이를 AP 영상과 후족부 정렬 영상모두에서 각각 구하였고, 차이들의 평균을 Paired t-test 를 통해 비교하였다. 두 군간의 측정값 평균이 차이가 날 경우 수치로 비교하는 것보다 비율로 비교하는 것이 더 통계적으로 적절하므로, 오른쪽과 왼쪽 측정치의 평균에 대한 오른쪽과왼쪽의 측정치 차이의 비율(|(Rt-Lt)|/{(Rt+Lt)/2)})로 비교하였다. 블란드 앨트먼플롯(Bland-Altman plots)을 이용하여 오른쪽과 왼쪽 발목 사이의 일치도를수량화하였다. TFCS, TFO, MCS 의 차이의 평균값과 일치도의 95% 신뢰구간(95% interval of agreement)을 확인하였다.

각각의 영상에서 관찰자간 신뢰도 및 관찰자 내부 신뢰도를 평가하기 위해 ICC가 이용되었다. 신뢰도는 훌륭한(excellent)(ICC > 0.90); 좋은(good)(ICC = 0.75- 0.90); 보통의(moderate)(ICC = 0.50-0.74); 그리고 부족한(poor)(ICC < 0.50) 등급으로 분류하였다[16].

결과

방사선학적 지표들의 측정값

TFCS 는 AP 영상에서 평균 4.51(범위, 1.83-8.23)mm, 후족부 정렬 영상에서 평균 5.14 (범위, 3.29-8.34)mm 로 측정되었고, TFO 는 AP 영상에서 평균 5. 96 (범위, 2.34-14.20)mm, 후족부 정렬 영상에서 4.68(범위, 1.51-8.55)mm 로 측정되었다. MCS 는 AP 영상에서 평균 2.47(범위, 0.25-4.52)mm, 후족부 정렬 영상에서 평균 2.19 (범위, 0-4.12)mm 로 측정되었다(표 1).

표 1. 방사선학적 지표들의 측정값

| | | AP | | HAV | | |
|------|-----------|-------|--------|-----------|-------|--------|
| | Mean (mm) | 95% C | I (mm) | Mean (mm) | 95% C | I (mm) |
| TFCS | 4.51 | 4.26 | 4.82 | 5.14 | 4.85 | 5.43 |
| TFO | 5.96 | 5.36 | 6.57 | 4.68 | 4.20 | 5.18 |
| MCS | 2.47 | 2.27 | 2.68 | 2.19 | 1.94 | 2.41 |

AP, Anteroposterior view; HAV, Hindfoot alignment view; CI, Confidence interval; TFCS, Tibiofibular clear space; TFO, Tibiofibular overlap; MCS, Medial clear space

AP 영상과 HAV 에서 TFCS 가 5mm 이상으로 측정된 경우는 각각 32.7% 와 45.9%, 6mm 이상으로 측정된 경우는 각각 9.8%와 18.9%였다.

양쪽 발목 간의 비교

왼쪽과 오른쪽 발목 측정치의 일치도를 ICC 로 평가하였고, 모든 변수들이 AP 영상보다 후족부 정렬 영상에서 양쪽 발목 간의 더 일치도가 높은 것으로 나타났다(표 2).

표 2. 우측과 좌측 발목 간의 일치도(agreement)

| | AP | | | HAV | | |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | ICC | 95% | 6 CI | ICC | 95% | ∕₀ CI |
| TFCS | 0.576 | 0.380 | 0.722 | 0.858 | 0.774 | 0.912 |
| TFO | 0.733 | 0.591 | 0.831 | 0.926 | 0.880 | 0.955 |
| MCS | 0.339 | 0.097 | 0.543 | 0.372 | 0.135 | 0.569 |
| | | | | | | |

AP, Anteroposterior view; HAV, Hindfoot alignment view; ICC, intraclass correlation coefficients; CI, Confidence interval; TFCS, Tibiofibular clear space; TFO, Tibiofibular overlap; MCS, Medial clear space

MCS 는 AP 영상에서 0.339, 후족부 정렬 영상에서 0.372 로 양 군 모두에서 좌우 일치도가 낮게 평가되었으나, TFCS 는 AP 영상에서 0.576, 후족부 정렬 영상에서 0.858 로 큰 차이를 보였고, TFO 도 AP 영상에서 0.733, 후족부 정렬 영상에서 0.926 으로 후족부 정렬 영상에서 좌우 일치도가 높게 나타났다.

