

1. 연구개요

연구 배경 및 목적

- 건설업은 수작업으로 진행됨에 따라 건설 작업자의 노동력 의존 비중이 매우 높으며 근골격계 부상이 자주 발생함.
- 지난 2010~2019년간 건설업 근골격계 질환자는 198% 증가함.
- 한국산업안전보건공단에 따르면 건설업에서 발생한 작업관련성 질병 중 근골격계 질환은 2,149건 중 2,063건으로 95%에 달하며, 그중 신체부담작업은 63.5%를 차지함.
- 한국산업안전보건공단에 따르면 무리한 힘의 사용, 부적절한 작업자세, 반복적인 동작 등이 근골격계 질환의 원인임.
- 각 공종별 작업자세 비디오 촬영 후 전문가 관찰 및 분석 결과 중량물 작업에서 근골격계 위험요인이 최다 도출됨.
- NIOSH 증상 기준 허리통증 호소율 1위임.
- 근골격계 질환 유발 자세 인식 모델 개발에 대한 연구가 필요함.

연구 범위 및 방법

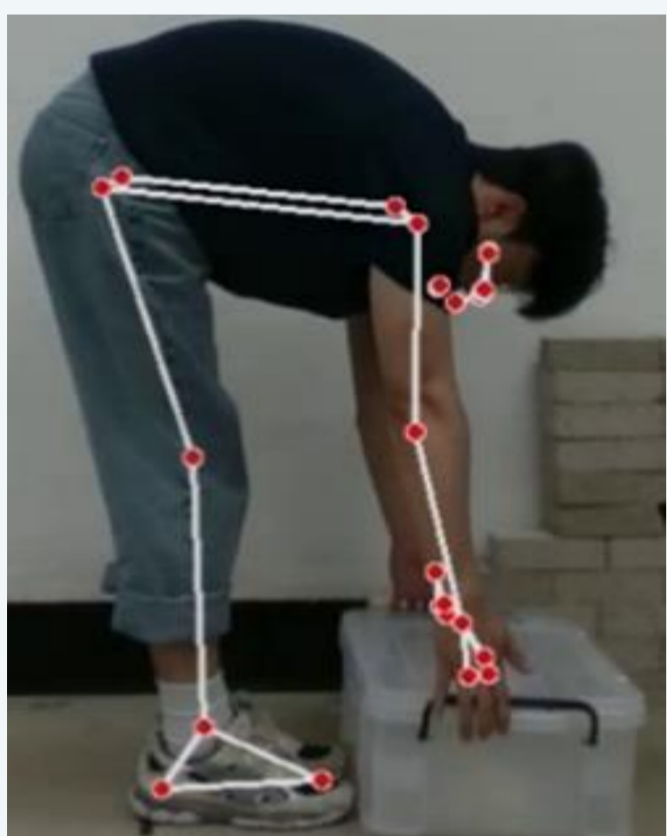
- 손잡이가 있는 중량물을 들어올리고 내리는 작업상황에서의 허리통증과 관련된 근골격계 유발 위험 자세 정의 후 이를 인식하는 모델을 개발하는 것을 연구 범위로 함.
- 반복 실험을 통해 정의한 인식 각도를 대입한 모델을 개발한 후 성능 평가 진행 후 인식 성능을 개선하기 위해 인식 각도의 값을 포괄적으로 조정함.
- 성능 개선이 완료된 모델을 다른 각도와 다른 거리에서도 적용 후 성능 평가를 진행함.