TFCS 에 대해서, 양쪽 발목의 측정치의 차이의 평균값(the mean side-to-side difference)을 비교하였을 때도 AP에서 0.73mm, 후족부 정렬 영상에서 0.49mm 로 후족부 정렬 영상에서 더 차이가 적은 것으로 나타났다(P = 0.011). TFO 의 경우에도, 마찬가지로 후족부 정렬 영상에서 차이가 더 적었다(1.39 mm, AP and 0.57 mm, HAV; P < 0.001).

두 군간의 평균 크기가 일치하지 않으므로, 측정값의 차이를 직접 비교하는 것에 추가하여 측정값 차이의 비율도 비교하였다. TFCS 의 평균 차이 비율(mean difference percentage)도 후족부 정렬 영상에서 더 낮은 것으로 나타났으며(AP = 16.4%, HAV = 9.9%; P = 0.0031), TFO 에서도 비슷한 결과를 보였다(AP = 25.8%, HAV = 16.4%; P = 0.0035)(표 3).

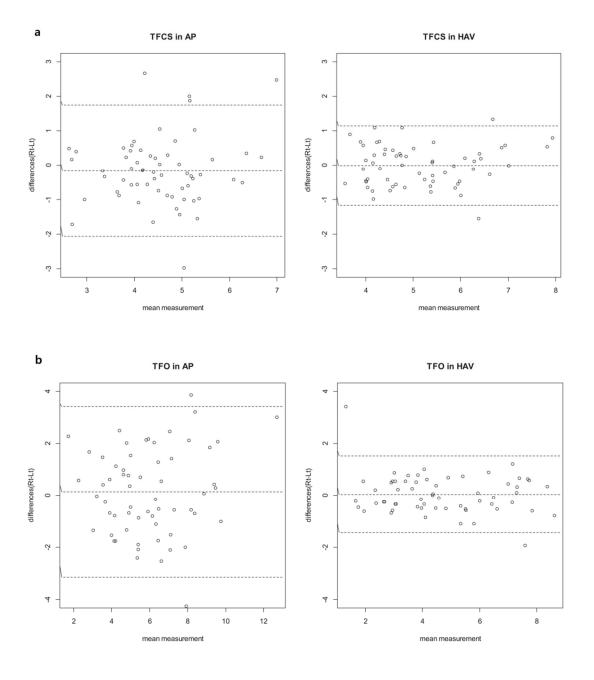
표 3. 우측과 좌측 발목간의 평균 차이(mean difference) 및 평균 차이의 비율(mean difference ratio)

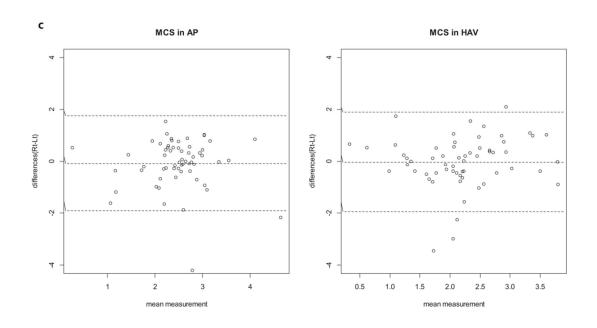
| Mean difference (Rt-Lt) (mm) | | | Mean difference ratio | | | |
|--------------------------------|---------------------|------------------------------|---|--|---|--|
| nzem umerence (pre zej) (mm) | | | [(Rt-Lt) ×100/{(Rt+Lt)/2)}] (%) | | | |
| AP | HAV | P value | AP | HAV | P value | |
| 0.73 | 0.49 | 0.0113 | 16.4 | 9.9 | 0.0031 | |
| 1.39 | 0.57 | 0.0005 | 25.8 | 16.4 | 0.0035 | |
| 0.66 | 0.71 | 0.5832 | 19.0 | 37.7 | 0.0005 | |
| | AP 0.73 1.39 | AP HAV 0.73 0.49 1.39 0.57 | 0.73 0.49 0.0113 1.39 0.57 0.0005 | Mean difference (Rt-Lt) (mm) AP HAV P value AP 0.73 0.49 0.0113 16.4 1.39 0.57 0.0005 25.8 | Mean difference (Rt-Lt) (mm) AP HAV P value AP HAV 0.73 0.49 0.0113 16.4 9.9 1.39 0.57 0.0005 25.8 16.4 | |