2. 근골격계 유발 위험 자세 인식 모델

실험 계획

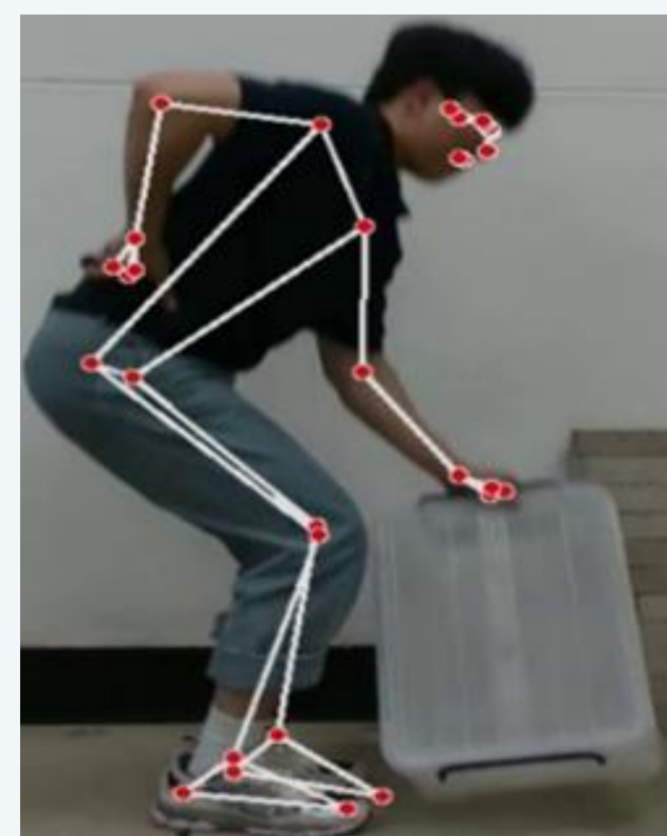
Step 1

한국산업안전보건공단에서 제시하는 중량물 취급 시 안전한 자세 중 허리에 부담이 가는 자세 3가지를 선정 후 중복으로 취하는 경우까지 고려하여 위험 자세 케이스 분류