TFCS, 경비 관절 간격; TFO, 경비 중첩; MCS, 내측 관절 간격

또한 블란드 앨트먼 플롯(Bland-Altman plots)을 이용하여 오른쪽과 왼쪽 발목사이의 일치도를 수량화하고, TFCS, TFO, MCS의 차이의 평균값과 일치도의 95% 신뢰구간을 확인하였다(그림 3). TFCS와 TFO는 AP 영상 군에 비해 HAV 군에서 양쪽 발목간의 측정값 차이가 더 좁은 구간에 분포되어 있었고, 즉 HAV 군에서 양쪽 발목의 측정값 일치도가 더 높다는 것을 확인할 수 있었다. MCS는 양쪽 그룹에서 비슷한 일치도를 나타내었다.

그림 3. 좌측과 우측 발목 간의 측정값 차이를 나타낸 블란드 앨트먼 플롯(Bland-Altman plots). 경비 관절 간격(TFCS)(a), 경비 중첩(TFO)(b), 내측 관절 간격(MCS)(c) 각각의 평균 값의 차이를 일치도의 95% 신뢰구간(점선)으로 나타내었다.





관찰자 내부 신뢰도 및 관찰자간 신뢰도

TFO 는 AP 영상과 후족부 정렬 영상 두 군 모두에서 훌륭한(excellent) 관찰자 내부 신뢰도 및 관찰자간 신뢰도를 나타내었다. TFCS 는 TFO 보다는 약간 낮았으나, 좋은(good) 등급 이상의 신뢰도를 나타내었고, 두 군이 역시 큰 차이 없었다. 그러나 MCS 는 보통의(moderate) 또는 좋은(good) 등급의 신뢰도를 나타내었으나, 두 군 모두에서 TFO 와 TFCS 에 비해서는 상대적으로 낮은 신뢰도를 나타내었다(표 4).

표 4. 관찰자 내부(intraobserver) 및 관찰자 간 신뢰도(interobserver reliability)

| | Intraobserver | | Interobserver | | |
|------|---------------|-------|---------------|-------|--|
| | AP | HAV | AP | HAV | |
| TFCS | 0.890 | 0.909 | 0.896 | 0.891 | |
| TFO | 0.987 | 0.984 | 0.954 | 0.965 | |
| MCS | 0.798 | 0.731 | 0.769 | 0.785 | |
| | | | | | |

AP, Anteroposterior view; HAV, Hindfoot alignment view; TFCS, Tibiofibular clear space; TFO, Tibiofibular overlap; MCS, Medial clear space

경비인대결합 손상 여부를 방사선학적 지표를 이용하여 평가할 때, 환자에 따라 그지표들의 측정값의 정상 범위가 다양하게 나타날 수 있다는 것이 알려져 왔으며, 그러므로 동일 환자의 반대쪽 발목과 비교하여 손상 여부를 평가하는 것이 권유된다[2,5]. 이 연구에서는 한 대상자에서 양쪽 발목을 비교함에 있어서, 양쪽 발목을 대칭적인 자세로 한번에 촬영하는 HAV 가 AP 영상에 비해 더 유리할 것이라는 가설을 세운 뒤, 이를 평가하였다.

TFCS 와 TFO는 건강한 대상자의 양쪽 발목에서 동일한 값이 나올 것이라는 가정하에, 양쪽의 측정값의 ICC를 평가하였고, HAV 군에서 더 높은 일치도를 나타냄을 확인하였다. 추가적으로, 두 발목 간의 TFCS 와 TFO 각각의 차이값을 TFCS 와 TFO 각각의 평균 값으로 나눈 비율을 구하였다. 이 비율을 AP 영상과 HAV 에서 구한 뒤, 비교 분석을 시행하였고, AP 군에 비해 HAV 군에서 유의미하게 작은 차이를 나타내었다.

몇몇 연구들에서, 경비인대결합과 관련된 방사선학적 지표들이 발목이나 후족부의 회전 정도에 따라 다양한 측정값들을 나타낼 수 있음이 알려져왔다[2-4]. 그러한 보고들에 기반하여, 양쪽 발목을 동시에 촬영하는 HAV 에 비해 한쪽 발목씩 따로따로 촬영하는 AP 영상에서 양쪽 발목의 회전 정도의 차이가 더 클 것이라고 가정하였다. 이 연구의 결과는 이러한 가정과 일치함을 확인할 수 있었다.