KNEE

작업자가 무릎을 편 채 물체를 들어올리는 상태



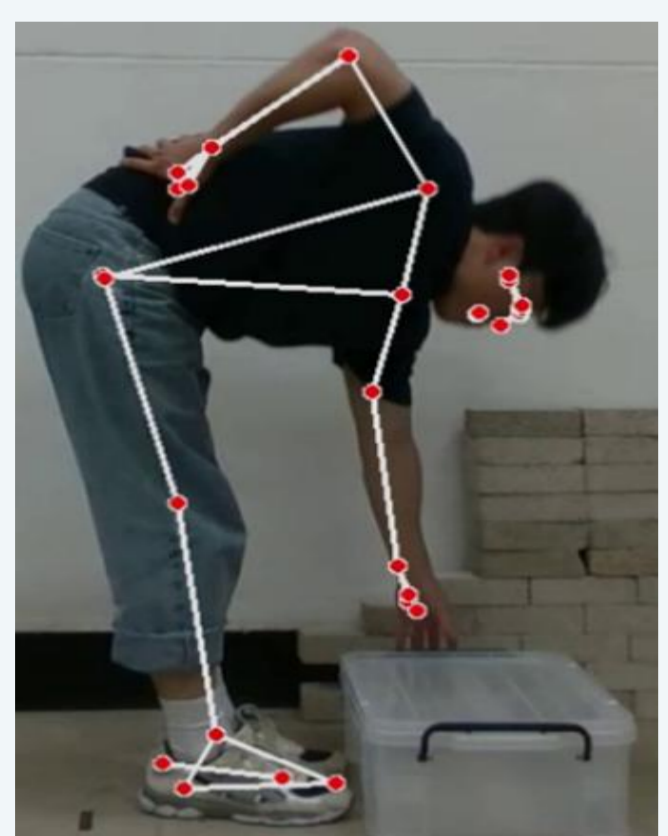
ONE HAND

작업자가 한 손으로 물체를 들어올리는 상태



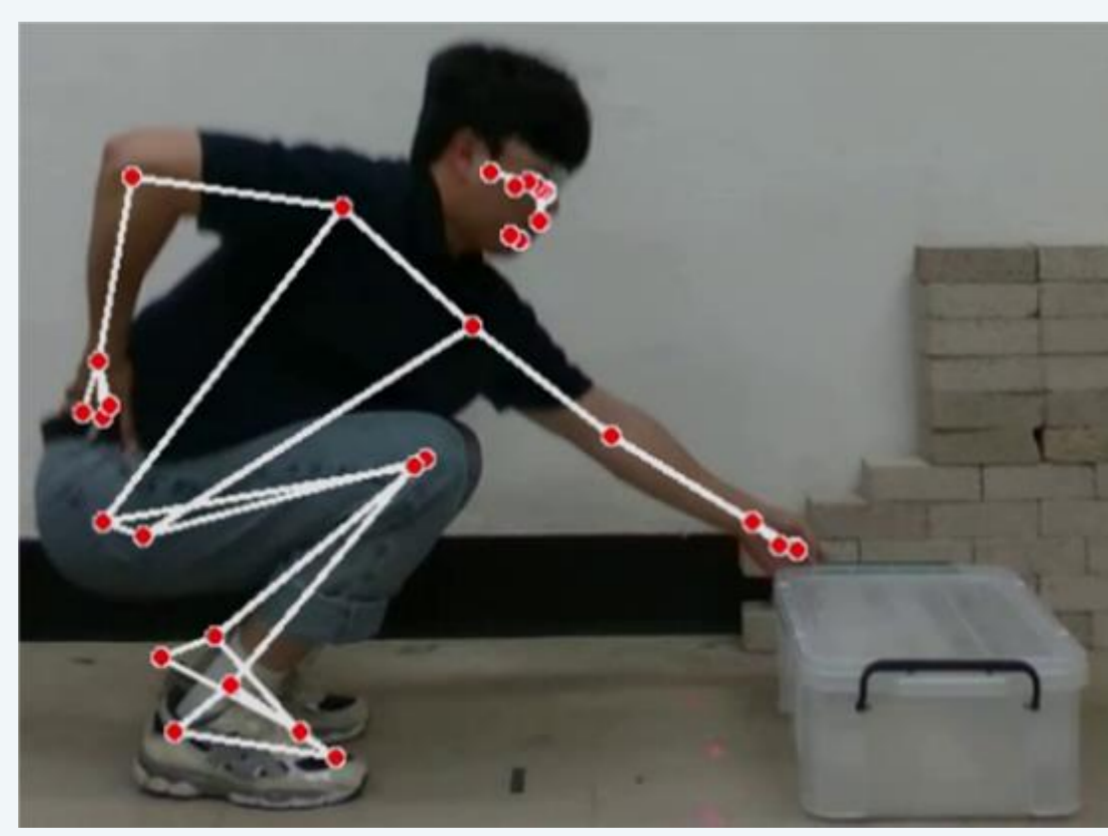
FAR

작업자가 대상과 멀리 떨어진 채 물체를 들어올리는 상태



KNEE + ONE HAND

작업자가 무릎을 편 채 한 손으로 물체를 들어올리는 상태



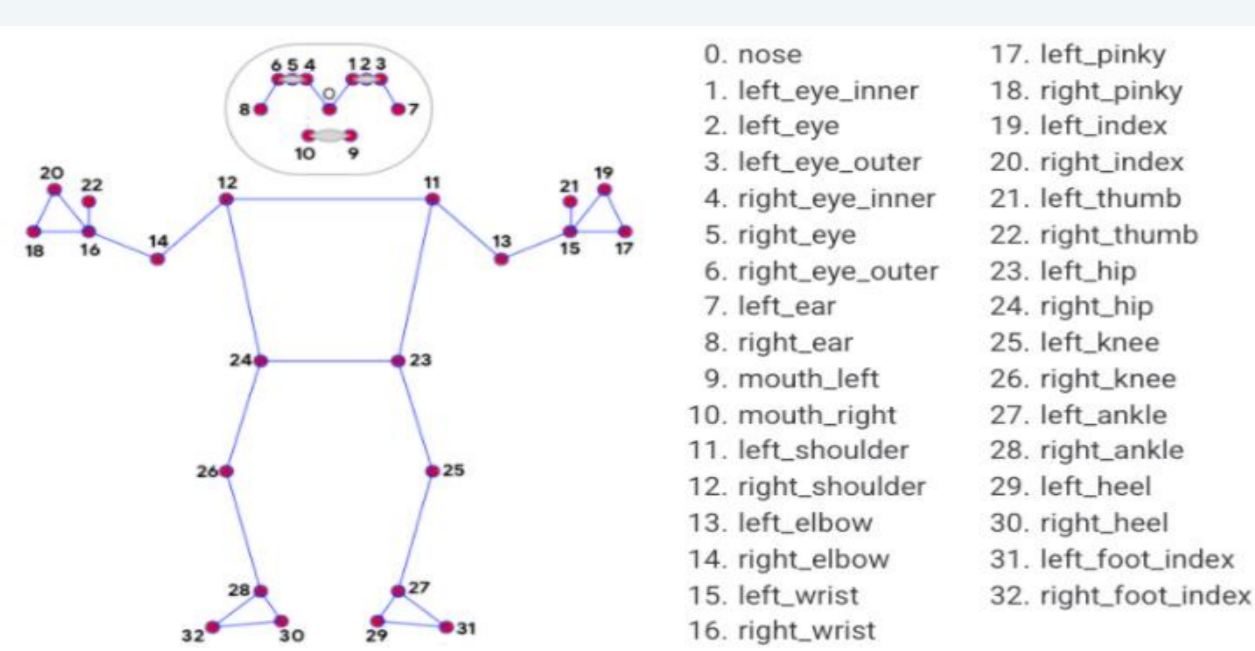
FAR + ONE HAND

작업자가 대상과 멀리 떨어진 채 한손으로 물체를 들어올리는 상태

Step 2

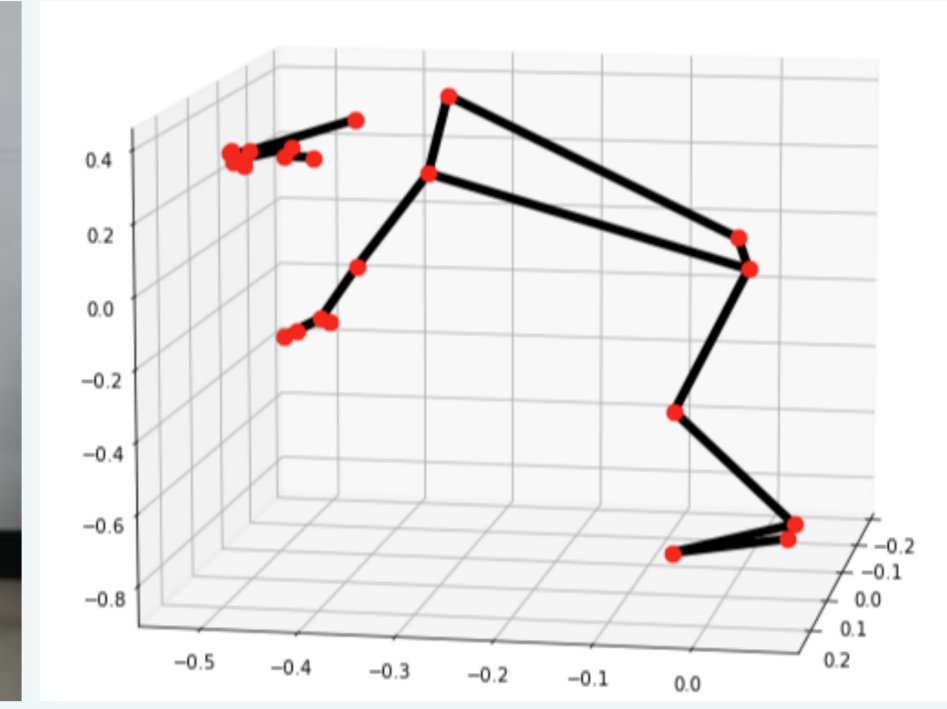
미디어파이프를 사용하여 약 500장의 이미지 데이터에 대해 스켈레톤을 추출함.

MediaPipe



- 학습이 완료된 상태로 제공되는 AI 프레임 워크
- 포즈 인식, 얼굴 인식, 객체 감지, 모션 트래킹
- 전신에 대한 33개의 3D 랜드마크 추출

2D 이미지를 스켈레톤 데이터를 3D로 추출한 모습



```
if right_hip_angle < 126:
    if right_knee_angle > 172:
        label = 'knee'
```

위와 같이 추출된 스켈레톤 데이터를 통해 작업 시작과 끝, 위험 자세의 인식 각도를 정의하고 모델을 개발함.