저자는 경비인대결합이 정상이면서, 양쪽 발목의 AP 영상과 HAV 를 모두 촬영한적이 있는 61 명을 대상으로 방사선학적 지표들을 측정하고 분석하였다. TFCS 의평균 값은 AP 영상에서 4.51 mm, HAV에서 5.14 mm로 나타났다. 이전의 몇가지연구들에서, AP 나 격자 영상의 TFCS 의 정상 기준값이 5 mm 또는 6 mm 로제안되었다[17 - 20]. 이 연구에서 TFCS 가 5mm 이상인 경우는 AP 영상과 HAV 영상에서 각각 32.7%와 45.9%, 6 mm 이상인 경우는 각각 9.8%와 18.9%로확인되었다. 이 결과는 정상 인구에서 측정값이 큰 다양성을 보인다는 것을나타낸다. 그리고 평균 TFO 는 AP 영상과 HAV에서 각각 5.96 mm, 4.68 mm 로나타났는데, 평균 TFCS 는 AP 에서 더 작았고, 반대로 평균 TFO 는 HAV에서 더

작았다. 아마도 이러한 차이는 AP 영상은 X-ray 빔이 발목의 중심을 통과하며 발목 앞쪽에서 뒤쪽 방향으로 투과되는데 반면에, HAV에서는 빔이 발목 뒤쪽에서 앞쪽 방향으로 투과되며, 양쪽 발목 사이의 가운데를 지나게 되는데 기인하는 것이라고 생각된다. 양쪽 발목의 측정값 차이를 각각의 그룹에서 확인하고, 두 그룹 간에 그 차이를 서로 비교하는 것에는 무리가 없다. 하지만 두 그룹은 서로 발목 회전 정도가 다를 수 있으므로, 이러한 차이가 위의 결과를 야기하였다고 생각된다. 그러므로, HAV 측정값의 정상 기준을 이 연구에서 유추하는 것은 의미 없는 일이라고 판단된다.

이 연구에서 후족부 정렬 영상과 AP 영상 모두에서 TFCS, TFO, MCS 에 대하여 관찰자간 신뢰도, 관찰자 내부 신뢰도를 평가하였고, 두 영상 모두에서 비슷하게 우수한 값을 나타내었다. MCS는 AP 영상과 후족부 정렬 영상 모두에서 상대적으로 낮은 관찰자간 신뢰도, 관찰자 내부 신뢰도를 나타내었다. 또한 양쪽 발목을 비교함에 있어서도, AP 영상과 후족부 정렬 영상 모두에서 낮은 일치도를 나타내었다. 많은 다른 연구들에서 X-ray beam 각도 또는 발목 회전의 사소한 편차가 MCS 측정 오류를 유발할 수 있다는 것이 알려져 왔다[13, 14]. Metiriti 등은 시차(parallax) 효과로 인해 내측 관절 간격의 실제 여백을 안정적으로 식별하기 어렵고, 거골 내측 경계의 곡선 모양이 MCS 의 실제 및 재현 가능한 여백을 왜곡한다고 주장하였다[15]. 이 연구의 결과도 이러한 주장과 상통한다. 또한 내과(medial malleolus)의 관절 표면이 범과 평행하지 않은 경우 앞쪽과 뒤쪽 테두리가 모두 표시되어 측정이 어렵고 신뢰성에 부정적인 영향을 미치게 된다. 그러므로 MCS 단독으로 경비인대결합 손상을 판단하는 것은 적절하지 못하다.

이 연구에는 몇 가지 제한점이 있다. 우선 연구 대상자가 아주 많지는 않고 그 연령대가 비교적 다양하여, 정상 성인 군을 대표하는 결과라고 하기에는 다소부족할 수 있다. 좀 더 많은 인원을 대상으로 한 연구나, 특정 질환군을 대상으로 한추가적인 연구가 추후에 더 필요하겠다. 두 번째로, 이 연구는 체중부하 하에 AP 영상과 HAV를 촬영한 적이 있는 환자들을 대상으로 하였다. 그러므로, 이 연구의결과는 체중부하 영상을 촬영하기 힘든 급성 외상 환자들에게는 적용하기가 쉽지않다. 아마도 아급성 또는 만성 손상 환자들에 한해 적용할 수 있을 것으로생각된다. 비체중부하와 체중부하 영상에서 관련된 방사선학적 지표들을 비교한