Step 3

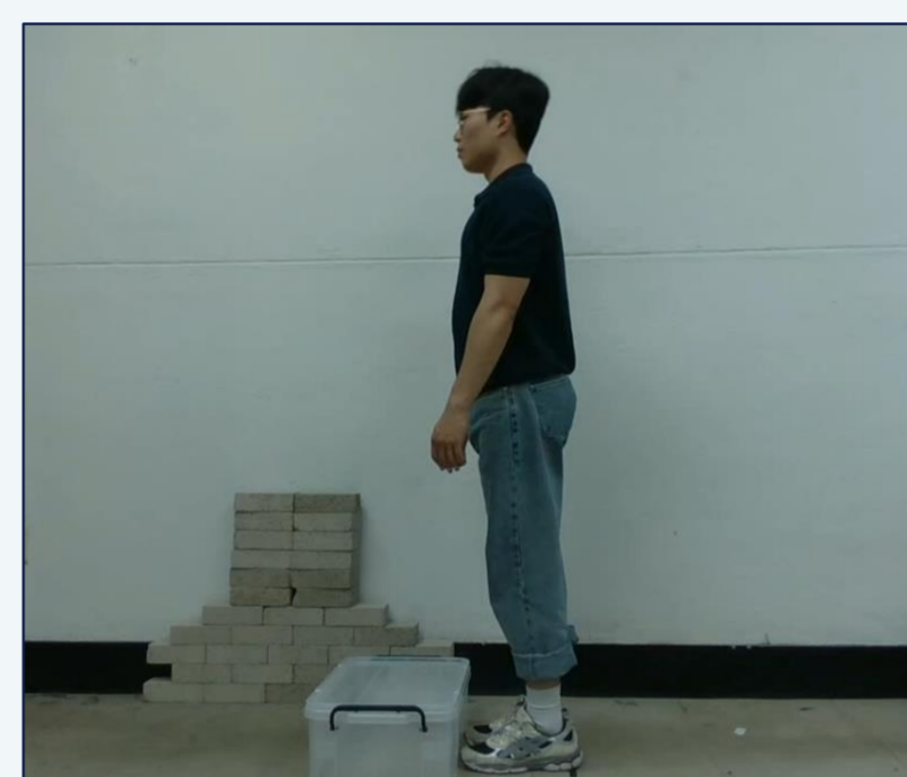
모델의 성능 개선 진행. (모델의 성능을 평가하기 위한 데이터는 새롭게 촬영한 동영상을 사용함.)

```
if right_hip_angle < 126:
    if right_knee_angle > 172:
        label = 'knee'
```



```
if right_hip_angle < 126:
    if right_knee_angle > 160:
        label = 'knee'
```

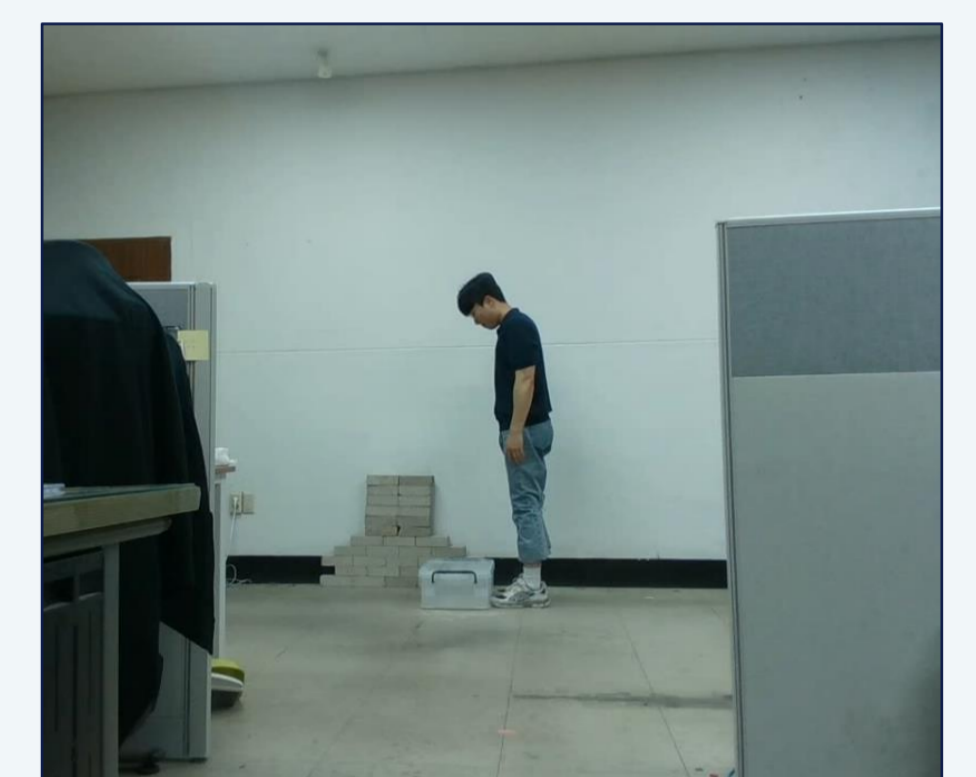
앞선 실험 상황 외의 각도, 거리에서 적용하여 성능 평가 진행



90°, 2.5m (초기 상황)



45°, 2.5m



90°, 5m

실험 결과

- 두 가지 위험 자세 중 한 가지만 인식했을 때 오류로 판단하여 모든 케이스를 정확하게 구별한 경우 0.87의 정확도를 보임.
- 위험 자세와 안전 자세 두 가지 케이스만을 구별한 경우 0.97의 정확도를 보임.
- 초기 상황 외의 상황에서 모델 적용 후 성능 평가를 진행하여 대부분 0.9 이상의 성능을 보임.