연구가 시행된다면, 이러한 사항 확인에 도움이 될 것으로 생각된다. 세 번째로, 이 연구에서는 후족부 정렬 영상 촬영에 있어서 주로 많이 시행되는 Saltzman 의 방식이 아닌, 지면과 15도 각도의 빔을 지면과 수직인 카세트에 투과하는 방식으로 시행하였다. 하지만 이 방식은 Saltzman 의 방식과 거의 같은 영상을 얻을 수 있으며, 후족부 정렬 영상의 기존의 장점인 후족부 정렬 관찰에 부족함이 없으면서, 발목 관절도 잘 볼 수 있는 방법이다. 또한 Saltzman 의 방법은 후족부 정렬 영상을 촬영할 때마다 카세트를 빔과 수직으로 맞추어야 하기 때문에 추가적인 시간 소모나 촬영의 일관성에 문제가 생길 수 있는 반면에, 이 연구에서 촬영된 방법은 다른 많은 영상 촬영 방법과 같이 지면에 수직으로 세팅되어 있는 기존의 카세트를 따로 조절하지 않고 그대로 사용하여, 추가적인 시간 소모나 특수한 촬영실이 필요하지 않는 장점이 있다. 마지막으로, 이 연구는 각각의 발목을 따로따로 촬영한 AP 영상과 양쪽 발목을 동시에 촬영한 HAV 를 비교하였다. 그리고 좌측과 우측 측정치는 HAV 군에서 더 적은 것으로 확인되었다. 그러나, 만약 AP 영상 촬영 시에 양쪽 발목을 함께 촬영하였다면, 아마도 양쪽 발목간의 측정값 차이가 더 작았을 것이라고 추정해볼 수 있다. 그렇다면, 경비인대결합 손상 여부를 판단하는데 있어서 HAV 가 양쪽 발목을 함께 촬영한 AP 영상보다 더 유용할 것인가에 대해서는 의문점이 생긴다. 그러나, 이와 관련하여 후향적 연구를 시행하기는 쉽지 않은데, 그 이유는 AP 영상 촬영시 양쪽 발목을 동시에 촬영하는 것은 일반적인 방법이 아니다. 또한 전향적 연구를 수행하는 것도 불필요한 방사선에 대상자를 노출시킨다는 점에서 윤리적인 문제가 있을 수 있다고 생각한다. 만약에 양쪽 발목을 동시에 찍은 AP 영상과 HAV 를 비교하는 후속 연구가 수행된다면, 양쪽 발목에 빔을 반대방향으로 투사한 두 영상 기법간의 차이를 비교하는 것이 가능할 것이다.

결론적으로, 양쪽 발목을 비교함에 있어서 AP 영상에 비해 HAV 가 더 정확하고 측정 오류를 줄일 수 있다는 것을 확인하였다. HAV를 이용하여 경비 인대 평가를 하는 것은 우수한 관찰자 내부 및 관찰자 간 신뢰도를 갖는다. 후족부 정렬 영상은 기존에 알려져 있던 후족부 정렬 평가 에 유용하다는 점 외에도, 양쪽 발목을 직관적으로 시각화하고 경비인대결합을 평가하기 위한 좌, 우측 발목 비교에도 장점이 있음을 확인하였다.

참고 문헌

- 1. Anand Prakash A. Syndesmotic stability: is there a radiological normal?-A systematic review. Foot Ankle Surg. 2018;24(3):174-84.
- 2. Beumer A, van Hemert WL, Niesing R, et al. Radiographic measurement of the distal tibiofibular syndesmosis has limited use. Clin Orthop Relat Res. 2004(423):227-34.
- 3. Krähenbühl N, Akkaya M, Dodd AE, et al. Impact of the rotational position of the hindfoot on measurements assessing the integrity of the distal tibio-fibular syndesmosis. Foot Ankle Surg. 2020;26(7):810-7.
- 4. Pneumaticos SG, Noble PC, Chatziioannou SN, Trevino SG. The effects of rotation on radiographic evaluation of the tibiofibular syndesmosis. Foot Ankle Int. 2002;23(2):107-11.
- 5. Shah AS, Kadakia AR, Tan GJ, Karadsheh MS, Wolter TD, Sabb B. Radiographic evaluation of the normal distal tibiofibular syndesmosis. Foot Ankle Int. 2012;33(10):870-6.
- 6. Saltzman CL, el-Khoury GY. The hindfoot alignment view. Foot Ankle Int. 1995;16(9):572-6.
- 7. Reilingh ML, Beimers L, Tuijthof GJ, Stufkens SA, Maas M, van Dijk CN. Measuring hindfoot alignment radiographically: the long axial view is more reliable than the hindfoot alignment view. Skeletal Radiol. 2010;39(11):1103-8.
- 8. Lamm BM, Mendicino RW, Catanzariti AR, Hillstrom HJ. Static rearfoot alignment: a comparison of clinical and radiographic measures. J Am Podiatr Med Assoc. 2005;95(1):26-33.