	KNEE	FAR	ONE HA ND	KNEE + ONE HA ND	FAR + ONE HA ND	SAFETY
Actual KNEE	232	0	0	0	0	0
Actual FAR	0	251	1	0	0	2
Actual ONE HA ND	0	0	279	0	5	7
Actual KNEE + ONE HA ND	4	0	0	233	0	0
Actual FAR + ONE HA ND	0	10	21	0	266	5
Actual SAFETY	0	2	0	0	0	235

	UNSAFETY	SAFETY
Actual UNSAFETY	1302	14
Actual SAFETY	2	235

90°, 2.5m 에서 촬영

	90°	PRECISION	RECALL	F1-SCORE	ACCURACY
KNEE	0.98	1	0.99		0.97
FAR	0.95	0.99	0.97		
ONE HAND	0.93	0.96	0.94		
KNEE + ONE HAND	1	0.98	0.99		
FAR + ONE HAND	0.98	0.88	0.93		
SAFETY	0.94	0.99	0.96		0.99
UNSAFETY	0.99	0.99	0.97		
SAFETY	0.94	0.99	0.96		

	KNEE	FAR	ONE HA ND	KNEE + ONE HA ND	FAR + ONE HA ND	SAFETY
Actual KNEE	162	0	1	7	0	9
Actual FAR	0	205	2	5	0	3
Actual ONE HA ND	0	0	275	19	0	4
Actual KNEE + ONE HA ND	0	0	15	263	0	0
Actual FAR + ONE HA ND	0	0	23	5	230	1
Actual SAFETY	0	5	7	0	0	169

	UNSAFETY	SAFETY
Actual UNSAFETY	1212	17
Actual SAFETY	29	169

45°, 2.5m 에서 촬영

	45°	PRECISION	RECALL	F1-SCORE	ACCURACY
KNEE	1	0.91	0.95		0.93
FAR	0.98	0.95	0.96		
ONE HAND	0.98	0.92	0.96		
KNEE + ONE HAND	0.88	0.95	0.91		
FAR + ONE HAND	1	0.89	0.94		
SAFETY	0.91	0.93	0.92		0.91
UNSAFETY	0.98	0.97	0.94		
SAFETY	0.91	0.85	0.88		

	KNEE	FAR	ONE HA ND	KNEE + ONE HA ND	FAR + ONE HA ND	SAFETY
Actual KNEE	201	0	0	4	0	0
Actual FAR	0	225	0	0	0	0
Actual ONE HA ND	0	0	209	5	5	3
Actual KNEE + ONE HA ND	5	0	4	237	0	0
Actual FAR + ONE HA ND	0	0	17	5	210	9
Actual SAFETY	0	2	3	0	0	202

	UNSAFETY	SAFETY
Actual UNSAFETY	1212	17
Actual SAFETY	29	169

90°, 5m 에서 촬영

	5m	PRECISION	RECALL	F1-SCORE	ACCURACY
KNEE	0.96	0.98	0.97		0.94
FAR	0.99	1	0.99		
ONE HAND	0.90	0.94	0.92		
KNEE + ONE HAND	0.94	0.96	0.95		
FAR + ONE HAND	0.98	0.87	0.92		
SAFETY	0.94	0.98	0.96		0.92
UNSAFETY	0.98	0.99	0.98		
SAFETY	0.91	0.85	0.88		

3. 결론 및 향후 연구

- 모든 상황에서 대부분 90% 이상의 정확도를 보여 스켈레톤을 활용한 위험 자세 인식의 가능성 확인.
- 정밀한 스켈레톤 추출 프로그램을 활용하여 정확한 자세 인식 필요.
- 현재 모델은 제한적 상황에서 성능평가가 이뤄져 다양한 상황에서 적용 가능하지와 본 실험에서 특정한 세 가지 이외의 위험 자세에 대한 인식 모델 개발 필요.