- 9. Méary R, Filipe G, Aubriot JH, Tomeno B. [Functional study of a double arthrodesis of the foot] [Article in French]. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot. 1977;63(4):345-59.
- 10. Barg A, Harris MD, Henninger HB, et al. Medial distal tibial angle: comparison between weightbearing mortise view and hindfoot alignment view. Foot Ankle Int. 2012;33(8):655-61.
- 11. Barg A, Amendola RL, Henninger HB, Kapron AL, Saltzman CL, Anderson AE. Influence of ankle position and radiographic projection angle on measurement of supramalleolar alignment on the anteroposterior and hindfoot alignment views. Foot Ankle Int. 2015;36(11):1352-61.
- 12. Gennis E, Koenig S, Rodericks D, Otlans P, Tornetta P, 3rd. The fate of the fixed syndesmosis over time. Foot Ankle Int. 2015;36(10):1202-8.
- 13. Park SS, Kubiak EN, Egol KA, Kummer F, Koval KJ. Stress radiographs after ankle fracture: the effect of ankle position and deltoid ligament status on medial clear space measurements. J Orthop Trauma. 2006;20(1):11-8.
- 14. Murphy JM, Kadakia AR, Irwin TA. Variability in radiographic medial clear space measurement of the normal weight-bearing ankle. Foot Ankle Int. 2012;33(11):956-63.
- 15. Metitiri O, Ghorbanhoseini M, Zurakowski D, Hochman MG, Nazarian A, Kwon JY. Accuracy and measurement error of the medial clear space of the ankle. Foot Ankle Int. 2017;38(4):443-51.
- 16. SHROUT, Patrick E.; FLEISS, Joseph L. Intraclass correlations: uses in assessing rater reliability. *Psychological bulletin*, 1979, 86.2: 420.

- 17. Ostrum RF, De Meo P, Subramanian R. A critical analysis of the anterior-posterior radiographic anatomy of the ankle syndesmosis. *Foot Ankle Int* 1995;16:128-131.
- 18. Brage ME, Bennett CR, Whitehurst JB, Getty PJ, Toledano A. Observer reliability in ankle radiographic measurements. *Foot Ankle Int* 1997;18:324-329.
- 19. Harper MC, Keller TS. A radiographic evaluation of the tibiofibular syndesmosis. *Foot Ankle* 1989;10:156-160.
- 20. Ebraheim NA, Lu J, Yang H, Mekhail AO, Yeasting RA. Radiographic and CT evaluation of tibiofibular syndesmotic diastasis: a cadaver study. *Foot Ankle Int* 1997;18:693-698.

Abstract

Introduction

To compare the parameters associated with syndesmosis between the hindfoot alignment view (HAV) and anteroposterior (AP) view and investigate which view is more accurate for comparing the left and right ankles.

Materials and methods

A retrospective study was conducted in 61 subjects without syndesmosis injury with available radiographs of both ankles taken in the HAV and AP view. The tibiofibular clear space (TFCS), tibiofibular overlap (TFO), and medial clear space (MCS) were measured in each view. The intraclass correlation coefficients (ICCs) were used to assess the agreement between the left and right ankles. The difference ratios for the measured parameters between both ankles were also compared.

Results

On comparing the two ankles, the agreement for the TFCS showed a wide disparity (0.576, AP view and 0.858, HAV). The highest degree of agreement was seen for the TFO (0.733, AP view and 0.926, HAV). For MCS, the agreement was low in both groups (0.339, AP view and 0.372, HAV). The mean difference ratio for the TFCS was also lower in the HAV group than in the AP group (16.4% vs. 9.9%, P = 0.0031); a similar result was observed for the TFO (25.8% vs. 16.4%, P = 0.0035).

Conclusion

For the evaluation of syndesmosis, the use of the HAV showed increased accuracy and few measurement errors in comparing the left and right ankles, relative to the use of the AP view.

Keywords: Syndesmosis, hindfoot alignment view, anteroposterior view